

ISSN 2226-910X

# *Вестник*

*Воронежского  
государственного*  
**УНИВЕРСИТЕТА  
ИНЖЕНЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**



2014

№

3

Министерство образования и науки Российской Федерации

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

**ВЕСТНИК  
ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

**PROCEEDINGS  
OF THE VORONEZH STATE  
UNIVERSITY OF ENGINEERING  
TECHNOLOGIES**

**2014, № 3 (61)**

---

**НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

---

**ОСНОВАН В 1938 ГОДУ  
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД**

**Воронеж  
2014**

Журнал включен в перечень изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией  
Министерства образования и науки Российской Федерации  
для опубликования диссертационных исследований

Материалы журнала размещаются в БД РИНЦ ([www.elibrary.ru/title\\_about.asp?id=32905](http://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32905)),  
БД Agris (ЦСХНБ [www.cnshb.ru](http://www.cnshb.ru)) и  
ЭБС Лань ([www.e.lanbook.com/journal/element.php?pl10\\_cid=227&pl10\\_id=2217](http://www.e.lanbook.com/journal/element.php?pl10_cid=227&pl10_id=2217))

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

### Председатель (Главный редактор):

**ЧЕРТОВ Е.Д.** *д-р техн. наук, проф., ректор ВГУИТ* (г. Воронеж)

### Заместитель председателя (Зам. главного редактора):

**АНТИПОВ С.Т.** *заслуженный изобретатель РФ, д-р техн. наук, проф., проректор по научной и инновационной деятельности ВГУИТ* (г. Воронеж)

### Члены редакционного совета:

**АБРАМОВ Г.В.** *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)  
**АКСЕНОВА Л.М.** *ак. РАСХН, д-р техн. наук* (г. Москва)  
**АНТИПОВА Л.В.** *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)  
**БИТЮКОВ В.К.** *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)  
**КОРНЕЕВА О.С.** *д-р биол. наук, проф.* (г. Воронеж)  
**ЛИСИЦЫН А.Б.** *ак. РАСХН, д-р техн. наук, проф.* (г. Москва)  
**ОСТРИКОВ А.Н.** *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)  
**ПАНФИЛОВ В.А.** *ак. РАСХН, д-р техн. наук, проф.* (г. Москва)  
**ПОЛЯКОВ В.А.** *ак. РАСХН, д-р техн. наук, проф.* (г. Москва)  
**ПОПОВ Г.В.** *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)  
**РОГОВ И.А.** *ак. РАСХН, д-р техн. наук, проф.* (г. Москва)  
**САЛИКОВ Ю.А.** *д-р эконом. наук, проф.* (г. Воронеж)  
**СУХАНОВ П.Т.** *д-р хим. наук, проф.* (г. Воронеж)  
**ХАРИТОНОВ В.Д.** *ак. РАСХН, д-р техн. наук, проф.* (г. Москва)  
**ХАТКО З.Н.** *д-р техн. наук, доцент* (г. Майкоп)  
**ХИЦКОВ И.Ф.** *ак. РАСХН, д-р эконом. наук, проф.* (г. Воронеж)  
**ШУТИЛИН Ю.Ф.** *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)

### Международный состав:

**БЕЗБОРОДОВ В.С.** *д-р хим. наук, проф.* (Республика Беларусь)  
**ВЕЛЬО Ф.** *D. Sc.* (UNIVAQ г. Аквила, Италия)  
**ДОРЕМЕСКИН О.Б.** *д-р техн. наук, проф.* (Республика Беларусь)  
**ИЗТАЕВ А.** *д-р техн. наук, проф.* (Казахстан)  
**КУЗЬМИЦКИЙ И.Ф.** *канд. техн. наук, доцент* (Республика Беларусь)  
**МЕДВЕДКОВ Е.Б.** *д-р техн. наук, проф.* (Казахстан)  
**ПРОКОПЧУК Н.Р.** *д-р хим. наук, проф.* (Республика Беларусь)  
**УРБАНОВИЧ П.П.** *д-р физ.-мат. наук, проф.* (Республика Беларусь)

### Chairman (Editor-in-chief):

**CHERTOV E.D.** *D. Sc. Rector of VSUET* (Russia)

### Vice-chairman:

**ANTIPOV S.T.** *D. Sc., Honored inventor of the Russian Federation, Vice President for Science and Innovation VSUET* (Russia)

### Members of editorial council:

**ABRAMOV G.V.** *D. Sc.* (Russia)  
**AKSENOVA L.M.** *D. Sc.* (Russia)  
**ANTIPOVA L.V.** *D. Sc.* (Russia)  
**BITYUKOV V.K.** *D. Sc.* (Russia)  
**KORNEEVA O.S.** *D. Sc.* (Russia)  
**LISITSYN A.B.** *D. Sc.* (Russia)  
**OSTRIKOV A.N.** *D. Sc.* (Russia)  
**PANFILOV V.A.** *D. Sc.* (Russia)  
**POLYAKOV V.A.** *D. Sc.* (Russia)  
**POPOV G.V.** *D. Sc.* (Russia)  
**ROGOV I.A.** *D. Sc.* (Russia)  
**SALIKOV Yu.A.** *D. Sc.* (Russia)  
**SUHANOV P.T.** *D. Sc.* (Russia)  
**HARITONOV V.D.** *D. Sc.* (Russia)  
**HATKO Z.N.** *D. Sc.* (Russia)  
**HITSKOV I.F.** *D. Sc.* (Russia)  
**SHUTILIN Yu.F.** *D. Sc.* (Russia)

### International Editorial Council:

**BEZBORODOV V.S.** *D. Sc.* (Republic of Belarus)  
**VELHO F.** *D. Sc.* (Italy)  
**DORMESHKIN O.B.** *D. Sc.* (Republic of Belarus)  
**IZTAEV A.** *D. Sc.* (Kazakhstan)  
**KUZMITSKY I.F.** *Ph. D.* (Republic of Belarus)  
**MEDVEDKOV E.B.** *D. Sc.* (Kazakhstan)  
**PROKOPCHUK N.R.** *D. Sc.* (Republic of Belarus)  
**URBANOVICH P.P.** *D. Sc.* (Republic of Belarus)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ РУБРИК

### Процессы и аппараты пищевых производств

ОСТРИКОВ А.Н. (гл. ред.), КАЛАШНИКОВ Г.В. (зам. гл. ред.), АБРАМОВ О.В., АНТИПОВ С.Т., ВАСИЛЕНКО В.Н., КОРНИЕНКО Т.С., КРАВЧЕНКО В.М., КРАСОВИЦКИЙ Ю.В., КРЕТОВ И.Т., ЛЫТКИНА Л.И., РОДИОНОВА Н.С., ШАХОВ С.В., ШИШАЦКИЙ Ю.И.

### Информационные технологии, моделирование и управление

БИТЮКОВ В.К. (гл. ред.), ХАУСТОВ И.А. (зам. гл. ред.), АБРАМОВ Г.В., АВЦИНОВ И.А., БУГАЕВ Ю.В., КОЛОДЕЖНОВ В.Н., КУДРЯШОВ В.С., ЛЕБЕДЕВ В.Ф., ПОПОВ Г.В., ТИХОМИРОВ С.Г., ХВОСТОВ А.А., ШИТОВ В.В.

## **Пищевая биотехнология**

АНТИПОВА Л.В. (гл. ред.), СЛОБОДЯНИК В.С. (зам. гл. ред.), БЕССОНОВА Л.П., ГОЛУБЕВА Л.В., ДВОРЯНИНОВА О.П., МАГОМЕДОВ Г.О., ПОНОМАРЁВА Е.И., СУЛЕЙМАНОВ С.М., УСПЕНСКАЯ М.Е., ШЕВЦОВ А.А.

## **Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология**

ШУТИЛИН Ю.Ф. (гл. ред.), КУЧМЕНКО Т.А. (зам. гл. ред.), ЖУЧКОВ А.В., КАРМАНОВА О.В., КОРЧАГИН В.И., МОКШИНА Н.Я., НИКУЛИН С.С., НИФТАЛИЕВ С.И., ПАНОВ С.Ю., СУХАНОВ П.Т., ФИЛИМОНОВА О.Н.

## **Биотехнология, бионанотехнология и технология сахаристых продуктов**

КОРНЕЕВА О.С. (гл. ред.), ГОЛЫБИН В.А. (зам. гл. ред.), БОЛОТОВ В.М., ГОЙКАЛОВА О.Ю., ГРИГОРОВ В.С., ГРОМКОВСКИЙ А.И., КУЛЬНЕВА Н.Г., ЧЕРЁМУШКИНА И.В., ЧЕРЕНКОВ Д.А., ШУВАЕВА Г.П.

## **Экономика и управление**

САЛИКОВ Ю.А. (гл. ред.), ВОРОНИН В.П. (зам. гл. ред.), БАУТИН В.М., БОГОМОЛОВА И.П., ЖУРАВЛЕВ Ю.В., ОВЧИННИКОВА Т.И., ПАДАЛКИН В.Ю., ПАХОМОВ А.И., ПОДМОЛОДИНА И.М.

Официальный сайт «Вестник ВГУИТ» [www.vestnik.vsu.ru](http://www.vestnik.vsu.ru)

Подписной индекс издания в агентстве "Роспечать" 70927

Ответственный секретарь: ДЕРКАНОСОВА А.А. (эл. почта: [vestnikvgta@mail.ru](mailto:vestnikvgta@mail.ru))

Учредитель: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-56830 от 29 января 2014 г.

---

Адрес университета, редакции, издательства и отдела полиграфии ФГБОУ ВПО «ВГУИТ»  
394036, Воронеж, пр. Революции, 19  
тел./факс: (473) 255-37-16

---

Сдано в набор 14.05.2014. Подписано в печать 30.05.2014.  
Формат 70×100 1/8.  
Усл. печ. л. 27,6 Тираж 1500 экз. Заказ. С. – 211.  
Цена – свободная.

© ФГБОУ ВПО  
«Воронеж. гос. ун-т инж.  
технол.», 2014

## CONTENTS

### PROCESSES AND APPARATUSES OF FOOD ENGINEERING

- Afanas'ev V.A., Zheltoukhova E.Iu., Kochanov D.S.** Mathematical model of grain micronization
- Kalashnikov G.V., Letvinov E.V.** Evaluation of thermal efficiency of the technological scheme of apple chips and dried fruits production
- Shevtsov A.A., Frolova L.N., Vasilenko V.N., Dragan I.V.** Automatic optimization of oilseeds pressing process for technical and economic indicators
- Gadzhieva A.M., Kas'ianov G.I., Kvasenkov O.I.** Sorption of CO<sub>2</sub>-extracts of spices to the tomato paste
- Alekseev G.V., Kravtsova E.V., Shakhov A.S.** Study the possibility of modeling of the cutting process in the chamber for crushing fruit and vegetables
- Panfilov V.A.** Agro-food technology: the effect of the complex system
- Gubarev V.Ia., Kartel' A.Iu.** Development of the scheme and exergy analysis of the EGS with the possibility of the simultaneous production of electricity and "deep cold"
- Shishatskii Iu.I., Plukha S.Iu., Zhuravlev A.A., Ivanov S.S.** Optimization of process extraction of lupine cheese whey

### INFORMATIONTECHNOLOGIES, MODELLINGANDCONTROL

- Bitiukov V.K., Emel'ianov A.E.** Using the random of quantization in the simulation of networked control systems
- Smirnov M.Iu., Skvortsova T.V., Dorokhin S.V., Chistiakov A.G.** Complex programs for modeling highway: PARK, PROFILE and COMPOSITION
- Bitiukov V.K., Khaustov I.A., Khvostov A.A., Popov A.P.** System analysis process of the thermal oxidative degradation of polymers in solution as a control object
- Abramov G.V., Gavrilov A.N., Tolstova I.S.** Formation of the initial distribution of plasma components on the phase plane of large particles method in electric arc synthesis CNS
- Marlei V.E., Plotnikov S.N.** The algorithm of isomorphous investment of the algorithmic networks
- Skrypnikov A.V., Kondrashova E.V., Dorokhin S.V., Chistiakov A.G.** Complex programs for modeling highway: WAY and STREAM
- Astredinova N.V., Barinov A.V., Sergeev D.S.** The possibility of using laser-ultrasound to monitor the quality soldered connections chambers of liquid rocket engines

### FOODBIOTECHNOLOGY

- Antipova L.V., Titov S.A., Grebenshchikov A.V., Demina T.N.** Influence of autolytic transformations on electrophysical properties of goat meat
- Magomedov G.O., Zatsepilina N.P., Lygin B.B.** Actual aspects of school meals, an appropriate age physiological needs
- Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Gubanova A.A., Savel'eva E.V.** Production of melted butter with increased storage stability
- Antipova L.V., Dvorianinova O.P., Storublevtsev S.A., Cherkesov A.Z.** Properties of preparations functional biopolymers of a fish origin
- Ponomareva E.I., Alekhina N.N., Bakayeva I.A.** The influence of processed products of wheat germ on grain bread quality

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

- Афанасьев В.А., Желтоухова Е.Ю., Кочанов Д.С.** Математическое моделирование процесса микронизации зерна
- Калашников Г.В., Литвинов Е.В.** Оценка тепловой эффективности технологической схемы производства яблочных чипсов и сушеных плодов
- Шевцов А.А., Фролова Л.Н., Василенко В.Н., Драган И.В.** Автоматическая оптимизация процесса прессования семян масличных культур по технико-экономическому показателю
- Гаджиева А.М., Касьянов Г.И., Квасенков О.И.** Сорбция CO<sub>2</sub>-экстрактов пряностей на томатной пасте
- Алексеев Г.В., Кравцова Е.В., Шахов А.С.** Исследование возможности моделирования процесса резания в камере для измельчения фруктов и овощей
- Панфилов В.А.** Аграрно-пищевая технология: эффект системного комплекса
- Губарев В.Я., Картель А.Ю.** Разработка схемы и эксергетический анализ работы ДГА с возможностью одновременного получения электроэнергии и «глубокого холода»
- Шишацкий Ю.И., Плюха С.Ю., Журавлёв А.А., Иванов С.С.** Оптимизация процесса экстрагирования из люпина подсырной сывороткой

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

- Битюков В.К., Емельянов А.Е.** Использование случайного квантования при моделировании сетевых систем управления
- Смирнов М.Ю., Скворцова Т.В., Дорохин С.В., Чистяков А.Г.** Комплекс программ по моделированию работы автомобильной дороги: модули ПАРК, ПРОФИЛЬ и СОСТАВ
- Битюков В.К., Хаустов И.А., Хвостов А.А., Попов А.П.** Системный анализ процесса термоокислительной деструкции полимеров в растворе как объекта управления
- Абрамов Г.В., Гаврилов А.Н., Толстова И.С.** Формирование начального распределения компонентов плазмы на фазовой плоскости в методе крупных частиц при электродуговом синтезе УНС
- Марлей В.Е., Плотников С.Н.** Алгоритм распознавания изоморфного вложения алгоритмических сетей
- Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Дорохин С.В., Чистяков А.Г.** Комплекс программ по моделированию работы автомобильной дороги: модули ТРАССА и КОЛОННА
- Астрединова Н.В., Баринов А.В., Сергеев Д.С.** Возможность применения лазерно-ультразвуковой диагностики для контроля качества паяных соединений камер жидкостных ракетных двигателей

### ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

- Антипова Л.В., Титов С.А., Гребенщиков А.В., Демина Т.Н.** Влияние автолитических превращений на электрофизические свойства козьего мяса
- Магомедов Г.О., Зацепилина Н.П., Лыгин В.В.** Актуальные аспекты организации школьного питания, соответствующего возрастным физиологическим потребностям
- Голубева Л.В., Долматова О.И., Губанова А.А., Савельева Е.В.** Получение топленого масла повышенной хранимостности
- Антипова Л.В., Дворянинова О.П., Сторублевцев С.А., Черкесов А.З.** Свойства препаратов функциональных биополимеров рыбного происхождения
- Пономарева Е.И., Алехина Н.Н., Бакаева И.А.** Влияние продуктов переработки зародышей пшеницы на показатели качества зернового хлеба

## FUNDAMENTAL AND APPLIED CHEMISTRY, CHEMICAL TECHNOLOGY

**Mokshina N.Ia., Bychkova A.A., Pakhomova O.A.** Extraction of aromatic amino acids by poly-N-vinylpyrrolidone-3500

**Nikulina N.S., Nikulin S.S.** Bromination of 4-vinylcyclohexane and applying the resulting product to improve the flame retardant properties of wood

**Karmanova O.V., Muromtsev D.N., Pichkhidze S.Ia.** Influence of mixing parameters on the rheological and surface appearance characteristics of rubber compounds unshaped profiles

**Popov G.V., Igumenova T.I., Shul'ga A.M.** Study of surface modified polymers in the modification of nanomaterials

**Karmanova O.V., Popova L.V., Poimenova O.V., Gusev Iu.K.** Creating activating systems for the efficient vulcanization of elastomers

**Sedykh V.A., Kalmykov V.V., Vorot'iagin A.Iu., Hirnaia M.P.** The study of technological properties of plastisols based emulsion PVC filled with water-repellent chalk

## BIOTECHNOLOGY, BIONANATECHNOLOGY AND SUGAR PRODUCTS TECHNOLOGY

**Korneeva O.S., Goikalova O.Iu.** Research of biotransformation process of containing sugar raw for isomaltulose receiving

**Magomedov M.G.** The technology of paste from sugar beet obtaining

**Dyshliuk L.S., Golubtsova Iu.V., Novoselova M.V., Sheviakova K.A.** Investigation of methods of DNA extraction from plant origin objects and foods based on them

**Kulneva N.G., Zhuravlev M.V.** The influence of thermochemical treatment on the molecular diffusion coefficient of sucrose from sugar beet

## ECONOMICS AND MANAGEMENT

**Khorev A.I., Ovchinnikova T.I., Kobeleva S.V.** Competitiveness of innovative production as a result of the intensification of labor

**Bogomolova I.P., Omel'chenko O.M.** Analysis of influence factors of economic efficiency on the economy of the integrated structures

**Bakaev D.N.** Methodology to evaluate the innovative activity of the meat industry

**Romanenko A.V., Parkhomenko V.L., Popov A.I.** Setting of optimization task of the activity of a machine-building cluster company

**Khorev A.I., Gorkovenko E.V., Platonova I.V.** Conversion product structure as tool to increase yield processing organizations

**Popova E.S., Isaichev V.A.** The technique of diagnostics of the production capacity of the organization

**Liuft M.S., Peshchanskaia I.V.** Bank's risk management regarding risk of misconduct at the present stage

**Burlankov S.P., Dolgov D.I.** Developing a strategy concept on micro levels

**Zaporozhtseva L.A., Trineeva L.T.** Ontological model of strategic economic security of enterprise

**Salikov Yu.A., Barzenkova A.S.** Justification of the priorities of the clustering of agro-industries of the Voronezh Region

## ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

**110 Мокшина Н.Я., Бычкова А.А., Пахомова О.А.** Экстракция ароматических аминокислот поли-N-винилпирролидоном-3500

**115 Никулина Н.С., Никулин С.С.** Бромирование 4-винилциклогексена и применение полученного продукта для повышения огнезащитных свойств древесины

**118 Карманова О.В., Муромцев Д.Н., Пичхидзе С.Я.** Влияние параметров смешения на реологические и внешневидовые характеристики резиновых смесей неформовых профилей

**122 Попов Г.В., Игуменова Т.И., Шульга А.М.** Исследование изменения поверхности полимеров при модификации наноматериалами

**126 Карманова О.В., Попова Л.В., Пойменова О.В., Гусев Ю.К.** Создание активирующих систем для эффективной вулканизации эластомеров

**130 Седых В.А., Калмыков В.В., Воротягин А.Ю., Хирная М.П.** Изучение технологических свойств пласти-  
золой на основе эмульсионного ПВХ наполненных гидро-  
фобизированным мелом

## БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОНАНОТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ САХАРИСТЫХ ПРОДУКТОВ

**134 Корнеева О.С., Гойкалова О.Ю.** Исследование процесса биотрансформации сахарозосодержащего сырья с целью получения изомальтулозы

**138 Магомедов М.Г.** Технология получения пасты из сахарной свеклы

**142 Дышлиук Л.С., Голубцова Ю.В., Новоселова М.В., Шевякова К.А.** Исследование методов экстракции ДНК из объектов растительного происхождения и продуктов питания на их основе

**146 Кульнева Н.Г., Журавлев М.В.** Влияние термохимической обработки на молекулярный коэффициент диффузии сахарозы из свеклы

## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

**150 Хорев А.И., Овчинникова Т.И., Кобелева С.В.** Конку-  
рентоспособность инновационных производств как ре-  
зультат интенсификации труда

**157 Богомолова И. П., Омельченко О. М.** Анализ влияния факторов эффективности хозяйственной деятельности на экономику интегрированных структур

**163 Бакаев Д.Н.** Методика оценки инновационной активности предприятий мясной промышленности

**168 Романенко А.В., Пархоменко В.Л., Попов А.И.** Постановка задачи оптимизации деятельности предприя-  
тия машиностроительного кластера

**172 Хорев А.И., Горковенко Е.В., Платонова И.В.** Преобра-  
зование продуктовой структуры как инструмент повыше-  
ния доходности перерабатывающих организаций

**177 Попова Е.С., Исайчев В.А.** Методика диагностики произ-  
водственного потенциала организации

**182 Люфт М.С., Пещанская И.В.** Риск-менеджмент банка в части работы с риском недобросовестного поведения: современный этап

**187 Burlankov S.P., Dolgov D.I.** Формирование стратегии конкурентоустойчивости на микро уровне

**192 Запорожцева Л.А., Тринева Л.Т.** Онтологическая модель системы стратегической экономической безопасности предприятия

**197 Саликов Ю.А., Барзенкова А.С.** Обоснование приори-  
тетных направлений кластеризации агропромышленных предприятий Воронежской области



УДК 664.521.11

Профессор В.А. Афанасьев, ассистент Е.Ю. Желтоухова,  
аспирант Д.С. Кочанов

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов  
химических и пищевых производств

тел. (473) 255-35-54

E-mail: reglan2@rambler.ru

Professor V.A. Afanas'ev, assistant E.Iu. Zheltoukhova,  
graduate D.S. Kochanov

(Voronezh state university of engineering technology) Department of Technology of fats,  
processes and devices for chemical and food industries

phone (473) 255-35-54

E-mail: reglan2@rambler.ru

## Математическое моделирование процесса микронизации зерна

### Mathematical model of grain micronization

Реферат. В процессе микронизации зерна влага испаряется, в основном, в периоде убывающей скорости сушки. Слой зерна, находящийся на поверхности транспортера микронизатора, будем рассматривать как горизонтальную пластину. Вследствие того, что в процессе микронизации с поверхности зерен испаряется незначительное количество влаги (в пределах 2-7 %) будем считать пластину постоянной толщины. Поскольку в процессе микронизации структура зерна претерпевает изменения, то для достижения точного решения уравнений необходимо учитывать изменения теплофизических, оптических и др. параметров. В уравнение теплопереноса необходимо добавить слагаемое, отвечающее за инфракрасный нагрев. Ввиду малой толщины зерна, пренебрегаем процессами, происходящими на краю зерна, то есть фактически рассматриваем задачу для бесконечной пластины. Для проверки адекватности математической модели процесса микронизации зерна пшеницы необходимо сопоставим функции влагосодержания от времени, полученные из решения системы уравнений, с измеренными экспериментальными данными опыта. Численное решение системы уравнений для периода убывающей скорости сушки осуществим с помощью математического пакета Maple 14, подставляя значения констант в систему. Расчет средней относительной ошибки не превышает 7–10 % и показывает хорошее соответствие расчетных данных с экспериментальными значениями.

Summary. During micronisation grain moisture evaporates mainly in decreasing drying rate period. Grain layer located on the surface of the conveyor micronisers will be regarded as horizontal plate. Due to the fact that the micronisation process the surface of the grain evaporates little moisture (within 2-7 %) is assumed constant plate thickness. Because in the process of micronization grain structure is changing, in order to achieve an exact solution of the equations necessary to take into account changes thermophysical, optical and others. Equation of heat transfer is necessary to add a term that is responsible for the infrared heating. Because of the small thickness of the grain, neglecting the processes occurring at the edge of the grain, that is actually consider the problem of an infinite plate. To check the adequacy of the mathematical model of the process of micronisation of wheat grain moisture content must be comparable to the function of time, obtained by solving the system of equations with the measured experimental data of experience. Numerical solution of a system of equations for the period of decreasing drying rate is feasible with the help of the Maple 14, substituting the values of the constants in the system. Calculation of the average relative error does not exceed 7-10 %, and shows a good agreement between the calculated data and the experimental values.

*Ключевые слова:* математическая модель, микронизация зерна, пшеница, период убывающей скорости сушки

*Keywords:* mathematical model, micronization grain, wheat, decreasing drying rate period

В процессе микронизации зерна влага испаряется, в основном, в периоде убывающей скорости сушки [1].

Слой зерна, находящийся на поверхности транспортера микронизатора, будем рассматривать как горизонтальную пластину толщиной  $2R$ . Вследствие того, что в процессе микронизации с поверхности зерен испаряется незначительное количество влаги

(в пределах 2-7 %) будем считать пластину постоянной толщины.

Начало системы пространственных координат поместим в произвольную точку (рисунок 1). Слой зерна, который рассматриваем как горизонтальную пластину толщиной  $2R$ , движется горизонтально, а падающий на него лучистый поток примем за перпендикулярный.

---

© Афанасьев В.А., Желтоухова Е.Ю., Кочанов Д.С., 2014

Ось координаты  $z$  направим параллельно потоку инфракрасных лучей, а координатную плоскость  $(y, x)$  расположим перпендикулярно оси  $z$  и параллельно поверхности зерна (как мы увидим ниже, координаты  $y$  и  $x$  не участвуют в уравнениях, описывающих процесс сушки).

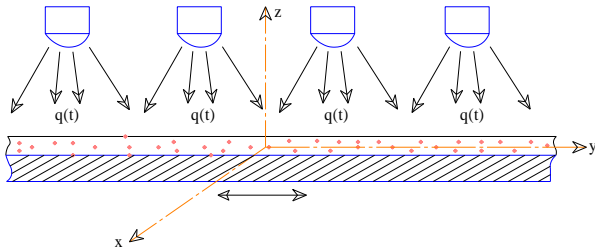


Рисунок 1. Расчетная схема процесса микронизации зерна

Изменение температуры  $T$  и влагосодержания  $U$  в процессе сушки описывается системой дифференциальных уравнений тепло- и массопереноса:

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial \tau} = b \nabla^2 U + b \delta \nabla T + \varepsilon \frac{\partial U}{\partial \tau}, \\ \frac{\partial T}{\partial \tau} = a \nabla^2 T + \frac{\varepsilon r}{c} \frac{\partial U}{\partial \tau}. \end{cases} \quad (1)$$

где  $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$  – оператор Лапласа,

$a$  – коэффициент температуропроводности продукта,  $\text{м}^2/\text{с}$ ,  $b$  – коэффициент массопереноса (диффузии),  $\text{м}^2/\text{с}$ ,  $\delta$  – термоградиентный коэффициент,  $\varepsilon$  – коэффициент фазового превращения,  $r$  – удельная теплота испарения воды,  $\text{кДж/кг}$ ;  $c$  – удельная массовая теплоемкость вещества,  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ .

Поскольку в процессе микронизации структура зерна претерпевает изменения, то для достижения точного решения уравнений необходимо учитывать изменения теплофизических, оптических и др. (плотности, температуропроводности, теплоемкости) параметров. Значения коэффициента температуропроводности  $a$ , коэффициента теплопроводности  $\lambda$  и массовой удельной теплоемкости  $c$  учтем при различных значениях температуры и влажности зерна. Коэффициенты поглощения, отражения и пропускания лучистого потока будем считать постоянными.

В связи с доминирующим перемещением влаги вдоль оси  $z$ , высоким градиентом влагосодержания, незначительным внутренним влагопереносом по координатам  $y$ ,  $x$  и последующим испарением, температура и влагосодержание

не зависят от координат  $y$ ,  $x$ : следовательно, уравнения (1) принимают вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial \tau} = b \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + b \delta \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \varepsilon \frac{\partial U}{\partial \tau}, \\ \frac{\partial T}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\varepsilon r}{c} \frac{\partial U}{\partial \tau}. \end{cases} \quad (2)$$

В уравнение теплопереноса необходимо добавить слагаемое, отвечающее за инфракрасный нагрев. Пусть мощность падающего на вещество лучистого потока равна  $q(\tau)$ . Тогда мощность поглощенного потока в точке вещества с координатой  $x$  равна:

$$\tilde{q}(\tau) = q(\tau) \exp(k(R - z)),$$

где  $k$  – коэффициент инстинкции (коэффициент ослабления луча);  $A$  – коэффициент поглощения.

Ввиду малой толщины зерна ослабление луча в толще продукта можно считать линейным по координате  $z$ .

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\varepsilon r}{c} \frac{\partial U}{\partial \tau} + \frac{1}{c \rho} A q. \quad (3)$$

При точном решении уравнений необходимо учитывать зависимость коэффициентов от времени. С учетом этой зависимости система уравнений может быть записана так:

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial \tau}(z, \tau) = b(\tau) \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}(z, \tau) + b(\tau) \delta(\tau) \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}(z, \tau) + \\ + \varepsilon(z, \tau) \frac{\partial U}{\partial \tau}(z, \tau) \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial T}{\partial \tau}(z, \tau) = a(\tau) \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}(z, \tau) + \frac{\varepsilon(z, \tau) r}{c(\tau)} \frac{\partial U}{\partial \tau}(z, \tau) + \\ + \frac{\rho_w + \rho_s U(z, \tau)}{c(\tau) \rho_s \rho_w (U(z, \tau) + 1)} A q(\tau) \end{cases} \quad (5)$$

Уравнение (5) можно переписать в эквивалентном виде (учитывая, что  $\varepsilon(z, \tau) \neq 1$ , равенство означало бы, что влага испаряется с поверхности пластины):

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial \tau}(z, \tau) &= \frac{b(\tau)}{1 - \varepsilon(z, \tau)} \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}(z, \tau) + \\ &+ \frac{b(\tau) \delta(\tau)}{1 - \varepsilon(z, \tau)} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}(z, \tau). \end{aligned} \quad (6)$$

В начальный момент процесса микронизации ( $\tau = 0$ ) температура и влагосодержание постоянны:

$$T(z, 0) \equiv T_0, \quad U(z, 0) \equiv U_0. \quad (7)$$

Ввиду малой толщины зерна, пренебрегаем процессами, происходящими на краю зерна,



поэтому граничные условия будем записывать лишь для  $z = \pm R$ , то есть фактически рассматриваем задачу для бесконечной пластины.

Пренебрегая бародиффузией и тепло-влажностопроводностью (поскольку их вклад становится заметным лишь при температурах порядка 100 °С, запишем граничное условие для уравнения массопереноса в виде условия третьего рода на поток влаги, испаряющейся через поверхность пластины:

$$-\lambda_m(R, \tau) \frac{\partial U}{\partial z}(R, \tau) = \beta(R, \tau) \cdot \frac{\rho_s \rho_w (U(R, \tau) + 1)}{\rho_w + \rho_s U(R, \tau)} (U(R, \tau) - U_{\text{ср}}), \quad (8)$$

где  $\lambda_m$  – коэффициент массопроводности,  $\beta$  – коэффициент массоотдачи,  $U_{\text{ср}}$  – влагосодержание окружающей среды.

В периоде убывающей скорости сушки коэффициент температуропроводности  $a$  меняется незначительно, поэтому в этом периоде значение коэффициента температуропроводности постоянно, т. е.  $a \approx a = 15,57 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2 / \text{с}$ . Аналогично, теплоемкость примем равной  $c \approx c_1 = 2107,52 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$ .

Уравнение теплопереноса (8) содержит слагаемое  $\frac{\rho_w + \rho_s U(z, \tau)}{c(\tau) \rho_s \rho_w (U(z, \tau) + 1)} Aq(\tau)$ , которое необходимо разложить по степеням  $z$ :

$$\begin{aligned} \frac{\rho_w + \rho_s U(z, \tau)}{c(\tau) \rho_s \rho_w (U(z, \tau) + 1)} Aq(\tau) &= \\ &= \frac{Aq(\rho_w + \rho_s (u_0(\tau) + u_2(\tau) z^2))}{\rho_s \rho_w c(\tau) (u_0(\tau) + u_2(\tau) z^2 + 1)} = \\ &= \frac{Aq}{\rho_s \rho_w c(\tau)} \left( \frac{\rho_w + \rho_s u_0(\tau)}{1 + u_0(\tau)} + \frac{\rho_s - \rho_w}{(1 + u_0(\tau))^2} u_2(\tau) z^2 \right) \end{aligned}$$

(мы учли, что  $q(\tau) \equiv q = \text{const}$ ).

После упрощения правой части и отбрасывания слагаемых порядка выше 2, по  $z$  уравнение приобретает вид:

$$\begin{aligned} \dot{t}_0(\tau) + \dot{t}_2(\tau) z^2 &= 2a_1 t_2(\tau) + \frac{Aq(\rho_w + \rho_s u_0(\tau))}{\rho_s \rho_w c_1 (1 + u_0(\tau))} + \\ &+ 2 \frac{Aa_1 q}{\rho_s \rho_w c_1} \left( \frac{6 \frac{\rho_w + \rho_s u_0(\tau)}{1 + u_0(\tau)} t_4(\tau) +}{+ \frac{\rho_s - \rho_w}{(1 + u_0(\tau))^2} u_2(\tau) t_2(\tau)} \right) z^2 \end{aligned} \quad (9)$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях  $z$ :

$$\begin{cases} \dot{t}_0(\tau) = 2a_1 t_2(\tau) + \frac{Aq(\rho_w + \rho_s u_0(\tau))}{\rho_s \rho_w c_1 (1 + u_0(\tau))} \\ \dot{t}_2(\tau) = 2 \frac{Aa_1 q}{\rho_s \rho_w c_1} \left( \frac{6 \frac{\rho_w + \rho_s u_0(\tau)}{1 + u_0(\tau)} t_4(\tau) +}{+ \frac{\rho_s - \rho_w}{(1 + u_0(\tau))^2} u_2(\tau) t_2(\tau)} \right) \end{cases} \quad (10)$$

Изменения коэффициента теплопроводности  $\lambda$  примем равным приблизительно  $\lambda \approx \lambda_1 = 0,294 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ .

В силу симметрии задачи по  $z$  (пластина однородна и симметрична, воздействие постоянно по  $z$ , то есть тоже симметрично) функции  $U(z, \tau)$  и  $T(z, \tau)$  четны по  $z$ : это означает, что ряды будут содержать только слагаемые с четными степенями  $z$ . Подставив эти выражения в систему уравнений и начально-краевых условий, затем отбросим слагаемые степени выше 2 как пренебрежимо малые, то есть функции  $U$  и  $R$  будем приближенно искать в виде.

Уравнение массопереноса с учетом допущения  $\varepsilon(z, \tau) = 0$  принимает вид:

$$\begin{aligned} \dot{u}_0(\tau) + \dot{u}_2(\tau) z^2 &= 2b(\tau)(u_2(\tau) + 6u_4(\tau) z^2) + \\ &+ 2b(\tau)\delta(\tau)(t_2(\tau) + 6t_4(\tau) z^2) \end{aligned}$$

Приравнивание коэффициентов при одинаковых степенях  $z$  дает систему:

$$\begin{cases} \dot{u}_0(\tau) = 2b(\tau)u_2(\tau) + 2b(\tau)\delta(\tau)t_2(\tau), \\ \dot{u}_2(\tau) = 12b(\tau)u_4(\tau) + 12b(\tau)\delta(\tau)t_4(\tau). \end{cases} \quad (11)$$

Значения коэффициента массопереноса (диффузии)  $b$  и термоградиентного коэффициента  $\delta$  будем считать постоянными.

Выпишем значения констант, участвующих в системе уравнений тепло- и массопереноса. Мощность теплового потока примем равной  $q = 35 \text{ кВт} / \text{м}^2$ . Коэффициент поглощения для зерна пшеницы в соответствии с экспериментальными данными примем равным  $A \approx 0,75$ . Значение плотности влаги примем равным плотности воды:  $\rho_w = 1000 \text{ кг} / \text{м}^3$ . Зная плотность продукта при исходной влажности 17 % и при влажности 8,9 %, найдем плотность абсолютно сухого вещества  $\rho_s = 905 \text{ кг} / \text{м}^3$ . Коэффициент диффузии  $b$  примем равным  $b = 2,71 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2 / \text{с}$ . Как показывают эксперимент, термоградиентный коэффициент  $\delta$  в периоде убывающей скорости сушки весьма

мал при вышеуказанных значениях влагосодержания, поэтому им пренебрегаем.

Значения температуры  $T_{cp}$  и влагосодержания  $U_{cp}$  постоянны. Значение  $T_{cp} = 95^\circ\text{C}$  для процесса микронизации пшеницы.

Подставляя в уравнения (1), (2) и в граничные условия известные значения констант, задача сводится к построению функции влагосодержания. Поскольку температура, в силу нагрева, выравнивается практически по всей

толще продукта, слагаемое, содержащее  $\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$ ,

из уравнения массопереноса пропадает, и это уравнение приобретает вид

$$\frac{\partial U}{\partial \tau}(z, \tau) = b(\tau) \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}(z, \tau) + \varepsilon(z, \tau) \frac{\partial U}{\partial \tau}(z, \tau) \quad (12)$$

или

$$\frac{\partial U}{\partial \tau}(z, \tau) = \frac{b(\tau)}{1 - \varepsilon(z, \tau)} \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}(z, \tau). \quad (13)$$

Коэффициент  $b(\tau)$  будем считать постоянным и равным  $b = 2,71 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$ ; величину  $\varepsilon(z, \tau)$  положим равной 0,3. Коэффициент

$$\frac{b(\tau)}{1 - \varepsilon(z, \tau)} = 3,87 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с} \text{ обозначим } B.$$

Начальное условие приобретает вид

$$U(z, \tau_0) = C_0 + C_2 x^2, \quad (14)$$

где константы  $C_0, C_2$  могут быть найдены из среднего значения  $\bar{U}(\tau_0)$ , определенного экспериментально, и из граничного условия. Принимая  $\bar{U}(\tau_0) = 0,5$  (примерное значение влагосодержания в момент, когда температура продукта постоянна), получаем соотношение

$$C_0 R + \frac{1}{3} C_2 R^3 = 0,5.$$

Граничное условие в данном случае имеет вид

$$\lambda_m(R, \tau) \frac{\partial U}{\partial z}(R, \tau) = \beta(R, \tau) \frac{\rho_s \rho_w (U(R, \tau) + 1)}{\rho_w + \rho_s U(R, \tau)}.$$

$$\cdot (U(R, \tau) - U_{cp}) \quad (15)$$

или

$$\frac{\partial U}{\partial z}(R, \tau) = \frac{\beta(R, \tau)}{\lambda_m(R, \tau)} \frac{\rho_s \rho_w (U(R, \tau) + 1)}{\rho_w + \rho_s U(R, \tau)}.$$

$$\cdot (U(R, \tau) - U_{cp}). \quad (16)$$

Для коэффициентов массопроводности  $\lambda_m(R, \tau)$  и массоотдачи  $\beta(R, \tau)$  возьмем постоянные значения:

$$\lambda_m(R, \tau) = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с}),$$

$$\beta(R, \tau) = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}/\text{с} [51].$$

При сделанных допущениях граничное условие приобретает вид:

$$\frac{\partial U}{\partial z}(R, \tau) = KU(R, \tau), \quad (17)$$

$$\text{где } K = \frac{\beta \rho_w}{\lambda_m} \approx 0,12 \text{ м}^{-1}.$$

Запишем задачу массопереноса при сделанных допущениях:

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial \tau}(z, \tau) = B \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}(z, \tau), \\ U(z, \tau_0) = C_0 + C_2 z^2, \\ \frac{\partial U}{\partial z}(R, \tau) = KU(R, \tau). \end{cases} \quad (18)$$

Система уравнений (18) представляет собой начально-краевую задачу третьего рода для уравнения теплопроводности, решение которой хорошо известно. Воспользуемся частным случаем этого решения при  $Bi \sim 1$  или  $Bi \gg 1$ .

$$U(z, \tau) = D_1 \exp(-B\mu^2 \tau) \cos \mu x + D_0,$$

где  $D_1, \mu, D_0$  – константы, которые могут быть определены из начального и граничного условия.

Для проверки адекватности математической модели процесса микронизации зерна пшеницы сопоставим теперь функции влагосодержания от времени, полученные из решения системы уравнений, с измеренными экспериментальными данными опыта.

Численное решение системы уравнений для периода убывающей скорости сушки осуществим с помощью математического пакета Maple 14, подставляя значения констант в систему (18). Сравнение результатов расчета с экспериментальными значениями приведено на рисунке 2.

Отразим данные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Расчетные и экспериментальные значения влагосодержания пшеницы

Время, с	$U^c$ (расчет), %	$U^c$ (эксперим.), %	Абсолютная разница, %	Относит. погрешность, %
0	14,9	14,0	+ 0,9	6,42
15	13,5	13,5	0	0
30	12,2	12,2	0	0
45	10,8	11,3	- 0,5	4,42
60	8,1	9,0	- 0,9	10,0
75	6,0	7,0	- 1,0	14,28
90	4,3	4,9	- 0,6	12,24

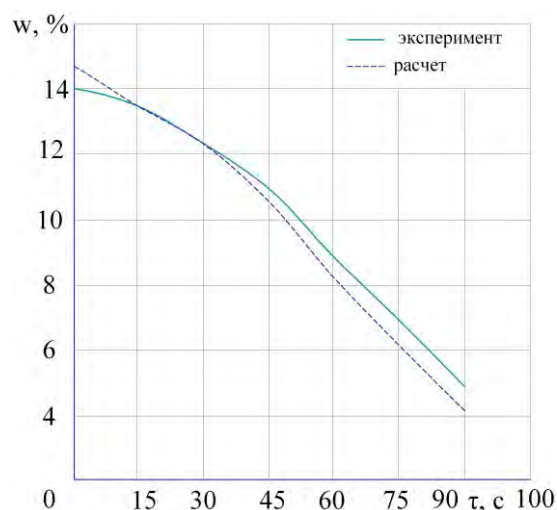


Рисунок 2. Сравнение расчетных и экспериментальных данных изменения влагосодержания пшеницы от времени

## ЛИТЕРАТУРА

1 Остриков А.Н., Желтоухова Е.Ю. Производство фруктовых и овощных чипсов с использованием комбинированной радиационно-конвективной сушки: монография. Воронеж: ВГУИТ, 2014. 375 с.

## REFERENCES

1 Ostrikov A.N., Zeltoukhova E.Iu. Proizvodstvo fruktovykh i ovoshchnykh chipsov s ispol'zovaniem kombinirovannoi, radiatsionno-konvaktivnoi sushki [Manufacture of fruit and vegetable chips with combined radiation-convection drying]. Voronezh: VGUIT, 2014. 375 p. (In Russ.).

Профессор Г.В. Калашников, старший преподаватель Е.В. Литвинов  
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра машин и аппаратов пищевых производств,  
тел. (473) 255-38-96  
E-mail: kagen5@yandex.ru, zenlit@yandex.ru

Professor G.V. Kalashnikov, senior lecturer E.V. Litvinov  
(Voronezh state university of engineering technology) Department of machines and devices of  
food manufactures.  
phone (473) 255-38-96  
E-mail: kagen5@yandex.ru, zenlit@yandex.ru

## Оценка тепловой эффективности технологической схемы производства яблочных чипсов и сушеных плодов

## Evaluation of thermal efficiency of the technological scheme of apple chips and dried fruits production

Реферат. Выполнена оценка термодинамического совершенства отдельных технологических процессов при влаготепловой обработке фруктов и линии производства фруктовых яблочных чипсов и сушеных плодов. Предложена ресурсосберегающая технологическая схема линии переработки плодов и производства фруктовых чипсов на основе конвективной и СВЧ-сушки. Составлена методика и приведены результаты расчета тепловых затрат для различных схем производства яблочных чипсов. Для предлагаемой схемы определены материальные, тепловые и энергетические потоки на основе балансовых соотношений технологических процессов. Показана сравнительная тепловая эффективность производства яблочных чипсов для базового зарубежного варианта и предлагаемой технологической схемы с замкнутым циклом использования теплоносителя и комбинированной конвективно-СВЧ-сушки. В работе определены тепловые и энергетические потоки для процессов конвективной сушки, предварительной СВЧ-сушки, гидротермической обработки и завершающей СВЧ-сушки растительного сырья, являющихся одними из главных стадий производства всех видов плодовоовощных концентратов, в т.ч. фруктовых яблочных чипсов. Ресурсосберегающие способы влаготепловой обработки (гидратации, бланширования, сушки и т.д.) плодовоовощного сырья при производстве пищевых концентратов предполагают снижение расхода теплоносителя с высокой степенью использования его энергетического потенциала и СВЧ-источников. Для оценки тепловой эффективности различных технологических процессов и схем производства в качестве показателей использован тепловой КПД и предложена величина удельной теплоты (кДж/кг) с учетом массовой производительности на единицу исходного сырья и перемещаемой влаги. Определены значения массовой доли теплоты материальных потоков для базовой и предлагаемой ресурсосберегающей технологической схемы производства фруктовых чипсов, на примере яблочных, на основе комбинированной конвективно-СВЧ-сушки каждой контрольной поверхности.

Summary. The estimation of thermodynamic perfection of separate technological processes is executed at heat-moisture of handling of fruit and a line of manufacture of fruit apple chips and dried fruits. The technological scheme of a line of processing of fruits and manufactures of fruit chips on the basis of convection and the microwave-dryings suggested resource-saving. The technique is made and results of calculation of thermal expenses for various schemes of manufacture of apple chips are resulted. For the offered scheme material, thermal and power streams on the basis of balance parities of technological processes are certain. The comparative thermal production efficiency of apple chips for a base foreign variant and the offered technological scheme with the closed cycle of use of the heat-carrier and the combined convection-microwave-drying is shown. In this paper we define the thermal and energy flows for the processes of convective drying, pre-microwave drying, hydrothermal treatment and final microwave drying plant material, which are one of the main stages of the production of all kinds of fruit and vegetable concentrates, including fruit apple chips. Resource-saving ways moisture-heat of handling (hydration, blanching, drying, etc.) produce raw materials in the production of food concentrates suggested a reduced water flow with a high degree of use of its potential power and microwave sources. To assess the thermal efficiency of the various processes and production schemes used as indicators of thermal efficiency and proposed value of specific heat (kJ / kg) given mass productivity per unit of feedstock and translational moisture. The values of the mass fraction of the heat of material flows for the base and the proposed resource-saving production scheme fruit chips, for example, apple, based on a combination of convection-microwave drying each control surface.

**Ключевые слова:** ресурсосберегающая технология, яблоки, чипсы, тепловой КПД

**Keywords:** resource-saving technology, apples, chips, thermal efficiency

Необходимость комплексной безотходной переработки плодовоовощного сырья является одной из актуальных задач агропромышленного комплекса [1]. Объем валового сбора яблок в Воронежской области составляет около 93,4 тыс. т. и потери от валового сбора – 18,7 тыс. т. [2].

Одно из направлений решения данной задачи связано с созданием эколого-ресурсосберегающей технологии яблочных чипсов и сушеных плодов, конкурентоспособной импортной продукции [3].

Цель работы состояла в оценке тепловой эффективности созданной технологической схемы производства яблочных чипсов и сушеных плодов.

Данная работа связана с определением тепловых и энергетических потоков для процессов конвективной сушки, предварительной СВЧ-сушки, гидротермической обработки и завершающей СВЧ-сушки растительного сырья, являющихся одними из главных стадий производства всех видов плодовоовощных концентратов, в т.ч. фруктовых яблочных чипсов.

Ресурсосберегающие способы влаготепловой обработки (гидратация, бланширование, сушка и т.д.) плодоовощного сырья при производстве пищевых концентратов предполагают снижение расхода теплоносителя с высокой степенью использования его энергопотенциала и СВЧ-источников [3].

Исследования влаготепловой обработки пищевых продуктов пищевого концентратного производства (крупы, картофель, фрукты, овощи и т.д.) показали эффективность комбинированных способов влаготеплового воздействия с замкнутым циклом использования теплоносителя [3, 4].

На основании проведенных экспериментальных исследований и полученных теоретических данных были предложены способ осуществления процесса и рациональные комбинированные технологические режимы влаготепловой обработки плодоовощного сырья, а также ресурсосберегающие технологии производства сушеных продуктов и чипсов [4, 5].

Пищевое растительное сырье предварительно очищается от остатков оболочки и отсортировывается с целью выравнивания гранулометрического состава и обеспечения однородности структуры продукта.

Исходное сырье на начальном этапе конвективной сушки перегретым паром подвергается бланшированию вследствие конденсации. Конвективная сушка плодов и овощей на начальной стадии влагоудаления обеспечивается перегретым паром контура рециркуляции, пронизывающим восходящим потоком слой дисперсного материала.

Последующие стадии многоступенчатой сушки осуществлялись с использованием СВЧ-энергии. При этом мощность на завершающем этапе сушки, например, яблок, составляла до 30 % начальной, подводимой в контрольную поверхность сушки, при сохранении высокого качества продукта.

Отличительной особенностью предложенной ресурсосберегающей технологической линии производства фруктовых чипсов является использование в качестве теплоносителя отработанного перегретого пара рециркуляционного контура конвективной сушки вместе с испаренной влагой для процессов бланширования и конвективной сушки, а также подогрева исходного сырья, водного раствора и ступенчатого нагрева осушенного теплоносителя в секционных теплообменниках (рисунок 1).

Предварительная гидротермическая обработка (ПГТО) в виде бланширования совмещена с последующей конвективной сушкой в одной и той же рабочей камере оборудования. Это достигается вследствие конденсации

и высокой начальной влажности растительного сырья (например, яблок 75 %).

Созданная технология основывается на разработанном способе постадийной комбинированной конвективно-СВЧ-сушки при производстве сушеных продуктов [6]. Для переработки сырья при бланшировании и сушке предлагается использовать в качестве теплоносителя инертный теплоноситель – перегретый пар, а в дальнейшем – процесс комбинированной конвективно-СВЧ-сушки с промежуточной обработкой сырья водным раствором. При этом происходят не только физико-химические и структурно-механические изменения веществ исходного сырья, но и создается новый в качественном отношении продукт со свойствами, сформированными под воздействием теплоты и влаги. Продолжительность получения сушеных яблок и груш составляет около 80-90 мин по сравнению с известными способами (продолжительность только сушки составляет 3,5-4,5 часа в зависимости от влагосодержания готового продукта) [6].

Одними из основных причин интенсификации технологических процессов по предлагаемой ресурсосберегающей схеме производства фруктовых чипсов являются использование эффекта конденсации в периоде прогрева для бланширования растительного сырья, применение в качестве теплоносителя перегретого пара атмосферного давления и активных гидродинамических режимов слоя, а также СВЧ-энергии электромагнитного поля в соответствии с кинетическими закономерностями влаготепловой обработки.

Энергетические и тепловые потоки определены на основе базовой и предлагаемой (рисунок 1) схем производства яблочных чипсов. В качестве базовой принята схема на основе линии фирмы Savenco для производства яблочных чипсов.

Составленная методика расчета тепловых затрат связана с определением тепловых и энергетических потоков для анализируемых контрольных поверхностей линии производства фруктовых чипсов [7, 8].

С целью получения наиболее полной информации для всех стадий производства фруктовых чипсов были составлены материальные, энергетические и тепловые балансы теплообменных процессов и определены удельные массовые доли теплоты для контрольных поверхностей. Тепловые затраты получены на основе материальных и тепловых балансов технологических процессов по методике [3] и учитывают различные температуры и влажности материальных потоков на отдельных стадиях (таблица 1) [4].

Обобщенное уравнение материального баланса энерготехнологической системы имеет вид (рисунок 1):

$$\sum_{i=1}^k M'_{ij} + M_0 = \sum_{i=1}^k M''_{ij} \pm \Delta M, \quad (1)$$

где  $\sum_{i=1}^k M'_{ij}$  и  $\sum_{i=1}^k M''_{ij}$  – суммарные материальные потоки  $i$ -го компонента в  $j$ -ом процессе на входе и выходе контрольной поверхности, соответствующие начальному и конечному состояниям; индекс  $i$  обозначает компоненты процесса ( $i = 1, 2, 3$  – соответственно, для твердой или дисперсной (продукт), жидкой (вода) и газовой (пар, паровоздушная смесь) фаз), соответствующие начальному и конечному состояниям;  $k$  – число потоков; индекс  $j$  обозначает контрольную поверхность технологического процесса (рисунок 1,  $j = \{A, B, \dots, I\}$ );  $M_0$  – поток исходного сырья, поступающего на переработку;  $\Delta M$  – изменение массы объекта переработки.

Из физических соображений необходимо ввести уравнения согласования для переменных между процессами:

$$G_{1C}^K = G_{1D}^H, G_{1D}^K = G_{1E}^H, G_{1E}^K = G_{1F}^H, \quad (2)$$

$$G_{1F}^K = G_{1G}^H, G_{1G}^K = G_{1H}^H, \dots$$

где  $G_{1j}^H$ ,  $G_{1j}^K$  – расход объекта переработки в  $j$ -ом процессе, соответствующий начальному и конечному состояниям, кг/ч.

Энергетические балансовые уравнения в общем виде можно представить системой уравнений:

$$\sum_{i=1}^k Q'_{ij} + \sum_{i=1}^k L'_{ij} = \sum_{i=1}^k Q''_{ij} + \sum_{i=1}^k L''_{ij} + Q_{0j}, \quad (3)$$

где  $\sum_{i=1}^k Q'_{ij}$  и  $\sum_{i=1}^k Q''_{ij}$  – соответственно суммарные потоки теплоты с  $i$ -м компонентом в  $j$ -м процессе на входе и выходе контрольной поверхности с учетом фазового превращения;  $\sum_{i=1}^k L'_{ij}$  и  $\sum_{i=1}^k L''_{ij}$  – суммарные работы, подводимые к контрольной поверхности и получаемые на выходе;  $Q_{0j}$  – поток теплоты на  $j$ -м процессе, отдаваемый в окружающую среду.

Уравнения теплового баланса имеют вид: конвективной сушки:

$$G_{1D}^H \text{Im}(T_{1D}^H, u_{1D}^H) + G_{3D}^H \text{Ip}(T_{3D}^H) =$$

$$= G_{1D}^K \text{Im}(T_{1D}^K, u_{1D}^K) +$$

$$+ (G_{3D}^H + \Delta U) \text{Ip}(T_{3D}^K) + Q_{OD}. \quad (4)$$

СВЧ-сушки:

$$G_{1j}^H \text{Im}(T_{1j}^H, u_{1j}^H) + L_{3j}^H + G_{3j}^H \text{Iv}(T_{3j}^H) =$$

$$= G_{1j}^K \text{Im}(T_{1j}^K, u_{1j}^K) + (G_{3j}^H + \Delta U) \text{Iv}(T_{3j}^K) + Q_{Oj}. \quad (5)$$

или

$$(1 - k_{Oj})(G_{3j}^H \text{Iv}(T_{3j}^H)) - (G_{3j}^H + \Delta U) \text{Iv}(T_{3j}^K) =$$

$$= G_{3j}^K \text{Im}(T_{3j}^K, u_{3j}^K) - (1 - k_{Oj})(G_{3j}^H \text{Im}(T_{3j}^H, u_{3j}^H)). \quad (6)$$

где  $Q_{Oj}$  – потери теплоты при сушке;  $k_{Oj}$  – доля потерь теплоты в окружающую среду при сушке.  $u$  – влагосодержание, кг/кг;  $T$  – температура, К;  $\text{Im}(T_{1j}, u_{1j})$ ,  $\text{Ip}(T_{3j})$ ,  $\text{Iv}(T_{3j})$  – соответственно, энтальпии продукта, перегретого пара и паровоздушной смеси, кДж/кг.

В данной работе расчет тепловых и энергетических потоков выполнен по технологическим показателям производства фруктовых яблочных чипсов (таблица 1) на основе данных [9-11] и результатов экспериментальных исследований для районированных сортов «Степная красавица», «Антоновка», «Синап» и «Богатырь» [4, 5].

Т а б л и ц а 1

Технологические показатели производства яблочных чипсов по базовой (а) и предлагаемой (б) схемам

№	Показатели	Технологические схемы	
		а	б
1	Массовая доля исходного сырья, кг	960	1250
2	Влажность продукта, %:		
	а) начальная	80	74,72
	б) конечная	8,0	7,0
3	Температура продукта в контрольных поверхностях, К	353...363	303...382
4	Расход пара, кг/ч	400	
5	Расход теплоносителя:		
	а) предварительной СВЧ – сушки, м <sup>3</sup> /ч;	–	0,243
	б) завершающей СВЧ – сушки, м <sup>3</sup> /ч	–	5,62
6	Расход водного раствора, м <sup>3</sup> /ч		30
7	Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	2	
8	Давление пара на входе в контрольную поверхность, МПа	0,6	0,2
9	Температура водного раствора, К	293	308
10	Потребляемая электроэнергия, кВт	40,0	55,0
11	Мощность электродвигателя привода секций, кВт	–	3
12	Мощность приводов вентиляторов, кВт	7,0	9,5
13	Мощность привода насоса подачи сиропа, кВт	–	0,5
14	Мощность колебательная магнетронов, кВт	–	37
15	Производительность по готовому продукту, кг/ч	10,9...12	346,56
16	Продолжительность сушки, мин	240...270	70...90



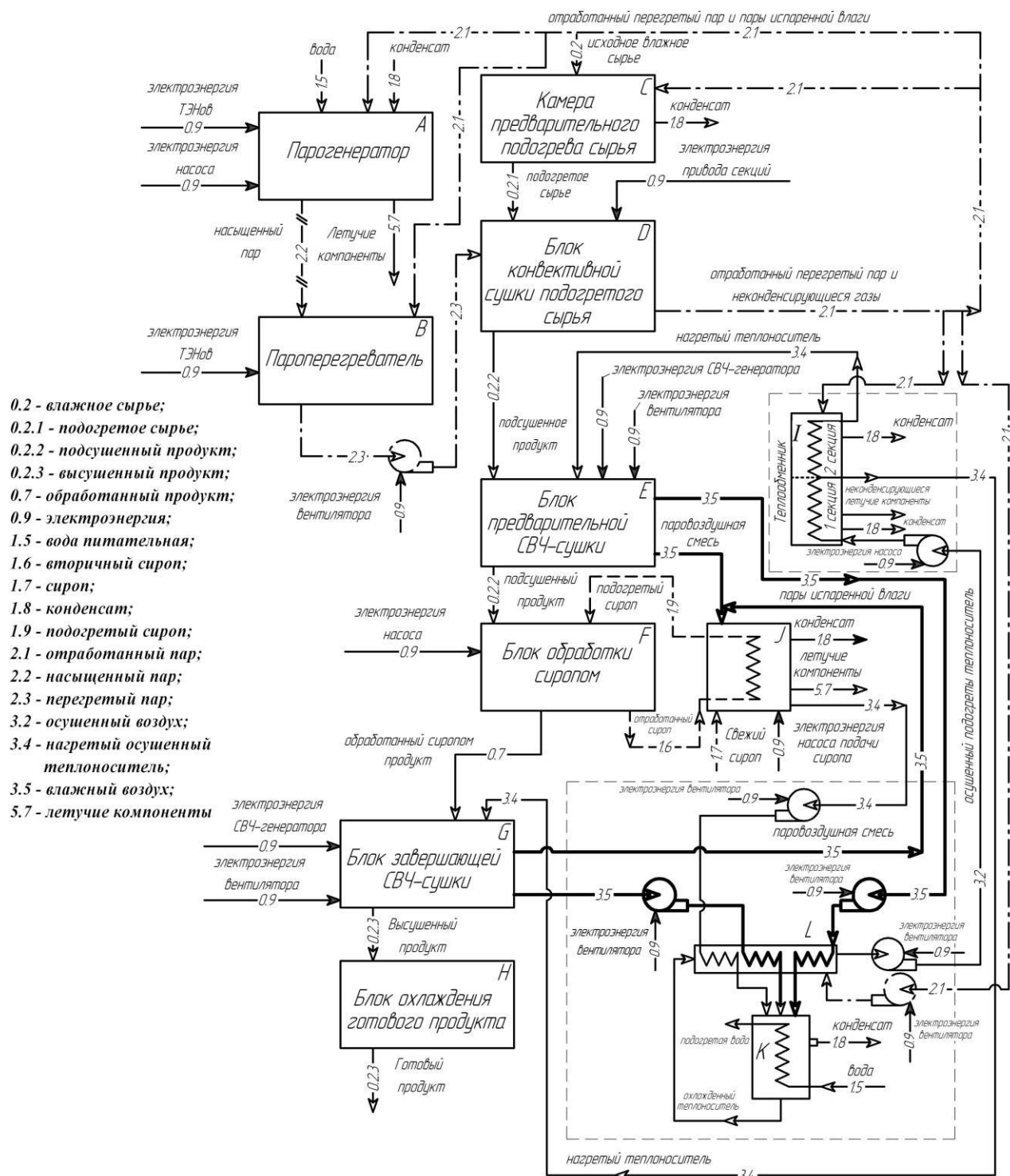


Рисунок 1 - Схема распределения материально-тепловых и энергетических потоков ресурсосберегающей линии производства яблочных чипсов с контрольными поверхностями: А – парогенератора, В – пароперегревателя, С – предварительного подогрева сырья, D – конвективной сушки, E – предварительной СВЧ-сушки, F – обработки водным раствором, G – завершающей СВЧ-сушки, H – охлаждения готового продукта, J – подогрева водного раствора, L – теплообменника 1 ступени с конденсатором для подогрева осушенного теплоносителя, I – теплообменника 2 ступени нагрева осушенного теплоносителя

Контрольные поверхности ресурсосберегающей технологической схемы производства яблочных чипсов и переработки яблок с распределением материальных, тепловых и энергетических потоков показаны на рисунке 1.

В таблице 2 приведены значения массовой доли теплоты материальных потоков для базовой и предлагаемой ресурсосберегающей технологической схемы производства фруктовых чипсов, на примере яблочных, на основе комбинирован-

ной конвективно-СВЧ-сушки с контрольными поверхностями А–І (рисунок 1).

Для оценки тепловой эффективности различных технологических процессов и схем производства в качестве показателей использован тепловой КПД и предложена величина удельной теплоты (кДж/кг) с учетом массовой производительности на единицу исходного сырья и перемещаемой влаги [3].

Суммарные удельные затраты теплоты для теплотехнологической системы производства и массовой доли теплоты, приходящей в контрольные поверхности на технологических процессах при производстве высушенного продукта, определяем по формуле:

$$q_{ij}^c = \sum_{i=1}^k Q_{ij} / G_1', \text{ кДж/(кг нач. продукта)} \quad (7)$$

где  $\sum_{i=1}^k Q_{ij}$  – суммарное количество теплоты, приходящей с  $i$  – компонентом в  $j$  – контрольной поверхности, кДж;  $G_1'$  – масса начального сырья, кг.

С точки зрения использования энергетического потенциала теплоносителя в качестве одного из основных оценочных показателей эффективности осуществления тепломассообменных процессов при обработке плодовых и овощных продуктов использован тепловой КПД, который определялся как для промышленных, так и для разработанных ресурсосберегающих технологических схем производства фруктовых и овощных концентратов.

Тепловой КПД для схемы:

$$\eta_T = \left( \frac{\sum_{j=1}^l Q_j^n}{\sum_{j=1}^l Q_j^3} \right) \cdot 100\% = \left( Q_{kj} + \frac{\sum_{j=1}^l Q_{3j}^n}{Q_{1n} + Q_{2n} + \dots + Q_j} \right) \cdot 100\% \quad (8)$$

и каждого технологического процесса:

$$\eta_{Tj} = \left( Q_j^n / \sum_{i=1}^k Q_i \right) \cdot 100\% \quad (9)$$

где  $\sum_{j=1}^l Q_j^n$  – суммарная удельная теплота полезных потоков, кДж/кг;  $\sum_{j=1}^l Q_j^3$  – суммарная затраченная удельная теплота, кДж/кг;  $Q_{1n}$ ,  $Q_{2n}$ ,  $Q_j$  – удельная теплота исходного растительного сырья, теплоносителя, СВЧ-энергии, сиропа, подаваемых в систему, кДж/кг;  $Q_{kj}$  – удельная теплота готового продукта, кДж/кг;  $\sum_{j=1}^l Q_{3j}^n$  – удельная теплота теплоносителей, используемых в контрольных поверхностях рециркуляционного контура термической обработки продукта, и сиропа, подаваемого на обработку сырья, кДж/кг.

Массовая доля полезной составляющей теплоты, необходимой для переработки растительного сырья, расходуется на перемещение влаги внутри обрабатываемого растительного сырья (лагоприращение и лагоудаление) с физико-химическим изменением веществ и преобразованием структуры продукта. Поэтому полезная теплота включает массовую долю теплоты продукта и теплоносителя, используемого на рециркуляции без потерь в окружающую среду.

Общие удельные затраты теплоты на производство яблочных чипсов показывают различные удельные затраты массовой доли теплоты на переработку 1 кг исходного сырья для базовой и разработанной технологических схем производства. Для базовой схемы линии данный показатель составляет 5811,6 кДж/(кг исходного сырья), а для предлагаемой – 1064,7 кДж/(кг исходного сырья).

Т а б л и ц а 2

Тепловая эффективность базовой (а) и предлагаемой (б) технологических схем линий производства яблочных чипсов

Показатели	Обозн.	Технологические схемы	
		а	б
1	2	3	4
Суммарные затраты теплоты для всей технологической схемы, кДж/(кг исход. сырья)	$\sum_{j=1}^l Q_j^3$	5811,6	1064,7
Полезная составляющая теплоты на основе полезной работы по преобразованию продукта и использования отработанного теплоносителя, кДж/(кг исход. сырья)	$\sum_{j=1}^l Q_j^n$	5,8* 5024,2	1050,9
Тепловой КПД, %	$\eta_T$	86,45	98,72

\*- без использования вторичного пара

Теплота каждого материального и энергетического потока, а также внешние тепловые потери для составления теплового баланса энерготехнологической системы линии производства фруктовых чипсов определялась по формулам (1-9).

Каждая взятая в отдельности контрольная поверхность предлагаемой схемы имеет достаточно высокий тепловой КПД. По известным схемам производства яблочных чипсов (ПГТО, обработка паровоздушной смесью при атмосферном давлении в конвейерном оборудовании периодического действия, охлаждение на испарительных установках, сушка паровоздушной смесью в сушилках туннельного типа) тепловой КПД на отдельных технологических стадиях достигает 0,5-0,9. Значительное изменение теплового КПД различных схем производства фруктовых яблочных чипсов в основном обуславливается степенью использования энергетического потенциала теплоносителя.

Тепловой КПД на основе полезной работы по преобразованию продукта и использования отработанного теплоносителя предлагаемой технологической схемы производства яблочных чипсов на основе комбинированной конвективно-СВЧ-сушки составляет  $\eta_T = 0,98$  и превышает аналогичный показатель известных технологий (базовый вариант при полном использовании пара –  $\eta_T = 0,86$ ), что свидетельствует о

повышении степени термодинамического совершенства предлагаемой линии (таблица 2).

При этом предложенная ресурсосберегающая технологическая схема производства фруктовых чипсов с комбинированной конвективно-СВЧ-сушкой и промежуточной обработкой сиропом характеризуются лучшей степенью использования теплоты потока энергии с получением максимальной работы от теплоносителя при наиболее полной полезной утилизации теплоты и отличается экономией материальных энергоресурсов на стадиях ПГТО и сушки. Например, при переработке 1,25 т яблок из 689 кг испаряемой на конвективной сушке влаги используется для технологических процессов около 482 кг пара.

Составленная методика позволяет определить расход теплоты и влагозатраты при проектировании как комбинированного оборудования непрерывного действия с замкнутым циклом использования теплоносителя, так и отдельных блоков конвективной и СВЧ-сушки, блоков ПГТО и охлаждения пищевых растительных продуктов [12].

### Обозначения

$Q$  – массовая доля теплоты контрольных поверхностей, кДж/кг; индексы: 1,2,3 – соответственно, для твердой (дисперсной), жидкой и паровой фаз.

### ЛИТЕРАТУРА

1 Рогов И.А., Некрутман С.В. Сверхвысокочастотный нагрев пищевых продуктов. М.: Агропромиздат, 1986. 351 с.

2 Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gks.ru>.

3 Калашников Г.В., Остриков А.Н. Ресурсосберегающие технологии пищевых концентратов. Воронеж: ВГУ, 2001. 355 с.

4 Калашников Г.В., Литвинов Е.В. Кинетика СВЧ-сушки яблок // Вестник ВГУИП. № 2 (52). 2012. С. 40–42.

5 Калашников Г.В., Литвинов Е.В. Анализ свойств яблок различных сортов на основе термоаналитических методов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 11. С. 28–31.

6 Пат. № 2520142, RU, A23L1/212. Способ производства плодовоовощных чипсов / Калашников Г.В., Литвинов Е.В. № 2012127498/13; Заявл. 03.07.2012; Оpubл. 10.01.2014; Бюлл. № 1.

7 Пат. № 2483571, RU, A 23 L 01/025, A 23 L 1/064. Тороидальный аппарат для производства плодовоовощных чипсов / Калашников Г.В., Литвинов Е.В. № 2012100586/12; Заявл. 10.01.2012; Оpubл. 10.06.2013; Бюлл. № 16.

8 Пат. № 2485803, RU, A 23 L 01/025, A 23 L 1/064. Линия для производства плодовоовощных чипсов / Калашников Г.В., Литвинов Е.В. № 2012104280/12; Заявл. 07.02.2012; Оpubл. 27.06.2013; Бюлл. № 18.

9 Богословский С.В. Физические свойства газов и жидкостей. СПб.: СПбГУАП, 2001. 73 с.

10 Вукалович М.П. Теплофизические свойства воды и водяного пара. М.: Машиностроение, 1967. 160 с.

11 Гинзбург А.С., Громов М.А. Теплофизические характеристики картофеля, овощей и плодов. М.: Агропромиздат, 1987. 272 с.

12 Калашников Г.В., Литвинов Е.В., Расстегаев М.Н. Структурная модель расчета оборудования влаготепловой обработки сыпучих пищевых продуктов // Вестник ВГТА. № 1 (43). 2010. С. 99–103.

REFERENCES

- 1 Rogov I.A., Nekrutman S.V. Sverkhvysokochastotnyi nagrev pishchevykh produktov [Superhigh heating foods]. Moscow, Agropromizdat, 1986. 351 p. (In Russ.).
- 2 Federal'naia sluzhba statistiki [Federal State Statistics Service]. Available at: <http://www.gks.ru>. (In Russ.).
- 3 Kalashnikov G.V., Ostrikov A.N. Saving technologies of food concentrates [Resursosberegaiushchie tekhnologii pishchevykh kontsentratsiy]. Voronezh, VGU, 2001. 355 p. (In Russ.).
- 4 Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. Microwave drying kinetics of apples. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, № 2 ( 52). P. 40-42. (In Russ.).
- 5 Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. Analysis of the properties of apples of different varieties on the basis of thermoanalytical methods. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyra*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2012, № 11, P. 28-31. (In Russ.).
- 6 Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. Sposob proizvodstva plodoovoshchnykh chipsov [A method of production of fruit and vegetable crisps]. Patent RF, no. 2520142, 2012. (In Russ.).
- 7 Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. Toroidal'nyi apparat dlia proizvodstva plodoovoshchnykh chipsov [Toroidal apparatus for the production of fruit and vegetable crisps]. Patent RF, no. 2483571, 2012. (In Russ.).
- 8 Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. Liniia dlia proizvodstva plodoovoshchnykh chipsov [Line for the production of fruit and vegetable crisps]. Patent RF, no. 2485803, 2012. (In Russ.).
- 9 Bogoslovskii S.V. Fizicheskie svoistva gazov i zhidkosti [Physical properties of gases and liquids]. St. Petersburg . : SPbGUAP, 2001. 73 p. (In Russ.).
- 10 Vukalovich M.P. Teplofizicheskie svoistva vody i vodianogo para [Thermophysical properties of water and steam]. Moscow, Mashinostroenie, 1967. 160 p. (In Russ.).
- 11 Ginzburg A.S., Gromov M.A. Teplofizicheskie svoistva kartofelia, ovoshchei i plodov [Heat-physical characteristics of potatoes, vegetables and fruiting]. Moscow, Agropromizdat, 1987. 272 p. (In Russ.).
- 12 Kalashnikov G.V., Litvinov E.V., Rastegaev M.N. Structural model for calculating moisture-heat processing equipment flowing food. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSTA], № 1 (43), 2010, P. 99-103. (In Russ.).

УДК 542.69:633.85

Профессор А.А. Шевцов,

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств. тел. (473) 255-35-54

докторант Л.Н. Фролова, профессор В.Н. Василенко,

аспирант И.В. Драган

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов пищевых и химических производств. тел. (473) 255-35-54

E-mail: vvn\_1977@mail.ru

Professor A.A. Shevtsov,

(Voronezh State University of Engineering Technologies) Department of bread, confectionery, pasta and grain processing technology phone (473) 255-35-54

doctoral candidate L.N. Frolova, professor V.N. Vasilenko,

post graduate student I.V. Dragan

(Voronezh State University of Engineering Technologies) Department of technology of fats, processes and equipment for food and chemical industries., phone. (473) 255-35-54

E-mail: vvn\_1977@mail.ru

## **Автоматическая оптимизация процесса прессования семян масличных культур по технико-экономическому показателю**

## **Automatic optimization of oilseeds pressing process for technical and economic indicators**

Реферат. Одним из резервов экономии топливно-энергетических ресурсов в маслоэкстракционном производстве является совершенствование режимов энергоемкого оборудования, в частности форпресса. В этой связи в работе использовался один из эффективных методов энергосбережения, основанный на оптимизации режимов прессования масличного сырья в форпрессе по технико-экономическому показателю. В качестве критерия оптимизации использовались удельные теплоэнергетические потери. Нами предлагается автоматическая оптимизация процесса двухэтапного прессования, включающая измерение масличностей исходного продукта и экспеллерного жмыха, температуры исходного продукта, расхода исходного продукта и выхода масла на первом этапе отжима в форпрессе и второго этапа отжима на экспеллерах, дополнительно осуществляют подвод пара в чанную жаровню, измеряют среднеинтегральную температуру по продукту в жаровне и после выхода из нее, расход пара, потребляемую мощность регулируемого привода форпресса. По измеренным значениям масличностей исходного продукта и экспеллерного жмыха определяют текущее значение их соотношения, в зависимости от которого устанавливают частоту вращения шнека в форпрессе путем воздействия на мощность регулируемого привода форпресса с коррекцией соотношения масличностей по текущему значению давления в зоне прессования, а по температуре исходного продукта устанавливают расход пара с коррекцией по значению среднеинтегральной температуры в чанной жаровне. При достижении текущим значением давления максимального значения снижают частоту вращения шнека форпресса, а температуру нагрева продукта в зоне чанной жаровни стабилизируют путем воздействия на расход пара в ней с коррекцией по текущему значению температуры исходного продукта.

Summary. One of the reserves of fuel and energy resources saving in the production of oil extraction is the improvement of equipment energy-intensive modes, and forepress in particular. Therefore the authors used an efficient energy saving method, based on the optimization of the oilseeds pressing in the forepress on technical and economic indicator. Specific heat and energy saving losses were used as the optimization criterion. We propose an automatic optimization of the two-stage pressing, including the measuring of oil content in the seeds of the original material and expeller oilcake, initial product temperature, flow rate of the initial product and oil output in the first stage pressing in forepress and the second stage extracting in the spin expeller. Additionally, the steam is fed in the tank roaster, mean-integral product temperature in the roaster and after it is measured, steam flow rate and power consumption of regulated forepress drive is determined. From the measured oil content values of the starting material and expeller oilseed cake the current value of their ratio is determined. Depending on it the frequency of screw rotation is set in forepress by influencing the power of forepress regulated drive with the correction of ratio of oil content on the current pressure in the press nip. According to the temperature of the initial product the steam flow with the correction by value of mean-integral temperature in the tank roaster is determined. When the pressure reaches its maximum value the speed of the forepress screw is reduced, and the heating temperature of the product in the area of tank roaster is stabilized by changing the steam flow in it with the correction of the current value of the temperature of the starting material.

*Ключевые слова:* прессование, масличные культуры, теплоэнергетические потери.

*Keywords:* pressing, oilseeds, heat and energy loss.

---

© Шевцов А.А., Фролова Л.Н.,  
Василенко В.Н., Драган И.В., 2014

На протяжении последних лет масложи-ровая отрасль отличается стабильностью про-изводства, что характеризуется увеличением объемов производства, расширением ассорти-мента и сохранением высокого качества вы-пускаемой продукции. Это достигнуто благо-даря реализации мер государственной под-держки, в том числе технического и таможен-но-тарифного регулирования рынка расти-тельных масел и маргариновой продукции, принятых Правительством Российской Феде-рации и направленных на создание условий устойчивого обеспечения предприятий отрас-ли масложировым сырьем [1, 6].

Активно развивается выращивание мас-личных культур, так с 2001 по 2012 год в Рос-сии количество посевных площадей подсол-нечника увеличилось с 3,8 млн. га до 7,6 млн. га. При этом если производство сырого под-солнечного масла в 2001 г. составляло 1,2 млн. тонн, то в 2009 г. оно достигло максимума в 2,8 млн. тонн, а в 2011-2012 сохранялось на уровне 2,5 млн. тонн [5, 7].

Укрепление аграрной экономики в настоящее время справедливо связано с ро-стом экономической эффективности от произ-водства инновационноальтернативных мас-личных культур, что в свою очередь определя-ется качеством продукции и возможностью приносить определенную массу прибыли для обновления производственного процесса.

Одним из резервов экономии теплоэнер-гетических ресурсов в маслоэкстракционном производстве является совершенствование ре-жимов энергоемкого оборудования, в частно-сти форпресса [2, 3, 4]. В этой связи в работе использовался один из эффективных методов энергосбережения, основанный на оптимиза-ции режимов двухэтапного прессования семян масличных культур, на примере семян рыжика в форпрессе и экспеллера по технико-экономическому показателю. В качестве кри-терия оптимизации использовались удельные теплоэнергетические потери:

$$R = \frac{\sum Z_1 + (N_{\phi} + N_{мд} + N_{э})C_{э} + C_n G_n}{G_{вых.п.от.} + G_{вых.в.от.}}, \quad (1)$$

где  $\sum Z_1$  - теплоэнергетические потери на предыдущих технологических операциях,  $N_{\phi}$  - потребляемая мощность привода форпрес-са, кВт;  $N_{мд}$  - потребляемая мощность привода молотковой дробилки, кВт;  $N_{э}$  - потребляемая мощность привода экспеллера, кВт;  $C_{э}$  - цена

электроэнергии, руб/кВт·ч;  $C_n$  - цена пара, руб/м<sup>3</sup>;  $G_n$  - объемный расход пара, м<sup>3</sup>/ч;  $G_{вых.п.от.}$  - выход масла первого отжима, кг/ч;  $G_{вых.в.от.}$  - выход масла второго отжима, кг/ч.

По экспериментальным данным второе слагаемое числителя критерия с достаточной для инженерных расчетов точностью аппрок-симируется квадратичной зависимостью:

$$(N_{\phi} + N_{мд} + N_{э})C_{э} = B_1 G_{ex}^2, \quad (2)$$

где  $G_{ex}$  - расход исходного продукта, кг/ч;

$B_1$ , -эмпирический коэффициент.

Расход исходного продукта и выход масла связаны следующим соотношением:

$$G_{вых} = B_4 (A G_{ex} + 1), \quad (3)$$

где  $B_4$ ,  $A$  - коэффициенты, определяе-мые экспериментально.

Обозначим:

$$C_n G_n = B_2, \quad \sum Z_1 = B_3 \quad (4)$$

Подставляя (2), (3), (4) в (1), получаем

$$R = \frac{B_1 G_{ex}^2 + B_2 + B_3}{B_4 (A G_{ex} + 1)} = \frac{B_1 (G_{ex}^2 + (B_2 + B_3) / B_4)}{B_4 (G_{ex} + 1/A)}, \quad (5)$$

где  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ,  $B_4$ ,  $A > 0$ ,

Приведем формулу (5) к виду, удобному для исследования на экстремум, при следующих обозначениях:

$$B_1/B_4 A = D, \quad (B_2 + B_3)/B_4 = C, \quad 1/A = E.$$

$$\text{Тогда } R = D \frac{G_{ex}^2 + C}{G_{ex} + E}. \quad (6)$$

Необходимое условие экстремума:

$$\frac{dR}{dG_{ex}} = D \frac{G_{ex}^2 + 2G_{ex}E - C}{(G_{ex} + E)^2} = 0. \quad (7)$$

$$\text{Отсюда следует } G_{ex}^2 + 2G_{ex}E - C = 0$$

$$G_{ex1,2} = -E \pm \sqrt{E^2 + C}.$$

Так как значение расхода исходного про-дукта величина положительная, то этому условию будет удовлетворять единственное решение:

$$G_{ex} = -E + \sqrt{E^2 + C}. \quad (8)$$

Так как:

$$\frac{d^2 R}{dG_{ex}^2} = D \frac{2(E^2 + C)}{(G_{ex} + E)^3} > 0, \quad (9)$$

то найденное решение (8) соответствует минимуму.

Таким образом, критерий (6) позволяет рассматривать процесс двухэтапного прессо-вания семян масличных культур как объект экстремального управления (рисунок 1).



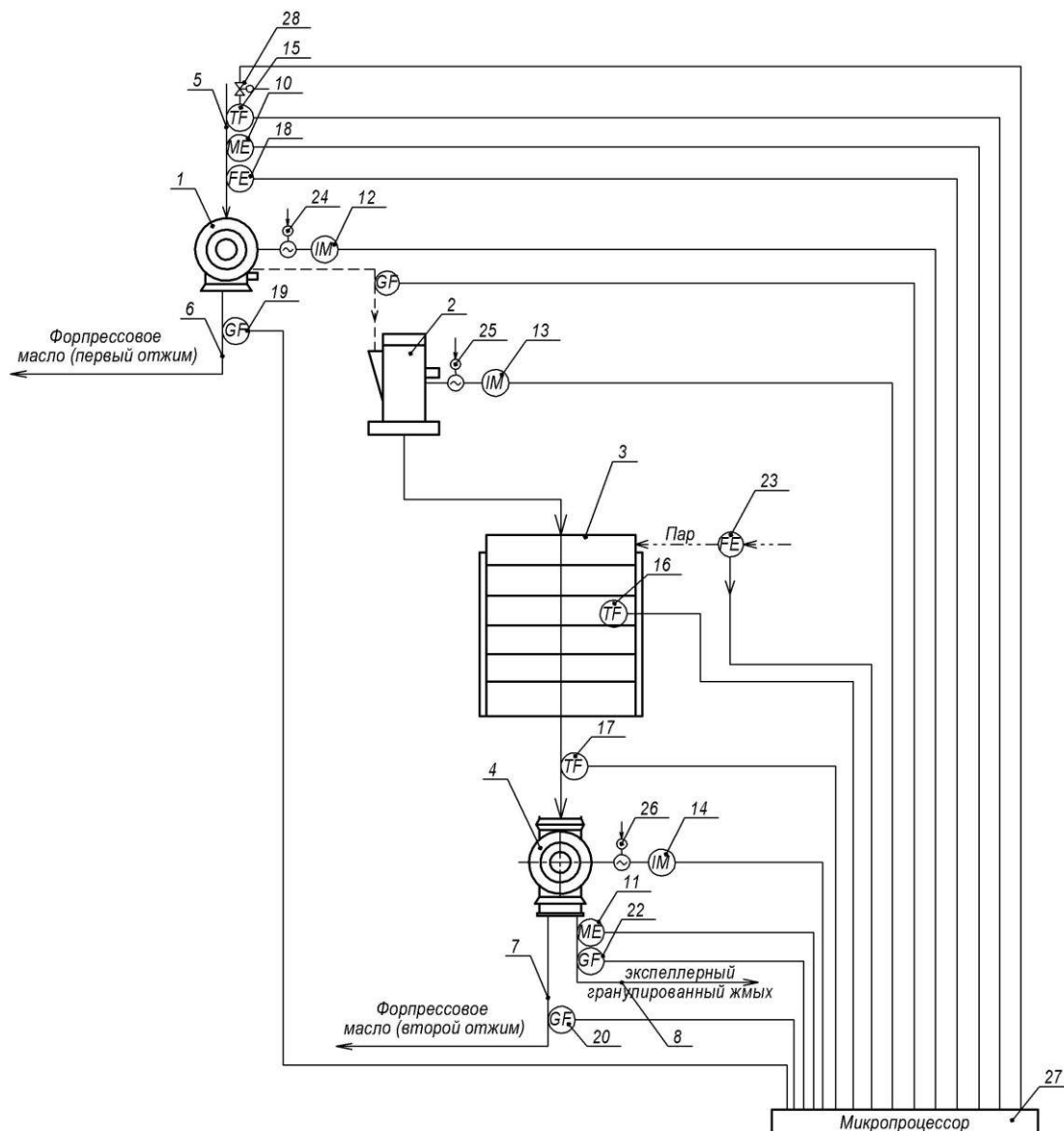


Рисунок 1 – Схема автоматического оптимизации процесса двухэтапного прессования семян масличных культур по минимальному значению энергетических потерь

Схема включает форпресс 1, молотковую дробилку 2, чанную жаровню 3, экспеллер 4; линии: подачи исходного продукта 5, отвода масла первого отжима после форпресса 6, отвода масла второго отжима после экспеллера 7, отвода экспеллерного жмыха 8, подачи пара в чанную жаровню 9; датчики: масличностей исходного продукта 10 и экспеллерного жмыха 11, потребляемой мощности привода форпресса 12, потребляемой мощности привода молотковой дробилки 13, потребляемой мощности привода экспеллера 14, температур исходного продукта 15, температур продукта в чанной жаровне 16, температур продукта после чанной жаровни 17, расхода исходного продукта 18, выхода масла первого отжима после форпресса 19, выхода масла второго отжима после

экспеллера 20, выхода мезги после форпресса 21, выхода экспеллерного жмыха после экспеллера 22, расхода пара 23; исполнительные механизмы 24 – 26; микропроцессор 27, экстремальный регулятор 28.

Исходное масличное сырье, прошедшее обработку, подается на прессование в форпресс 1 по линии 5.

По информации датчиков 10 о содержании масличности в мезге и жмыхе регулятор соотношения вырабатывает задание локальному регулятору, который посредством исполнительного механизма 24 устанавливает заданную мощностью регулируемого привода форпресса 1. Одновременно измеряется температура исходного продукта, измеряемая датчиком 15.

С помощью датчиков 12, 18, 19 и 21 через вторичные приборы информация о потребляемой мощности привода форпресса, а также о текущих значениях выхода масла и форпрессового жмыха, идущего на молотковую дробилку 2, расхода исходного продукта непрерывно поступает в вычислительное устройство 27, которое определяет текущие значения теплоэнергетических потерь, приходящихся на единицу массы получаемого масла первого отжима.

Форпрессовый жмых направляется на молотковую дробилку 2, далее продукт направляется в чанную жаровню 3 и затем продукт поступает в экспеллер 4.

С помощью датчиков 11, 13, 14, 16, 17, 20, 22, 23 информация о потребляемой мощности привода молотковой дробилки, экспеллера, а также о текущих значениях температуры продукта в чанной жаровне и после ее выхода, выхода масла второго отжима, выхода экспеллерного жмыха и пара непрерывно поступает в вычислительное устройство 27, которое определяет текущие значения теплоэнергетических потерь, приходящихся на единицу массы получаемого масла второго отжима в линии 7. По текущему значению температуры 16 продукта, локальный регулятор с помощью датчика 23 устанавливает необходимый расход пара на охлаждение рабочей камеры чанной жаровни 3. Экстремальный регулятор 28 определяет знак производной удельных теплоэнергетических потерь по расходу исходного продукта и в зависимости от знака производной корректирует задание локальному регулятору на изменение расхода исходного продукта в форпресс 1 посредством исполнительного механизма 24. При положительном знаке производной экстремальный регулятор 28 выдает корректирующий сигнал на уменьшение расхода исходного продукта, при отрицательном - на увеличение расхода исходного продукта в форпресс 1.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Василенко В.Н., Баутин В.М., Фролова Л.Н., Драган И.В. Улучшение системы менеджмента качества масложирового предприятия на основе совершенствования технологических процессов // Вестник ВГУИТ. 2012. № 1. С. 183-187.
- 2 Василенко В.Н., Копылов М.В. Исследование кинетических закономерностей процесса извлечения растительных масел в шнековом маслопрессе // Вестник ВГУИТ. 2012. № 1. С. 10-12.

Таким образом, корректирующий сигнал, вырабатываемый микропроцессором 27, устанавливает нагрузку на форпресс 1 по расходу исходного продукта, соответствующую минимуму удельных теплоэнергетических потерь.

Рассмотрим пример реализации предлагаемого способа в производственных условиях ООО «Занрак» и доведем решение задачи оптимизации до конкретных численных результатов.

В качестве объекта прессования использовались семена рыжика, прошедшие весь технологический цикл до поступления в форпресс.

По данным экспериментальных исследований критерий (6) приведен к виду

$$R = 25 \cdot 10^{-4} \frac{G_{ex}^2 + 1345 \cdot 10^4}{G_{ex} + 750} \quad (10)$$

Из условия экстремума (10) получено оптимальное значение  $G_{ex}^* = 3000$  кг/ч, отклонение от которого неизбежно ведет к перерасходу теплоэнергетических потерь.

Начальная масличность семян рыжика изменяется в пределах  $M_1 = 41 \pm 1$  % к общей массе, что связано, прежде всего, с изменяющимся составом исходного сырья, а также с условиями хранения и транспортировки. Масличность мезги и жмыха согласно технологическому регламенту соответственно составляют  $M_2 = 41 \pm 1$  %,  $M_3 = 12 \pm 0,5$  %.

Таким образом, получая текущую информацию о  $G_{ex}$ ,  $N_{пр}$ ,  $G_{хл}$ , микропроцессор 27 непрерывно вычисляет знак производной  $dR/dG_{ex}$  и устанавливает такое значение  $G_{ex}$ , которое обеспечивает минимум критерия (10).

Предложенная схема автоматической оптимизации двухэтапного прессования позволяет оперативно определять расход семян рыжика в заданном интервале значений по минимальному значению теплоэнергетических потерь при ограниченных показателях качества исходного продукта.

- 3 Василенко В.Н., Копылов М.В., Накрайникова А.В. Создание САПР «Маслопресс» // Вестник машиностроения. 2012. № 2. С. 35-36.

- 4 Василенко В.Н., Копылов М.В., Драган И.В., Фролова Л.Н. Математическая модель движения сырья в шнековом канале маслопресса // Вестник ВГУИТ. 2013. № 3. С. 18-22.

- 5 Василенко Л.И., Фролова Л.Н., Драган И.В., Мошкина С.В. Создание купажей функциональных растительных масел с длительным сроком хранения // Вестник ВГУИТ. 2013. № 3. С. 121-124.

6 Остриков А.Н., Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Копылов М.В. Новое в технологии купаживания растительных масел: монография. Воронеж: ВГУИТ, 2013. 225 с.

7 Остриков А.Н., Василенко Л.И., Копылов М.В. Современное состояние и основные направления совершенствования маслопрессов. Информационный обзор. Воронеж, 2011.

#### REFERENCES

1 Vasilenko V.N., Boutin V.M., Frolova L.N., Dragan I.V. Improving the quality management system oil enterprise by improving technological processes. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 1, P. 183-187. (In Russ.).

2 Vasilenko V.N., Kopylov M.V. The study of kinetics of the extraction process of vegetable oils in the screw oil press. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 1, P. 10-12. (In Russ.).

3 Vasilenko V.N., Kopylov M.V., Nakrainikova A.V. Creating CAD "Maslopress". *Vestnik mashinostroeniia*. [Bulletin of Engineering], 2012, no. 2, P. 35-36. (In Russ.).

4 Vasilenko V.N., Kopylov M.V., Dragan I.V., Frolova L.N. Mathematical model of raw material in the screw channel oil press. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 3, P. 18-22. (In Russ.).

5 Vasilenko L.I., Frolova L.N., Dragan I.V., Moshkina S.V. Creating functional blends of vegetable oils with a long shelf life. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 3, P. 121-124. (In Russ.).

6 Ostrikov A.N., Vasilenko V.N., Frolova L.N., Kopylov M.V. Novoe v tekhnologii kupazhivaniia rastitel'nykh masel [New technology blending vegetable oils]. Voronezh, VGUIT, 2013. 225 p. (In Russ.).

7 Ostrikov A.N., Vasilenko L.I., Kopylov M.V. Sovremennoe sostoianie i osnovnye napravleniia sovershenstvovaniia maslopressov [Current state and key issues for improving oil-presses. Information review]. Voronezh, 2011. (In Russ.).

УДК 664.8: 573.6.086.83:664.022.3

Доцент А.М. Гаджиева

(Дагестанский государственный технический университет)

E-mail: gadzhieva\_aida@mail.ru

профессор Г.И. Касьянов

(Кубанский государственный технологический университет)

тел. (861) 255-99-07

E-mail: kasyanov@kybstu.ru

к.т.н. О.И. Квасенков

(Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования (ВНИИТеК))

тел. (499) 976-90-47

E-mail: okvasenkov@yandex.ru

Associate professor A.M. Gadzhieva

(Daghestan State Technical University)

E-mail: gadzhieva\_aida@mail.ru

professor G.I. Kasianov

(Kuban State Technological University)

phone (861) 255-99-07

E-mail: kasyanov@kybstu.ru

PhD O.I. Kvasenkov

(All-Russian Research Institute of Technology preservation)

phone (499) 976-90-47

E-mail: okvasenkov@yandex.ru

## **Сорбция CO<sub>2</sub>-экстрактов пряностей на томатной пасте**

## **Sorption of CO<sub>2</sub>-extracts of spices to the tomato paste**

Реферат. Одним из важнейших преимуществ технологий, основанных на использовании CO<sub>2</sub>-экстракции является возможность производства продуктов без консервантов, наполнителей, химических, нежелательных ароматических веществ и других добавок. Большой теоретический и практический интерес представляет изучение сорбции CO<sub>2</sub>-экстрактов на томатных носителях при изготовлении кетчупов. Рассмотрены принципы оптимизации процесса сорбции CO<sub>2</sub>-экстрактов аниса, имбиря и амаранта на томатной пасте при изготовлении кетчупов. На томатную пасту наносится мисцелла экстрактов пряностей. Это достигается отбором CO<sub>2</sub>-мисцеллы из экстрактора под давлением до 6 МПа. Затем из полученного материала мгновенно удаляется растворитель за счет снижения давления в аппарате до атмосферного. Определены степени сорбции CO<sub>2</sub>-экстрактов аниса, имбиря, амаранта и облепихи. Расчеты проводились по программе, составленной в среде математического пакета «MathCAD 14». В результате проведенных исследований получены уравнения регрессии для сорбции аниса, амаранта и имбиря на томатной пасте в зависимости от концентрации индивидуальных экстрактов в мисцелле. Показаны возможности метода полного факторного эксперимента. В используемом методе математического планирования эксперимента применяются безразмерные кодированные композиционные факторы  $x_1$  и  $x_2$ . Для перехода от концентрации мисцеллы к соответствующим кодированным величинам применялись следующие формулы:

$$x_1 = \frac{c_1 - c_{01}}{\Delta c_1}; x_2 = \frac{c_2 - c_{02}}{\Delta c_2}; x_3 = \frac{c_3 - c_{03}}{\Delta c_3},$$

В эксперименте реализован план 2<sup>3</sup>. Использовался центральный композиционный план, отвечающий требованию ротатабельности, т.е. план, позволяющий получать модель, способную предсказать значение параметра оптимизации с одинаковой точностью, независимо от направления на равных расстояниях от центра плана. В таких условиях можно установить эмпирические уравнения регрессии, включающие линейные и нелинейные члены.

Summary. The possibility of the production of products without the preservatives, the fillers, the chemical, undesirable aromatic substances and other additives is one of the prime advantages of technologies, based on the use of CO<sub>2</sub>- extraction. There is great theoretical and practical interest in the study of the absorption of CO<sub>2</sub>- extracts on the tomato carriers with the production of ketchup. There are examined the principles of the optimization of the process of absorbing the CO<sub>2</sub>- extracts of anise, ginger and amaranth on the tomato paste with the production of ketchup. There are examined the principles of the optimization of the process of absorbing the CO<sub>2</sub>- extracts of anise, ginger and amaranth on the tomato paste with the production of ketchup. The miscella of the extracts of spices is brought to the tomato paste. This was reached by the selection of CO<sub>2</sub>- miscella from the extractor under the pressure to 6 MPa. Then solvent due to a pressure decrease in the apparatus to the atmospheric instantly was moved away from the obtained material. The degrees of the absorption of the CO<sub>2</sub>- extracts of anise, ginger, amaranth and sea buckthorn are determined. Calculations were performed through the program of that composed in medium of the mathematical packet "Of mathCAD 14". As a result conducted investigations are obtained the equations of regression for absorbing of anise, amaranth and ginger on the tomato paste depending on the concentration of individual extracts in the miscella. The possibilities of the method of complete factor experiment are shown. In the utilized method of the mathematical planning of experiment adapt the dimensionless coded composition factors x<sub>1</sub> and x<sub>2</sub>. To the appropriate coded values the following formulas adapted for the passage from miscella concentration:

$$x_1 = \frac{c_1 - c_{01}}{\Delta c_1}; x_2 = \frac{c_2 - c_{02}}{\Delta c_2}; x_3 = \frac{c_3 - c_{03}}{\Delta c_3},$$

In the experiment is realized plan 2<sup>3</sup>. Was used the central composition plan, which corresponds to the requirement of rotatable, i.e., the plan, which makes it possible to obtain the model, capable of predicting the value of the parameter of optimization with the identical accuracy, independent of direction at the equal distances from the center of plan. Under such conditions it is possible to establish the empirical equations of regression, which include linear and nonlinear terms.

Ключевые слова: сорбция, томатная паста, CO<sub>2</sub>-экстракты

Keywords: sorption, tomato paste, CO<sub>2</sub>- extracts

Трудами ученых и специалистов Краснодарской научно-педагогической школы по обработке сельскохозяйственного сырья сжиженными и сжатыми газами установлено, что CO<sub>2</sub>-экстракты из пряно-ароматического сырья обладают повышенной сорбцией и десорбцией.

Специалисты Воронежского государственного университета инженерных технологий изучили условия сорбции эфиромасличной фракции CO<sub>2</sub>-экстрактов пряностей на животных белках с помощью инструментальных методов профильного анализа, кластерного метода и метода основного компонента [1]. В качестве носителя аромата использовались животные белки Промил-С95, Промил-Г95 и Пробелкон 140. М.М. Данылиев исследовал закономерности сорбции CO<sub>2</sub>-экстрактов аниса, тмина, кардамона, перца черного, белого и красного на белковом носителе [2].

На кафедре физической и аналитической химии Воронежского государственного университета инженерных технологий проводились исследования по особенностям сорбции паров альдегидов, кетонов, лактонов, органических кислот и углеводов на пьезоэлектрических пленках [3, 4].

Установлено, что аромат пищевым продуктам придает множество индивидуальных химических соединений, которые сорбируются на белковых и липидных компонентах и создают индивидуальный образ продукта. Некоторые ароматические вещества образуются в ходе технологического процесса, а другие вносятся в продукт в виде пищевых добавок [5]. С помощью метода пьезокварцевого микро-взвешивания изучено формирование легколетучей фракции аромата полупродуктов при добавлении пищевых ароматизаторов.

Наиболее изучен способ сорбции CO<sub>2</sub>-экстрактов пряностей на сухих носителях – сахаре, соли, крахмале. Независимо от метода получения CO<sub>2</sub>-экстрактов для обеспечения высоких сорбционных свойств носители должны иметь определенную пространственную структуру. Наличие структурных микродефектов, химических неоднородностей значительно ухудшает электронные и магнитные свойства носителей, поэтому попытка подбора таких материалов должна быть направлена на устранение указанных недостатков.

Большой теоретический и практический интерес представляет изучение сорбции CO<sub>2</sub>-экстрактов на томатных носителях при изготовлении кетчупов.

В настоящей работе рассматривается оптимизация процесса сорбции CO<sub>2</sub>-экстрактов на томатной пасте. В данном случае на томатную пасту наносилась мисцелла экстрактов пряностей. Это достигалось отбором CO<sub>2</sub>-мисцеллы из экстрактора под давлением до 6 МПа. Затем из полученного материала мгновенно удалялся растворитель за счет снижения давления в аппарате до атмосферного.

Целью работы являлось определения степени сорбции CO<sub>2</sub>-экстрактов аниса, имбиря, амаранта и облепихи. Расчеты проводились по программе составленной в среде математического пакета «MathCAD 14»

Для получения смеси аниса с имбирем с заданным соотношением в качестве основных факторов были выбраны концентрации аниса (c<sub>1</sub>), концентрация имбиря (c<sub>2</sub>) и концентрация амаранта (c<sub>3</sub>). Параметром оптимизации или функцией отклика было значение сорбируемости. Значения базисных уровней: c<sub>01</sub> = 0,03 ;

$c_{02} = 0,08$ ;  $c_{03} = 0,07$ ; интервал варьирования  $\Delta c_1 = 0,01$ ;  $\Delta c_2 = 0,04$ ;  $\Delta c_3 = 0,02$ .

В используемом методе математического планирования эксперимента применяются безразмерные кодированные композиционные факторы  $x_1$  и  $x_2$ . Для перехода от концентрации мисцеллы к соответствующим кодированным величинам применялись следующие формулы:

$$x_1 = \frac{c_1 - c_{01}}{\Delta c_1}; x_2 = \frac{c_2 - c_{02}}{\Delta c_2}; x_3 = \frac{c_3 - c_{03}}{\Delta c_3}, \quad (1)$$

В эксперименте реализован план  $2^3$ . Использовался центральный композиционный план, отвечающий требованию ротатабельности, т.е. план, позволяющий получать модель, способную предсказать значение параметра оптимизации с одинаковой точностью, независимо от направления, на равных расстояниях от центра плана. В таких условиях можно установить эмпирические уравнения регрессии, включающие линейные и нелинейные члены:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2 \quad (2)$$

Условия опытов, матрица планирования и результаты о совместной сорбции аниса, имбиря и амаранта представлены в таблице 1.

Коэффициенты регрессии  $b_i$  были вычислены с помощью уравнения (2). С применением критерия Стьюдента была проверена значимость этих коэффициентов с доверительной вероятностью 95%. Приведенные ниже сокращенные уравнения выражают зависимость параметров оптимизации от значений основных факторов:

$$\begin{aligned} y(Y) &= 0,457 + 0,072x_1 - 0,03x_2 - 0,07x_3 + \\ &+ 0,035x_1x_2 + 0,027x_1x_3 - 0,02x_2^2; \\ y(Ba) &= 0,205 + 0,004x_1 + 0,079x_2 - 0,04x_3 + \\ &+ 0,091x_1x_3 - 0,15x_2x_3 + 0,12x_2^2; \\ y(Cc) &= 1,178 - 0,24x_1 + 0,22x_3; \end{aligned} \quad (3)$$

Чтобы проверить адекватность этих уравнений, были проведены 6 дополнительных опытов в центре плана. С помощью критерия Фишера была проверена адекватность полученных уравнений. Установлено, что на 5% в процентном уровне значимости уравнения адекватно описывают экспериментальные данные.

Для получения совместной сорбции двух экстрактов на носителе необходимо, чтобы в результате сорбции аниса, имбиря и амаранта на гидролизате коллагена выполнялось мольное соотношение анис: имбирь: амарант = 1:2:3. Анализ уравнений делает очевидным, что для увеличения параметра оптимизации необходимо перемещение в факторное пространство от центра плана по направлению, которое соответствует одновременному увеличению всех основных факторов. После применения метода крутого восхождения были получены оптимальные значения факторов для аниса, имбиря и амаранта  $x_1 = 0,2$ ,  $x_2 = 1,825$ ,  $x_3 = 0,3$ .

На основании анализа уравнений можно заключить: зависимости сорбции аниса и имбиря от основных факторов имеют экстремальный характер, поскольку квадратичные эффекты ( $b_{12}$ ,  $b_{13}$ ,  $b_{23}$ ) отличаются от нуля. Следовательно, поверхности отклика имеют так называемые «особые точки» (s), что указывает на существенное искривление поверхностей.

Отличие от нуля  $b_{12}$  и  $b_{13}$  для сорбции аниса и  $b_{13}$  и  $b_{23}$  для сорбции имбиря говорит о значительном взаимодействии основных факторов. Это указывает на то, что влияние концентрации аниса на его сорбцию существенно зависит от концентрации имбиря и амаранта, а влияние концентрации амаранта на сорбцию имбиря зависит от концентраций аниса и имбиря. Положительное значение этих факторов говорит о том, что их взаимодействие усиливает сорбцию аниса, а взаимодействие имбиря и амаранта приводит к снижению сорбции имбиря.

Т а б л и ц а 1

Матрица планирования и результаты опытов по совместной сорбции аниса, имбиря и амаранта коллагеновым гидролизатом

Условия опытов	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>
	Концентрация,			Г, моль Ме <sup>n+</sup> /г		
	анис	имбирь	амарант	анис	имбирь	амарант
1	2	3	4	5	6	7
Основной уровень (x <sub>i</sub> = 0)	0,03	0,08	0,07			
Интервал варьирования (Δx <sub>i</sub> )	0,01	0,04	0,02			
Верхний уровень (x <sub>i</sub> =+1)	0,04	0,04	0,05			
нижний уровень (x <sub>i</sub> = -1)	0,02	0,12	0,09			
верхнее звездное плечо α=1,682	0,047	0,147	0,104			
нижнее звездное плечо α=-1,682	0,013	0,013	0,036			
№						
1	+	+	+	0,467	0,2	1,175
2	-	+	+	0,2	0,275	1,625



1	2	3	4	5	6	7
3	+	-	+	0,4	0,6	1,2
4	+	+	-	0,533	0,5	0,7
5	-	-	-	0,5	0,25	1,2
6	+	-	-	0,517	0,15	0,725
7	-	+	-	0,417	0,775	1,25
8	-	-	+	0,317	0,175	1,625
9	A	0	0	0,617	0,325	0,8
10	-α	0	0	0,317	0,275	1,6
11	0	α	0	0,35	0,65	1,125
12	0	-α	0	0,517	0,425	1,2
13	0	0	α	0,4	0,3	1,55
14	0	0	-α	0,65	0,35	0,8
15	0	0	0	0,433	0,25	1,2
16	0	0	0	0,483	0,1	1,275
17	0	0	0	0,45	0,175	1,175
18	0	0	0	0,45	0,2	1,15
19	0	0	0	0,467	0,175	1,15
20	0	0	0	0,483	0,225	1,125

Для сорбции амаранта коэффициенты  $b_{12}$ ,  $b_{13}$ ,  $b_{23}$  равны нулю. Это говорит о том, что поверхность отклика не имеет центра, оптимум будет лежать на границе области определения факторов.

Анализируя коэффициенты  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ , можно сказать, что сорбцию имбиря можно увеличить, увеличив концентрацию аниса и уменьшив концентрации имбиря и амаранта. Сорбцию имбиря можно увеличить, увеличив концентрации аниса и имбиря и уменьшив концентрацию амаранта. Сорбцию амаранта можно усилить, уменьшив концентрацию аниса и увеличив концентрацию амаранта.

Коэффициенты  $b_0$ , равные средним значениям факторов сорбции экстрактов в центре плана, возрастают в ряду амарант>анис>имбирь, что согласуется с размерами гидратированных радиусов коллагена.

Уравнения регрессии второго порядка, адекватно описывающие почти стационарную область, несут в себе обширную информацию о влиянии основных факторов на отклик. Однако для получения целостной картины зависимости сорбции от концентрации мисцеллы представляет интерес изучение свойств поверхностей откликов (рисунок 1).

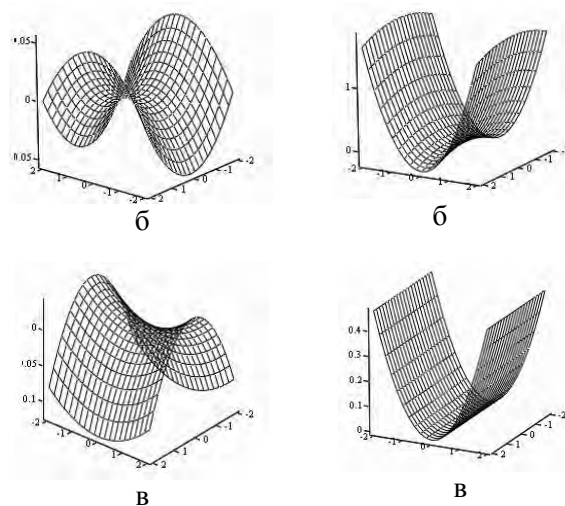
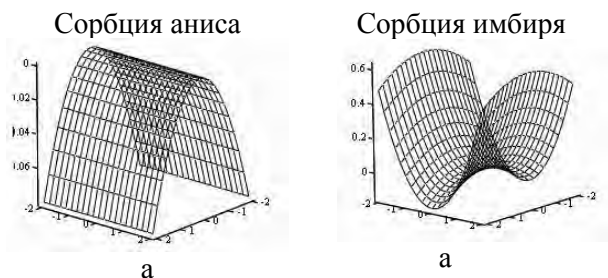


Рисунок 1. Геометрический образ поверхности отклика  $y_1 = f(X_1, X_2)$ , уравнением (4):

а)  $x_1=0,2$ , б)  $x_2=1,825$ , в)  $x_3=0,3$

При этом полезно перейти от полинома второго порядка, полученного по результатам опыта, к стандартному каноническому уравнению:

$$\hat{y} - y_s = \lambda_{11}X_1^2 + \lambda_{22}X_2^2, \quad (4)$$

где  $y_s$  - значение выхода в центре поверхности;  $X_1$  и  $X_2$  - канонические переменные, являющиеся линейными функциями факторов  $x_1$  и  $x_2$ ;  $\lambda_{11}$  и  $\lambda_{22}$  - коэффициенты канонической формы.

Параметры  $\lambda_{11}$  и  $\lambda_{22}$  в уравнении (4) определяют вид поверхностей откликов, которые классифицируются по их каноническим формам.

Для исключения линейных членов ( $b_0$ ) в уравнениях регрессии начала координат в факторном пространстве были перенесены в «особые точки», затем координатные оси повернуты таким образом, чтобы в уравнениях исключить члены двойного взаимодействия ( $b_{12}$ ,  $b_{13}$ ,  $b_{23}$ ).

Так как в уравнения регрессии описываются при помощи трех факторов, приходится решать компромиссную задачу – определять экстремальные значения функции отклика при

ограничениях, принимая попеременно оптимальные значения факторов. Полученные значения представлены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Значения канонических коэффициентов, рассчитанных для сорбции аниса и имбиря

Сорбция иттрия	Ион, значения которого приняты постоянными	$\lambda_{11}$	$\lambda_{22}$	Сорбция имбиря	$\lambda_{11}$	$\lambda_{22}$
	$x_1 = 0,2$ , анис	-0,02	0		-0,036	0,156
	$x_2 = 1,825$ имбирь	-0,0135	0,0135		-0,0455	0,0455
	$x_3 = 0,3$ амарант	-0,03	0,01		0	0,12

Для сорбции аниса при постоянной его концентрации и сорбции имбиря при постоянной концентрации амаранта коэффициент  $\lambda_{11}=0$ . Это говорит том, что центр лежит далеко за областью экспериментирования. Поверхности такого типа называются «возрастающим возвышением».

В остальных исследуемых системах коэффициенты  $\lambda_{11}$  и  $\lambda_{22}$  имеют разные знаки, это означает, что поверхность отклика – гипербо-

лический параболоид. В центре поверхности – мини-макс. Поскольку  $\lambda_{11} < \lambda_{22}$ , то влияние основных факторов на сорбцию характеризуется неаддитивностью действия.

В результате проведенных исследований получены уравнения регрессии для сорбции аниса, амаранта и имбиря на томатной пасте в зависимости от концентрации индивидуальных экстрактов в мисцелле. Показаны возможности метода полного факторного эксперимента.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Антипова Л.В., Данылив М.М., Поленов И.В., Лустина Е.Н. и др. Изучение условий сорбции летучих веществ  $\text{CO}_2$ -экстрактов на препаратах животных белков // Мясная индустрия. 2010. № 1. С. 36-39.

2 Данылив М.М. Получение и применение ароматизированных белков в технологии мясных продуктов из биомодифицированного сырья: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Воронеж: ВГТА, 2005. 24 с.

3 Кучменко Т.А., Лисицкая Р.П., Хоперская М.А., Стрельникова Ю.И. и др. Контроль содержания пищевых ароматизаторов в кондитерских массах с применением сорбционных сенсоров газов // Аналитика и контроль. 2012. Т. 16. №4. С. 399-405.

4 Кучменко Т.А., Лисицкая Р.П. Сорбция легколетучих соединений винограда на тонких пленках сорбентов различной природы // Сорбционные и хроматографические процессы. 2009. Т. 9. № 4.

5 Кучменко Т.А. Применение метода пьезокварцевого микровзвешивания в аналитической химии. Воронеж: Изд-во ВГТА, 2001. 280 с.

## REFERENCES

1 Antipova L.V., Danyliv M.M., Polenov I.V., Lustina E.N. et al. Study of the conditions of sorption  $\text{CO}_2$ -extracts volatiles in preparations of animal protein. *Miasnaia industriia*. [Meat Industry], 2010, no. 1, pp. 36-39. (In Russ.).

2 Danyliv M.M. Poluchenie i primeneniye aromatizirovannykh belkov v tekhnologii miasnykh produktov iz biomodifitsirovannogo syr'ia. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Preparation and use of flavored proteins in meat products technology from biomodified raw materials. Dr. tech. sci. dis. abstr.]. Voronezh, 2005. 24 p. (In Russ.).

3 Kuchmenko T.A., Lisitskaia R.P., Khoperskaia M.A., Strel'nikova Yu.I. et al. Food flavorings content control in confectionery masses using sorption gas sensors. *Analitika i kontrol'*. [Analytics and Control], 2012, vol. 16, no. 4, pp. 399-405. (In Russ.).

4 Kuchmenko T.A., Lisitskaia R.P. Sorption of volatile grapes compounds on thin films of different nature sorbents. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*. [Sorption and chromatographic processes], 2009, vol. 9, no. 4. (In Russ.).

5 Kuchmenko T.A. Primeneniye metoda p'ezokvartseвого mikrovzveshivaniia v analiticheskoi khimii [Application of the piezoelectric quartz crystal microbalance in analytical chemistry]. Voronezh, Izd-vo VGTA, 2001. 280 p. (In Russ.).

УДК 621.047:621.926

Профессор Г.В. Алексеев, аспирант Е.В. Кравцова  
(Университет ИТМО) кафедра процессов и аппаратов. тел. 88123153776  
E-mail: gva2003@rambler.ru

аспирант А.С. Шахов

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра машин и аппаратов пищевых производств.  
тел. 255-38-96

E-mail: luckyshax@mail.ru

Professor G.V. Alekseev, graduate E.V. Kravtsova

(University ITMO) Department of the processes and device. phone. 88123153776

E-mail: gva2003@rambler.ru

graduate A.S. Shakhov

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of machines and apparatuses of food industry. phone. 255-38-96

E-mail: luckyshax@mail.ru

## **Исследование возможности моделирования процесса резания в камере для измельчения фруктов и овощей**

### **Study the possibility of modeling of the cutting process in the chamber for crushing fruit and vegetables**

Реферат. Процесс измельчения плодов и овощей при получении сока с мякотью, как правило, осуществляется помощью соковыжималок, дробилок или блендеров с относительно медленно вращающимися ножами и неподвижными решетками при непрерывной подачей сырья. Интенсификация процессов разделения продуктов переработки на части позволит резко сократить длительность и повысить равномерность обработки сырья, что скажется на качестве готовых напитков в целом. Взаимодействие лезвия и материала характеризуется усилием резания, причем общая сила, действующая на лезвие со стороны материала, не находится в плоскости резания, вследствие чего на лезвие ножа, наряду с вертикальной, действует и горизонтальная составляющая силы. Горизонтальная составляющая стремится деформировать (изменить) контур режущей кромки ножа, вследствие чего в общем случае обеспечение необходимой жесткости в плоскости материала требует увеличения его толщины и применения дополнительных связей (перемычек, стяжек). Установлено, что значения величины деформации и скорости ее распространения связаны между собой через параметры, характеризующие упругость и пластичность среды объекта обработки. Следовательно, скорость зависит от свойств тела, в котором импульс распространяется. В большинстве материалов скорость распространения импульса оказывается порядка  $5 \cdot 10^3$  м/с. Учет полученных данных при определении рациональных скоростей резания для различных материалов с упругопластическими свойствами (приближение скорости резания к скорости распространения деформации) позволит добиться уменьшения предваряющей разделение деформации и, соответственно, затрачиваемой на нее работы, локализации напряжений под режущей кромкой, и, как следствие приведет к повышению выхода продукта и улучшению чистоты срезов. Повышение качества обработки резанием может быть связано с увеличением инерции структурных элементов материала (волокон) при увеличении скорости процесса.

Summary. The grinding process of fruits and vegetables in the preparation of juice with pulp, usually carried out by means juicers, blenders or grinders with a relatively slowly rotating blades and stationary gratings with a continuous flow of raw materials. Intensification of processes of division of the products of the conversion will asunder allow sharply duration and raise the uniformity of the processing cheese that will say on quality ready drink as a whole. The interaction of the blade and material is characterized effort of the cutting moreover the general power, acting on blade on the part of material, is not found in planes of the cutting in consequence of which on blade of the knife, alongside with vertical, acts and horizontal forming power. Horizontal form to deform (change) sidebar cutting edge of the knife in consequence of which in general event provision to necessary acerbity in flat material requires increase of his(its) thickness and using the additional relationships (the jumper). It is installed that values of magnitude of deformation and speed of its extending are connected among themselves through the parameters characterizing pressure and plasticity of medium of installation of machining. Hence, speed depends on properties of a body in which the pulse is passed round. In the majority of materials speed of extending of a pulse appears an order of  $5 \cdot 10^3$  km/s. Accounting of received data in the determination of rational cutting speeds for different materials with elastoplastic properties (approximation cutting speed for the propagation velocity of deformation) will allow to reduce pre-separation deformation and, respectively, spent on her work, localization stress under cutting edge, and, as consequence will lead to higher product yield and improve the purity of the slices. Improving the quality cutting may be associated with an increase of inertia of the structural elements of the material (fibers) by increasing the speed of the process.

*Ключевые слова:* измельчение, вращающиеся ножи, интенсификация процессов, усилие резания, плоскость резания.

*Keywords:* grinding, rotary blades, effort of the cutting, plane of the cutting.

---

© Алексеев Г.В., Кравцова Е.В., Шахов А.С., 2014

Профили лезвий, представленные в настоящее время на рынке, отличаются большим разнообразием и значительно отличаются от упрощенных контуров, используемых в известных расчетных моделях [1-3].

В связи с этим для практических расчетов представляет интерес рассмотрение обобщенного профиля лезвия ножа и получение аналитических зависимостей для определения силовых параметров его взаимодействия с материалом для большинства используемых профилей, описывая их как частные случаи. Такой профиль показан на рисунке 1, на котором представлена принятая нами расчетная схема.

Общая сила  $P$ , действующая на резак, представляется в виде двух ее составляющих  $P_y$  и  $P_x$ , соответственно по осям  $y$  и  $x$  (рисунок 1).

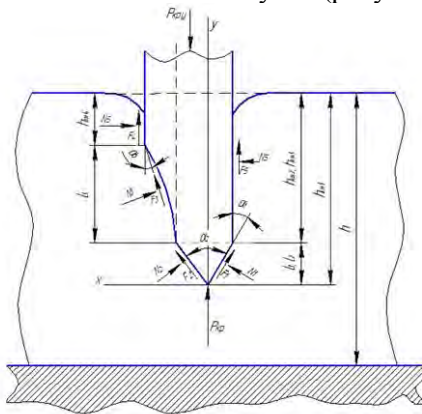


Рисунок 1. Силовое взаимодействие лезвия ножа с материалом

Сумма сил в проекции на ось  $y$  (плоскость лезвия ножа):

$$P_{yp} = P_y = P_k + N_1 \sin \alpha_1 + F_1 \cos \alpha_1 + N_2 \sin(\alpha_2 - \alpha_1) + F_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) + N_3 \sin \alpha_3 + F_3 \cos \alpha_3 + F_4 + F_5; \quad (1)$$

Сумма сил в проекции на ось  $X$  (плоскость материала):

$$P_x = N_1 \cos \alpha_1 - F_1 \sin \alpha_1 - N_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) + F_2 \sin(\alpha_2 - \alpha_1) - N_3 \cos \alpha_3 + F_3 \sin \alpha_3 - N_4 + N_5; \quad (2)$$

Общая сила, действующая на лезвие:

$$P = \sqrt{P_y^2 + P_x^2} \quad (3)$$

Пусть  $\alpha_2 - \alpha_1 = \beta$ . Рассмотрим силы, действующие на плоскость (фаску) притупления лезвия, примыкающую к высоким спускам лезвия ножа (рисунок 2).

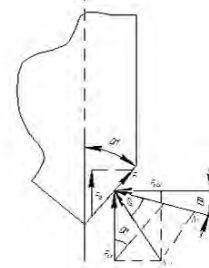


Рисунок 2. Силы, действующие на плоскость (фаску) притупления ножа

$$N_1 = f \cdot (P_{сж} \sin \alpha_1 + P_{обж} \cos \alpha_1); \quad (4)$$

$$F_1 = N_1 \cdot f; \quad (5)$$

где  $f$  – коэффициент трения.

$$f = \tan \varphi; \quad (6)$$

$$N_1 = N'_1 \cos \varphi = \sqrt{P_{сж}^2 + P_{обж}^2} \cos \alpha_1 = f(P_{сж} \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 + P_{обж} \cos^2 \alpha_1) = f(P_{сж} \frac{1}{2} \sin 2\alpha_1 + P_{обж} \cos \alpha_1); \quad (7)$$

Элементарная сила сжатия  $dP_{сж}$ , действующая со стороны столбика площадью  $dF$  длиной, равной единице, и стороной  $dx$  будет равна [4-7]:

$$dP_{сж} = E \cdot \varepsilon_{сж} \cdot dh_{сж} \cdot \tan \alpha_1;$$

$$\varepsilon_{сж} = \frac{h_{сж,x}}{h}; \quad (8)$$

где  $h_{сж,x}$  – сжатие на расстоянии  $x$  от вершины лезвия.

Отсюда:

$$dP_{сж} = E \cdot \frac{h_{сж,x}}{h} \cdot dh_{сж} \cdot \tan \alpha_1;$$

$$P_{сж} = \frac{E \cdot \tan \alpha_1}{h} \int_{h_{сж,1}}^{h_{сж,2}} h_{сж,x} \cdot dh_{сж} = \frac{E \cdot \tan \alpha_1}{h} \left[ \frac{h_{сж,x}^2}{2} \right]_{h_{сж,1}}^{h_{сж,2}} = \frac{E \cdot \tan \alpha_1}{h} \left( \frac{h_{сж,2}^2}{2} - \frac{h_{сж,1}^2}{2} \right); \quad (9)$$

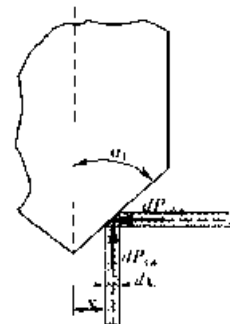


Рисунок 3. Элементарные силы сопротивления сжатию материала лезвием

Принимаем  $(h_{сж.1} - l_1) = h_{сж.2}$ , тогда:

$$P_{сж} = \frac{E \cdot tg \alpha_1}{2h} (h_{сж.1}^2 - h_{сж.2}^2) = \frac{E \cdot tg \alpha_1}{2h} \cdot \alpha;$$

где  $\alpha = (h_{сж.1}^2 - h_{сж.2}^2)$ ; (10)

$$\begin{aligned} P_{обж} &= \frac{E \cdot \mu}{h} \int_{h_{сж.1} - l_1}^{h_{сж.1}} h_{сж.х} \cdot dh_{сж} = \\ &= \frac{E \cdot \mu}{h} \int_{h_{сж.1} - l_1}^{h_{сж.1}} h_{сж.х} \cdot dh_{сж} = \\ &= \frac{E \cdot \mu}{h} \left| \frac{h_{сж.х}^2}{2} \right| = \mu \frac{E}{2h} \alpha; \end{aligned}$$

Усилие на режущей кромке  $P_k$  равно:

$$P_k = \delta \cdot \sigma_p; \quad (11)$$

где  $\delta$  - ширина кромки (длина принята за 1);  $\sigma_p$  - разрушающее контактное напряжение под кромкой лезвия.

Члены уравнения (11):

$$F_1' = F_1 \cos \alpha_1 = f \left( \frac{E}{4h} \alpha \cdot tg \alpha_1 \cdot \sin 2\alpha_1 + \right. \quad (12)$$

$$\left. + \mu \cdot \frac{E}{2h} \alpha \cdot \cos^2 \alpha_1 \right);$$

$$N_1 \cdot \sin \alpha_1 = A_y = \frac{E}{2h} tg \alpha_1 \cdot \alpha \cdot \sin^2 \alpha_1 +$$

$$+ \mu \frac{E}{4h} \alpha \cdot \sin 2\alpha_1;$$

Принимаем  $\alpha_2 - \alpha_1 = \beta$  и  $b = (h_{сж.1}^2 - h_{сж.3}^2)$ ,

тогда:

$$N_2 \sin \beta = C_y = \frac{E}{2h} tg \beta \cdot b \cdot \sin^2 \beta + \quad (13)$$

$$+ \mu \frac{E}{4h} b \sin 2\beta;$$

$$F_2 \cos \beta = D_y = F_2' = \quad (14)$$

$$f \left( \frac{E}{4h} tg \beta \sin 2\beta \cdot b + \mu \frac{E}{2h} b \cos^2 \beta \right);$$

$$N_3 \sin \alpha_3 = G_y = \frac{E}{2h} tg \alpha_3 \cdot c \cdot \sin^2 \alpha_3 + \quad (15)$$

$$+ \mu \frac{E}{4h} c \sin 2\alpha_3;$$

где  $c = (h_{сж.3}^2 - h_{сж.4}^2)$ ;

$$F_3 \cos \alpha_3 = H_y = F_3' = f \left( \frac{E}{4h} tg \alpha_3 \sin 2\alpha_3 \cdot c + \right. \quad (16)$$

$$\left. + \mu \frac{E}{2h} c \cos^2 \alpha_3 \right);$$

Силы  $N_4$  и  $N_5$ , действующие на боковые плоскости лезвия ножа, определим из следующих соображений [8-10]. Примем, что деформация сжатия и обжатия материала по боковым плоскостям меняется по закону треугольника (рисунок 4).

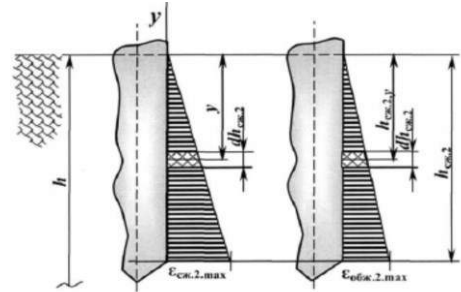


Рисунок 4. Эпюры относительных деформаций сжатия и обжатия

$$\varepsilon_{сж.2} = \frac{h_{сж.2y}}{h};$$

$$dP_{обж.2} = \varepsilon_{обж.2} \cdot E \cdot dh_{сж.2} \cdot l; \quad (17)$$

Для участка единичной длины:

$$dP_{обж.2} = \varepsilon_{обж.2} \cdot E \cdot dh_{сж.2} \cdot l; \quad (18)$$

где  $\varepsilon_{обж.2} \cdot E$  - напряжение обжатия.

$$dP_{обж.2} = \mu \cdot \frac{h_{сж.2y}}{h} dh_{сж.2} \cdot E;$$

$$\text{где } \mu \frac{h_{сж.2y}}{h} = \varepsilon_{обж.2y}$$

$$\frac{h_{сж.2y}}{h} = \varepsilon_{сж.2y} = \varepsilon_{сж.2,мах} \frac{h_{сж.2y}}{h_{сж.2}} = \varepsilon_{сж.2,мах} \frac{y}{h_{сж.2}};$$

$$\varepsilon_{обж.2,мах} = \varepsilon_{сж.2,мах} \cdot \mu;$$

$$\varepsilon_{обж.2y} = \varepsilon_{сж.2,мах} \cdot \mu \cdot h_{сж.2y} =$$

$$= \frac{h_{сж.2y}}{h} \mu \frac{y}{h_{сж.2}};$$

где  $y = h_{сж.2y}$ , тогда:

$$\varepsilon_{обж.2y} = \frac{h_{сж.2y}}{h} \mu;$$

где  $\frac{h_{сж.2y}}{h} = \varepsilon_{сж.2y}$ .

Величина  $dP_{обж.2}$  является произведением  $(\varepsilon_{обж.2y} \cdot E)$  на площадь  $(dh_{сж.2} \cdot 1)$ , т.е.:

$$dP_{обж.2} = \mu \cdot \frac{h_{сж.2y}}{h} dh_{сж.2} \cdot E \cdot 1;$$

тогда:  $N_5 = P_{обж2} = \mu \cdot \frac{E}{h} \int_0^{h_{сж2}} h_{сж2y} \cdot dh_{сж2} = \mu \cdot \frac{E}{2} \frac{h_{сж2}^2}{h};$

Сила трения  $F_5$  соответственно равна:

$$F_5 = P_{обж2} \cdot f = \mu \cdot \frac{E}{2} \frac{h_{сж2}^2}{h} \cdot f; \quad (19)$$

$$\text{Аналогично: } N_4 = \mu \cdot \frac{E}{2} \frac{h_{сж4}^2}{h}; \quad (20)$$

$$F_4 = f \cdot \mu \cdot \frac{E}{2} \frac{h_{сж4}^2}{h}; \quad (21)$$

Рассмотрим силы в проекции на ось «X» (в плоскости разрезаемого материала и опорной полочки).

$$\begin{aligned} N_1 \cdot \sin \alpha_1 &= A_x = \frac{E}{2h} \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \alpha \cdot \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 + \mu \frac{E}{2h} \alpha \cdot (\cos \alpha_1)^2 = \\ &= \frac{E}{4h} \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \alpha \cdot \sin 2\alpha_1 + \mu \frac{E}{2h} \alpha \cdot \cos^2 \alpha_1; \\ F_1 \sin \alpha_1 &= B_x = \frac{E}{2h} \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \sin^2 \alpha_1 + \mu \cdot \frac{E}{4h} \alpha \cdot \sin 2\alpha_1; \\ N_2 \cos \beta &= C_x = \frac{E}{4h} \operatorname{tg} \beta \cdot b \cdot \sin 2\beta + \mu \frac{E}{2h} b \cos^2 \beta; \\ F_2 \sin \beta &= D_x = \frac{E}{2h} \operatorname{tg} \beta \sin^2 \beta \cdot b + \mu \frac{E}{4h} b \cos 2\beta; \\ N_3 \cos \alpha_3 &= G_x = \frac{E}{4h} \operatorname{tg} \alpha_3 \cdot c \cdot \sin 2\alpha_3 + \mu \frac{E}{2h} c \cos^2 \alpha_3; \\ F_3 \sin \alpha_3 &= H_x = \frac{E}{2h} \operatorname{tg} \alpha_3 \sin^2 \alpha_3 \cdot c + \mu \frac{E}{4h} c \sin 2\alpha_3; \end{aligned}$$

$$N_4 = \mu \cdot \frac{E}{2} \frac{h_{сж4}^2}{h};$$

$$N_5 = \mu \cdot \frac{E}{2} \frac{h_{сж2}^2}{h};$$

Возможны частные случаи для лезвий ножей с различной геометрией, вытекающие из обобщенной зависимости напряжений от деформации [11-13]. Если степень  $n$  в такой зависимости не может быть принята равной 1, исходная для расчетов сила сжатия  $P_{сж}$  определяется следующим образом.

Согласно общей формулы имеем:

$$\sigma = \sqrt[n]{\varepsilon_{сж} \cdot E}; \quad (22)$$

согласно рисунку 2:

$$dP_{сж} = \sqrt[n]{\varepsilon_{сж} \cdot E} \cdot dF, dF = dx \cdot 1; \quad (23)$$

где  $dP_{сж}$  — сила обжатия со стороны столбика площадью  $dF$ . При этом ширина столбика равна

$dx$ , а длина принята равной 1. Относительное сжатие  $\varepsilon_{сж}$  и сила  $dP_{сж}$  соответственно равны:

$$\varepsilon_{сж} = \frac{1}{h} (h_{сж} - \frac{x}{\operatorname{tg} \alpha_1}); \quad (24)$$

$$dP_{сж} = \sqrt[n]{\frac{E}{h} (h_{сж} - \frac{x}{\operatorname{tg} \alpha_1})} dx; \quad (25)$$

тогда сила  $P_{сж}$  равна:

$$P_{сж} = \int_0^{h_{сж} \operatorname{tg} \alpha_1} (\frac{E}{h} (h_{сж} - \frac{x}{\operatorname{tg} \alpha_1})^{\frac{1}{n}}) dx; \quad (26)$$

Интеграл вычисляется методом подстановки. Обозначим:

$$(h_{сж} - \frac{x}{\operatorname{tg} \alpha_1}) = m,$$

$$\begin{aligned} \text{тогда: } dm &= -\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_1} dx; \\ dx &= -\operatorname{tg} \alpha_1 \cdot dm; \end{aligned} \quad (27)$$

После подстановки имеем:

$$\begin{aligned} P_{сж} &= (\frac{E}{h})^{\frac{1}{n}} \cdot \int_0^{h_{сж} \operatorname{tg} \alpha_1} m^{\frac{1}{n}} \cdot (-\operatorname{tg} \alpha_1) dm = \\ &= (\frac{E}{h})^{\frac{1}{n}} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \int_0^{h_{сж} \operatorname{tg} \alpha_1} \frac{1}{\frac{1}{n} + 1} m^{\frac{1}{n} + 1} (-\operatorname{tg} \alpha_1) dm; \end{aligned} \quad (28)$$

Показатель степени в формуле определяется физико-механическими свойствами материала и скоростью протекания процесса резания [14-16]. В том случае, когда ее величина оказывает существенное влияние на сопротивление материала деформации необходимо учесть следующее.

При деформировании сжатием материалов (в том числе лезвием режущего инструмента) с небольшой скоростью, скорость распространения деформации обычно близка к скорости деформирующего воздействия (движения режущего инструмента). Поэтому в материале деформации распространяются относительно равномерно (в зависимости от геометрических параметров лезвия). Однако при высокоскоростном деформировании, когда скорость воздействия существенно превышает скорость деформирования, распределение деформаций внутри материала не является столь однородным: деформации концентрируются вблизи режущей кромки.

Известно, что скорость волны деформации для материала в упругом состоянии равна скорости звука. В том случае, когда материал



утратил упругие свойства, при распространении волны пластичности в результате деформирующего воздействия на него кромки лезвия имеет место следующее соотношение скорости воздействия (резания)  $v_i$  и, деформации у края волны деформации  $\varepsilon_i$ , (на некотором элементарном участке):

$$v_i = \int_0^{\varepsilon_i} v_d \cdot d\varepsilon = \int_0^{\varepsilon_i} \left(\frac{1}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{\partial \sigma}{\partial \varepsilon}\right)^{\frac{1}{2}} d\varepsilon; \quad (29)$$

где  $v_d$  - скорость распространения деформации;  $\sigma$  — напряжение.

Вид графической зависимости «напряжение-деформация» для материалов предполагает, что вблизи предела  $\frac{\partial \sigma}{\partial \varepsilon}$  текучесть —

стремится к нулю. Поэтому скорость деформирующего воздействия на материал достигает максимума при некотором критическом значении деформации  $\varepsilon_i$ . При внедрении лезвия в материал с более высокой скоростью  $v_i = v_{кр}$  волна деформации не может распространяться от деформируемого участка, что и способствует разрушению материала.

Таким образом, если сила, вызвавшая движение элементарных частиц материала с упругопластическими свойствами (например, кожуры) действует очень кратковременно, то область, в которой за время действия силы возникли деформации и скорости, будет очень узкой. При этом распространение деформации

по слоям материала не сопровождается расширением той области, в которой вначале были локализованы деформации и скорости. Вследствие того, что эта область очень узка, деформации и скорости в каждом слое материала будут появляться на очень короткий промежуток времени - по материалу с конечной скоростью будет распространяться короткий импульс деформаций сжатия и скоростей. Значения величины деформации и скорости ее распространения связаны между собой через параметры, характеризующие упругость и пластичность среды объекта обработки. Следовательно, скорость зависит от свойств тела, в котором импульс распространяется. В большинстве материалов скорость распространения импульса оказывается порядка  $5 \cdot 10^3$  м/с.

Учет полученных данных при определении рациональных скоростей резания для различных материалов с упругопластическими свойствами (приближение скорости резания к скорости распространения деформации) позволит добиться уменьшения предваряющей разделение деформации и, соответственно, затрачиваемой на нее работы, локализации напряжений под режущей кромкой, и, как следствие, приведет к повышению выхода продукта и улучшению чистоты срезов. Повышение качества обработки резанием может быть связано с увеличением инерции структурных элементов материала (волокон) при увеличении скорости процесса.

вых материалов // Пищевая промышленность. 1991. № 6.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Армарего И. Дж., Браун Р.Х. Обработка металлов резанием. М.: Машиностроение, 1977. 429 с.
- 2 Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1975. 640 с.
- 3 Ахундов А.Д. Исследование процесса резания тонкостенных сельскохозяйственных растений: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Кировоград, 1970. 17 с.
- 4 Балакир Э.А. Повышение долговечности рабочих органов пищевых машин // Надёжность и техническая диагностика оборудования перерабатывающих отраслей АПК: сб. статей. М.: Информагротех, 1990. С. 28-32.
- 5 Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. М.: Высшая школа, 1981. 335 с. Modelirovanie protsessov vzaimodeistviia so sredoi rabochikh organov dorozhno-stroitel'nykh mashin
- 6 Батушкин В.А., Рензиев О.П., Хроменков В.М. Заточка ножей для резания пище-

- 7 Алексеев Г.В., Головацкий Г.А., Краснов И.В. Некоторые направления повышения эффективности технологического оборудования для переработки пищевого сырья // Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2007. № 3. С. 52.
- 8 Алексеев Г.В., Вороненко Б. А., Лукин Н.И. Математические методы в пищевой инженерии: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям и профилям бакалавриата "Пищевая инженерия" и "Машины и аппараты пищевой промышленности". Санкт-Петербург, 2012.
- 9 Алексеев Г.В., Хрушкова Е.Н., Красильников В.Н. Возможности применения мембранных процессов для производства продуктов функционального назначения // Вестник Международной академии холода. 2010. № 3. С. 32-37.

10 Алексеев Г.В., Даниленко Е.А. Возможности моделирования измельчения пищевых добавок для продуктов функционального питания // Вестник Международной академии холода. 2011. № 2. С. 16-18

11 Алексеев Г.В., Бриденко И.И. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Механика жидкости и газа». СПб: ГИОРД, 2007. 152 с.

12 Алексеев Г.В., Кравцова Е.В. Особенности влияния взаимодействия сырья и рабочих органов в аппарате на тонкое измельчение фруктов и овощей // Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 1. С. 22.

13 Пат. № 131996, RU, U1 B02C13/00. Устройство для измельчения фруктов и овощей / Алексеев Г.В., Башева Е.П., Кравцова Е.В., Минаева Л.В., Минаева Т.В. № 2013108483/13; Заявл. 26.02.2013; Оpubл. 10.09.2013, Бюлл. № 25.

14 Пат. № 138201, RU, U1 A23N15/00. Устройство для резки на части плодов и овощей / Алексеев Г. В., Башева Е.П., Кравцова Е.В., Минаева Л.В., Минаева Т.В. № 2013112542; Заявл. 20.03.2013; Оpubл. 10.03.2014, Бюлл. № 7.

15 Свидетельство № 2013660856. Виртуальная лабораторная работа "Определение расхода мощности при механическом диспергировании" / Алексеев Г.В., Кравцова Е.В., Бриденко И.И. № 2013618551; Заявл. 25.09.2013; Оpubл. 20.12.2013.

16 Пат. № 2013146261, RU, Устройство для хранения фруктов и овощей. / Алексеев Г.В., Кравцова Е.В. Заявл. 2000132175; Оpubл. 12.03.2014, Бюлл. № 5.

## REFERENCES

1 Armarego I.J., Brown R.H. Obrabotka metalla rezaniem [Metal cutting]. Moscow, 1977. 429 p. (In Russ.).

2 Artobolevskii I.I. Teoriia makhinizmov i mashin [The theory mechanism and machine]. Moscow, Nauka, 1975. 640 p. (In Russ.).

3 Akhundov A.D. Issledovanie protsessa rezaniia tonkostennykh sel'skokhoziaistvennykh rastenii. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Investigation of the process of cutting thin-walled agricultural plants. Cand. tech. sci. diss. abstr.]. Kirovograd, 1970. 17 p. (In Russ.).

4 Balakir E.A. Increasing to longevity worker organ food machine. *Nadezhnost' i tekhnicheskaiia diagnostika oborudovaniia napererabatyvaiushchikh otraslei APK*. [Reliability and technical diagnostics of the equipment of the branches APK], Moscow, Informagrotekh, 1990. pp. 28-32. (In Russ.).

5 Balovnev V.I. Modelirovanie protsessov vzaimodeistviia so sredoi rabochikh organov

dorozhno-stroitel'nykh mashin [Modeling of the processes of the interaction with ambience worker organ is cherished-building machine]. Moscow, Vysshiaia shkola, 1981. 335 p. (In Russ.).

6 Batushkin V.A., Renziaev O.P., Khromeenkov V.M. Sharpening knives for cutting food materials. *Pishchevaia promyshlennost'*. [Food industry], 1991, no. 6. (In Russ.).

7 Alekseev G.V., Golovatskii G.A., Krasnov I.V. Some on-rules of increasing to efficiency of the technological equipment for conversion food cheese. *Izvestiia SPbGUNPT*. [Bulletin of Sankt-Petersburg state university law=temperature and food technology], 2007, no. 3, pp. 52. (In Russ.).

8 Alekseev G.V., Voronenko B.A., Lukin N.I. Matematicheskie metody v pishchevoi inzhenerii: ushebnoe posobie dlia studentov, obuchaiushchikhsia po spetsial'nostiam i protiiam "Pishchevaia inzheneriia" i "Mashiny i apparaty pishchevoi promyshlennosti" [The mathematical methods in food engineering. The Scholastic allowance for student, expect-ing on profession and profile "Food engineering" and "Machines and devices to food industry"]. Saint Petersburg, 2012. (In Russ.).

9 Alekseev G.V., Khrushkova E.N., Krasil'nikov V.N. Possible applications of membrane processes for the production of a functional purpose. *Vestnik mezhdunarodnoi akademii kholoda*. [Bulletin of International academy of the chill], 2010, no. 3, pp. 32-37. (In Russ.).

10 Alekseev G.V., Danilenko E.A. Modeling capabilities chopping food additives for functional foods. *Vestnik mezhdunarodnoi akademii kholoda*. [Bulletin of International academy of the chill], 2011, no. 2, pp. 16-18. (In Russ.).

11 Alekseev G.V., Bridenko I.I. Virtual'nyi laboratornyi praktikum po kursu "Mekhanika zhidkosti i gaza" [Virtual laboratory practical work on course "Mechanics to liquids and gas]. Saint petersburg, GIORД, 2007. 152 p. (In Russ.).

12 Alekseev G.V., Kravtsova E.V. Features of influence of the interaction of raw materials and labor in the machine, the fine grinding of fruits and vegetables. *Protsessy i apparaty pishchvykh proizvodstv*. [Processes and devices food production], 2013, no. 1, pp. 22. (In Russ.).

13 Alekseev G.V., Kravtsova E.V. Ustroistvo dlia izmel'cheniia fruktov i ovoshchei [The device for pulverizing fruit]. Patent RF, no. 131996, 2013. (In Russ.).

14 Alekseev G.V., Kravtsova E.V. Ustroistvo dlia rezki na chaste plodov i ovoshchei [The device for cutting asunder fruit]. Patent RF, no. 2013112542, 2013. (In Russ.).

15 Alekseev G.V., Kravtsova E.V. Virtual'naia laboratornaia rabota "Opredelenie rashkoda moshchnosti pri mekhanicheskom dispergirovanii" [Virtual Lab "Determination of the power by me-

chanical dispersion]. Certificate № 2013660856 on program for Computer, 2013. (In Russ.).

16 Alekseev G.V., Kravtsova E.V. Ustroistvo dlia khraneniia fruktov i ovoshchei [The Device for keeping fruits]. Patent RF, no. 2013146261, 2014. (In Russ.).

УДК 631.5

Профессор В.А. Панфилов

(Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева) кафедра процессов и аппаратов перерабатывающих производств

Professor V.A. Panfilov

(Russian state agrarian university ICCA named after K.A. Timiriaz'ev) Department of processes and apparatus of processing industries

## **Аграрно-пищевая технология: эффект системного комплекса**

## **Agro-food technology: the effect of the complex system**

Реферат. Развитие технологий продуктов питания в последние два десятилетия столкнулось с новым негативным явлением. Дело в том, что данный период - время стагнации производства отечественных продуктов питания, массового их импорта, а также импорта техники для сельскохозяйственных, перерабатывающих и пищевых технологий. Все это значительно снижает продовольственную безопасность России. Одна из причин такого состояния в производстве продуктов питания есть методологический кризис в науке и инженерии АПК страны. Диалектический метод рассматривает категорию "система" во всех ее аспектах, поэтому системный подход к решению проблем АПК России - это не дань моде, а необходимость именно такого подхода к созданию технологических комплексов. Эффект же, выигрыш, возникает при построении этой высшей формы организации технологических систем. Системный подход должен вскрывать причины возникновения больших систем и наиболее крупной их формы - комплексов, показывать историческую неизбежность их становления, диалектический процесс развития этих молодых, но высокоэффективных технологических формирований. Нам надо понять и уяснить, что системные технологические комплексы в АПК - один из важнейших факторов прогресса в науке о производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Системные технологические комплексы обладают совершенно новыми свойствами не характерными ни для технологий производства растительной и животноводческой продукции, ни для многочисленных технологий ее переработки. Таким образом, комплекс создается для получения существенного прироста эффективности в производстве продуктов питания. Цель статьи - вскрыть и проанализировать эффект системного комплекса, возникающий под действием различных системообразующих факторов при объединении в единое целое производящих и перерабатывающих технологий АПК России.

Summary. Development of food technology in the last two decades, faced with a new negative phenomenon. The fact that this period - the time of stagnation of domestic production of food, the mass of imports and import equipment for the agricultural, processing and food technology. This significantly reduces the food security of Russia. One reason for this state of food production has methodological crisis in science and engineering, agribusiness country. The dialectical method considers the category of "system" in all its aspects, so a systematic approach to problem solving AIC Russia - this is not a fad, but the need for such an approach to the creation of technological systems. The effect of the same prize, arises in the construction of the highest forms of technological systems. Systematic approach should reveal the cause of the large systems, and the largest of their shape - complexes show the historical inevitability of their formation, dialectical process of development of these young but highly efficient units. We need to understand and realize that the system technological systems in agriculture - one of the most important factors of progress in the science of the production and processing of agricultural products. System process systems have completely new properties are not typical for either production technology of plant and animal products, nor for many of its processing technology. Thus, the complex is created for significant efficiency gains in food production. The purpose of the article - to reveal and analyze the effect of a complex system arising under the influence of various system factors, when combined into a single unit producing and processing agricultural technologies Russia.

Ключевые слова: АПК, системный подход, технологический комплекс.

Key words: AIC, systematic approach, technological complex.

Развитие технологий продуктов питания в последние два десятилетия столкнулось с новым негативным явлением. Дело в том, что данный период – время стагнации производства отечественных продуктов питания, массового их импорта, а также импорта техники для сельскохозяйственных, перерабатывающих и пищевых технологий. Все это значительно снижает продовольственную безопасность России.

Одна из причин такого состояния в производстве продуктов питания есть методологический кризис в науке и инженерии АПК страны. Законсервированы многие научные направления развития технологий и техники, в основе которых лежат закономерности диалектического материализма как эффективной методологии научного познания.

© Панфилов В.А., 2014

Диалектический метод рассматривает категорию "система" во всех ее аспектах, поэтому системный подход к решению проблем АПК России – это не дань моде, а необходимость именно такого подхода к созданию технологических комплексов. Эффект же, выигрыш, возникает при построении этой высшей формы организации технологических систем.

Что отличает технологические комплексы? Прежде всего – внутренние связи, взаимодействие, взаимовлияние элементов системы (технологических операций - переделов), их взаимосогласованность и взаимообусловленность, общая конечная цель. В технологических комплексах АПК эти свойства сегодня приобретают решающее значение. Новой ступенью в развитии систем процессов становятся именно комплексы. Технологический системный комплекс объединяет в единое целое большое число разнородных систем – автономных технологий производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Понятие "комплекс" и производные от него аспекты актуализируют научные и инженерные разработки в начале XXI века. Это и веление времени, и очередной шаг в развитии цивилизации. Поэтому методологический провал в научном и инженерном обеспечении развития АПК может, в частности, быть закрыт методологией системного подхода к решению важнейшей народнохозяйственной проблемы – обеспечения населения России высококачественным отечественным продовольствием.

Системный подход должен вскрывать причины возникновения больших систем и наиболее крупной их формы – комплексов, показывать историческую неизбежность их становления, диалектический процесс развития этих молодых, но высокоэффективных технологических формирований. Нам надо понять и уяснить, что системные технологические комплексы в АПК – один из важнейших факторов прогресса в науке о производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Системные технологические комплексы обладают совершенно новыми свойствами, не характерными ни для технологий производства растительной и животноводческой продукции, ни для многочисленных технологий ее переработки. Таким образом, комплекс создается для получения существенного прироста эффективности в производстве продуктов питания.

В специальной литературе комплексы называют "системами большого масштаба" или "большими системами". Не всякий хол-

динг, соединяющий сельскохозяйственную технологию (например, производство пшеницы) и перерабатывающие технологии (например, производство муки и хлеба) может составить системный технологический комплекс. Лишь те технологии, которые состоят из большого числа разнородных и сложных частей – подсистем, тесно связанных между собой, которые насыщены машинами, аппаратами, биореакторами, автоматикой, информационно-вычислительными системами, снабжены хорошим управлением, обладают свойствами, позволяющими называть их системными комплексами. Комплексы представляют собой закономерный, но качественно новый этап развития технологических систем, этап непосредственно связанный с инновационной революцией в АПК.

После первых успехов в механизации отдельных ведущих процессов в различных сельскохозяйственных, перерабатывающих и пищевых технологиях специалисты обнаружили, что изолированное функционирование новых механизированных процессов недостаточно эффективно. Начались изыскания по стыковке выходов одних процессов и входов других процессов. Так возникли принципиально новые виды технических структур в сельском хозяйстве и механизированные поточные производства в виде линий практически во всех перерабатывающих и пищевых отраслях. Начало этих научных и инженерных изысканий – первая половина XX века.

Мир второй половины XX века становится миром различных комплексов, миром все усложняющихся больших систем. Комплексы – закономерная фаза развития производительных сил общества. Они появились именно потому, что оказались объективно необходимыми для обеспечения крутого роста эффективности в различных областях научной и инженерной деятельности человека.

Сегодня мы подходим к такому этапу развития производственных комплексов в АПК, когда требуется создание больших сложных аграрно-пищевых технологий, объединяющих в единое целое процессы сельскохозяйственной технологии и процессы соответствующей перерабатывающей технологии.

Для создания системного комплекса "Аграрно-пищевая технология" нужно обязательно реализовать принципы системного подхода и выполнить ряд условий:

- правильно выбрать все составные части комплекса;

- обеспечить хорошую взаимосвязь между этими частями;

- обеспечить управление всеми этими частями и комплексом в целом, которое должно быть ориентировано на требуемую эффективность комплекса;

- доля ручного труда в технологиях комплекса должна быть минимальной;

- комплекс должен иметь очень высокую технологическую надежность.

При этом трудности, возникающие на пути прорыва технологий и техники в совершенно новые сферы, нужно преодолевать не за счет какого-то одного-двух изобретений или одной, пусть даже наисовременнейшей идеи, а только объединяя, "комплексируя" целый ряд нововведений-инноваций. В таком сложном, ответственном деле, как создание комплексов масштаба "Аграрно-пищевая технология", нужна строгая инженерная база, надежный научный фундамент.

Таким научным фундаментом проектирования и создания больших сложных систем является относительно новая для сельскохозяйственных, перерабатывающих и пищевых технологий наука – системотехника. Она не только являет новую отрасль знаний, но и новый подход к техническому решению технологических задач, связанных с изменением масштабов человеческой деятельности. Большие системы представляют собой новую, более высокую ступень развития производительных сил по сравнению с прежними, "малыми" технологическими системами в растениеводстве и животноводстве, а также классическими поточными линиями для производства муки, крупы, хлебобулочных изделий, молочных и мясных продуктов, консервов и т.д.

Системные комплексы позволяют решать производственные задачи иначе не решимые. В научном и инженерном мышлении должна произойти ломка многих традиций. Если раньше разработка "малых" технологических систем опиралась, прежде всего, на детальный анализ, растущую специализацию задач и методов, то сейчас разработка больших систем предполагает интеграцию, синтез различных сторон технологических процессов. Здесь необходимо уметь связать близкие цели с дальними, технические перспективы с социально-экономическими. Следует подчеркнуть, что переход с уровня "малых" технологических систем на уровень больших технологических систем требует не только нового методологического окружения,

но и сопровождается сменой математического аппарата. Это и есть инновационный подход к развитию техники в отраслях АПК.

Можно утверждать, что цель организации системного комплекса "Аграрно-пищевая технология" сводится либо к решению пусть привычных, старых, но очень актуальных задач на совершенно новом качественном уровне, либо к получению принципиально новых технологических результатов, достижение которых иными путями просто невозможно. Вместе с этим должно быть совершенно ясно, что отнюдь не всегда и не везде нужны системные комплексы, например в производствах продуктов питания малой производительности и широкого ассортимента.

Чтобы принять решение об организации той или иной большой сложной технологической системы, необходимо иметь на пути развития соответствующей отрасли некий барьер, преодолеть который можно только путем привлечения новых систем, кардинального улучшения управления, внедрения средств автоматизации, существенного усовершенствования организации всего производственного процесса. Например, консервная промышленность выдвигает следующие требования к сортам томатов, которые в системном комплексе должны быть преодолены. Для всех видов переработки нужны ярко-красные, равномерно окрашенные плоды, без желто-зеленого пятна у плодоножки. Поверхность плодов должна быть гладкой. Плоды не должны быть ребристые, а также с большим углублением у основания и отходящими от него сильно развитыми сосудистыми волокнами. Площадь места прикрепления плода к плодоножке должна быть небольшой. Плоды не должны иметь трещин (радиальных и кольцевых), так как их наличие затрудняет удаление загрязнений, способствует развитию плесени, ускоряет порчу сырья, увеличивает количество отходов и резко снижает качество готовой продукции. Для цельноплодного консервирования нужны мелкоплодные сорта томатов (массой до 50 г), удлиненно-овальной или круглой формы, однородные по размеру. Плоды должны быть мясистыми, плотными, с относительно малым содержанием сока и мелких семян, без пустот. Кожица должна быть эластичной, устойчивой к растрескиванию при стерилизации, а для производства очищенных томатов – легко отделяющейся при механизированной очистке. Плоды томатов при механической уборке должны отделяться от плодоножек. Кроме это-

го, томаты для цельноплодного консервирования должны содержать: водорастворимых сухих веществ не менее 5,5 %; сахаров не менее 3,2 %; кислот не менее 0,4 %; витамина С не менее 25 мг/100г; бета-каротина не менее 4,5 мг/100г; pH в диапазоне 4,2-4,4.

Аналогичные технологические требования разработаны Всероссийским научно-исследовательским институтом консервной и овощесушильной промышленности (ВНИИКОП) к большинству сортов овощей и плодов, предназначенных для различных видов консервирования.

Другими научно-исследовательскими организациями перерабатывающего и пищевого сектора АПК России разработаны и разрабатываются технологические требования практически ко всей сельскохозяйственной продукции растительного и животного происхождения.

Таким образом, ориентация на преодоление технологических и технических барьеров по всей технологической цепочке есть важная особенность организации системных комплексов.

Функционирование комплекса осуществляется в виде многоэтапного непрерывного процесса, имеющего начало – ресурсы ("вход") и окончание – продукт ("выход"). "Выход" это не только конечный результат, но и требования к этому результату (показатели, его характеризующие, и допуски на эти показатели).

В отличие от предшествующих "малых" технологических систем, в которых технологический процесс осуществляется как бы рывками, с промежуточными паузами, остановками, отрицательно сказывающимися на результатах, в больших системах непрерывность является органичным свойством. Более того, большие системы создаются для обеспечения нового качества технологического процесса – непрерывности, в том числе, и процессов хранения. Все технологические системы системного комплекса и, прежде всего, его управление, должны обеспечивать эту непрерывность, сглаживать стыки (допуски на показатели качества и количества), соединяющие этапы большого сквозного технологического процесса от поля до потребителя или, как говорят в Европе, "от лопаты до вилки".

Эта стратегия соединяет в единое целое (системный комплекс) такие технологии в растениеводстве как подготовка земли к севу, сев, уход за посевами, уборка урожая, его хранение, первичная переработка сельскохозяйственной продукции (например получение из винограда виноматериалов), вторичная пере-

работка сельскохозяйственной продукции (получение из виноматериалов вина), хранение готовой продукции и так далее вплоть до появления продуктов питания на прилавках торговых организаций [1].

Такую гигантскую и очень трудную задачу масштабно решить можно только организовав комплексы "Аграрно-пищевая технология" в различных направлениях, определяемых видом готовой продукции в растениеводстве, животноводстве, птицеводстве, а также в рыбоводстве. Облик системного комплекса, отражающий важнейшие особенности сложной структуры, может быть представлен в виде блочной схемы. Каждый блок (та или иная технология АПК) напоминает куклу-матрешку, ведь он состоит из целого ряда подсистем, а те в свою очередь – из элементов – технологических операций, которые сами состоят из комплекта типовых физических, химических и биохимических процессов. В блочной структуре отражена исключительно важная роль связей и взаимодействий выходов и входов различных технологических процессов. Если разрушить эти связи, возникнет конгломерат процессов. Поэтому связи-соединения разнородных процессов с заранее оговоренными допусками должны рассматриваться как важнейшие, неотъемлемые части структуры комплекса. Такая многоступенчатость, иерархичность взаимосвязанных элементов есть единственная возможность построения системных комплексов.

Неизмеримо более сложные и совершенные комплексы мы наблюдаем в живой природе. Органы кровообразования, кровообращения, дыхания, нервная система, пищеварение и так далее могут рассматриваться как типичные блоки (технологические системы) системного комплекса "Человек". Человек, создавая свои технологические и технические системы, всегда начинал с имитации систем созданных природой за редким исключением, например колеса. Процесс вымешивания пшеничного теста и опары рукой человека был полностью реализован в кинематике месильной машины "Стандарт" и машины Т1-ХТ2А для хлебозаводов малой и средней мощности. Поэтому, создавая сложные системные комплексы, мы должны пристально вглядываться в аналогии, созданные природой за миллионы лет и, прежде всего, в качество связей, т.е. размеры допусков на параметры связей. Яркий пример – допуски на результаты медицинских анализов. Лишь в этих очень узких пределах показателей

(например, крови: общий белок, альбумин, глюкоза, азот мочевины, билирубин общий, натрий, калий, магний, общий холестерин, триглицериды и др.) может нормально жить и развиваться человек [2].

Таким образом, системные комплексы "Аграрно-пищевая технология" должны изначально проектироваться так, чтобы их структуру являли блоки-компоненты, между которыми должны устанавливаться очень четкие взаимосвязи и взаимоотношения с возможно узкими диапазонами допусков на параметры входов и выходов ведущих процессов.

Вместе с этим блоки-компоненты (технологические системы) должны иметь определенную автономию и решать самостоятельную, хотя и ограниченную, задачу (вспомним перечень медицинских специальностей). И все же системный комплекс – это единая, сквозная технология, и ни один блок в отдельности не может выполнять задачи, поставленные перед комплексом.

Для системных комплексов характерны очень большие размеры; они размещаются на значительной территории. И здесь вновь проявляется исключительно важная роль связей (прямых и обратных) в обеспечении эффективного функционирования комплекса.

Большую организованную систему невозможно создать без управления. Чем больше система, тем выше должна быть ее организация, тем лучше должно быть управление. Возможности человека в управлении системами ограничены, поэтому должно быть организовано управление, основанное на автоматизации, нацеленное на получение высоких конечных результатов во всех условиях, в том числе, и неблагоприятных. Автоматизация должна быть в системном комплексе сплошной. В задачу управления должно входить обеспечение непрерывности функционирования системного комплекса, то есть организация технологического потока без задержек и ускорений.

И еще одну серьезную проблему должен решать системный комплекс – устойчивость, то есть способность возвращаться к нормальному состоянию после действия внешних возмущений. Однако при больших и длительных возмущениях одной устойчивости комплекса недостаточно, ему необходима помощь человека. Увеличение количества технологий в системном комплексе "Аграрно-пищевая технология" и взаимосвязей между ними влечет за собой значительное усиление возмущающих факторов. Сложные системы подвержены воздействию

возмущений и помех в гораздо большей степени, чем элементарные, простые системы-технологии. В этой связи надо сказать и о том, что не всякое наращивание систем, не всякое "комплексирование" может дать ощутимый положительный эффект. Только перспективная структура, включающая прогрессивные технические решения технологических задач, основанная на плодотворной, дальновидной концепции, может привести к успеху. Только реализация технологических новаций, повышающих технологическую надежность, может повысить эффективность системного комплекса.

Конечно, принципы проектирования системного комплекса могут быть реализованы тогда, когда дальнейшее развитие того или иного технико-технологического направления становится невозможным без внедрения системных комплексов. Но для этого нужно, чтобы научно-технический потенциал АПК позволял реализовать принятую концепцию.

Опыт разработки системных комплексов в других областях народного хозяйства дает возможность сформулировать основные принципы проектирования таких комплексов в АПК. Кратко, с учетом того, что системные закономерности организации, строения, функционирования и развития системных объектов едины, не зависимо от их природы, принципы проектирования следующие [1]:

- рациональный выбор технологий, обеспечивающий выполнение системным комплексом в целом всех поставленных задач;
- тщательное сопряжение технологий в единый, хорошо функционирующий технологический поток;
- всесторонняя, скупуплезная автономная проверка технологической надежности каждого компонента комплекса;
- количественная оценка уровня стабильности каждой из сопряженных технологий как подсистемы комплекса;
- количественная оценка уровня целостности (уровня организации) системного комплекса в целом и определение его эффективности при решении поставленных задач.

Мы подходим к кульминационному моменту – к обстоятельствам, при которых формируется целостность системного комплекса, приводящая к сверхвозможностям, сверхэффективности соединенных в единое целое технологий сельскохозяйственного производства, технологий перерабатывающих производств и технологий пищевой промышленно-



сти. Речь идет от системообразующих факторах, которые могут быть разные по технологическим решениям в каждой из технологий, составляющих комплекс. Например, в одной технологии – это синхронность функционирования процессов, в другой – это узкая специализация процессов, в третьей – это высокая стабильность выходов процессов и так далее. Таким образом, в основе дополнительного эффекта функционирования каждого блока-технологии внутри системного комплекса лежит свой системообразующий фактор. А эффект системного комплекса в целом определяется уровнем реализации этих системообразующих факторов в отдельных технологиях, составляющих комплекс. И если в одной из технологий системообразующий фактор будет реализован ниже проектируемых возможностей, нарушатся "стыки" между технологиями, их связи, и цепь процессов разорвется, а эффект комплекса снизится, а то и вообще упадет до недопустимо малой величины.

Таким образом, взаимоусиление соединенных в комплекс технологий – вот источник эффекта больших систем. Это означает, что целое больше суммы своих частей только при определенных условиях, иначе оно равно, а то и меньше этой суммы по своим свойствам.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Панфилов В.А. Теория технологического потока. М.: КолосС, 2007. 319 с.
- 2 Погорелый Л.В. Сельскохозяйственная техника и технология будущего. К.: Урожай, 1988. 176 с.

Для проектирования и создания системных комплексов "Аграрно-пищевая технология" нужны квалифицированные кадры специалистов-системотехников, знающих и технологии сельскохозяйственного производства, и технологии перерабатывающих производств. К сожалению, таких специалистов высшая школа России сейчас не готовит. Эти специалисты должны обеспечить стыковку столь разных технологий в инновационном техническом исполнении, проверить все взаимосвязи и не допустить ошибок. Только при этих условиях возможно получить ожидаемый эффект системного комплекса, который характеризует уровень его приспособленности к выполнению всех необходимых функций и получения ожидаемого результата.

Роль высокоорганизованных больших систем в народном хозяйстве, несомненно, будет возрастать, а их число множиться. Появятся новые промышленные, транспортные, горнодобывающие, металлургические и продовольственные комплексы. При создании комплекса "Аграрно-пищевая технология" особое внимание должно быть обращено на одновременный учет следующих ключевых условий: высокий технический уровень, минимальный технологический цикл, низкозатратность работ по организации комплекса, высокая технологическая надежность.

#### REFERENCES

- 1 Panfilov V.A. Teoriia tekhnologicheskogo potoka [The theory of the process stream]. Moscow, KolosS, 2007. 319 p. (In Russ.).
- 2 Pogoralyi L.V. Sel'skokhoziaistvennaia tekhnika i tekhnologiya budushchego [Agricultural machinery and technology for the future]. Kiev, Urozhau, 1988. 176 p. (In Russ.).

Профессор В.Я. Губарев, аспирант А.Ю. Картель  
(Липецкий гос. техн. ун-т) кафедра промышленной теплоэнергетики  
E-mail: zetzervam@gmail.com

Professor V.Ia. Gubarev, graduate A.Iu. Kartel'  
(Lipetsk state technical university) Department of industrial heating energy  
E-mail: zetzervam@gmail.com

## **Разработка схемы и эксергетический анализ работы ДГА с возможностью одновременного получения электроэнергии и «глубокого холода»**

## **Development of the scheme and exergy analysis of the EGS with the possibility of the simultaneous production of electricity and "deep cold"**

Реферат. Одним из направлений энергосбережения является применение детандер-генераторных агрегатов, преобразующих избыточное давление природного газа в электроэнергию. При применении детандер-генераторного агрегата для использования давления газа с выработкой электроэнергии газовый поток необходимо подогревать, т.к. в результате расширения газа в детандере и соответствующего понижения его температуры возможно образование конденсатов и гидратов в газопроводах и арматуре, импульсных трубках и, как следствие, их засорение или даже закупорка. В связи с этим газ перед детандер-генераторным агрегатом должен быть нагрет так, чтобы на выходе из него температура газа была не менее 0 °С. Предлагается схема, в которой подогрев заменен адсорбционной осушкой, что делает возможным использование детандер-генераторного агрегата при низких температурах без риска образования в нем, либо после него, конденсатов и гидратов. Адсорбционная осушка газа – технологический процесс, который заключается в избирательном поглощении порами поверхности твердого адсорбента молекул воды из газа, с последующим извлечением их из пор посредством применения внешних воздействий. Процесс адсорбционной осушки газа позволяет достигать точки росы в –90 °С. Включив данный блок, либо аналогичный, в схему с ДГА, получаем возможность одновременной выработки электроэнергии и «глубокого холода». Области применения «глубокого холода» очень широки. Наряду с объектами энергетики и химической промышленности, он востребован на предприятиях пищевой промышленности, заводах по производству пива и безалкогольных напитков. Холод необходим как для заморозки, так и для последующего хранения продукции в холодильных терминалах и на складах. Статья содержит схемы адсорбционной установки и установки получения «глубокого холода», описание их работы и эксергетический анализ разработанной схемы.

Summary. One of the areas of energy conservation is the use of an expander-generator sets, that convert pressurized natural gas into electricity. In applying the expander-generator set for using gas pressure power generation gas flow necessary to heat, as a result of expansion of the gas in an expander and a corresponding lowering of the temperature, the formation of condensate and hydrates in gas pipelines and fittings, piping and, as a consequence, their blockage or obstruction. In connection with this gas before detander-generating set to be heated so that at its exit gas temperature was at least 0 °C. A scheme in which the heater is replaced by adsorption drying, which makes it possible to use an expander-generator set at low temperatures without the risk of it or after it, mist and hydrates. Gas adsorption drying - process is selective absorption of the surface pores of the solid adsorbent of water molecules from the gas, and then extract them from the pores by applying external influences. The process of adsorption drying gas can achieve dew point – 90 °C. Including this unit, or equivalent, in the scheme with the DHA, get simultaneous generation of electricity and "deep cold". Area of application "deep cold" is very broad. Along with all energy and chemical industries, he is in demand in the food industry, plants for the production of beer and soft drinks. Chill needed for freezing and for subsequent storage products in refrigeration terminals and warehouses. This article contains diagrams of the adsorption unit, unit the receipt of "deep cold", a description of their work and exergy analysis of the developed scheme.

*Ключевые слова:* детандер, детандер-генераторный агрегат, адсорбция, адсорбционная осушка, электроэнергия, холод, эксергия, эксергетический анализ.

*Keywords:* expander, expander-generator sets, adsorption, adsorption drying, electricity, cold, exergy, exergy analysis.

В наступившем столетии по многочисленным исследованиям экспертов будет наблюдаться резкое возрастание роли природного газа в энергетике многих стран. Опубликованные прогнозы свидетельствуют, что к 2030 году потребление газа в мире может удвоиться, а межрегиональные поставки утроиться. В России за 20 лет

планируется увеличение добычи природного газа на 27 % и общий объем добываемого газа будет достигать 750 млрд. м<sup>3</sup> в год [1]. В связи с этим все актуальнее становятся вопросы энергосбережения в промышленности.

---

© Губарев В.Я., Картель А.Ю., 2014

Одним из направлений энергосбережения является применение детандер-генераторных агрегатов (ДГА), преобразующих избыточное давление природного газа в электроэнергию.

Как известно, при применении детандер-генераторного агрегата для использования давления газа с выработкой электроэнергии газовый поток необходимо подогревать, т.к. в результате расширения газа в детандере и соответствующего понижения его температуры возможно образование конденсатов и гидратов в газопроводах и арматуре, импульсных трубках и, как следствие, их засорение или даже закупорка. В связи с этим газ перед детандер-генераторным агрегатом должен быть нагрет так, чтобы на выходе из него температура газа была не менее  $0^{\circ}\text{C}$  [2].

Предлагается схема, в которой подогрев заменен адсорбционной осушкой, что делает возможным использование детандер-генераторного агрегата при низких температурах без риска образования в нем, либо после него, конденсатов и гидратов. Адсорбционная осушка газа – технологический процесс, который заключается в избирательном поглощении порами поверхности твердого адсорбента молекул воды из газа, с последующим извлечением их из пор посредством применения внешних воздействий. Процесс адсорбционной осушки газа позволяет достигать депрессии точки росы в  $100^{\circ}\text{C}$  (минимальная точка росы, достигаемая адсорбцией около  $-90^{\circ}\text{C}$ ).

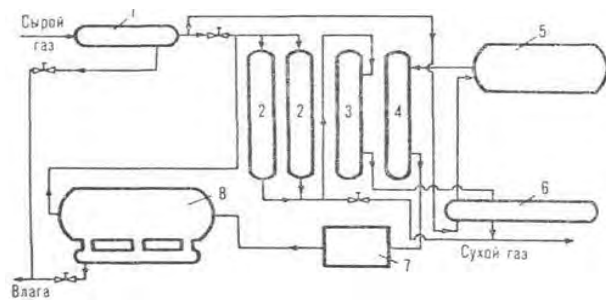


Рисунок 1. Схема адсорбционной установки для осушки газов: 1 и 8 – сепараторы; 2 – адсорберы на стадии осушки; 3 и 4 – адсорберы соответственно на стадиях охлаждения и подогрева; 5 – подогреватель газа; 6 – охладитель газа; 7 – холодильник

Влажный газ поступает в сепаратор 1 для удаления капель влаги, а затем на осушку в адсорберы 2, откуда сухой газ направляют в газопровод. Насыщенный влагой адсорбент регенерируют в адсорбере 4 обдувкой газом, нагретым в аппарате 5. Горячий газ (с температурой  $250-350^{\circ}\text{C}$ ) после регенерации поглопителя охлаждается в аппарате 7, сепарируется

в аппарате 8 от влаги и смешивается с основным потоком газа. В адсорбере 3 поглотитель охлаждается сухим газом до  $30-40^{\circ}\text{C}$ , после чего аппарат переключают на стадию осушки. Нагреваемый при этом газ перед поступлением в газопровод охлаждается в аппарате 6. Метод может обеспечить глубокую осушку (до точки росы  $-80^{\circ}\text{C}$  и ниже), отличается простотой и надежностью аппаратуры.

Включив данный блок, либо аналогичный, в схему с ДГА, получаем возможность одновременной выработки электроэнергии и «глубокого холода».

Холод необходим как для заморозки, так и для последующего хранения продукции в холодильных терминалах и на складах.

Принципиальная схема предлагаемой установки представлена на рисунке 2.

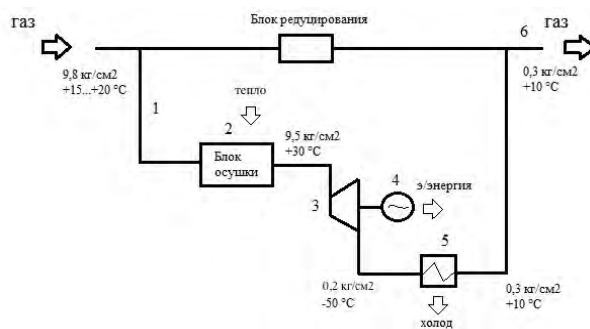


Рисунок 2. Принципиальная схема установки

Схема (рисунок 2) работает следующим образом. Газ высокого давления поступает по трубопроводу 1 в блок осушки 2, где из него удаляются конденсаты и часть гидратов, и направляется в детандер 3. После совершения механической работы в детандере 3, которая преобразуется в электрическую энергию в электрическом генераторе 4, газ с температурой  $-50^{\circ}\text{C}$  и давлением  $0,2 \text{ МПа}$  направляется в теплообменник 5, где отдает холод теплоносителю для дальнейшего использования конечным потребителем, и с температурой  $+10^{\circ}\text{C}$  и давлением  $0,3 \text{ МПа}$  направляется в газопровод низкого давления 6.

В зимний период возможно использование тепла окружающей среды и тепла холодильника 7 (рисунок 1) для подогрева газа после ДГА. Окончательная схема в каждом конкретном случае будет зависеть от режима работы объекта и климатических условий.

Проведем эксергетический анализ детандер-генераторных установок для получения холода при следующем режиме работы, а именно,

при определенной температуре и давлении газа на входе в газопровод на ГРП и ГРС.

Таблица 1  
Исходные данные для эксергетического анализа схемы

Среда	t, °C (или степень сухости)	P, МПа	h, кДж/кг	S, кДж/кг·°C
Вода	15	0,1	63	0,22
	20	0,1	84	0,3
	80	0,1	335	1,08
Пар	116	0,18	488,18	1,4880
	154	0,1895	2277,56	7,33
	154	0,186	2778,36	7,3403
	258	0,71	2967,688	7,134
Газ	258	0,723	2967,25	7,1249
	-50	0,2	450	10,4
	10	0,1	560	11
	10	0,3	558	10,5
	15	0,1	575	11,05
	15	0,98	560	9,9
	20	0,98	570	10,0
	30	0,95	593	10,07

Весна (осень) – температура газа на входе в газопровод (+15 °C);

В качестве условия примем, что в этот период температура снимаемого холода должна быть (+20 °C).

Параметры с индексом «0» – значения при параметрах окружающей среды.

В адсорбер 2 входит поток газа, имеющий расход газа  $G_{g1} = 100000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , температуру  $t_{g1} = 15 \text{ °C}$  и давление  $p_{g1} = 0,98 \text{ МПа}$ , эксергия газа на входе в теплообменник определяется по формуле (1).

$$E_{BX}^A = G_g [(h_{g1} - h_{0g}) - T_0 (s_{g1} - s_{0g})] \quad (1)$$

Энтальпию природного газа определим с помощью H-S диаграммы природного газа. Чтобы определить энтальпию осушенного газа, представим ее в виде формулы смеси газа и воды (2):

$$h_{CM} = a_g \cdot h_g + (1 - a_g) \cdot h_b \quad (2)$$

Норма влагосодержания природного газа в газопроводе  $d = 0,2 \text{ г/м}^3$ , после осушки  $d = 0,02 \text{ г/м}^3$ , доля газа до осушки  $a_g = 0,9997$ , а после осушки будет еще больше, из чего можно сделать вывод, что изменение эксергии будет пренебрежимо мало, тогда  $E_{BX} = E_{ВВХ}$

К адсорберу подводится поток тепла  $q$  для регенерации адсорбента от горячего источника, имеющий температуру  $t_i$ , эксергия этого потока:

$$E_{q1}^A = G_1 \cdot q \cdot (1 - \frac{T_0}{T_1}) \quad (3)$$

Из адсорбера газ выходит с температурой  $t_{г\text{тд}1} = t_{g1}$  и давлением  $p_{г\text{тд}1} = p_{g1}$ , его эксергия остается неизменной.

Поскольку полезная работа в адсорбере не производится, то потерю работоспособности газа в нем найдем по формуле (4):

$$D^A = (E_{BX}^A + E_{q1}^A) - E_{ВВХ}^A \quad (4)$$

После адсорбера осушенный поток газа направляется в детандер 3, где происходит его расширение с совершением механической работы. Параметры газа перед детандером  $G_{g1}$ ,  $p_{гD1}$ , и  $t_{гD1}$ , параметры газа на выходе из детандера  $G_{g1\text{ВВХ}}$ ,  $p_{гD1\text{ВВХ}}$  и  $t_{гD1\text{ВВХ}}$ .

Соответственно:

$$E_{BX}^{D1} = E_{ВВХ}^{A1} \quad (5)$$

Эксергия газа на выходе из детандера определяется по формуле:

$$E_{ВВХ}^D = G_g [(h_{гD2} - h_{0g}) - T_0 (s_{гD2} - s_{0g})] \quad (6)$$

Поскольку детандер производит полезную работу  $l_{\text{полезн}} = N_{D1}$ , то потерю работоспособности определим по формуле:

$$D^D = (E_{BX}^D + E_{ВВХ}^D) - N_{D1} \quad (7)$$

После прохождения детандера газ направляется в теплообменник 5, где отдает свой холод потребителю. Поток газа имеет параметры  $t_{гD2}$  и  $p_{гD2}$ , его эксергия равна:

$$E_{BX}^{Tg} = E_{ВВХ}^{D1} \quad (8)$$

В теплообменник входит поток (вода), имеющий расход  $G_B$  температуру  $t_{ВВХ}$  и давление  $p_{ВВХ}$ , эксергия воды на входе в теплообменник:

$$E_{BX}^{TB} = G_B [(h_{ВВХ} - h_{0B}) - T_0 (s_{ВВХ} - s_{0B})] \quad (9)$$

Из теплообменника газ выходит с температурой  $t_{гх}$ , давлением  $p_{гх}$ , его эксергия:  $G_g = \text{const} = 100 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

$$E_{ВВХ}^{Tg} = G_g [(h_{гх} - h_{0g}) - T_0 (s_{гх} - s_{0g})] \quad (10)$$

Из теплообменника вода выходит с температурой  $t_{ВВВХ}$ , давлением  $p_{ВВВХ}$ , ее эксергия:

$$E_{ВВХ}^{TB} = G_B [(h_{ВВВХ} - h_{0B}) - T_0 (s_{ВВВХ} - s_{0B})] \quad (11)$$

Поскольку полезная работа в теплообменнике не производится, то получим:

$$D^{TX} = (E_{BX}^{Tg} + E_{ВВХ}^{TB}) - (E_{ВВХ}^{Tg} + E_{ВВВХ}^{TB}) \quad (12)$$

Найдем расход воды через теплообменник:

$$G_B = \frac{G_g \cdot (h_{гх} - h_{гD2})}{(h_{ВВВХ} - h_{ВВХ})} \quad (13)$$

Суммарная величина потерь работоспособности по всему циклу детандер-генераторной установки для получения холода составит:

$$D_{\text{хст}} = D^A + D^D + D^{TX} \quad (14)$$

Таблица 2

Эксергетический баланс детандер-генераторной установки для одновременного получения электроэнергии и холода. Параметры газа на входе:  $t=(+15^{\circ}\text{C})$ ,  $P_{\text{вх}}=0,98$  МПа

	№ п.п.	Узел установки	Обозначение	Значение, кВт
Потери эксергии	1	Адсорбер	$D^A$	537,5
	2	Детандер	$D^D$	2100,02
	3	Холодильник	$D^{TX}$	-886,62
	Итого		$D_{\text{уст}}$	1750,9
Эксергетический КПД			$\eta_e=0,849$	

Сравним предложенную схему со схемами, в которых используется подогрев газа. Возьмем стандартную схему, которая состоит из теплообменного аппарата для подогрева газа и детандера. Схема работает следующим образом: газ поступает в теплообменный аппарат, где подогревается до необходимой температуры, затем он попадает в детандер, где расширяется, выполняя работу, и выходит с той же температурой, что и был до подогрева и заданным рабочим давлением.

Рассмотрим два варианта.

Схема с подогревом газа, входные параметры и количество теплоты на подогрев примем то же самое, что и использовалось на регенерацию адсорбента, что позволит подогреть газ до  $65^{\circ}\text{C}$ , параметры газа на выходе из схемы также одинаковы. Используя формулы, представленные выше, проведем тот же анализ, получим следующие данные.

Таблица 3

Эксергетический баланс детандер-генераторной установки для получения электроэнергии с подогревом газа до  $65^{\circ}\text{C}$ . Параметры газа на входе:  $t=(+15^{\circ}\text{C})$ ,  $P_{\text{вх}}=0,98$  МПа

	№ п.п.	Узел установки	Обозначение	Значение, кВт
Потери эксергии	1	Теплообменник	$D^T$	583,33
	2	Детандер	$D^D$	4500,04
	Итого		$D_{\text{уст}}$	5083,37
Эксергетический КПД			$\eta_e=0,628$	

Полученные данные показывают, что КПД схемы с подогревом до  $65^{\circ}\text{C}$  чуть больше 60%, при том, что КПД разработанной схемы составляет 85%.

Рассмотрим другой вариант схемы с подогревом, зададимся оптимальной температурой подогрева  $90^{\circ}\text{C}$  (температуру считаем оптимальной, т.к. при относительном внутреннем КПД детандера 0,7-0,85 и давлении 0,98 МПа из h-s диаграммы природного газа получаем температуру на выходе  $15^{\circ}\text{C}$ ). Остальные параметры оставим без изменения: входные и выходные. Используя тот же алгоритм расчета, получим следующие данные.

Таблица 4

Эксергетический баланс детандер-генераторной установки для получения электроэнергии с подогревом газа до  $90^{\circ}\text{C}$ .

Параметры газа на входе:  $t=(+15^{\circ}\text{C})$ ,  $P_{\text{вх}}=0,98$  МПа

	№ п.п.	Узел установки	Обозначение	Значение, кВт
Потери эксергии	1	Теплообменник	$D^T$	563,26
	2	Детандер	$D^D$	3600,03
	Итого		$D_{\text{уст}}$	4163,29
Эксергетический КПД			$\eta_e=0,707$	

Данная схема более эффективна в сравнении с предыдущей, где подогрев до  $65^{\circ}\text{C}$ , ее КПД возрос до 70 %, однако пришлось увеличить количество тепла, подведенное к теплообменному аппарату на 33 %, и несмотря на это ее КПД все еще далек от КПД предложенной схемы, который составляет 85 %.

Оценив эффективность схемы с осушкой относительно схем с подогревом газа, проведем анализ влияния сезонности и входных параметров на эксергетический КПД.

Зададимся следующими условиями:

1. Относительный внутренний КПД детандера не превышает 85%.

2. Параметры газа на выходе постоянны: температура  $t_g = -50^{\circ}\text{C}$  и давление  $p_g = 0,2$  МПа.

3. Параметры газа и окружающей среды по сезонам:

3.1. Зима, газ  $+5^{\circ}\text{C}$ , воздух  $-15^{\circ}\text{C}$ ;

3.2. Весна, газ  $+5^{\circ}\text{C}$ , воздух  $+5^{\circ}\text{C}$ ;

3.3. Лето, газ  $+20^{\circ}\text{C}$ , воздух  $+15^{\circ}\text{C}$ ;

3.4. Осень, газ  $+10^{\circ}\text{C}$ , воздух  $+10^{\circ}\text{C}$ .

4. Диапазон изменения входного давления от 0,7 МПа (минимальное значение вход-

ного давления учитывая п.1 ) до 1,3 МПа с шагом 0,3 МПа.

5. Расход газа постоянный  $G_{g1} = 100000 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Специально были выбраны разные температуры для весны и осени, чтобы наиболее полно отследить влияние исходных данных и температуры окружающей среды на потери эксергии.

Проведем тот же расчет (1-14) для каждого из сезонов и входных давлений.

По полученным данным построим рисунок 3.

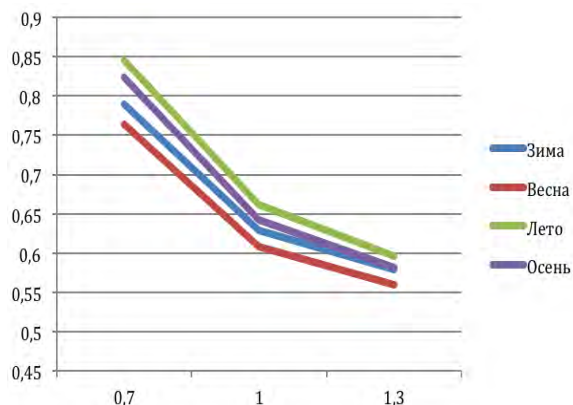


Рисунок 3. Влияние входных параметров на эксергетический КПД одноступенчатой схемы.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Консультант Плюс: справочная правовая система [Электронный ресурс]: справочная правовая система. М., 2014. Режим доступа: [http://consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_94054/?frame=1](http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_94054/?frame=1).

2 Агабабов В.С., Джураева Е.В., Корягин А.В., Лоозе П. и др. Сравнение различных способов подогрева газа в детандер-генераторных агрегатах на ТЭЦ // Вестник МЭИ. 2003. № 5.

По графику (рисунок 3) можно сделать выводы:

1. Основное влияние оказывает входное давление, т.к. оно напрямую связано с КПД детандера, так, при давлении 0,7 МПа КПД 80-85 %, при увеличении давления в 2 раза КПД падает на 20-25 %.

2. Сезонность оказывает незначительное влияние по сравнению со входным давлением (3-5 %). Самый низкий КПД весной, это связано с тем, что при равных входных параметрах газа (сравниваем с зимой) температура окружающей среды ниже, поэтому эксергетический потенциал входного газа выше, чем весной.

Проведенные расчеты позволяют сделать следующие выводы:

1. Эксергетический КПД схемы с осушкой выше на 22 % за счет использования меньшего количества теплоты (только на регенерацию).

2. В предлагаемой схеме потери работоспособности относительно схем с подогревом уменьшились в 2-2,5 раза.

3. Появилась возможность охлаждения дымовых газов до более низкой температуры без риска низкотемпературной конденсации в связи с осушкой природного газа.

## REFERENCES

1 Energeticheskaya strategiya Rossii na period do 2030. Konsul'tant plus: spravochnaia pravovaia sistema [Energy Strategy of Russia for the period up to 2030. Consultant Plus: background legal system]. Moscow, 2014. Available at: [http://consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_94054/?frame=1](http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_94054/?frame=1). - Evidence of Russian Press Ministry E № 77-6731. (In Russ.).

2 Agababov V.S. Dzhuraeva E.V., Koriagin A.V., Looze P. et al. Comparison of different methods of heating the gas in the part-der-generating units at CHP. Vestnik MEI. [Bulletin of MEI], 2003, no. 5. (In Russ.).

УДК 66.061

Профессор Ю.И. Шишацкий, инженер С.Ю. Плюха,  
доцент А.А. Журавлёв, аспирант С.С. Иванов  
(Воронеж. гос. ун. инж. техн.) кафедра промышленной энергетики. тел. (473) 279-98-22  
E-mail: d.pluxa@yandex.ru

Professor Iu.I. Shishatskii, engineer S.Iu. Pliukha,  
assistant Professor A.A. Zhuravlev, graduate S.S. Ivanov  
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of industrial energetic.  
phone. (473) 279-98-22  
E-mail: d.pluxa@yandex.ru

## Оптимизация процесса экстрагирования из люпина подсырной сывороткой

## Optimization of process extraction of lupine cheese whey

Реферат. Показана актуальность работы. Приведено высказывание академика А.Г. Храмцова о том, что прорывной технологией в молочной промышленности является использование молочной сыворотки в качестве экстрагента с целью извлечения целевых компонентов из растительного сырья и получения ценного молочно-растительного экстракта. Решена задача оптимизации для определения входных факторов, обеспечивающих эффективное ведение процесса экстрагирования. Оптимизация параметров процесса проводилась экспериментально-статистическими методами в несколько этапов. На первом этапе построена регрессионная модель, адекватно описывающая зависимость выбранного выходного параметра от изучаемых факторов. Проведён полный факторный эксперимент (ПФЭ) типа  $2^3$ , составлена матрица планирования, оформленная в таблицу. Опыты проводились в двухкратной повторности. Число опытов в центре плана выбрано с учётом возможного перехода к планированию второго порядка. План ПФЭ типа  $2^3$  даёт возможность рассчитать 8 регрессионных коэффициентов и построить уравнение первого порядка. Результаты расчёта доверительной ошибки представлены в таблице. Статистическая обработка экспериментальных данных позволила определить регрессионные коэффициенты, проверить их значимость, оценить воспроизводимость опытов и установить адекватность полученного регрессионного уравнения второго порядка по трём критериям. Второй этап заключался в оптимизации параметров экстрагирования. Постановка задачи оптимизации записана аналитически. Для решения поставленной задачи использован метод неопределённых множителей Лагранжа. В соответствии с вычисленным алгоритмом составлена система уравнений, содержащая частные производные целевой функции по всем независимым переменным и неопределённому множителю Лагранжа. Оптимальными признаны результаты, полученные на 10 шаге оптимизации, обеспечивающие достижение максимального выхода экстрактивных веществ. Получены оптимальные условия экстрагирования. Третьим этапом явилась оценка степени точности и надёжности полученного значения критерия оптимизации (выход экстрактивных веществ).

Summary. The urgency of the job is showed. These words of the academician A.G. Khamtsov that breakthrough technology in the dairy industry is the use of whey as a solvent for the extraction of target components of plant raw materials and obtaining valuable milk-plant extract. The problem of optimization to determine the input factors for the effective management of process of extraction. Optimization of parameters of the process was carried out experimental-statistical methods in several stages. At the first stage built regression model that adequately describes the dependence of the selected output parameter from the studied factors. A full factorial experiment (PFA) type  $2^3$ , composed planning matrix, decorated in a table. The experiments were conducted in a double-repetition. The number of experiments in the centre of the plan selected taking into account a possible transition to the planning of the second order. The plan PFA type  $2^3$  gives the possibility to calculate 8 regression coefficients and construct the equation of the first order. The results of calculation of confidence errors presented in the table. Statistical processing of experimental data allowed determining the regression coefficients, check their significance, to assess the reproducibility of experiments and to establish the adequacy of the obtained regression equations of the second order on three criteria. The second stage was to optimize the parameters of extraction. Statement of a problem of optimization recorded analytically. To solve this problem we use the method of the Lagrange multipliers. According to calculated by the algorithm is composed of a system of equations containing partial derivatives of the objective function for all independent variables and undetermined Lagrange multiplier. Optimal recognized the results obtained on the 10-step optimization, providing the maximum output of extractive substances. The obtained optimal conditions of extraction. The third stage was to evaluate the precision and reliability of the obtained values of the optimization criterion (output of extractive substances).

*Ключевые слова:* задача оптимизации, регрессионная модель, оптимальные условия экстрагирования.

*Keywords:* optimization task, regression model, optimum conditions of extraction.

---

© Шишацкий Ю.И., Плюха С.Ю.,  
Журавлёв А.А., Иванов С.С., 2014

Проблема утилизации вторичного молочного сырья, а также разработка рациональных технологических решений является весьма актуальной задачей. А.Г. Храмцов отмечает, что направленное изменение состава и свойств молочной сыворотки достигается путём её использования в качестве экстрагента при экстрагировании из сырья растительного происхождения.

Извлечение целевых компонентов, в том числе белковых веществ, из люпина подсырной сывороткой даёт возможность получить пищевую композицию с целью её ис-

пользования в производстве продуктов функционального назначения.

Решение задачи оптимизации позволяет определить параметры, обеспечивающие эффективное ведение процесса экстрагирования.

В качестве основных факторов выбраны:  $x_1$  – температура экстрагирования, °С;  $x_2$  – величина pH экстрагента, ед. pH;  $x_3$  – продолжительность экстрагирования, с (таблица 1). Размер частиц шарообразной формы в ходе эксперимента составлял  $d_{cp} = 1,0$  мм.

Т а б л и ц а 1

Характеристики планирования

Условия планирования	Натуральные значения факторов		
	$x_1$ , °С	$x_2$ , ед. pH	$x_3$ , с
Основной уровень (0)	50,0	6,5	2100,0
Интервал варьирования	5,95	0,59	892,86
Верхний уровень (+1)	55,95	7,09	2992,86
Нижний уровень (-1)	44,05	5,91	1207,14
Верхняя «звездная» точка (+1,682)	60,0	7,5	3600
Нижняя «звездная» точка (-1,682)	40,0	5,5	600

Выходным параметром у служил выход экстрактивных веществ, %.

Оптимизация параметров процесса экстрагирования проводилась экспериментальными статистическими методами в несколько этапов.

*Первый этап* заключался в построении регрессионной модели, адекватно описывающей зависимость выбранного выходного параметра от изучаемых факторов.

С целью сокращения продолжительности экспериментальных исследований и снижения затрат на их реализацию, проведён полный факторный эксперимент (ПФЭ) типа  $2^3$  в соответствии с матрицей планирования (таблица 2, опыты 1-8).

Опыты проводились в двукратной повторности, для оценки воспроизводимости опытов в центре плана были реализованы 6 параллельных опытов (таблица 2, опыты 15-20). Число опытов в центре плана выбрано с учетом возможного в дальнейшем перехода к планированию второго порядка. Для исключения влияния неконтролируемых параметров на результаты эксперимента порядок опытов рандомизировали посредством таблицы случайных чисел. В таблице 2 представлены средние арифметические значения функций отклика в двух параллельных опытах.

Т а б л и ц а 2

Матрица планирования и результаты эксперимента

№ опыта	Кодированные значения факторов			Натуральные значения факторов			Функция отклика у, %
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$x_1$ , °С	$x_2$ , ед. pH	$x_3$ , с	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	-1	-1	-1	44,05	5,91	1207,14	12,205
2	+1	-1	-1	55,95	5,91	1207,14	14,648
3	-1	+1	-1	44,05	7,09	1207,14	11,289
4	+1	+1	-1	55,95	7,09	1207,14	13,699
5	-1	-1	+1	44,05	5,91	2992,86	16,251
6	+1	-1	+1	55,95	5,91	2992,86	18,819
7	-1	+1	+1	44,05	7,09	2992,86	15,519
8	+1	+1	+1	55,95	7,09	2992,86	17,758
9	-1,682	0	0	40	6,5	2100	12,255
10	+1,680	0	0	60	6,5	2100	16,186
11	0	-1,68	0	50	5,5	2100	16,344
12	0	+1,68	0	50	7,5	2100	14,935



1	2	3	4	5	6	7	8
13	0	0	-1,68	50	6,5	600	11,975
14	0	0	+1,68	50	6,5	3600	18,783
15	0	0	0	50	6,5	2100	15,38
16	0	0	0	50	6,5	2100	15,37
17	0	0	0	50	6,5	2100	15,88
18	0	0	0	50	6,5	2100	14,99
19	0	0	0	50	6,5	2100	15,20
20	0	0	0	50	6,5	2100	15,39

План ПФЭ типа  $2^3$  дает возможность рассчитать 8 регрессионных коэффициентов и построить уравнение первого порядка. Как известно [1], свободный член  $b_0$  уравнения регрессии является оценкой выхода процесса в центральной точке эксперимента, которая смешана с суммарной оценкой квадратичных эффектов всех факторов. Если квадратичные эффекты будут значимы, то и прогнозируемые результаты опытов в центре плана эксперимента будут значимо отличаться от их экспериментальных значений. Параллельные опыты в центре плана эксперимента позволяют, не приступая даже к расчету всех (кроме  $b_0$ ) оценок коэффициентов уравнения, судить о возможности описания изучаемых зависимостей уравнением первого порядка без включения в него квадратичных членов.

Для этого были рассчитаны значения свободного члена  $b_0$ , среднее арифметическое значение функции отклика  $\bar{y}_0$  в центре эксперимента, оценка дисперсии разности  $S^2(\bar{y}_0 - b_0)$  и доверительная ошибка разности  $\varepsilon$  (таблица 3).

Т а б л и ц а 3

Результаты расчета доверительной ошибки

Показатель	Значение
Свободный член $b_0$	15,0235
Среднее арифметическое значение функции отклика в центре эксперимента $\bar{y}_0$	15,368
Оценка дисперсии разности $S^2(\bar{y}_0 - b_0)$	0,00991
Разность $ \bar{y}_0 - b_0 $	0,3415
Доверительная ошибка разности $\varepsilon$	0,215

Доверительная ошибка разности  $\varepsilon$  рассчитана по формуле:

$$\varepsilon = t_m \cdot \sqrt{S^2(\bar{y}_0 - b_0)}, \quad (1)$$

где  $t_m$  – табличное значение критерия Стьюдента при заданной доверительной вероятности 95 % и числе степеней свободы 13 ( $t_m = 2,16$ ).

Анализ результатов в таблице 3 показал, что для выходного параметра  $y$  выполняется условие  $\varepsilon < |\bar{y}_0 - b_0|$ . Это указывает на то, что с заданной доверительной вероятностью 95 % различие между  $\bar{y}_0$  и  $b_0$  следует признать существенным, уравнение регрессии, полученное по результатам ПФЭ, дает неудовлетворительное математическое описание и необходимо перейти к планированию второго порядка, позволяющему учесть в регрессионном уравнении оценки квадратичных эффектов факторов.

Для этого в исходную матрицу планирования были включены опыты в «звездных» точках (таблица 2, опыты 9-14). Выбор величины «звездного» плеча  $\pm 1,682$  обусловлен необходимостью получения униформ-ротатабельного плана, обеспечивающего получение одинаковой величины дисперсии предсказания для любой точки в пределах изучаемой области.

Опыты в «звездных» точках реализовали в двукратной повторности. В таблице 2 представлены средние арифметические значения функции отклика в двух параллельных опытах.

Статистическая обработка экспериментальных данных заключалась в вычислении оценок регрессионных коэффициентов, проверке их значимости, оценке воспроизводимости опытов и установлении адекватности полученного регрессионного уравнения. При этом были использованы статистические критерии Стьюдента, Кохрена и Фишера (при доверительной вероятности 95 %).

Установлено, что оценки коэффициентов  $b_{123}$  и  $b_{33}$  являются статистически незначимыми и их можно исключить из рассмотрения. Уравнение регрессии, адекватно описывающее зависимость выхода экстрактивных веществ от изучаемых факторов, имеет вид уравнения второго порядка:

$$y_1 = 15,379 + 1,169X_1 - 0,419X_2 + 2,026X_3 - 0,0824X_1X_2 + 0,03187X_1X_3 - 0,02897X_2X_3 - 0,4103X_1^2 + 0,0922X_2^2 \quad (2)$$

где  $X_i$  – кодированные значения факторов, связанные с натуральными значениями  $x_i$  соотношениями:

$$X_1 = \frac{x_1 - 50}{5,95}; X_2 = \frac{x_2 - 6,5}{0,59}; X_3 = \frac{x_3 - 2100}{89286} \quad (3)$$

Второй этап заключался в оптимизации параметров экстрагирования.

Для поиска оптимальных параметров  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$  задачу оптимизации сформулируем следующим образом. Необходимо найти такие значения независимых переменных  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ , которые обеспечивают условный экстремум (максимум) выхода экстрактивных веществ  $y_1 = f(X_1, X_2, X_3)$ . Значения независимых переменных  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$  при этом не должны выходить за область эксперимента, границы которой определяются значениями факторов в звездных точках. Указанное ограничение аналитически может быть записано в виде выражения:

$$\varphi(X_1, X_2, X_3) = X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 = R^2, \quad (4)$$

что в факторном пространстве представляет собой сферу радиусом  $R$ , центр которой совпадает с центром эксперимента.

Таким образом, постановка задачи оптимизации аналитически записывается как:

$$\begin{cases} y = 15,379 + 1,169X_1 - 0,419X_2 \\ + 2,026X_3 - 0,0824X_1X_2 + 0,03187X_1X_3 - \\ - 0,02897X_2X_3 - 0,4103X_1^2 \\ + 0,0922X_2^2 \rightarrow \max; \\ X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 = R^2 \end{cases} \quad (5)$$

Для решения поставленной задачи воспользуемся методом неопределенных множителей Лагранжа [2]. Для этого составим целевую функцию  $F$ , представляющую собой сумму

уравнения  $f(X_1, X_2, X_3)$ , подлежащего оптимизации и ограничения  $\varphi(X_1, X_2, X_3)$ , умноженного на неопределенный множитель Лагранжа  $\lambda$ :

$$\begin{aligned} F = & 15,379 + 1,169X_1 - 0,419X_2 \\ & + 2,026X_3 - 0,0824X_1X_2 + 0,03187X_1X_3 - \\ & - 0,02897X_2X_3 - 0,4103X_1^2 + 0,0922X_2^2 \\ & + \lambda(X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 - R^2) \end{aligned} \quad (6)$$

В соответствии с вычислительным алгоритмом метода неопределенных множителей Лагранжа составим систему уравнений, содержащую частные производные целевой функции  $F$  по всем независимым переменным  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  и неопределенному множителю Лагранжа  $\lambda$ :

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial X_1} = 1,169 - 0,0824X_2 + 0,03187X_3 \\ - 2 \cdot 0,41034X_1 + 2\lambda X_1 = 0; \\ \frac{\partial F}{\partial X_2} = -0,419 - 0,0824X_1 - 0,02897X_3 \\ + 2 \cdot 0,0922X_2 + 2\lambda X_2 = 0; \\ \frac{\partial F}{\partial X_3} = 2,026 + 0,03187X_1 - 0,02897X_2 \\ + 2\lambda X_3 = 0; \\ \frac{\partial F}{\partial \lambda} = X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 - R^2 = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Для решения системы уравнений (7) с последующим вычислением значений функции отклика (2) воспользуемся интегрированным пакетом MAPLEW 12. Вычисления проводим при изменении радиуса сферы  $R$  в диапазоне от 1,682 до 0 (таблица 4).

Т а б л и ц а 4

Результаты оптимизации

№ шага	$R$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\lambda$	$y$ , %
1	0	0	0	0	-10,81	15,38
2	0,2	0,094	-0,037	0,17	-5,87	15,85
3	0,6	0,178	-0,079	0,349	-2,91	16,32
4	0,6	0,256	-0,12	0,53	-1,93	16,78
5	0,8	0,326	-0,17	0,709	-1,438	17,24
6	1,0	0,39	-0,22	-0,89	-1,14	17,7
7	1,2	0,45	-0,283	1,076	-0,952	18,16
8	1,4	0,505	-0,344	-1,26	-0,814	18,62
9	1,5	0,53	-0,376	1,35	-0,76	18,85
10	1,68	0,576	-0,436	1,516	-0,678	19,26

При дальнейшем движении по поверхности отклика (увеличение радиуса сферы  $R$ ) выход экстрактивных веществ  $y$  увеличивается, однако ограничения  $-1,68 \leq X_i \leq +1,68$  не выполняются. Таким образом, оптимальными следует признать результаты, полученные на 10 шаге оптимизации, обеспечивающие достижение максимального выхода экстрактивных веществ.

Переходя от кодированных значений факторов к натуральным с учетом характеристик планирования (таблица 1), получим оптимальные условия экстрагирования: температура экстрагирования  $x_1 = 53,43$  °C; величина pH экстрагента  $x_2 = 6,24$  ед. pH; продолжительность экстрагирования  $x_3 = 3453,57$  с.

Третьим этапом явилась оценка степени точности и надежности полученного значения критерия оптимизации (выход экстрактивных веществ).

Дисперсия предсказанного значения критерия оптимизации [2]:

$$S^2(\hat{y}) = S_{b_0}^2 + S_{b_i}^2 R^2 + S_{b_{ii}}^2 R^4 + 2 \text{cov}_{b_0 b_{ii}} R^2, \quad (8)$$

где  $S_{b_0}^2, S_{b_i}^2, S_{b_{ii}}^2$  – дисперсии при определении коэффициентов регрессии  $b_0, b_i, b_{ii}$  соответствен-

но;  $\text{cov}_{b_0 b_{ii}}$  – ковариация;  $R$  – радиус сферы, на которой расположена точка с оптимальными значениями факторов  $X_1 = 0,576$ ,  $X_2 = -0,436$  и  $X_3 = 1,516$  ( $R^2 = X_1^2 + X_2^2 + X_3^2$ ).

Дисперсии при определении регрессионных коэффициентов связаны с остаточной дисперсией  $S_{\text{ост}}^2$  и константами ковариационной матрицы известными соотношениями [2]. Значение остаточной дисперсии, полученное при обработке экспериментальных данных, представлено в таблице 5.

Ошибка предсказания значения критерия оптимизации:

$$\delta = t_m \sqrt{S^2(\hat{y})}, \quad (9)$$

где  $t_m$  – табличное значение критерия Стьюдента ( $t_m = 2,37$  при уровне значимости  $p = 5\%$ ).

Результаты вычислений представлены в таблице 5 в виде доверительного интервала  $y \pm \delta$  при выбранной доверительной вероятности  $\gamma = 1 - p = 95\%$ .

Т а б л и ц а 5

Статистические характеристики критерия оптимизации

Критерий оптимизации	Оптимальное значение критерия оптимизации	Дисперсия $S^2(\hat{y})$	Ошибка $\delta$	Доверительный интервал $y \pm \delta$
Выход экстрактивных веществ, %	19,26	2,41	3,68	$19,26 \pm 3,68$

Вычисления проводились при гидромодуле 1:5, установленном экспериментально.

Таким образом, экспериментально-

статистический подход позволил решить задачу оптимизации процесса экстрагирования из люпина подсырной сывороткой.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Дерканосова Н.М., Журавлев А.А., Сорокина И.А. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств. Практикум: учеб. пособие. Воронеж: ВГТА, 2011. 196 с.

2 Грачев Ю. П., Плаксин Ю.М. Математические методы планирования эксперимента. М.: ДеЛи Принт, 2005. 296 с.

## REFERENCES

1 Derkanosova N.M., Zhuravlev A.A., Sorokina I.A. Modelirovanie i optimizatsiia tekhnologicheskikh protsessov pishchevykh proizvodstv [Modeling and optimization of technological processes of food production. The workshop]. Voronezh, VGTA, 2011. 196 p. (In Russ.).

2 Grachev Iu.P., Plaksin Iu.M. Matematicheskie metody planirovaniia eksperimenta [Mathematical methods of planning of experiment]. Moscow, DeLi Print, 2005. 296 p. (In Russ.).

# Информационные технологии, моделирование и управление

---

УДК 681.322

Профессор В.К. Битюков, доцент А.Е. Емельянов

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра информационных и управляющих систем.

тел. (473) 255-38-75

E-mail: emalexeg @ yandex.ru

Professor V.K. Bitiukov, associate Professor A.E. Emel'ianov

(Voronezhstate university of engineering technology) Department of information and control systems. phone (473) 255-38-75

E-mail: emalexeg @ yandex.ru

## Использование случайного квантования при моделировании сетевых систем управления

## Using the random of quantization in the simulation of networked control systems

Реферат. Сетевые системы управления используют сетевой канал для обмена данными между элементами. Такой подход обладает рядом преимуществ: снижение затрат на монтажные работы, легкость конфигурации системы, простота диагностики и обслуживания системы. Использование сетей в качестве канала передачи в системах управления создает новые проблемы. Сетевые характеристики делают анализ, моделирование и управление сетевыми системами управления более сложной и трудной задачей. При моделировании необходимо учесть следующие факторы: потеря пакета данных, случайное время передачи пакета по сетевому каналу, необходимость учета нахождения в канале одновременно нескольких пакетов данных при последовательной передаче. Попытки учета одновременно всех этих факторов приводят к значительному повышению размерности математической модели и, как следствие, к значительным вычислительным трудностям. Такие модели, как правило, находят широкое применение при научных исследованиях. Однако для инженерных расчетов требуются математические модели небольшой размерности, но обладающие при этом достаточной точностью. Рассмотрен сетевой канал передачи со случайной задержкой и потерей пакетов данных. Время случайной задержки моделируется законом распределения Эрланга соответствующего порядка. Вероятность потери пакета зависит как от частоты поступления пакетов данных в канал передачи, так и от параметров закона распределения Эрланга. Предложена модель канала в виде последовательного соединения дискретных элементов. Дискретные элементы производят независимое квантование входного сигнала. Для изменения вероятности потери пакета предложено использовать случайное квантование входного сигнала. Получена формула для определения вероятности потери пакета в процессе передачи.

Summary. Network control systems using a network channel for communication between the elements. This approach has several advantages: lower installation costs, ease of configuration, ease of diagnostics and maintenance. The use of networks in control systems poses new problems. The network characteristics make the analysis, modeling, and control of networked control systems more complex and challenging. In the simulation must consider the following factors: packet loss, packet random time over the network, the need for location records in a channel simultaneously multiple data packets with sequential transmission. Attempts to account at the same time all of these factors lead to a significant increase in the dimension of the mathematical model and, as a consequence, a significant computational challenges. Such models tend to have a wide application in research. However, for engineering calculations required mathematical models of small dimension, but at the same time having sufficient accuracy. Considered the network channels with random delays and packet loss. Random delay modeled by appropriate distribution the Erlang. The probability of packet loss depends on the arrival rate of data packets in the transmission channel, and the parameters of the distribution Erlang. We propose a model of the channel in the form of a serial connection of discrete elements. Discrete elements produce independents quantization of the input signal. To change the probability of packet loss is proposed to use a random quantization input signal. Obtained a formula to determine the probability of packet loss during transmission.

*Ключевые слова:* сетевой канал, случайная задержка, вероятность потери пакета, случайные квантования.

*Keywords:* networks canal, random delay, packet loss probability, random quantization.

Сетевые системы управления используют сетевой канал для обмена данными между элементами. Такой подход обладает рядом преимуществ: снижение затрат на монтажные

работы, легкость конфигурации системы, простота диагностики и обслуживания системы.

© Битюков В.К., Емельянов А.Е., 2014

В отличие от традиционных цифровых систем управления, где сигналы передаются по идеальным каналам, задержки в процессе передачи являются незначительными или же постоянными, потери данных отсутствуют, в сетевых системах управления возникают новые проблемы.

Одним из узких мест при математическом моделировании сетевых систем управления является моделирование канала передачи данных. При моделировании необходимо учесть следующие факторы: потеря пакета данных, случайное время передачи пакета по сетевому каналу, необходимость учета нахождения в канале одновременно нескольких пакетов данных при последовательной передаче.

Попытки учета одновременно всех этих факторов приводят к значительному повышению размерности математической модели и, как следствие, к значительным вычислительным трудностям. Такие модели, как правило, находят широкое применение при научных исследованиях [1]. Однако для инженерных расчетов требуются математические модели обладающие меньшей размерностью, но обладающие при этом достаточной точностью.

При моделировании сетевого канала передачи данных предлагается представлять его с помощью совокупности  $n$  последовательно соединенных дискретных элементов. Конструктивные особенности данных дискретных элементов представлены в [2-4]. Предполагается, что квантователи этих дискретных элементов функционируют независимо друг от друга. Таким образом, происходит последовательная передача сигнала от одного дискретного элемента к другому. В этом случае закон распределения времени передачи пакета данных по каналу будет соответствовать закону Эрланга  $n$ -го порядка.

Целью данной работы является определение вероятности потери пакета данных в сетевой системе управления.

В данной работе предлагается способ моделирования канала передачи данных, позволяющий варьировать такт квантования в сетевой системе управления и вероятность потери пакета данных в широких пределах независимо друг от друга.

С этой целью предлагается в математической модели сетевой системы управления осуществлять для канала передачи квантование с вероятностью  $P_{кв}$ .

В работе рассмотрен случай, когда все квантователи подчиняются одному и тому же закону: квантование осуществляется случай-

ным образом с интенсивностью  $\lambda$  и описывается экспоненциальным законом распределения:

$$f_{\kappa}(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t}, \quad (1)$$

где  $f_{\kappa}(t)$  – плотность распределения вероятности времени между моментами квантования квантователя;  $t$  – время.

Предполагается, что на вход канала поступает пакет данных с периодом  $T_0$  с вероятностью  $P_{кв}$ .

В случае если пакет данных успешно прошел все  $n$  квантователей, то передача считается успешной и информация поступает на дальнейшую переработку (например, в контроллер). Так как квантователи функционируют независимо друг от друга, то может случиться так, что пакет данных, который был передан позже, «догонит» передаваемый ранее пакет и «сотрет» его содержимое. Таким образом, данные этого пакета будут потеряны.

Вероятность потери пакета данных в сетевой системе управления можно представить следующим образом:

$$P = q + P_{кв} \cdot P_n, \quad (2)$$

где  $P$  – вероятность потери пакета данных в сетевой системе управления;  $P_n$  – вероятность потери пакета данных в процессе передачи данных по каналу;  $q$  – вероятность потери пакета данных при квантовании:

$$q = 1 - P_{кв}. \quad (3)$$

Для вероятности  $P_n$  можно записать:

$$P_n = P_{кв} \cdot \sum_{j=1}^{\infty} q^{j-1} \cdot P_0(jT_0), \quad (4)$$

где  $P_0(jT_0)$  – вероятность потери пакета данных в процессе передачи при детерминированном квантовании с периодом  $(jT_0)$ .

Вероятность  $P_0$  для периода квантования  $(jT_0)$  можно представить следующим образом:

$$P_0(jT_0) = P_0(jT_0) + \sum_{k=1}^{n-1} P_k(jT_0) \cdot \sum_{i=0}^{n-k-1} P_{i,i+k}, \quad (5)$$

где

$$P_0(jT_0) = e^{-\lambda \cdot j \cdot T_0},$$

$$P_k(jT_0) = \frac{(\lambda \cdot j \cdot T_0)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda \cdot j \cdot T_0},$$

$$P_{i,i+k} = \frac{1}{2^{(2i+k)}} \cdot \left( \frac{k}{2i+k} \right) \cdot C_{2i+k}^{i+k}.$$

После подстановки (5) в (4) имеем:

$$P_n = P_{кв} \cdot \left( \sum_{j=1}^{\infty} q^{j-1} \cdot P_0(jT_0) \right) +$$

$$+ \sum_{j=1}^{\infty} q^{j-1} \cdot \sum_{k=1}^{n-1} P_k(jT_0) \cdot \sum_{i=0}^{n-k-1} P_{i,i+k} \Big). \quad (6)$$

Второе слагаемое в скобках уравнения (6) можно преобразовать следующим образом:

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^{\infty} q^{j-1} \cdot \sum_{k=1}^{n-1} P_k(jT_0) \cdot \sum_{i=0}^{n-k-1} P_{i,i+k} = \\ & = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{i=0}^{n-k-1} P_{i,i+k} \cdot \sum_{j=1}^{\infty} q^{j-1} \cdot P_k(jT_0). \end{aligned} \quad (7)$$

Тогда уравнение (6) можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned} P_n = P_{\kappa\delta} \cdot \Big( \sum_{j=1}^{\infty} q^{j-1} \cdot P_0(jT_0) + \\ + \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{i=0}^{n-k-1} P_{i,i+k} \cdot \sum_{j=1}^{\infty} q^{j-1} \cdot P_k(jT_0) \Big). \end{aligned} \quad (8)$$

Рассмотрим бесконечные суммы, стоящие в скобках в выражении (8):

$$\begin{aligned} S_0 &= \sum_{j=1}^{\infty} q^{j-1} \cdot P_0(jT_0) = \\ &= \sum_{j=1}^{\infty} q^{j-1} \cdot e^{-\lambda \cdot jT_0} = e^{-\lambda T_0} \cdot \sum_{j=1}^{\infty} (q \cdot e^{-\lambda T_0})^{j-1}. \end{aligned} \quad (9)$$

Введем следующее обозначение:

$$u = q \cdot e^{-\lambda T_0}. \quad (10)$$

Тогда:

$$\sum_{j=1}^{\infty} (q \cdot e^{-\lambda T_0})^{j-1} = \sum_{j=1}^{\infty} (u)^{j-1} = \left( \frac{1}{1-u} \right), \quad (11)$$

– сумма бесконечно убывающей прогрессии ( $u < 1$ ).

Обозначим:

$$Q_0(u) = \frac{1}{1-u}. \quad (12)$$

Тогда выражение (9) примет вид:

$$S_0 = \frac{1}{q} \cdot u \cdot Q_0(u). \quad (13)$$

Рассмотрим следующий член выражения (8):

$$\begin{aligned} S_1 &= \sum_{i=0}^{n-2} P_{i,i+1} \cdot \sum_{j=1}^{\infty} q^{j-1} \cdot P_1(jT_0) = \\ &= \sum_{i=0}^{n-2} P_{i,i+1} \cdot \sum_{j=1}^{\infty} q^{j-1} \cdot (\lambda \cdot j \cdot T_0) \cdot e^{-\lambda jT_0} = \\ &= \sum_{i=0}^{n-2} P_{i,i+1} \cdot (\lambda \cdot T_0) \cdot e^{-\lambda T_0} \times \\ &\times \sum_{j=1}^{\infty} (q^{j-1} \cdot j \cdot e^{-\lambda(j-1)T_0}) = \\ &= \sum_{i=0}^{n-2} P_{i,i+1} \cdot \frac{(\lambda \cdot T_0)}{q} \cdot u \cdot \frac{d}{du} \left[ \sum_{j=1}^{\infty} (u)^j \right] = \\ &= \sum_{i=0}^{n-2} P_{i,i+1} \cdot \frac{(\lambda \cdot T_0)}{q} \cdot u \cdot \frac{d}{du} \left[ u \cdot \frac{1}{1-u} \right] \end{aligned} \quad (14)$$

Введем обозначение:

$$Q_1(u) = \frac{d}{du} [u \cdot Q_0(u)]. \quad (15)$$

Тогда выражение (14) с учетом (15) примет вид:

$$S_1 = \sum_{i=0}^{n-2} P_{i,i+1} \cdot \frac{(\lambda \cdot T_0)}{q} \cdot u \cdot Q_1(u). \quad (16)$$

Аналогично имеем для произвольного члена второго слагаемого выражения (8):

$$\begin{aligned} S_m &= \sum_{i=0}^{n-m-1} P_{i,i+m} \cdot \sum_{j=1}^{\infty} q^{j-1} \cdot P_m(jT_0) = \\ &= \sum_{i=0}^{n-m-1} P_{i,i+m} \cdot \frac{(\lambda \cdot T_0)^m}{m! \cdot q} \cdot u \cdot Q_m(u). \end{aligned} \quad (17)$$

Где:

$$Q_m(u) = \frac{d}{du} [u \cdot Q_{m-1}(u)]. \quad (18)$$

Таким образом, выражение (7) можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned} P_n &= \left( \frac{P_{\kappa\delta} \cdot u}{q} \right) \times \\ &\times \left[ Q_0(u) + \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{i=0}^{n-k-1} P_{i,i+k} \cdot \frac{(\lambda \cdot T_0)^k}{k!} \cdot Q_k(u) \right]. \end{aligned} \quad (19)$$

Рассмотрим некоторые частные случаи.

1.  $n = 1$ .

$$P = q + (P_{\kappa\delta})^2 \cdot \frac{e^{-\lambda T_0}}{(1 - q \cdot e^{-\lambda T_0})}. \quad (20)$$

2.  $n = 2$ .

$$\begin{aligned} P &= q + (P_{\kappa\delta})^2 \cdot \frac{e^{-\lambda T_0}}{(1 - q \cdot e^{-\lambda T_0})} \times \\ &\times \left[ 1 + \frac{(\lambda \cdot T_0)}{2 \cdot (1 - q \cdot e^{-\lambda T_0})} \right]. \end{aligned} \quad (21)$$

3.  $n = 3$ .

$$\begin{aligned} P &= q + (P_{\kappa\delta})^2 \cdot \frac{e^{-\lambda T_0}}{(1 - q \cdot e^{-\lambda T_0})} \times \\ &\times \left[ 1 + \frac{5 \cdot (\lambda \cdot T_0)}{8 \cdot (1 - q \cdot e^{-\lambda T_0})} + \right. \\ &\left. + \frac{(\lambda \cdot T_0)^2 \cdot (1 + q \cdot e^{-\lambda T_0})}{8 \cdot (1 - q \cdot e^{-\lambda T_0})^2} \right]. \end{aligned} \quad (22)$$

4.  $n = 4$ .

$$\begin{aligned} P &= q + (P_{\kappa\delta})^2 \cdot \frac{e^{-\lambda T_0}}{(1 - q \cdot e^{-\lambda T_0})} \times \\ &\times \left[ 1 + \frac{11 \cdot (\lambda \cdot T_0)}{16 \cdot (1 - q \cdot e^{-\lambda T_0})} + \right. \\ &\left. + \frac{3 \cdot (\lambda \cdot T_0)^2 \cdot (1 + q \cdot e^{-\lambda T_0})}{16 \cdot (1 - q \cdot e^{-\lambda T_0})^2} + \right. \end{aligned}$$

$$+ \frac{(\lambda \cdot T_0)^3 \cdot \left(1 + 4 \cdot q \cdot e^{-\lambda \cdot T_0} + (q \cdot e^{-\lambda \cdot T_0})^2\right)}{48 \cdot (1 - q \cdot e^{-\lambda \cdot T_0})^3} \quad (23)$$

Приведем численный пример.

Допустим, что реальный режим передачи данных в канале может быть аппроксимирован законом Эрланга 2-го порядка со следующими параметрами:  $n = 2$ ;  $\lambda = 300$  1/с. Вероятность потери пакета данных в реальном канале:  $P = 0,2$ . Пусть, исходя из режима функционирования сетевой системы управления, такт квантования составляет  $T_0 = 0,01$  с. Необходимо определить значение вероятности квантования в математической модели канала передачи для адекватного описания режима передачи в реальном канале.

Вероятность потери пакета данных в модели канала передачи при детерминированном квантовании:

$$P_{\min} = e^{-\lambda \cdot T_0} \cdot \left[1 + \frac{(\lambda \cdot T_0)}{2}\right] = 2,5 \cdot e^{-3} = 0,124.$$

Так как  $P > P_{\min}$ , то возможна корректировка вероятности потери данных в канале передачи, путем имитации вероятностного квантования.

Произведем расчет этой вероятности.

Для  $n = 2$ :

$$P = q + (P_{\text{кв}})^2 \cdot \frac{e^{-\lambda \cdot T_0}}{(1 - q \cdot e^{-\lambda \cdot T_0})^2} \times$$

## ЛИТЕРАТУРА

1 Битюков В.К., Емельянов А.Е. Обобщенная математическая модель сетевой системы управления с передачей данных по каналу с конкурирующим методом доступа // Вестник ТГТУ. 2012. Том 18. № 2. С. 319 - 326.

2 Битюков В. К., Емельянов А.Е. О независимости стохастических процессов квантования в сетевых системах управления // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2012. № 1(37). С.36 – 42.

3 Абрамов Г.В., Емельянов А.Е., Ивлиев М.Н. Математическое моделирование цифровых систем управления с передачей информации по каналу множественного доступа // Системы управления и информационные технологии. 2007. № 3 (29). С. 27 – 32.

4 Абрамов Г.В., Емельянов А.Е., Ивашин А.Л. Анализ области применимости асинхронной математической модели цифровой системы управления // Вестник ВГТА. 2010. № 2. С. 32-38.

$$\times \left[1 + \frac{(\lambda \cdot T_0)}{2 \cdot (1 - q \cdot e^{-\lambda \cdot T_0})}\right]. \quad (24)$$

Введем обозначения:

$$z = \lambda \cdot T_0; \quad a = e^{-\lambda \cdot T_0}; \quad x = 1 - a \cdot q.$$

Тогда уравнение (24) можно представить следующим образом:

$$P = \frac{(1-x)}{a} + \frac{(x-1+a)^2 \cdot (2 \cdot x + z)}{2 \cdot a \cdot x^2}.$$

Откуда:

$$(z + 2 \cdot a \cdot (2 - P) - 2) \cdot x^2 + 2 \cdot (1 - a) \cdot (1 - a - z) \cdot x + (1 - a)^2 \cdot z = 0. \quad (25)$$

Подставляя числовые значения в (25), имеем:

$$1,18 \cdot x^2 - 3,895 \cdot x + 2,7075 = 0$$

Откуда:

$$x \approx 0,9924.$$

Следовательно:

$$q \approx 0,15..$$

А вероятность квантования:

$$P_{\text{кв}} \approx 0,85.$$

Таким образом, допуская в математической модели канала передачи вероятностное квантование, мы получаем адекватную модель реального процесса передачи данных, в котором осуществляется детерминированное квантование.

## REFERENCES

1 Bitiukov V. K., Emelianov A. E. Generalized mathematical model of network management system with data transmission through a channel with competing access method. *Vestnik TGTU*. [Bulletin of TGTU], 2012, vol. 18, no. 2, pp. 319 - 326. (In Russ.).

2 Bitiukov V. K., Emelianov A. E. On the independence of the quantization of stochastic processes in network management systems. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki*. [Questions modern science and practice. University V. I. Vernadsky], 2012, no. 1 (37), pp. 36 - 42. (In Russ.).

3 Abramov G.V., Emelianov A.E., Ivliev M.N. Mathematical modeling of digital control systems with transmission of information via multiple access. *Sistemy upravleniia i informatsionnye tekhnologii*. [Control Systems and Information Technology], 2007, no. 3 (29), pp. 27 - 32. (In Russ.).

4 Abramov G.V., Emelianov A.E., Ivashin A.L. Analysis of the range of validity of a mathematical model of asynchronous digital control system. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSTA], 2010, no. 2. pp. 32-38.

УДК 630.383

Профессор М.Ю. Смирнов, доцент Т.В. Скворцова,  
докторант С.В. Дорохин, аспирант А.Г. Чистяков  
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информационных систем, моделирования и  
управления. тел. 89103434840  
E-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru

Professor M.Iu. Smirnov, assistant Professor T.V. Skvortsova,  
doctoral S.V. Dorokhin, graduate A.G. Chistiakov  
(Voronezh state university of engineering technology) Department of information systems  
modeling and control. phone. 89103434840  
E-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru

## **Комплекс программ по моделированию работы автомобильной дороги: модули ПАРК, ПРОФИЛЬ и СОСТАВ**

## **Complex programs for modeling highway: PARK, PROFILE and COMPOSITION**

Реферат. Основной частью развивающихся систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог являются имитационные системы, позволяющие видеть дорогу в действии. Моделирование процесса функционирования дороги в такой имитационной системе – это испытание конструкции дороги в ЭВМ. В статье описаны три модуля: ПАРК, ПРОФИЛЬ и СОСТАВ, входящие в комплекс программ имитационного моделирования процесса функционирования автомобильной дороги. Существенное повышение точности результатов моделирования обеспечивает программа ПАРК, создающая нормативно-справочную базу технико-экономических параметров автомобилей, входящих в состав потока. Полнота базы, возможность непрерывного корректирования и постоянного обновления параметров типов автомобилей исключает разномасштабность в расчётах строительных и эксплуатационных затрат при обосновании экономическими расчётами оптимальности проектных решений и повышает достоверность оценки эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию дорог. Оптимизации проектных решений в целом, как единой непрерывной последовательности сочетаний элементов дороги, способствует программа ПРОФИЛЬ, анализирующая геометрические элементы плана, продольного профиля, сжимающая информацию о геометрии пути для последующего моделирования процесса функционирования дороги. Программа ПРОФИЛЬ (и построенные на её основе программы БАЗИС, ПРОФИЛЬ) является связующей между проектирующими программами и программами, моделирующими дорожное движение. Транспортно-эксплуатационные характеристики дороги смоделированы ЭВМ для определённого состава автомобильного потока. Технико-экономические параметры автомобилей, входящих в состав потока (до 20, что вполне достаточно для практических и исследовательских задач) и их процентное содержание в потоке программа СОСТАВ выбирает из нормативно-справочной базы, сформулированной ранее модулем ПАРК, и записывает их в рабочий файл для последующего использования их модулем ТРАССА.

Summary. The main part of developing computer-aided design of roads are simulation systems to see the road in action. Modeling of the functioning of the road in such a simulation system - this test road design in the computer. This article describes three modules: PARK, PROFILE, COMPOSITION and comprising a set of process simulation programs functioning road. A significant increase in the accuracy of simulation results provides software parks established normative reference database of technical and economic parameters of vehicles belonging to the stream. Completeness framework allows continuous adjustment and constant updating of the parameters types of cars in different scales calculation excludes construction and operating costs in justifying economic calculations optimality design solutions and increases the reliability of evaluating the effectiveness of capital investments in the construction and reconstruction of roads. Optimization of the design solutions in general, as a single continuous sequence of combinations of elements contributes to road profile program that analyzes the geometric elements of the plan, longitudinal section, compressing the geometry information of the way for the subsequent modeling of the functioning of the road. Program PROFILE (and built on its basis BASIS program, PROFILE) is a nexus between the projecting programs and programs that simulate traffic. Transport and road performance computer modeled for a particular stream of automobile. Technical and economic parameters of vehicles belonging to the flow (up to 20, which is sufficient for practical and research tasks) and their percentage in the flow of the program selects COMPOSITION regulatory reference framework articulated earlier PARK module and writes them to a working file for their subsequent use module RIDE.

*Ключевые слова:* моделирование, скорость, автомобильная дорога, комплекс программ, оптимизация решения, алгоритм, дорожные условия, режим движения.

*Keywords:* modeling, speed, road, complex programs, optimization solutions, algorithm, road conditions, driving mode.

---

© Смирнов М.Ю., Скворцова Т.В.,  
Дорохин С.В., Чистяков А.Г., 2014



Техническое противоречие, выражающееся в несоответствии традиционной технологии проектирования дорог и усложняющихся качественных аспектов работы транспорта, снимается автоматизацией проектирования, внедрением системы автоматизированного проектирования (САПР). Однако только дополнение традиционной технологии проектирования современными средствами автоматизации чертёжных работ и инженерно-технических расчётов слабо способствует решению всё усложняющихся задач проектирования дорог [1-3].

Определены следующие основные задачи разработки подсистемы комплексного моделирования, которые решались на основе системного подхода:

1. Подсистема моделирования процесса функционирования дороги должна разрабатываться как часть общей системы автоматизированного проектирования.

Это значит, что определенные функции проектирующих программ должны быть заложены в алгоритм и программы моделирования процесса функционирования дороги. В частности, программа моделирования должна быть согласована с проектирующими программами по входным параметрам, а результат моделирования должен показывать проектировщику направление оптимизации проектного решения.

2. Оптимизация проектного решения на основе всестороннего испытания конструкции дороги на ЭВМ требует, чтобы подсистема моделирования давала возможность комплексной оценки дороги по её основным транспортно-эксплуатационным характеристикам. В этот комплекс включаются показатели экономичности и безопасности движения, энергетические и экологические, скорость и время движения. Требование всесторонности испытания проектируемой дороги заставляет рассчитывать в процессе моделирования не только общие и средние показатели, но эпюры видимости, детальные эпюры расхода топлива, себестоимости перевозок, эмиссии токсичных веществ и т.п., позволяющие выявлять элементы и участки дорог, требующие вариантного проектирования. Алгоритм моделирования должен обеспечить данными подсистему направленного выбора варианта оптимального по комплексу показателей, иногда взаимно противоречивых.

3. Поскольку оптимизация проектного решения достигается в процессе детального анализа дорожных условий, то алгоритм моделиро-

вания процесса функционирования дороги должен учитывать дорожные условия с максимальной полнотой, позволяющей отражать показателями дорожного движения любые небольшие изменения проектных решений. При этом исходными данными программы, оценивающей проектное решение, должны быть: все параметры продольного профиля (отметки, уклоны и длины подъёмов и спусков, радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых и т.п., определённая проектом последовательность элементов профиля); параметры поперечного профиля (ширина полосы движения проезжей части, обочин, количество полос движения и т.п.); параметры проезжей части (ровность и шероховатость и т.п.); параметры плана (все параметры прямых и кривых); определённая проектом последовательность элементов плана и профиля; параметры дорожной обстановки (элементы благоустройства населённых пунктов, тип и параметры пересечений дорожных знаков и т.п.) [2, 4].

4. Так как для оптимизации проектного решения требуется существенное повышение точности и достоверности результатов моделирования процесса функционирования дороги по показателям движения автомобилей, то алгоритм подсистемы должен с максимальной полнотой моделировать режимы движения автотранспортных потоков.

Точность и достоверность характеристик режимов движения существенно повышается с уточнением состава потоков. Исходными данными для программы моделирования должны быть конкретные параметры двигателей и автомобилей типовых моделей потока. Структура базы справочных данных подвижного состава должна быть разработана с учётом её расширения для моделирования движения не только современных автомобилей, но и перспективных моделей, учёта дизелизации автомобильного парка. Структура базы данных должна обеспечить моделирование движения на высокогорных дорогах. Алгоритм должен обеспечить достоверное моделирование процесса функционирования дороги в сложных климатических и погодных условиях.

Решение указанных задач, разработка алгоритмов позволили создать целый комплекс программ, составивших ядро подсистемы моделирования процесса функционирования дороги в системе автоматизированного проектирования автомобильных дорог (САПР АД). Программы основаны на результатах исследования влияния дорожных условий на ре-

жимы движения автомобилей и автомобильных потоков при автоматизированном проектировании дорог. В то же время разработка алгоритмов и программ потребовала решения самостоятельных сложных задач максимального отражения в программах моделирования геометрических параметров трассы, моделирования решений водителя по выбору режимов движения при восприятии проектируемых дорожных условий, обобщения методик решения задач по теории автомобиля, теории двигателя, теории транспортных потоков [1, 4, 5].

Системный подход, как основное требование при разработке подсистем САПР, потребовал увязки на уровне входных данных и результатов практически всех программ, входящих в комплекс моделирования процесса функционирования дороги. Входные данные и результаты программ этого комплекса легко адаптируются с проектирующими программами первой и последующих очередей САПР АД. Комплекс моделирования процесса функционирования дороги (рисунки 1 а, б и 2 а, б) включает следующие модули: ПРОФИЛЬ, СОСТАВ, ТРАССА, КОЛОННА.



Рисунок 1. Блок-схема модулей СОСТАВ (а) и ПРОФИЛЬ (б)



Рисунок 2. Блок-схема модулей ТРАССА (а) и КОЛОННА (б)

Модуль ПАРК. Качество проектных решений определяется показателями транспортно-эксплуатационных характеристик дорог, которые в значительной степени зависят от технико-экономических параметров автомобилей, входящих в состав транспортных потоков. Учёт этих параметров в программах моделирования процессов функционирования дороги сопряжён со следующими трудностями, которые преодолены в модуле ПАРК.

Во-первых, многообразие типов автомобилей настолько велико, что практикуемое простое разделение на тихоходные и быстроходные, или даже на легковые, грузовые и автобусы явно недостаточно.

Это приводит к снижению точности рассчитываемых показателей движения автомобилей и автомобильных потоков на 10-20 % и ухудшает качество проектных решений вследствие неточности критериев оптимизации.

При моделировании дорожного движения необходимо основываться на современной классификации подвижного состава, которая и положена в основу алгоритма модуля ПАРК.

Во-вторых, алгоритмом модуля ПАРК разрешено техническое противоречие между большим расчётным сроком, на который раз-

рабатывается проектное решение и параметрами автомобилей сегодняшнего парка подвижного состава, на которые рассчитываются дорожные сооружения.

Алгоритмом модуля ПАРК предусмотрен ввод параметров перспективных несерийных моделей автомобилей и моделирование их движения модулем ТРАССА, на основе единой методики.

Третья особенность модуля ПАРК состоит в том, что она позволяет повышать точность и достоверность технико-экономических обоснований капитальных вложений в дорожное строительство. Отчисляя приведенные затраты при сравнении вариантов проектных решений, проектировщик калькулирует затраты на строительство по самым последним расценкам, а эксплуатационные затраты (на перевозки) по расходным ставкам, пересчёт которых в инструктивных документах существенно запаздывает в связи с изменением отпускных цен автомобилей, цен на топливо, корректировкой норм отчислений на амортизацию и т.п.

Это противоречие снято соответствующей разработкой структуры нормативно-справочной базы, в которой непрерывно корректируются технико-экономические параметры автомобилей, позволяющие рассчитывать себестоимость перевозок по всем её составляющим с учётом всех изменений дорожных условий при вариации проектных решений.

Таким образом, составляющие приведённых затрат рассчитываются в едином масштабе цен.

Модуль ПАРК выполняется при настройке системы моделирования. Общее количество типов автомобилей в нормативной базе – 80. В том числе: грузовых – 60, автобусов и легковых – по 10.

Группы грузовых разделены по грузоподъёмности: 1-10 – малые (до 2 т); 11-20 – средние (2-5 т); 21-30 – большие (более 5 т); 31-40 – автопоезда (карбюраторные); 41-50 – большие дизели (более 5 т); 51-60 – автопоезда дизельные.

Группа автобусов разделена по вместимости: 61 – особо малые; 62 – малые; 63 – средние; 64 – большие; 65-70 – запасные.

Группа легковых автомобилей разделена по объёму двигателей: 71 – особо малые; 72 – малые; 73 – средние; 74-80 – запасные.

В нормативно-справочной базе хранятся введённые при настройке программы следующие данные: наименование марок автомобилей; технические параметры (полный вес, гру-

зоподъёмность, радиус качения колеса, фактор сопротивления воздуха, минимальный расход топлива, кг/л.с. час., объём и мощность двигателя и т.п.); технико-экономические показатели (стоимость автомобиля, нормы затрат на ремонты и обслуживание, на ремонты и восстановление шин, стоимость топлива и т.п.).

По мере разработки новых типов и марок автомобилей нормативно-справочная база дополняется их техническими и технико-экономическими показателями. Такое дополнение выполняется с помощью модуля ПАРК ПЛЮС. Этой же программой можно исправить отдельные технико-экономические показатели (стоимость автомобиля, затраты на ремонты и восстановление шин, на амортизацию и т.п., также, например, пониженную мощность в высокогорных условиях, установку на автомобиль нового двигателя и т.п.).

Модуль ПРОФИЛЬ. Оптимизация проектного решения по комплексу транспортно-эксплуатационных характеристик обеспечивается соответствующими параметрами дороги и дорожных сооружений и рациональным сочетанием геометрических элементов трассы дороги. Если параметры дороги и дорожных сооружений оптимизировать отдельно (отдельно ширину полосы движения, отдельно радиус кривой в плане, отдельно величину продольного уклона) даже по комплексу показателей, входящих в состав транспортно-эксплуатационных характеристик, – это ещё не гарантирует оптимизации в целом дороги как линейного сочетания элементов трассы, дорожной обстановки и т.п. Инерционность присуща не только механической системе дорога-автомобиль, но и процессам восприятия и переработки водителем информации о дорожных условиях. Это обстоятельство требует, чтобы система испытания конструкции дороги в САПР АД обеспечивала непрерывную машинную имитацию восприятия автомобилем и водителем все последовательности дорожных условий, запроектированной проектировщиком в виде плана, продольного профиля, дорожной обстановки на соответствующих пикетах и т.п. Такой подход к испытанию дороги обеспечивает оптимизацию проектного решения в целом и формализует требования к подсистеме обработки и ввода в имитационную систему геометрических параметров проектируемой дороги [4, 5].

Модуль ПРОФИЛЬ является связующей между проектирующими программами и программами моделирования движения автомоби-

лей и автомобильных потоков. Именно в этом качестве модуль ПРОФИЛЬ функционирует в едином пакете программ проектирования продольного профиля в САПР АД. При традиционном проектировании модуль ПРОФИЛЬ связывает результаты ручного проектирования плана, продольного и поперечного профилей с программами моделирования движения. В модуле ПРОФИЛЬ анализируются геометрические элементы дороги и снимается информация о дорожных условиях. Блок-схема модуля (рисунки 3 и 4) показывает, что в модуле решаются трудоёмкие задачи [3, 5].

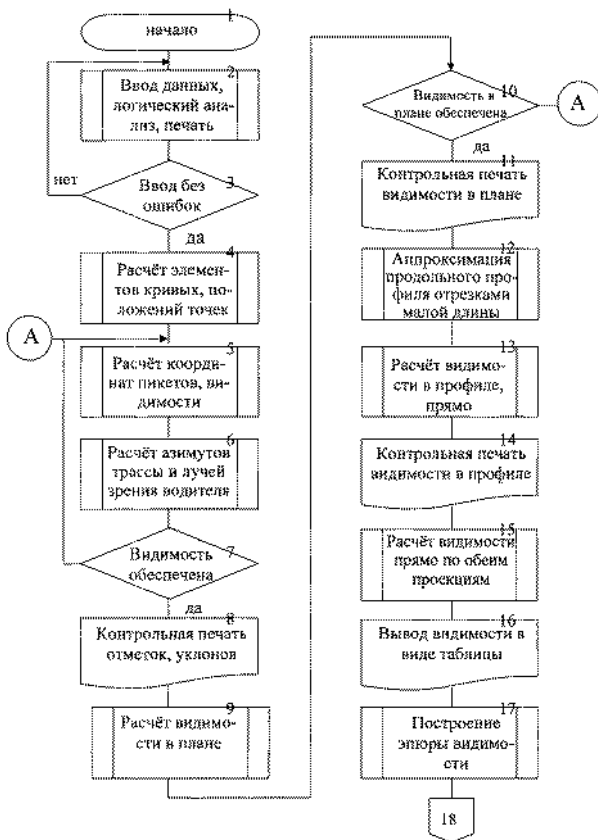


Рисунок 3. Блок-схема модуля ПРОФИЛЬ (начало)

Вручную ряд этих задач не решается и поэтому проектное решение не анализируется всесторонне.

В частности, проектировщик редко анализирует условия видимости поверхности дороги в продольном профиле, ориентируясь на нормативное значение радиусов вертикальных выпуклых кривых, практически не анализирует условия видимости в плане и продольном профиле встречных автомобилей. Это приводит к усложнению режимов движения из-за допущенных дефектов проектирования и

необходимости корректировать режимы в процессе организации движения. Такие нередкие недостатки проектных решений, обусловленные жёсткими сроками проектирования и существенной громоздкостью графоаналитических расчётов, могут быть устранены при широком освоении проектными организациями метода автоматизированного построения эпюр видимости модуль ПРОФИЛЬ.

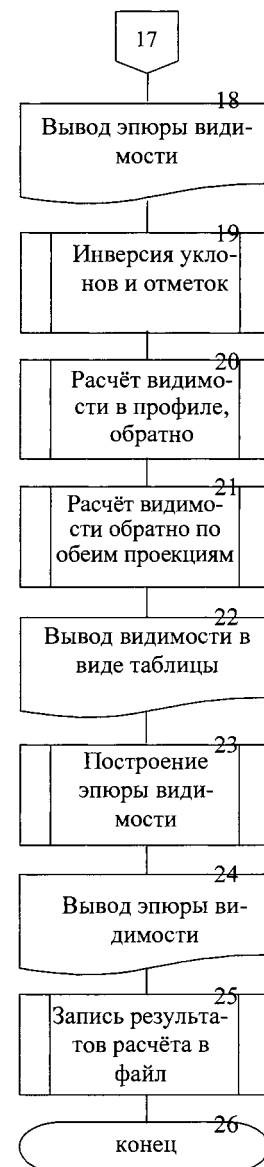


Рисунок 4. Блок-схема модуля ПРОФИЛЬ (окончание)

Исходная информация вводится с дисплея при совместном функционировании с проектирующими программами.

Данными для программы ПРОФИЛЬ служат: название дороги; номер варианта; начальный пикет; управляющие параметры

режима ввода; параметры плана (количество кривых, пикетные положения середины кривых, углы поворота, уклоны виражей, радиусы кривых); шаг расчёта (расстояние между точками, в которых рассчитывают транспортно-эксплуатационные показатели); параметры продольного профиля (количество элементов профиля, признаки элементов, то есть коды прямой и вертикальной кривой, длины элементов, уклоны прямых и радиусы вертикальных кривых); расстояния видимости с последнего пикета в прямом направлении и с начального пикета в обратном; данные о боковых препятствиях, ограничивающих видимость (количество справа и слева, пикетное положение препятствия и расстояние от оси крайней полосы до препятствия).

Результаты расчёта модулем ПРОФИЛЬ:

1. Логический контроль исходной информации.
2. Распечатка данных отдельно по плану, по продольному профилю, по боковым препятствиям.
3. Таблицы попикетной видимости в плане, в профиле и общая для обеих проекций поверхности дороги и встречного автомобиля в прямом и обратном направлениях.
4. Эпюры видимости поверхности дороги в прямом и обратном направлениях.
5. Сжатие информации и запись её в рабочий файл для последующего использования модулями ТРАССА и КОЛОННА.

В модуле ПРОФИЛЬ одна из главных задач – это анализ видимости поверхности дороги и встречного автомобиля. Расчёты видимости с каждого пикета выполняются отдельно для плана и отдельно для продольного профиля. Эпюра видимости строится по минимальным значениям видимости на пикетах. При расчётах расстояний видимости моделируется восприятие водителем трассы дороги.

При расчётах видимости в продольном профиле исходными служат отметки профиля через  $l$  (м). Ищется расстояние от данного пикета до точки касания лучом зрения водителя ближайшей выпуклости профиля.

При расчёте видимости в плане учитывают, что она может быть ограничена боковыми препятствиями (откосами выемок, лесополосами, строениями внутри дорожного закругления и т.п.). Расстояния видимости определяют, сравнивая азимуты луча зрения водителя на последовательные пикеты дороги и азимут направления на боковое препятствие. Азимуты

находят, решая обратные геодезические задачи по координатам соответствующих точек.

На конечных участках трассы необходимо учитывать видимость дороги за пределами конечных участков.

Модуль СОСТАВ. Транспортно-эксплуатационные характеристики дороги должны быть смоделированы ЭВМ для определённого состава автомобильного потока. Техничко-экономические параметры автомобилей, входящих в состав потока, необходимо выбрать из нормативно-справочной базы, сформулированной ранее модулем ПАРК. Эта выборка параметров автомобилей осуществляется модулем СОСТАВ.

Исходные данные о типах автомобилей (до 20, что вполне достаточно для практических и исследовательских задач) и их процентное содержание в потоке программа СОСТАВ выбирает из нормативно-справочной базы, необходимые параметры, записывает их в рабочий файл для последующего использования их модулем ТРАССА.

Сделаны следующие выводы. Существенное повышение точности результатов моделирования обеспечивает модуль ПАРК, создающая нормативно-справочную базу технико-экономических параметров автомобилей, входящих в состав потока. Полнота базы, возможность непрерывного корректирования и постоянного обновления параметров типов автомобилей исключает разномасштабность в расчётах строительных и эксплуатационных затрат при обосновании экономическими расчётами оптимальности проектных решений и повышает достоверность оценки эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию дорог.

Оптимизации проектных решений в целом как единой непрерывной последовательности сочетаний элементов дороги способствует модуль ПРОФИЛЬ, анализирующая геометрические элементы плана, продольного профиля, сжимающая информацию о геометрии пути для последующего моделирования процесса функционирования дороги. Модуль ПРОФИЛЬ (и построенные на её основе программы БАЗИС, ПРОФИЛЬ) является связующей между проектирующими программами и программами, моделирующими дорожное движение. В таком качестве модуль ПРОФИЛЬ функционирует в едином пакете программ проектирования продольного профиля в первой очереди САПР АД.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Скрыпников А.В. Построение процедур выбора управленческих решений на основе оптимизационных моделей // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2009. № 10(24). С. 217-221.
- 2 Скрыпников А.В. Разработка теоретических основ и методов управления лесовозным автотранспортом // Бюллетень транспортной информации. 2009. № 9 (171). С. 25-27.
- 3 Скрыпников А.В. Теоретические основы и методы организации и управления дорожным движением // Бюллетень транспортной информации. 2010. № 1 (175). С.10-15.
- 4 Скрыпников А.В. и др. Методы, модели и алгоритмы повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесных автомобильных дорог в процессе проектирования, строительства и эксплуатации: монограф. М.: ФЛИНТА: Наука. 2012. 310 с.
- 5 Скрыпников А.В., Скворцова Т.В., Кондрашова Е.В. Пропускная способность регулируемого перекрёстка // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: межвуз. сборник науч.тр. 2007. Вып. 2. С. 201-204.

REFERENCES

- 1 Skrypnikov A.V. Construction procedures for selecting management decisions based on optimization models. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki*. [Questions modern science and practice. University. VI Vernadsky], 2009, no. 10 (24), pp. 217-221. (In Russ.).
- 2 Skrypnikov A.V. Develop a theoretical framework and management practices Timber trucks. *Biulleten' transportnoi informatsii*. [Bulletin of transport information], 2009, no. 9 (171), pp. 25-27. (In Russ.).
- 3 Skrypnikov A.V. Theoretical bases and methods of organization and traffic management. *Biulleten' transportnoi informatsii*. [Bulletin of transport information], 2010, no. 1(175), pp.10-15. (In Russ.).
- 4 Skrypnikov A.V. et al. Metody, model i algoritmy povysheniia transportno-ekspluatatsionnykh kachestv lesnykh avtomobil'nykh dorog v protsesse proektirovaniia, stroitel'stva i ekspluatatsii [Methods, models and algorithms for improving transport and performance of forest roads in the design, construction and operation]. Moscow, FLINTA: Nauka, 2012. 310 p. (In Russ.).
- 5 Skrypnikov A.V., Skvortsova T.V., Kondrashova E.V. Bandwidth regulated crossroads. *Perpektivnye tekhnologii, transportnye sredstva i oborudovanie pri proizvodstve, ekspluatatsii, servise i remonte*. [Emerging technologies, vehicles and equipment in the production, exploitation, service and repair], 2007, Issue 2, pp. 201-204. (In Russ.).

УДК 678.01

Профессор В.К. Битюков, доцент И.А. Хаустов,  
профессор А.А. Хвостов, аспирант А.П. Попов  
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информационных и управляющих систем.  
тел. (473) 255-38-75  
E-mail: haustov\_ia@mail.ru

Professor V.K. Bitiukov, Associate Professor I. A. Khaustov,  
Professor A. A. Khvostov, graduate A.P. Popov  
(Voronezh state university of engineering technology) Department of information and control  
systems. phone (473) 255-37-51  
E-mail: haustov\_ia@mail.ru

## **Системный анализ процесса термоокислительной деструкции полимеров в растворе как объекта управления**

### **System analysis process of the thermal oxidative degradation of polymers in solution as a control object**

Реферат. В статье рассматривается технологический процесс синтеза низкомолекулярных каучуков методом термоокислительной деструкции как объекта управления. Выявлено, что основными управляющими параметрами, влияющими на скорость деструкции, являются: концентрация инициатора реакции, температура и массовая концентрация полимера. Основными параметрами управления являются: степень деструкции, качество получаемого полимера и время реакции. Установлено, что для эффективного управления температурой процесса и концентрацией инициатора необходимо стабилизировать в окрестности заданного значения, а значение массовой концентрации устанавливается дозировкой исходных компонентов. В этом случае кинетику процесса деструкции можно описать линейной зависимостью от времени. Т.е. степень деструкции линейно связана со временем проведения реакции. Тогда, определяя исходное качество полимера (его среднечисленную молекулярную массу), процесс деструкции проводится по времени до заданного значения степени разрушения. Поскольку в процессе деструкции расходуется инициатор, то для стабилизации его концентрации предлагается осуществлять его непрерывный ввод в реакционную среду. Получено математическое описание, описывающее кинетику при непрерывной подаче инициатора, и зависимость для расчета скорости подачи инициатора. Определены параметры линейной аппроксимирующей зависимости кинетики деструкции. Показано, что уже при малом времени деструкции график кинетики деструкции неуклонно стремится к его линейной асимптоте. Угол наклона асимптоты зависит от константы скорости деструкции (т.е. от температуры реакции) и начальной концентрации инициатора. Смещение кинетики деструкции по оси ординат зависит от начальной молярной концентрации полимера. Таким образом, подбирая начальную концентрацию полимера, появляется возможность управлять скоростью деструкции.

Summary. In this article the technological process of synthesis of low molecular weight polymers using the method of the thermal oxidative degradation as a control object is considered. It is revealed, that the main control parameters affecting the rate of degradation are: a reaction initiator concentration, temperature and mass concentration of the polymer. The degree of degradation, quality of produced polymer and the reaction time are the main control parameters. It is established that the process temperature and concentration of initiator should be stabilized in the vicinity of a predetermined value, and the value of the mass concentration is set by the initial dose components for effective control. In this case the kinetics of the degradation process can be described by a linear dependence of time. That is degree of degradation is linearly related with time reaction. Then the process of degradation is conducted by time to the predetermined degradation degree value by determining initial quality of the polymer. Due to initiator is expended in the process of degradation, then for stabilizing its concentration is offering its continuously input into the reaction medium. The mathematical model, describing the kinetics of continuous feed initiator, and dependence for calculating the initiator feed rate. The parameters of the linear approximating dependence of the degradation kinetics are defined. It is displayed, that graph kinetics of degradation is constantly striving to its linear asymptote at short time degradation. The inclination angle of this asymptote depends on the degradation rate constant (i.e., reaction temperature) and on the initial concentration of initiator. The degradation kinetics on the ordinate offset is depended on the initial molar concentration of polymer. Thus, to control the rate of degradation by selecting the initial concentration of the polymer is possible.

*Ключевые слова:* термоокислительная деструкция полимеров, система управления.

**Keywords:** thermal oxidative degradation of polymers, control system.

Технологический процесс получения низкомолекулярных полимеров, в общем случае, состоит из следующих элементарных стадий: загрузка компонентов реакции (растворителя, полимера); подогрев реакционной массы до заданной температуры и растворение полимера; загрузка инициатора; деструкция до заданной степени разрушения полимера; загрузка ингибитора – окончание деструкции; охлаждение реакционной массы; осушка и выделение полученного низкомолекулярного полимера. Основной стадией рассматриваемого процесса является процесс деструкции, поскольку именно на этой стадии формируются основные показатели качества продукта (средние молекулярные массы полимера и коэффициент полидисперсности).

В этой связи задачами системы управления процессом деструкции являются:

- регулирование степени разрушения полимера, величина которой может быть различна и зависит от того, какой вид полимера требуется получить по технологии, и в какой области он будет использоваться;
- получение управляющих воздействий, позволяющих достичь требуемой степени деструкции за заданное по технологии время реакции.

В качестве управляющих воздействий, влияющих на поведение процесса деструкции, можно выделить следующие параметры: температура процесса деструкции, концентрация полимера в растворе (объемная доля), концентрация инициатора деструкции (в молях), соотношение концентраций деструктора и полимера в реакционной смеси, интенсивность барботирования реакционной смеси атмосферным воздухом, скорость подачи инициатора. Структурная схема объекта управления представлена на рисунке 1.

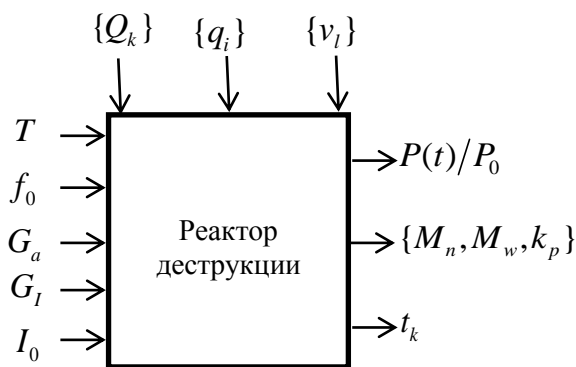


Рисунок 1. Структурная схема объекта управления

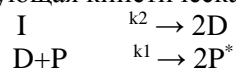
На рисунке 1  $P(t)/P_0$  - степень деструкции полимера;  $\{M_n, M_w, k_p\}$  - параметры качества полимера (среднечисленная и средневесовая молекулярные массы полимера, коэффициент полидисперсности);  $P_0, P(t)$  - начальная и текущая концентрация полимера, моль/л;  $I_0$  - начальная концентрация инициатора, моль/л;  $f_0$  - массовая концентрация полимера, кг/л;  $T$  - температура реакции, °C;  $t_k$  - время деструкции, мин;  $G_a, G_l$  - скорости подачи атмосферного воздуха и инициатора в реактор, кг/мин;  $\{q_i\}$  - теплофизические параметры (теплоемкость, коэффициент теплопередачи и др.);  $\{v_l\}$  - физические и реологические параметры реакционной смеси (вязкость, плотность, концентрации веществ, образованных в ходе вторичных процессов и др.);  $\{Q_k\}$  - множество, характеризующее тепловые возмущения (тепловыделение за счет реакции, перемешивания, температура окружающей среды, хладагента и т.д.).

Решение поставленных задач непосредственно связано с исследованием кинетики процесса управляемой деструкции, в том числе и методом математического моделирования.

Проблеме изучения деструкции полимеров методом моделирования посвящено достаточно много работ как отечественных исследователей [1-3], так и зарубежных [4-6]. Однако моделирование процессов деструкции полимеров в растворе практически не обсуждается.

Для синтеза и исследования систем оптимального управления в работе [7] были получены кинетические уравнения в виде аналитических зависимостей, описывающих динамику изменения компонентов реакционной смеси - концентрации полимера, инициатора процесса и агента деструкции.

Для описания кинетики процесса термоокислительной деструкции полимера в растворе использовались следующие положения – из одного моля инициатора в идеальном случае получается 2 моля деструктора и реакция одного моля деструктора с одним молем полимера дает 2 моля полимера, т.е. используется следующая кинетическая схема:



При моделировании процесса использованы следующие допущения:

1. Одна молекула деструктора в результате разрыва двойных связей и элемен-



тарного акта деструкции идет на образование двух макромолекул полимера с гидроксильной концевой группой на одной из двух макромолекул полимера.

2. Обе макромолекулы, образовавшиеся в ходе реакции деструкции, относятся к тому же классу макромолекул, что и исходная макромолекула полимера, т.е.  $P^* \equiv P$ .

3. Константа скорости деструкции не зависит от длины макромолекулы.

4. Исчерпывание деструктора описывается реакцией первого порядка со скоростью, не зависящей от температуры и давления в реакторе.

5. Константа скорости деструкции во много раз больше константы скорости дезактивации деструктора.

6. В реакторе деструкции происходит интенсивное перемешивание.

Кинетика процесса термоокислительной деструкции полимера в растворе в соответствии с принятой кинетической схемой и принятых допущений в общем виде описывается системой уравнений:

$$\frac{dI(t)}{dt} = -k_2 I(t), \quad (1)$$

$$\frac{dD(t)}{dt} = 2k_2 I(t) - k_1 P(t) \cdot D(t), \quad (2)$$

$$\frac{dP(t)}{dt} = k_1 P(t) D(t), \quad (3)$$

$$P(0) = P_0, \quad D(0) = 0, \quad I(0) = I_0, \quad (4)$$

где  $D(t)$  – концентрация деструктора, [моль/л];  $k_2$  – константа скорости образования деструктора,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $k_1$  – константа скорости деструкции,  $\text{мин}^{-1} \cdot \text{л/моль}$ .

Выражения описывают кинетику изменения концентраций инициатора, полимера и деструктора в объеме реакционной массы в ходе реакции в изотермическом режиме, при условии, что процесс реализован в реакторе периодического действия с интенсивным перемешиванием и постоянным барботированием атмосферным воздухом.

Влияние температуры реакционной массы на скорость химической деструкции рассмотрено в [8]. Начало реакций происходит при достижении молекулами компонентов смеси определенного значения энергии активации, достаточного для преодоления энергетического барьера. Увеличение температуры позволяет повысить долю молекул, обладающих достаточной энергией.

Связь между энергией активации и скоростью протекания реакций описывается уравнением Аррениуса:

$$k_j = k_{0j} \cdot \exp(-E_j/RT), \quad (5)$$

где  $R = 8,315$  – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·°К);  $T$  – температура реакции, °К;  $k_{0j}$  – предэкспоненциальная константа, размерность соответствует  $k_j$ ;  $E_j$  – энергия активации, Дж;  $j = 1, 2$ .

Для уравнения (5) были получены оценки энергий активации химических реакций и предэкспоненциальных констант:  $k_{01} = 7,96 \cdot 10^{13} \text{ мин}^{-1} \cdot \text{л/моль}$ ;  $k_{02} = 2,3 \cdot 10^{10} \text{ мин}^{-1}$ ;  $E_1 = 81,8 \text{ кДж}$ ;  $E_2 = 86,4 \text{ кДж}$ . Согласно литературным данным значение энергии активации  $E_2 = 83,7 \text{ кДж}$  [9], что подтверждает правоту полученных оценок.

Регулирование температуры реакции является эффективным способом для управления скоростью химической деструкции. Как следует из рисунка 2, скорость реакций возрастает по экспоненте с увеличением температуры. Однако уже при 70 °С наблюдается обратный процесс – гелеобразование, несмотря на введение антиоксидантов. Это можно проследить на рисунках 3 и 4. После четырех часов скорость деструкции по данным эксперимента снижается относительно теоретических расчетных значений концентрации (рисунок 3). Это соответствует росту скорости гелеобразования после 4-х часов деструкции (рисунок 4).

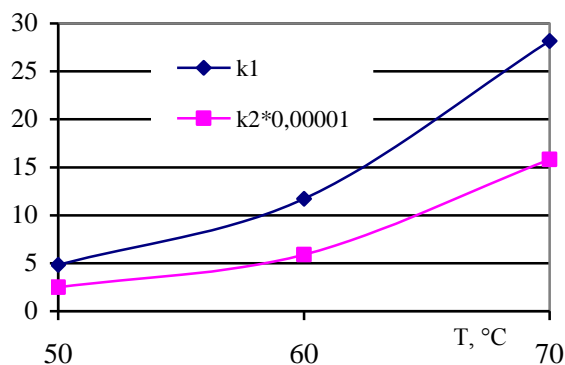


Рисунок 2. Влияние температуры реакции на скорость деструкции

Различие между экспериментальными данными и расчетными при 70 °С объясняется тем, что при высоких температурах возрастает интенсивность вторичных процессов – реакции рекомбинации полимерных цепей, приводящих к сшивке макромолекул, и как следствие

уменьшению их концентраций. В этой связи введение антиоксидантов не позволяет полностью избежать гелеобразования.

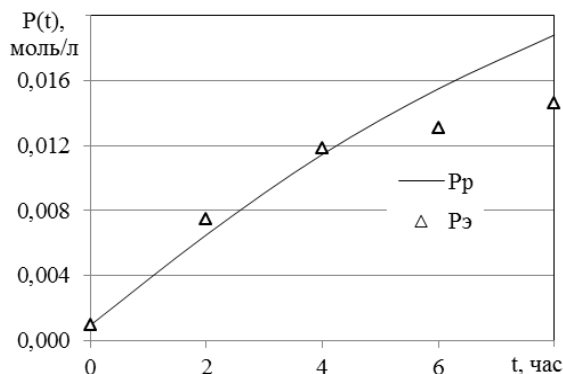


Рисунок 3. Динамика изменения концентрации полимера в ходе деструкции,  $T=70^{\circ}\text{C}$

На рисунке 3  $P_p$  – расчетные данные,  $P_{\varepsilon}$  – экспериментальные.

Очевидно, что при больших температурах скорость образования гелей возрастает. В этой связи для проведения химической деструкции с максимальной эффективностью целесообразна стабилизация максимальной температуры, при которой гелеобразование не происходит или удается устранить.

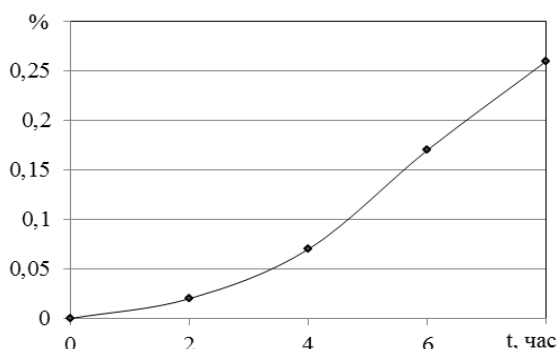


Рисунок 4. Динамика образования перекисных соединений в ходе деструкции,  $T=70^{\circ}\text{C}$

Возможность управления процессом деструкции изменением скорости барботирования реакционной массы атмосферным воздухом ограничена скоростью растворимости воздуха в растворе и пределом насыщения его кислородом. В этом случае должна обеспечиваться подача воздуха в зону реакции с максимальной эффективностью, т.е.  $G_a > G_{pred}$ , где  $G_{pred}$  – максимальная скорость подачи атмосферного воздуха в реактор, при которой обеспечивается насыщение раствора кислородом, кг/мин.

Увеличение массовой концентрации полимера в растворе приводит к ускорению процесса деструкции. Однако вместе с этим, как

свидетельствуют экспериментальные исследования, увеличивается скорость гелеобразования, поскольку при повышении концентрации раствора также увеличивается вероятность рекомбинации полимерных молекул. Опытным путем установлена допустимая концентрация полимера в 10 %, при превышении которой начинается активное гелеобразование.

Влияние начальной загрузки инициатора и возможность управления скоростью деструкции изменением концентрации инициатора исследуем на математической модели (1)-(3).

Пусть в реакционную зону вводится непрерывно инициатор со скоростью  $G_I(t)$ , кг/мин, таким образом, концентрация инициатора в реакционной смеси поддерживается постоянной на протяжении всего процесса деструкции, т.е.:

$$I(t) = I_0 = \text{const}. \quad (6)$$

Найдем решение (1)-(3), введя допущение, что объем реакционной массы увеличивается незначительно за счет дополнительной дозировки инициатора в реактор, т.е.  $V_0 \approx V_1$

В этом случае изменение концентраций реагентов в результате увеличения объема не учитывается, а подача инициатора в реактор рассчитывается из условий  $-k_2 I(t) + \frac{G_I(t)}{V(t)M_I} = 0$  и (6), т.е.:

$$G_I(t) = k_2 I_0 V_0 M_I. \quad (7)$$

Тогда исходная система уравнений преобразуется к виду:

$$\frac{dD(t)}{dt} = 2k_2 I_0 - k_1 P(t) \cdot D(t), \quad (8)$$

$$\frac{dP(t)}{dt} = k_1 P(t) D(t). \quad (9)$$

Решение системы уравнений (8)-(9) с использованием начальных условий (4) получено в виде:

$$P(t) = \frac{\varphi(t)}{k_1 \psi(t) + 1/P_0}, \quad (10)$$

$$D(t) = P_0 + 2k_2 \cdot I_0 \cdot t - P(t), \quad (11)$$

где  $\psi(t) = \int_0^t e^{k_1 P_0 \tau + 2k_1 k_2 I_0 \tau^2} d\tau$ ,  $\varphi(t) = e^{k_1 P_0 t + 2k_1 k_2 I_0 t^2}$ .

На рисунке 5 изображены варианты протекания деструкции полимера при различных начальных условиях расчета уравнения (10). Кривая 1 соответствует протеканию реакции при исходных начальных дозировках. Кривая 2 – начальная концентрация полимера увеличена в 10 раз. Кривая 3 – начальная концентрация инициатора увеличена в 5 раз. Во всех

3-х случаях начальная концентрация инициатора поддерживается постоянной.

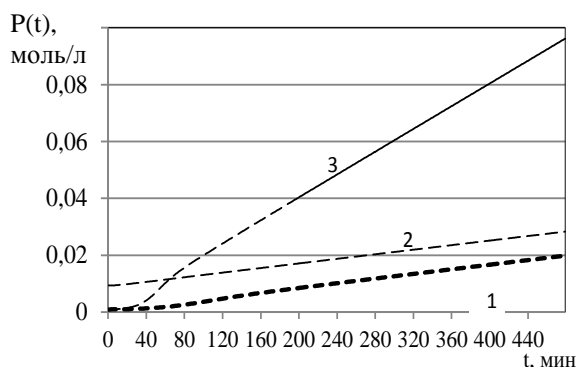


Рисунок 5. Кинетика деструкции полимера при  $I(t) = I_0$

Как видно из рисунка 5, стабилизация концентрации инициатора независимо от исходных свойств полимера (начальной концентрации полимера  $P_0$ , а, следовательно, и его начальной среднечисленной молекулярной массы) обеспечивает проведение деструкции по линейному закону. Т.е. изменение концентрации в этом случае пропорционально времени деструкции. Поскольку  $P_0$  - постоянная величина и определяется исходным качеством полимера, то степень деструкции подчиняется также линейному закону изменения во времени.

Кроме того, изменение начальной концентрации полимера пропорционально влияет на смещение графиков по оси ординат (кривая 2), а изменение концентрации инициатора пропорционально углу наклона кривой (кривая 3), т.е. скорости деструкции. Таким образом, график изменения концентрации полимера имеет наклонную асимптоту, выражаемую линейной функцией:

$$P_{\text{linear}}(t) = a_0 + a_1 \cdot t, \quad (12)$$

где  $a_0, a_1$  - коэффициенты линейной зависимости, которые являются функциями начальных концентраций реагентов и констант скоростей реакций.

Для нахождения  $a_1$  рассмотрим конечный предел:

$$a_1 = \lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{P(t)}{t} = \lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{e^{k_1 \cdot P_0 \cdot t + 2k_1 \cdot k_2 \cdot I_0 \cdot t^2}}{\left[ k_1 \int_0^t e^{k_1 \cdot P_0 \cdot \tau + 2k_1 \cdot k_2 \cdot I_0 \cdot \tau^2} d\tau + 1/P_0 \right] \cdot t}. \quad (13)$$

Конечный предел (13) имеет неопределенность вида  $[\infty/\infty]$ , поэтому для его нахождения использовано правило Лопиталья:

$$a_1 = \lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{(P_0 + 4 \cdot k_2 \cdot I_0 \cdot t)}{t} = 4 \cdot k_2 \cdot I_0. \quad (14)$$

Аналогичным образом получено  $a_0$ , которое находится из условия:

$$a_0 = \lim_{t \rightarrow +\infty} (P(t) - a_1 \cdot t) = P_0. \quad (15)$$

На рисунке 6 изображена кинетика деструкции при разных начальных условиях и ее аппроксимация выражением (12). Как видно из рисунка, кинетика деструкции уже при малых  $t$  принимает вид графика ее асимптоты (12).

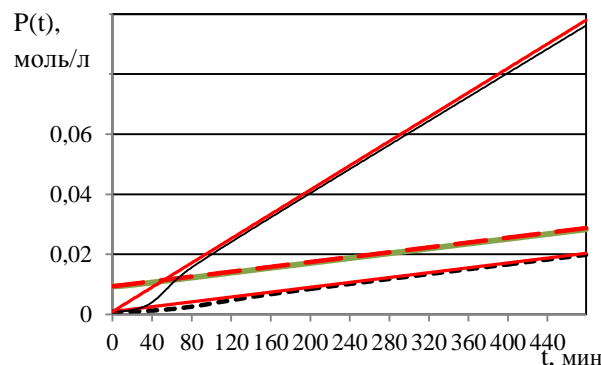


Рисунок 6. Линейная аппроксимация кинетики деструкции полимера по (12) при  $I(t) = I_0$

Расчеты показывают, что увеличение объема реакционной массы в результате непрерывной дозировки инициатора в течении 8 часов деструкции происходит на 0,5-3,5 % для температуры реакции в диапазоне 50 °C - 70 °C.

Эти данные подтверждают обоснованность применения уравнений (8)-(9) для приближенного описания кинетики деструкции при непрерывной подаче инициатора в реакционную среду.

Проведение деструкции с непрерывной подачей инициатора с соблюдением условия постоянства концентрации инициатора позволяет осуществлять прогнозируемую деструкцию по линейному закону в зависимости от времени. Т.е. управляющим параметром является время реакции, линейно связанное с заданной степенью деструкции. В этом случае появляется возможность осуществлять программное управление, при этом требуется знать только исходное качество полимера – его начальную среднечисленную молекулярную массу  $M_n$ , которая связана с начальной мольной концентрацией полимера по формуле  $P_0 = f_0/M_n$ .

В ходе проведения системного анализа процессов получения низкомолекулярных полимеров методом деструкции, проводимой в растворе с целью выявления возможности управления этими процессами, получены следующие основные результаты.

Выявлено, что основной стадией рассматриваемого технологического процесса, на которой достигаются основные показатели качества готового продукта, является процесс деструкции. Параметрами управления на этой стадии являются время реакции, степень деструкции и коэффициент полидисперсности.

Управление этими параметрами целесообразно осуществлять подачей инициатора в реакционную среду. Другие управляющие параметры, такие как температура и массовая концентрация полимера – необходимо стабилизировать в окрестности максимально допустимого значения, не приводящего к возрастанию скорости гелеобразования.

В целях эффективного управления стабилизации подлежит и молярная концентрация

инициатора в реакционной массе. Для этого предлагается использовать непрерывную подачу инициатора в реакционную массу. В этом случае, как показывают расчетные данные, процесс деструкции происходит по линейному закону в зависимости от времени.

Подбор начальной концентрации инициатора позволяет ускорить процесс деструкции или замедлить. Для осуществления такого метода управления требуется знать исходное качество полимера, определяемое как среднечисленная молекулярная масса. Таким образом, зная исходное качество полимера, задаваясь степенью его деструкции, можно рассчитать начальную концентрацию инициатора, чтобы достичь конечного результата за заданное по технологии время реакции.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Берлин А.А., Вольфсон С.А., Ениколопан Н.С. Кинетика полимеризационных процессов. М.: Химия, 1978. 320 с.
- 2 Брык М.Т. Деструкция наполненных полимеров. М.: Химия, 1989. 192 с.
- 3 Коптелов А.А., Милёхин Ю.М., Баранец Ю.Н. Моделирование термического разложения полимера при случайных разрывах связей C–C // Химическая физика. 2012. Т.31. № 9. С. 68.
- 4 Ivanova E. D., Dimitrov I.V., Georgieva V.G. et al. Non-isothermal degradation kinetics of hybrid copolymers containing thermosensitive and polypeptide blocks // Open J. of Polymer Chemistry. 2012. № 2. P. 91-98.
- 5 Browarzik D., Koch A. Application of continuous kinetics to polymer degradation // J. Macromol. Sci., Part A: Pure Appl. Chem. 1996. V.33. № 11. P. 1633.
- 6 Ziff R. M., McGrady E.D. Kinetics of polymer degradation // Macromolecules. 1986. V.19. P. 2513-2519.
- 7 Тихомиров С.Г., Хаустов И.А., Попов А.П. Кинетика процесса термоокислительной деструкции полимеров: получение аналитической зависимости // МНИЖ. 2013. № 10(2). С. 95-96.
- 8 Тихомиров С.Г., Хаустов И.А., Попов А.П. и др. Оценка параметров термоокислительной деструкции полимеров в растворе // Мат. МНК ММТТ-27. Тамбов: ТГТУ. 2014. Т.2. С. 133-135.
- 9 Геллер Б.Э., Геллер А.А., Чиртулов В.Г. Практическое руководство по физикохимии волокообразующих полимеров. М.: Химия, 1996. 432 с.

## REFERENCES

- 1 Berlin A.A., Volfson S.A., Enikolopian N.S. Kinetika polimerizatsionnykh protsessov [The kinetics of polymerization processes]. Moscow, Khimiia, 1978. 320 p. (In Russ.).
- 2 Bryk M.T. Destruktsiia napolnennykh polimerov [Degradation of filled polymers]. Moscow, Khimiia, 1989. 192 p. (In Russ.).
- 3 Koptelov A.A., Milekhin Iu.M., Baranets Iu.N. Modeling of the polymer thermal decomposition at random bond cleavage C-C. *Khimicheskaya fizika*. [Chemical Physics], 2012, vol. 31, no.9, pp. 68. (In Russ.).
- 4 Ivanova E. D., Dimitrov I.V., Georgieva V.G. et al. Non-isothermal degradation kinetics of hybrid copolymers containing thermosensitive and polypeptide blocks [Open J. of Polymer Chemistry], 2012, no. 2, pp. 91-98.
- 5 Browarzik D., Koch A. Application of continuous kinetics to polymer degradation [J. Macromol. Sci., Part A: Pure Appl. Chem], 1996, vol. 33, no. 11, pp. 1633.
- 6 Ziff R. M., McGrady E.D. Kinetics of polymer degradation [Macromolecules], 1986, vol. 19, pp. 2513-2519.
- 7 Tikhomirov S.G., Khaustov I.A., Popov A.P. Kinetics of polymers thermal oxidative degradation: analytical dependence obtaining. *MNIZh. [ISRJ]*, 2013, no. 10 (2), pp. 95-96. (In Russ.).
- 8 Tikhomirov S.G., Khaustov I.A., Popov A.P. Estimation of polymers thermal oxidative degradation parameters in solution. *Mat. MNK MMTT-27. Tambov: TGTU*. [Proceed. ISC MMTT-27. Tambov: TSTU], 2014, vol. 2, pp. 133-135. (In Russ.).
- 9 Geller B.E., Geller A.A. Chirtulov V.G. *Prakticheskoe rukovodstvo po fizikokhimii volokoobrazuiushchikh polimerov* [Practical guidance on the physical chemistry of fiber forming polymers]. Moscow, Khimiia, 1996. 432 p. (In Russ.).

УДК 6:539.1-022.532

Профессор Г.В. Абрамов, аспирант И.С. Толстова

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра информационных технологий моделирования и управления. тел. (473) 255-25-50

доцент А.Н. Гаврилов

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра информационных и управляющих систем. тел. (473) 255-55-57

E-mail: irin2102ka@mail.ru

Professor G.V. Abramov, graduate I.S. Tolstova

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of information technologies, modeling and control. phone. (473) 255-25-50

associate Professor A.N. Gavrilo

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of information management systems. phone (473) 255-55-57

E-mail: irin2102ka@mail.ru

## **Формирование начального распределения компонентов плазмы на фазовой плоскости в методе крупных частиц при электродуговом синтезе УНС**

## **Formation of the initial distribution of plasma components on the phase plane of large particles method in electric arc synthesis CNS**

Реферат. В статье рассматриваются вопросы моделирования движения заряженных частиц многокомпонентной плазмы в электродуговом разряде с учетом парных столкновений в процессе синтеза углеродных наноструктур (УНС). Одним из распространенных методов получения качественных фуллеренов и нанотрубок является электродуговой синтез в атмосфере инертного газа (гелия). Определение необходимых условий и механизма образования углеродных кластеров в плазме, формирующих заданные УНС, позволит более эффективно и рационально управлять этим процессом. Особенностью задачи является то, что в плазме электродугового разряда и на поверхности катода происходит большое количество взаимодействий частиц. Из-за высоких температур и большой концентрации энергии в плазме детальное экспериментальное исследование провести сложно. С целью избегания проведения трудных и дорогостоящих физических экспериментов разрабатываются численные методы анализа плазменных процессов. В данной статье для решения системы уравнений Больцмана-Максвелла за основу авторами был взят метод крупных частиц, который позволяет сократить объем вычислений и снизить требования к вычислительным ресурсам. Авторы приводят общую расчетную схему метода крупных частиц, а также алгоритм распределения частиц многокомпонентной плазмы на фазовой плоскости в начальный момент времени. В заключении авторы утверждают, что полученные результаты в дальнейшем позволят определять зоны, удовлетворяющие энергетическим условиям вероятного формирования в плазме кластерных групп углерода, участвующих в синтезе УНС.

Summary. The article deals with the modeling of charged particles in a multicomponent plasma of electric arc discharge with binary collisions in the synthesis of carbon nanostructures (CNS). One of the common methods of obtaining the quality of fullerenes and nanotubes is arc synthesis under inert gas (helium). The determination of the necessary conditions and the mechanism of formation of carbon clusters in the plasma forming set CNS will more effectively and efficiently manage this process. Feature of the problem is that in a plasma arc discharge is a large number of particle interactions and on the cathode surface. Due to the high temperatures and high energy concentration in plasma detailed experimental investigation difficult to carry out. With the aim of avoiding difficult and costly physical experiments developed numerical methods for the analysis of plasma processes. In this article to solve a system of equations of Maxwell - Boltzmann basis for the authors had taken the method of large particles, which reduces the amount of computation and reduce the demands on computing resources. The authors cites the general design scheme of the large particles, and the algorithm of particle distribution of a multicomponent plasma in the phase plane at the initial time. In conclusion, the author argues that the results in the future will define the zone satisfies the energy conditions, the probability of formation of a plasma cluster groups of carbon involved in the synthesis of the CNS.

*Ключевые слова:* электродуговой синтеза, углеродные наноструктуры, моделирование, интеграл столкновений, функция распределения

Keywords: arc synthesis, carbon nanostructures, modeling, collision integral, distribution function

---

© Абрамов Г.В., Толстова И.С., Гаврилов А.Н., 2014

Исследование процесса синтеза углеродных наноструктур (УНС), обладающих уникальными свойствами, является актуальным направлением развития современной науки. Практическое применение их в качестве небольших добавок (0,01 % - 5 %) в полимерные смолы уже позволяет получать различные полимерные наноккомпозиты с комплексом новых (электропроводность, огнестойкость) или улучшенных свойств (увеличение запаса прочности, жесткости, повышение формоустойчивости, барьерных качеств) [1].

Рост современного промышленного производства УНС сдерживает низкая эффективность существующих технологий синтеза из-за недостаточной изученности механизмов образования кластерных групп формирующих УНС (фуллерены, нанотрубки, нановолокна) на основе взаимодействия атомов углерода [2].

Одной из перспективных технологий синтеза УНС высокого качества является метод термического распыления графита в низкотемпературной плазме в среде буферного газа [3]. Использование плазмы электродугового разряда характеризуется большим количеством различных эффектов взаимодействия частиц происходящих при фазовых и структурных превращениях углерода в многокомпонентной плазме и на поверхности катода. Все это, а также высокий порядок частиц в многокомпонентной плазме ( $\sim 10^{16}$ - $10^{17}$ ), требующие значительные затраты машинного времени для численного расчета, определяет трудности моделирования данного процесса.

Одним из способов моделирования коллективных явлений в плазме является метод кинетического описания, использующего изменения функций распределения частиц до и после столкновений.

В основу разрабатываемой математической модели кинетики движения и взаимодействия частиц многокомпонентной плазмы в инертном газе, с учетом парных упругих и неупругих столкновений, положена система кинетических уравнений Больцмана для каждой компоненты плазмы с учетом интеграла столкновений, дополненная системой уравнений Максвелла [4, 5].

Решение системы уравнений Больцмана-Максвелла предполагает использование численных методов. За основу решения поставленных задач был взят метод «крупных частиц» (МКЧ), позволяющий значительно сократить объем вычислений и снизить требования к вычислительным ресурсам [6]. Главная идея МКЧ состоит в том, что фазовое пространство плазмы в начальный момент време-

ни разбивается на отдельные ячейки, в которых вместо реального числа частиц определенного вида в соответствии с начальной функцией распределения каждой компоненты  $f(\vec{r}, \vec{g}, 0)$  рассматривается макрочастица, т.е. укрупненная частица с суммарным зарядом и массой всех частиц данного сорта, содержащихся в одной ячейке. После расчета траектории движения крупной частицы под действием электромагнитного поля, её нового положения в фазовом пространстве в последующий момент времени, на основе текущей функции распределения производится разнос заряда частицы по узлам фазового пространства, и процесс повторяется. Для этого используется СИС алгоритм МКЧ для трехмерного пространства (рисунок 1) [7].

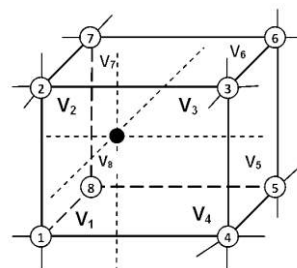


Рисунок 1. СИС алгоритм МКЧ

В трехмерном случае заряд разносится по узлам пропорционально объему  $V_i$ :

$$V = \sum_{i=1}^8 V_i,$$

$$q_d = q_i \frac{V_d}{V}; \quad d = \overline{1 \dots 8} \quad (1)$$

$$q_i = q_\alpha \cdot n_\alpha,$$

где  $q_d$  - разнесенный заряд макрочастицы в узле;  $q_i$  - заряд макрочастицы в ячейке.

Концентрация частиц сорта  $\alpha$  в каждой ячейке:

$$n_\alpha = \int_V f_\alpha(\vec{g}) d\vec{g}, \quad (2)$$

где  $\alpha = e, c, h$  ( $e$  - электрон,  $h$  - ион гелия,  $c$  - ион углерода).

Условия сходимости и адекватности решения используемого МКЧ [8] следующие:

- шаг интегрирования должен быть много меньше минимального характерного времени процессов в плазме (колебаний плазмы - Ленгмюровские волны):

$$\Delta t \leq 3.4 \frac{1}{\omega_p}, \quad \omega_p = 5.64 \cdot 10^4 \sqrt{n_e} \quad (3)$$

где  $\omega_p$  - плазменная частота,  $n_e$  - концентрация электрона.



- шаг сетки должен быть меньше радиуса Дебая:

$$h \leq 0.2\lambda_D, \quad (4)$$

где  $\lambda_D$  - радиус Дебая.

Использование МКЧ позволяет сократить количество однотипных вычислений.

На рисунке 2 приведена общая расчетная схема метода крупных частиц.



Рисунок 2. Расчетная схема метода крупных частиц

Важное место в использовании МКЧ для расчета синтеза наноструктур электродуговым методом занимает задача о начальном распределении компонентов плазмы.

Используемая расчетная сетка фазового пространства представлена на рисунке 3.

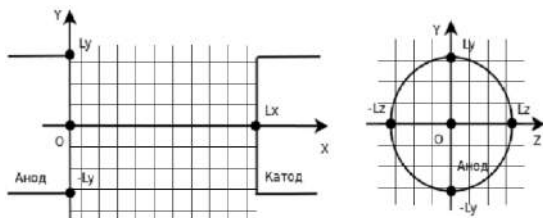


Рисунок 3. Расчетная сетка

Область решения имеет форму параллелепипеда. В ней вводится декартова система координат  $(x, y, z)$ . Вся область разбита на ячейки с размерами  $h_x, h_y, h_z$  вдоль соответствующих направлений:

$$\begin{aligned} h_x &= \frac{L_x}{n+1}, \\ h_y &= \frac{L_y}{m+1}, \\ h_z &= \frac{L_z}{b+1}, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $L_x, L_y, L_z$  - размер расчетной области;  $n, m, b$  - количество задаваемых узлов.

Частицы, моделирующие плазму, располагаются внутри ячеек. Каждая частица имеет свою скорость, которая при движении изменяется под действием электрического поля и за счет взаимодействия с другими частицами.

На первом этапе производится распределение частиц в ячейках, моделирующих плазму. Координаты  $x_j^\alpha(0), y_j^\alpha(0), z_j^\alpha(0)$  и скорости  $v_j^\alpha(0)$  частиц задаются с использованием датчиков случайных чисел. Нижний индекс  $j$  указывает номер частицы, а  $\alpha = e, c, h$ . Значения  $v_j^\alpha(0)$  формируют распределение, задаваемое максвелловской функцией  $f(\vec{r}, \vec{g}, 0)$ . На рисунке 4 представлено начальное распределение частиц в фазовом пространстве. В начальный момент времени считается, что электроны и атомы инертного газа - гелия занимают все межэлектродное пространство, а ионы углерода распределены на границе поверхности торца анода (ось ординат).

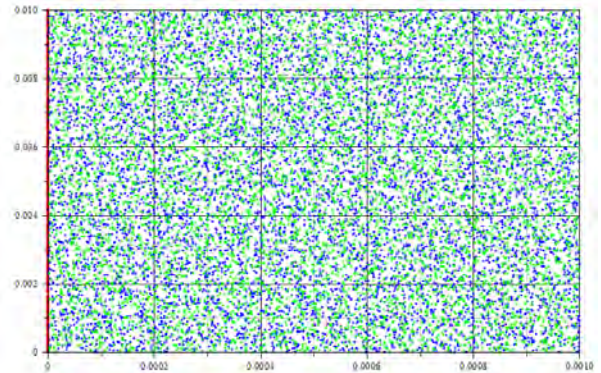


Рисунок 4. Начальное распределение компонентов плазмы

На следующем этапе в соответствии с начальной функцией распределения каждой компоненты плазмы считается число частиц сорта  $\alpha$  в каждой ячейке. Для этого сначала необходимо определить ближайшие к частице узлы сетки или ячейку сетки, в которой находится частица. В случае прямоугольных ячеек расположение частицы находится в три операции (6-8):

$$i = \left[ \frac{(x - x_0)}{h_x} \right] + 1, \quad (6)$$

$$k = \left[ \frac{(y - y_0)}{h_y} \right] + 1, \quad (7)$$

$$l = \left[ \frac{(z - z_0)}{h_z} \right] + 1, \quad (8)$$

где  $i, k, l$  - номер ячейки прямоугольной сетки,  $(x, y, z)$  координаты частиц,  $(x_0, y_0, z_0)$  - координаты начала сетки,  $h_x, h_y, h_z$  - шаг ячейки. Здесь операция в квадратных скобках [...] означает взятие целой части.

На следующем этапе суммируются заряды всех частиц данного сорта, содержащиеся в одной ячейке, суммарный заряд присваивается одной модельной (крупной) частице данного сорта.

Для определения координат центров крупных частиц в ячейках используются формулы нахождения центра масс. В системе материальных точек координаты центра масс определяются по формулам (9-11):

$$x_c = \frac{\sum_i m_i \cdot x_i}{\sum_i m_i}, \quad (9)$$

$$y_c = \frac{\sum_i m_i \cdot y_i}{\sum_i m_i}, \quad (10)$$

$$z_c = \frac{\sum_i m_i \cdot z_i}{\sum_i m_i}, \quad (11)$$

где  $\sum_i m_i$  - суммарная масса системы;  $x_i$ ,  $y_i$  и  $z_i$  - координаты  $i$ -й материальной точки;  $m_i$  - масса  $i$ -й материальной точки.

Исходя из суммарного объема, занимаемого частицами, определяются условные радиусы крупных частиц (12):

$$R_{KЧ} = \left( \frac{3 \cdot \chi \cdot \left[ \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R_\alpha^3 \cdot N \right]}{4 \cdot \pi} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (12)$$

где  $R_\alpha$  - радиус частиц;  $\chi$  - коэффициент учитывающий задаваемую плотность частиц в макрочастице ( $\chi \approx 6...10$ );  $N$  - число частиц в крупной частице).

Количество эмиссионных электронов в единицу времени в межэлектродное пространство с торца катода:

$$n_{eK} = \frac{I \Delta t}{e}, \quad (13)$$

где  $I$  - сила тока дуги,  $\Delta t = h_t$  - шаг интегрирования по времени,  $e$  - заряд электрона.

Количество эмиссионных электронов в единицу времени в ячейке:

$$n_e = \frac{n_{eK} \cdot L_y \cdot L_z}{\pi R_K^2}, \quad (14)$$

где  $R_K$  - радиус катода.

Количество эмиссионных ионов углерода в единицу времени при разрушении анода:

$$n_{CA} = \frac{g_A \Delta t}{m_C}, \quad (15)$$

где  $g_A$  - скорость выгорания анода по экспериментальным данным,  $m_C$  - масса атома углерода,  $\Delta t$  - шаг по времени интегрирования.

Количество эмиссионных ионов в единицу времени в ячейке при равномерном законе выгорания анода:

$$n_C = \frac{n_{CA} \cdot L_y \cdot L_z}{\pi R_A^2}, \quad (16)$$

где  $R_A$  - радиус анода.

Общее число атомов буферного газа  $K_G$  в межэлектродном пространстве:

$$K_G = \frac{PVM}{RTm_g}, \quad (17)$$

где  $P$  - давление газа в камере,  $V$  - объем межэлектродного пространства,  $R$  - газовая постоянная,  $T$  - температура,  $M$  - молярная масса буферного газа,  $m_g$  - масса одного атома буферного газа (гелия).

Общее число ионов буферного газа определяется из условия квазинейтральности плазмы:

$$N_G = N_e - N_C, \quad (18)$$

где  $N_e$ ,  $N_C$  - общее количество электронов и атомов углерода в плазме.

На рисунке 5 представлено полученное начальное распределение крупных частиц атомов гелия и ионов углерода для давления в камере синтеза буферного газа при  $P=100$  Торр и диаметре углеродного электрода  $d=10E-3$ м.

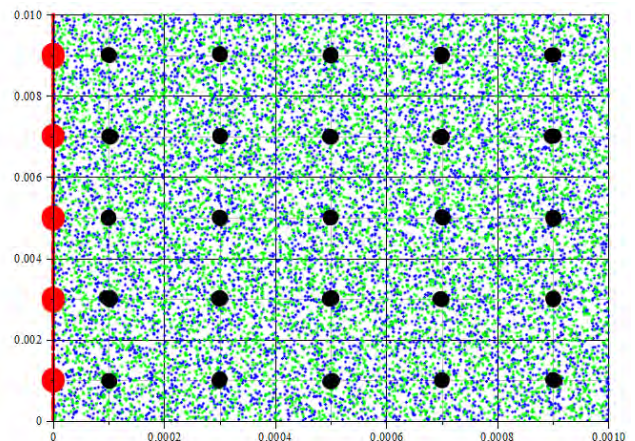


Рисунок 5. Распределение крупных частиц атомов углерода и гелия для  $t=0$

Формирование начального распределения компонентов плазмы на фазовой плоскости определяет движение и условия взаимодействия частиц многокомпонентной плазмы в инертном газе, что позволяет определять зоны, удовлетворяющие энергетическим условиям вероятного формирования в плазме кластерных групп углерода со связями C-C, C=C или C=C-C, участвующих в синтез УНС.



ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гаврилов А.Н., Положно Е.А., Рязанов А.Н. Анализ методов синтеза и промышленное производство углеродных нанотрубок // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2010. № 6. С. 14-19.
- 2 Раков Э.Г. Состояние производства углеродных нанотрубок и нановолокон // Российские нанотехнологии. 2008. Т. 3. № 9-10. С. 89-94.
- 3 Гаврилов А.Н. Исследование структуры и стандартизация углеродных нанотрубок // Вестник ВГТА. 2009. №2(40). С. 94-99.
- 4 Абрамов Г.В., Гаврилов А.Н., Татаркин Е.С. Влияние газоплазменной струи в процессе электродугового испарения графитового электрода на формирование углеродных нанотрубок // Вестник ВГТА. 2010. № 2(44). С. 60-63.
- 5 Абрамов Г.В., Гаврилов А.Н. Математическое моделирование движения взаимодействующих частиц на основе функций распределения в плазме электродугового синтеза УНС // Вестник ВГУИТ. 2012. № 2(52). С. 71-75.
- 6 Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М. Метод крупных частиц в газовой динамике. Вычислительный эксперимент. М.: Наука, Физматгиз, 1982. 392 с.
- 7 Цветков И.В. Применение численных методов для моделирования процессов в плазме: учебное пособие. М: МИФИ, 2007. 84 с.
- 8 Хонки Р., Иствуд Д. Численное моделирование методом частиц: пер. с англ. М: Мир, 1987. 640 с.

REFERENCES

- 1 Gavrilov A.N., Pologno E.A., Riazanov A.N. The analysis of methods of synthesis and manufacturing carbon nanotubes. *FES: Finansy. Ekonomika. Strategiya*. [FES: Finance. Economy. Strategy.], 2010, no. 6, pp.14-19. (In Russ.).
- 2 Rakov E.G. State of production carbon nanotubes and nanofibers. *Rossiiskie nanotekhnologii* [Russian Nanotechnology], 2008, vol. 3, no. 9-10, pp. 89-94. (In Russ.).
- 3 Gavrilov A.N. Investigation of the structure and standardization of carbon nanotubes. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSTA], 2009, no. 2(40), pp. 94-99. (In Russ.).
- 4 Abramov G.V., Gavrilov A.N., Tatarkin E.S. Effect gas flame jet during arc evaporation of graphite electrodes to form carbon nanotubes. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSTA], 2010, no. 2(44), pp.60-63. (In Russ.).
- 5 Abramov G.V., Gavrilov A.N. Mathematical modeling of the motion of interacting particles on the basis of the distribution functions in the plasma arc synthesis CNS. *Vestnik VGUI*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 2(52), pp.71-75. (In Russ.).
- 6 Belotserkovskii O.M., Davydov Iu.M. Metod krupnykh chastits v gazovoi dinamike. Vychislitelnyi eksperiment [Method of large particles in the gas dynamics. Computer experiment]. Moscow, Nauka, Fizmatgiz Publ., 1982. 392 p. (In Russ.).
- 7 Tsvetkov I.V. Primenenie chislennykh metodov dlia modelirovaniia protsessov v plazme: uchebnoe posobie [Application of numerical methods for the simulation of plasma: a tutorial]. Moscow, MIFI Publ., 2007. 84 p. (In Russ.).
- 8 Honky R., Eastwood D. Numerical modeling of particle method. Moscow, World, 1987. 640p. (Russ. ed.: Xonki R., Istvud D. Chislennoe modelirovanie metodom chastic. Moscow, Mir Publ., 1987. 640 p.).

УДК 62.001.57

Зав. кафедрой В.Е. Марлей

(Государственный университет морского и речного флота) кафедра вычислительных систем и информатики. тел. (812) 748-96-35

E-mail: vmarley@yandex.ru

старший преподаватель С.Н. Плотников

(Воронежский филиал ГМУРФ) кафедра информационных систем и технологий

E-mail: 279622@mail.ru

Head. of department V.E. Marlei

(State University of sea and river fleet) Department of computing and informatics.

phone (812) 748-96-35

E-mail: vmarley@yandex.ru

senior lecturer S.N. Plotnikov

(Voronezh branch of SUSRF) Department of information systems and technologies

E-mail: 279622@mail.ru

## **Алгоритм распознавания изоморфного вложения алгоритмических сетей**

## **The algorithm of isomorphous investment of the algorithmic networks**

Реферат. Проблема снижения барьера между пользователем и ЭВМ появилась сразу же, как появилась ЭВМ, и остается актуальной и в настоящее время. Эта проблема формулируется как задача разработки дружественного интерфейса. Одним из путей решения проблемы является использование графического представления, которое может реально уменьшить барьер между человеком и ЭВМ. В этом ряду стоит и формализм алгоритмических сетей, предназначенный для описания алгоритмических моделей, предложенный В.В.Иванищевым около 30 лет назад. Под алгоритмической моделью понимается формализованное описание сценария предметного специалиста для моделируемого процесса, структура которого сопоставима со структурой причинно-следственных и временных зависимостей между явлениями моделируемого процесса, вместе со всей информацией, необходимой для ее программной реализации. Статья посвящена определению изоморфного вложения алгоритмических сетей и описанию необходимых преобразований для реализации, используя принцип деления вершин на классы. Также в этой статье представлен и подробно описан новый подход и алгоритм распознавания изоморфности алгоритмических сетей и аспекты его применения при поиске в базах моделей.

Summary. The problem of reducing the barrier between the user and the computer appeared immediately, as there were computers, and remains relevant in the present time. This problem is formulated as the task of developing a user-friendly interface. One way of solving this problem is the use of graphical representation, which can really reduce the barrier between human and computer. In this series stands and algorithmic formalism networks intended to describe algorithmic models proposed by V.V. Iaanishchev about 30 years ago. Under algorithmic model refers to a formalized description of the scenario subject specialist for the simulated process, the structure of which is comparable with the structure of the causal and temporal relationships between phenomena simulated process, together with all information necessary for its software implementation. This article is devoted to the definition of isomorphous investment of the algorithmic networks and description of conversions for implementation, using principle to division vertices into classes. Also in this article presented and described approach end algorithm to identification of isomorphism algorithmic networks in detail and its using for base of algorithmic models.

Ключевые слова: алгоритмическая модель, алгоритмическая сеть, изоморфизм, абстрагирование, алгоритм.

Key words: algorithmic model, algorithmic network, isomorphism, abstraction, algorithm.

Проблема снижения барьера между пользователем и ЭВМ появилась сразу же, как появилась ЭВМ, и остается актуальной и в настоящее время. Эта проблема формулируется как задача разработки дружественного интерфейса. Одним из путей решения проблемы является использование графического представления, которое может реально уменьшить барьер между человеком и ЭВМ. В этом ряду стоит и формализм алгоритмических сетей, предназначенный для описания алгоритмических моделей,

предложенный В.В.Иванищевым около 30 лет назад [1]. Под алгоритмической моделью понимается формализованное описание сценария предметного специалиста для моделируемого процесса, структура которого сопоставима со структурой причинно-следственных и временных зависимостей между явлениями моделируемого процесса, вместе со всей информацией, необходимой для ее программной реализации.

© Марлей В.Е., Плотников С.Н., 2014

Разработка теории алгоритмических сетей, методов представления моделей на основе данного формализма и построение систем автоматизации моделирования выполнялись в Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации РАН [3]. Алгоритмические сети использовались для создания ряда моделей, которые эксплуатировались в различных организациях (например, Госплан РСФСР) и используются и в настоящее время. Однако язык представления требует средств поддержки автоматизированного построения моделей. Актуальным моментом автоматизации построения моделей является возможность использования фрагментов ранее созданных моделей, использование баз данных моделей.

Прежде чем перейти к описанию методов поиска фрагментов в базах моделей введем их формальные определения [1].

Алгоритмическая сеть (АС) определяется как ориентированный гиперграф без петель при вершинах  $G(V, X)$ , в котором дуги обозначают модельные переменные  $x_i \in X$ ,  $i = \overline{1, n}$ , а вершины  $v_j \in V$  – функциональные соотношения (операторы),  $f_j \in F$ ,  $j = \overline{1, m}$ , связывающие модельные значения переменных на интервале времени, соответствующем  $\Delta t$  [3].

Структура переменных сети  $X = X_{вх} \cup X_{вых} \cup X_{вн}$ , где  $X_{вх}$ ,  $X_{вых}$ ,  $X_{вн}$  – соответственно входные, выходные и внутренние переменные, причем,  $X_{вх} \cap X_{вых} = \emptyset$ ,  $X_{вх} \cap X_{вн} = \emptyset$ ,  $X_{вых} \cap X_{вн} = \emptyset$ . Учитывая, что все вершины АС наблюдаемы, можно задать  $X = X_{вх} \cup X_{выч}$ ,  $X_{выч}$  – вычисляемые переменные АС,  $X_{выч} = X_{вых} \cup X_{вн}$ , где  $X_{выч}$  – вычисляемые переменные.

Формально алгоритмическая сеть (АС) может быть определена следующим образом:

$$AC ::= \langle P, Q, X, F, P \rightarrow F, Q \rightarrow X \rangle, \quad (1)$$

где  $P$  – множество вершин сети;  $Q$  – множество дуг сети;  $X$  – множество переменных, при этом  $X = \cup X_i$ ;  $X_i$  – множество переменных  $i$ -й вершины;  $I$  – множество всех индексов вершин;  $F$  – множество операторов;  $P \rightarrow F$  – изоморфное отображение  $P$  на  $F$ , т.е. индекс оператора можно считать индексом вершины;  $Q \rightarrow X$  – отображение  $Q$  на  $X$ .

Оператор  $f_i \in F$  описывается как:

$$f_i ::= \langle X_{i\text{in}}, f^i, X_{i\text{out}} \rangle, \quad (2)$$

где  $X_{i\text{in}}$ ,  $X_{i\text{out}}$  – множество входных и выходных переменных оператора,  $f^i$  – символ операции или функции. Для некоммутативных операторов в  $X_{i\text{in}}$ ,  $X_{i\text{out}}$  должен быть задан частичный порядок для их элементов. Так, для операции

вычитания в  $X_{i\text{in}}$  необходимо отметить уменьшаемое, порядок следования остальных переменных несущественен. В общем случае  $f^i$  может быть именем некоторого программного модуля или другой АС. Операторы могут быть определены над действительными числами, логическими переменными, скалярами, векторами, матрицами, информационными структурами и др. В состав операторов АС включается оператор задержки, который задает исходное состояние моделируемому процессу и описывает переход модели на следующий шаг или определяет задержку появления некоторой переменной в части АС. В АС допускаются контуры, только если они включают в себя оператор задержки. АС будем называть канонической, если все операторы задержки определяют рекуррентные соотношения относительно одной и той же величины и с одинаковым шагом ее изменения. Иными словами, в канонической АС все операторы задержки срабатывают одновременно и обеспечивают формирование одного внешнего цикла счета операторов сети. В дальнейшем рассматриваем именно такие АС.

Алгоритмическая модель (АМ) формально определяется:

$$AM ::= \langle IM, OPO, IO, OP, AC, T, MD, X \rightarrow T, F \rightarrow T \rangle, \quad (3)$$

где  $IM$  – идентификатор модели;  $OPO$  – описание предметной области;  $IO$  – описание объекта, для которого разработана модель;  $OP$  – описание процесса, для которого разработана модель;  $AC$  – алгоритмическая сеть (описание структуры модели);  $T$  – множество терминов предметной области, используемых в модели,  $T \subseteq TPO$ , где  $TPO$  – множество всех терминов предметной области;  $MD$  – множество вариантов законов изменения значений переменных модели;  $X \rightarrow T$  – отображение множества переменных АС модели в множество терминов предметной области, используемых в модели, возможно  $X' \rightarrow T$ , где  $X' \subseteq X$ ;  $F \rightarrow T$  – отображение множества операторов АС модели в множество терминов предметной области, возможно  $F' \rightarrow T$ , где  $F' \subseteq F$ ;  $X \rightarrow T \cap F \rightarrow T = \emptyset$ ;

если модель не пуста, то всегда не пусты  $IM$  и  $AC$ .

Для АС определены отношения равенства и изоморфности. Две АС равны ( $AC_1 = AC_2$ ), если и только если их множества  $F$  совпадают ( $F_1 = F_2$ ). АС изоморфны ( $AC_1 \sim AC_2$ ), если и только если между их множествами  $F$  можно определить взаимно-однозначное отображение ( $F_1 \sim F_2$ ), при условии что поставленные в соответствие элементы множеств  $F_1$ ,  $F_2$  имеют совпадающие символы операций  $f^i$  и

одинаковые мощности множеств  $\text{in}(f_i)$  и  $\text{out}(f_i)$ . То есть изоморфные АС отличаются друг от друга только обозначениями переменных. Соответственно изоморфное вложение для АМ будем рассматривать как установление изоморфизма одной АС фрагменту другой АС.

Для поиска фрагментов возможны два случая:

1. Все переменные моделей относятся к одному тезаурусу, тогда для поиска фрагментов АС достаточно использовать веденные для АС операции пересечения, на которой основаны алгоритмы установления равенства и вложения [1].

2. Переменные моделей относятся к разным тезаурусам. В данном случае для поиска полной сети может быть использован алгоритм, описанный в [2], но для поиска фрагмента, данный алгоритм не подходит. Необходимо разработать новый алгоритм.

Алгоритм установления изоморфного вложения требует установить соответствие между вершинами двух АС и носит переборный характер. Каждая вершина характеризуется своим индексом, множеством переменных связанной с ней  $X_i$ , символом оператора, сопоставленного вершине  $f^i$ , который у соответствующих друг другу вершин сравниваемых АС всегда один и тот же. То есть, при установлении соответствия вершин требуется определить соответствие переменных вершин имеющих одинаковые  $f^i$  и одинаковое число входных и выходных переменных.

Если сгенерировать все возможные варианты переобозначения переменных одной модели по образцу обозначения другой, а потом их все перебрать и проанализировать, то если сети изоморфны или изоморфно вложимы, всегда можно будет найти хотя бы один такой вариант. Эта идея положена в основу алгоритмов установления изоморфизма и изоморфного вложения графов и конечных автоматов.

Используем следующее допущение: разбиение множеств вершин каждого из графов на непересекающиеся классы и подклассы, между элементами которых возможно сопоставление имён переменных, должно, как минимум, не увеличивать, а зачастую уменьшать число возможных вариантов сопоставления имён переменных сравниваемых сетей; увеличение числа классов и подклассов увеличивает вероятность снижения числа вариантов, рассматриваются только связанные АС (имеющие только одну компоненту связности).

Проведём предварительное преобразование анализируемых АС. Разорвем контура на входах операторов задержек и выполним

для обеих АС их упорядочение по уровням вычислимости. То есть первый уровень будет состоять только из тех вершин, которые могут быть вычислены только на основании входных переменных, второй из тех вершин, в которых хотя одна входная переменная вычисляется в первом уровне (но не в других уровнях) и т.д., выходы операторов задержки рассматриваем как входные переменные. В результате в каждой АС множества вершин разобьются на классы. Каждая вершина в АС характеризуется собственными  $|\text{in}(f_i)|$  (множество входных переменных оператора),  $|\text{out}(f_i)|$  (множество выходных переменных оператора) и  $f^i$  (символ операции с индексом), соответствующим ей уровнем вычислимости и списком вершин АС, связанных с ней или по входу или по выходу. Каждая вершина из такого списка также характеризуется собственными  $|\text{in}(f_i)|$ ,  $|\text{out}(f_i)|$  и  $f^i$ , соответствующим ей шагом алгоритма. Все вершины, имеющие одинаковые перечисленные характеристики, попадают в один класс. Таким образом, имеем достаточно подробное деление на классы, которое в подавляющем большинстве практических случаев обеспечивает наличие одного или нескольких классов вершин состоящих из одного элемента, что существенно сокращает число возможных сопоставлений, а в ряде случаев однозначно определяет возможность переобозначения переменных в одной из АС. Реализация алгоритма разбиения на классы требует многократных просмотров множества  $F$ , но, в силу своей однонаправленности и однозначности определения принадлежности вершины к какому-либо классу, будет иметь полиномиальную оценку верхней границы сложности.

АС изоморфно вложимы (обозначим это  $\sim \subseteq \text{АС}_1$ ), если и только если между их множеством  $F_2$  и некоторым подмножеством  $F_1$  можно определить взаимно-однозначное отображение (изоморфизм), при условии что поставленные в соответствие элементы множества  $F_2$  и подмножества  $F_1$  имеют совпадающие символы операций  $f^i$  и одинаковые мощности множеств  $|\text{in}(f_i)|$ ,  $|\text{out}(f_i)|$ . То есть изоморфные АС отличаются друг от друга только обозначениями переменных.

Алгоритм распознавания изоморфности АС построен на основе аналогичных алгоритмов распознавания строгой эквивалентности алгоритмов. На изоморфность имеет смысл проверять только сети, имеющие одинаковое число классов вершин, и если соответствующие друг другу классы равномощны. Алгоритм организует просмотр всех возможных вариантов переобозначения и заключается в по-

очерёдном просмотре вершин одной АС и выделенных классов в другой и выбор для каждой вершины одной АС вершины другой АС, принадлежащей к тому же классу, переобозначению переменных выбранной вершины, с учётом ранее сделанных переобозначений. Если возникли противоречия с ранее сделанными переобозначениями, то формируется другой вариант преобразования для анализируемой вершины. Если таких элементов в классе нет, то запоминается вариант переобозначения для всех ранее переобозначенных вершин как недопустимый и возвращаются к началу просмотра и т.д. Если удалось найти хотя бы один вариант переобозначения, то сети изоморфны. Если варианта переобозначения не найдено, то сети не изоморфны. Предпочтительно начинать анализ с классов, имеющих наименьшее число элементов. Данный алгоритм подробно рассмотрен в [2]. Однако он не решает проблему нахождения подмножества  $F_2$ , с которым должен устанавливаться изоморфизм.

Рассмотрим теперь процесс поиска фрагмента  $AC_1$ , который может быть эквивалентен  $AC_2$ . Прежде всего необходимо, чтобы число уровней вычислимости в  $AC_1$  было не менее чем в  $AC_2$ , далее, чтобы мощности и число всех выделенных подклассов  $AC_1$  в каждом уровне были не менее чем в  $AC_2$ . После данных проверок начинается собственно работа алгоритма распознавания изоморфного вложения. Данный алгоритм отличается от алгоритма, имеет в своей основе идею несколько отличную от идеи, изложенной в предыдущей статье [3]. Прежде всего строится граф связей между классами  $AC_2$ . Связь между классами означает, что хотя бы один элемент класса связан с хотя бы одним элементом другого класса, дуги между классами не имеют наименований. Аналогично строится граф связей классов для  $AC_1$ . Правила операций над графами классов принимаем такие же, как над АС [1]. Далее проводим операцию

пересечения графов классов. Если получаем результат, что пересечение полностью включает граф классов  $AC_2$ , то возможен дальнейший поиск изоморфного вложения.

Далее выделяется подграф графа классов  $AC_1$ , соответствующий графу классов  $AC_2$ . В нем проверяется, что мощность соответствующих классов не менее мощности соответствующих классов в графе классов  $AC_2$ , далее ищется связный подграф, который проверяется по ранее разработанному алгоритму [2] на изоморфность с  $AC_2$ . Если связного подграфа нет, то изоморфного вложения нет. Возможно, что таких подграфов будет несколько.

Таким образом, можно сформулировать следующие утверждения:

1. Утверждение 1.

Если АС изоморфны, то их графы классов равны.

2. Следствие утверждения 1.

Если АС равны, то их графы классов равны.

3. Утверждение 2.

Если АС изоморфно вложима в другую АС, то ее граф классов есть подграф графа классов большей АС.

4. Следствие утверждения 2.

Если АС есть подграф другой АС, то ее граф классов есть подграф графа классов большей АС.

Доказательство данных утверждений и соответствующий им алгоритм будет приведено в следующей статье.

Данный подход соответствует определению изоморфного вложения АС и обеспечивает окончание работы соответствующего алгоритма в конечное время, а большое количество классов вершин позволяет сократить время поиска и распознавания, что позволяет его использовать для поиска фрагментов в базе моделей независимо от того к какой предметной области модели принадлежат.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Иванищев В.В., Марлей В.Е. Введение в теорию алгоритмических сетей. СПб: СПбГТУ, 2000, 180 с.
- 2 Васильченко Д.С. Распознавание изоморфизма алгоритмических сетей при моделировании транспортных процессов // Журнал университета водных коммуникаций. 2010. № 8.
- 3 Плотников С.Н. Распознавание изоморфного вложения алгоритмических сетей // Вестник ВГУ. 2014. № 2. С. 5-9.

## REFERENCES

- 1 Ivanishchev V.V., Marlei V.E. Vvedenie v teoriyu algoritmicheskikh setei [Introduction to the theory of algorithmic networks]. Saint Petersburg, SPbGTU, 2000. 180 p. (In Russ.).
- 2 Vasil'chenko D.S. Detection of isomorphism algorithmic networks for modeling transport processes. *Zhurnal universiteta vodnykh kommunikatsii*. [Journal of University of water communications], 2010, no. 8. (In Russ.).
- 3 Plotnikov S.N. Recognition isomorphic attachments algorithmic networks. *Vestnik VGU*. [Bulletin of VSU], 2014, no. 2, pp. 5-9. (In Russ.).

УДК 630.383

Профессор А.В. Скрыпников, профессор Е.В. Кондрашова,  
докторант С.В. Дорохин, аспирант А.Г. Чистяков  
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информационных систем, моделирования и  
управления. тел. 89103434840  
E-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru

Professor A.V. Skrypnikov, professor E.V. Kondrashova,  
doctoral S.V. Dorokhin, graduate A.G. Chistiakov  
(Voronezh state university of engineering technology) Department of information systems  
modeling and control. phone. 89103434840  
E-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru

## **Комплекс программ по моделированию работы автомобильной дороги: модули ТРАССА и КОЛОННА**

## **Complex programs for modeling highway: WAY and STREAM**

Реферат. Сложность процесса функционирования дороги, вызванная непрерывно меняющимися от пикета к пикету дорожными условиями, обусловленными множеством параметров проектируемой (существующей дороги), многообразием типов автомобилей, их технико-экономическими параметрами, многообразием климатических и погодных условий потребовала разработать целый комплекс программ моделирования. В статье описан комплекс программ, образующих ядро подсистемы «водитель-автомобиль-дорога-среда». Оптимизации проектных решений способствуют разработанные модули типа ТРАССА и КОЛОННА, использующие не усреднённые показатели транспортно-эксплуатационных характеристик дороги, а детально моделируют процесс функционирования дороги. Модуль ТРАССА обеспечивает моделирование восприятия непрерывной последовательности элементов дороги механической подсистемой «дорога-автомобиль» (путём непрерывного формирования и решения уравнений движения и характеристик этого режима). Модуль ТРАССА (совместно с модулем ПАРК) позволяет снять техническое противоречие между 20-летним сроком проектирования дороги и существующей практикой использования в обоснованиях проектных решений технических параметров автомобилей сегодняшнего дня. Сложность процесса функционирования дороги, обусловленная случайным характером дорожного движения, потребовала включения в систему автоматизированного проектирования автомобильных дорог модуля КОЛОННА. Модуль КОЛОННА позволяет получать результаты моделирования этого случайного процесса, достаточные для оптимизации проектных решений в целом и на участках местной вариации плана, продольного профиля, обстановки пути и т.п. Многообразие дорожных условий удаётся классифицировать по особенностям формирования режимов движения потока. При этом использованы результаты исследования процесса движения автомобилей в потоке.

Summary. The complexity of the operation of the road caused by continuously varying from picket to picket road conditions caused by a variety of parameters projected (existing road) , the variety of types of cars, their technical and economic parameters , a variety of climatic and weather conditions required to develop a complex simulation programs . This paper describes a set of programs that form the core of the subsystem "driver-vehicle-road environment". Optimization of the design solutions developed modules contribute WAY type and columns, not using indicators averaged transport - road performance, and detailed process model of functioning of the road. WAY module provides continuous sequence modeling perception of road elements mechanical subsystem "road-car " (by continuous formation and solution of the equations of motion and the characteristics of this mode). WAY module (with module PARK ) brings the technical contradiction between the 20-year term of road design and use of existing practices in their justification of design decisions technical parameters of cars today. The complexity of the operation of the road due to the random nature of traffic demanded inclusion in the computer-aided design of roads STREAM module. STREAM module allows to obtain simulation results of a random process, sufficient to optimize the design decisions in general and in the areas of local variation of the plan, longitudinal section, the way the situation, etc. Variety of road conditions possible to classify on the specifics of the formation of the flow regimes. This builds on the results of study of the process of movement of cars in the stream.

*Ключевые слова:* моделирование, скорость, автомобильная дорога, комплекс программ, оптимизация решения, алгоритм, дорожные условия, режим движения

*Keywords:* modeling, speed, road, complex programs, optimization solutions, algorithm, road conditions, driving mode.

---

© Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В.,  
Дорохин С.В., Чистяков А.Г., 2014

Увязывая многообразие проектных решений отдельных частей дороги, проектировщик должен видеть всю дорогу «в целом», оценивать как можно полнее транспортно-эксплуатационные показатели выбираемого проектного решения. В этой связи основное назначение системы автоматизированного проектирования (САПР) – давать проектировщику возможность анализировать и синтезировать конструкцию дороги в режиме диалога с ЭВМ. Основной частью САПР должна быть имитационная система, позволяющая видеть дорогу в действии. Моделирование дорожного движения такой системой – это испытание конструкций дороги на ЭВМ [1-3].

Процесс функционирования дороги имитируется двумя модулями: ТРАССА и КОЛОННА, образующими две подсистемы испытания в ЭВМ конструкций дороги.

При небольшом уровне загрузки дорог, не более 0,1-0,2, оптимизация проектных решений может быть обеспечена показателями свободного движения, то есть моделированием взаимодействия подсистемы дорожная среда – дорога – водитель – автомобиль и в значительной степени моделированием работы автомобилей и двигателей [4].

Поэтому оптимизация проектных решений дорог V–III и частично II технических категорий может достигаться по результатам работы модуля ТРАССА.

При большом уровне загрузки оптимизация только по результатам модуля ТРАССА может быть неполной. Это обстоятельство, а также необходимость сравнения характеристик свободного движения и движения автомобилей в потоке требуют выполнения следующего шага моделирования – запуска модулей КОЛОННА, для которой результаты модуля ТРАССА (а также модулей ПРОФИЛЬ и СОСТАВ) являются исходными. При разработке алгоритма модуля ТРАССА использованы результаты исследований. При этом обращено внимание на следующие трудности.

Во-первых, моделирование затрудняет непрерывно меняющееся от пикета к пикету многообразие дорожных условий. Элементы дорожных условий воспринимаются как автомобилем – механической подсистемой, так и водителем, принимающим решения о режиме движения. Процесс взаимодействия автомобиля и дороги смоделирован дифференциальными уравнениями движения автомобиля. Процесс восприятия водителем дорожных условий моделируется подпрограммой, имитирующей

выбор водителем режима движения, скорости, номера передачи, степени дросселирования или торможения в зависимости от дорожных условий на данном пикете и от характеристик движения на предыдущем участке. Как и всякая подсистема общей системы имитации процесса функционирования дороги, подсистема выбора водителем режима движения открыта для совершенствования [3, 5].

Во-вторых, велико разнообразие типов автомобилей, состав потоков существенно меняется в зависимости от развитости производительных сил района тяготения, ощутимы колебания коэффициентов использования грузоподъемности и пробега, некоторые географические факторы существенно влияют на технико-экономические параметры автомобилей. Единая основа моделирования современных и перспективных моделей автомобилей и реализованный в программе ПАРК принцип непрерывного обновления в нормативно – справочной базе технико-экономических параметров практически всего автомобильного парка, позволяет существенно повысить точность и достоверность результатов моделирования.

В-третьих, многообразно ограничение скорости дорожными условиями (кривизна пути, наличие или отсутствие виража, расстояние видимости проезжей части, пониженная шероховатость проезжей части, пересечения и примыкания в одном уровне, заниженный габарит проезжей части мостов и путепроводов, несовершенное благоустройство населённых пунктов и т.п.). Это приводит к необходимости обобщать ряд известных зависимостей скорости от параметра соответствующего элемента дорожного сооружения и разрабатывать комплекс подпрограмм анализа показателей движения с учётом влияния одновременно действующих элементов дорожных условий и соответствующим образом корректировать режим работы двигателя и режим движения автомобиля.

Такой комплексный анализ на каждом пикете режимов движения обеспечивает высокий уровень оптимизации проектного решения именно за счёт имитации функционирования какого-либо элемента дорожного сооружения в реальном, присущем данной дороге комплексе остальных дорожных условий.

В-четвёртых, такие показатели, служащие критериями оптимизации, как расход топлива, эмиссия веществ, себестоимость перевозок, коэффициенты безопасности движения и др. должны рассчитываться именно как результат имитации проезда автомобилями рас-

чётного потока всего участка дороги с учётом режимов движения, сложившихся на предыдущих участках, режима, выбираемого водителем на данном пикете. Эта трудность преодолена алгоритмом последовательного решения от пикета к пикету дифференциальных уравнений, связывающих характеристики движения автомобиля с дорожными условиями [1-3].

Для работы модуля ТРАССА (см. блок-схему на рисунках 1 и 2) вводят данные, подготовленные ранее модулями ПРОФИЛЬ и СОСТАВ, и записанные в рабочий файл.

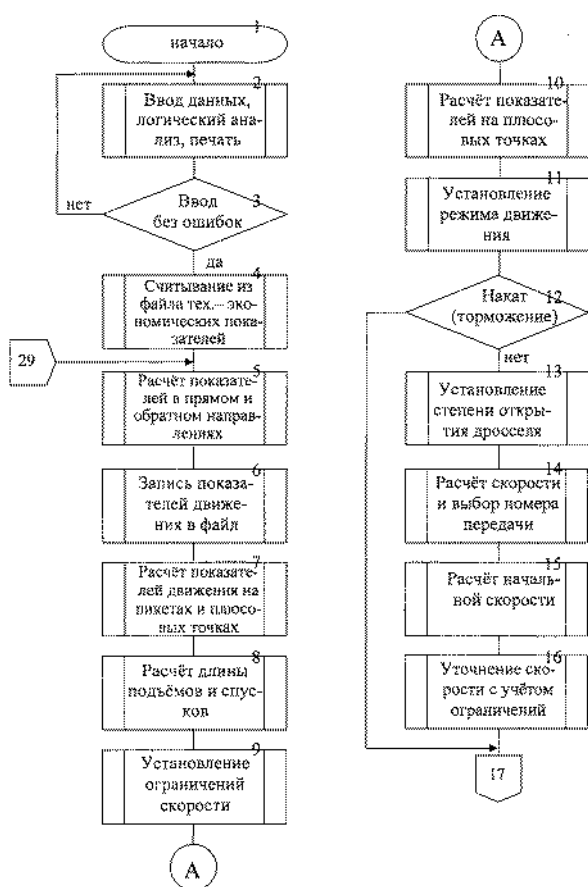


Рисунок 1. Блок-схема модуля ТРАССА (начало)

Данные о геометрии пути, подготовленные программой ПРОФИЛЬ: средние значения уклонов коротких отрезков (длиной 20, 25, 50 м), которыми аппроксимирован продольный профиль; средние значения уклонов пикетов; попикетные расстояния видимости поверхности дороги (прямо и обратно); параметры кривых плана (попикетное положение, радиусы, уклоны виража, углы поворота) [1, 3].

Также вводятся технико-экономические параметры типовых автомобилей (6 типов грузовых, 4 типа автобусов, 3 типа легковых), выбранные модулем СОСТАВ из нормативно-справочной базы, созданной модулем ПАРК:

полный вес, грузоподъёмность, относительный сцепной вес гружёного и порожнего автомобилей, радиус качения колеса, фактор сопротивления воздуха, КПД трансмиссии, КПД эксплуатационного состояния двигателя, объём двигателя, мощность двигателя, частота двигателя при максимальной мощности, частота двигателя на холостом ходу, минимальный расход топлива, передаточное число главной передачи, передаточные числа коробки перемены передач, вместимость (пассажиры), стоимость автомобиля, стоимость топлива, амортизационные отчисления на восстановление и капитальные ремонты, затраты на ремонты и обслуживание автомобилей, затраты на восстановление и ремонт шин, зарплата водителей и постоянные расходы, коэффициенты использования грузоподъёмности пробега [5].

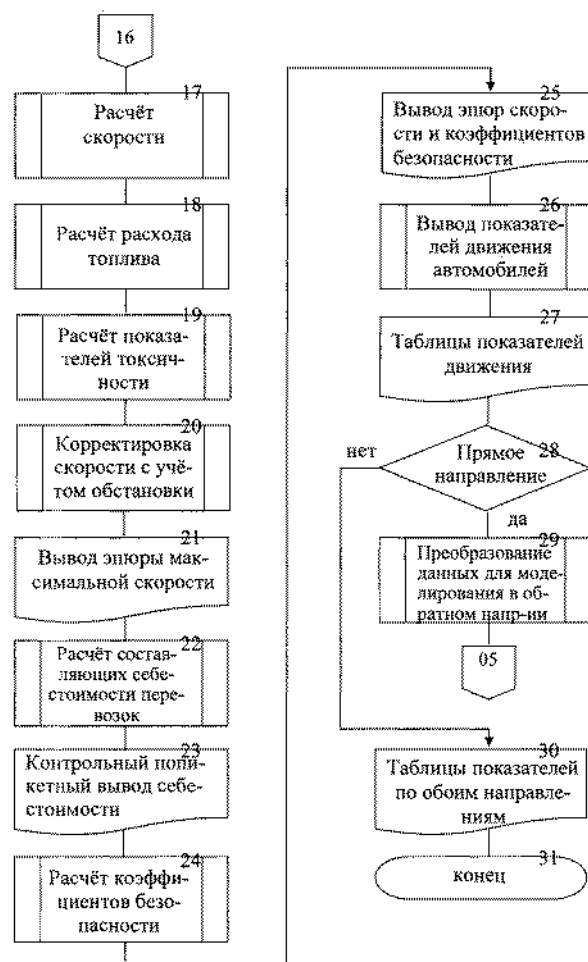


Рисунок 2. Блок-схема модуля ТРАССА (Окончание)

Данные о проезжей части: ширина полосы движения, ширина обочины, ровность покрытия на подъёмах и спусках, тип покрытия и его состояние (сухое, мокрое загрязнённое и т.п.).



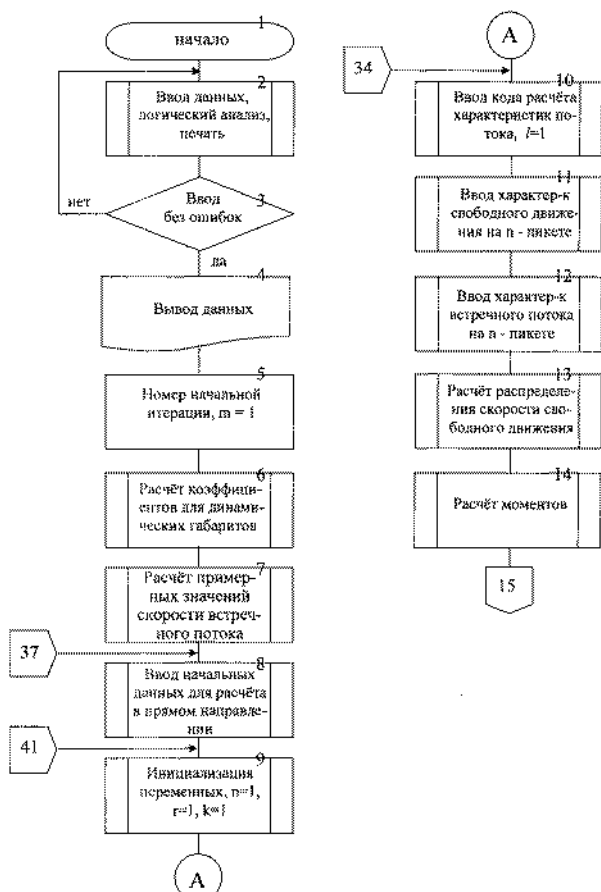


Рисунок 3. Блок-схема модуля КОЛОННА (начало)

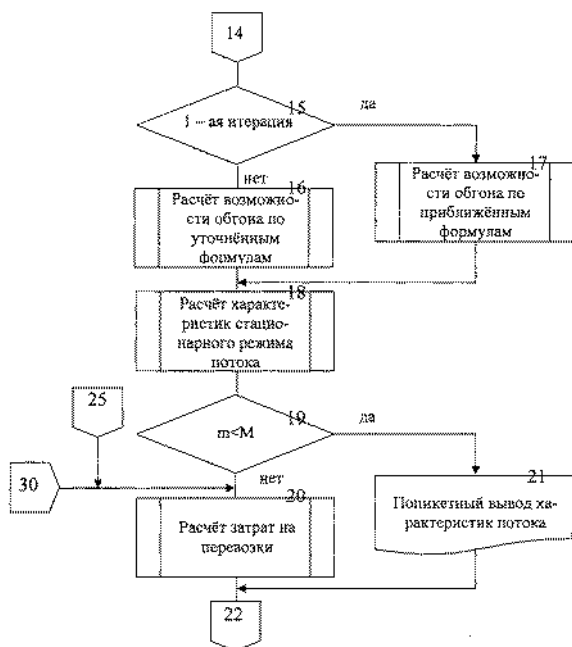


Рисунок 4. Блок-схема модуля КОЛОННА (продолжение)

Данные об обстановке пути: количество элементов дорожной обстановки (переездов, пересечений, примыканий в одном уровне, мостов и путепроводов, населённых пунктов и т.п.); ха-

рактеристики элементов дорожной обстановки (охраняемый или неохраняемый переезд, оборудованное или необорудованное пересечение, габариты мостов, элементы скорости дорожными знаками и т.п.); попикетное расположение начала и конца элемента дорожной обстановки.

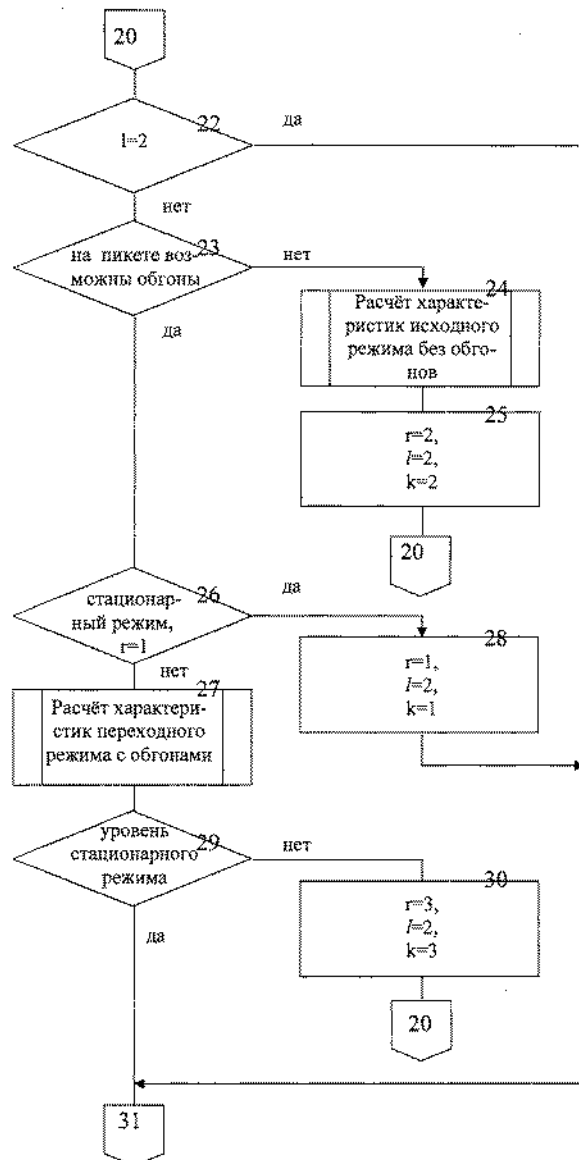


Рисунок 5. Блок-схема модуля КОЛОННА (продолжение)

Результаты моделирования могут быть выведены в различном объёме в зависимости от управляющих параметров режима ввода.

Средние показатели для каждого направления: средневзвешенные скорость и время движения, приведённая токсичность (кг CO), расход топлива.

Средние показатели каждого типового автомобиля по обоим направлениям движения: средняя скорость, время движения, расход топлива, приведённая токсичность.

Затраты на движение для каждого типового автомобиля по шинам, по топливу, по ремонтам и амортизации, по заработной плате водителя, постоянные расходы, потери от ДТП, денежная оценка пребывания пассажиров в пути, общая себестоимость перевозок.

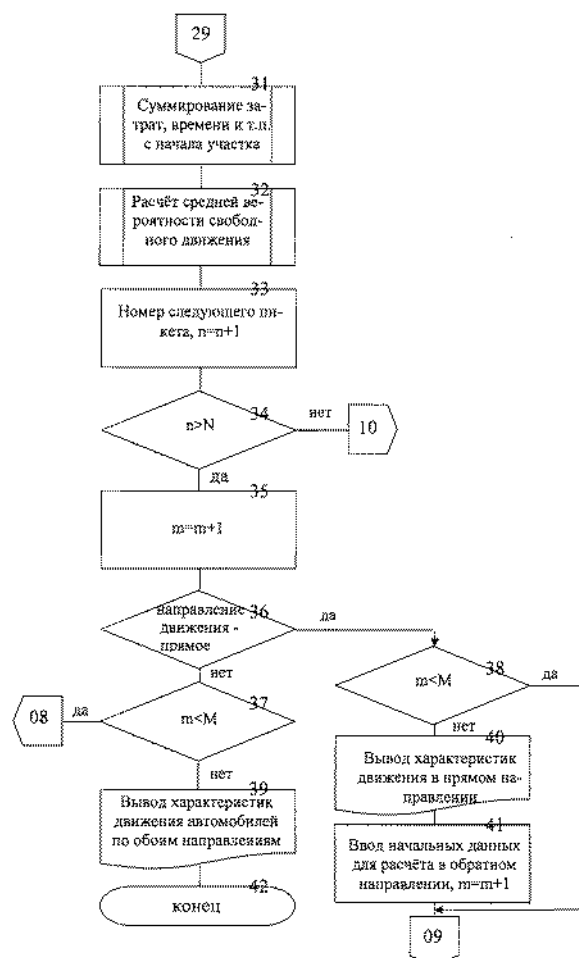


Рисунок 6. Блок-схема модуля КОЛОННА (окончание)

Показатели движения автомобиля: скорость и время движения без груза и с грузом.

Таблицы попикетных показателей, необходимых для анализа локальных вариантов проектных решений: значений уклонов, средних скоростей основных типов автомобилей, средних значений себестоимости перевозок, средневзвешенных скоростей, расходов топлива типовыми автомобилями, дисперсий скорости типовых автомобилей.

Попикетные показатели, средневзвешенные по типам автомобилей: обобщенная токсичность, обобщенная токсичность с начала участка. Попикетные показатели для каждого типового автомобиля: для гружёных автомобилей: скорость, расход топлива, номер использу-

емой водителем передачи; то же для порожних; обобщенная токсичность; эмиссия токсичных веществ (окись углерода, углеводороды, окислы азота, сажа); составляющие себестоимости перевозок в целом и по видам затрат [1, 3].

Результаты моделирования вводятся программой ТРАССА, представляющие самостоятельный интерес. Результаты, необходимые для моделирования движения автомобильного потока программой КОЛОННА, записываются в рабочий файл.

Модуль КОЛОННА. Оптимизация проектных решений по комплексу показателей требует оценки по их результатам моделирования процесса функционирования дороги при пропуске автомобильных потоков расчётного состава и интенсивности.

Основное внимание обращено на следующие особенности этой части имитационной подсистемы как составной части САПР автомобильных дорог (АД).

Во-первых, комплекс показателей имитируемого процесса функционирования дороги должен отражать все варианты параметров дороги при поисках оптимального проектного решения. Это может быть достигнуто только детальным представлением в исходных данных параметров проектных решений и использованием в качестве данных для модуля КОЛОННА результатов работы модулей ПРОФИЛЬ и ТРАССА.

Во-вторых, непрерывное изменение от пикета к пикету проектируемых характеристик дороги создает по каждому варианту последовательность дорожных условий, формирующих режимы движения, присущие только данному участку дороги, данному варианту.

Введение классификации, разделяющей дорожные условия на три типа в зависимости от режима движения потока автомобилей позволяет разработать единый алгоритм моделирования движения потока при любом сочетании элементов дороги и обстановки пути.

В-третьих, это особенно важно для двухполосных дорог (II, III, IV категорий), полная оценка проектного решения требует совместного моделирования движения потоков прямого и встречного направлений. Улучшение показателей потока прямого направления соответствующим проектированием дорожных условий может ухудшить показатели встречного потока. В процессе движения происходит непрерывное взаимодействие потоков, причём результаты такого взаимодействия проявляются и на прилегающих участках дороги. Чтобы

оценить условия движения, допустим, на 10-м пикете, нужно знать показатели движения потока прямого направления на 9, 8, 7 и т.д. пикетах и показатели движения встречного потока на 10 пикете, нужно знать показатели его движения на 11, 12, 13 и т.д. пикетах и показатели движения прямого потока на 10 пикете. Получается замкнутый круг, который разрешён в программе КОЛОННА соответствующим алгоритмом итерационного моделирования, позволяющим за 2-3 итерации быстро достичь установившихся (по итерациям) характеристик обоих потоков. Каждая итерация заключается в «прогонке» программ моделирования по участку дороги в прямом и обратном направлениях. При каждой итерации уточняются характеристики режимов движения на каждом пикете прямого направления, которые служат данными для моделирования обратного направления движения. При первой «прогонке» характеристики встречного потока (движение встречного потока ещё не моделировалось) вычисляются по эмпирическим формулам.

В-четвёртых, поскольку движение автомобилей является случайным процессом, показатели этого движения как в целом по участку дороги и, что особенно важно для оптимизации проектных решений, попикетные показатели должны быть получены как результат моделирования случайного процесса. Поэтому в алгоритме программы КОЛОННА (рисунки 1-2) решены следующие задачи: моделирование попикетного распределения скорости свободного движения типовых автомобилей (по результатам попикетного расчёта параметров распределения: скорости и дисперсии – программой ТРАССА); установление режима движения потока на каждом пикете в соответствии с дорожными условиями (стационарный, переходные); расчёт функций распределения скорости типовых автомобилей в потоке на каждом пикете (необходимые для этого моделирования распределения интервалов, расчёт возможности обгона, вероятности свободного движения и т.д.); расчёт показателей движения автомобилей в потоке, необходимых для оценки проектного решения (скорости автомобилей типовых групп, коэффициент безопасности, составляющих себестоимости перевозок, расхода топлива, эмиссии токсичных веществ и т.п.).

Данными для модуля КОЛОННА служат результаты работы модулей ПРОФИЛЬ, СОСТАВ, ТРАССА, находящиеся в рабочем файле и данные, необходимые для технико-экономических расчётов.

Данные программы ТРАССА: попикетные значения средних значений свободного движения и дисперсии скорости, расхода топлива, эмиссии токсичных веществ, основных типовых автомобилей; попикетные значения классификации дорожных условий по возможности обгона; данные о проезжей части и об обстановке пути, аналогичные данным для программы ТРАССА.

Данные для технико-экономических расчётов: интенсивность потоков в расчётном (для технико-экономических обоснований) году; календарный и расчётный годы.

Результаты работы программы КОЛОННА выводятся в различном виде в зависимости от управляющих параметров режима ввода.

Средние значения для каждого направления: скорости и времени движения, расхода топлива, эмиссии токсичных веществ, приведённых к СО; сводка затрат на перевозки в целом и по видам затрат в сутки и в расчётном году для каждого направления.

Эпюры скорости основных типов автомобилей в потоке, совмещённые с коэффициентом безопасности. Средние значения для каждого направления и для каждого типового автомобиля: скорости, времени движения, расхода топлива, эмиссии токсичных веществ, затрат на перевозки в целом и по видам затрат.

Попикетные значения для каждого типового автомобиля: скорости, расхода топлива, себестоимости перевозок в целом и по видам затрат, эмиссии токсичных веществ; распределение скорости свободного движения; распределение скорости движения автомобиля в потоке. Попикетные значения в среднем для потока: распределение скорости свободного движения; распределение скорости автомобилей в потоке; распределение интервалов между автомобилями; вероятности обгонов; тип режима движения потока; плотность потока и его средняя скорость.

Можно сделать следующий вывод. Оптимизация проектных решений не может быть обеспечена усреднёнными показателями транспортно-эксплуатационных характеристик и требует разработки алгоритмов и программ детального моделирования процесса функционирования дороги – модулей типа ТРАССА и КОЛОННА. Программы типа ТРАССА обеспечивают моделирование восприятия непрерывной последовательности элементов дороги механической подсистемой «дорога-автомобиль» (путём непрерывного формирования и решения уравнений движения и харак-

теристик этого режима). Модуль ТРАССА (совместно с модулем ПАРК) позволяет снять техническое противоречие между 20-летним сроком проектирования дороги и существующей практикой использования в обоснованиях проектных решений технических параметров автомобилей сегодняшнего дня.

Сложность процесса функционирования дороги, обусловленная случайным характером дорожного движения, требует включения в САПР АД программы КОЛОННА. Модуль КОЛОННА позволяет получать результаты

моделирования этого случайного процесса, достаточные для оптимизации проектных решений в целом и на участках местной вариации плана, продольного профиля, обстановки пути и т.п. Многообразие дорожных условий удаётся классифицировать по особенностям формирования режимов движения потока. При этом использованы результаты исследования процесса движения автомобилей в потоке. Точность результатов моделирования в программе КОЛОННА обеспечена алгоритмом итерационного процесса потоков.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Скрыпников А.В. Построение процедур выбора управленческих решений на основе оптимизационных моделей // Вопросы современной науки и практики. 2009. № 10(24). С. 217-221.

2 Скрыпников А.В. Разработка теоретических основ и методов управления лесовозным автотранспортом // Бюллетень транспортной информации. 2009. № 9 (171). С. 25-27.

3 Скрыпников А.В. Теоретические основы и методы организации и управления дорожным движением // Бюллетень транспортной информации. 2010. № 1 (175). С.10-15.

4 Скрыпников А.В. и др. Методы, модели и алгоритмы повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесных автомобильных дорог в процессе проектирования, строительства и эксплуатации: монография. М.: ФЛИНТА: Наука. 2012. 310 с.

5 Скрыпников А.В., Скворцова Т.В., Кондрашова Е.В. Пропускная способность регулируемого перекрёстка // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: межвуз. сборник науч.тр. 2007. Вып. 2. С. 201-204.

## REFERENCES

1 Skrypnikov A.V. Construction procedures for selecting management decisions based on optimization models. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki*. [Questions modern science and practice], 2009, no. 10 (24), pp. 217-221. (In Russ.).

2 Skrypnikov A.V. Develop a theoretical framework and management practices Timber trucks. *Biulleten' transportnoi informatsii*. [Bulletin of transport information], 2009, no. 9 (171), pp. 25-27. (In Russ.).

3 Skrypnikov A.V. Theoretical bases and methods of organization and traffic management. *Biulleten' transportnoi informatsii*. [Bulletin of transport information], 2010, no. 1 (175), pp. 10-15. (In Russ.).

4 Skrypnikov A.V. et al. Metody, model i algoritmy povysheniia transportno-ekspluatatsionnykh kachestv lesnykh avtomobil'nykh dorog v protsesse proektirovaniia, stroitel'stva i ekspluatatsii [Methods, models and algorithms for improving transport and performance of forest roads in the design, construction and operation]. Moscow, FLINTA: Nauka, 2012. 310 p. (In Russ.).

5 Skrypnikov A.V., Skvortsova T.V., Kondrashova E.V. Bandwidth regulated crossroads. *Perpektivnye tekhnologii, transportnye sredstva i oborudovanie pri proizvodstve, ekspluatatsii, servise i remonte*. [Emerging technologies, vehicles and equipment in the production, exploitation, service and repair], 2007, Issue 2. pp. 201-204. (In Russ.).

УДК 53.082.4

Аспирант Н.В. Астрединова, аспирант А.В. Баринов,  
аспирант Д.С. Сергеев

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики) факультет точной механики и технологий.

тел. 89119407661

E-mail: astra-nadezhda@ya.ru

Graduate N.V. Astredinova, graduate A.V. Barinov,  
graduate D.S. Sergeev

(St. Petersburg national research University of information technologies, mechanics and optics)  
faculty of fine mechanics and technology.

phone 89119407661

E-mail: astra-nadezhda@ya.ru

## **Возможность применения лазерно-ультразвуковой диагностики для контроля качества паяных соединений камер жидкостных ракетных двигателей**

## **The possibility of using laser-ultrasound to monitor the quality soldered connections chambers of liquid rocket engines**

Реферат. В процессе изготовления к конструкции современных жидкостных ракетных двигателей предъявляются важные требования, такие как: минимальная масса, максимальная жесткость и прочность узлов, максимальный ресурс работы в условиях эксплуатации, высокая надежность и качество паяных и сварных швов. В связи с высокими требованиями к качеству паяных соединений и особенностями конструкции сопла, возникла необходимость в разработке и отработке нового нетрадиционного неразрушающего метода контроля - лазерно-ультразвуковая диагностика. В соответствии с нормативной документацией, при контроле качества паяных соединений допускается применять акустический вид контроля методами отраженного излучения, прошедшего излучения, резонансного, свободных колебаний и акустико-эмиссионным. Попытки использования традиционных методов неразрушающего контроля не привели к положительным результатам. Это связано, прежде всего, с размерами типовых дефектов паяного соединения, а также с конструктивными особенностями ЖРД, данные конструкции являются неконтролепригодными. В связи с этим был разработан новый метод, обеспечивающий контроль качества паяных соединений камер ЖРД, основанный на термооптическом возбуждении ультразвука. Методы ультразвуковой дефектоскопии с оптоакустическим эффектом, в большинстве случаев обладают рядом преимуществ по сравнению с методами, которые применяют стандартные (традиционные) пьезопреобразователи. В ходе проведения исследований получили, что чувствительность лазерно-ультразвукового метода и дефектоскопа УДЛ-2М позволяет обнаруживать непропаи в паяных соединениях по ребрам сопла верхнего в зоне подколлекторного узла.

Summary. During the manufacturing process to the design of modern liquid rocket engines are presented important requirements, such as minimum weight, maximum stiffness and strength of nodes, maximum service life in operation, high reliability and quality of soldered and welded seams. Due to the high quality requirements soldered connections and the specific design of the nozzle, it became necessary in the development and testing of a new non-conventional non-destructive testing method – laser-ultrasound diagnosis. In accordance with regulatory guidelines, quality control soldered connections is allowed to use an acoustic kind of control methods of the reflected light, transmitted light, resonant, free vibration and acoustic emission. Attempts to use traditional methods of non-destructive testing did not lead to positive results. This is due primarily to the size of typical solder joint defects, as well as the structural features of the rocket engine, the data structure is not controllable. In connection with this, a new method that provides quality control soldered connections cameras LRE based on the thermo generation of ultrasound. Methods of ultrasonic flaw detection of photoacoustic effect, in most cases, have a number of advantages over methods that use standard (traditional) piezo transducers. In the course of studies have found that the sensitivity of the laser-ultrasonic method and flaw detector UDL-2M can detect lack of adhesion in the solder joints on the upper edges of the nozzle in the sub-header area of the site.

Ключевые слова: жидкостной ракетный двигатель, контроль, качество, паяные соединения, ультразвук, диагностика, непропай.

Keywords: liquid rocket engine, control, quality, soldering connections, ultrasound, diagnostics, lack of adhesion, object of verification.

Основным агрегатом жидкостного реактивного двигателя (ЖРД) принято считать камеру сгорания - агрегат, в котором происходит преобразование химической энергии топлива в кинетическую энергию поступательного движения продуктов сгорания, вытекающих через сопло. Упомянутый процесс сопровождается выделением большого количества тепла и продуктов сгорания, имеющих высокую температуру (от 2000 до 4500°C), которая при прочих равных условиях зависит главным образом от используемых компонентов топлива. Очевидно, что обеспечение работоспособности стенок камеры являлось одной из основных проблем при разработке ЖРД [1].

В процессе изготовления ЖРД широко применяются средства и методы неразрушающего контроля, обеспечивающие качество и надежность изготавливаемых двигателей. Однако при изготовлении ЖРД неразрушающие методы контроля (НМК) качества паяных соединений стенок не использовались [2].

Использование НМК, позволяющих избежать разрушения готового изделия, то есть

изготовление образцов для проведения контроля, приводит к сокращению времени и снижению материальных затрат, обеспечивает полный или частичный автоматизированный контроль со значительным повышением качества и надежности изделий. На сегодняшний день каждый технологический процесс, направленный на получение ответственных изделий, не вводится в промышленность без определенной системы НМК [3].

Рассмотрим неразрушающие методы контроля качества паяных соединений. Большинство методов НМК позволяют обнаруживать открытые поверхностные и подповерхностные дефекты. При контроле качества паяных соединений необходимо применять метод, который позволяет качественно определять внутренние дефекты типа непропай.

Согласно ГОСТ 24715-81 основными традиционными методами неразрушающего контроля для обнаружения несплошностей (непропай, неспай) являются радиационный, акустический и вихретоковый (таблица 1) [4].

Т а б л и ц а 1

Традиционные НМК внутренних дефектов паяных соединений

Вид контроля	Метод контроля	Характеристика метода	
		Минимальные размеры выявляемых дефектов	Особенности метода
Радиационный	Радиографический	2 - 5 % от общей толщины исследуемого материала изделия	Чувствительность зависит от толщины и марок соединяемых материалов и припоев.
	Радиоскопический	3 - 8 % от общей толщины исследуемого материала изделия	
Акустический	Отраженного излучения (эхо-метод) Прошедшего излучения	Дефекты площадью 1 - 15 мм <sup>2</sup> при толщине материала 2,5 - 150 мм	Выявляют дефекты типа непропаев. Определяют условные размеры дефекта, эквивалентную площадь, конфигурацию и число дефектов. Метод не гарантирует
	Резонансный Свободных колебаний Акустико-эмиссионный		выявление одиночных пор, шлаковых и инородных включений диаметром ≤1-2 мм. Вид дефекта не определяется. Не выявляются дефекты, расположенные по глубине в мертвой зоне дефектоскопа, а также дефекты, расположенные от отражающей поверхности на расстоянии меньшем, чем разрешающая способность дефектоскопа
Вихретоковый	Трансформаторный Параметрический	Дефекты с раскрытием 0,0005-0,001 мм и глубиной ≥0,2 мм	Параметр шероховатости поверхности, доступные для преобразователей, контролируемых соединений - $Rz \leq 40$ мкм.

При радиационном (рентгеновском) методе излучения рентгеновских аппаратов и радиоактивных источников используются для обнаружения внутренних несплошностей в паяных соединениях изделий, просвечивая изделия на рентгеновскую пленку или на преобразователи изображений.

Применение радиационного метода не обеспечивает выявление некоторых дефектов:

- дефекты, протяженность которых в направлении излучения значительно меньше чувствительности контроля, или изображение дефектов накладывается на другие изображения, что затрудняет процесс распознавания;
- трещины с раскрытием менее 0,1 мм;
- трещины, у которых не совпадает плоскость раскрытия с направлением излучения;
- непропаи при условии, что нет обеспечения достаточного радиационного контраста между коэффициентом ослабления излучения и паяемым материалом и толщиной паяного шва.

На заводе-изготовителе ракетных двигателей ЖРД был проведен рентгеновский контроль качества паяного соединения по длине всего сопла. Данный метод хорошо подходит для определения наличия заплывания каналов припоем, но не подходит для обнаружения несплошностей (непропай, неспай, трещина) в паяном соединении. Не возможность обнаружения связана с тем, что небольшая трещина или непропай ориентированы не по направлению максимальной чувствительности прибора (рисунок 1).

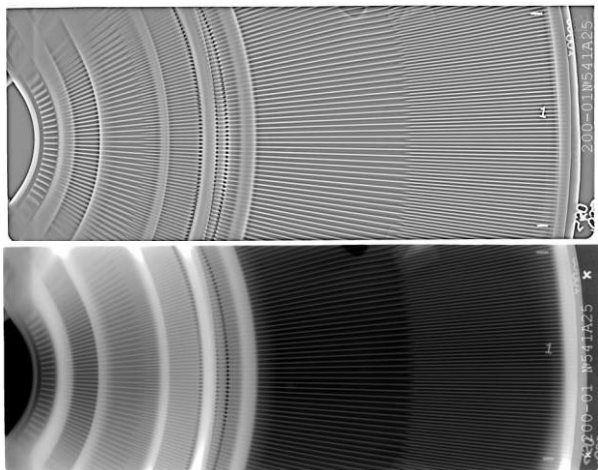


Рисунок 1. Рентгеновский контроль подколлекторной зоны камеры ЖРД (данные ОАО КБХА)

Вихретоковый метод основан на воздействии переменного электромагнитного поля в металле, в исследуемой детали возникают так называемые вихревые токи. Важным достоинством вихретокового метода неразрушающего контроля является то, что его проведение возможно без контакта объекта и преобразователя. Это позволяет получать качественные ре-

зультаты контроля при высоких скоростях исследуемых объектов. Этот метод пригоден для обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов, таких как коррозия, износ, эрозия, питтинг, повреждения и утончение стенок. При использовании вихретокового метода невозможно контролировать элементы деталей и конструкций:

- при резком изменении магнитных или электрических свойств;
- дефекты, полость которых располагается параллельно поверхности контроля (паяные соединения камер ЖРД) или составляет угол относительно поверхности менее  $10^\circ$ ;
- если не снято усилие на сварном шве.

Акустический метод – один из основных физических методов диагностики состояния материалов, изделий, в котором определяются параметры упругих волн, возбуждаемые или возникающих в объекте контроля. Диапазон частот ультразвуковых и звуковых колебаний для акустического метода составляет от 50 Гц до 50 МГц.

Преимущества акустического метода: возможность контроля большой толщины, по сравнению с радиографией безопасность и меньшие затраты, выявление дефектов малого раскрытия. Но также есть ряд недостатков: объемные дефекты выявляются плохо, не выявляются дефекты, расположенные перпендикулярно направлению распространения волны, по сравнению с радиационными методами сложнее определить вид дефекта.

Существенным недостатком данного метода при контроле качества паяных соединений камер ЖРД является наличие в приборах мертвой зоны и невозможность определять дефекты на глубине меньшей, чем отражающая способность дефектоскопа. Также в таблице 1, указано, что дефекты определяются по площади от 1 мм при соответствующей толщине материала от 2,5 мм, а контролируемое изделие (камера сгорания ЖРД) имеет толщину ребра равное 0,8 мм (см. рисунок 2).

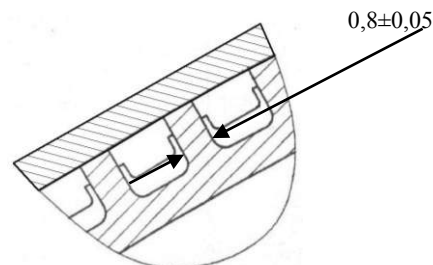


Рисунок 2. Разрез стенки камеры сгорания

Использование традиционных методов неразрушающего контроля для обеспечения качества паяных соединений не привели к по-

ложительным результатам. Это связано, прежде всего, с размерами типовых дефектов паяного соединения (неспай, непропай), а также с конструктивными особенностями ЖРД, данные конструкции является неконтролепригодными.

Контроль качества пайки в процессе изготовления ЖРД подтверждается косвенными методами, в том числе прочностными и огневыми испытаниями (КИ, КВИ и КТИ), которые иногда могут привести к разрушению камеры ЖРД. В связи с этим необходимость применения методов неразрушающего контроля возросла [2]. Количество дефектных сопел после огневых испытаний можно увидеть на рисунке 3.

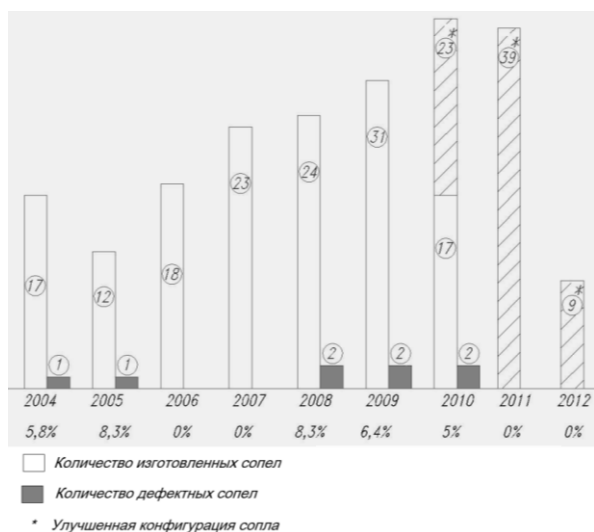


Рисунок 3. Процент дефектных сопел после огневых испытаний (по данным ОАО КБХА)

В связи с имевшимися случаями разрушения сопла верхнего при огневых испытаниях двигателя 14Д23, РД0124А (рисунок 4) был опробован неразрушающий контроль качества паяных соединений методом лазерно-ультразвуковой диагностики с помощью лазерно-ультразвукового дефектоскопа УДЛ-2М (ЛУД УДЛ-2М).

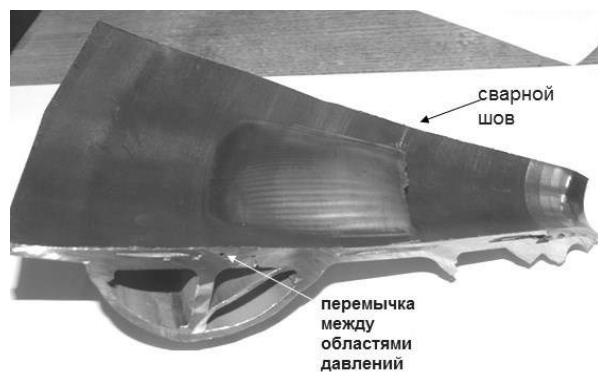


Рисунок 4. Разрушение сопла верхнего после огневых испытаний

Одной из наиболее сложных с точки зрения реализации лазерно-ультразвукового контроля зон является зона подколлекторного кольца сопла верхнего (рисунки 4 и 5). По статистическим данным наибольшее число дефектов возникает именно в этой области.



Рисунок 5. Эскиз подколлекторной зоны сопла

Контроль проводится путем ручного сканирования по внутренней поверхности подколлекторной зоны сопла, эхо-методом при контактном вводе продольных ультразвуковых колебаний с использованием широкополосного оптико-акустического преобразователя, генерирующего продольную волну.

В широкополосном оптико-акустическом преобразователе через прозрачную призму под определенным углом падает лазерный импульс

на контролируемую поверхность объекта контроля (рисунок 6). Прозрачная призма находится в акустическом контакте с объектом контроля и является одновременно звуководом широкополосного пьезоэлектрического приемника. Поверхность преобразователя имеет цилиндрическую форму с кривизной, соответствующей кривизне подколлекторной зоны в окружном направлении.



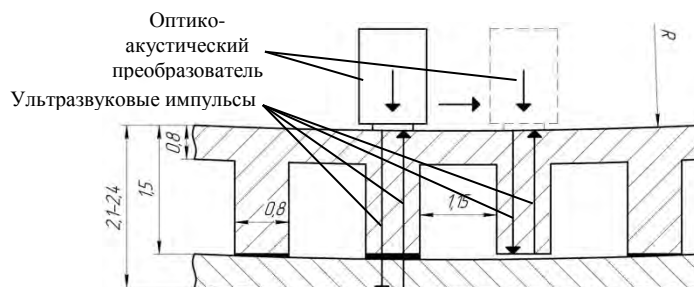


Рисунок 6. Схема расположения преобразователя и распространения ультразвуковых волн в объекте контроля

Акустический контакт при контроле обеспечивается прижимом преобразователя к внутренней поверхности подколлекторной зоны через тонкий иммерсионный слой контактной жидкости. Поглощаясь в металле, лазерное излучение нагревает тонкий поверхностный слой объекта контроля и граничащий с ним слой жидкости, что приводит к тепловому расширению и возбуждению ультразвуковых импульсов – акустических сигналов, временной профиль которых повторяет форму огибающей интенсивности лазерного импульса. Этот ультразвуковой импульс распространяется как в объект контроля, так и в прозрачную призму-звукопровод [5].

Поглощение лазерного излучения происходит из-за неоднородности нагрева, что приводит к расширению среды, в которой возникает импульс давления, описываемый формулой (1):

$$p'(\tau) = \frac{I_0}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{f}(\omega) K(\omega) e^{-i\omega\tau} d\omega, \quad (1)$$

где  $\tau = t - z/V_L$  – время в сопровождающей системе координат;  $V_L$  – фазовая скорость продольных звуковых волн в поглощающей среде;

$I_0 \tilde{f}(\omega)$  – частотный спектр огибающей интенсивности лазерного импульса;  $K(\omega)$  – передаточная функция термооптического преобразователя.

Следовательно, спектр  $p(\omega)$  импульса давления, который возникает за счет термооптического преобразования в поглощающей среде, является произведением спектра лазерного импульса  $I_0 \tilde{f}(\omega)$  огибающей интенсивности и передаточной функции  $K(\omega)$  [6, 7]:

$$p(\omega) = I_0 \tilde{f}(\omega) K(\omega). \quad (2)$$

Особенностью объекта контроля (подколлекторного кольца сопла верхнего) является то, что контроль качества пайки осуществляется между канавками перетока в зоне 10 мм (в меридиональном направлении).

Результаты исследований представляются в виде дефектограмм (рисунок 7), на которых отсутствуют или отображаются дефекты типа непропай.

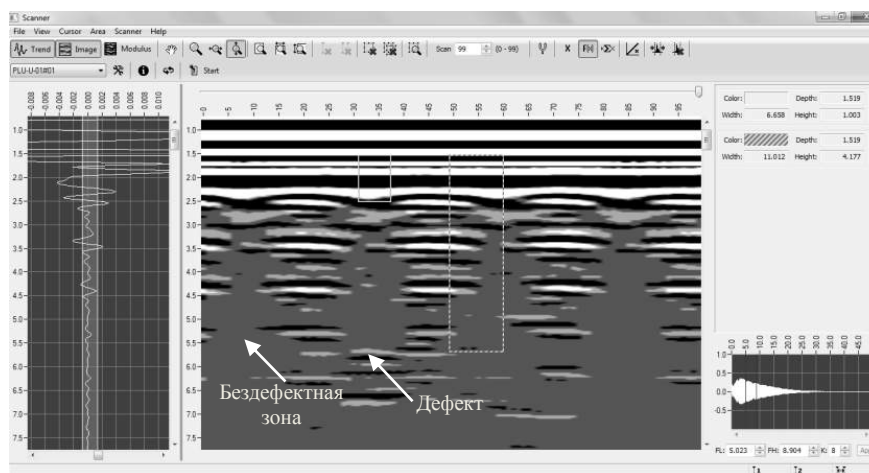


Рисунок 7. Акустическое изображение дефектного участка

На бездефектном участке (рисунок 7) дефектограммы периодически появляется и проседает темная полоса, свидетельствующая о переходе с желоба между ребрами на ребро. Отсутствие темной полосы на глубине 2,3 мм в

зоне проседания свидетельствует об отсутствии непропая в зоне пайки ребра.

На дефектном участке дефектограммы наблюдается появление темной полосы на глубине 2,3 мм, соответствующей толщине внутренней стенки на ребре, где закладывается

припой и проходит паяный шов. Данные сигналы (темные полосы) свидетельствуют о наличии дефекта типа непропай (рисунок 7).

С целью подтверждения результатов лазерно-ультразвуковой диагностики были проведены металлографические исследования (рисунок 8).

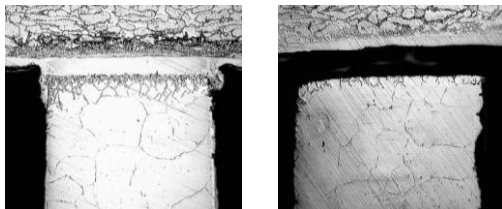


Рисунок 8. Шлифы с качественной пайкой (слева) и непропаем (справа)

Результаты, полученные в ходе проведения исследований с использованием методики лазерно-ультразвуковой диагностики качества паяных соединений камер ЖРД, показали что данный метод является наиболее пригодным методом неразрушающего контроля в процессе изготовления и в ходе эксплуатации на заводе-изготовителе ОАО КБХА.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Рахманин В.Ф., Сагалович В.В. Разработка технологии пайки камер сгорания отечественных ЖРД // Двигатель. 2009. №1(61). С. 34-37.

2 Астрединова Н.В. Производственный контроль качества паяных соединений камер жидкостных ракетных двигателей // XLI Неделя науки СПбГПУ: материалы научно-практической конференции с международным участием. 2012. Ч. IV. С.122-124

3 Ермолов И.Н., Ермолов М.И. Ультразвуковой контроль: учебник для специалистов первого и второго уровней квалификации. М.: Азимут, 2006. 208 с.

4 ГОСТ 17325-79 Пайка и лужение. Основные термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1989. 22 с.

5 Карабутов А.А., Матросов М.П., Подымова Н.Б., Пыж В.А. Импульсная акустическая спектроскопия с лазерным источником звука // Акустический журнал. 1991. Т.37 (2). С. 311.

6 Карабутов А.А., Пеливанов И.М., Подымова Н.Б., Скипетров С.Е. Измерение оптических характеристик рассеивающих сред оптико-акустическим методом // Квантовая электроника. 1999. Т. 29. №3. С. 215.

7 Карабутов А.А., Керштейн И.М., Пеливанов И.М., Подымова Н.Б. Распространение широкополосных акустических сигналов в однонаправленных волокнистых композитах // Вестник МУ. 1997. № 5. С. 47.

## REFERENCES

1 Rakhmanin V.F., Sagalovich V.V. Soldering technology combustors domestic rocket engine. *Dvigatel'*. [Engine], 2009, no. 1(61), pp. 34-37. (In Russ.).

2 Astredinova N.V. Production quality control solder joint chambers of rocket engines. XLI Nedelia nauki SPbGPU. [XLI Weeks of science SPbGPU: materials of scientific-practical conference with international participation], 2012, part. IV, pp 122-124. (In Russ.).

3 Ermolov, I.N., Ermolov M.I. Ul'trazvukovoi kontrol': uchebnik dlia spetsialistov pervogo i vtorogo urovnei kvalifikatsii [Ultrasonic testing: a textbook for professionals first and second skill levels]. Moscow, Azimut, 2006. 208 p. (In Russ.).

4 GOST 17325-79 Paika i luzhenie. Osnovnye terminy i opredeleniia [Soldering and tinning. Basic terms and definition-ing], Moscow, Izd-vo standartov, 1989. 22 p. (In Russ.).

5 Karabutov A.A., Matrosov M.P., Podymova N.B., Pyzh V.A. Im-pulse acoustic spectroscopy with a laser source of the sound. *Akusticheskii zhurnal*. [Acoustic journal], 1991, vol. 37 (2), pp. 311. (In Russ.).

6 Karabutov A.A., Pelivanov I.M., Podymova N.B., Skipetrov S.E. Measurement of the optical characteristics of scattering media optical-to-acoustic method. *Kvantovaia elektronika*. [Quantum electronics], 1999, vol. 29, no. 3, pp. 215. (In Russ.).

7 Karabutov A.A., Kershtein I.M., Pelivanov I.M., Podymova N.B. Spread of broadband acoustic signals in one sonapravlennykh fibrous composites. *Vestnik MU*. [Bulletin of MU], 1997, no. 5, pp. 47. (In Russ.).

УДК 637 : 636.39

Профессор Л.В. Антипова, доцент С.А. Титов,  
доцент А.В. Гребенщиков, магистр Т.Н. Демина  
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии продуктов животного происхождения  
тел. (473) 255-37-51  
E-mail: meatech@yandex.ru

Professor L.V. Antipova, associate Professor S.A. Titov,  
associate Professor A.V. Grebenshchikov, master student T.N. Demina  
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of technology of animal products.  
phone (473) 255-37-51  
E-mail: meatech@yandex.ru

## Влияние автолитических превращений на электрофизические свойства козьего мяса

## Influence of autolytic transformations on electrophysical properties of goat meat

Реферат. Функциональные продукты представляются важным элементом сбалансированного, здорового питания. Они играют большую роль в улучшении структуры питания населения, являются средством предупреждения, ранней коррекции и профилактики переходных предболезненных состояний и разных заболеваний. Мясо и мясopодукты на его основе можно рассматривать как перспективное сырье для создания функциональных продуктов. Козлятина обладает несомненными диетическими свойствами и может быть использована в перерабатывающей промышленности, однако производство полноценных продуктов из козлятины, способных к длительному хранению практически не разработано. Химический состав нового мясного сырья – козьего мяса, на примере длиннейшей мышцы спины отличается высоким содержанием белка, влаги, золы и пониженным содержанием жира по сравнению с остальными видами мясного сырья, что позволяет создать на основе козьего мяса широкий сектор функциональных мясных продуктов. Поэтому изучена возможность использования козьего мяса в технологии производства функциональных продуктов. Показаны перспективы развития козоводства в России. Исследован характер автолиза козьего мяса методами электрофизического и гистологического анализа. В процессе автолиза козьего мяса меняются электрофизические свойства мясного сырья, которые коррелируют с морфологическими характеристиками. Основные автолитические изменения, происходившие с мышечной тканью на ранних сроках созревания, сводились в незначительной к степени литическим процессам, затрагивающим в той или иной степени структуру мышц на ранних этапах. На поздних сроках созревания выявляемые изменения носили массовый характер. Выявлено, что автолиз имеет характерные периоды и развивается в течение 12 часов, дальнейшие изменения имеют необратимый характер. Показана динамика изменения pH, содержания углеводных фракций в длиннейшей мышце спины. Результаты исследования динамики изменения pH, содержания углеводных фракций в длиннейшей мышце спины показывают соответствие классическим закономерностям автолиза, отмеченным в других источниках, но отличаются временным периодом. Определены стадии автолитических превращений в мясе.

Summary. Functional foods represented an important element of a balanced, healthy diet. They play an important role in improving the structure of the diet of the population, are a means of prevention, correction and prevention of early transition premorbid conditions and various diseases. Meat and meat products based on it can be considered as a promising raw material for functional foods. Goat has certain dietary properties and can be used in manufacturing, but the production of high-grade products from goat meat, capable of long-term storage is not well developed. The chemical composition of the new raw meat - goat meat, on the example of the longissimus muscle of back is rich in protein, moisture, ash, and low-fat compared with other types of raw meat, which lets you create based on goat meat sector wide functional meat products. Therefore investigated the possibility of using goat meat in the production technology of functional foods. Showing the prospects for the development of goat in Russia. Investigated character of autolysis goat meat electrophysical methods and histological analysis. In the process of autolysis of goat meat are changing the electrical properties of raw meat, which are correlated with the morphological characteristics. Basic autolytic changes occurring in muscle tissue in the early stages of ripening, were reduced to a small extent the political process involving varying degrees of muscle structure in the early stages. In the later stages of maturation revealed changing widespread. Revealed that autolysis has characteristic periods and develops within 12 hours, further changes are irreversible. Shows the change in pH, carbohydrate fractions in the longissimus muscle of back goat. Results of the study of dynamics of change in pH, carbohydrate fractions in the longissimus muscle of back goat show compliance with the laws of classical autolysis noted in other sources, but differ in the time period. Defined stages of autolysis in the meat.

*Ключевые слова:* козье мясо, автолиз, электрофизические свойства, микроструктурный анализ, клеточная структура.

**Keywords:** meat, autolysis, electrophysical properties microstructure analysis, cell structure.

---

© Антипова Л.В., Титов С.А.,  
Гребенщиков А.В., Демина Т.Н., 2014

В 2011 году 2 сентября приказом Минсельхоза России № 294 была принята отраслевая целевая программа «Развитие овцеводства и козоводства в Российской Федерации на 2012-2014 гг. и на плановый период до 2020 года». Одной из основных целей Программы является развитие козоводства, возрождение социальной инфраструктуры путем увеличения объема производства высококачественной продукции козоводства [1]. Мясное козоводство в России имеет хорошие перспективы развития, так как, учитывая технологические аспекты содержания и кормления, мясные козы в наибольшей степени подходят для разведения в личных хозяйствах населения, а также в промышленных масштабах как альтернатива разведению КРС [2]. В связи с отсутствием научно обоснованных норм по переработке козьего мяса, ограниченностью данных в области исследования химии и биохимии автолиза, переработка козьего мяса в промышленных масштабах практически отсутствует.

Козлятина по вкусовым и питательным качествам сходна с бараниной, имеет высокие пищевые достоинства [3]. Однако в ограниченных масштабах мясо коз используют при производстве колбасных изделий, а производство полноценных продуктов из козлятины, способных к длительному хранению, практически не разработано. В связи с этим представляется целесообразным разработку научно обоснованных промышленных ресурсосберегающих технологий производства и переработки туш и мяса коз [4].

Мясо в стадии окоченения, обладающее минимальной влагоудерживающей и влагосвязывающей способностями, имеет существенные ограничения по применению. Ввиду того, что этот период характерен накоплением кислых продуктов небелковой природы, на основе анализа данных продуктов можно судить о стадии автолитических превращений в мясе [5]. Поэтому задачей исследования являлось определение основных этапов автолиза.

Из анализа литературных источников следует, что длиннейшая мышца козьего мяса отличается повышенным содержанием полноценного белка, наименьшим содержанием соединительной ткани и жира по сравнению с другими мышцами. В связи с этим, объектом исследования служила длиннейшая мышца спины, представляющая особый интерес для создания технологии производства мясных функциональных продуктов питания.

При оценке автолиза использовали самый точный электрофизический метод анализа. Для измерения электрофизических свойств козлятины использовали установку, созданную на кафедре физики ВГУИТ, состоящую из мо-

ста переменного тока с частотой 1-100000 Гц, ячейки для продукта, игольчатых электродов.

На рисунке 1 видно, что комплексное сопротивление уменьшается с увеличением времени хранения образца козлятины. Уменьшение сопротивления связано с увеличением концентрации высокоподвижных ионов водорода и их проводимости вследствие накопления молочной кислоты в исследуемом образце. Наиболее резкое падение сопротивления наблюдается на участке графика при частотах от 7 до 100 Гц и соответствует накоплению продуктов небелковой природы, а на участке графика от 100 Гц наблюдается плавное снижение комплексного сопротивления и соответствует изменению структуры клеточной мембраны.

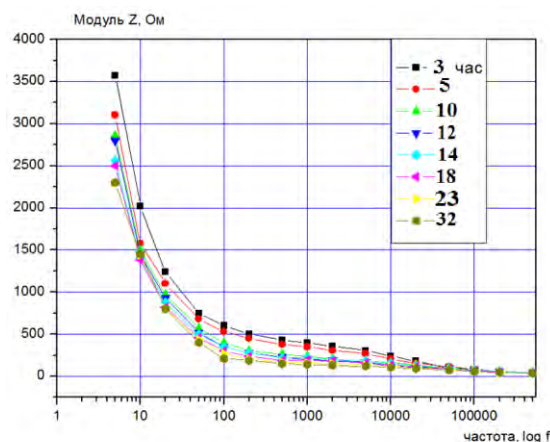


Рисунок 1. Зависимость модуля комплексного сопротивления от частоты

Из рисунка 2 видно, что наибольшее изменение зависимости угла сдвига от частоты наблюдается при 100 и 50000 Гц. Участок графика на частоте до 100 Гц соответствует накоплению продуктов небелковой природы, а участок графика от 50000 Гц соответствует изменению структуры клеточной мембраны клетки мяса.

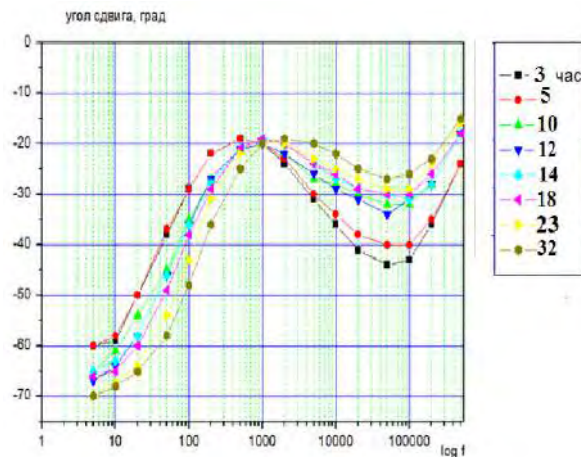


Рисунок 2. Зависимость угла сдвига от частоты



На рисунке 3 показана зависимость угла сдвига фаз между временными зависимостями тока и напряжения от времени хранения образца козьего мяса.

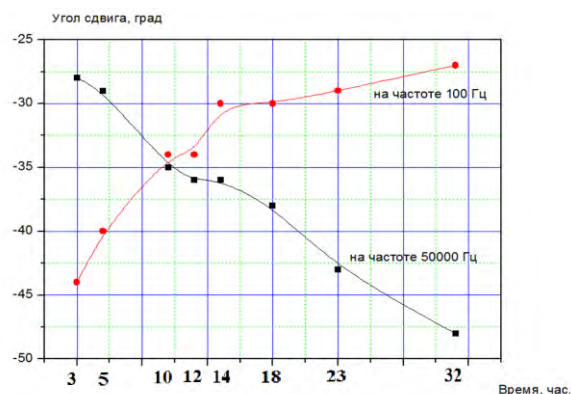


Рисунок 3. Зависимость угла сдвига от времени

График (рисунок 3) на частоте 100 Гц показывает изменение накопления ионов в системе исследуемого образца. Участок графика в промежутке времени от 3 до 8 часов соответствует накоплению молочной кислоты и АТФ в исследуемом образце мяса. Изменение графика в промежутке времени от 10 до 14 часов показывает распад АТФ и образование продуктов ее распада. Изменение графика в промежутке времени после 14 часов характеризует плавное снижение содержания молочной кислоты. График на частоте 50000 Гц показывает изменение структуры мембраны и внутренних компонентов клеток мяса, которое наблюдается в промежутке времени после 12 часов. Участок графика в промежутке времени от 3 до 10 часов показывает накопление свободных ионов в саркоплазме клетки. После 16 часов наблюдается разрушение плазмолеммы мышечного волокна и увеличение ионной проницаемости клеточных мембран. Этот процесс сопровождается разволокнением соединительной ткани. В промежутке времени от 10 до 16 часов наблюдается переходная область, когда первый процесс еще не закончился, а второй не начался.

Изменение рН мяса вызывает изменение активности катепсинов и растворимости мышечных белков. Динамика изменения рН, содержания углеводных фракций в длиннейшей мышце спины козлятины представлена в таблице 1.

Из данных таблицы 1 видно, что в парном козьем мясе (1-3 часа после убоя) рН имеет высокое значение и далее совершается распад гликогена на глюкозу и молочную кислоту. После 5 часов после убоя в мясе развитие посмертного окоченения приводит к росту глюкозы и молочной кислоты и, как следствие, снижению рН мяса в более кислую сторону и появлению поперечных трещин в мышечной ткани (рисунок 4).

Т а б л и ц а 1

Динамика изменения рН, содержания углеводных фракций в длиннейшей мышце спины козлятины

Продолжительность хранения, час	рН мышечной ткани	Содержание глюкозы, мг %	Содержание молочной кислоты, мг %
1	6,18	$95,2 \pm 1,3$	$333,4 \pm 1,3$
5	5,51	$109,4 \pm 1,5$	$766,5 \pm 1,6$
12	5,54	$141,2 \pm 1,8$	$760,3 \pm 1,6$
24	5,59	$127,4 \pm 1,2$	$752,2 \pm 1,7$
48	5,62	$120,2 \pm 1,8$	$728,9 \pm 2,1$
72	5,88	$126,6 \pm 1,4$	$721,3 \pm 1,5$
120	5,68	$130,5 \pm 1,5$	$715,5 \pm 1,8$
240	5,82	$145,5 \pm 1,3$	$703,5 \pm 1,6$

Максимальное накопление кислых продуктов небелковой природы наблюдается в промежутке от 4 до 8 часов хранения образца мяса и свидетельствует о наступлении посмертного окоченения козьего мяса в данный период.

Результаты электрофизических данных были дополнены микроструктурным анализом тканей и клеток. Для гистологического исследования структурной организации козлятины при различном времени созревания были отобраны образцы длиннейшей мышцы спины через 4, 12, 24 часа после убоя. Было выявлено, что козье мясо отличается более тонкой волокнистой структурой мышечной ткани, чем мясо крупного рогатого скота, поэтому развитие автолиза происходит в 2,5 раза быстрее.

На отдельных участках срезов, где мышечная ткань выдерживалась 4 часа (рисунок 4), наблюдались признаки уплотнения структуры мышечных волокон, их деформация, появление отдельных поперечных, рваных трещин.

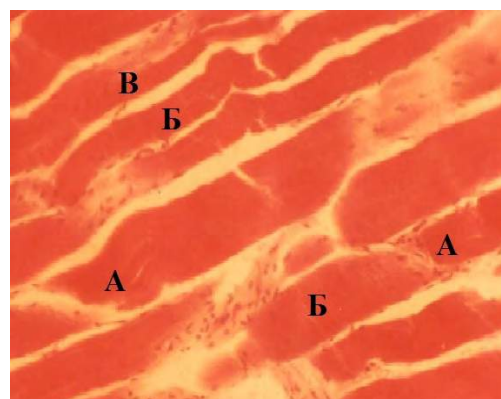


Рисунок 4. Деформация мышечных волокон и появление поперечных трещин в длиннейшей мышце спины при экспозиции 4 часа. Окр. гематоксилин-эозин. Ув. Ок. 7, об. 40. А – Поперечно-щелевидные нарушения мышечных волокон; Б – Фрагментация мышечных волокон; В – Соединительнотканые прослойки

Усиление фрагментации и увеличение количества поперечных трещин в мышечных волокнах наблюдалось при экспозиции 12 часов (рисунок 5).

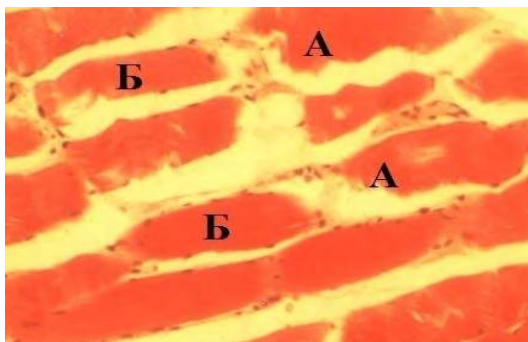


Рисунок 5. Усиление фрагментации и увеличение количества поперечных трещин в мышечных волокнах при экспозиции 12 часов. Окр. гематоксилин-эозин. Ув. Ок. 7, об. 40. А - Поперечно-щелевидные нарушения мышечных волокон; Б – Фрагментация мышечных волокон

Значительные изменения выявлялись в препаратах, где мышечная ткань созревала 24 часа (рисунок 6). В образцах просматривалось дальнейшее усиление фрагментации и деструкции миофибрилл, разволокнение соединительнотканых волокон элементов, увеличение количества поперечных, рваных трещин. Заметны лизированные участки мышечных волокон.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Приказ Минсельхоза РФ от 2 сентября 2011 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2075425/>.
- 2 Чернышова Е. Козоводство в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.agroxxi.ru/zhivotnovodstvo/intervyu/kozovodstvo-v-rossii.html> (8 июля 2013г.)
- 3 Чикалёв А.И. Козоводство: учебное пособие. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2010. 237 с.
- 4 Казанцев А.Н., Инербаева А.Т., Наumenко И.В. Ресурсосберегающая технология производства и переработки туш и мяса коз семирского типа горно-алтайской пуховой породы // Ползуновский вестник. 2011. №2/1. С. 219-223.
- 5 Антипова Л.В., Глотова И.А., Жаринов А.И. Прикладная биотехнология: учебное пособие. Воронеж: Изд-во ВГТА, 2000. 332 с.

Отмечалось усиление кариолитических процессов. Наблюдалась повсеместная неравномерность эозинофильной окраски мышечной ткани.

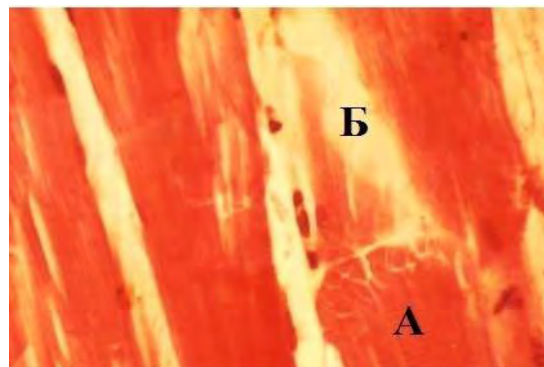


Рисунок 6. Поперечные разрывы и продольные разъединение мышечных волокон длиннейшей мышцы спины при экспозиции 24 часа. Окр. гематоксилин-эозин. Ув. Ок. 7, об. 90. А – Фрагментация мышечных волокон, Б - Разволокнение соединительнотканых волокон.

На основании экспериментальных данных установлено, что при температуре близкой к нулю, автолиз козьего мяса развивается в 2,5 раза быстрее с характерным изменением химического состава и морфологией мышечной ткани, чем у крупного рогатого скота, что необходимо учитывать при разработке здоровых продуктов питания на основе данного сырья.

## REFERENCES

- 1 Prikaz minsel'khoza RF ot 2 sentiabria 2011g [Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on September 2, 2011]. Available at: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2075425/> (Accessed 27 september 2011). (In Russ.).
- 2 Chernyshova E. Kozovodstvo v Rossii [Goat breeding in Russia]. Available at: <http://www.agroxxi.ru/zhivotnovodstvo/intervyu/kozovodstvo-v-rossii.html> (Accessed 8 July 2013). (In Russ.).
- 3 Chikalev A.I. Kozovodstvo [Goat breeding]. Gorno-Altai: RIO GAGU, 2010. 237 p. (In Russ.).
- 4 Kazantsev A.N., Inerbaeva A.T., Naumenko L.V. An alternative technology for the production and processing of carcasses and meat goats Seminsky type the Gorno-Altai down breed. *Polzunovskii Vestnik*. [Polzunovskii bulletin], 2011, vol. 5, no. 2/1, pp. 219-223. (In Russ.).
- 5 Antipova L.V., Glotova I.A., Zharinov A.I. Prikladnaia biotekhnologiya [Applied biotechnology]. Voronezh, Izd-vo VGTA, 2000. 332 p. (In Russ.).

УДК 642.58

Профессор Г.О. Магомедов,  
доцент Н.П. Зацепилина, студент В.В. Лыгин  
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского.  
макаронного и зерноперерабатывающего производств. тел. (473) 255-38-41  
E-mail: nataha.zatsepilina@yandex.ru

Professor G.O. Magomedov,  
Associate professor N.P. .Zatsepilina, student V.V. Lygin  
(Voronezh state university of engineerin technologies) Department of echnology of bakery, pastry.  
pasta and grain processing industries. phone (473) 255-38-41  
E-mail: nataha.zatsepilina@yandex.ru

## **Актуальные аспекты организации школьного питания, соответствующего возрастным физиологическим потребностям**

### **Actual aspects of school meals, age appropriate physiological needs**

Реферат. Анализ современного состояния школьного питания, определения пути оптимизации по пищевой, биологической ценности и сбалансированности школьного питания, соответствующего возрастным физиологическим потребностям является актуальной задачей. Наибольший вклад в оптимизацию школьного питания могут внести обогащенные продукты массового потребления, первой необходимости и излюбленные изделия детей. В связи с этим были поставлены следующие задачи исследования: анализ нормативных документов по созданию школьного питания, соответствующего возрастным физиологическим потребностям в пищевых веществах и энергии по белком, углеводам, жирам, витаминам, минеральным веществам, пищевым волокнам и органическим кислотам; определение сбалансированности продуктов школьного меню по категориям для детей 7-11 лет, 11- 17 лет.; изучение состава продуктов питания школьного меню; сравнение общих отклонения по калорийности завтрака, обеда; разработка мероприятий по оптимизации системы школьного питания. В структуре питания детей и подростков важнейшую роль играют хлеб, напитки, кондитерские изделия так как являются источниками энергии и пищевых веществ (углеводов, белков, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот, в том числе, полиненасыщенных жирных кислот). Поэтому в качестве одного из путей решения задач оптимизации дошкольного и школьного питания представляют большую перспективу хлебобулочные и кондитерские изделия, напитки повышенной пищевой, биологической ценности и сбалансированного состава, как по основным структурным элементам, так и микронутриентам, полученные инновационной технологией комплексной переработки сырьевых источников с максимальным сохранением их исходной пищевой ценности. Таким образом, в результате проведенного анализа литературных источников установлено, что рациональное питание школьника, направленное на профилактику алиментарных (сердечнососудистых, желудочно-кишечных, аллергических) заболеваний, удовлетворяющее энергетические, пластические и другие потребности организма, обеспечивает при этом необходимый уровень обмена веществ.

Summary. Analysis of the current state of school meals, determination of ways of optimization for food, biological values and balanced school meals relevant age-related physiological needs. The greatest contribution to the optimization of school meals can make enriched products of mass consumption, first of necessity, the need and favorite products to children. In this regard, the following tasks were defined: analysis of normative documents on creation of school meals , the relevant age-related physiological needs for nutrients and energy for protein, carbohydrates, fats, vitamins, minerals, dietary fiber and organic acids; definition of the balance of the products of the school menu categories for children aged 7-11 years, 11 - 17; study of the composition of food school menu; comparison of total deviation calorie Breakfast, lunch and development of measures on optimization of the system of school nutrition. In the structure of nutrition of children and adolescents major role bread, drinks, confectionery products as are the sources of energy and nutrients (carbohydrates, proteins, vitamins, macro - and microelements, organic acids, including polyunsaturated fatty CI slot, Therefore one of the ways of solving of optimization problems of preschool and school meals are of great TRANS-perspective bakery and confectionery products, drinks of high food and biological value and coordination and composition, as on the basic structural elements and micronutrients obtained innovative technology complex processing of raw sources with maximum preservation of their original nutritional value. TA-thus, the performed literature analysis found that rational nutrition of schoolchildren aimed at prevention of alimentary (cardiovascular, gastrointestinal, allergic) diseases that meet energy, plastic and other needs of the body, provides the necessary level of metabolism.

*Ключевые слова:* школьное и сбалансированное питание, пищевые вещества, хлебобулочные, кондитерские изделия, пищевая и биологическая ценность.

Keywords: school and balanced diet, nutrients, bakery, pastry-cal products, food and biological value.

Проблема организации качественного и доступного горячего питания в общеобразовательных учреждениях является сегодня одной из наиболее значимых как для государства, так и для общества в целом.

В большинстве западных развитых стран вопрос обеспечения качественным питанием школьников и дошкольников приравнивается к вопросу национальной безопасности государства. Очевидность взаимосвязи состояния здоровья детей и их способности в будущем реализовывать детородные функции, обеспечивая демографический рост и пополнять ряды вооруженных сил, обеспечивая обороноспособность страны, была признана в странах Западной Европы, в США еще в конце 19 века.

В 1906 году британцами было принято первое в мире государственное постановление, рекомендующее муниципальным властям обеспечивать школьников бесплатным питанием. В 1939 году многие школьники, причем в основном из бедных семей, стали получать бесплатные завтраки за счет выделенных на эти цели государственных средств.

Нарушение структуры оптимального питания – главная проблема, которая отнимает здоровье и становится причиной 15 млн. смертей ежегодно. Мировые потери некачественного питания сравнимы со взрывом атомной бомбы в Хиросиме (10 килотонн) каждые три дня [1].

Школа и общество – сообщающиеся сосуды: изменения в обществе обязательно отражаются в жизни школы, в приоритетах, требованиях к ученику, структуре и содержании образования. Нестабильность жизни в России за последнее столетие сделала историю реформ отечественного образования бурной и противоречивой. Но одно всегда оставалось неизменным – ведущая роль школы в решении проблем охраны и укрепления здоровья детей, создании нормальных условий для их роста и развития. Социально-экономическая ситуация, сложившаяся в России, привела к увеличению социальных проблем, в частности, росту численности малообеспеченных слоев населения. В эту группу входит большой контингент детей, подростков, молодежи, учащихся дошкольных, школьных учреждений, колледжей, институтов. На период от 7 до 18 лет, когда ребенок большую часть времени проводит в школе, приходится наиболее интенсивный соматический рост организма, сопровождающийся повышенными умственными и физическими нагрузками. Поэтому обеспечение подрастающего поколения полноценным сбалансированным школьным питанием, отвечающим физиологическим потребностям, возрастным особенностям и со-

временным требованиям качества и безопасности пищевых продуктов, тесно связано с демографическими процессами в нашей стране, здоровьем нации, а, следовательно, и с социально-экономическим развитием России.

В последнее время резко ухудшилось состояние здоровья детей. Число здоровых сократилось с 15-16 до 6-4 %, а первоклассников, имеющих морфологические и функциональные нарушения, – с 40,3 до 23,6 %. Соответственно увеличилась доля детей с хроническими болезнями – с 44,6 до 70 %. Среди детей младшего школьного возраста у 19,5 % выявлены отклонения в физическом развитии, в том числе обусловленные дефицитом массы тела – 14,5 %. Кроме того, у 2,3 % детей отмечена общая задержка физического развития. Наиболее выраженные сдвиги в состоянии здоровья детей и подростков происходят именно на этапе школьного обучения, что особенно отчетливо прослеживается у учащихся общеобразовательных учреждений нового вида. Показано, что среди факторов, формирующих здоровье, доля воздействия так называемых «школьных» факторов, в том числе педагогических, составляет 20 %, тогда как влияние медицинского обеспечения оценивается лишь в 10-15 %. Несоблюдение школьных санитарно-гигиенических норм и рекомендаций, чрезмерная учебная нагрузка, нарушения режима дня, стрессовая тактика авторитарной педагогики, несоответствие учебных программ и методик возрастным и функциональным возможностям учащихся способствуют росту нарушений в состоянии здоровья школьников.

Организованное школьное питание регламентируется санитарными правилами и нормами, и поэтому в значительной степени удовлетворяет принципам рационального питания. Многие учащиеся имеют слабое представление о правильном питании как составляющей части здорового образа жизни. Основные проблемы питания школьников связаны с нарушением режима питания вне стен школы, злоупотреблением чипсами, фаст-фудами, сухариками, конфетами, шоколадными батончиками и т.д. Обычно это связано с недостаточной информированностью и/или попустительством со стороны родителей. Здоровое (рациональное) питание – одна из главных составляющих здорового образа жизни, один из основных факторов продления периода активной жизнедеятельности организма. Цель работы: анализ современного состояния школьного питания, определения пути оптимизации по пищевой, биологической ценности и сбалансированности



школьного питания соответствующего возрастным физиологическим потребностям.

В связи с этим были поставлены следующие задачи исследования:

- анализ нормативных документов по созданию школьного питания, соответствующего возрастным физиологическим потребностям в пищевых веществах и энергии по белкам, углеводам, жирам, витаминам, минеральным веществам, пищевым волокнам и органическим кислотам;
- определение сбалансированности продуктов школьного меню по категориям для детей 7-11 лет, 11-17 лет;
- изучение состава продуктов питания школьного меню;
- сравнение общих отклонения по калорийности завтрака, обеда школьников;
- установление последствий неправильного питания;
- разработка мероприятий по оптимизации системы школьного питания.

Сбалансированное питание – это существенный и постоянно действующий фактор, обеспечивающий адекватные процессы роста и развития организма. Оно обеспечивает гармоничное физическое и нервно-психическое развитие детей, повышает сопротивляемость к инфекционным заболеваниям и устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды.

Основными принципами сбалансированного питания являются:

- адекватная энергетическая ценность рациона, соответствующая энергозатратам ребенка;
- сбалансированность рациона по всем заменимым и незаменимым пищевым факторам;
- максимальное разнообразие рациона, являющееся основным условием обеспечения его сбалансированности;
- оптимальный режим питания;
- адекватная технологическая и кулинарная обработка продуктов и блюд, обеспечивающая их высокие вкусовые достоинства и сохранность исходной пищевой ценности;
- учет индивидуальных особенностей детей;
- обеспечение безопасности питания, включая соблюдение всех санитарных требований к состоянию пищеблока, поставляемым продуктам питания, их транспортировке, хранению, приготовлению и раздаче блюд.

Однако организация питания подростков, школьников 10-17 лет имеет свои особенности, заключающиеся в том, чтобы учесть все те изменения, которые происходят в детском организме в этом возрасте. В этот период следует обратить особое внимание на следующие моменты:

- происходит интенсивный рост всего организма, сопоставимый с темпами развития человека первого года жизни;

- развиваются все основные системы: опорно-двигательная (особенно скелет), идет увеличение мышечной массы (с учетом половых особенностей), сердечнососудистая и нервная системы, а также идет радикальная гормональная перестройка организма, связанная с половым созреванием подростка;

- на фоне всей физической перестройки повышаются нагрузки на психоэмоциональную сферу;

- возрастают не только школьные нагрузки, но и напряжение, вызванное социальной адаптацией подростка.

При оптимальной системе питания соблюдается баланс между поступлением и расходом основных пищевых веществ.

Минимальная калорийность рациона школьника :

- 7-10 лет – 2400 ккал;
- 10-17 лет – 2600-3000 ккал;
- если ребенок занимается спортом, ему необходимо получать на 300-500 ккал больше.

При составлении рациона для школьников 10-17 лет учитываются изменения физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии в зависимости от возраста и пола ребенка. Среднесуточные нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для детей и подростков школьного возраста представлены в таблице 1 [3].

Т а б л и ц а 1

Потребность в пищевых веществах и энергии учащихся общеобразовательных учреждений в возрасте с 7 до 10 и с 11 до 17 лет

Вещества	7-10 лет	11-13, мальчики	11-13, девочки	14-17, юноши	14-17, девушки
1	2	3	4	5	6
Энергия, ккал	2350	2750	2500	3000	2600
Белки, г, в том числе животные	77 46	90 54	82 49	98 59	90 54
Жиры, г	79	92	84	100	90
Углеводы, г	335	390	355	425	360
Минеральные вещества, мг					
Кальций, мг	1100	1200	1200	1200	1200
Фосфор, мг	1650	1800	1800	1800	1800

Продолжение табл. 1

Магний, мг	250	300	300	300	300
Железо, мг	12	15	18	15	18
Цинк, мг	10	15	12	15	12
Йод, мг	0,10	0,10	0,10	0,13	0,13
Витамины					
С, мг	60	70	70	70	70
А, мкг	700	1000	800	1000	800
Е, мг	10	12	10	15	12
Д, мкг	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
В1, мг	1,2	1,4	1,3	1,5	1,3
В2, мг	1,4	1,7	1,5	1,8	1,5
В6, мг	1,6	1,8	1,6	2	1,6
РР, мг	15	18	17	20	17
Фолат, мкг	200	200	200	200	200
В12, мкг	2	3	3	3	3

Примерный вес суточного рациона (нетто) подростков 14-17 лет около 2,5 кг.

Рекомендуемые среднесуточные наборы продуктов для питания детей 7-11 и 11-18 лет разработаны в соответствии с Концепцией государственной политики в области здорового питания населения РФ, указывающей, что организация питания школьников принадлежит к числу приоритетных направлений деятельности органов здравоохранения, госсанэпидслужбы и органов образования, а также в соответствии с распоряжением Президента РФ, Постановлением Правительства РФ и приказом Руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека №54 от 27.02.2007 «О мерах по совершенствованию санитарно-эпидемиологического надзора за организацией питания в образовательных учреждениях». Разработанные наборы продуктов для детей школьного возраста включают все необходимые детям группы продуктов, ассортимент которых может меняться в пределах рекомендуемого набора с учетом местных социально-экономических, климатических и других особенностей. Среднесуточные наборы продуктов могут быть использованы как в практической работе по организации питания детей в школах, так и для организации индивидуального (домашнего) рационального питания. Пищевая ценность и химический состав наборов соответствуют современным требованиям и обеспечивают удовлетворение физиологических норм потребности в основных пищевых веществах и энергии. Таким образом, можно сформировать среднесуточный набор продуктов, необходимый для школьников, представленный в таблице 2 [3].

Таблица 2

Рекомендуемые среднесуточные наборы продуктов для питания детей школьного возраста (на одного ребенка, г/брутто)

Наименование продуктов	Возраст детей, количество продуктов, г, мл, брутто	
	7-11 лет	11-18 лет
Хлеб ржаной (ржано-пшеничный)	80	120
Хлеб пшеничный	150	200
Мука пшеничная	15	20
Крупы, бобовые	45	50
Макаронные изделия	15	20
Картофель	250	250
Овощи свежие, зелень	350	400
Фрукты (плоды) свежие	200	200
Фрукты (плоды) сухие, в т.ч. шиповник	15	20
Соки плодоовощные, напитки витаминизированные	200	200
Мясо 1 кат.	95	105
Птица 1 кат п/п	40	60
Рыба	60	80
Колбасные изделия	15	20
Молоко (м.д.ж. 3,2%)	300	300
Кисломолочные продукты (м.д.ж. 3,2%)	150	180
Творог	50	60
Сыр	10	12
Сметана	10	10
Масло сливочное	30	35
Масло растительное	15	18
Яйцо диетическое	1 шт.	1 шт.
Сахар	40	45
Кондитерские изделия	10	15
Чай	0,4	0,4
Какао, напиток кофейный злаковый	1,2	1,2
Дрожжи хлебопекарные	1	2
Соль	5	7

Сбалансированность и разнообразие питания, исходя из рекомендуемых среднесуточных норм, отражается в применении разнообразных продуктов и блюд из них за цикл действия меню. На рисунке 1 изображена частота приготовления различных блюд на завтраки в школе, которые должны быть в сбалансированном меню.

Основные блюда – это, как правило, блюда из мяса, рыбы, яиц, творога, то есть блюда из продуктов животного происхождения. Как источник животного белка, они необходимы детям. При этом в нашей стране в большинстве регионов отмечается недостаток их потребления, особенно, рыбы, мяса, молока. Для 5-дневного меню можно исходить из такой пропорции: 2 раза – мясопродукты

(например, говядина и птица), по 1 разу - рыба, творог, омлет из яиц. Молочные продукты должны быть ежедневно. Например, в течение недели – творожное блюдо, какао или кофейный напиток с молоком, кисломолочный напиток, молочная каша, сыр.



Рисунок 1. Частота появления блюд в завтраках в циклическом двухнедельном меню

Не менее значимы в детском питании фрукты и овощи. Эти продукты тоже недостаточно потребляются в нашей стране. Поэтому в школьном меню через день должны быть фрукты (или соки), раз в неделю – овощной гарнир, а к другим гарнирам (крупяным или картофельным) – овощи в виде «подгарнировки» или холодной закуски. Химический состав набора продуктов представлен в таблице 3.

Т а б л и ц а 3  
Химический состав набора продуктов

Нутриент	Возраст детей, содержание в рационе, % удовлетворения суточной потребности			
	7-10 лет		11-17 лет	
	Содержание	%	Содержание	%
Белок, г	92,1	119,6	111,7	124,0
Жир, г	90,1	114,0	106,3	115,6
Углеводы, г	315,7	94,2	381,9	97,9
Энергетическая ценность, ккал	2451,0	104,3	2951,0	107,3

Хлеб, картофель, крупы и макароны у нас, как правило, потребляются сверх рациональных норм. Лучше, если в меню будет меньше выпечки (хотя дети ее любят), а картофельные, крупяные гарниры и макароны – не чаще, чем через день.

Аналогично оценивается и меню на обед. В нем обязательно должны быть холодные закуски и первые блюда. Последние должны чередоваться – овощные, овощекрупяные, молочные и т.д. Такой подход к оценке школьного питания не требует глубоких знаний и длительных расчетов, но позволяет достаточно объективно проанализировать любое меню, сформулировать вопросы перед непосредственными организаторами питания.

При организации питания в школах следует иметь в виду основные медико-биологические требования:

1. Школьный рацион должен состоять из завтрака и обеда и обеспечивать 25 % и 35 % суточной потребности соответственно, а по содержанию белков, жиров, углеводов, витаминов, минеральных солей и микроэлементов завтрак и обед в сумме должны обеспечивать 55-60 % рекомендуемых суточных физиологических норм потребности.

2. Рационы должны быть распределены по своей энергетической ценности, содержанию белков, жиров и т.п. в зависимости от возраста.

3. Необходимо соблюдение режима питания – завтрак перед уходом в школу, второй завтрак в школе (10-11 часов), необходимый для восполнения энергозатрат и запасов пищевых веществ, интенсивно расходуемых в процессе обучения; обед (дома или в школе) и ужин (не позднее, чем за 2 часа до сна).

4. Школьное питание должно быть щадящим как по способу приготовления (ограничение жареных блюд), так и по своему химическому составу (ограничение синтетических пищевых добавок, соли, специй и др.)

Наибольший вклад в оптимизацию школьного питания могут внести обогащенные продукты массового потребления, первой необходимости и излюбленные изделия детей

В структуре питания детей и подростков важнейшую роль играют хлеб, напитки, кондитерские изделия, так как являются источниками энергии и пищевых веществ (углеводов, белков, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот, в том числе, полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон и др.). Эти пищевые продукты являются продуктами массового потребления и удовлетворяют изысканным вкусам детей. Поэтому их удобно и необходимо обогащать незаменимыми микронутриентами [4-7].

Поэтому в качестве одного из путей решения задач оптимизации дошкольного и школьного питания представляют большую перспективу хлебобулочные и кондитерские изделия, напитки повышенной пищевой, биологической ценности и сбалансированного состава

ва как по основным структурным элементам, так и микронутриентам, полученные инновационной технологией комплексной переработки сырьевых источников с максимальным сохранением их исходной пищевой ценности [7-10].

Таким образом, в результате проведенного анализа литературных источников установ-

лено, что рациональное питание школьника, направленное на профилактику алиментарных (сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных, аллергических) заболеваний, удовлетворяющее энергетические, пластические и другие потребности организма, обеспечивает при этом необходимый уровень обмена веществ.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Российская программа «Здоровое питание - здоровье нации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.pitportal.ru/school\\_lunch/sr/5218.html](http://www.pitportal.ru/school_lunch/sr/5218.html).

2 Тутельян В.А. Как спастись от «пищевого терроризма» и выбрать здоровые продукты. М.: 2006. 320 с.

3 Тутельян В.А., Гаппаров М.Г., Каганов Б.С. и др. Лечебное питание: современные подходы к стандартизации диетотерапии: науч.-практ. пособие для врачей. М., 2007.

4 Магомедов Г.О., Пономарева Е.И., Алейник И.А. Инновационные технологии сбивных бездрожжевых хлебобулочных изделий функционального назначения // Фундаментальные исследования. 2008. № 1. С. 71-72.

5 Пат. № 2364087 RU Способ производства сбивного бездрожжевого хлеба из муки цельнозернового зерна пшеницы / Магомедов Г.О., Пономарева Е.И., Алейник И.А.; Заявл. 26.02.08; Опубл. 20.08.09, Бюл. № 23.

6 Пат. № 2344610 RU Способ производства бездрожжевого зернового хлеба / Магомедов Г.О., Пономарева Е.И., Алейникова Н.Н., Рязанова Л.Ю.; Заявл. 09.07.07; Опубл. 27.01.09, Бюл. № 3.

7 Магомедов Г.О., Магомедов М.Г., Астрединова В.В., Мусаев Н.И. и др. Концентрированная паста из топинамбура // Пищевая промышленность. 2012. № 2. С. 24-26.

8 Магомедов Г.О., Олейникова А.Я., Плотникова И.В., Лобосова Л.А. Функциональные пищевые ингредиенты и добавки в производстве кондитерских изделий: учеб. пособие. Воронеж: ВГУИТ, 2012. 720 с.

9 Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Хрипушина А.С., Ожерельева М.В. Мармелад для школьного питания // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2014. № 1(2). С. 58-60.

10 Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Арсанукаев И.Х. Желейный мармелад функционального назначения с ягодами малины и садовой земляники // Хранение и переработка сельхозсырья. 2010. № 8. С. 37-39.

## REFERENCES

1 Rossiiskaia program: "Zdorovoe pitanie – zdorov'e natsii" [Russian program "Healthy PI-food - health of the nation"]. Available at: [http://www.pitportal.ru/school\\_lunch/sr/5218.html](http://www.pitportal.ru/school_lunch/sr/5218.html). (In Russ.).

2 Tutelian V.A. Kak spastis' ot "pishchevogo terrorizma" i vybrat' zdorovyie produkty [How to escape from "food terrorism" and to choose healthy products]. Moscow, 2006. 320 p. (In Russ.).

3 Tutelian V.A., Gapparov M.G., Kaganov B.S. et al. Lechebnoe pitanie: sovremennye podkhody k standartizatsii dietoterapii [Clinical nutrition: a modern approach plants to standardization of diet]. Moscow, 2007. (In Russ.).

4 Magomedov G.O., Ponomareva E.I., Aleinik I.A. Innovative-technology of whipped unleavened bakery products of functional purpose. *Fundamental'nye issledovaniia*. [Fundamental research], 2008, no. 1, pp. 71-72. (In Russ.).

5 Magomedov G.O., Ponomareva E.I., Aleinik I.A. Sposob proizvodstva sbivnogo bezdrozhzhhevogo khleba iz muki tsel'nosmolotozerna pshenitsy [A method of producing whipped unleavened bread made from whole grain wheat]. Patent RF, no. 2364087, 2008. (In Russ.).

6 Magomedov G.O., Ponomareva E.I., Alekhina N.N., Riazanova L.Iu. Sposob proizvodstva bezdrozhzhhevogo zernovogo khleba [The method of production of non-grain bread]. Patent RF, no. 2344610, 2007. (In Russ.).

7 Magomedov G.O., Magomedov M.G., Astredinova V.V., Musaev N.I. et al Concentrated paste from topinambur. *Pishchevaia promyshlennost'*. [Food industry], 2012, no. 2, pp. 24-26. (In Russ.).

8 Magomedov G.O., Oleinikova A.Ia., Plotnikova I.V., Lobasova L.A. Funktsional'nye pishchevye ingredienty i dobavki v proizvodstve konditerskikh izdelii [Functional food ingredients and additives in the production of confectionery products]. Voronezh, VGUIT, 2012. 720 p. (In Russ.).

9 Magomedov G.O., Lobosova L.A., Khripushina A.S., Ozherel'eva M.V. Marmalade for school meals. *Konditersoe i khlebopekarnoe proizvodstvo*. [Confectionery and bakery production], 2014, no. 1(2), pp. 58-60. (In Russ.).

10 Magomedov G.O., Lobosova L.A., Arsanukaev I.Kh. Jelly marmalade functional purpose with raspberry and strawberry. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agricultural products], 2010, no. 8, pp. 37-39. (In Russ.).

УДК 637.143.6

Профессор Л.В. Голубева, доцент О.И. Долматова,  
аспирант А.А. Губанова, студент Е.В. Савельева

(Воронеж гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии продуктов животного происхождения.  
тел. (473) 255-37-51

E-mail: Olgadolmatova@rambler.ru

Professor L.V. Golubeva, associate Professor O.I. Dolmatova,  
graduate A.A. Gubanova, student E.V. Savel'eva

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of animal origin products  
technology. phone (473)255-37-51

E-mail: Olgadolmatova@rambler.ru

## Получение топленого масла повышенной хранимospособности

## Production of melted butter with increased storage stability

Реферат. В работе представлены данные по изучению сохранности масла топленого. Проведен анализ вносимых компонентов оказывающих положительное влияние на хранение масла. К последним относят хлористый натрий, задерживающий образование свободных жирных кислот, а так же дополнительно вносимая лактатсодержащая добавка. Лабораторные исследования проводили следующим образом. Половину каждой партии масла перетапливали в двух вариантах с добавлением поваренной соли до 4 % к массе масла для осаждения белков и без добавления соли. Пищевую добавку, обладающую свойствами пролонгирования сроков хранения продуктов животного происхождения, вносили в масло топленое. Остальные технологические операции проводили традиционным методом производства масла топленого. В образцах топленого масла с периодичностью 1 месяц проводили оценку органолептических показателей, исследовали кислотность жировой фазы и перекисное число жира. Также определяли прозрачность исследуемых образцов. Все исследуемые образцы в расплавленном состоянии были прозрачными, не содержали взвешенных частиц. Результаты оценки в баллах суммировали и на основании общей оценки определяли качество продукта. Проведенные исследования образцов масла топленого показали полное соответствие требованиям ГОСТ Р 52971 по физико-химическим показателям: массовая доля жира – 99 %; влаги – 1 %. Установлено, что в образцах без пищевой добавки максимальные значения кислотного числа получили через 1 месяц хранения; а в образцах с добавкой – через 3 месяца хранения. Определено, что в образцах масла, вытопленных без посолки, перекисное число возрастает интенсивнее по сравнению другими исследуемыми образцами. Установлена повышенная хранимospособность у масла топленого с солью и пищевой добавкой.

Summary. The paper presents data on melted butter preservation research. It has been conducted analysis of the components applied and their positive impact on the butter storage. To last belong sodium chloride staying the formation of free fatty acids and also additionally contributable lactatecontaining additive. Laboratory studies were carried out in a certain way. A half of each batch of butter were remelted in two versions with the addition of sodium chloride up to 4 % by weight of the butter to precipitate proteins and without the addition of the salt. Food additive with the properties of animal origin products shelf life increase were supplemented into the melted butter. The rest manufacturing operations were performed by the traditional method of melted butter production. It was evaluated the organoleptic characteristics and investigated fat phase acidity and fat peroxide number in the samples of melted butter with a month interval. Also were determinated the transparency of test samples. All test samples in molten state were transparent, they didn't contain suspended particles. Results of the score were summarized and on the base of the total assessment were determinated quality of the product. The carried out researches of samples of melted butter have shown the full conformance with requirements of GOST R 52971 on physicochemical parameters: the weight fraction of fat – 99 %, the weight fraction of moisture – 1 %. It was established that in the samples without food additive maximum values of acid number were received in a month of storage; and in the samples with additive - in 3 months of storage. It was determinated that in samples of butter rented without salting peroxide number increases more intensively than in other test samples. It has been determined increased storage stability of melted butter with salt and food additive.

*Ключевые слова:* топленое масло, хранимospособность, пищевая добавка.

*Keywords:* melted butter, storage stability, food additive.

Сегодня практически невозможно назвать ни одной из отраслей пищевой промышленности, где не применялись бы пищевые добавки [1 -3].

Использование пищевых и биологически активных добавок, физиологически функциональных компонентов, ароматизаторов обусловлено, в первую очередь, предо-

ставляемыми ими возможностями по совершенствованию существующих технологических процессов, созданию инновационных пищевых продуктов необходимого состава, аромата, вкуса, текстуры, а также сохранения их качества в течение всего срока годности [4 -6].

---

© Голубева Л.В., Долматова О.И.,  
Губанова А.А., Савельева Е.В., 2014

В работе представлены данные по изучению сохранности масла топленого.

На кафедре технологии продуктов животного происхождения ВГУИТ были выработаны образцы масел на маслоизготовителе периодического действия и перетоплены.

Проведен анализ вносимых компонентов, оказывающих положительное влияние на хранение масла. К последним относят хлористый натрий, задерживающий образование свободных жирных кислот, а также дополнительно вносимая лактатсодержащая добавка.

Лабораторные исследования проводили следующим образом. Половину каждой партии масла перетапливали в двух вариантах: с добавлением поваренной соли до 4 % к массе масла для осаждения белков и без добавления соли.

Пищевую добавку, обладающую свойствами пролонгирования сроков хранения продуктов животного происхождения, вносили в масло. Остальные технологические операции проводили традиционным методом производства масла топленого.

Было исследовано 4 образца из партии топленого масла, выработанного из сладко-сливочного масла: образец № 1 - без добавления пищевой добавки; образец № 2 - с добавлением пищевой добавки; образец № 3 - с добавлением соли; образец № 4 - с добавлением пищевой добавки и соли.

Опытные образцы хранили при температуре  $(3 \pm 2)^\circ\text{C}$  в темном помещении в ведерках из полимерных материалов со съемной крышкой без герметизации.

В образцах масла с периодичностью 1 месяц проводили оценку органолептических показателей, исследовали кислотность жировой фазы и перекисное число жира.

Органолептические показатели определяли согласно ГОСТ Р 52971 «Масло топленое и жир молочный. Технические условия».

Изменения вкуса и запаха определяли в образцах топленого масла в течение 3 месяцев хранения (рисунок 1).

Изменение консистенции и внешнего вида масла топленого при хранении представлены на рисунке 2. Изменение цвета при хранении масла представлено на рисунке 3.

Также определяли прозрачность исследуемых образцов при температуре не ниже  $55-60^\circ\text{C}$ . Налитое в цилиндр топленое масло рассматривали в проходящем и отраженном дневном свете. Все исследуемые образцы в расплавленном состоянии были прозрачными, не содержали взвешенных частиц.

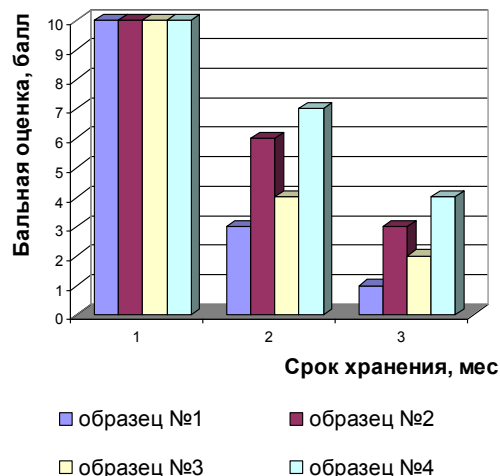


Рисунок 1. Изменение вкуса и запаха масла топленого при хранении

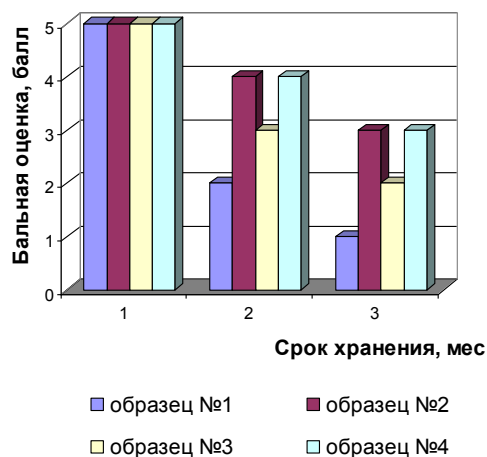


Рисунок 2. Изменение консистенции и внешнего вида масла топленого при хранении

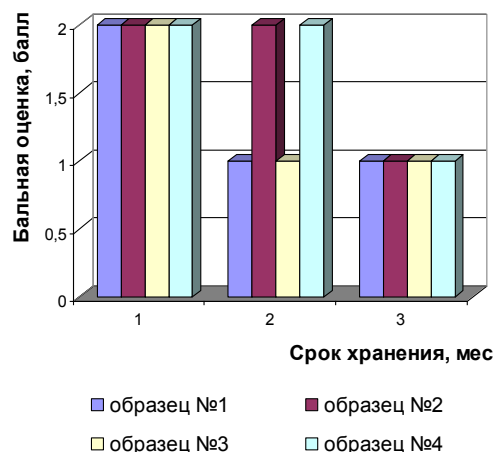


Рисунок 3. Изменение цвета масла топленого при хранении

Результаты оценки в баллах суммировали и на основании общей оценки определяли качество продукта.



В соответствии с ГОСТ Р 52971 продукт, получивший общую оценку менее 12 баллов, в т.ч. за вкус и запах менее пяти баллов, за консистенцию – менее трех баллов, за цвет – менее двух баллов, за упаковку и маркировку – менее двух баллов и не соответствующий требованиям, реализации потребителю не подлежит. Установлена порча образца № 1 и № 3 через 2 месяца хранения. Наилучшие органолептические показатели наблюдали у образца № 4.

Проведенные исследования образцов масла топленого показали полное соответствие требованиям ГОСТ Р 52971 по физико-химическим показателям: массовая доля жира – 99 %; влаги – 1 %.

В настоящее время для оценки процессов окисления в масле принято использовать показатель кислотности жировой фазы продукта. Требованиями ФЗ № 88 (с изменениями) этот показатель установлен на уровне не более 4,0 °К для масла без компонентов и 4,5 °К для масла с вкусовыми компонентами.

Определение кислотности жировой фазы топленого масла проводили по ГОСТ 3624. На рисунке 4 изображены изменения кислотности жировой фазы топленого масла в образцах топленого масла при хранении.

Определено, что в образцах №1 и № 3 максимальные значения кислотного числа получили через 1 мес. хранения; а в образцах № 2 и № 4 – через 3 месяца хранения.

Однако кислотность жировой фазы характеризует наличие в продукте свободных жирных кислот, появление которых может быть связано не только с окислительной порчей, но и со многими факторами сырьевого и технологического происхождения. Поэтому только по показателю кислотности жировой фазы окислительную порчу определять неправильно.

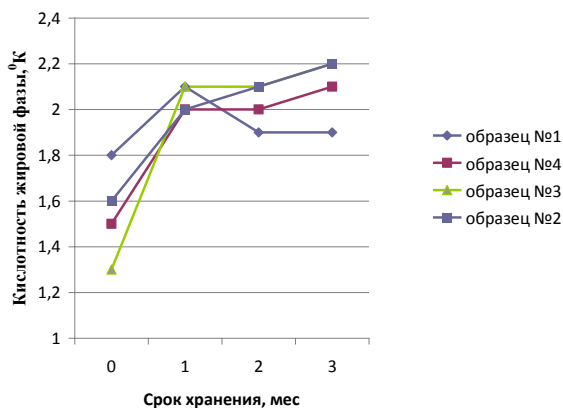


Рисунок 4. Изменение кислотности при хранении в образцах, вытопленных из сладко-сливочного масла

Перекисное число является одним из важнейших химических показателей масла. Оно отражает степень окисленности масла, обусловленную накоплением перекисных соединений (перекисей и гидроперекисей) при окислении масла в процессе хранения, особенно активно протекающего на свету.

Перекисное число определяли по ГОСТ 51487. На рисунке 5 изображены изменения перекисных чисел жира в образцах топленого масла при хранении.

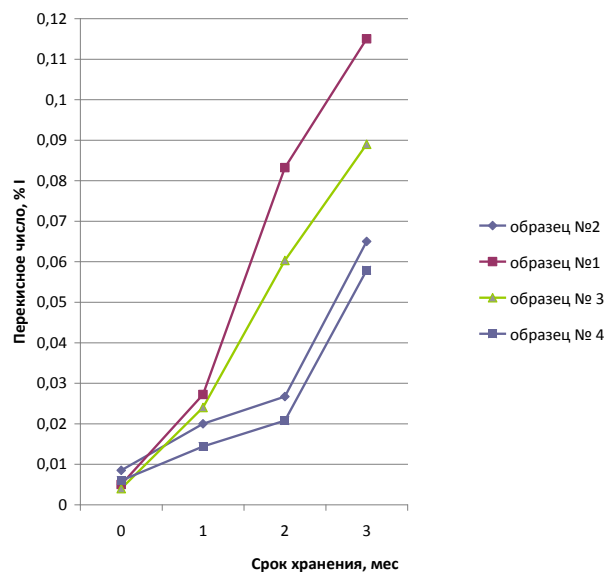


Рисунок 5. Изменение перекисных чисел жира масла, вытопленного из сладко-сливочного масла

Оценку показателя перекисного числа исследуемых образцов масла топленого определяли в соответствии с таблицей 1.

Т а б л и ц а 1

Оценка степени окислительной порчи жира в зависимости от величины перекисного числа топленого масла

Перекисное число, % I, не более	Степень порчи
0,02	Свежий
0,03	Сомнительной свежести
0,5	Прогорклый

Установлено, что в образцах масла, вытопленных без посолки, перекисное число возрастает интенсивнее по сравнению другими исследуемыми образцами. Таким образом, повышенная хранимоспособность наблюдалась у масла топленого с солью и пищевой добавкой.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Голубева Л.В., Долматова О.И., Смольский Г.М., Бочарова Е.И. Фруктозо-глюкозный сироп «Одуванчиковый» // Пищевая промышленность. 2010. № 8. С. 28-29.
- 2 Голубева Л.В., Долматова О.И., Крысан О.Г. Напиток растительно-молочный «Ацидофильный» // Молочная промышленность. 2008. № 7. С. 72.
- 3 Голубева Л.В., Долматова О.И., Тарасова А.Ю., Кондусова Л.А. и др. Инновационные технологии в производстве спредов // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2013. № 2 (3). С. 28-33.
- 4 Голубева Л.В., Долматова О.И., Грачева Н.А., Головин Е.В. К вопросу о хранимостпособности молокосодержащего напитка «Молоко полезное» // Вестник ВГУИТ. 2008. № 3. С. 96-99.
- 5 Голубева Л.В., Долматова О.И., Бочарова Е.И., Долматова Ж.С. Изучение хранимостпособности молокосодержащего продукта сметанного типа // Вестник ВГУИТ. 2012. № 4 (54). С. 90-91.
- 6 Голубева Л.В., Долматова О.И., Кондусова Л.А., Гунькова Е.В. и др. К вопросу о повышении хранимостпособности спреда // Пищевая промышленность. 2013. № 11. С. 46-47.
- 7 Голубева Л.В., Долматова О.И., Гриценко В.И., Гриценко Т.С. Определение жирнокислотного состава молочных продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 11. С. 57-59.
- 8 Голубева Л.В., Долматова О.И., Стремилова О.Б., Бочарова Е.И. Влияние немолочных жиров на качество новых молоко-содержащих продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 4. С. 49-50.
- 9 Голубева Л.В., Долматова О.И., Крысан О.Г., Самойлова М.А. Изменения жирового компонента в молокосодержащем напитке при хранении // Молочная промышленность. 2009. № 9. С. 62.

REFERENCES

- 1 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Smol'skii G.M., Bocharova E.I. New fructose and glucose syrup of «Dandelion». *Pishchevaia promyshlennost'*. [Food industry], 2010, no. 8, pp. 28-29. (In Russ.).
- 2 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Krysan O.G. Vegetative-milk beverage «Acidofilnyi». *Molochnaia promyshlennost'*. [Dairy industry], 2008, no. 7, pp. 72. (In Russ.).
- 3 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Tarasova A.Iu., Kondusova L.A. et al. Innovative technologies in the spreads production. *Ekonomika. Innovatsii. Upravlenie kachestvom*. [Economy. Innovation. Quality control], 2013, no. 2 (3), pp. 28-33. (In Russ.).
- 4 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Gracheva N.A., Golovin E.V. The problem of storage stability of milk content beverage «Moloko poleznoye». *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2008, no. 3, pp. 96-99. (In Russ.).
- 5 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Bocharova E.I., Dolmatova Zh.S. Studying the process of storing milk products sour type. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 4 (54), pp. 90-91. (In Russ.).
- 6 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Kondusova L.A., Gun'kova E.V. et al. On the question of increasing the Ability spread storage. *Pishchevaia promyshlennost'*. [Food industry], 2013, no. 11, pp. 46-47. (In Russ.).
- 7 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Gritsenko V.I., Gritsenko T.S. Determination of fatty acid content of milk products. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyra*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2008, no. 11, pp. 57-59. (In Russ.).
- 8 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Stremlilova O.B., Bocharova E.I. Question about influence no milk fat on quality new keeping of milk products. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyra*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2012, no. 4, pp. 49-50. (In Russ.).
- 9 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Samoilova M.A. Alterations of the fat component in milk containing drink at storage. *Molochnaia promyshlennost'*. [Dairy industry], 2009, no. 9, pp. 62. (In Russ.).



УДК 639.38

Профессор Л.В. Антипова, доцент О.П. Дворянинова,  
доцент С.А. Сторублевцев  
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии продуктов животного происхождения.  
тел. (473) 255-37-51  
E-mail: c11111983@yandex.ru  
соискатель А.З. Черкесов  
(ФГБОУ ВПО Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова)

Professor L.V. Antipova, associate Professor O.P. Dvorianinova,  
associate Professor S.A. Storublevtsev  
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of technology of animal products.  
phone (473) 255-37-51  
E-mail: c11111983@yandex.ru  
competitor A.Z. Cherkessov  
(FSBEI HPE North Ossetian state university of K. L. Khetagurov)

## **Свойства препаратов функциональных биополимеров рыбного происхождения**

## **Properties of preparations functional biopolymers of a fish origin**

Реферат. Развитие теоретических и практических основ технологии биосовместимых материалов отечественного производства на основе природных полимерных систем, выделяемых из сырья животного, рыбного и растительного происхождения актуально в интересах развития науки, здравоохранения, экологии. В настоящее время практически отсутствуют отечественные материалы на основе продуктов модификации биополимеров белковой и полисахаридной природы для производства биосовместимых материалов с регулируемыми физико-химическими и биологическими свойствами. В этой связи особую значимость приобретают работы по изучению функциональных свойств природных биополимеров, в частности коллагена, эластина, гиалуроновой кислоты. Интерес исследователей к биополимерам белковой природы вполне обоснован, так как они обладают достаточной проницаемостью, большой удельной поверхностью и сорбционной емкостью, возможностью получения удобных технологичных форм, низкой иммуногенностью, возможностью регулирования лизиса. В статье представлены данные о возможных путях использования вторичных коллагенсодержащих отходов - шкур рыб внутренних водоемов России. Разработаны инновационные технологические приемы переработки вторичного сырья с получением функциональных биополимеров широкого спектра применения. С применением современных методов исследований определены их характеристики и свойства. По комплексу органолептических, физико-химических показателей, индексам биологической активности полученные препараты гиалуроновой кислоты и коллагена могут найти широкое применение в медицине, косметологии. Разработана ресурсосберегающая технология получения кожевенных полуфабрикатов, легко поддающихся дальнейшей обработке с целью получения кожгалантерейной и текстильной продукции. Таким образом, научно обоснованы новые подходы в переработке шкур прудовых рыб на основе их глубокой переработки.

Summary. Development of theoretical and practical bases of technology of biocompatible materials of a domestic production on the basis of the natural polymeric systems allocated from raw materials of an animal, fish and a phytogenesis is actual in interests of development of science, health care, ecology. Now practically there are no domestic materials on the basis of products of modification of biopolymers for production of biocompatible materials with adjustable physical and chemical and biological properties. In this regard the special importance is gained by works on studying of functional properties of natural biopolymers, in particular collagen, elastin, hyaluronic acid. Interest of researchers to biopolymers of the proteinaceous nature is quite reasonable as they possess sufficient permeability, a big specific surface and sorption capacity, possibility of receiving convenient in technological forms, a low immunogenicity, possibility of regulation lysis. Data on possible ways of use are presented in article secondary the collagenic wastes - skins of fishes of internal reservoirs of Russia. Innovative processing methods of processing of secondary raw materials with receiving functional biopolymers of a wide range of application are developed. With application of modern methods of researches their characteristics and property are defined. On a complex of organoleptic, physical and chemical indicators, indexes of biological activity the received preparations hyaluronic acid and collagen can find broad application in medicine, cosmetology. The resource-saving technology of receiving tanning semi-finished products easily giving in to further processing for the purpose of receiving leather haberdashery and textile production is developed. Thus, scientific new approaches in processing of skins of pond fishes on the basis of their deep processing are proved.

Ключевые слова: коллаген, функциональные биополимеры, гиалуроновая кислота.

Keywords: collagen, functional biopolymers, hyaluronic acid.

---

© Антипова Л.В., Дворянинова О.П.,  
Сторублевцев С.А., 2014

Мировой опыт переработки рыбного сырья свидетельствует об огромных перспективах создания инновационных отечественных производств, которые могут значительно изменить существующую инфраструктуру отрасли, привлечь инвестиции, создать условия для роста занятости населения, развить научно-образовательный потенциал [1].

Мировые и отечественные исследования показывают значительный интерес к рыбам как источникам функциональных биополимеров и, прежде всего, коллагена и гиалуроновой кислоты, которые локализованы в пищевых частях.

Усилением производства пищевых продуктов глубокой переработки имеющихся ресурсов, включая побочные, возможно получить высокоценные корма, ветеринарные, медицинские и косметические препараты, пищевые и биологически активные добавки, специальные пищевые продукты [2, 3].

Тема коллагеновых белков популярна на протяжении достаточно длительного времени. Новая волна интереса к нему возникла из-за роста информационного поля благодаря активному внедрению новых инструментальных методов анализа. К тому же, источник коллагена – спилки шкур крупного рогатого скота, резко упал в объемах из-за сокращения производства мяса говядины в России. Это побудило изучить возможность замены спилка другими источниками, например, рыбными биоресурсами.

Сотрудниками ВГУИТ дана оценка перспектив реализации идеи развития новых продуктов на базе побочных сырьевых ресурсов. Разработаны инновационные технологии и получены лабораторные образцы препаратов.

Цель настоящей работы состоит в оценке свойств полученных продуктов.

В качестве объекта исследования выступают продукты переработки шкур прудовых рыб.

В ходе экспериментальных исследований использовались следующие методы: определение суммарного белка – по Кьельдалю (ГОСТ 23327-78); фракционный состав белков – последовательным экстрагированием водо-, соле- и щелочерастворимых белков соответственно дистиллированной водой, соевым раствором Вебера и раствором гидроксида натрия с последующим количественным определением по биуретовой реакции; оксипролин – по ГОСТ Р 50207-92; молекулярная масса – электрофоретически на установке вертикального электрофореза; аминокислотный состав – хроматографически на автоматическом аминокислотном аминокислотном анализаторе.

Результаты исследования свойств препаратов гиалуроновой кислоты (ГУК) (таблицы 1, 2) показали, что они соответствуют уровню миро-

вых и лучших отечественных образцов, отвечают требованиям для применения в косметических средствах, безопасны для человека.

Т а б л и ц а 1  
Органолептические и физико-химические свойства гиалуроновой кислоты

Наименование показателя	Характеристика и норма для гиалуроновой кислоты
Внешний вид	Белое аморфное вещество, допускается наличие кремового оттенка. В среде органического растворителя имеет волокнистую структуру в виде отдельных нитей и клубочков, в высушенном виде порошкообразное вещество.
Запах	Слабовыраженный, характерный для данного вида сырья, без постороннего запаха.
Растворимость	- Растворяется в воде после набухания при температуре не ниже 80 °С; - в среде органического растворителя имеет волокнистую структуру в виде отдельных нитей и клубочков; - растворяется в растворе NaCl.
Физико-химические и микробиологические свойства	
Массовая доля, %	
влаги	7
белка	1,0-2,0
зола	4,0 – 5,0
pH (1%-го водного раствора при 20 – 25 °С)	6,5 ± 1,0
Средний молекулярный вес	1000 кДа
Истинная вязкость	1,08 мПа*с
Выход, %	10,0
Токсичность	Не токсичен

Т а б л и ц а 2  
Биологическая активность гиалуроновой кислоты на культуре *P. Caudatum*

Разведение	Биологическая без-опасность	Плотность инокуля-та(**)	Индекс биологической активности(***)
Исследуемый объект - ГУК			
1:1000	ИН(*)	0,9± 0,02	0,8± 0,02
1:10000	ИН	0,96± 0,02	0,92± 0,02
1:10000	ИН	1,0± 0,02	0,97± 0,02

\*ИН – индифферентность, БА – биоактивность, БЦ-50 – погибло 50 ± 10% клеток; БЦ-100 – погибло 100±10% клеток.

\*\* ПИ – объект биологически не активен; ПИ – больше 1±0,1 объект стимулирует размножение; ПИ – меньше 1±0,1 объект угнетает размножение клеток.

\*\*\* ИБА – 1±0,1 – объект биологически не активен; ИБА меньше 1±0,1 – объект снижает жизнеспособность клеток; ИБА больше 1±0,1 – объект повышает жизнеспособность клеток.

Реализация в опытно-лабораторных условиях запатентованной технологии коллагеновых препаратов с массовой долей коллагена 1,5-6 % также дала положительные результаты в оценке

пригодности для использования в пищевой промышленности и медицине. Характеристика представлена в таблицах 3, 4 и на рисунке 1.

Т а б л и ц а 3  
Органолептическая оценка коллагена сухого и замороженного

Наименование показателя	Коллаген сухой	Коллаген замороженный
Внешний вид	мелкий порошок или стружка	кусочки размером 2-3 мм
Запах	слабовыраженный, характерный для данного вида сырья, без постороннего запаха.	нейтральный
Цвет	белый	белый стекловидный

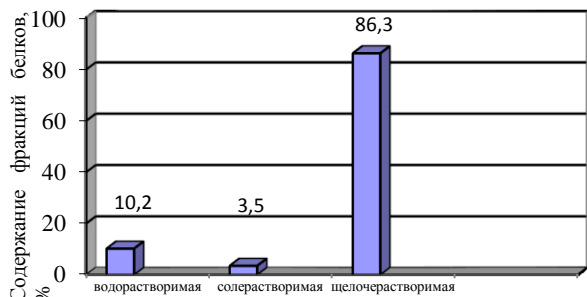


Рисунок 1. Фракционный состав коллагена

Т а б л и ц а 4  
Аминокислотный состав коллагена из шкур рыб

Аминокислоты, г/100г	Субстанция 2%-ный раствор (шкура толстолобика)
Аспарагиновая кислота + аспарагин	0,099
Треонин	0,078
Серин	0,043
Глутаминовая кислота	0,148
Пролин	0,175
Оксипролин	0,161
Глицин	0,330
Аланин	0,133

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Дворянинова О.П., Антипова Л.В. Аквакультурные биоресурсы: научные основы и инновационные решения: монография. Воронеж: ВГУИТ, 2012. 420 с.
- 2 Антипова Л.В., Сторублевцев С.А. Биотехнология коллагеновых пищевых ингредиентов // Мясная индустрия. 2010. № 6. С. 16-18.
- 3 Антипова Л.В., Сторублевцев С.А. Получение функционального коллагенового гидролизата и применение его в технологии мясных продуктов // Фундаментальные исследования. 2007. № 12-1. С. 124.

Продолжение табл. 4

Валин	0,320
Метионин	0,030
Изолейцин	0,025
Лейцин	0,044
Тирозин	0,012
Фенилаланин	0,034
Гистидин	0,009
Лизин	0,039
Аргинин	0,119
Цистин	≤0,005

Разработана технология и получены кожные полуфабрикаты, легко поддающиеся крашению, что доказывает их применимость для легкой промышленности (рисунок 3).

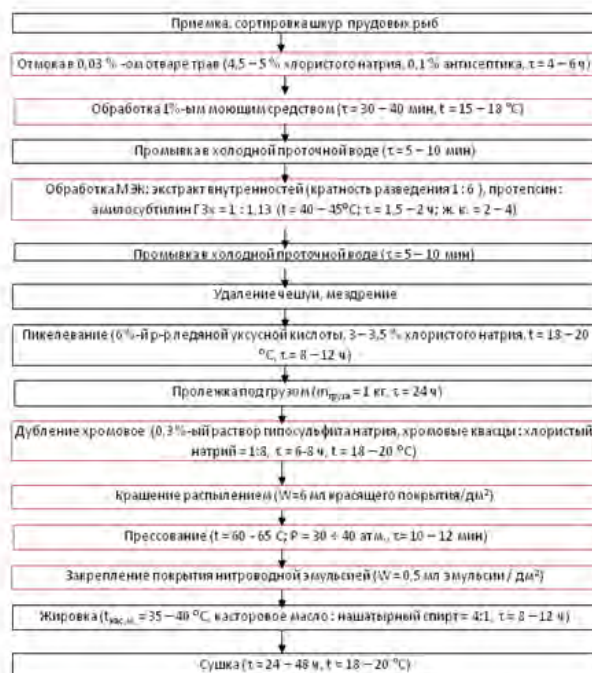


Рисунок 3. Модифицированная схема получения окрашенных рыбных кож

Таким образом, научно обоснованы новые подходы в переработке шкур прудовых рыб на основе их глубокой переработки.

## REFERENCES

- 1 Dvorianinova O.P., Antipova L.V. Akvakul'turnye bioresursy: nauchnye osnovy i innovatsionnye resheniya [Aquacultural bioresources: scientific bases and innovative solutions]. Voronezh, VGUIT, 2012. 420 p. (In Russ.).
- 2 Antipova L.V., Storublevtsev S.A. Biotechnology of food collagen ingredients. *Miasnaya industriia*. [Meat industry], 2010, no. 6, pp. 16-18. (In Russ.).
- 3 Antipova L.V., Storublevtsev S. A. Receiving a functional collagenic hydrolyzate and its application in technology of meat products. *Fundamental'nye issledovaniia*. [Fundamental researches], 2007, no. 12-1, pp. 124. (In Russ.).

УДК 664.61:633.1:633.11

Профессор Е.И. Пономарева, доцент Н.Н. Алехина,  
аспирант И.А. Бакаева

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского,  
макаронного и зерноперерабатывающего производств. тел. (473) 255-38-51  
E-mail: Nadinat@yandex.ru

Professor E.I. Ponomareva, associate Professor N.N. Alekhina,  
graduate student I.A. Bakayeva

(Voronezh State University of Engineering Technologies) Department of bread, confectionery,  
pasta and grain processing technology. phone (473) 255-38-51  
E-mail: Nadinat@yandex.ru

## Влияние продуктов переработки зародышей пшеницы на показатели качества зернового хлеба

## The influence of processed products of wheat germ on grain bread quality

Реферат. Разработка и внедрение новых видов хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности является одним из основных и актуальных вопросов в хлебопекарной промышленности. Решением данного вопроса является применение целого зерна, а также вторичных продуктов его переработки. В хлебопекарном производстве к перспективному направлению относится применение продуктов переработки пшеничных зародышей (масло, жмых, мука из жмыха), которые богаты белками и способствуют повышению пищевой ценности изделий. При этом задачами программы, разработанной в рамках реализации «Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности РФ на период до 2020 г.», являются обеспечение расширения производства продуктов на злаковой основе, вовлечение в хозяйственный оборот вторичных ресурсов. Данные технологии являются ресурсосберегающими, позволяют рационально использовать побочное сырье мукомольной промышленности. Известен способ приготовления зернового хлеба на основе густой закваски из биоактивированного зерна пшеницы. Однако, несмотря на все преимущества зерновых видов хлеба, отличающихся повышенным содержанием пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов, в них наблюдается низкое содержание белка и дефицит лизина. В современной науке о питании для обогащения пищевых продуктов большее предпочтение отдается сырью натурального происхождения (пшеница, гречневая и овсяная мука, фруктовое пюре, цельное зерно, масло, мука и хлопья из зародышей пшеницы и т. д.). В технологии хлебобулочных изделий широко используются продукты переработки пшеничных зародышей: масло, хлопья, жмых и мука из жмыха. Для повышения пищевой ценности в работе применяли муку из жмыха зародышей пшеницы. В ходе проведенных исследований были выявлено ее положительное влияние на полуфабрикаты и качество готовых изделий, которые отличались от контрольного образца повышенным содержанием антиоксидантов и лучшей перевариваемостью белков мякиша хлеба.

Summary. Development and introduction of new types of bakery products with increased nutritional value is one of the basic and urgent problems in the bakery industry. The solution of it is the use of whole grains, as well as secondary products of their processing. The use of by-products of wheat germ (oil, oilcake, oilcake flour), which are rich in proteins and enhances the nutritional value of products is considered to be a promising area in the bakery industry. At the same time the program objectives products, developed in the framework of the "Strategy of development of the food processing industry of the Russian Federation for the period up to 2020" products, are expanding the production of cereal-based foods, and involving of secondary resources in the economy. These technologies are resource efficient. They allow efficient use of by-products raw materials of the milling industry. The process for the preparation of grain bread on the basis of a thick sourdough from bioactivated wheat grain is known. However, despite all the advantages of grain breads with high amounts of dietary fiber, minerals and vitamins, they exhibit low levels of protein and lysine deficiency. At present larger preference is given to the raw materials of natural origin (millet, buckwheat and oatmeal flours, fruit puree, whole grains, oil, flour and wheat germ flakes, and etc.) for foods enrichment in modern food science. Products of processing of wheat germ: oil, flakes, oilcake and oilcake flour are widely used in bakery technology. To improve the nutritional value flour from wheat germ oilcake was used in the work. In the course of the research its positive effect on the quality of semi-finished and finished products was found. They differed from the control sample in a high content of antioxidants and better digestibility of proteins bread crumb.

*Ключевые слова:* хлеб, биоактивированное зерно, зародыш пшеницы, закваска, показатели качества

*Key words:* bread, bioactivated grains, wheat germ, yeast, quality indicators

В настоящее время одним из основных вопросов в хлебопекарной промышленности является разработка и внедрение новых видов изделий повышенной пищевой ценности. Данное требование четко определено утвержденной Президентом России «Доктриной продоволь-

ственной безопасности Российской Федерации», а также включено в «Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 гг.».

© Пономарева Е.И., Алехина Н.Н., Бакаева И.А., 2014

В хлебопекарном производстве к перспективному направлению относится применение продуктов переработки пшеничных зародышей (масло, жмых, мука из жмыха), которые богаты белками и способствуют повышению пищевой ценности изделий. При этом задачами программы, разработанной в рамках реализации «Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности РФ на период до 2020 г.», являются обеспечение расширения производства продуктов на злаковой основе и вовлечение в хозяйственный оборот вторичных ресурсов [1].

В ходе ранее проведенных исследований на кафедре технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств Воронежского государственного университета инженерных технологий был рекомендован способ приготовления зернового хлеба на густой закваске из биоактивированного зерна пшеницы «Лучик» [2, 3].

Однако, несмотря на преимущества зерновых видов хлеба по сравнению с традиционными, в них наблюдается низкое содержание белка и дефицит лизина. Источниками их является мука из жмыха зародышей пшеницы (ТУ 9293-010-05079029-00) [4].

Целью работы явились исследования влияния продуктов переработки зародышей пшеницы на показатели качества теста и зернового хлеба. За контроль принимали хлеб «Лучик».

В ходе работы определяли физико-химические свойства полуфабрикатов в процессе их брожения (изменение объема, титруемая кислотность), органолептические (внешний вид, состояние мякиша, вкус и запах) и физико-химические показатели (влажность, кислотность, удельный объем, пористость, крошковатость и удельная набухаемость) готовых изделий через 24 ч после выпечки, их антиоксидантную активность, гликемический индекс, перевариваемость белков мякиша.

Суммарную антиоксидантную активность хлебобулочных изделий исследовали на приборе ЦветЯуза-01-АА. Гликемический индекс определяли как отношение максимального уровня глюкозы в крови с помощью прибора «Акку-Чек Гоу» после приема порции хлеба. Хлебобулочные изделия тестировались в разные дни и время, и рассчитывалось среднее значение показателя. Перевариваемость белков хлеба определяли ферментативным методом *in vitro*.

Предварительно зерно пшеницы очищали от сорной и зерновой примеси, мыли и оставляли для набухания в воде. При приготовлении закваски зерно подвергали только набуханию в воде, а при получении теста его дополнительно проращивали в течение 10–12 ч. Хлеб

«Лучик» готовили с внесением 30 % зерна с закваской из биоактивированного зерна пшеницы влажностью 50 % и кислотностью 10,0 град. В тесто для хлеба «Элит» вносили 6,5 % муки из жмыха зародышей пшеницы.

В ходе проведенных исследований было установлено, что наибольший объем теста за 120 мин брожения наблюдался в полуфабрикате для хлеба «Элит» (130 см<sup>3</sup>), для хлеба «Лучик» данное значение составляло 125 см<sup>3</sup>.

В полуфабрикате для хлеба «Элит» процесс брожения шел интенсивнее вследствие внесения дополнительного количества сахаров, азотсодержащих веществ и минеральных солей, содержащихся в муке из жмыха пшеничных зародышей, в результате чего повышалась бродильная активность дрожжей и увеличивалось газообразование в тесте.

Наибольшее значение титруемой кислотности (5,8 град) через 120 мин брожения также наблюдалось в полуфабрикате для хлеба «Элит». В тесте для хлеба «Лучик» указанное значения за тот же период брожения составляло 5,5 град.

Оценка качества готовых изделий показала, что наибольшим объемом (198,0 см<sup>3</sup>) и пористостью (57,0 %) обладал хлеб «Элит», контрольный образец при этом имел удельный объем равный 195,0 см<sup>3</sup>/100 г и пористость 55,0 % (таблица 1).

Т а б л и ц а 1  
Показатели качества изделий  
из биоактивированного зерна пшеницы

Наименование показателей	Значение показателей качества для хлеба	
	«Лучик» (контроль)	«Элит»
Влажность, %	47,0	47,0
Кислотность, град	4,6	5,0
Удельный объем, см <sup>3</sup> /100 г	195,0	198,0
Пористость, %	55,0	57,0
Крошковатость, %	3,6	2,5
Удельная набухаемость, см <sup>3</sup>	235,0	262,4
Внешний вид: форма	Правильная, соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка	
поверхность	Слегка шероховатая, без подрывов и трещин	
цвет	Золотисто – коричневый	
Состояние мякиша: пористость	Развитая, без уплотнений	
пропеченность	Пропеченный, не заминающийся	
Вкус и запах	Свойственный хлебу из биоактивированного зерна пшеницы, без постороннего привкуса и запаха	

Выявлено, что содержание антиоксидантов в хлебе «Элит» было на 9,3 % больше, чем в хлебе «Лучик» и составляло 18,3 мг /100 г. Известно, что хлеб из биоактивированного зерна содержит в достаточном количестве витамины группы В и витамин Е, минералы (железо, цинк, селен), антиоксиданты, растительные эстрогены и другие полезные элементы.

Максимальная антиоксидантная активность хлеба «Элит» объясняется наличием в его рецептуре муки из жмыха зародышей пшеницы, содержащей по сравнению с биоактивированным зерном пшеницы в три раза больше токоферола, обладающего антиоксидантным действием.

Результаты определения уровня глюкозы в крови представлены на рисунке 1. Установлено, что через 30 мин после употребления хлеба «Лучик» содержание глюкозы в крови составляло 5,4 мм/л, хлеба «Элит» – 5,8 мм/л. Через 90 мин данное значение для хлеба «Лучик» было равным – 5,2 мм/л, хлеба «Элит» – 5,5 мм/л. Из рисунка 1 видно, что при употреблении контрольного и опытного образцов повышение уровня глюкозы в крови происходило более плавно по сравнению с чистой глюкозой.

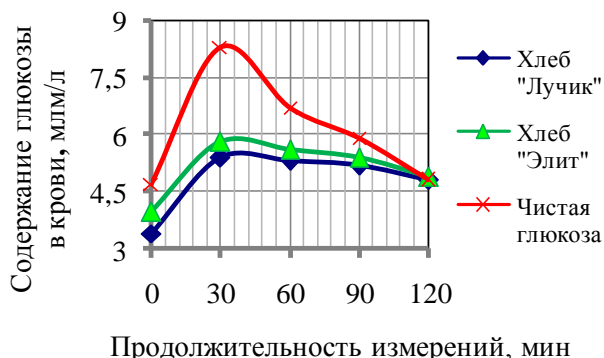


Рисунок 1. Изменение уровня глюкозы в крови после употребления продукта

Выявлено, что самое высокое значение гликемического индекса наблюдалось у хлеба «Элит» (70 %), у хлеба «Лучик» оно составляло 65 %.

Более высокий уровень гликемического индекса у хлеба «Элит» объясняется тем, что мука из жмыха пшеничных зародышей, идущая взамен части биоактивированного зерна пшеницы при приготовлении теста, характеризуется меньшим размером частиц и содержит больше моно- и дисахаридов. В результате чего, несмотря на достаточное содержание

пищевых волокон, в организм поступает большее количество усвояемых углеводов.

Исследования перевариваемости образцов показали, что гидролиз белковых веществ мякиша хлеба «Лучик» под действием пищеварительных ферментов *in vitro* проходил медленнее, и после 6 ч конечная концентрация аминокислоты тирозина в нем была меньше на 20,3 %, чем в хлебе «Элит» (рисунок 2). Это объясняется меньшим размером частиц используемой муки из пшеничных зародышей, что обуславливает лучшую перевариваемость и усвояемость белков.

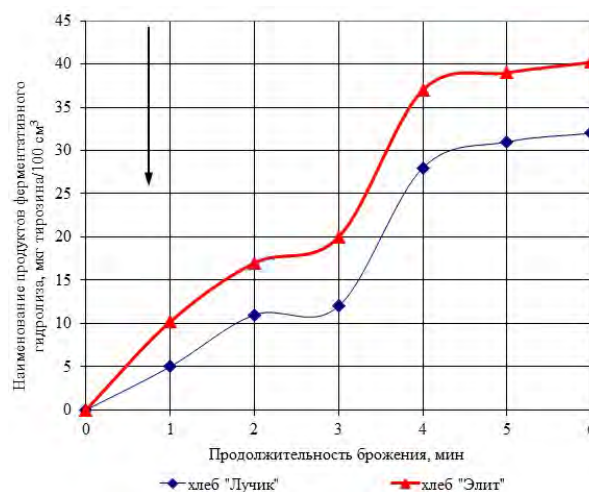


Рисунок 2. Перевариваемость белков хлеба из биоактивированного зерна пшеницы системой пепсин – трипсин (стрелкой указан момент введения трипсина)

Результаты проведенных исследований показали, что продукты переработки зародышей пшеницы, а именно мука из жмыха пшеничных зародышей способствовала получению полуфабрикатов и готовых изделий улучшенного качества. Хлеб «Элит» содержит больше антиоксидантов, обладает лучшей перевариваемостью белков, большим гликемическим индексом по сравнению с контрольным образцом.

Предложенная технология приготовления зернового хлеба «Элит» является перспективной, способствует экономии основного сырья, вовлечению в хозяйственный оборот вторичных ресурсов мукомольного производства. Кроме того, разработанные изделия обладают диетической и лечебно-профилактической направленностью.

ЛИТЕРАТУРА

1 Об отраслевой программе «Развитие мукомольно-крупяной промышленности Российской Федерации на 2014-2016 г.» // Хлебобпродукты. 2014. № 7. С. 5-6.

2 Пономарева Е. И., Алехина Н. Н., Журавлева И.А. Разработка способа получения закваски спонтанного брожения из биоактивированного зерна пшеницы // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 2. С. 21–25.

3 Пат. № 2013107452, RU, С 1 А 21/D 13/02. Способ производства зернового хлеба / Пономарева Е.И., Алехина Н.Н., Журавлева И.А. № 2013107452/1; Заявл. 20.02.2013; Опубл. 10.08.201, Бюл. № 2.

4 Санина Т. В., Магомедов Г. О., Алехина Н. Н. и др. Хлеб из биоактивированного зерна пшеницы. Воронеж: ВГТА. 2008. 172 с.

1 On sectoral program "Development of the milling industry of the Russian Federation on the 2014-2016 year". *Khleboprodukty*. [Bakery], 2014, no. 7, pp. 5-6. (In Russ.).

2 Ponomareva E.I., Alekhina N.N., Zhuravleva I.A. Process for the preparation of the leaven of spontaneous fermentation of bioactivated wheat. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyra*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2013, no. 2, pp. 21-25. (In Russ.).

3 Ponomareva E.I., Alekhina N.N., Zhuravleva I.A. Sposob proizvodstva zernovogo khleba [A method of production of corn bread]. Patent RF, no. 2013107452, 2013. (In Russ.).

4 Sanina T.V, Magomedov G.O., Alekhina N.N. et al. Khleb iz bioaktivirovannogo zerna pshenitsy [Bioactivated bread from wheat.]. Voronezh, VGTA, 2008.172 p. (In Russ.).

# Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология

---

УДК 543.054.22

Доцент Н.Я. Мокшина

(ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина») кафедра физики и химии,  
E-mail: moksna@mail.ru

преподаватель А.А. Бычкова

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) факультет среднего профессионального образования.  
тел. (473) 255-07-62  
E-mail: rusalka\_anna@mail.ru

доцент О.А. Пахомова

(Елецкий государственный университет им. И.А.Бунина) кафедра химии и экологии  
E-mail: pakhomchik@mail.ru

Associate Professor N.Ia. Mokshina

(Air Force Academy), Department of Physics and Chemistry,  
E-mail: moksna@mail.ru

lecturer A.A. Bychkova

(Voronezh State University of Engineering Technology) Faculty of secondary vocational education  
E-mail: rusalka\_anna@mail.ru

associate Professor O.A. Pakhomova

(Bunin Yelets State University) Department of Chemistry and Ecology  
E-mail: pakhomchik@mail.ru

## Экстракция ароматических аминокислот поли-N-винилпирролидоном-3500

## Extraction of aromatic amino acids by poly-N-vinylpyrrolidone-3500

Реферат. Изучена экстракция фенилаланина, тирозина и триптофана из водно-солевых растворов водорастворимым полимером – поли-N-винилпирролидоном с молекулярной массой 3500. В идентичных условиях получены количественные характеристики экстракции, разработана общая схема анализа. Изучено влияние соотношения объемов водной и органической фаз на степень извлечения фенилаланина, триптофана и тирозина. Проанализирована зависимость вязкости раствора полимера и скорости расщепления систем от молекулярной массы экстрагента и его концентрации. Установлено, что изученные ароматические аминокислоты наиболее полно извлекаются раствором ПВП-3500 с концентрацией 0,12 г/см<sup>3</sup> при соотношении равновесных объемов водной и органической фаз 10:4. Оптимизированы условия для практически полного извлечения фенилаланина, тирозина и триптофана из водно-солевых растворов. Разработана методика экстракционно-спектрофотометрического определения ароматических аминокислот в водном растворе. На основании максимумов светопоглощения предложена схема взаимодействия ПВП-3500 с извлекаемыми веществами. Разработанная нами методика характеризуется экспрессностью (продолжительность анализа 30 – 40 мин), точностью (относительная погрешность в пределах 7 %), экологичностью (отсутствие токсичных и вреднодействующих экстрагентов, «зеленая экстракция»). Изученные экстракционные системы применимы для практически полного извлечения фенилаланина, тирозина и триптофана из водных растворов.

Summary. The extraction of phenylalanine, tyrosine and tryptophan from aqueous salt solutions by water soluble polymer - poly-N-vinylpyrrolidone having a molecular weight of 3,500 has been studied. Under identical conditions set quantitative characteristics extraction has been established, general scheme of analysis has been developed. Effect the volume ratio of aqueous and organic phases to the recovery of phenylalanine, tryptophan and tyrosine has been studied. The dependence of solution viscosity of the polymer and the speed of lamination systems the molecular weight and concentration of the extractant has been set. It was established that the most studied aromatic amino fully extracted solution of PVP-3500 at a concentration of 0,12 g/cm<sup>3</sup>, while the ratio of the equilibrium amounts of aqueous and organic phases 10:4. Optimized conditions for the almost complete extraction of phenylalanine, tyrosine and tryptophan from aqueous salt solutions. The technique of extraction-spectrophotometer determination of aromatic amino acids in aqueous solution. Based high proposed scheme of interaction with PVP-3500 extractable substances. We have developed a technique characterized by express (analysis time 30 - 40 min), accuracy (relative error within 7%), ecology (and lack of toxic extragents "green extraction"). Learned extraction systems applicable to practically complete extraction of phenylalanine, tyrosine and tryptophan from aqueous solutions.

*Ключевые слова:* аминокислоты, экстракция, спектрофотометрический анализ.

*Keywords:* amino acids, extraction, spectrophotometry analysis.

© Мокшина Н.Я., Бычкова А.А., Пахомова О.А., 2014



Ароматические аминокислоты участвуют во всех жизненных процессах наряду с нуклеиновыми кислотами, углеводами и липидами. Потребность в значительных количествах незаменимых аминокислот и общеукрепляющих, оздоровительных, питательных добавок на их основе неуклонно возрастает в связи с их широким применением в биохимии, пищевой и медицинской промышленности и сельском хозяйстве, а также при исследовании растительных и животных тканей [1-3].

Сложности возникают при исследовании культуральных сред и аминокислотных препаратов, представляющих собой многокомпонентные системы, содержащие большое количество примесных и балластных веществ. В таких системах затруднено препаративное разделение и концентрирование ароматических аминокислот. Это приводит к ограничению возможностей применения хроматографических и спектральных методов анализа.

Перспективным направлением в решении такой задачи является использование в экстракционных системах водорастворимых высокомолекулярных соединений [4].

В последние годы химия поли-N-виниламидов интенсивно развивается и интегрируется во многие области науки, включая медицину и биотехнологию. Водорастворимость, биосовместимость, нетоксичность, термочувствительность в водных растворах и высокая комплексообразующая способность – такие свойства поли-N-виниламидов определяют перспективы их практического применения.

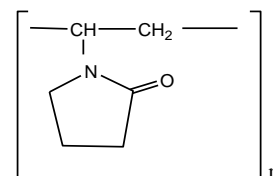
Известно, что двухфазные водные системы на основе водорастворимых полимеров наиболее полно удовлетворяют требованиям, предъявляемым к экстракционным системам. Водорастворимые полимеры, как правило, нетоксичны, нелетучи, легко доступны и обладают повышенной комплексообразующей способностью по отношению ко многим биологически активным веществам [5].

Высокая экстрагирующая эффективность таких систем позволяет применять их для пробоподготовки широкого круга объектов – лекарственных препаратов сложного состава, пищевых продуктов, кормов, экстрактов биологических жидкостей.

Цель исследования – изучение экстракции фенилаланина, тирозина и триптофана поли-N-винилпирролидоном-3500, установление общих характеристик процесса.

Изучено извлечение фенилаланина, тирозина и триптофана из водных растворов поли-N-винилпирролидоном-3500.

ПВП-3500 – аморфный полимер белого цвета, легко растворим в воде, хлороформе, этиловом спирте, практически нерастворим в ароматических углеводородах и кетонах.



поли-N-винилпирролидон

Взаимодействует со многими низко- и высокомолекулярными соединениями в водных растворах, способен к комплексообразованию с разными органическими и неорганическими веществами. Эта способность расширяет области практического применения полимера в различных отраслях [6].

Жидкостная двухфазная система получена на основе водного раствора полиэлектролита и высаливателя. При этом одна из фаз насыщается полимером, вторая – солью.

После экстракционного извлечения и разделения органических соединений, как правило, проводят анализ водного концентрата различными физико-химическими методами. Для установления количества, чистоты и подлинности различных органических соединений в растворах применяется УФ-спектроскопия.

Спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре DR-5000 (кварцевая кювета, толщина светопоглощающего слоя 1 см).

Общую последовательность операций анализа можно представить следующей схемой (рисунок 1).

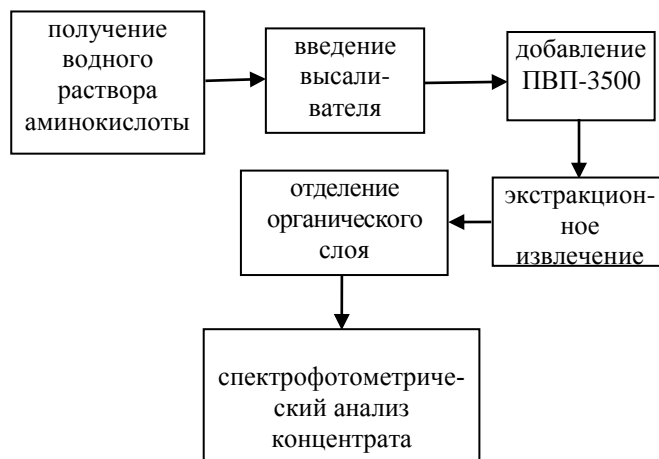


Рисунок 1. Схема анализа и определения аминокислот

В идентичных условиях установлены коэффициенты распределения ( $D$ ), рассчитана степень извлечения ( $R$ , %).

Разработана методика экстракционного извлечения ароматических аминокислот с последующим спектрофотометрическим определением аналитов.

Навеску фенилаланина, тирозина и триптофана фармакопейной чистоты с массами соответственно 0,035 г, 0,0075 г и 0,0035 г отбирали на аналитических весах, помещали в мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup> и доводили до метки насыщенным раствором высаливателя.

В качестве высаливателя применяли сульфат аммония. Этот электролит оказывает наибольшее высаливающее действие по отношению к ароматическим аминокислотам, значительно повышает количественные характеристики экстракции (коэффициент распределения  $D$  и степень извлечения  $R$ , %).

Для экстракционного извлечения фенилаланина, тирозина и триптофана применяли карбоцепный полимер поли-N-винилпирролидон (ПВП) со средневязкостной молекулярной массой 3500.

В градуированные пробирки с пришлифованными пробками помещали 10 см<sup>3</sup> раствора аминокислоты, 4 см<sup>3</sup> водного раствора полимера ( $C = 0,12$  г/см<sup>3</sup>) и экстрагировали 10 минут на вибросмесителе. Этого времени достаточно для установления межфазного равновесия. Для ускорения расслаивания системы экстракты центрифугировали при 1500 об/мин в течение 15 минут. Температурный интервал при экстракции устанавливали на уровне  $21 \pm 1$  °C (термостат ТВ-20-ПЗ).

Концентрацию индивидуальных аминокислот после экстракции рассчитывали на основании данных спектрофотометрического определения при соответствующих длинах волн.

В водном растворе поли-N-виниламиды и вода образуют полимерный комплекс, каждая >C=O группа капролактамового или пирролидинового кольца ассоциируется с молекулами воды. Образующийся гидратный слой вблизи полимерной цепи состоит из 4-х молекул воды и 2-х звеньев полимера [7].

Изучена экстракция фенилаланина, тирозина и триптофана из водного раствора сульфата аммония (ранее установлено, что в присутствии этого высаливателя достигаются максимальные экстракционные характеристики витаминов) поли-N-винилпирролидоном [8]. Максимальные экстракционные характеристики аминокислот в присутствии сульфата аммония обусловлены вытеснением сульфат-ионами воды из гидратного слоя полимера.

Установлено, что на степень извлечения фенилаланина, триптофана и тирозина значительное влияние оказывает соотношение объемов водной и органической фаз ( $f$ ) вследствие их высокой взаимной растворимости фаз (рисунок 2). Зависимость степени извлечения тирозина в системах с ПВП-3500 от соотношения объемов равновесных фаз свидетельствует о наибольшей эффективности систем со значением  $f$  10:4.

Вязкость раствора полимера и скорость расслаивания с растворами солей зависят от молекулярной массы полимера и его концентрации в системе. Концентрация полимера изменялась в интервале 0,05–0,15 г/см<sup>3</sup>. Предварительные исследования показали, что при увеличении концентрации выше 0,15 г/см<sup>3</sup> образуются ассоциаты полимера, при этом освобождается связанная вода, которая переходит в равновесную водно-солевую фазу.

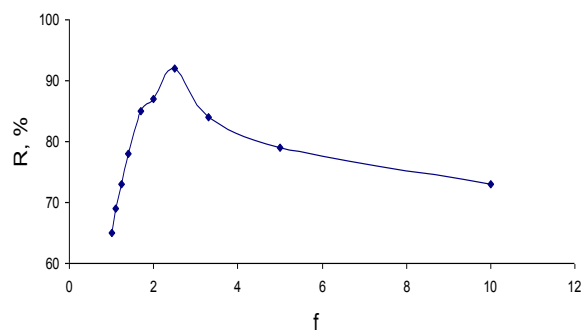


Рисунок 2. Зависимость степени извлечения тирозина от соотношения объемов равновесных фаз при экстракции ПВП-3500 в присутствии сульфата аммония

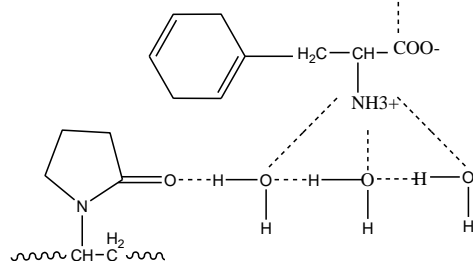
В результате соотношение объемов равновесных фаз остается постоянным и коэффициенты распределения витаминов с увеличением концентрации полимера свыше 0,15 г/см<sup>3</sup> возрастают незначительно.

Максимальные экстракционные характеристики аминокислот достигаются при концентрации ПВП-3500 0,12 г/см<sup>3</sup>.

Приводим экстракционные характеристики фенилаланина, тирозина и триптофана в системах с поли-N-винилпирролидоном при различной концентрации модельных растворов аминокислот (таблица 1).

Максимальная степень извлечения фенилаланина при однократной экстракции в присутствии сульфата аммония – 90 %, триптофана – 94 %, тирозина – 92%. Очевидно, на межфазное распределение аминокислот существенное влияние оказывает строение их молекул, наличие в структурах функциональных групп, способных образовывать внутри- и межмолекулярные водородные связи.

Образование комплекса полимера с аминокислотой происходит за счет водородных связей между атомом кислорода полимера (неспаренная пара электронов) и атомом водорода в структуре аминокислоты через «мостик» воды [8]:

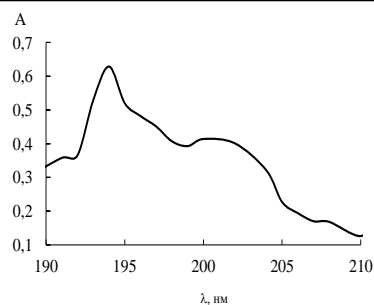


Т а б л и ц а 1

Экстракционные характеристики при извлечении фенилаланина, триптофана и тирозина ПВП-3500 при различной концентрации аминокислот  $f = 10:4$ ;  $n = 4$ ;  $P = 0,95$

C, мг/см <sup>3</sup>	D	R, %
Фенилаланин		
0,10	12± 1,2	81
0,15	13± 0,8	84
0,20	10± 2,3	80
0,25	14± 1,8	85
0,30	18± 0,9	88
<b>0,35</b>	<b>23± 1,4</b>	<b>90</b>
0,40	17± 2,7	87
0,45	13± 3,1	84
0,50	17± 2,9	87
Триптофан		
0,05	17± 1,3	87
0,055	19± 2,2	88
0,060	19± 2,2	88
0,065	25± 3,1	91
0,070	28± 1,2	92
<b>0,075</b>	<b>36± 2,1</b>	<b>94</b>
0,080	30± 2,5	93
0,085	28± 2,9	92
0,090	31± 1,8	93
Тирозин		
0,005	14± 1,4	85
0,010	12± 1,6	83
0,015	17± 1,8	87
0,020	15± 2,1	86
0,025	18± 1,5	88
0,030	21± 2,3	89
<b>0,035</b>	<b>28± 2,3</b>	<b>92</b>
0,040	25± 1,7	91
0,045	23± 2,4	90

Для количественного определения аминокислот в водных растворах и органической фазе предварительно построены спектральные характеристики полимера (рисунок 3) и водного раствора аминокислот (рисунок 4).

Рисунок 3. УФ-спектр светопоглощения поли-N-винилпирролидона;  $\lambda_{\max} = 194$  нм

На основании максимумов светопоглощения можно предположить, что при взаимодействии ПВП-3500 с ароматическими аминокислотами образуются комплексы, оптические свойства которых отличаются от исходных компонентов [9].

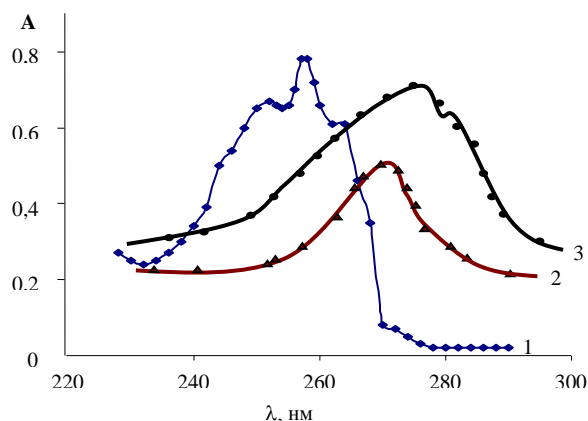


Рисунок 4. УФ-спектры светопоглощения фенилаланина (1), тирозина (2) и триптофана (3) в водном растворе

На УФ-спектрах светопоглощения систем ПВП-3500 и аминокислот в совместном присутствии проявляются максимумы светопоглощения индивидуальных компонентов (рисунок 5).

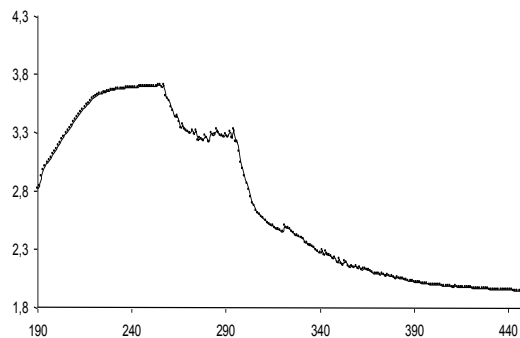


Рисунок 5. УФ-спектр светопоглощения смеси триптофан - поли-N-винилпирролидон

На межфазное распределение и эффективность экстракции ароматических аминокислот влияет молекулярная масса полимера, в зависимости от которой аминокислоты после экстракции содержатся в разных фазах [10].

Установлено, что применение полимера с меньшей молекулярной массой приводит к более высоким экстракционным характеристикам, поэтому в предлагаемых нами системах достигает-

ся практически полное извлечение ароматических аминокислот при однократной экстракции.

Минимально определяемые концентрации фенилаланина, тирозина и триптофана в водных растворах по предлагаемой методике экстракционного извлечения находятся в интервале 0,005 – 0,5 мг/см<sup>3</sup>, относительная погрешность не превышает 7 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Комов В.П., Шведова В.Н. Биохимия. М.: Дрофа, 2004. 638 с.

2 Абросимов В.К. Биологически активные вещества в растворах: структура, термодинамика, реакционная способность. М.: Наука, 2001. 403 с.

3 Будников Г.К., Зиятдинова Г.К. Антиоксиданты как объекты биоаналитической химии // Журнал аналитической химии. 2005. Т. 60. № 7. С. 678 – 691.

4 Шкинев В.М., Мокшина Н.Я., Хохлов В.Ю., Спиваков Б.Я. Экстракция биологически активных веществ в двухфазных водных системах на основе поли-*n*-винилпирролидона // Доклады академии наук. 2013. Т. 448. № 4. С. 1–3.

5 Мокшина Н.Я. Экстракция аминокислот и витаминов. Воронеж: ВГТА, 2007. 246 с.

6 Кузнецов В.А. Синтез и радикальная полимеризация циклических *N*-виниламидов: дис. ... канд. хим. наук. М.: Моск. гос. академия тонкой хим. технологии им. М.В. Ломоносова, 1998. 143 с.

7 Кириш Ю.Э. Поли-*N*-винилпирролидон и другие поли-*N*-виниламиды. М.: Наука, 1998. 252 с.

8 Мокшина Н.Я. Экстракция и определение ароматических  $\alpha$ -аминокислот и водорастворимых витаминов – закономерности и новые аналитические решения: дис. ... д-ра хим. наук. Краснодар: КГУ, 2007. 328 с.

9 Чурилина Е.В., Шаталов Г.В., Коренман Я.И., Суханов П.Т. Применение водорастворимых поли-*N*-виниламидов для извлечения и концентрирования антоцианового красителя из водных сред // Журнал прикладной химии. 2008. Т. 81. № 4. С. 690 – 692.

10 Мокшина Н.Я., Быковский Д.В., Шаталов Г.В., Пахомова О.А. Общая методология межфазного распределения аминокислот и водорастворимых витаминов в разнохарактерных экстракционных системах // Конденсированные среды и межфазные границы. 2013. Т. 15. № 4. С. 423–427.

#### REFERENCES

1 Komov V.P., Shvedova V.N. Biokhimiia [Biochemistry]. Moscow, Drofa, 2004. 638 p. (In Russ.).

2 Abrosimov V.K. Biologicheski aktivnye veshchestva v rastvorakh: struktura, termodinamika, reaktsionnaia sposobnost' [Biologically active substances in solutions: structure, thermodynamics, reaction ability]. Moscow, Nauka, 2001. 403 p. (In Russ.).

3 Budnikov G.K., Ziatdinova G.K. Antioxidants as objects bioanalytical chemistry. *Zhurnal analiticheskoi khimii*. [J. Analyt. chemistry], 2005 vol. 60, no. 7, pp. 678 - 691. (In Russ.).

4 Shkinev V.M., Mokshina N. Ia., Khokhlov V.Iu., Spivakov B. Ia. Extraction of biologically active substances in two-phase water systems based on poly-*n*-vinylpyrrolidone. [Reports of the Academy of Sciences], 2013, vol. 448, no. 4. p. 1-3. (In Russ.).

5 Mokshina N.Ia. Ekstraktsiia aminokislot i vitaminov [Extraction of amino acids and vitamins]. Voronezh, VGTA, 2007. 246 p. (In Russ.).

6 Kuznetsov V.A. Sintez i radikal'naia polimerizatsiia tsiklicheskich *N*-vinilamidov. Dis. kand. khim. nauk [Synthesis and radical polymerization of cyclic *N*-vinylamides. Cand. chem. sci. dis.]. Moscow, 1998. 143 p. (In Russ.).

7 Kirsh Iu.E. Poli-*N*-vinilpirolidion i drugie poli-*N*-vinilamidy [Poly-*N*-vinyl pyrrolidone, and other poly-*N*-vinylamides]. Moscow, Nauka, 1998. 252 p. (In Russ.).

8 Mokshina N.Ia. Ekstraktsiia i opredelenie aromatischeskich al'fa-aminokislot i vodorastvorimyykh vitaminov - zakonomernosti i novye analiticheskie resheniia. Dis. dokt. khim. nauk. [Extraction and determination of aromatic  $\alpha$ -amino acids, and water-soluble vitamins and new analytical solution. Doc. chem. sci. dis.]. Krasnodar, KGU, 2007. 328 p. (In Russ.).

9 Churilina E.V., Shatalov G.V., Korenman Ia.I., Sukhanov P.T. Application moderatori made of poly-*N*-vinylamides to extract and con-centering anthocyanin dye from water-governmental media. *Zhurnal prikladnoi khimii*. [J. appl. chemistry], 2008, vol. 81, no. 4, pp. 690 - 692. (In Russ.).

10 Mokshina N. Ia., Bykovskii D.V., Shatalov G.V., Pakhomova O.A. General methodology of interphase distribution of amino acids, and water-soluble vitamins in diverse extraction systems. *Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granitsy*. [Condensed media and interface boundaries], 2013, vol. 15, no. 4, pp. 423-427. (In Russ.).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания.

УДК 678.762.2

К.т.н. Н.С. Никулина

(Воронежский институт ГПС МЧС России) кафедра пожарной безопасности технологических процессов

профессор С.С. Никулин

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии органического синтеза и высокомолекулярных соединений. тел. (473)249-60-24

E-mail: nikulin\_sergey48@mail.ru

PhD N.S.Nikulina

(Federal state budget educational establishment the voronezh institute of state firefighting service of ministry of russian federation for civil defence, emergencies and elimination of consequences of natural disasters) Department of fire safety process

professor S.S. Nikulin

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of technology of organic synthesis and macromolecular compounds. phone (473) 249-60-24

E-mail: nikulin\_sergey48@mail.ru

## **Бромирование 4-винилциклогексена и применение полученного продукта для повышения огнезащитных свойств древесины**

### **Bromination of 4-vinylcyclohexane and applying the resulting product to improve the flame retardant properties of wood**

Реферат. В настоящее время спрос на древесину непрерывно возрастает. Древесина и изделия на её основе считаются наиболее востребованными в строительной индустрии, мебельной промышленности, в качестве отделочных материалов и др. Однако наряду с положительными особенностями данного материала есть и отрицательные факторы, к которым относятся малая стойкость к биологическому разрушению, к действию высоких температур, огнестойкость. Древесина и материалы на её основе являются самыми горючими, а их пожарная безопасность характеризуется скоростью распространения огня по деревянной конструкции. Он способен уничтожить ее в считанные минуты. Поэтому деревянные элементы дома обязательно нужно защитить от огня. В связи с этим необходима огнезащита дерева. Она заключается в обработке древесины огнезащитными составами. Основные противопожарные методы – это пропитка древесины антипиреновыми составами, окраска противопожарной краской, а также конструктивные способы – изоляция древесины негорючими составами, способными сопротивляться огню. В работе бромированием 4-винилциклогексена, образующегося в качестве побочного продукта на предприятиях нефтехимической промышленности, в хлороформе синтезировано соединение с содержанием брома 62-64 % и показана возможность использования данного продукта для получения антипиренирующего состава. Установлено, что применение для защитной обработки древесины синтезированного бромсодержащего антипирена показало, что данный продукт может быть использован для защитной обработки натуральной древесины с целью придания ей огнезащитных свойств. Использование в качестве антипиренирующих составов бромсодержащих продуктов на основе 4-винилциклогексена позволяет получить образцы древесины первой группы огнезащитной эффективности.

Summary. Currently, the demand for timber is increasing. Wood and products on its basis are considered to be the most popular in the construction industry, furniture industry, as building materials and other. However, along with the positive features of this material there are also negative factors, which include low resistance to biological degradation, high temperature, resistance. Wood and materials based on it are the most flammable, and fire safety is characterized by the velocity of propagation of fire on the wooden structure. He is able to destroy it in a matter of minutes. So the wooden house elements must be protected from fire. It was therefore necessary for the fire protection of wood. It is in the handling of wood with flame retardants. Basic fire fighting methods is the impregnation of wood antipyrine composition, painting fire paint and constructive ways - insulation of timber, non-combustible compositions which can resist the fire. In the work of brominated 4-vinylcyclohexane formed as a by-product in the petrochemical industry, in chloroform synthesized compound with bromine 62-64 % and the possibility of using this product to get antiferromag composition. It is established that the application for the protective treatment of wood synthesized flame retardant has shown that this product can be used for the protective treatment of natural wood to make it flame retardant properties. Use as antiperiodic compositions bromodomain based products 4-vinylcyclohexane allows to obtain images of wood first group of flame retardant efficiency.

Ключевые слова: 4-винилциклогексен, бромирование, пропитка, древесина, показатели.

Keywords: 4 vinylcyclohexane, bromination, impregnation, wood, indicators.

В настоящее время спрос на изделия и композиции из древесины непрерывно возрастает. Переработка и использование древесины и изделий на её основе отмечается особенно в таких индустриально развитых странах как Китай, Германия, Польша, Канада, Чехия, США и др. Это связано с тем, что древесина и изделия на её основе считаются наиболее востребованными в строительной индустрии, мебельной промышленности, в качестве отделочных материалов и др. Помимо этого древесина ценится своей экологичностью, практичностью и красивой природной текстурой. Именно поэтому изделия из массива древесины, особенно если это древесина твёрдолиственных ценных пород (орех, клён, ясень, дуб, бук, граб), всегда считались элементами роскоши, символом благосостояния, уюта и тепла [1, 2].

Однако наряду с положительными особенностями данного материала есть и отрицательные факторы, к которым относятся малая стойкость к биологическому разрушению, к действию высоких температур, огнестойкость.

Древесина и материалы на её основе являются самыми горючими, а их пожарная опасность характеризуется скоростью распространения огня по деревянной конструкции. Огонь – это самый коварный враг древесины. Он способен уничтожить ее в считанные минуты, и поэтому деревянные элементы дома обязательно нужно защитить от огня. В связи с этим необходима огнезащита дерева. Она заключается в переводе древесины в трудносгораемые материалы. Стоит отметить, что абсолютно эффективной защиты от огня не существует. Речь идет только об увеличении времени сопротивляемости древесины огню для того, чтобы можно было эвакуироваться из здания и потушить пожар. Основные противопожарные методы – это пропитка древесины антипиреновыми составами, окраска противопожарной краской, а также конструктивные способы – изоляция дерева негорючими материалами, способными сопротивляться огню.

В то же время в различных отраслях промышленности образуется значительное количество отходов, часть из которых и до настоящего времени складываются на предприятиях, не перерабатываются, сжигаются или вывозятся в отвал, нанося при этом непоправимый экологический ущерб [3, 4]. Отсутствие переработки и использования вторичных материалов приводит к безвозвратной потере ценного углеводородного сырья.

Решение этих задач непосредственно связано с переработкой и использованием различных промышленных отходов. Получаемые продукты на их основе могут полностью или ча-

стично заменить дорогостоящее первичное углеводородное сырьё и могут найти применение в композиционных составах различного назначения для улучшения свойств промышленных материалов, таких как древесина и древесные композиционные материалы. Разработка новых технологий использования вторичного сырья способствует увеличению производительности процессов, более полному и экономичному использованию дорогостоящего сырья, расширению ассортимента выпускаемой продукции.

Поэтому разработка и внедрение в производство новой продукции и соответственно новых технологий должно базироваться в первую очередь на экологически проработанных системах, предусматривающих широкое использование вторичного сырья, некондиционной продукции и отходов производств.

Цель работы – бромирование 4-винилциклогексена – побочного продукта нефтехимической промышленности для получения антипиренирующего состава с целью повышения огнестойкости древесины и материалов на её основе.

Процесс получения пропитывающего состава состоял из двух этапов. На первом этапе: в четырехгорловую колбу, снабженную мешалкой, термометром, холодильником и капельной воронкой помещали раствор 4-винилциклогексена в хлороформе. Отдельно готовили расчетное количество брома в хлороформе. Полученный раствор брома в хлороформе переливали в капельную воронку и при непрерывном перемешивании подавали на смешение с 4-винилциклогексеном. Подачу брома осуществляли по каплям с такой скоростью, чтобы температура реакционной массы не поднималась выше 30 °С. Кроме этого смешение продуктов осуществляли при работающем обратном холодильнике, что в случае повышения температурного режима и испарения брома и отхода будет способствовать их конденсации в холодильнике и возвращению назад в зону реакции. После введения расчетного количества брома перемешивание продолжали еще в течение 1 часа для завершения реакции и повышения выхода бромированного продукта. На втором этапе осуществляли отгонку не присоединенного брома, 4-винилциклогексена и растворителя. Бромированный продукт получали с выходом 79-82 %, содержание брома 62-63 %. Таким образом, на основе содержания брома в синтезированном продукте можно сделать вывод, что он содержит смесь ди- и тетрабром производные на основе 4-винилциклогексена. В дальнейшем полученный продукт испытывали в качестве антипиренирующего компонента для защитной обработки древесины.



Для испытания использовали образцы древесины сосны с сечением 30×60 мм и длиной 150 мм. Состав наносили на поверхность при помощи кисти. Глубина пропитки составила 2 мм. Расход полученного состава составил 104 г/м<sup>2</sup>. Полученные образцы древесины по декоративным (текстура и цвет) свойствам напоминали такие ценные породы древесины как дуб и каштан.

Оценку огнезащитной эффективности определяли по разнице масс до и после испытания [5]. За результат испытания принимали среднеарифметическое значение, полученное при проведении не менее 10 определений и округленное до целого значения, выраженного в процентах.

По результатам испытания устанавливают группу огнезащитной эффективности испытанного состава.

При потере массы не более 9 % для состава устанавливают I группу огнезащитной эффективности.

При потере массы более 9 %, но не выше 25 %, для состава устанавливают II группу огнезащитной эффективности.

При потере массы более 25 % считают, что данное средство состава не обеспечивает огнезащиту древесины и не является огнезащитным.

На рисунке 1 показана сравнительная характеристика полученного состава в сравнении с широко используемыми в настоящее время составами.

Установлено, что древесина, обработанная синтезированным составом относится к I группе огнезащитной эффективности (потеря масс до 9 %). Таким образом, получен-

ный положительный результат свидетельствует о возможности использования отходов для получения антипиренирующих составов и о перспективах более детальных и дальнейших исследований.

Применение для защитной обработки древесины синтезированного бромсодержащего антипирена показало, что данный продукт может быть использован для защитной обработки древесины с целью придания ей огнезащитных свойств.

Использование в качестве антипиренирующих составов бромсодержащих продуктов на основе 4-винилциклогексена позволяет получить образцы древесины первой группы огнезащитной эффективности.

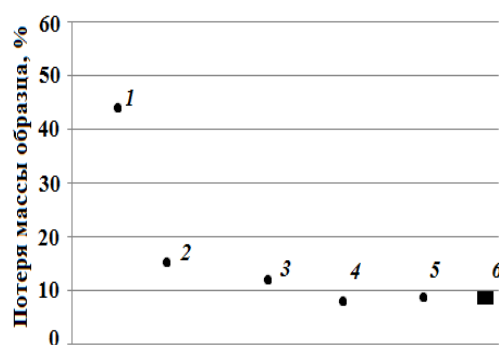


Рисунок 1. Сравнительная характеристика полученного состава в сравнении с широко используемыми в настоящее время составами:

1 – древесина необработанная; 2 – состав «Негорин»; 3 – состав «Пирилакс»; 4 – состав «МПВО»; 5 – состав «Огракс-В-СК»; 6 – древесина пропитанная составом на основе бромированного 4-винилциклогексена

## ЛИТЕРАТУРА

1 Никулина Н.С., Шамаев В.А., Медведев И.Н. Модифицирование древесины. М.: Наука: Флинта, 2013. 448 с.

2 Шамаев В.А. Модификация древесины. М.: Экология, 1991. 128 с.

3 Никулина Н.С. и др. Применение низкомолекулярных сополимеров на основе побочных продуктов производства полибутадиена с низким содержанием стирола как модификаторов древесноволокнистых плит // Химическая промышленность сегодня. 2005. № 2. С. 22-26.

4 Никулина Н.С., Никулин С.С., Седых В.А. Пластификация полибутадиена олигомером, полученным на основе побочных продуктов производства растворного каучука // Химическая технология. 2012. № 4. С. 210-215.

5 НПБ 251-98 «Огнезащитные средства и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний».

## REFERENCES

1 Nikulina N.S., Shamaev V.A., Medvedev I.N. Modifitsirovanie drevesiny [Modification of wood]. Moscow, Nauka: Flinta, 2013. 448 p. (in Russ.).

2 Shamaev V.A. Modifikatsiia drevesiny [Modification of wood]. Moscow, Ekologiya, 1991. 128 p. (In Russ.).

3 Nikulina N.S. et al. The use of low molecular weight ethylene-based byproducts of polybutadiene having a low styrene content as modifiers fiberboards. *Khimicheskaya promyshlennost' segodnya*. [Chemical industry today], 2005, no. 2. pp. 22-26. (In Russ.).

4 Nikulina N.S., Nikulin S.S., Sedykh V.A. Plasticization polybutadiene oligomer obtained on the basis of industrial byproducts mortar rubber. *Khimicheskaya tekhnologiya*. [Chemical engineering], 2012, no. 4, pp. 210-215. (In Russ.).

5 NPB 251-98 Oгнеzashchitnye sredstva i veshchestva dlia drevesiny i materialov na ee osnove. Obshchie trebovaniia. metody ispytani. [NAS 251-98 "Fire tools and substances for wood and materials based on it. General requirements. Test methods"]. (In Russ.).

УДК 678.062.5

Профессор О.В. Карманова, соискатель Д.Н. Муромцев

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров. тел. (473) 249-92-37, +7 930-401-32-09

E-mail: karolga@mail.ru

профессор С.Я. Пичхидзе

(Саратов. гос. техн. ун-т. им. Ю.А. Гагарина) кафедра биотехнических и медицинских аппаратов и систем. тел. +7 927-278-16-55

E-mail: serg5761@yandex.ru

Professor O.V. Karmanova, competitor D.N. Muromtsev

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of chemistry and chemical technology organic compounds and polymer processing. phone (473) 249-92-37, +7 930-401-32-09

E-mail: karolga@mail.ru

professor S.Ia. Pichkhidze

(Saratov state technical university named after Yuri Gagarin) Department of biotech and medical devices and systems. phone +7 927-278-16-55

E-mail: serg5761@yandex.ru

## **Влияние параметров смешения на реологические и внешневидовые характеристики резиновых смесей неформовых профилей**

## **Influence of mixing parameters on the rheological and surface appearance characteristics of rubber compounds unshaped profiles**

Реферат. Исследовано влияния степени диспергирования технического углерода на реологические и внешневидовые характеристики резиновых смесей на основе этиленпропиленового каучука СКЭПТ-50. Образцы неформовых резиновых смесей получены с применением резиносмесителя Farrel BR1600, испытания проводили на анализаторе перерабатываемости резин RPA2000, экструдер холодного питания Rubicon ЕЕК 32.12 L-4,0/90 с реометрической головкой, формирующим отверстием типа Garvey. Оценка качества поверхности получаемых экструдатов модельных резиновых смесей осуществлялась по показателям вздутия и пористости, резкости и постоянства края под углом 30°, мягкости поверхности, остроте и устойчивости углов. Установлено влияние продолжительности смешения на степень диспергирования технического углерода, упруго-вязкостные и экструзионные характеристики резиновых смесей. Показано, что с увеличением степени диспергирования технического углерода наблюдается снижение эффективной вязкости  $\eta_{\text{эф}}$  и вязкости по Муни исследуемых образцов. Для оценки реологических и технологических свойств резиновых смесей применялся показатель тангенс угла механических потерь  $\text{tg}\delta$ . Показана взаимосвязь изменения значений  $\text{tg}\delta$  и свойств резиновых смесей в ходе приготовления композиций каучука с техническим углеродом. На зависимостях  $\text{tg}\delta$  от продолжительности смешения каучука с наполнителем выделены три основные зоны изменения реологических и технологических свойств резиновых смесей, что позволяет контролировать и вносить корректировки в режим приготовления композиций в реальных условиях производства. Проведена оценка качества смешения по внешневидовым характеристикам неформовых профилей. Полученные закономерности легли в основу разработки рекомендаций по выбору оптимальных режимов смешения в производстве и при контроле качества серийных резиновых смесей.

Summary. Influence the degree of dispersion of the carbon black on the rheological characteristics of the surface appearance and rubber mixtures based on ethylene-propylene rubber EPDM-50 was investigated. Effect of mixing time on the degree of dispersion of the carbon black elastic-viscous and extrusion characteristics of rubber compounds were found. Component tangent of the angle of mechanical losses  $\text{tg}\delta$  to evaluate the rheological and technological properties of the rubber compounds used. Relationship changes  $\text{tg}\delta$  values and properties of rubber compounds in the preparation of the compositions of rubber with carbon black was shown. On the curves of the length of the mixing  $\text{tg}\delta$  rubber filler identified three main areas of change in the rheological and technological properties of rubber compounds. This allows you to monitor and make adjustments to the mode of preparation of the compositions in the real world of production. evaluation of the quality of mixing in surface appearance characteristics unshaped profiles was conducted. The resulting patterns formed the basis for the development of recommendations for the selection of optimal blending modes in the production and quality control of production of rubber compounds.

**Ключевые слова:** степень диспергирования, тангенс угла механических потерь, этиленпропиленовый каучук, внешневидовые свойства экструдата.

**Keywords:** degree of dispersion, the tangent of mechanical loss, ethylene-propylene rubber, surface properties of the extrudate.

---

© Карманова О.В., Муромцев Д.Н.,  
Пичхидзе С.Я., 2014



Смешение каучуков с компонентами резиновых смесей, различающихся формой, агрегатным состоянием, скоростью распределения в каучуке, представляет сложную техническую задачу, которую приходится решать в условиях повышенных температур, ускоряющих механические процессы взаимодействия каучуков с ингредиентами смеси. Смешение как начальный этап производства резиновых изделий во многом определяет их качество. Высокая однородность физико-химических характеристик смеси достигается только при равномерном распределении ингредиентов в объеме каучука [1].

Основным показателем качества смесей и резин является степень диспергирования материалов, связанная с максимальными и средними значениями напряжений сдвига, реализуемыми в ходе смешения, и с работой смешения.

В общепринятой практике контроля качества смешения проводят анализ зависимости потребления мощности от времени смешения. Контроль процесса состоит в предварительном замере требуемой величины энергии смешения, и по показаниям интегратора мощности, суммирующего работу на всех этапах смешения, определяется момент выгрузки смеси, соответствующий минимально допустимой энергии смешения при условии достижения смеси оптимальной температуры выгрузки и/или требуемой по режиму длительности процесса смешения. Учитывают при этом необходимость пластикации каучуковой части смеси для получения смеси с удовлетворительными технологическими свойствами [1-2].

Зарубежные фирмы в качестве метода экспресс-контроля качества резиновых смесей рекомендуют измерение разбухания смеси после шприцевания и установление взаимосвязи разбухания экструдата со степенью диспергирования технического углерода и пластикацией каучуков.

Следует учитывать, что многокомпонентные резиновые смеси являются сложными объектами реологического исследования, и отсутствие данных по реологии зачастую приводят к снижению экономической эффективности процессов приготовления резиновых смесей. От реологических (вязкоупругих и пластоэластических) свойств в значительной степени зависит технологичность или перерабатываемость каучуков и резиновых смесей. В этой связи изучение влияния параметров смешения технического углерода с каучуком на реологические и внешневидовые характеристики эластомеров является актуальной задачей.

Получение результатов лабораторных испытаний позволяет заранее предсказать аномалии, возникающие при обработке материалов на производственном оборудовании, а также устранить причины возникновения трудностей на отдельных стадиях производства [2-3].

Цель работы заключалась в установлении влияния параметров процесса смешения на реологическое поведение и внешневидовые характеристики резиновых смесей на основе этиленпропиленовых каучуков, применяемых для изготовления длинномерных профилей.

В качестве объектов исследования были выбраны применяемые для изготовления оконных уплотнителей автомобилей резиновые смеси на основе этиленпропиленового каучука марки СКЭПТ-50, полученные при разных режимах смешения. Смесей содержали 100 мас.ч технического углерода П-514, 20 мас.ч. масла ПМ на 100 мас.ч. каучука.

Изготовление модельных резиновых смесей осуществлялось в резиносмесителе Farrel BR1600 при частоте вращения роторов 65 мин<sup>-1</sup>, коэффициенте заполнения камеры 0,65, температуре смешения 100 °С.

Для исследования образцов резиновых смесей был использован анализатор перерабатываемости резин RPA2000 (Alpha Technologies). Определение тангенса угла механических потерь (tgδ) осуществлялось при частоте 0,1 Гц, температуре 80 °С в диапазоне деформаций от 0,3 % до 1000 % (от 0,02 до 72 degrees).

Для определения реологических и внешневидовых характеристик экструдата применялся лабораторный экструдер холодного питания Rubicon EEK 32.12 L-4,0/90, оснащенный реометрической головкой со щелевым измерительным каналом, регулируемым байпас-клапаном, калиброванной диафрагмой, датчиками давления и температуры, а также формующим отверстием типа Гарвей (Garvey). Эксперимент проводился при температурах: шнека – 75 °С, цилиндра – 75 °С, формующего инструмента – 80 °С, что соответствует реальным производственным условиям. Скорость вращения шнека составляла 20 мин<sup>-1</sup>.

Исследование экструдированности модельных резиновых смесей и качества поверхности экструдата осуществлялось в соответствии со стандартом ASTM D 2230-96 [4] по показателям вздутия и пористости, резкости и постоянства края под углом 30°, мягкости поверхности, остроте и устойчивости углов.

Вязкость по Муни MS(1+4)100 °C оценивалась на вискозиметре MV2000 (Alpha Technologies) согласно ASTM D1646-07 [5].

Степень диспергирования технического углерода в резиновой смеси определялась по ASTM D2663-08 (метод А) [6].

Из полученных результатов исследования реологических свойств смесей (таблица 1) видно, что с увеличением степени диспергирования технического углерода наблюдается снижение эффективной вязкости  $\eta_{\text{эф}}$  и вязкости по Муни.

Т а б л и ц а 1

Влияние времени смешения на степень диспергирования технического углерода и экструзионные характеристики резиновых смесей

Общее время смешения, мин	Степень диспергирования технического углерода, %	Вязкость по Муни, усл.ед.	Эффективная вязкость $\eta \times 10^{-6}$ , Па·с	Качество поверхности экструдата	Производительность экструдера, м <sup>3</sup> /ч
3	58	72,9	0,041	4-3-1-1	5117
4	64	70,5	0,030	4-3-2-1	4375
5	70	65,7	0,024	4-3-3-3	3748
7	75	62,1	0,024	4-4-3-3	3611
10	86	56,2	0,021	4-4-4-4	4690
12	88	54,3	0,020	4-4-4-4	5045
15	93	53,6	0,018	4-4-4-3	5206
17	93	50,0	0,017	4-3-2-2	5343
19	93	50,1	0,017	4-3-2-2	5440

Экструзионные характеристики улучшаются с возрастанием степени диспергирования технического углерода. Следует отметить, что производительность экструдера с увеличением степени диспергирования технического углерода проходит через минимум. Можно сделать вывод, что это поведение обусловлено степенью диспергирования технического углерода в полимерной матрице и интенсивностью взаимодействия полимер-технический углерод.

При минимальной степени диспергирования реологическое поведение резиновой смеси в большей степени обусловлено свойствами полимера, который слабо подвержен влиянию технического углерода и находится, в основном, в свободном состоянии. С увеличением степени диспергирования возрастает доля связанного полимера, в результате чего увеличивается плотность потока и достигается предел текучести, которые приводят к образованию сажекаучукового геля и повышению жесткости резиновой смеси.

С увеличением продолжительности смешения появляются проблемы, связанные с трудностью обработки резиновой смеси на экструдере: возникают трещины и рваные кромки у экструдата. Таким образом, имеются противоречия: с одной стороны – с увеличением диспергирования технического углерода улучшается шприцуемость, каркасность заготовок, качество поверхности экструдата, связанное с образованием тиксотропной структу-

ры, а с другой стороны – с увеличением продолжительности смешения возможны трещины и рваные кромки экструдата. В процессе смешения резиновых смесей возникают явления, неоднозначно влияющие на комплекс реологических и технологических свойств резиновых смесей. Поэтому в условиях реального производства для получения резиновых смесей высокого качества данные явления необходимо учитывать и регулировать.

На рисунке 1 представлен график зависимости  $\text{tg} \delta$  резиновых смесей на основе СКЭПТ-50 от времени смешения, на котором выделены три условные зоны. Для I зоны характерен значительный рост значений  $\text{tg} \delta$  с увеличением времени смешения. Этому участку соответствует неудовлетворительный внешний вид экструдата. Зоне II, находящейся в оптимуме смешения (равновесное состояние) на лабораторном смесителе, соответствуют незначительное изменение  $\text{tg} \delta$  и стабильные реологические и технологические свойства, выраженные устойчивостью потока шприцевания, удовлетворительным качеством поверхности экструдата и каркасностью. В зоне III ярко выражены изменения показателя  $\text{tg} \delta$  после 15 минут смешения, характеризующиеся изменением реологических (увеличение густоты потока) и технологических (увеличение энергозатрат, появление разрывов и рваных кромок экструдата) свойств резиновых смесей.

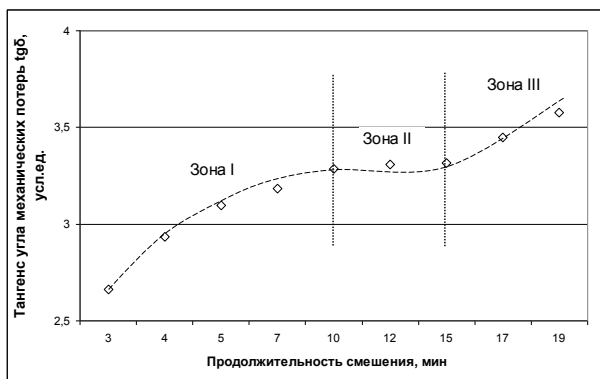


Рисунок 1. Диаграмма изменения  $tg\delta$  в процессе смешения этиленпропиленового каучука с техническим углеродом

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Шутилин Ю. Ф. Справочное пособие по свойствам и применению эластомеров: монография. Воронеж: ВГТА, 2003. 871 с.
- 2 Вострокнутов Е.Г., Новиков М.И., Новиков В.И., Прозоровская Н.В. Переработка каучуков и резиновых смесей (реологические основы, технология, оборудование). М.: Химия, 1980. 280 с.
- 3 Дик. Дж.С. Технология резины: рецептуростроение и испытания. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 620 с.
- 4 ASTM D2230-96. Стандартный метод испытания свойств каучуков. Экструдирруемость невулканизированных смесей.
- 5 ASTM D1646-07. Стандартные методы испытаний каучука – вязкость, релаксация напряжений и предвулканизационные характеристики (вискозиметр Муни).
- 6 ASTM D2663-08. Стандартные методы испытаний технического углерода. Дисперсия в резине.

## REFERENCES

Таким образом, с помощью показателя  $tg\delta$  можно максимально быстро и с минимальными затратами оценивать изменение реологических, технологических свойств резиновых смесей. Полученные данные необходимы для разработки рекомендаций по выбору режимов переработки резиновых смесей на последующих технологических переделах с целью повышения качества готовых изделий.

- 1 Shutilin Yu. F. Spravochnoe posobie po svoistvam i primeneniiu elastpmerov [Handbook on properties and applications of elastomers]. Voronezh, VGTA, 2003. 871 p. (In Russ.).
- 2 Vostroknutov E.G., Novikov M.I., Novikov V.I., Prozorovskaia N.V. Pererabotka kauchukov i razinovykh smesei (reologicheskie osnovy, tekhnologii, oborudovaniie) [Processing of rubber and compounds (rheology bases, technology, equipment)]. Moscow, Khimiia, 1980. 280 p. (In Russ.).
- 3 Dick Jh. S. Rubber Technology: Compounding and Testing for Performance. Saint Petersburg, Fundamentals and Technologies, 2010. 620 p.
- 4 ASTM D2230-96. Standartnyi metod ispytaniia svoistv kauchukov. Ekstrudiruemost' nevulkanizirovannykh smesei [Standard Test Method for Rubber Property. Extrudability of Unvulcanized Compounds]. (In Russ.).
- 5 ASTM D1646-07. Standartnye metody ispytaniia kauchuka – viazkost', relaksatsiia napriazhenii i predvulkanizatsionnye kharakteristiki (viskozimetr Muni) [Standard Test Methods for Rubber – Viscosity, Stress Relaxation, and Pre-Vulcanization Characteristics (Mooney Viscometer)]. (In Russ.).
- 6 ASTM D2663-08. Standartnye metody ispytaniia tekhnicheskogo ugleroda. Dispersiia v rezine [Standard Test Methods for Carbon Black. Dispersion in Rubber]. (In Russ.).

УДК 541.6

Профессор Г.В. Попов

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра управления качеством и машиностроительные технологии

доцент Т.И. Игуменова, аспирант А.М. Шульга

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров. тел. (473) 253-26-30

E-mail: igymti8@rambler.ru

Professor G.V. Popov

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of quality management and engineering technology

associate Professor T.I. Igumenova., graduate A.M. Shul'ga

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of chemistry and chemical technology of organic compounds and polymer processing. phone (473) 253-26-30

E-mail: igymti8@rambler.ru

## **Исследование изменения поверхности полимеров при модификации наноматериалами**

## **Study of surface modified polymers in the modification of nanomaterials**

Реферат. В работе проведены сравнительные исследования изменения величины поверхностного натяжения растворов ряда товарных каучуков до и после теплового старения методом Дю-Нуи, проанализированы особенности изменения величины поверхностного натяжения растворов различных каучуков в присутствии смеси фуллеренов. Выполнены расчеты энергии Гиббса и анализ полученных данных для прогнозирования поведения полимерных систем при модификации смесью фуллеренов в широком интервале концентраций. При сопоставлении результатов изменения поверхностного натяжения и энергии Гиббса в растворах каучуков показано, что упомянутые показатели выше в растворах состаренных эластомеров, чем у контрольных. Этот факт подтверждает первоначальную гипотезу о физико-химических взаимодействиях молекул фуллеренов по сегментам Куна и концевым группам полимерных цепей, т.к. известно, что при термоокислительной деградации каучуков соответственно увеличивается количество сегментов Куна и разветвленных свободных концов макромолекул, которые свободно реагируют с фуллеренами в растворах, не испытывая пространственных затруднений. Сравнительный анализ взаимодействия каучуков с различной непредельностью по химическому составу показал, что легче всего реагирует и обладает минимальной энергией взаимодействия полибутадиен, что связано с отсутствием разветвлений и каких-либо радикалов в его структуре и в основной цепи. Максимальной энергией взаимодействия с фуллеренами обладает бутадиенстирольный каучук, т.к. имеет крупные стирольные блоки в основной полимерной цепи, что вызывает пространственные затруднения для непосредственного контакта с молекулами фуллеренов, при этом можно предположить, что во взаимодействие вступает лишь низкомолекулярная фракция смеси фуллеренов, обладающая необходимыми размерами. В результате исследования показано, что применение метода отрыва кольца (Дю-Нуи) позволяет спрогнозировать изменение свойств каучуков при модификации наноматериалами с минимальной трудоемкостью.

Summary. The comparative study of change of surface tension of solutions of some commercial rubbers before and after thermal ageing technique du-Nui, analyzed the features of change of surface tension of solutions of various rubbers in the presence of a mixture of fullerenes. Calculations of the Gibbs energy and the analysis of the obtained data to predict the behavior of polymer systems when changes are made to mix of fullerenes in a wide concentration range. When comparing the results of changes in Gibbs energy and the surface tension in fluids rubbers shown that mentioned above in solutions of elastomers aged, than the control. This fact confirms the initial chapeau of physic-chemical interactions of molecules fullerenes by segments of the Kuna and end groups of the polymer chains, as it is known that when thermal-oxidative degradation of rubbers, respectively the number of segments of the Kuna and branched loose ends of macromolecules that are free to react with fullerenes in solution, free from spatial constraints. A comparative analysis of the interaction of rubbers with different chemical composition with double branches has shown that it is easier to just react and has minimum energy polibutadien interaction that has to do with lack of branching and no radicals in its structure and in the backbone chain. The maximum energy of interaction with Fullerenes have SBS rubber because it has large styrene blocks in the main polymer chain that causes the spatial constraints to direct contact with fullerene molecules, you can assume that the interaction is only low-molecular fraction of Fullerenes mixture, possessing the necessary dimensions. As a result of the study shows that the application of the method of separation ring (Du-Nui) allows you to predict the properties of rubber with modified nanomaterial's with minimal labor costs.

Ключевые слова: полимеры, фуллерены, наноматериалы, поверхность, растворы.

Keywords: polymers, fullerenes, nanomaterials, surface, solutions.

---

© Попов Г.В., Игуменова Т.И., Шульга А.М., 2014

Актуальным современным направлением исследований является процесс изучения взаимодействия углеродных фуллеренов с полимерами различного рода. В результате рассматриваются задачи целесообразности наполнения и модификации высокомолекулярных соединений нанолуглеродом, а также дальнейшее практическое применение композитов с наночастицами. [1]. Также ранее доказана возможность управления качественными показателями резин, определяющими срок службы изделия, за счет модификации смесью фуллеренов фракции  $C_{50}$ - $C_{92}$  [2]. При этом практическое внедрение нового метода модификации резин углеродными фуллеренами способствует стабилизации качества изделий из полимеров и позволяет прогнозировать снижение количества несоответствий готовой продукции нормативным показателям с 27,3 % до уровня не более 8 % [3].

В ряде публикаций подробно рассмотрены вопросы влияния фуллеренов на тепловое старение каучуков [4], динамическую выносливость [5] и др., однако изучение взаимодействия полимеров в области концентраций фуллеренов, превышающих порог перколяции и соответственно оптимума, затруднено вследствие высокой трудоемкости и больших затрат сырья и материалов, не говоря уже о достаточно дорогостоящих собственно фуллеренах.

Таким образом, целью настоящего исследования был поиск возможности применить наиболее простой и информативный метод для оценки и прогнозирования свойств модифицированных полимеров в области высоких концентраций смеси фуллеренов, что позволит уточнить теоретические представления о взаимодействии полимер-фуллерены.

В качестве объектов исследования были выбраны: углеродный наноматериал – смесь фуллеренов фракции  $C_{50}$  –  $C_{92}$ , состава:  $C_{50}$  –  $C_{58}$  (14,69 %),  $C_{60}$  (63,12 %),  $C_{62}$  –  $C_{68}$  (5,88 %),  $C_{70}$  (13,25 %),  $C_{72}$  –  $C_{92}$  (3,06 %) и синтетические каучуки различной структуры, а именно: товарный полибутадиен СКД следующего состава – содержание цис- 1,4 звеньев 93 %, содержание транс 1,4 звеньев 5 %, 1,2 звеньев 2 %; натуральный каучук (НК) RSS (ГОСТ ИСО 1795-96), с содержанием 1,4 цис-звеньев, 98 %; синтетический бутадиен-стирольный каучук (ГОСТ 15628-79) с содержанием транс -1,4 звеньев 71,8 %, цис-1,4- 10,3 %, 1,2-звеньев – 15,8 % и этиленпропилендиеновый каучук СКЭПТ- 40 (ТУ 2294-022-05766801-2002) с третьим сомономером ЭНБ.

Модификация полимеров фуллереновой смесью указанного состава проводилась путем внесения необходимой концентрации раствора смеси фуллеренов в толуоле в 0,1 % также в толуольный раствор анализируемых каучуков.

Ранее нами были получены данные об изменении морфологии [1] и «выглаживании» поверхности пленок полимеров, модифицированных смесью фуллеренов как при нормальных условиях, так и после теплового старения, поэтому для оценки поверхностных свойств растворов полимеров выбрали метод Дю-Нуи – определение величины поверхностного натяжения. Метод основан на измерении максимального усилия ( $F$ , Дж), необходимого для отрыва кольца с известной геометрией, выполненного из хорошо смачиваемого материала (платины). При подъеме кольца из пленки жидкость стремится стечь с него, что приводит к постепенному утончению плёнки жидкости и отрыву кольца.

Испытания проводили при варьировании концентрации смеси фуллеренов для 0,1 % растворов указанных полимеров до старения и при растворении предварительно состаренных полимеров при температуре 100<sup>0</sup> С в течение 72 часов. Для сравнительной оценки «силы» взаимодействия того или иного каучука с фуллеренами до старения и без, были проведены расчеты энергии Гиббса по известной формуле.

Полученные экспериментальные данные представлены на рисунках 1 и 2 и в таблицах 1 и 2.

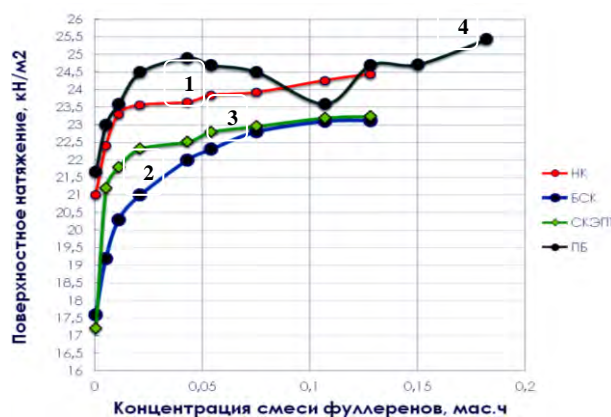
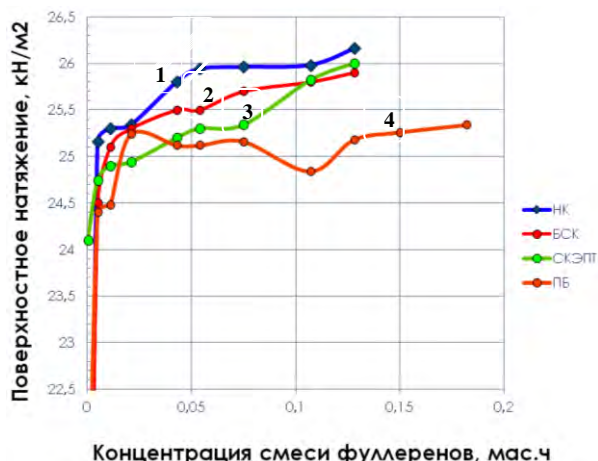


Рисунок 1 Зависимость величины поверхностного натяжения от концентрации смеси фуллеренов для исходных НК(1), БСК (2), СКЭПТ (3), ПБ (4)

Т а б л и ц а 1  
Зависимость изменения энергии Гиббса растворов исходных каучуков от количества смеси фуллеренов

Концентрация, м. ч.	НК	БСК	СКЭПТ	ПБ
	Энергия Гиббса, кДж			
0,00025	-159	-244	-507	-148
0,005	-257	-412	-553	-211
0,011	-283	-610	-634	-298
0,043	-312	-574	-686	-353
0,075	-354	-661	-729	-201
0,107	-409	-663	-724	-323
0,128	-	-	-	-325



Концентрация смеси фуллеренов, мас.ч

Рисунок 2. Зависимость величины поверхностного натяжения от концентрации смеси фуллеренов для состаренных НК(1), БСК (2), СКЭПТ (3), ПБ (4).

Т а б л и ц а 2

Зависимость изменения энергии Гиббса растворов состаренных каучуков от количества смеси фуллеренов

Концентрация, м.ч.	НК	БСК	СКЭПТ	ПБ
	Энергия Гиббса, кДж			
0,00025	-1014	-809	-823	-293
0,005	-1028	-867	-887	-301
0,011	-1032	-890	-903	-376
0,021	-1076	-904	-907	-365
0,043	-1089	-906	-932	-365
0,054	-1091	-925	-942	-368
0,075	-1095	-931	-946	-337
0,107	-1010	-940	-992	-370
0,128	-	-	-	-378

На основании данных, полученных в ходе проведенных испытаний, можно выделить следующее:

1. При сопоставлении результатов изменения поверхностного натяжения и энергии Гиббса в растворах каучуков показано, что упомянутые показатели выше в растворах состаренных эластомеров, чем у контрольных. Этот факт подтверждает первоначальную гипотезу о физико-химических взаимодействиях молекул фуллеренов с сегментами Куна полимерных цепей, т.к. известно, что при термо-

окислительной деструкции каучуков соответственно увеличивается количество сегментов Куна и разветвленных свободных концов макромолекул, которые свободно реагируют с фуллеренами в растворах, не испытывая пространственных затруднений.

2. Показано наличие полимодального вида взаимодействия фуллеренов с макромолекулами каучуков. Особенно четко выражен этот процесс для полибутадиенового полимера, что подтверждает ранее полученные результаты по молекулярно-массовому распределению ПБ, свидетельствующие об образовании второй фазы при модификации ПБ фуллеренами с соответствующим увеличением полидисперсности системы. Образование первой модели находится в интервале концентраций от 0,001 до 0,008 мас.ч, а второй – в интервале от 0,01 до 0,2 мас.ч., и подтверждается данными по изменению физико-механических показателей полибутадиена.

3. Сравнительный анализ взаимодействия каучуков с различной неопределенностью по химическому составу показал, что легче всего реагирует и обладает наименьшей энергетикой взаимодействия полибутадиен (значение по модулю), это связано и с отсутствием разветвлений и каких-либо радикалов в основной цепи.

4. Наибольшей энергетикой взаимодействия с фуллеренами обладает БСК, т.к. имеет крупные стирольные блоки в основной полимерной цепи, что вызывает затруднения для непосредственного контакта с молекулами фуллеренов; отсюда можно предположить, что во взаимодействие с БСК вступает лишь низкомолекулярная фракция смеси фуллеренов, обладающая необходимыми размерами.

5. В результате исследования показано, что применение метода отрыва кольца (Дю-Нуи) позволяет в кратчайшие сроки оценить вид взаимодействия для системы «полимер-фуллерены», выбрать необходимый интервал «рабочих» концентраций и, таким образом, спрогнозировать поведение смесей каучуков при модификации наноматериалами, не применяя иных трудоёмких методик.

## ЛИТЕРАТУРА:

1 Игуменова Т.И. Синергетика формирования свойств полимеров при взаимодействии с фуллеренами // Сборник материалов XVII Российской научно-технической конференции с международным участием «Материалы и упрочняющие технологии - 2010». Курск: КГТУ, 2010. С.66-69.

2 Попов Г.В., Игуменова Т.И., Гудков М.А. Управление качеством и формирование комплекса свойств полимерных композитов путём модификации углеродными наноматериалами // Вестник ВГУИТ. 2012. № 3. С. 111-114.

3 Попов Г.В., Клейменова Н.Л., Игуменова Т.И., Акатов Е.С. Управление качеством резинотехнической продукции с использованием нанотехнологий // Вестник ВГУИТ. 2012. № 3. С. 144-147.

4 Чичварин А.В., Игуменова Т.И., Гудков М.А. Тепловое старение стирольного каучука, модифицированного смесью фуллеренов // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.

5 Игуменова Т.И., Гудков М.А., Попов Г.В. Особенности усталостной устойчивости резин на основе комбинации минеральных наполнителей и фуллеренсодержащего технического углерода // Промышленное производство и использование эластомеров. 2012. № 1. С. 25-27.

#### REFERENCES

1 Igumenova T.I. Synergetics form of polymer properties for work with buckyballs. Sbornik materielov XVII Rossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Materialy i uprochniaushchie tekhnologii- 2010" [Proceedings of the XVII Russian scientific and technical conference with international participation the participation "Materials and technology -2010"]. Kursk, KGTU, 2010, pp. 66-69. (In Russ.).

2 Popov G.V., Igumenova T.I., Gudkov M.A. Quality management and formation of complex properties of polymer composites by means of modification of carbon nanomaterials. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 3, pp. 111-114. (In Russ.).

3 Popov G.V., Kleimenova N.L., Igumenova T.I., Akatov E.S. Quality management, rubber products using nanotechnology. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 3, pp. 144-147. (In Russ.).

4 Chichvarin A.V., Igumenova T.I., Gudkov M.A. Thermal aging of high-sterol rubber, fullerenes mixture modified. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniia*. [Contemporary problems of science and education], 2011, no. 4. (In Russ.).

5 Igumenova T.I., Gudkov M.A., Popov G.V. Especially fatigue resistance of rubber on the basis of a combination of mineral fillers and fullerenes carbon. *Promyshlennoe proizvodstvo i ispol'zovaniie elastomerov*. [Industrial production and use of elastomers], 2012, no. 1, pp. 25-27. (In Russ.).

УДК 678.028.2

Профессор О.В. Карманова, доцент Л.В. Попова,  
соискатель О.В. Пойменова

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров  
тел. (473) 249-92-37

E-mail: luba030883@yandex.ru

зам. директора по научной работе Ю.К. Гусев  
(ФГУП «ВНИИСК»)

E-mail: vniisk@vniisk.cplus.ru

Professor O.V. Karmanova, associate Professor L.V. Popova,  
competitor O.V. Poimenova

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of chemistry and chemical technology organic compounds and polymer processing.

phone (473) 249-92-37

E-mail: luba030883@yandex.ru

deputy director for science Yu.K. Gusev

(Federal State Unitary Enterprise "VNIISK")

E-mail: vniisk@vniisk.cplus.ru

## **Создание активизирующих систем для эффективной вулканизации эластомеров**

## **Creating activating systems for the efficient vulcanization of elastomers**

Реферат. Представлены результаты исследования вулканизации полидиенов в присутствии композиционных активаторов вулканизации. Рассмотрена роль активаторов вулканизации в образовании действительных агентов вулканизации и формировании пространственной структуры вулканизатов. Показано, что для повышения эффективности серной вулканизации необходимо применение цинксодержащих активаторов вулканизации с развитой поверхностью и/или способных к равномерному диспергированию в среде каучука. Разработаны активизирующие системы серной вулканизации эластомеров в виде сплавов оксида цинка с жирными кислотами и их производными, модифицированные галогенсодержащими соединениями. Опытные активаторы вулканизации испытаны в рецептуре резиновых смесей на основе бутадиен-стирольного каучука. Изучено влияние активаторов вулканизации на свойства резин при полной замене оксида цинка и стеариновой кислоты, в том числе с уменьшением доли активаторов вулканизации в рецептуре резиновых смесей. Выявлено, что при изготовлении резиновых смесей улучшается диспергирование порошкообразных ингредиентов, отмечено отсутствие шубления и залипания резиновых смесей к валкам, улучшается внешний вид получаемых полуфабрикатов. Установлено, что использование опытных активаторов вулканизации обеспечивает повышение скорости вулканизации и улучшение упруго-прочностных свойств резин предположительно за счет формирования сетчатой структуры из поперечных связей различной природы и энергии. Отмечено, что использование опытных продуктов дает возможность сократить время вулканизации изделий на 7-10 %. Установлена возможность снижения дозировки активаторов вулканизации в рецептуре резин за счет использования эффективных активизирующих систем. Показана возможность снижения в 4-5 раз содержания экологически опасного оксида цинка в резиновых изделиях и улучшение технологии изготовления резиновых смесей благодаря использованию опытных продуктов в непылящей форме.

Summary. Results of the study vulcanization of polydienes were presented. Vulcanization activators role in the formation of the actual curing agents and the formation of the spatial structure of the vulcanizates was considered. It is shown that to be effective requires the use of sulfur-vulcanization of zinc-containing vulcanization activators with a developed surface, capable of uniformly dispersed in a medium rubber. Activating sulfur vulcanization system elastomers as alloys of zinc oxide with fatty acids and their derivatives, modified halogenated compounds have been developed. Experimental vulcanization activators were tested in formulations of rubber compounds based on styrene butadiene rubber. Found that the use of experienced vulcanization activators enhances the cure rate and improved tensile properties, elastic rubber presumably due to the formation of a network structure of the cross-linking of different nature and energy. It is noted that the use of the experimental products enables products to reduce the vulcanization time by 7-10%. The possibility of reducing the dosage formulation activators in rubber vulcanization by using effective activating systems. The possibility to reduce 4-5 times the content of environmentally dangerous zinc oxide in rubber products and improved manufacturing techniques of rubber compounds by the use of experimental products in non-dusting form.

Ключевые слова: вулканизация, активатор вулканизации, оксид цинка, жирные кислоты и их производные.

Keywords: vulcanization, vulcanization activator, zinc oxide, fatty acids and their derivatives.

---

© Карманова О.В., Попова Л.В.,  
Пойменова О.В., Гусев Ю.К., 2014



Вулканизация является одним из важнейших и наиболее сложных процессов технологии эластомеров, определяющим эксплуатационные свойства резиновых изделий. Серную вулканизацию рассматривают как совокупность параллельных и последовательных реакций, в результате которых формируется сложная вулканизационная структура [1]. Основными стадиями серной вулканизации, контролирующими характер и скорость процесса являются: 1) взаимодействие компонентов вулканизирующей системы с образованием комплекса – действительного агента вулканизации (ДАВ); 2) взаимодействие ДАВ с каучуком с образованием активных подвесок; 3) взаимодействие активных подвесок между собой или с молекулами каучука с образованием поперечных связей; 4) перегруппировка поперечных связей [1-2]. Имеющиеся в литературе данные [3-4] указывают на большую роль активаторов вулканизации в реакциях образования ДАВ и структурирования каучука.

В качестве активаторов вулканизации применяют окислы двухвалентных металлов (Zn, Mg, Ca, Cd), органические основания (моно-, ди- и триэтаноламины), олеат дибутиламмония, тиомочевину, комплексы мочевины и жирных кислот, смесь этиленгликоля со стеаратом аммония и др. Наибольшее значение в промышленности имеют окислы металлов и особенно окись цинка, содержащая не менее 99,5 % соединений Zn (в пересчете на ZnO). С целью улучшения диспергирования ZnO в резиновых смесях в последнее время используют активированную окись цинка, обработанную поверхностно-активными веществами.

Содержание оксида цинка в рецептурах резиновых смесей варьируют от 2 до 8 мас. ч. (как правило, 3-5 мас.ч.), жирной кислоты 1-4 мас.ч. (чаще 1-2 мас.ч.) на 100 мас.ч. каучука.

В ряде случаев в качестве активаторов применяют одновременно окислы двух металлов, например, ZnO и MgO, что позволяет улучшить некоторые свойства резиновых смесей и вулканизатов (стойкость к подвулканизации, прочность связи в многослойных изделиях и др.). Существуют некоторые способы повышения эффективности действия активатора (ZnO) без увеличения его дозировки при условии обеспечения взаимодействия между компонентами серной вулканизирующей системы и оксидом цинка до их введения в резиновую смесь путем нагревания композиции до определенной температуры [1, 5].

Повышение требований экологической безопасности резинотехнических изделий привело к тому, что оксид цинка все больше заменяется композиционными активаторами вулканизации, проявляющими к тому же полифункциональное действие. Так немецкой фирмой Schill+Seilacher производится активатор вулканизации Struktol HT 503 [6]. На отечественном рынке известны продукты ОАО «Люминофор»: Диспактолы (композиции на основе стеарата цинка, оксида цинка, синтетических жирных кислот в разных соотношениях) [7].

Известны активаторы вулканизации серии Диспактол [8], представляющие собой комплексную соль цинка, полученную в эвтектическом расплаве. Применение диспактолов в рецептуре резиновых смесей позволяет снизить содержание оксида цинка в резине, тем самым уменьшая вредное воздействие этого вещества на окружающую среду как в процессе изготовления изделий, так и при их эксплуатации.

Для замены цинковых белил авторами [9] разработан композиционный активатор вулканизации Технол ЦМ, применение которого в жесткой резиновой смеси на основе бутадиен-стирольного каучука вместо оксида цинка и стеариновой кислоты обеспечивает необходимый уровень вулканизационных, физико-механических свойств и стойкости к тепловому старению.

Одним из путей повышения эффективности серной вулканизации является применение цинксодержащих активаторов вулканизации с сильно развитой поверхностью или способных к равномерному диспергированию в среде каучука [3].

Целью исследований явилась разработка активирующих систем с пониженным содержанием оксида цинка и изучение их влияния на вулканизационные характеристики композиций и упруго-прочностные свойства вулканизатов.

В качестве объектов исследований были выбраны активаторы вулканизации серии Вулкатив (ТУ 2294-001-31273447-2010) производства ООО «Совтех» (г. Воронеж). Данные активаторы вулканизации представляют собой сплав оксида цинка с жирными кислотами и их производными, в том числе полученными из сопутствующих продуктов масложирового производства, содержание оксида цинка составляет 22 %.

Авторами [1] приводятся результаты повышения эффективности вулканизации диеновых эластомеров с использованием полигаллоидных соединений и хлоридов металлов, особенно в присутствии ускорителей вулканизации с аминогруппами.

Нами получены активирующие системы (АС) путем модификации активаторов вулканизации серии Вулктив на стадии их синтеза добавками: 1) полигалогенного производного аро-

матического ряда – гексахлорпаракилол (ГХПК) – шифр АС I; 2) хлорида металла – шифр АС II.

Опытные продукты были испытаны в стандартной резиновой смеси на основе каучука СКС-30 АРК (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Принципиальный состав исследуемых образцов

№	Наименование ингредиентов	Шифры образцов и содержание компонентов, мас. ч.				
		Эталон	АС-I-6,5	АС-I-4	АС-II-6,5	АС-II-4
1	Компоненты по рецепту*	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0
2	Оксид цинка	5,0	–	–	–	–
3	Стеариновая кислота	1,5	–	–	–	–
4	АС I	–	6,5	4,0	–	–
5	АС II	–	–	–	6,5	4,0

\* Резиновые смеси имели следующий состав (мас. ч.): каучук (100,0), сера (2,0), алтакс (3,0), технический углерод П234 – (40,0).

Изучено влияние активаторов вулканизации на свойства резин при полной замене оксида цинка и стеариновой кислоты, в том числе с уменьшением доли активаторов вулканизации в рецептуре резиновых смесей.

Резиновые смеси изготавливались на лабораторных вальцах при температуре валков  $70 \pm 5$  °С, вулканизацию образцов осуществляли в прессе с электрообогревом при температуре 155 °С в течение 20 минут. Физико-механические испытания резиновых смесей и вулканизатов проводили согласно существующих ГОСТ. При изготовлении резиновых смесей отмечено улучшение диспергирования порошкообразных ингредиентов, отсутствие шубления и залипания резиновых смесей к

валкам, опытные смеси имели гладкую глянцевую поверхность и ровные кромки.

Для всех опытных резиновых смесей получено улучшение вулканизационных показателей, оцененных по времени достижения оптимума (таблица 2). Увеличение скорости вулканизации дает возможность сократить время вулканизации изделий на 7-10 %.

Анализ физико-механических свойств вулканизатов (таблица 2) свидетельствует о соответствии требованиям нормативно-технической документации ( $M_{300} \geq 13,3$ , МПа;  $f_p \geq 23,0$  МПа;  $\epsilon \geq 420$  %) и уровню свойств эталонного образца. Отмечено улучшение эластических свойств вулканизатов в присутствии опытных АС.

Т а б л и ц а 2

Влияние типа активирующей системы на свойства резиновых смесей и вулканизатов на основе СКС-30АРК

Наименование показателей	Норма (АСТМ Д 3185)	Шифр образца				
		Эталон	АС-I-6,5	АС-I-4	АС-II-6,5	АС-II-4
Вязкость по Муни МБ (1+4) 100°С, усл.ед.		68	65	67	64	65
Реометрия Монсанто, 160 °С:						
Минимальный крутящий момент, дН·м		9,5	9,0	9,1	9,0	9,0
Максимальный крутящий момент, дН·м		36,5	35,0	35,5	35,0	36,0
Время начала вулканизации, мин		3,88	3,69	3,65	3,64	3,62
Оптимум вулканизации, мин		15,85	14,90	15,25	15,10	14,90
Скорость вулканизации, дН·м/мин		8,35	8,92	8,62	8,72	8,86
Условное напряжение при 300 % удлинении, МПа	н/м 13,3	18,9	18,8	18,7	18,9	18,6
Условная прочность при растяжении, МПа	н/м 23,0	26,0	25,1	25,4	26,0	26,0
Относительное удлинение при разрыве, %	н/м 420	440	465	447	504	480
Относительное остаточное удлинение, %		6	12	10	16	8

Положительное влияние хлорсодержащих АС на вулканизационные характеристики резиновых смесей и упруго-прочностные свойства вулканизатов обусловлено участием галогенпроизводных в реакциях образования ДАВ и формировании реакционноспособных боковых подвесок, которые в дальнейшем активно реагируют с образованием поперечных связей.

При этом образуются поперечные связи разных типов, что приводит к улучшению прочностных и эластических свойств резин. В резинах с эффективными активирующими системами формируется сетчатая структура из поперечных связей различной природы и энергии, что обеспечивает улучшение свойств вулканизатов.

Отмечено, что применение опытных АС в пониженных дозировках (4 мас.ч. вместо 6,5 мас.ч. у эталона) обеспечивает лучший комплекс свойств резиновых смесей и резин. Это позволяет дополнительно сократить содержание опасного оксида цинка в рецептуре резин.

Таким образом, создание эффективных активирующих систем и их применение в рецептурах резиновых смесей на основе диеновых каучуков позволяет получать технически цен-

ные резины. При этом облегчается обработка резиновых смесей и полуфабрикатов на технологическом оборудовании, улучшаются условия труда за счет применения непылящих форм ингредиентов (чешуйки или гранулы по сравнению с порошкообразным оксидом цинка). Важным является тот факт, что при использовании опытных АС улучшается экология благодаря сокращению в 4-5 раз содержания оксида цинка в резиновых изделиях.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Донцов А.А. О механизме образования вулканизационных структур при серной вулканизации // Высокомолекулярные соединения. 1973. Т 15А. № 7. С. 1545-1551.
- 2 Догадкин Б.А., Донцов А.А., Шершнев В.А. Химия эластомеров. М.: Химия. 1981. 376 с.
- 3 Шершнев В. А. Развитие представлений о роли активаторов серной вулканизации углеводородных эластомеров. Часть 1 // Каучук и резина. 2012. № 1. С. 31-36.
- 4 Heideman G., Noordermeer J.W.M., Datta R.N., Van Baarle B. Zinc Loaded Clay as Activator in Sulfur Vulcanization: A New Route for Zinc Oxide // Rubber Chem.Technol. 2004. № 77 P. 336-342.
- 5 Мухутдинов А.А., Нелюбин А.А., Ильясов Р. С., Ищенко Г. М. и др. Экологические аспекты модификации ингредиентов и технологии производства шин. Казань: Фэн, 1999. 400 с.
- 6 Кирхнер Л. Новые технологические добавки фирмы Шилл + Зайлахер «Структол» АГ // Восьмая Российская научно-практическая конференция «Резиновая промышленность. Сырье. Материалы. Технология»: тезисы докладов. М., 2001. С. 215-216.
- 7 Ельшевская Е. А., Писаренко Т. И. и др. Диспактолы – новые отечественные технологические добавки полифункционального действия // Каучук и резина. 1993. № 5. С. 48-51.
- 8 Пучков А.Ф., Каблов В.Ф., Талби Е.В., Туренко С.В. Производственный опыт использования диспактола I – диспергатора и активатора на основе комплексного соединения цинка // Каучук и резина. 2007. №1. С. 25-28.
- 9 Рогатова Т.В., Шумский В.Ф., Кутянина В.С., Гетманчук И.П. и др. Влияние технологической добавки Технол на реологические свойства бутадиен-стирольного каучука // Каучук и резина. 2004. № 3. С. 24-28.

## REFERENCES

- 1 Dontsov A.A. On the mechanism of education-vulcanization of the structures in the sulfur vulcanization. *Vysokomolekuliarnye soedineniia*. [Polymer], 1973, vol. 15A, no 7, pp. 1545-1551. (In Russ.).
- 2 Dogadkin B.A., Dontsov A.A., Shershnev V.A. *Khimiia elastomerov* [Chemistry of elastomers]. Moscow, Khimiia, 1981. 376 p. (In Russ.).
- 3 Shershnev V.A. Development of representations of the role of activators sulfur cured hydrocarbon elastomers. Part 1. *Kauchuk i rezina*. [Rubber and rubber], 2012, no. 1, pp. 31-36. (In Russ.).
- 4 Heideman G., Noordermeer J.W.M., Datta R.N., Van Baarle B. Zinc Loaded Clay as activator in Sulfur Vulcanization: A New Route for Zinc Oxide [Rubber Chem.Technol.], 2004, no. 77, pp. 336-342.
- 5 Mukhutdinov A.A., Neliubin A.A., Il'aasov R.S., Ishchenko G.M. et al. *Ekologicheskie aspekty modifikatsii ingredientov i tekhnologii proizvodstva shin* [Ecological aspects of the modified ingredients and technology of tires]. Kazan', Fen, 1999. 400 p. (In Russ.).
- 6 Kirchner L. New technological additives company Schill+Zaylaher "Struktol" AG. *Vos'maia Rossiiskaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia "Rezinovalaia promyshlennost'". Syr'e. Materialy. Tekhnologiiia*. [Eighth Russian Scientific and Practical Conference "Rubber Industry. Raw. Materials. Technology"]. Moscow, 2001, pp. 215-216. (In Russ.).
- 7 El'shevskaya E.A., Pisarenko T.I. et al. *Dispaktoly - new domestic processing aids polyfunctional*. *Kauchuk i rezina*. [Rubber and rubber], 1993, no. 5, pp. 48-51. (In Russ.).
- 8 Puchkov A.F., Kablov V.F., Talbi E.V., Turenko S.V. Production experience is-use of dispraktol I - dispersant and an activator in an integrated zinc compounds. *Kauchuk i rezina*. [Rubber and rubber], 2007, no.1, pp. 25-28. (In Russ.).
- 9 Rogatova T.V., Shumskii V.F., Kutianina V.S., Getmanchuk I.P. et al. The Effect of technological additive Technol on the rheological properties of styrene-butadiene rubber. *Kauchuk i rezina*. [Rubber and rubber], 2004, no. 3, pp. 24-28. (In Russ.).

УДК 678.029

Доцент В.А. Седых, доцент В.В. Калмыков

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра химии, химической технологии органических веществ и переработки полимеров. тел. (473) 249-92-37

E-mail: cdxva@mail.ru

инженер А.Ю. Воротягин

(ЗАО «Фабрика Игрушка», Воронеж)

инженер М.П. Хирная

(ОАО "Воронежсинтезкаучук")

Associate Professor V.A. Sedykh, associate Professor V.V. Kalmykov

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of chemistry, chemical technology of organic substances and polymer processing. phone (473) 249-92-37

E-mail: cdxva@mail.ru,

engineer A.Iu. Vorotiagin

(JSC "Fabrika Igrushka", Voronezh, Russia)

engineer M.P. Hirnaia

(JSC "Voronezhskintezkauchuk")

## **Изучение технологических свойств пластизолов на основе эмульсионного ПВХ наполненных гидрофобизированным мелом**

## **The study of technological properties of plastisols based emulsion PVC filled with chalk gidrofobizirovannym**

Реферат. Детские игрушки изготавливают методом центробежного формования пластизола на основе эмульсионного поливинилхлорида пластифицированного диоктилфталатом. С целью снижения себестоимости и уменьшения выпотеваемости диоктилфталатом на поверхность изделия отечественных игрушек, по сравнению с игрушками китайского производства, возникла необходимость введения наполнителя - мела разных производителей. С помощью вискозиметра Брукфильда PV-D изучалась реология наполненных гидрофобизированным мелом пластизолов ПВХ в условиях хранения до 72 часов при температуре 14-20 °С. Установлено, что характер течения пластизолов соответствовал псевдопластичным жидкостям. Приведены реологические показатели пластизолов эмульсионного ПВХ наполненных до 35 % масс. гидрофобизированным мелом. Установлено влияние содержания пластификатора диоктилфталата в узком интервале (37,0- 41,4 % масс.) на вязкость полимерных паст и кинетику ее изменения в процессе хранения. Выявлена линейная зависимость вязкости наполненных гидрофобизированным мелом пластизолов от скорости вращения шпинделя вискозиметра и в процессе хранения. Приведены показатель кратности изменения вязкости пластизолов от скорости вращения шпинделя вискозиметра, скорости изменения вязкости и расчетная начальная вязкость. Определена стабильность дисперсии гидрофобизированного мела в коллоидном растворе ПВХ в диоктилфталате в процессе хранения. Определялся разброс содержания мела (по золе) с верха и низа слоев пластизолов высотой 8 см через 24 часа хранения. Доказано, что температуры приготовления и хранения полимерных паст являлись определяющими факторами регулирования таких технологических свойств пластизолов ПВХ в присутствии гидрофобизированного мела как вязкость, стабильность дисперсии мела и, следовательно, эффективности распределения пластизолов по форме центробежным формованием.

Summary. Baby toys are made using the centrifugal molding plastisol based emulsion of polyvinyl chloride plasticized with dioctylphthalate. To reduce cost and decrease biotelemetry the dioctylphthalate on the surface of the product domestic toys than toys produced in China, there was a necessity of introduction of the filler is chalk from different manufacturers. By using a Brookfield viscometer PV-D was studied rheology of filled hydrophobized chalk PVC plastisols in storage conditions for up to 72 hours at temperatures of 14-20°C. It was found that the flow plastisols consistent with pseudo-plastic fluids. Given the flow rates of emulsion PVC plastisols filled to 35 % of the mass. hydrophobized chalk. The influence of the content of the plasticizer dioctylphthalate in a narrow interval (37,0 - 41,4 % of the mass.) on the viscosity of polymer pastes and the kinetics of its changes during storage. Revealed a linear dependence of the viscosity of the filled hydrophobized chalk plastisols on the speed of rotation of the spindle of the viscometer and during storage. Given the rate of expansion changes the viscosity of the plastisols of the speed of rotation of the spindle of the viscometer, the rate of change in viscosity and calculation of the initial viscosity. Determined the stability of the dispersion hydrophobized chalk in a colloidal solution of PVC in dioctylphthalate during storage. We determined the variation of the content of chalk (ash) with top and bottom layers plastisols height 8 cm after 24 hours storage. It is proved that the temperature of the preparation and storage of polymer pastes were determining factors in the regulation of such technological properties of PVC plastisols in the presence hydrophobized chalkas viscosity, stability of the dispersion of chalk and, consequently, the efficiency of distribution plastisols in the form of a centrifugal molding.

*Ключевые слова:* реология, пластизоли ПВХ, стабильность дисперсии мела.

*Keywords:* rheology, plastisol PVC, the stability of the dispersion of chalk.

---

© Седых В.А., Калмыков В.В.,  
Воротягин А.Ю., Хирная М.П., 2014

В настоящее время эластичные детские игрушки изготавливают методом центробежного формования пластизола на основе эмульсионного поливинилхлорида пластифицированного диоктилфталатом (ДОФ).

Для снижения себестоимости и уменьшения выпотеваемости ДОФ на поверхность изделия отечественных игрушек, по сравнению с игрушками китайского производства, возникла необходимость введения наполнителя – мела разных производителей [1-2].

Цель работы – изучение реологии и стабильности пластизолов, содержащих мел в количестве 35 % масс. на ПВХ при сохранении физико-механических показателей получаемого пластика.

Была изучена реология пластизолов ПВХ, наполненных гидрофобизированным мелом. Определялись технологические свойства пластизолов и пластикатов ПВХ, наполненных до 35 % масс. импортным гидрофобизированным мелом в узком интервале содержания пластификатора 37,0- 41,4 % масс.

С помощью вискозиметра Брукфильда PV-D изучалась реология наполненных гидрофобизированным мелом пластизолов ПВХ в условиях хранения от 0 до 72 ч при температуре 14-20 °С.

Установлено, что характер течения пластизолов соответствовал псевдопластичным жидкостям (рисунок 1, таблица 1), поскольку с увеличением скорости вращения шпинделя ( $s$  63) вискозиметра вязкость пластизолов снижалась.

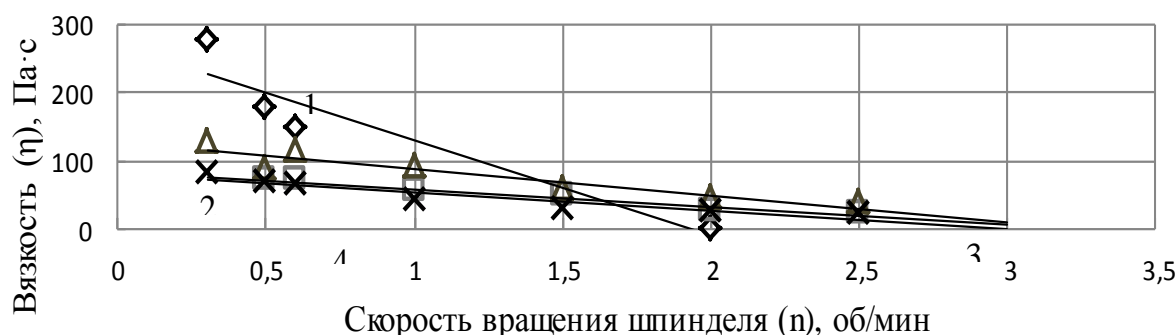


Рисунок 1. Зависимость вязкости ( $\eta$ ) наполненных гидрофобизированным мелом (35 % масс.) свежеприготовленных пластизолов (0 ч) от скорости вращения ( $n$ ) шпинделя вискозиметра и содержания пластификатора. Содержание ДОФ в пластизолах: 1 – 37,0 % масс.:  $\eta = -444,2 \cdot n + 409,0$ ; 2 – 38,6 % масс.:  $\eta = -72,3 \cdot n + 193,6$ ; 3 – 40,1 % масс.:  $\eta = -127,3 \cdot n + 235,4$ ; 4 – 41,4 % масс.:  $\eta = -22,6 \cdot n + 102,8$

Выявлена линейная зависимость вязкости ( $\eta$ , Па·с) наполненных гидрофобизированным мелом пластизолов от скорости вращения шпинделя вискозиметра:

$$\eta = A \cdot n + B, \quad (1)$$

где  $A$  - показатель кратности изменения вязкости от скорости вращения шпинделя вискозиметра (Па·с/об/мин);  $B$  - расчетная начальная вязкость (Па·с);  $n$  - скорость вращения шпинделя (об/мин.).

Т а б л и ц а 1

Влияние содержания ДОФ и продолжительности хранения наполненных гидрофобизированным мелом пластизолов на показатель кратности  $A$  изменения вязкости ( $\eta$ ) от скорости вращения ( $n$ ) шпинделя вискозиметра

Время хранения, ч.	Коэффициенты уравнения регрессии $\eta = A \cdot n + B$							
	$A$ , Па·с/об/мин				$B$ , Па·с			
	37,0 % масс.	38,6 % масс.	40,1 % масс.	41,4 % масс.	37% масс.	38,6 % масс.	40,1 % масс.	41,4 % масс.
0	-444,2	-25,8	-39,0	-27,4	409,0	83,8	127,7	800,8
24	-120,4	-72,3	-127,3	-22,6	219,6	193,6	235,4	102,9

Показано, что кратность снижения вязкости  $A$  от скорости вращения шпинделя вискозиметра уменьшалась в интервале роста содержания пластификатора 37,0-41,4 % масс. как для свежеприготовленного, так и через 24 ч хранения (таблица 1).

Установлена линейная кинетика изменения вязкости ( $\eta$ , Па·с) пластизолов наполненных гидрофобизированным мелом в процессе хранения (таблица 2):

$$\eta = C \cdot x + D, \quad (2)$$

где  $C$  - скорость изменения вязкости (Па·с/ч);  $D$  - расчетная начальная вязкость (Па·с);  $x$  - продолжительность хранения (ч).

Рост вязкости пластизолой по ходу хранения объяснялся растворением частиц ПВХ в пластификаторе.

Подтверждено, что кинетика изменения вязкости пластизолой в процессе

хранения в течение 3 суток зависела как от содержания пластификатора, так и от температуры (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Влияние температуры хранения и содержания ДОФ наполненных гидрофобизированным мелом пластизолой на расчетную начальную вязкость (D) и скорость (C) изменения вязкости и в процессе хранения

Коэффициенты уравнения регрессии $\eta = C \cdot x + D$ :					
C (Па·с/ч)			D (Па·с)		
38,6% масс. (18 °C)	40,1% масс. (15 °C)	41,4% масс. (21 °C)	38,6 % масс. (18 °C)	40,1% масс. (15 °C)	41,4% масс. (21 °C)
0,9	0,4	0,9	43,2	135,3	38,9

Показано, что увеличение содержания пластификатора в интервале от 38,6 до 41,4 % масс. (на 2,8 %) в меньшей степени повлияло на скорость изменения вязкости пластизолой в процессе хранения, чем рост температуры хранения с 15 до 18 °C (на 3°C). Отсюда, на прирост вязкости пластизолой в процессе хранения в большей степени определялся температурой приготовления и хранения (увеличение вязкости в 2,5 раза) и в меньшей степени содержанием пластификатора.

Было проведено исследование стабильности наполненных гидрофобизированным мелом пластизолой в процессе хранения. Определялся разброс содержания мела (по

золе) с верха и низа слоев пластизолой высотой 8 см через 24 ч хранения (таблица 3).

Обнаружено, что с увеличением температуры хранения и содержания пластификатора в интервале 37,0-41,4 % масс. разброс содержания мела по высоте слоя уменьшался одновременно со снижением фактической и расчетной начальной вязкости. Это объяснялось улучшением эффективности перемешивания дисперсии мела в пластизолях в момент приготовления композиции при меньшей вязкости среды. Рост вязкости и больший разброс содержания мела при содержании ДОФ, равном 40,1 % масс. объяснялись низкой температурой приготовления и хранения пластизолой.

Т а б л и ц а 3

Влияние температуры хранения и содержания пластификатора на вязкость и разброс содержания мела (в слое 8 см) в пластизолях наполненных гидрофобизированным мелом

Температура хранения, °C	Содержание, % масс.:		Вязкость пластизолой при скорости вращения шпинделя 0,6 об/мин:	
	ДОФ	золе по высоте слоя верх/низ	фактическая через 0 ч/24 ч, Па·с	расчетная (x = 0 ч), Па·с
14	37,0	$\frac{33,0}{14,0}$	188,4/148,4	176,4
18	38,6	$\frac{15,0}{16,0}$	70,8/16,7	54,7
15	40,1	$\frac{21,0}{16,0}$	123,6/171,0	159,4
21	41,4	$\frac{19,0}{18,0}$	65,0/16,4	61,0

Таким образом: приведены технологические показатели пластизолой эмульсионного ПВХ, наполненных гидрофобизированным мелом до 35,0 % масс; установлено влияние пластификатора (ДОФ) в узком интервале 37,0-41,4 % масс. на вязкость полимерных паст и кинетику ее изменения в процессе хранения; определена стабильность дисперсии гидрофобизированного мела в коллоидном растворе

ПВХ в диоктилфталате в процессе хранения; доказано, что температуры приготовления и хранения полимерных паст являются определяющими факторами регулирования таких технологических свойств пластизолой ПВХ в присутствии гидрофобизированного мела как вязкость, стабильность дисперсии мела и, следовательно, эффективности распределения пластизолой по форме при ротационном формовании.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Воротягин А.Ю. Разработка композиций пластизоля с улучшенными санитарными гигиеническими показателями // Актуальные проблемы инновационных систем информатизации и безопасности. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж, 2009. С. 335-337.
- 2 Седых В.А. и др. Свойства наполненных композиций на основе эмульсионного ПВХ // Труды БГТУ. 2013. № 4 (160). С. 117-121.

REFERENCES

- 1 Vorotiagin A.Iu. Development of plastisol compositions with improved sanitation and hygiene indicators. Aktual'nye problem innovatsionnykh system informatizatsii i bezopasnosti. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Actual problems innovative information systems and security. Materials of international scientific - practical conference], Voronezh, 2009, pp. 335-337. (In Russ.).
- 2 Sedykh V.A. et al. Properties of filled compositions based emulsion PVC. *Trudy BGTU*. [Proceedings of the Belarusian state technical University], 2013, no. 4 (160, pp 117-121. (In Russ.).

# Биотехнология, бионанотехнология и технология сахаристых продуктов

---

УДК 573.6.086.835

Профессор О.С. Корнеева, доцент О.Ю. Гойкалова  
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра биохимии и биотехнологии.  
тел. (473) 255-55-57  
E-mail: olga\_bojko2005@mail.ru

Professor O.S. Korneeva, associate Professor O.Iu. Goykalova  
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of biochemistry and biotechnology. phone (473) 255-55-57  
E-mail: olga\_bojko2005@mail.ru

## Исследование процесса биотрансформации сахарозосодержащего сырья с целью получения изомальтулозы

## Research of biotransformation process of containing sugar raw for isomaltulose receiving

Реферат. Изучен процесс биотрансформации сахарозосодержащего сырья изомальтулозосинтазой бактерий рода *Erwinia* с целью получения изомальтулозы – натурального сахарозаменителя. Для получения изомальтулозы использовали тростниковый сахар-сырец, свекловичную мелассу и сироп сахарного сорго. Установлено, что тростниковый сахар-сырец может выступать в качестве субстрата в ферментативной реакции биотрансформации наряду с чистой сахарозой. Выход изомальтулозы при трансформации сахара-сырца был сопоставим с контролем и составил 97 % за 3,5 ч при оптимальных условиях изомеризации (рН 6,0, 30 °С, дозировка фермента 5 Е/мг сахарозы). Научно обоснованы причины снижения степени трансформации мелассы, сиропа сахарного сорго. Исследовано влияние несхаров, сопровождающих основные сахарозосодержащие субстраты – тростниковый сахар-сырец, мелассу, сироп сахарного сорго, при их биокаталитическом превращении. Доказано ингибирующее воздействие ионов металлов (алюминий, железо), анионов неорганических кислот (нитратов, хлоридов, фосфатов), аминокислот (серин, аспарагиновая кислота), органических кислот (лимонная, уксусная кислоты) на процесс биотрансформации чистой сахарозы. Снижение степени изомеризации сахарозы в присутствии исследуемых несхаров наблюдалось в пределах от 50 до 65 % по сравнению с контролем. Активирующее воздействие на изомальтулозосинтазу и, как следствие, выход изомальтулозы установлено для солей кальция и марганца в виде их сульфатов. Введение данных компонентов в раствор чистой сахарозы приводило к увеличению выхода изомальтулозы на 30,5 и 13,2 % соответственно. Полученные данные будут положены в основу исследований по оптимизации процесса биотрансформации различных источников растительного сырья, богатых сахарозой, с целью получения изомальтулозы.

Summary. The process of biotransformation containing sugar raw isomaltulosesynthase bacteria of the genus *Erwinia* to produce isomaltulose - natural sugars substitute. Raw cane sugar, beet molasses and sweet sorghum syrup used for isomaltulose. It was established that cane sugar may serve as a substrate for the enzymatic reaction together with biotransformation of pure sucrose. Yield of isomaltulose in the transformation of raw sugar was comparable to the control and was 97% for 3,5 hours at the optimal isomerization conditions (pH 6,0, 30 °C, the enzyme dosage of 5 U / mg of sucrose). Scientifically substantiated reasons for reducing the degree of transformation of molasses, sugar syrup strength sorghum. The influence of non-sugars accompanying basic substrates - raw cane sugar, molasses, sweet sorghum syrup, when biocatalytic transformation. Proved inhibitory effect of metal ion (aluminum, iron), anions of inorganic acids (nitrate, chloride, phosphate), amino acids (serine, aspartic acid-hand), organic acids (citric acid, acetic acid), the process of biotransformation, the formation of sucrose. Reducing the degree of isomerization in the presence of sucrose was observed in the study of non-sugars from 50 to 65 % compared with the control. Isomaltulosesynthase activating effect on, and consequently, the yield of isomaltulose to set calcium and manganese in the form of their sulfates. The introduction of these components into a solution of pure sucrose increases the yield of isomaltulose by 30.5 and 13.2 % respectively. The data obtained will be the basis of studies to optimize the process of biotransformation of various sources of vegetable raw materials rich in sucrose to produce isomaltulose.

**Ключевые слова:** биотрансформация, сахароза, *Erwinia rhapontici*, изомальтулоза, изомальтулозосинтаза, металлы, аминокислоты, органические кислоты.

**Keywords:** biotransformation, sucrose, *Erwinia rhapontici*, isomaltulose, isomaltulosesynthase, metals, amino acids, organic acids.

© Корнеева О.С., Гойкалова О.Ю., 2014



Как известно, углеводы являются активными участниками обмена веществ и источниками энергии в организме человека. Однако в последнее время наблюдается неуклонный рост числа заболеваний, связанных с нарушениями обмена веществ, сердечнососудистой системы, ожирением, при которых сахара должна быть исключена из рациона питания. В связи с этим получение безвредных натуральных сахарозаменителей с функциональными свойствами является одной из важнейших медико-социальных проблем профилактики и лечения ряда заболеваний.

Изомальтулоза (изомер сахарозы) является натуральным заменителем сахара, который присутствует в меде и соке сахарного тростника. По сравнению с другими сахарозаменителями изомальтулоза отличается низким гликемическим индексом (2 ед), низкой калорийностью (2 ккал/г), чистым сладким вкусом, некариогенностью, отсутствием тератогенного воздействия [1, 2].

На кафедре биохимии и биотехнологии ВГУИТ разработана биотехнология изомальтулозы из сахарозы с помощью высокоактивной изомальтулозосинтазы бактерий рода *Erwinia*. Однако использование в качестве субстрата чистой сахарозы значительно увеличивает стоимость изомальтулозы. В связи с этим цель работы состояла в изучении процесса биотрансформации сахарозосодержащего сырья (тростниковый сахар-сырец, свекловичная меласса, сироп сахарного сорго) для получения изомальтулозы.

Объектом исследования служили бактерии *E. rhapsodic* штамм В-9292 (ВКПМ, г. Москва). Для поддержания и выращивания *E. rhapsodic* использовали мясо-пептонный агар. Культивирование и осаждение бактерий проводили как описано в [3, 4]. Количество изомальтулозы определяли по методу Сомоджи-Нельсона, а также с использованием тонкослойной хроматографии. Динамику трансформации сахарозосодержащего сырья изучали при температуре 30 °С, рН 6,0, дозировке фермента 5 Е/мг сахарозы и продолжительности процесса 3-3,5 ч.

Изучение процессов трансформации различных видов сахарозосодержащего сырья изомальтулозосинтазой показало, что для получения изомальтулозы оптимальным субстратом является тростниковый сахар-сырец, так как ход процесса биотрансформации практически не отличается от контроля (субстрат - чистая сахароза). Как видно из рисунка 1, степень трансформации сахарозы и сахара-сырца достигала максимума (97 %) за 3-3,5 ч. Тогда

как в опыте с мелассой и сиропом сахарного сорго к этому времени выход изомальтулозы составлял лишь 45 % и 65 % соответственно.

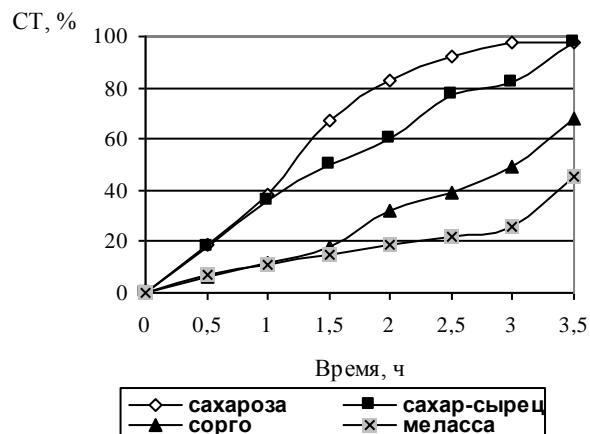


Рисунок 1. Динамика процесса трансформации сахарозосодержащих продуктов (СТ – степень трансформации)

Подобные результаты были получены в экспериментах с добавлением исследуемых субстратов в концентрации 0,5 масс. % к 5 % раствору чистой сахарозы. Ингибирование процесса биотрансформации также наблюдалось в опыте со свекловичной мелассой и сиропом сахарного сорго (степень трансформации к 3-му часу процесса снижалась на 14,5 и 18,7 % соответственно). Интенсивнее всего процесс наблюдался в пробе с содержанием тростникового сахара-сырца. Предположительно снижение степени трансформации сахарозы в составе мелассы и сиропа сахарного сорго провоцировали несахара, входящие в их состав.

С целью научного обоснования полученных результатов эксперимента нами исследовалось влияние некоторых несахаров, сопровождающих тростниковый сахар-сырец, мелассу, сироп сахарного сорго на процесс биотрансформации чистой сахарозы. Анализируя химический состав исследуемых видов сырья, установили, что наибольшим разнообразием несахаров отличается меласса, а именно, по зольному составу, по количеству некоторых аминокислот, а также углеводов и витаминов. В связи с этим нами было изучено влияние некоторых ионов металлов, анионов неорганических кислот, аминокислот и органических кислот на процесс биотрансформации сахарозы.

Из металлов для исследования были использованы алюминий, калий, марганец, кальций, железо и магний в виде сульфатов и хлоридов (1,5 масс. %). Среди анионов в реакционную смесь вводили  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$  (1 масс. %). Для исследования влияния аминокислот на процесс биотрансформации сахарозы использовали аспарагиновую кислоту,

серин, аланин и глицин, из органических кислот – лимонную, янтарную и уксусную (1 масс. %). Выбранное значение концентрации исследуемых компонентов реакционной смеси было экспериментально обосновано.

Анализируя полученные данные, установили, что явное стимулирующее действие на процесс трансформации сахарозы оказывали ионы кальция и марганца (в виде сульфатов), степень трансформации которых превышала контроль на 30,5 и 13,2 % соответственно. Результаты представлены на рисунке 2.

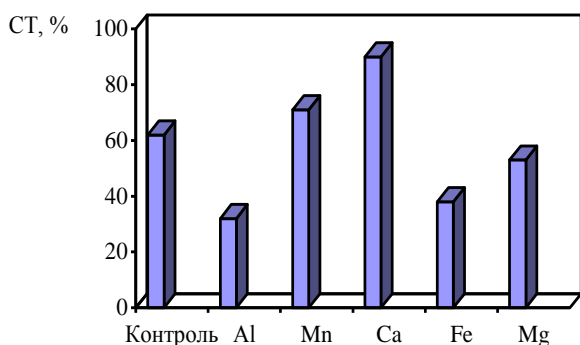


Рисунок 2. Влияние ионов металлов на процесс биотрансформации сахарозы (СТ – степень трансформации, продолжительность – 1 ч)

В то же время ионы алюминия и железа оказывали ингибирующее воздействие (степень трансформации снижалась на 46,9 и 40,9 % соответственно). Введение ионов магния в реакционную смесь приводило к незначительному ингибирующему эффекту.

Изучение динамики процесса трансформации сахарозы в присутствии хлоридов калия, железа и кальция (при продолжительности процесса 1 ч) также показало стимулирующее влияние ионов калия и кальция (степень трансформации увеличивалась на 29,7 и 25,8 %), что согласуется с результатами, представленными на рисунке 1. Как известно, ионы металлов часто выступают в качестве ингибиторов или активаторов ферментов. Механизм влияния металлов-активаторов может быть различным. Полученные нами данные гипотетически можно объяснить именно влиянием ионов кальция и магния на активный центр изомальтулозосинтазы. Известно, что металл может быть компонентом активного центра фермента, может действовать как связующий мостик между ферментом и субстратом, удерживая субстрат у активного центра фермента.

Присутствие анионов неорганических кислот оказывало меньшее ингибирующее воздействие по сравнению с амино- и органи-

ческими кислотами. Среди анионов можно отметить угнетающее воздействие нитратов, хлоридов и фосфатов на степень трансформации сахарозы, которая снижалась на 11,7, 17,6 и 22,3 % соответственно по сравнению с контролем. Причем наибольшее ингибирующее воздействие оказывали фосфаты.

Наиболее сильное снижение степени трансформации сахарозы вызвало присутствие таких аминокислот как серин и аспарагиновая кислота (рисунок 3).

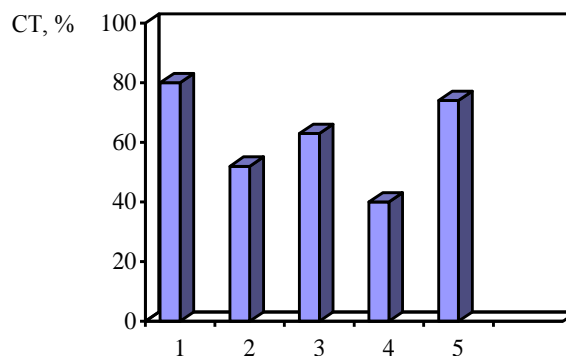


Рисунок 3. Влияние аминокислот на процесс биотрансформации сахарозы (СТ – степень трансформации, продолжительность – 1 ч, 1 - контроль, 2 – серин, 3 – аланин, 4 – аспарагиновая кислота, 5 - глицин)

Степень трансформации сахарозы к 1 ч процесса в этих пробах составляла всего 35,2 и 49,5 % соответственно. Однако к 2 ч процесса степень трансформации достигала 97 % во всех пробах, за исключением таковой с содержанием аспарагиновой кислоты (75,24 %).

Среди органических кислот процесса ингибирующее влияние оказывали лимонная и уксусная, так как степень трансформации снижалась на 38,9 и 42,8 % соответственно. К 3 ч степень трансформации достигла 97 % во всех пробах за исключением таковой с содержанием уксусной кислоты (87,46 %).

Полученные данные позволяют рекомендовать тростниковый сахар-сырец как альтернативную замену дорогостоящего субстрата (сахарозы) с целью получения изомальтулозы. Результаты исследования влияния несахаров на процесс изомеризации сахарозы свидетельствуют о причинах их ингибирующего воздействия при трансформации таких сахарозосодержащих субстратов как меласса, сироп сахарного сорго. В дальнейшем полученные экспериментальные данные будут положены в основу исследований по оптимизации состава реакционной смеси в процессе биотрансформации сахарозосодержащего растительного сырья для получения изомальтулозы – натурального сахарозаменителя.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Kawaguti H.Y., Manrich E., Sato H.H. Application of response surface methodology for glucosyltransferase production and conversion of sucrose into isomaltulose using free *Erwinia sp.* cells // Electronic J. Biotechnology. 2006. V. 9. № 5. P. 482 - 493.
- 2 Krastanov A., Blazheva D., Yanakieva I., Kratchanova M. Conversion of sucrose into palatinose in a batch and continuous processes by immobilized *Serratia plymutica* cells // Enzyme and Microbial Technology. 2006. V. 39. P. 1306 - 1312.
- 3 Корнеева О.С., Божко О.Ю., Шуваева Г.П. Биотехнология изомальтулозы - природного заменителя сахара с пребиотическими свойствами // Биотехнология. 2008. № 2. С. 46-50.
- 4 Корнеева О.С., Божко О.Ю. Применение изомальтулозосинтазы *Erwinia rhapontici* с целью трансформации сахарозы в изомальтулозу // Вестник ОГУ. 2009. № 4. С. 130-134.

REFERENCES

- 1 Kawaguti H.Y., Manrich E., Sato H.H. Application of response surface methodology for glucosyltransferase production and conversion of sucrose into isomaltulose using free *Erwinia sp.* cells [Electronic J. Biotechnology], 2006, vol. 9, no. 5, pp. 482 - 493.
- 2 Krastanov A., Blazheva D., Yanakieva I., Kratchanova M. Conversion of sucrose into palatinose in a batch and continuous processes by immobilized *Serratia plymutica* cells [Enzyme and Microbial Technology], 2006, vol. 39, pp. 1306 - 1312.
- 3 Korneeva O.S., Bozhko O.Iu., Shuvaeva G.P. Biotechnology isomaltulose - natural sweetener with prebiotic properties. *Biotekhnologiya*. [Biotechnology], 2008. no. 2, pp. 46-50. (In Russ.).
- 4 Korneeva O.S., Bozhko O.Iu. Application isomaltulosesynthase *Erwinia rhapontici* to transform sucrose to isomaltulose. *Vestnik OGU*. [Bulletin of OSU], 2009, no. 4, pp. 130-134. (In Russ.).

УДК 664.859

Доцент М.Г. Магомедов,

(Воронеж.гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств.

тел. 8(920)4080505

E-mail: mmg@inbox.ru

Associate Professor M.G. Magomedov,

(Voronezh State University of Engineering Technologies) Department of bread, confectionery, pasta and grain processing technology phone 8(920)4080505

E-mail: mmg@inbox.ru

## Технология получения пасты из сахарной свеклы

### The technology of paste from sugar beet obtaining

Реферат. Рассмотрена новая технология переработки сахарной свеклы в полуфабрикат для пищевой промышленности. В настоящее время сахарная свёкла используется в основном для переработки на сахар-песок. При получении сахара-песка сахарную свёклу подвергают глубокой очистке от всех полезных веществ: белков, минеральных, пектиновых веществ, органических кислот, мешающих процессу кристаллизации, а затем получают рафинированный продукт (сахар-песок) с массовой долей сахарозы не менее 99,75 %. Нами разработана технология получения пасты из сахарной свеклы, позволяющей сохранить не только сахарозу, но и практически все полезные для питания человека вещества, содержащиеся в свёкле. Паста из сахарной свеклы является ценным пищевым продуктом. В его химический состав входят углеводы, органические кислоты, минеральные вещества, белки, пищевые волокна и витамины. Приведена структурная схема получения пасты из сахарной свеклы. Технология получения пасты из сахарной свеклы была апробирована в производственных условиях на консервном заводе (ОАО «Садовое» Лискинский район, с. Сторожевое, Воронежская область). Определен химический состав пасты (СВ = 40 %), рассчитана степень удовлетворения суточной потребности в пищевых веществах. При употреблении 100 г продукта происходит удовлетворение суточной потребности в пищевых волокнах на 42,5 %, органических кислотах – 27,5 %, в калии – 24,0 %, магнии – 40,0 %, железе – 26,7 %. Пасту из сахарной свеклы можно использовать как полуфабрикат в кондитерской, хлебопекарной, пищеко-нцентратной промышленности для получения изделий повышенной пищевой ценности, а также в виде готово-го продукта вместо повидла, джема, варенья.

Summary. We considered a new technology for processing sugar beet into intermediate product for the food industry. Nowadays sugar beet is mainly used for processing into granulated sugar. In the granulated sugar obtaining sugar beet undergoes deep extraction of all nutrients: proteins, minerals, pectin, organic acids, preventing the crystallization process, and then the refined product (granulated sugar) with a mass fraction of sucrose not less than 99.75% is obtained. We developed a technology for producing a sugar beet paste, which allows to preserve both sucrose, and almost all useful for human food substances containing in beet. A sugar beet paste is a valuable food product. Carbohydrates, organic acids, minerals, proteins, dietary fibers and vitamins are found in it. The block diagram of a sugar beet paste is given in the article. Technology of obtaining a sugar beet paste was tested under production conditions at the cannery (Joint Stock Company "Sadovoye" Liskinsky district, Storozhevoe village, Voronezh region). The chemical composition of the paste (Dry Substances = 40%) was determined, the degree of meeting of daily requirement for nutrients was calculated. 100 g of the product satisfy the daily requirement for dietary fiber by 42.5%, organic acids by 27.5% potassium by 24.0%, magnesium by 40.0%, iron by 26.7%. The sugar beet paste can be used as a semi-finished product in the confectionery, bakery, food concentrates industry, for products with increased nutritional value, as well as the finished product instead of marmalade and jam.

Ключевые слова: сахарная свекла, концентрированное пюре, паста, новое сырьё.

Keywords: sugar beet, concentrated puree, paste, new raw materials.

Сахарная свекла, благодаря низкой себестоимости, высокой пищевой и биологической ценности и содержанию функциональных ингредиентов (более 30 %) является стратегическим функциональным сельскохозяйственным сырьевым ресурсом для пищевой промышленности.

До сих пор сахарная свекла рассматривалась как сырье для производства сахара-песка и сахара-рафинада. При этом образуется значительное количество вторичных продуктов: меласса, жом, дефектосатурационный осадок и др., большая часть которых в дальнейшем не используется [1].

В сахарной свекле содержится ряд компонентов, способных благотворно влиять не только на качество изделий, но и на организм человека: макроэлементы (калий, натрий, магний, кальций, фосфор), микроэлементы (железо, цинк, медь), органические кислоты (щавелевая, лимонная, яблочная), пищевые волокна (пектин, гемицеллюлоза, целлюлоза), белки [2]. Высокое содержание функциональных ингредиентов позволяет рекомендовать ее как функциональный продукт лечебно-профилактического назначения [3].

Целью исследования является разработка новой схемы переработки корнеплодов сахарной свеклы для получения полуфабриката в виде концентрированной пасты с содержанием сухих веществ не менее 40-60 %.

Разработка новой технологии производства концентрированных полуфабрикатов из овощей и фруктов – эффективный способ переработки последних, который позволит получать продукцию высокой пищевой ценности в промышленных масштабах, хранить и использовать ее в межсезонный период для изготовления кондитерских, хлебопекарных изделий как альтернативу скоропортящимся овощным полуфабрикатам.

На основе лабораторных исследований была разработана структурная технологическая схема производства пасты из сахарной свеклы в промышленных масштабах (рисунок 1).

Предназначенные для промышленной переработки свежие корнеплоды сахарной свеклы при поступлении на предприятие подвергают калибровке и мойке. Откалиброванная сахарная свекла поступает в барабанную моечную машину, при этом с ее поверхности удаляется основная масса грязи, посторонние примеси, а также происходит частичное удаление микроорганизмов и их спор. Промытые корне-

плоды инспектируют на ленточных транспортерах, удаляя при этом некондиционные и плохо промытые с наличием тех или иных дефектов. Далее чистая сахарная свекла направляется на паротермическую обработку для очистки от кожицы. Быстрая обработка острым паром при давлении 0,8-0,9 МПа в течение 60-90 с позволяет легко отделить кожицу от мякоти и уничтожить микробов на поверхности подготавливаемого сырья. Для лучшего сохранения натуральных свойств мякоти и сведения к минимуму возможных повреждений самым важным является строгое соблюдение времени обработки сырья. Таким образом, сохраняется белый цвет, происходит инаktivация полифенолоксидазы (во внутренних слоях присутствует небольшое количество активной полифенолоксидазы, которая является главным фактором инициации процессов потемнения), облегчается очистка от кожицы и хвостов – основных носителей сапонина, полифенолоксидазы, возможных вредных веществ (тяжелых металлов, пестицидов и др.), которые свекла могла накопить в процессе роста. Более длительная тепловая обработка нецелесообразна в связи с тем, что увеличивается глубина провара подкожного слоя, что приводит к увеличению количества отходов и потери продукта.

Паровой способ очистки обладает существенными преимуществами по сравнению с другими способами. При его применении уменьшается количество отходов и устраняется необходимость предварительного калибрования овощей. Овощи любых форм и размеров хорошо очищаются, имеют сырую (небланшированную) мякоть, поэтому они хорошо измельчаются на корнерезках [4].

Обработанные паром клубни очищаются от кожицы в барабанной моечной машине, в которую непрерывно подается под давлением холодная вода. В результате механического воздействия пластин, расположенных на внутренней поверхности барабана, воды и трения клубней между собой размягченная кожица снимается и удаляется водой через приемную воронку в канализацию. Очищенные и охлажденные клубни поступают на инспекционный транспортер, где осуществляют инспекцию и доочистку при необходимости вручную.

Очищенные корнеплоды сахарной свеклы измельчают на волчке (размер частиц 3-5 мм) и бланшируют на шнековом шпарителе.



Рисунок 1. Структурная схема производства концентрированной пасты из сахарной свеклы

Во время измельчения существует проблема потемнения поверхности. Это связано с действием собственных окислительных ферментов. В связи с этим для предотвращения потемнения измельченной массы сахарной свеклы при измельчении добавляют лимонную кислоту в количестве 0,3 - 0,7 % к ее массе.

Бланширование позволяет размягчить частицы твердой фазы измельченной массы, увеличить их клеточную проницаемость, инактивировать ферменты, подвергнуть гидролизу протопектин, удалить из растительной ткани воздух.

Размягчение частичек твердой фазы измельченной массы сахарной свеклы при бланшировании происходит вследствие гидролиза протопектина, склеивающего отдельные клетки между собой и цементирующего раститель-

ную ткань, а также вследствие коагуляции белков протоплазмы, повреждения цитоплазматической оболочки и снижения осмотического давления, которое обуславливает твердость. При гидролизе протопектина в растворимую форму клетки отклеиваются друг от друга, плодовая ткань становится рыхлой и мягкой.

После бланширования измельченную массу пропускают через протирочную машину с диаметром ячеек сита 0,8 мм. Во время протирания сырье дополнительно измельчается, ему придается однородная консистенция и полностью удаляются грубые частицы.

Полученное свекловичное пюре направляют на концентрирование в вакуум аппарат. Концентрирование осуществляют в вакуум-выпарном аппарате при давлении пара в рубашке 0,5-0,6 МПа и разрежении 0,07-0,08 МПа.

При концентрировании происходят сложные физико-химические изменения (коагуляция белков, гидролиз сложных органических соединений, меланоидинообразования и т.д.), поэтому подбор режимов и условий концентрирования является важнейшей работой в создании технологического процесса и устройств для концентрирования пищевых продуктов.

Уваривание свекловичной массы в вакуум-аппарате позволяет наиболее полно сохранить ценные компоненты продукта, в резуль-

тате получается свекловичная паста с массовой долей сухих веществ 40-60 % [5].

Технология получения пасты из сахарной свеклы была апробирована в производственных условиях на консервном заводе (ОАО «Садовое» Лискинский район, с. Сторожевое, Воронежская область).

Определен химический состав пасты (СВ = 40%), рассчитана степень удовлетворения суточной потребности в пищевых веществах (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Содержание пищевых веществ в пасте из сахарной свеклы и удовлетворение суточной потребности при потреблении 100 г.

Пищевые вещества	Суточная потребность	Свекловичная паста СВ=40 %	
		Содержание в 100 г	Степень удовлетворения формулы сбалансированного питания, %
Белки, г	80,0	1,80	2,25
Жиры, г	80,0	0,06	0,08
Углеводы, г	400,0	35,00	8,75
Пищевые волокна, г	20,0	8,50	42,50
Органические кислоты, г	2,0	0,55	27,50
Минеральные вещества, мг:			
натрий	1300,0	80,00	6,15
калий	2500,0	600,00	24,00
кальций	1000,0	100,00	10,00
магний	400,0	160,00	40,00
фосфор	800,0	140,00	17,50
железо	15,00	4,00	26,70
Энергетическая ценность, ккал (кДж)	2775,0 (13 320)	108,61 (521,32)	4,00

При употреблении 100 г. продукта происходит удовлетворение суточной потребности в пищевых волокнах на 42,5 %, органических кислотах – 27,5 %, в калии – 24,0 %, магнии – 40,0 %, железе – 26,7 %.

Таким образом, пасту из сахарной свеклы можно использовать как полуфабрикат в конди-

терской, хлебопекарной, пищекоцентрационной промышленности для получения изделий повышенной пищевой ценности, а также в виде готового продукта вместо повидла, джема, варенья.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. М.: Колос, 1998. 495 с.
- 2 Магомедов Г.О., Магомедов М.Г., Вертяков Ф.Н., Астрединова В.В. Использование полуфабрикатов из сахарной свеклы в кондитерской отрасли // Вестник ВГТА. 2008. № 1. С. 60-64.
- 3 Магомедов М.Г. Технология получения порошкообразного полуфабриката из сахарной свеклы // Известия вузов. Пищевая технология. 2014. № 1. С. 54-57.
- 4 Кац З.А. Производство сушеных овощей, картофеля и фруктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 215 с.
- 5 Астрединова В.В. Разработка технологий пищекоцентрационных изделий из сахарной свеклы и кондитерских изделий на их основе: дис. ... канд. техн. наук. Воронеж ВГТА, 2006. 180 с.

## REFERENCES

- 1 Sapronov A. R. Tekhnologiya sakharnogo proizvodstva [Technology of sugar production]. Moscow, Kolos, 1998. 495 p. (In Russ.).
- 2 Magomedov G.O., Magomedov M.G., Ver-tiakov F.N., Astredinova V.V. Use of semi-finished products of sugar-beet in the confectionery industry. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSTA], 2008, no. 1, pp. 60-64. (In Russ.).
- 3 Magomedov M.G. Technology of taking powder semi-finished product from sugar beet. *Izvestiya vuzov*. [Proceedings of the universities], 2014, no. 1, pp. 54-57. (In Russ.).
- 4 Kat Z.A. Proizvodstvo sushenikh ovoshchei, kartofelia i fruktov [Production of dried vegetables, potatoes and fruit]. Moscow, Legkaia i pishchevaia promyshlennost', 1984. 215 p. (In Russ.).
- 5 Astredinova V.V. Razrabotka tekhnologii pishchekontsentratsionnykh izdelii iz sakharnoi svekly i konditerskikh izdelii na ikh osnove. Dis. kand. tekhn. nauk [Development of technologies of food concentrates from sugar beet and confectionery products on their basis. Cand. tech. sci. diss.]. Voronezh, VGTA, 2006. 180 p. (In Russ.).





УДК 613.26:577.213.32

Руководитель научного образовательного центра Л.С. Дышлюк,  
старший преподаватель Ю.В. Голубцова,  
аспирант М.В. Новоселова, аспирант К.А. Шевякова  
(Кемер. техн. ин-т пищ. пром-ти) кафедра бионанотехнология. тел. (3842) 39-05-37  
E-mail: ksenija-shevjakova@rambler.ru

Head of research and educational center L.S. Dyshlyuk,  
Senior Lecturer Y.V. Golubtsova,  
graduate student M.V. Novoselov,  
graduate student K.A. Shevyakova  
(Kemerovo Institute of Food Science and Technology) Department of bionanotechnology  
phone (3842) 39-05-37  
E-mail: ksenija-shevjakova@rambler.ru

## **Исследование методов экстракции ДНК из объектов растительного происхождения и продуктов питания на их основе**

## **Investigation of methods of DNA extraction from plant origin objects and foods based on them**

Реферат. За последние десятилетия в мире разработаны современные высокоэффективные методы определения качества и безопасности пищевой продукции, основанные на применении последних научных достижений. Особое место занимают методы, опирающиеся на достижения молекулярной биологии и генетики. На современном этапе развития в области оценки качества продовольственного сырья и пищевых продуктов наибольшее значение приобретают высокоточные, чувствительные и специфичные методы исследований, среди которых, лидирующее место занимает метод полимеразной цепной реакции (ПЦР). ПЦР – это изящный метод, имитирующий естественную репликацию ДНК и позволяющий обнаружить единственную специфическую молекулу ДНК в присутствии миллионов других молекул. Ключевым моментом в подготовке материала для проведения ПЦР является выделение нуклеиновых кислот. Низкое содержание ДНК в растительном материале и высокая концентрация вторичных метаболитов затрудняют процесс ее экстракции. Ключевым решением этой проблемы является подбор высокоэффективной методики экстракции, позволяющей получить ДНК надлежащего качества и чистоты. В исследовании проведен сравнительный анализ методов выделения нуклеиновых кислот из плодово-ягодного сырья и продуктов на его основе. Общий анализ экспериментальных данных позволил определить наиболее эффективный способ экстракции ДНК. В ходе сравнительного анализа установлено, что для экстракции ДНК из растительного сырья и пищевых продуктов, приготовленных на его основе наиболее пригоден набор реагентов «Сорб-ГМО-А». Описанный подход дает возможность получить дезоксирибонуклеиновую кислоту надлежащего качества и чистоты.

Summary. For the last decades modern and highly efficient methods of determining the quality and safety of food products, based on the application of the latest scientific achievements were developed in the world. A special place is given to the methods based on achievements of molecular biology and genetics. At the present stage of development in the field of assessing the quality of raw materials and processed food products much attention is given to highly accurate, sensitive and specific research methods, the method of polymerase chain reaction (PCR) occupying a leading place among them. PCR is a sophisticated method that simulates the natural DNA replication and allows to detect a single specific DNA molecule in the presence of millions of other molecules. The key point in the preparation of material for PCR is the extraction of nucleic acids. The low content of DNA in plant material and the high concentration of secondary metabolites complicate the process of extraction. The key solution to this problem is highly effective method of extraction, which allows to obtain the DNA of adequate quality and purity. Comparative analysis of methods for the extraction of nucleic acids from fruit raw materials and products based on them was carried out in the study. General analysis of the experimental data allowed us to determine the most efficient method for DNA extracting. In the comparative analysis it was found out that to extract DNA from plant raw materials and food products prepared on their basis it is the most suitable to use "Sorb-GMO-A" reactants kit (set). The approach described gives us a brilliant opportunity to obtain deoxyribonucleic acid proper quality and purity.

*Ключевые слова:* плодово-ягодное сырье, методика, ДНК, полимеразная цепная реакция, выделение.

*Keywords:* fruit and berry raw materials, method, DNA, polymerase chain reaction, extraction.

В настоящее время разработка и внедрение качественно новых, безопасных пищевых продуктов, максимальное использование биологических свойств сырья и компонентов, способствующих сохранению здоровья, является важнейшим направлением государственной политики в области здорового питания. Обеспечение населения качественным продоволь-

ствием имеет актуальное значение, поскольку напрямую или косвенно оказывает влияние на демографические, социальные, политические изменения, происходящие в государстве, а также обеспечивает стабильность и безопасность государства во взаимозависимом мире. [3].

---

© Дышлюк Л.С., Голубцова Ю.В.,  
Новоселова М.В., Шевякова К.А., 2014

Анализ качества продуктов питания является непростой задачей. Главная причина затруднений – их многокомпонентность и индивидуальность [8].

Сравнительно недавно основное значение в оценке качества пищевых продуктов придавали сенсорным методам, основанным на анализе ощущений органов чувств человека [6]. За последние десятилетия в мире разработаны современные высокоэффективные методы определения качества и безопасности пищевой продукции, основанные на применении последних научных достижений. Особое место занимают методы, опирающиеся на достижения молекулярной биологии и генетики [4].

Одним из наиболее выдающихся событий в области молекулярной биологии стало открытие метода полимеразной цепной реакции (ПЦР). Это позволило поднять контроль качества и безопасности плодово-ягодного сырья и пищевых продуктов на его основе на новый уровень [7]. ПЦР – это изящный метод, имитирующий естественную репликацию ДНК и позволяющий обнаружить единственную специфическую молекулу ДНК в присутствии миллионов других молекул. К основным достоинствам данного метода анализа относят: специфичность; универсальность (может применяться практически любые материалы); высокая чувствительность (возможно выявлять единичные копии ДНК); малый объем биологического материала (проведение анализа возможно в минимальном объеме пробы (до нескольких микролитров); высокая скорость получения результата анализа [2].

ПЦР-анализ состоит из трех основных процедур: подготовка пробы исследуемого материала, которая в большинстве случаев сводится к изоляции ДНК и ее очистке; амплификация (собственно ПЦР) и детекция продуктов амплификации [7].

Выделение и очистка нуклеиновых кислот – это первый шаг в большинстве молекулярно-биологических исследований ДНК, в том числе и полимеразной цепной реакции. В основе выделения нуклеиновых кислот лежат как физические, так и химические процессы. При экстракции ДНК из растительных объектов необходимо не только дезактивировать клеточные ферменты, но и «удалить» запасные

вещества, например, полисахариды и вторичные метаболиты, такие как алкалоиды, фенольные соединения, терпены, которые не просто мешают изолированию ДНК, но и отрицательно влияют на ее качество. Качество и чистота нуклеиновых кислот относятся к наиболее важным факторам ПЦР анализа. Для того чтобы получить высокоочищенные нуклеиновые кислоты, не содержащие ингибирующих примесей, необходимо использовать наиболее подходящие методы выделения [1].

Целью настоящего исследования являлось выявление эффективного метода выделения ДНК из объектов растительного происхождения и продуктов питания на их основе.

В качестве объектов исследования использовались ДНК фруктов и ягод: малины, земляники, крыжовника, шиповника, вишни/черешни, банана, киви, а также пищевые продукты, самостоятельно изготовленные на их основе.

Исследуемые образцы пищевых продуктов или их компоненты готовили для извлечения из них ДНК, удаления примесей, которые могут ингибировать ПЦР. Для этого измельчение проводили с помощью стерильного скальпеля, ножниц и одноразового шпателя и гомогенизировали в керамической ступке.

Степень чистоты выделенных нуклеиновых кислот определяли с помощью спектрофотометрического метода анализа, основанного на изучении спектров поглощения в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной области спектра.

Извлечение ДНК проводили тремя разными методами:

1. Фенольной экстракцией, которая рекомендуется для быстрого выделения небольших количеств геномной ДНК растений.

2. С применением коммерческого набора «ПРОБА–ЦТАБ» - комплект реагентов для выделения растительной ДНК (ООО «НПО ДНК–Технология», Москва).

3. С применением коммерческого набора «Сорб-ГМО-А» (ЗАО «Синтол», Москва).

В ходе исследования все рассмотренные методы позволили выделить ДНК из исследуемых образцов, независимо от используемого объекта. В таблице 1 представлена сравнительная характеристика методик выделения ДНК из плодово-ягодного сырья.

Т а б л и ц а 1  
Сравнительная характеристика методик выделения ДНК из плодово-ягодного сырья

Параметры сравнения	Методика		
	с дополнительной экстракцией фенолом	«ПРОБА–ЦТАБ»	«Сорб-ГМО-А»
1	2	3	4
Масса навески, мг	100-150	100-150	100-150
Время проведения выделения, час	2,50 ± 0,02	1,00 ± 0,01	1,00 ± 0,01
Очистка ДНК	растворители	сорбент	сорбент

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
Температура инкубации, °С	65,00 ± 0,39	65,00 ± 0,39	60,00 ± 0,36
Время перемешивания вручную, мин	19,00 ± 0,11	-	-
Время центрифугирования за весь период выделения, мин	23,00 ± 0,14	16,00 ± 0,09	9,50 ± 0,06
Условия хранения пробы	+ 20,00 ± 0,12 °С 12 часов	- 20,00 ± 0,12 °С 6 месяцев	- 20,00 ± 0,12 °С 6 месяцев

Во всех трех методах выделения ДНК масса навески различалась незначительно. В первых двух методах с дополнительной экстракцией фенолом и применением коммерческого набора «ПРОБА-ЦТАБ» температура инкубации составила  $65 \pm 0,39$  °С, что на 5 °С выше, чем в третьем случае с применением коммерческого набора «Сорб-ГМО-А» (температура инкубации  $60,00 \pm 0,36$  °С). После лизиса образцы центрифугировали. Время центрифугирования в случае применения набора «Сорб-ГМО-А» составило  $9,50 \pm 0,06$  мин, что в два раза меньше чем в методах с применением фенола и набора «ПРОБА-ЦТАБ», время центрифугирования которых  $23,00 \pm 0,14$  мин и  $16,00 \pm 0,09$  мин соответственно. Скорость центрифугирования на этапах выделения ДНК в случае с дополнительной экстракцией с фенолом составила 12 тыс. об/мин, в методе с применением набора

«ПРОБА-ЦТАБ» – 13 тыс. об/мин, с набором «Сорб-ГМО-А» – 7 тыс. об/мин.

Таким образом, нуклеиновые кислоты, выделенные методом с применением набора «Сорб-ГМО-А» будут подвергаться меньшему термическому и механическому воздействию.

В методе фенольной экстракции для выделения ДНК на стадии отмывания и преципитации использовали химический способ – растворители. Во втором и третьем случае с применением наборов «ПРОБА-ЦТАБ» и «Сорб-ГМО-А» использовали сорбент в виде эмульсии.

В таблице 2 представлена сравнительная характеристика чистоты выделенной ДНК. Степень чистоты выделения дезоксирибонуклеиновых кислот определяли высокочувствительным, простым в исполнении спектрофотометрическим методом, основанном на поглощении монохроматического потока световой энергии при прохождении его через исследуемый раствор [6].

Таблица 2

Сравнительная характеристика чистоты выделенной ДНК

Метод выделения ДНК	Объект исследования	Чистота ДНК при A260/280	Концентрация выделенной ДНК, мг/г
1	2	3	4
с дополнительной экстракцией фенолом	Смесь 0,1% земляники и банана	1,78	0,38
	Смесь 0,1% малины и киви	1,79	0,36
	Смесь 0,1% вишни и малины	1,78	0,36
	Смесь 0,1% шиповника и вишни	1,79	0,38
	Смесь 0,1% крыжовника и киви	1,80	0,36
	Смесь 0,1% малины и шиповника	1,78	0,36
«ПРОБА- ЦТАБ»	Смесь 0,1% земляники и банана	1,94	0,41
	Смесь 0,1% малины и киви	1,97	0,39
	Смесь 0,1% вишни и малины	2,01	0,39
	Смесь 0,1% шиповника и вишни	1,99	0,38
	Смесь 0,1% крыжовника и киви	2,03	0,40
	Смесь 0,1% малины и шиповника	1,99	0,42
«Сорб-ГМО-А»	Смесь 0,1% земляники и банана	1,97	0,42
	Смесь 0,1% малины и киви	1,99	0,42
	Смесь 0,1% вишни и малины	1,94	0,43
	Смесь 0,1% шиповника и вишни	1,97	0,43
	Смесь 0,1% крыжовника и киви	2,02	0,44
	Смесь 0,1% малины и шиповника	2,00	0,43
с дополнительной экстракцией фенолом	Повидло малиновое, 100%	1,77	0,35
	Повидло земляничное, 100%	1,76	0,36
	Повидло из крыжовника, 100%	1,76	0,35
	Повидло вишневое, 100%	1,76	0,35
	Повидло банановое, 100%	1,76	0,35
	Повидло из киви, 100%	1,76	0,35
	Повидло из шиповника, 100%	1,76	0,36
	Повидло малиновое, 100%	1,98	0,39
«ПРОБА- ЦТАБ»	Повидло земляничное, 100%	1,99	0,39

1	2	3	4
	Повидло из крыжовника, 100%	1,98	0,40
	Повидло вишневое, 100%	1,98	0,38
	Повидло банановое, 100%	2,01	0,39
	Повидло из киви, 100%	1,98	0,38
	Повидло из шиповника, 100%	2,00	0,39
«Сорб-ГМО-А»	Повидло малиновое, 100%	1,97	0,43
	Повидло земляничное, 100%	1,98	0,45
	Повидло из крыжовника, 100%	1,97	0,44
	Повидло вишневое, 100%	1,95	0,42
	Повидло банановое, 100%	1,94	0,43
	Повидло из киви, 100%	1,97	0,44
	Повидло из шиповника, 100%	1,97	0,43

Анализ экспериментальных данных, представленных в таблице 2, указывает на то, что чистота ДНК при  $A_{260/280}$  нм всех категорий фруктово-ягодных смесей при выделении ДНК первым методом с дополнительной экстракцией фенолом составляет от 1,76 до 1,80; вторым и третьим с применением наборов «ПРОБА-ЦТАБ» и «Сорб-ГМО-А» - от 1,94 до 2,03. При этом концентрация выделенной ДНК составляет при экстракции первым методом от 0,35 до 0,38 мг/г продукта, вторым – от 0,38 до 0,42 мг/г продукта, третьим – от 0,42 до 0,45 мг/г.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность использования выбранных методик выделения нуклеиновых кис-

лот из плодово-ягодных объектов. Общий анализ экспериментальных данных позволил определить наиболее эффективный способ экстракции ДНК. В ходе сравнительного анализа установлено, что для экстракции ДНК из растительного сырья и пищевых продуктов, приготовленных на его основе, наиболее пригоден набор реагентов «Сорб-ГМО-А». Описанный подход дает возможность получить дезоксирибонуклеиновую кислоту надлежащего качества и чистоты.

Проведенные исследования представляют значительный научный и практический интерес при оценке качества продовольственного сырья и продуктов питания методом полимеразной цепной реакцией.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Глик Б., Пастернак Д. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. М.: Мир, 2002. 589 с.
- 2 Зорина В.В. Основы полимеразной цепной реакции. М., 2012. 78 с.
- 3 Расолько Л.А. Качество как фактор предпочтений потребителя // Молочный продукт: специализированный информационно-аналитический журнал. 2008. № 2. С. 26
- 4 Лукашов В.В. Молекулярная эволюция и филогенетический анализ. М.: Бином, 2009. 256 с.
- 5 Никитина Е.В., Решетник О.А. Безопасность пищевых продуктов. Казань, 2006. 92 с.
- 6 Просяков А.Ю., Бабич О.О., Сухих С.А. Современные методы исследования сырья и биотехнологической продукции. Кемерово, 2013. 183 с.
- 7 Просяков А.Ю., Бабич О.О. Генная инженерия: учебное пособие. М.: Достижения науки и техники АПК, 2010. 216 с.
- 8 Шаулина Л. П., Корсун Л.Н. Контроль качества и безопасности пищевых продуктов и продовольственного сырья. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. 111 с.

#### REFERENCES

- 1 Glik B., Pasternak D. Molekuliarnaia biotekhnologiya. Printsipy i primeneniye [Molecular biotechnology Principles and application]. Moscow, Mir, 2002. 589 p. (In Russ.).
- 2 Zorina V.V. Osnovy polimeraznoi tsepoi reaktsii [The basic of polymerase chain reaction]. Moscow, Mir, 2012. 78 p. (In Russ.).
- 3 Rasol'ko L. A. Quality as the factor of consumer preferences. *Molochnyi product*. [Dairy product], 2008, no. 2, pp. 26 (In Russ.).
- 4 Lukashov V.V. Molekuliarnaia evoliutsiia i filogeneticheskii analiz [Molecular evolution and phylogenetic analysis]. Moscow, Binom, 2009. 92 p. (In Russ.).
- 5 Nikitina E.V., Reshetnik O.A. Bezopasnost' pishchevykh produktov [Food safety]. Kazan', 2006. 92 p. (In Russ.).
- 6 Prosekov A.Iu., Babich O.O., Sukhikh S.A. Sovremennye metody issledovaniia syria i biotekhnologicheskoi produktsii [Modern methods of research of raw materials and biotechnology products]. Kemerovo, 2013. 183 p. (In Russ.).
- 7 Prosekov A.Iu., Babich O.O. Gennaia inzheneriia [Genetic engineering]. Moscow, Dostizheniia nauki i tekhniki APK, 2010. 216 p. (In Russ.).
- 8 Shaulina L.P., Korsun L.N. Kontrol' kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov i prodovol'stvennogo syr'ia [Quality control and safety of food products and raw materials]. Irkutsk, Izd-vo IGU, 2011. 111 p. (In Russ.).

УДК 664.1.035.1

Профессор Н.Г. Кульнева, аспирант М.В. Журавлев

(Воронеж.гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии бродильных и сахаристых производств.  
тел. (473) 255-07-51

E-mail: zyrav2014@yandex.ru

Professor N.G. Kulneva, post graduate M.V. Zhuravlev

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of Fermentation and  
Sugar industries technology phone (473) 255-07-51

E-mail: zyrav2014@yandex.ru

## **Влияние термохимической обработки на молекулярный коэффициент диффузии сахарозы из свеклы**

### **The influence of thermo-chemical treatment on the molecular diffusion coefficient of sucrose from sugar beet**

Реферат. Традиционные методы экстрагирования не обеспечивают требуемой величины извлечения сахарозы из свекловичной стружки. Для совершенствования процесса целесообразно применять дополнительные методы обработки стружки, в том числе теплофизические методы с использованием различных теплоносителей. Предварительная тепловая обработка свекловичной стружки позволяет увеличить время активного экстрагирования, повысить степень извлечения из нее сахарозы и снизить потери сахара в жоме, увеличить производительность диффузионной установки. Одним из важнейших критериев оценки эффективности экстракционного процесса является величина коэффициента молекулярной диффузии  $D$ , м<sup>2</sup>/с. Коэффициент является физической константой, характеризующей способность вещества проникать вследствие диффузии в неподвижную среду. Одним из перспективных технологических направлений, способствующих повышению эффективности процесса экстракции и ускорению извлечения сахара из стружки, является ее ошпаривание, а также применение различных экстрагентов для диффузионного процесса. Предложен способ проведения экстрагирования сахарозы из свеклы с применением предварительного ошпаривания образцов свеклы и использованием растворов различных солей в качестве экстрагентов. Экспериментально установлено положительное влияние тепловой обработки на молекулярный коэффициент диффузии сахарозы из свеклы. Величина оптимальной продолжительности ошпаривания составляет 30 с. Выявлено, что тепловая обработка образцов свеклы растворами предлагаемых солей приводит к постепенному равномерному прогреванию свекловичной ткани и денатурации белков, что повышает коэффициент диффузии сахарозы свекловичной ткани. Максимальное значение величины коэффициента диффузии достигается при использовании в качестве экстрагента раствора сульфата аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Установлена оптимальная величина продолжительности контакта свекловичной стружки и предлагаемого реагента – 30 с.

Summary. Traditional methods of extraction do not provide the required amount of sucrose extraction from sugar beet pulp. To improve the process it is advisable to use additional methods of processing pulp, including the thermo-physical methods using various coolants. Thermal pre-treatment of sugar beet pulp can increase the period of active extraction, the recovery of sucrose from it and reduce the loss of sugar in the pulp, increase the productivity of diffusion unit. One of the most important criteria for evaluating the efficiency of the extraction process is the value of the molecular diffusion coefficient  $D$ , m<sup>2</sup>/s. The coefficient is a physical constant that characterizes the ability of a substance to penetrate by diffusion in the stationary medium. One of the most promising technological directions that increases the efficiency of the extraction process and accelerates the extraction of sugar from the pulp, is its scalding, as well as the use of different extractants for the diffusion process. The method of extraction sucrose from sugar beet with the application of preliminary scalding of sugar beet samples and the use of solutions of various salts as extractants was proposed. Positive effect of heat treatment on the molecular diffusion coefficient of sucrose from sugar beet was found experimentally. The value of the optimal duration of scalding is 30 seconds. It was found out that the heat treatment of sugar beet samples with the solutions of proposed salts leads to a gradual uniform heating of beet tissues and denaturation of proteins, which increases the diffusion coefficient of the sugar beet tissue sucrose. The maximum value of the diffusion coefficient is achieved by using as an extractant solution of ammonium sulfate  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . The optimal value of the duration of contact of sugar beet pulp and the proposed reactant was determined and it accounted 30 seconds.

*Ключевые слова:* свеклосахарное производство, экстрагирование сахарозы, молекулярный коэффициент диффузии

*Keywords:* beet-sugar manufacture, sucrose extraction, molecular diffusion coefficient

Использование традиционных методов экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки не всегда обеспечивает требуемой величины извлечения более 98 %. Для совершенствования процесса целесообразно применять дополнительные методы обработки стружки, в том числе теплофизические методы с использованием различных теплоносителей. Предварительная тепловая обработка свекловичной стружки позволяет увеличить время активного экстрагирования, повысить степень извлечения из нее сахарозы и снизить потери сахара в жоме, увеличить производительность диффузионной установки [5].

В качестве теплоносителей для обработки свекловичной стружки можно использовать горячий воздух, водяной пар и дополнительно подогретый диффузионный сок [7].

Горячий воздух не нашел широкого применения в промышленных установках в связи с негативным воздействием кислорода, что сильно понижает pH среды в аппарате, приводит к износу оборудования и ухудшению качества диффузионного сока.

Нагревание стружки паром позволяет получить сок высокого качества и снизить потери сахара в жоме, но паровое ошпаривание не обеспечивает равномерного прогрева стружечной массы, что приводит к снижению проницаемости свекловичной ткани. В промышленных условиях наибольшее распространение получил нагрев стружки диффузионным соком.

Процесс перехода сахарозы из свекловичной стружки в экстрагент протекает при определенных условиях (температура 72-75 °C) и осуществляется в два этапа: сначала из внутренних слоев свекловичной ткани к ее поверхности, а затем от поверхности стружки в экстрагент [6]. По своей сущности процесс экстрагирования сахарозы является сложным процессом массопередачи, при котором скорость массопередачи связана с механизмом переноса распределяемого вещества в фазах, между которыми происходит массообмен. Наибольшее влияние на массообмен оказывает молекулярная диффузия.

Одним из важнейших критериев оценки эффективности экстракционного процесса является величина коэффициента пропорциональности (D) в выражении закона Фика - коэффициента молекулярной диффузии. Данный коэффициент выражается следующим образом:

$$[D]=[Mdn/dcFdt]=\text{м}^2/\text{сек} \quad (1)$$

и показывает, какая масса вещества диффундирует в единицу времени через единицу поверхности при градиенте концентраций, равном единице.

Коэффициент пропорциональности D представляет собой физическую константу, характеризующую способность данного вещества проникать вследствие диффузии в неподвижную среду. Значения данного коэффициента являются функцией свойств распределяемого вещества, среды, через которую оно диффундирует, а также температуры и давления [4]. С увеличением размера частиц его величина пропорционально уменьшается, а с повышением температуры увеличивается кинетическая энергия молекул, скорость их движения и уменьшается вязкость взаимодействующих фаз, что способствует более быстрому протеканию массообменного процесса экстрагирования.

Одним из значимых факторов, оказывающих влияние на коэффициент диффузии, является степень денатурации свекловичной ткани: с ее увеличением возрастает величина D, а значит, процесс экстрагирования протекает эффективнее. Степень денатурации протоплазмы клеток свекловичной ткани зависит от различных факторов, таких как температура процесса, продолжительность теплового воздействия на стружку, природа экстрагента и концентрация сахарозы.

Одним из технологических направлений, способствующих повышению эффективности процесса экстрагирования и ускорению извлечения сахарозы из стружки, является обработка свекловичной стружки паром. Проведены исследования зависимости качественных показателей диффузионного и очищенного сока от режимов применяемого теплового воздействия на свекловичную стружку, а также влияния данных факторов на молекулярный коэффициент диффузии D. Исследования проводили в соответствии с методикой [1].

Согласно методике получали образцы сахарной свеклы диаметром  $25 \times 10^{-3}$  м и толщиной  $7 \times 10^{-3}$  м. Полученные образцы свеклы подвергали ошпариванию продолжительностью 0, 30, 60, 90 и 120 с соответственно. Далее образцы помещали в лабораторную установку, добавляли экстрагент, предварительно нагретый до температуры 72 °C, осуществляли процесс экстрагирования при интенсивном контакте образцов и экстрагента. По истечении времени экстрагирования отделяли экстрагент, термостатировали при температуре 20 °C и анализировали (таблица 1).

В результате исследования установлено, что максимальное значение коэффициента диффузии D достигается при продолжительности ошпаривания 60 с.

Влияние продолжительности ошпаривания образцов свеклы на величину молекулярного коэффициента диффузии

Продолжительность ошпаривания, с	0	30	60	90	120
Массовая доля сахарозы в экстрагенте, %	2,35	3,25	3,4	3,25	2,3
Дигестия свеклы, %	17	17	17	17	17
Отношение среднеобъемных концентраций сахарозы, $C_{эк} / C_{св} \times 10^{-2}$	14	19	20	19	13,5
Толщина образцов, $L \times 10^{-3}$ м	7	7	7	7	7
Поправочный коэффициент, $K \times 10^{-8}$ , м <sup>2</sup> /с	2	2	2	2	2
Величина $D' \times 10^{-2}$	21,5	24	28	24	11
Искомый коэффициент диффузии, $D \times 10^{-10}$ , м <sup>2</sup> /с	42	43	48	43	22

Интенсивная тепловая обработка свекловичной стружки различными теплоносителями оказывает общее положительное влияние на процесс экстракции сахарозы. На основании экспериментальных данных [2], полученных с применением различных экстрагентов, установлено, что применение воды в качестве жидкой фазы для тепловой обработки свекловичной стружки не позволяет достичь оптимальной степени денатурации клеток свекловичной ткани, приводит к местным перегревам свекловичной стружки, что ухудшает проницаемость ее пор и в целом снижает эффективность процесса экстрагирования.

Целесообразным является совмещенное термохимическое воздействие на свекловичную стружку, что позволяет добиться упрочнения свекловичной ткани при экстрагировании и ускорения извлечения сахарозы из нее.

Изучено влияние обработки свекловичной стружки горячими жидкими реагентами на молекулярный коэффициент диффузии  $D$ . В качестве экстрагентов использовали водные растворы сульфата алюминия  $Al_2(SO_4)_3$ , сульфата кальция  $Ca(SO_4)$  и сульфата аммония  $(NH_4)_2SO_4$ .

Образцы сахарной свеклы заданного размера ополаскивали и прогревали в течение 20 мин. Затем помещали в лабораторную установку, добавляли нагретый экстрагент. В качестве экстрагентов использовали водные растворы предлагаемых нами солей. Для сравнения проводили экстрагирование с применением конденсата (рисунок 1).

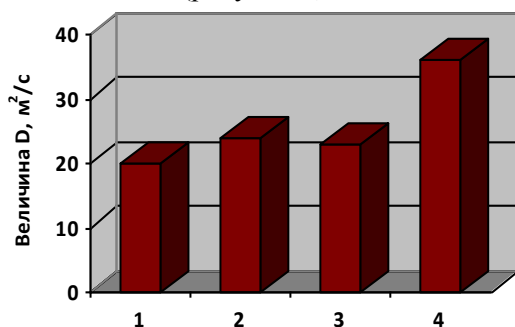


Рисунок 1. Влияние различных экстрагентов на коэффициент диффузии: 1 - типовая диффузия; 2 -  $CaSO_4$ ; 3 -  $Al_2(SO_4)_3$ ; 4 -  $(NH_4)_2SO_4$

Полученные результаты свидетельствуют, что максимальное значение коэффициента диффузии достигается при использовании в качестве экстрагента раствора сульфата аммония.

Проведены исследования по изучению влияния продолжительности контакта раствора  $(NH_4)_2SO_4$ , используемого в качестве экстрагента, на коэффициент  $D$ . Подготовленные образцы сахарной свеклы подвергали предварительной обработке раствором предлагаемой соли с длительностью контакта 0, 10, 20, 30 и 60 с. После чего образцы помещали в лабораторную установку для экстрагирования (рисунок 2).

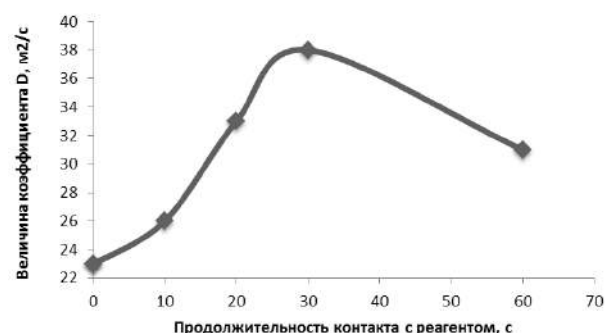


Рисунок 2. Влияние продолжительности контакта с реагентом на величину коэффициента диффузии

Полученные данные свидетельствуют, что оптимальная продолжительность контакта образцов свеклы и реагента составляет 30 с.

В результате проведенного исследования установлено положительное влияние тепловой обработки на молекулярный коэффициент диффузии сахарозы из свеклы. Величина оптимальной продолжительности ошпаривания составляет 30 с.

Выявлено, что тепловая обработка образцов свеклы растворами предлагаемых солей приводит к постепенному равномерному прогреванию свекловичной ткани и денатурации белков, что повышает коэффициент диффузии сахарозы из свекловичной ткани. Максимальное значение величины коэффициента диффузии достигается при использовании в качестве экстрагента раствора сульфата аммония  $(NH_4)_2SO_4$ .

Установлена оптимальная величина продолжительности контакта образцов свеклы и предлагаемого реагента – 30 с.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Пат. №1270698, RU, A1 4 G 01 N 33/00. Способ определения коэффициента диффузии сахарозы в сахарной свекле / Кармаев В.Н., Корниенко Т.С. № 2000132175/13; Заявлено 24.05.1984. Оpubл. 15.11.1986, Бюл. № 42.
- 2 Гулый И.С., Лысянский В.М., Рева Л.П. Физико-химические процессы сахарного производства. М.: Агропромиздат, 1987. 264 с.
- 3 Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие 13-е изд. М.: ООО ИД Альянс, 2006. 753 с.
- 4 Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. 2-е изд. М.: Колос, 1999. 495 с.
- 5 Решетова Р.С., Кондратова О.Ю. Подготовка свекловичной стружки к экстракции сахарозы // Сахар. 2007. №3. С. 28-29.
- 6 Лысянский В.М., Гребенюк С.М. Экстрагирование в пищевой промышленности. М.: Агропромиздат, 1987. 188 с.
- 7 Кухар Н.С., Липец А.А., Лысянский В.М. Предварительная тепловая обработка свекловичной стружки // Сахарная промышленность. 1974. С. 28.

REFERENCES

- 1 Karmaev V.N., Kornienko T.S. Spособ opredeleniia koeffetsienta diffuzii sakharozy v sakharnoi svekle [A method for determining the diffusion index of sucrose in sugar beet]. Patent RF, no. 1270698, 1984. (In Russ.).
- 2 Gulyi I.S., Lysianskii V.M., Reva L.P. Phiziko-khimicheskie protsessy sakharного proizvodstva [Physico-chemical processes of sugar manufacture]. Moscow, Agropromizdat, 1987. 264 p. (In Russ.).
- 3 Kasatkin A.G. Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii [Basic processes and apparatuses of chemical technology]. Moscow, ООО ID Al'ians, 2006. 753 p. (In Russ.).
- 4 Sapronov A.R. Tekhnologiya sakharного proizvodstva [Sugar production technology]. Moscow, Kolos, 1999. 495 p. (In Russ.).
- 5 Reshetova R.S., Kondratova O.Iu. Preparation of sugar beet cossettes to the extraction of sucrose. *Sakhar*. [Sugar], 2007, no. 3, pp. 28-29. (In Russ.).
- 6 Lysianskii V.M., Grebeniuk S.M. Ekstragirovanie v pishchevoi promyshlennosti [Extraction in the food industry]. Moscow, Agropromizdat, 1987. 188 p. (In Russ.).
- 7 Kukhar N.S., Lipets A.A., Lysianskii V.M. Thermal pre-treatment of sugar beet cossettes. *Sakharnaia promyshlennost'*. [Sugar Industry], 1974, 28 pp. (In Russ.).



УДК 338.43

Профессор А.И. Хорев, профессор Т.И. Овчинникова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга. тел. (473) 255-37-82

E-mail: alvmark@mail.ru

доцент С.В. Кобелева

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра бухгалтерского учета и бюджетирования. тел. 8-920-465-00-12

E-mail: snakys@yandex.ru

Professor A.I. Khorev, professor T.I. Ovchinnikova

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of economic security and financial monitoring. phone (473) 255-37-82

E-mail: alvmark@mail.ru

associate Professor S.V. Kobeleva

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of accounting and budgeting. phone 8-920-465-00-12

E-mail: snakys@yandex.ru

## **Конкурентоспособность инновационных производств как результат интенсификации труда**

## **Competitiveness of innovative production as a result of the intensification of labor**

Реферат. Рассмотрена конкурентоспособность инновационных производств как результат интенсификации труда. В статье исследованы несколько вариантов интенсификации труда (экономичность и рациональность использования, сокращение затрат живого овеществленного труда, повышение уровня образования и квалификации работников, понимание перспектив развития инновационных производств и другие), предлагается механизм развития инновационных процессов, в частности, повышение наукоооруженности и наукоемкости труда, изменение структуры затрат на развитие производств. Исследованы принципы конкурентоспособного инновационного развития производств с учетом интенсификации труда, такие как: рациональность, высокий уровень образования и квалификации работников, зависимость конкурентоспособного инновационного развития производств от состояния политической и административной реформы в стране и регионах и другие. Уточнены экономические, юридические, организационные факторы, содействующие интенсификации трудовой деятельности. Выявлены задачи государства, региона и организации в развитии конкурентоспособных инновационных производств. Определено понятие «развитие конкурентоспособных инновационных производств на основе интенсификации труда» как предприятий, которые внедряют новые технологии, используют новейшие информационные системы, высококвалифицированный персонал и ориентируются в выпуске продукции на запросы рынка с оптимальным изменением живого и овеществленного труда.

Summary. We consider the competitiveness of innovative industries as a result of the intensification of labor. The article presents five options for increasing intensification labor proposed mechanism The article examines several options for increasing intensification of labor (economy and management, reducing costs of living embodied labor, and improving education and training of employees, an understanding of the prospects for the development of innovative industries and others), a mechanism in the development of innovative processes, in particular, increased science armament tech and labor , the change in the cost structure for the development of industries. Studied the principles of a competitive innovative development of industries based on the intensification of labor, such as rationality, high level of education and training of employees, the dependence of the development of a competitive innovative productions of the state of political and administrative reforms in the country and other regions. Refined economic, legal, organizational factors that contribute to the intensification of work. Identified tasks of the state, the region and the organization in the development of competitive innovative productions. Defined the concept of "the development of competitive industries on the basis of innovative intensification of labor," as companies that introduce new technologies, using the latest information systems, highly qualified staff and oriented to providing products that the market demands with the best change of labor and materials.

*Ключевые слова:* инновационное производство, инновации, конкурентоспособность.

*Keywords:* innovative production, innovation, competitiveness.

---

© Хорев А.И., Овчинникова Т.И., Кобелева С.В., 2014

Инновационные производства обеспечивают устойчивое, конкурентоспособное развитие экономики страны. Инновационные производства – это те, которые используют новейшие информационные системы, высококвалифицированный персонал, внедряют новые технологические процессы для производства принципиально новой или с новыми качествами продукции и ориентируются на запросы рынка. Инновационные производства решают следующие задачи: производство конкурентоспособной новационной продукции на основе интенсификации труда; гарантированный объем сбыта продукции; получение прибыли предприятиями, внедряющими инновации.

Известно, что хозяйствующие субъекты, осуществляющие интенсификацию труда, включают: организационные изменения по оптимизации затрат живого труда, а также заменяют дорогой овеществленный труд более дешевым и снижают затраты овеществленного труда, т.е. рационально используют материалы, оборудование, энергию, сырье.

Особенность инновационных конкурентоспособных производств заключается в новом факторе экономического роста - интенсификации труда (от фр. *Intensification* - увеличение напряженности), внедрение которого базируется на нижеприведенных принципах.

1. Экономичность и рациональность использования всех видов ресурсов. При использовании этого принципа возможны варианты, которые в зависимости от целей организации, предусматривают следующие программы:

а) затраты овеществленного труда прежние, затраты живого труда снижаются – это происходит в двух случаях, когда применение средств производства имеет ту же стоимость и производительность при снижении затрат на живой труд или же при применении новых средств производства, имеющих большую стоимость и производительность, но обслуживание которых обходится меньшими затратами труда;

б) затраты живого труда прежние, затраты овеществленного труда сокращаются – этот вариант возможен также в двух случаях: при рациональном использовании оборудования, энергии, комплектующих, сырья и при замене оборудования, материалов и сырья на более дешевые компоненты при сохранении в обоих случаях затрат на живой труд;

в) снижаются оба вида затрат;

г) увеличиваются затраты живого труда, снижаются затраты овеществленного труда – это достигается снижением стоимости единица продукции и увеличением затрат живого труда;

д) увеличиваются затраты овеществленного труда, снижаются затраты живого труда – достигается за счет роста затрат на оборудование, комплектующие, сырье, но при этом происходит экономия живого труда.

2. Высокий уровень образования и квалификации работников. Этот принцип базируется на предоставлении работникам условий для расширения знаний, непрерывного повышения профессионального мастерства. «Деинтеллектуализация общества неизбежно ускорит деградацию экономики. Уже поэтому производство нематериальных благ и ценностей не может быть квалифицируемо как дело второстепенное», – пишет А. Селезнев [11]. Практика и исследования ученых (А.И. Хорев, Т.И. Овчинникова, С.В. Кобелева, А.В. Марков, Е.В. Горковенко и др.) показывают, что сложившаяся система подготовки кадров в настоящее время не обеспечивает в должной мере овладения знаниями и навыками, необходимыми в современном инновационном производстве. Достижения в области современного производства, базирующегося на новейшей технике и технологиях, используют высокую квалификацию персонала, его культуру, а процесс получения знаний и навыков работников созвучен техническим достижениям производств и позволяет оптимизировать в целях конкурентоспособности структуру организации [2, 5, 7, 10, 13].

3. Зависимость конкурентоспособного инновационного развития производств от состояния политической и административной реформы в стране и регионах. Политическое и административное развитие страны в целом и отдельных регионов влияет на интенсивность использования живого (человеческие ресурсы) и овеществленного (структура, культура, технологии, информационность) труда на предприятиях. К примеру, стратегическая цель, стоящая перед Российской Федерацией (прорывные технологии, приводящие страну к социально-экономическому росту), влияет на цели, стоящие перед регионом (в данном случае рассмотрим связи целей и задач конкурентоспособного инновационного развития РФ и Воронежской области).

Международные рейтинги РФ, в которых страна входит в десятку лидирующих лишь по двум показателям (1-е место - по запасам сырьевых ресурсов, 7-е место - по средней продолжительности школьного образования), свидетельствуют о неразвитости административных реформ: низкий уровень качества государственных институтов, профессиональность и

демократичность управления, стабильность и предсказуемость законодательства – по этим показателям РФ в международных рейтингах занимает одно из последних мест [1].

Считаем, что в разработанной и утвержденной в 2010 г. Стратегии социально-экономического развития Воронежской области на долгосрочную перспективу (до 2020 г.), целями которой являются повышение производительности труда, снижение затрат на энергоёмкость валового регионального продукта, увеличение расходов на образование, а также повышение доли инновационной продукции в общем объеме выпуска промышленной продукции и увеличение доли промышленных предприятий, осуществляющих технологические инновации, не могут быть достигнуты вследствие недостаточной проработанности административной реформы Воронежской области. До сих пор лишь ведется поиск и выявляются новые подходы к управлению социально-экономическим развитием как страны в целом, так и регионов. Так, по Поручению Председателя Правительства РФ

от 24 января 2011 года № ВП-П13-398 с целью формирования предложений по актуальным проблемам социально-экономического развития регионов в Воронежской области были созданы 21 экспертные группы, объединившие представителей науки, органов управления, предприятий, общественных институтов [4].

Как следствие, нарушаются принципы демократии, на производствах действует протекционизм и коррупция, административные структуры «сливаются» с интересами собственников, оплата труда производится по принципу близости к руководству), проявляются групповые интересы на рабочих местах [5].

4. Необходимость понимания перспектив развития инновационных производств. Этот принцип учитывает интеграцию науки, техники, технологии и иные нововведения в способы организации бизнес-процессов и в управленческие проекты. Необходимо взаимодействие с рыночными требованиями государственного регулирования в решении задач интенсификации инновационных производств (рисунок 1) [13].

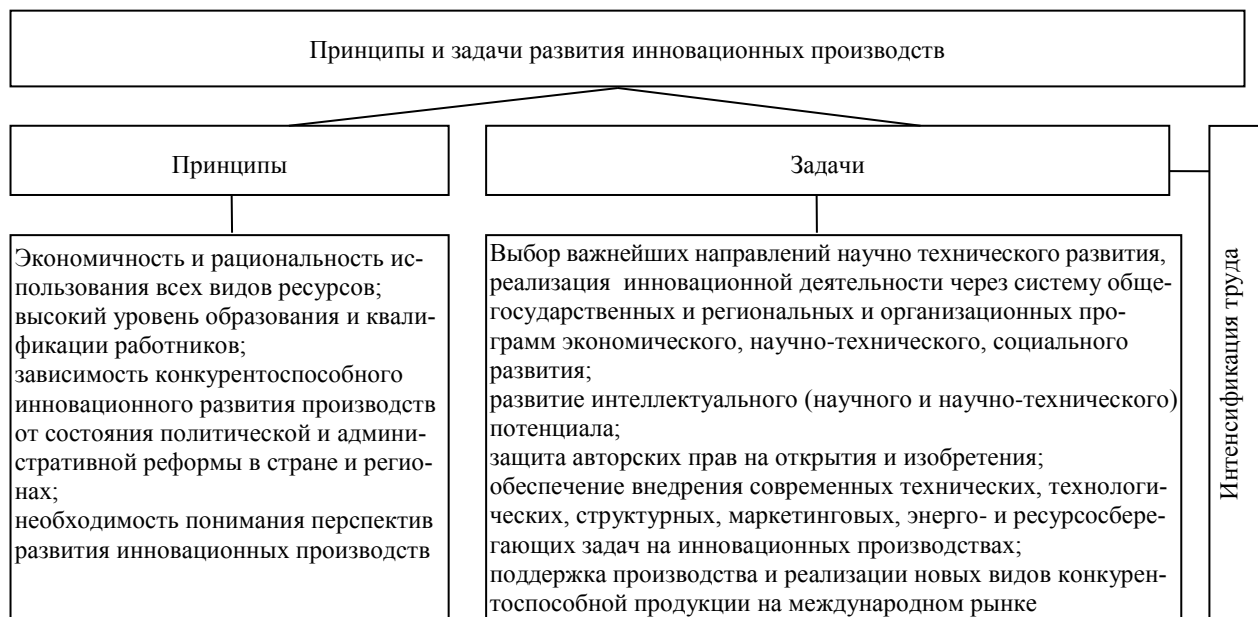


Рисунок 1. Принципы и задачи развития инновационных производств

Однако в рыночном глобализированном обществе необходимо учитывать факторы, тормозящие интенсификацию труда на инновационных производствах, вследствие непродуманного поведения на рынках, недостаточного учета ситуации на рынках. Интенсификацию труда, связанную с внешними экономическими (рыночными) факторами, и развитие инновационных производств необходимо сочетать с конкурентной деятельностью предприятий. Выделим особенности интенсификации труда на конку-

рентоспособных инновационных производствах, добившихся успехов на государственном, региональном и международном рынках. Об экономических успехах свидетельствует востребованность научно-технических разработок и продуктов отечественного производства. К примеру, продукция ОАО «Концерн «Созвездие» экспортируется в 66 стран мира, предполагается увеличение экспортной доли в общем объеме производства, которая достигла в 2012-2013 г.г. около 30000,0 млн. руб. (рисунок 2) [4].

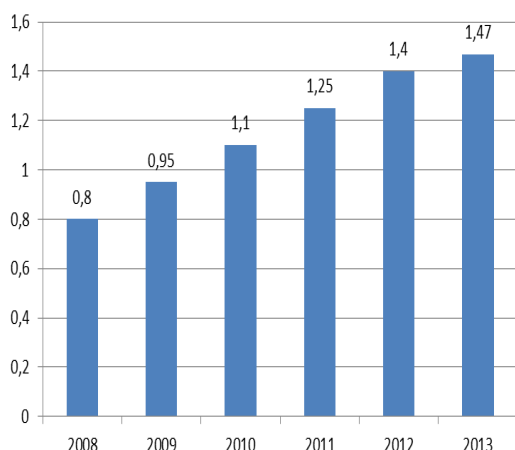


Рисунок 2. Динамика инвестиций в техническое перевооружение Концерна «Созвездие» за 2008-2013 гг.

О целевой направленности на развитие социально-экономической сферы региона свидетельствуют достижения в сельском хозяйстве. Так, Департамент аграрной политики предполагает в течение 2014 г. осуществить техническую и технологическую модернизацию предприятий сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности, а также увеличить энерговооруженность производств, при этом регион выделяет 140000,0 млн. руб., при этом осуществляется обеспеченность государственных и региональных заказов [12].

Юридические факторы, нацеленные на развитие конкурентоспособных инновационных производств на основе интенсификации труда, осуществляются посредством развития интеллектуальной собственности, дальнейшего развития юридических законопроектов области. Доля нормативных актов за 2013 г. увеличилась на 20 %, что позволило более четко организовать

нормотворческую деятельность и избежать неопределенности трактовки отдельных законов.

Среди организационных проблем внедрения инновационных продуктов, связанных с интенсификацией труда, выделим следующие:

- отсутствие унифицированных правил, регламентирующих затраты овеществленного и живого труда;
- недостаточная связь с рынком;
- отсутствие социального и психологического восприятия инновационной деятельности многими сотрудниками;
- слабая мотивация интенсификации труда (снижения затрат живого и овеществленного труда);
- отсутствие опыта исследований и внедрения инноваций;
- отсутствие профессиональных специалистов и менеджеров-инноваторов [9].

Важными аспектами развития конкурентоспособных инновационных производств на основе интенсификации труда являются адекватные организационные формы (технопарки, инновационно-технологические центры, центры трансферотехнологии). Постановлением «О плане мероприятий по реализации Программы социально-экономического развития Воронежской области на 2012-2016 годы» предполагается региональное софинансирование: на поддержку субъектов малого и среднего предпринимательства, осуществляющих разработку и внедрение инноваций предполагается 71000,0 млн. руб., на создание и развитие существующих региональных бизнес-инкубаторов – 70000,0 млн. руб., субсидирование части затрат предприятий на обучение, подготовку и переподготовку кадров – 1200,0 млн. руб. в 2014 г. [10].

Необходимость государственного регулирования	
<p>выбор важнейших направлений научно технического развития, реализация приоритетных направлений инновационной деятельности через систему общегосударственных (национальных) программ экономического, научно-технического, социального, национально-культурного развития и охраны окружающей среды</p>	
<p>установление пропорций между различными областями науки и техники составляющими научного и научно-технического потенциала</p>	
<p>разработка и осуществление региональных, республиканских и международных научно-технических программ</p>	
<p>охрана приоритета и защита авторских прав на открытия и изобретения</p>	
<p>обеспечение внедрения современных экологически чистых, безопасных, энерго- и ресурсосберегающих технологий</p>	
<p>финансовая поддержка производства и реализации новых видов конкурентоспособной продукции на международном рынке</p>	

Рисунок 3. Необходимость государственного регулирования

Как видим из рисунка 3, государственное регулирование и софинансирование в конкурентной инновационной деятельности рассматривается нами как приоритетные направления в области новаций, так и развитие научного потенциала и расширение рынков, которое нуждается в программах экономического, социального, научного развития, но при условии наличия рыночной потребности.

Значение роли государственного участия в развитии конкурентоспособных инновационных производств на основе интенсификации труда (создание новых поколений техники, повышение роли научно-технической инфраструктуры предпринимательских организаций, развитие разделения труда, внедрение исследовательских разработок) показано на рисунке 4.

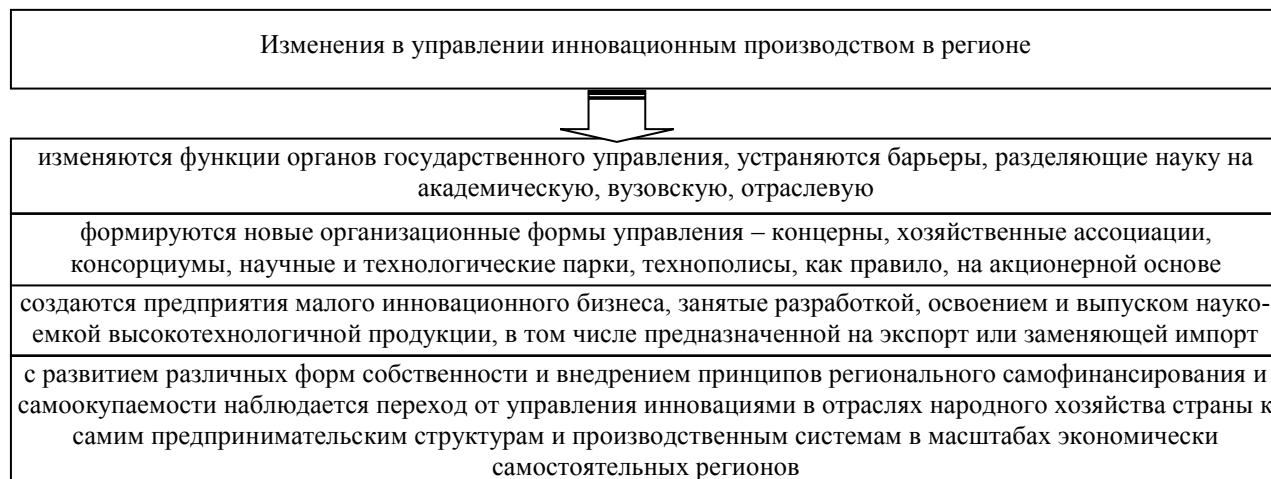


Рисунок 4. Изменения в управлении инновационным производством в регион

В современных условиях работы предприятий в конкурентной среде управление инновационным производством в регионе претерпевает коренные изменения.

Для плавного перехода к инновационному развитию экономики, а также достиже-

ния интегральной цели управления интенсификацией инновационного производства необходимо решить следующие дифференциальные задачи (рисунок 5) [3].

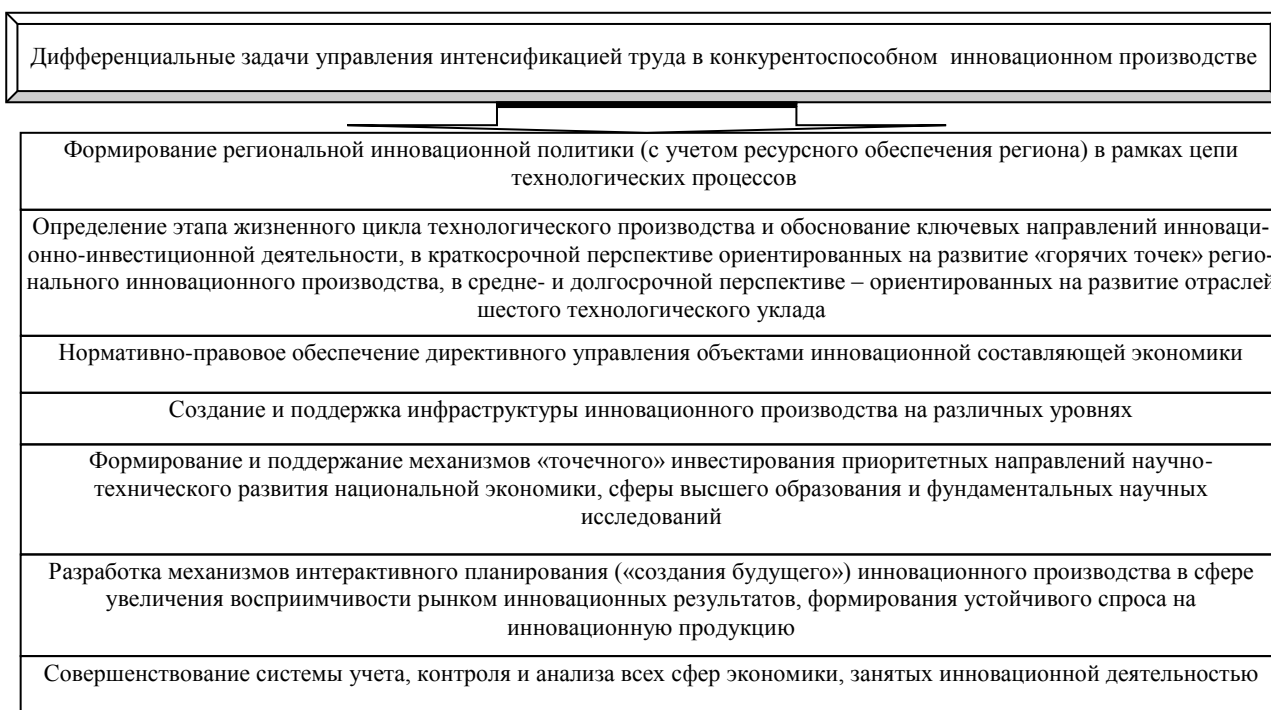


Рисунок 5. Дифференциальные задачи управления интенсификацией труда в конкурентоспособном инновационном производстве

Методы развития конкурентоспособной инновационной деятельности с учетом интенсификации труда предпринимательских орга-

низаций показаны на рисунке 6. [8].

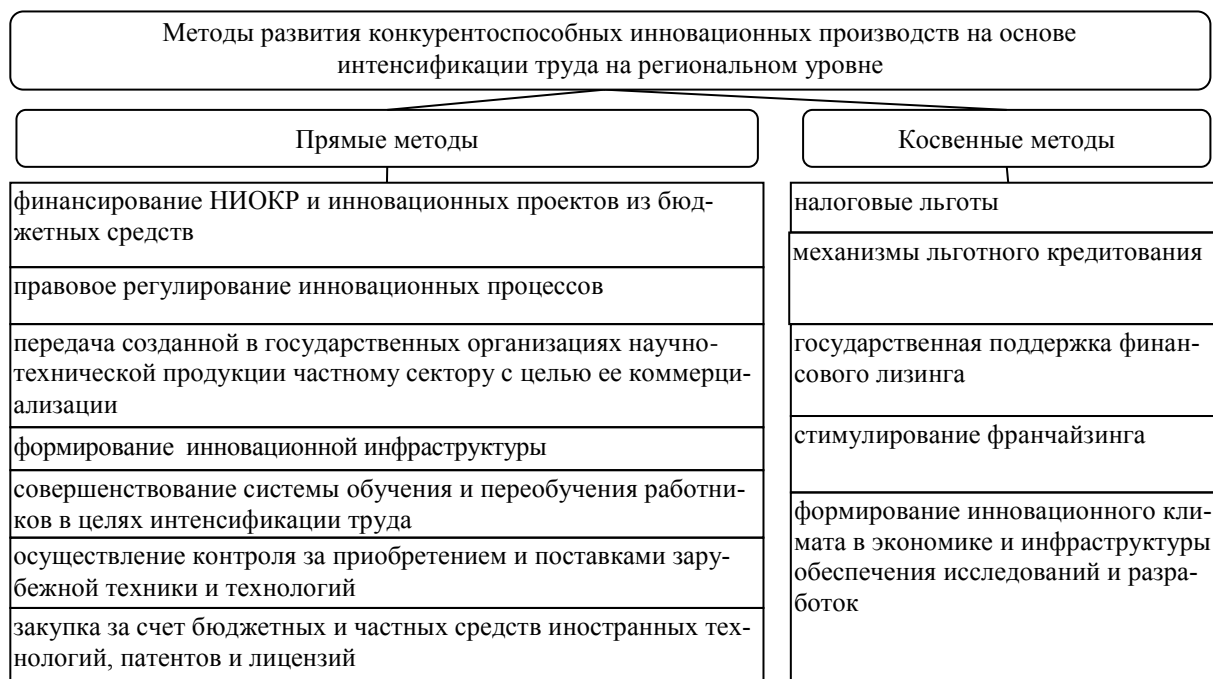


Рисунок 6. Методы развития конкурентоспособных инновационных производств на основе интенсификации труда

Перечисленные методы на рисунке 6 выполняют задачи повышения технического уровня средств труда, технического уровня продукции, прогрессивность используемых технологий и технологических процессов, свидетельствуют о высоком уровне развития научно-исследовательской и опытно-конструкторской базы, наукоемкости продукции, науковооруженности труда [2].

Для эффективности таких производств наиболее важен показатель, учитывающий прогрессивность используемых средств труда и прогрессивность технологических процессов, однако не менее важны показатели развития технологических процессов формирования спроса и сбыта продукции [6].

Наукоемкость продукции, уровень развития научно-исследовательской и опытно-конструкторской базы, ориентация на потребителя важны для развития конкурентоспособных инновационных производств, которые основаны на интенсификации труда, когда уровень знаний и умений персонала, производящего и предлагающего клиентам наукоемкую продукцию, должен соответствовать определенным требованиям знаний в этой области. Прогрессивность применяемых технологических процессов важна в промышленных производствах на всех уровнях: от рабочего места до руководителя организации. Научно-производственный потенциал производств

и интенсификация труда свидетельствуют о способности хозяйственной системы к обновлению продукции и производственных процессов, в которых участвует как регион, так и сами организации. Если региональное инновационное развитие зависит от имеющихся на территории природно-климатических условий, природных ресурсов, социальных условий, инновационной инфраструктуры, производственного и инновационного потенциала, роста потребностей региона в решении научно-технических проблем, в рамках обеспечения определенными видами продукции с наименьшими затратами, сложившейся специализацией народного хозяйства региона, то государственная инновационная конкурентоспособная политика в условиях конкретного региона должна способствовать осуществлению эффективного функционирования предприятий, расположенных в регионе; развитию конкурентоспособных производств, обладающих устойчивыми доходами и высокой платежеспособностью [7].

Таким образом, при определении основных направлений развития конкурентоспособных инновационных производств необходимо объединение усилий региональной власти, обучающих учреждений и самих производств в интересах формирования инновационного источника конкурентоспособного развития производств на основе интенсификации труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капица Л.М. Индикаторы мирового развития. М.: Университет, 2008. 352 с
2. Кобелева С.В., Конова О.Ю. Организационные структуры инновационного предпринимательства // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2014. №5. С. 24-27.
3. Овчинникова Т.И., Карпова О.В. Стратегический менеджмент как вид управления инновационной деятельностью // Финансы, экономика, стратегия, 2010. №12. С.34-38.
4. Овчинникова Т.И., Ворохобин Д.А. Динамика и факторы развития региона // Современная экономика: проблемы и решения, 2010. №11 (11). С. 35-42.
5. Овчинникова Т.И., Кобелева С.В., Марков А.В. Развитие маркетинговой концепции на основе отношенческого подхода // Современная экономика: проблемы и решения. 2012. №7(31). С. 109-112.
6. Овчинникова Т.И., Кобелева С.В. Рейтинговая оценка социально-экономического развития региона с учетом показателя коэффициента загрузки производственного капитала // Регион: системы, экономика, управление, 2010. Т. 9. № 2. С. 85-91.
7. Овчинникова Т.И., Пахомов А.И., Кобелева С.В. Проблемно-ориентированный подход к изменению трудовых отношений (на примере Воронежской области) // Вестник ВГУИТ. 2013. №4 (58). С. 229-234.
8. Овчинникова Т.И. Кобелева С.В. Экономические угрозы в агропромышленном комплексе // Теоретические и прикладные вопросы экономики и сферы услуг. 2012. Т. 1. № 3. С. 28-34.
9. Овчинникова Т.И. Полянская И.Л., Кобелева С.В. Задачи международного менеджмента в многокультурной среде // Транспортное дело России. 2010. № 2. С. 10-13.
10. Платонова И.В., Горковенко Е.В. Мониторинг инновационной активности предприятий Воронежской области // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2013. № 3 (4). С. 96а-96б.
11. Селезнев А. Развитие производства нематериальных благ // Экономист. 1998. № 8. С. 43.
12. Хорев А.И., Овчинникова Т.И. Адаптация к российским условиям зарубежного опыта взаимосвязи поведения потребителей и экономической безопасности // Современная экономика: проблемы и решения. 2012. №8 (32). С.89-97.
13. Хорев А.И., Овчинникова Т.И., Пахомов А.И., Кобелева С.В. Методические подходы к анализу экономической безопасности инновационно-инвестиционных проектов в продовольственном комплексе // Вестник ВГУИТ 2013. №4 (58). С. 241-246.

REFERENCES

1. Kapitsa L.M. Indikatory mirovogo razvitiia [World Development Indicators]. Mocsow, University, 2008. 352 p. (In Russ.).
2. Kobeleva S.V. Konova O.Iu. Organizational structure of innovative entrepreneurship. *Ekonomika. Innovatsii. Upravleniie kachestvom*. [ECONOMY. INNOVATIONS. QUALITY MANAGEMENT], 2014, no. 5, pp 24-27. (In Russ.).
3. Ovchinnikova T. I., Karpova O.V. Strategic management as a form of innovation management. *Finansy, ekonomika, strategii*. [Finance, Economics, Strategy], 2010, no. 12, pp. 34-38. (In Russ.).
4. Ovchinnikova T.I., Vorokhobin D.A. Dynamics and factors of development of the region. *Sovremennnaia ekonomika: problem i resheniia*. [Modern Economy: problems and solutions], 2010, no.11 (11), pp. 35-42. (In Russ.).
5. Ovchinnikova T.I., Kobeleva S.V., Markov A.V. Development of marketing concepts based on attitudinal approach. *Sovremennnaia ekonomika: problem i resheniia*. [Modern Economy: problems and solutions], 2012, no. 7(31), pp. 109-112. (In Russ.).
6. Ovchinnikova T.I., Kobeleva S.V. Rating evaluation of socio-economic development of the region, taking into account the load factor indicator of productive capital. *Region: sistemy, ekonomika, upravleniie*. [Region: systems, economics, management], 2010, vol. 9, no. 2, pp. 85-91. (In Russ.).
7. Ovchinnikova T.I. Pakhomov A.I., Kobeleva S.V. The problem-oriented approach to change in the employment relationship (on the example of the Voronezh region). *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 4 (58), pp. 229-234. (In Russ.).
8. Ovchinnikova T.I., Kobeleva S.V. Economic threat kinase in agribusiness. *Teoreticheskie i prikladnye voprosy ekonomiki i sfery uslug*. [Teoretical and applied problems of economy and service sector], 2012, vol. 1, no. 3, pp. 28-34. (In Russ.).
9. Ovchinnikova T.I., Polianskaia I.L., Kobeleva S.V. Challenges of international management in a multicultural environment. *Transportnoe delo Rossii*. [Transportation business in Russia], 2010, no. 2, pp. 10-13. (In Russ.).
10. Platonova I.V., Gorkovenko E.V. Monitoring of Innovation Activity Voronezh region. *Ekonomika. Innovatsii. Upravleniie kachestvom*. [ECONOMY. INNOVATIONS. QUALITY MANAGEMENT], 2013, no. 3 (4), pp. 96a-96b. (In Russ.).
11. Seleznev A. Development of the production of intangible goods. *Economist*. [Economist], 1998, no. 8, pp. 43. (In Russ.).
12. Khorev A.I., Ovchinnikova T. I. Adaptation to Russian conditions of foreign experience the relationship of consumer behavior and economic security. *Sovremennnaia ekonomika: problem i resheniia*. [Modern Economy: problems and solutions], 2012, no. 8 (32), pp. 89-97. (In Russ.).
13. Khorev A.I., Ovchinnikova T.I., Pakhomov A.I., Kobeleva S.V. Methodological approaches to the analysis of economic security innovation and investment projects in the food complex. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 4 (58), pp. 241-246. (In Russ.).

УДК 338.242

Профессор И.П. Богомолова, соискатель О.М. Омельченко

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики.

тел. (473) 255-27-10

Professor I.P. Bogomolova, competitor O.M. Omel'chenko

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of management, organization of production and industrial economy.

phone (473) 255-27-10

## **Анализ влияния факторов эффективности хозяйственной деятельности на экономику интегрированных структур**

## **Analysis of influence factors of economic efficiency on the economy of the integrated structures**

Реферат. В настоящее время в РФ особое внимание уделяется отраслям пищевой промышленности, оказывающим ключевое влияние на экономику государства и обеспечивающим продовольственную безопасность страны. Пищевая промышленность не только создает значительную часть валового внутреннего продукта, что является одним из основных источников наполнений бюджетов всех уровней, а также способствует укреплению позиций государства на мировых рынках. Указанные обстоятельства вызывают необходимость повышения эффективности функционирования отраслевых промышленных структур за счет мобилизации факторов, влияющих на экономику предприятий, в том числе за счёт смещения акцентов на интеграцию предприятий пищевой промышленности на фоне общего повышения конкурентоспособности выпускаемой ими продукции, укрепления всего промышленного комплекса, его ведущих отраслей и организаций. В статье обосновывается целесообразность применения интегрированных структур, рассматриваются методы и инструменты проведения анализа влияния факторов эффективности хозяйственной деятельности на экономику интегрированных структур. Оценку рекомендуется проводить по двум ключевыми направлениям: оценка финансового состояния и оценка обучения и развития персонала с учётом стратегических целей интегрированных структур. Проведенный анализ дает возможность грамотно распределять финансовые ресурсы и достигать сбалансированности управления экономическими показателями за счет более эффективного использования кредитных ресурсов, рационального управления экономическими параметрами оптимизации численности сотрудников и загрузки производственных мощностей.

Summary. Currently in Russia, special attention is paid to the food industry, providing a key influence on the state's economy and food security of the country. The food industry not only creates substantial part of the gross domestic product, which is one of the main sources of fillings budgets of all levels, and contributes to the strengthening of the state in world markets. These circumstances make it necessary to increase the efficiency of industrial structures by mobilizing factors affecting the economy of enterprises, including by shifting emphasis on the integration of food industry enterprises in General competitiveness of the goods produced, the stability of the entire industry, its leading industries and organizations. The article substantiates the expediency of application of integrated structures, discusses the methods and tools of analysis of influence factors of economic efficiency on the economy of integrated structures. Evaluation is recommended in two key areas: assessment of the financial condition and evaluation of training and development of staff, taking into account the strategic objectives of integrated structures. The analysis makes it possible to correctly allocate financial resources and to achieve balanced economic performance management through more effective use of credit resources, the rational management of economic parameters optimization of the number of employees and production capacity.

*Ключевые слова:* интегрированные структуры, оценка финансового состояния, оценка обучения и развития персонала

*Keywords:* integrated structure, assessment of financial condition, assessing the training and development of staff

В настоящее время в РФ особое внимание уделяется отраслям пищевой промышленности, оказывающим ключевое влияние на экономику государства и обеспечивающим продовольственную безопасность страны. Пищевая промышленность не только создает значительную часть валового внутреннего продукта, что является одним из основных источников наполнений бюджетов всех уровней, а также способствует укреплению позиций государства на мировых рынках. Указанные обстоятельства вы-

зывают необходимость повышения эффективности функционирования отраслевых промышленных структур за счет мобилизации факторов, влияющих на экономику предприятий, в том числе за счёт смещения акцентов на интеграцию предприятий пищевой промышленности на фоне общего повышения конкурентоспособности выпускаемой ими продукции, укрепления всего промышленного комплекса, его ведущих отраслей и организаций [2].

---

© Богомолова И.П., Омельченко О.М., 2014



В соответствии с осуществлённым выбором перспективных форм интеграции промышленных предприятий для проведения расчета эффективности нами предлагается использовать пример осуществляемой в настоящее время интеграции предприятий, входящих в холдинг ЗАО «Воронежская хлебная компания». Названная компания осуществляет свою деятельность на территории Воронежской области и включает 11 предприятий зерноперерабатывающего и хлебопекарного направлений.

Стратегия холдинга «Воронежская хлебная компания» ориентирована на достижение уровня ведущих Российских отраслевых компаний в части технологической оснащённости и основных финансово-экономических показателей. Важными элементами стратегии развития ЗАО «Воронежская хлебная компания» являются:

1. Оптимизация производственных мощностей за счёт ввода в эксплуатацию современного оборудования и расширение сферы деятельности в сторону производства высококачественной продукции при одновременном сохранении позиций одного из передовых производителей хлеба, муки и комбикормов в Воронежской области.

2. Повышение эффективности сбыта продукции за счёт развития региональных рынков и прямых продаж конечным потребителям на основе проведения взвешенной ценовой политики и осуществления комплекса мер по расширению рынков сбыта производимой продукции.

3. Развитие сотрудничества с финансовыми институтами, в том числе и международными, с целью оптимизации условий по кредитным ресурсам и развития новых финансовых инструментов.

С учётом стратегических целей ЗАО «Воронежская хлебная компания» с целью анализа влияния факторов эффективности хозяйственной деятельности, предлагается проведение оценки деятельности предприятия по двум ключевыми направлениям: оценка финансового состояния и оценка обучения и развития персонала.

При проведении оценки финансового состояния предприятия анализ финансового состояния предприятия основывается на определении стадии его стратегического развития [5].

Известно, что финансовые цели предприятия варьируются в зависимости от стадии его развития, на которой оно находится в настоящее время. Если на этапе роста каждое предприятие ориентируется на увеличение прибыли и рост объёмов продаж, то в период получения прибыли стратегическая цель компании расширяется и дополняется поддержа-

нием сбытовых каналов наряду с максимализацией возврата денежных потоков от всех средств, инвестированных в неё в прошлом [1]. В процессе исследования сделано допущение, что наиболее объективно стадию развития ЗАО «Воронежская хлебная компания» возможно отобразить при помощи метода экспертных оценок. В число экспертов, участвующих в исследовании, вошли как внешние специалисты в области анализа финансово-хозяйственной деятельности из числа работников аудиторских компаний, так и учёные профильного направления, а также сотрудники предприятия. Оценка проводилась на основании отчётных данных о деятельности предприятия за период с 2010 по 2012 гг. Результаты проведения анкетирования представлены в таблице 1.

Учитывая, что максимальный балл оценки стадии развития не должен превышать 10, предприятие причислено к стадии развития в фазе роста, получившей максимальное количество баллов.

Т а б л и ц а 1  
Результаты оценки экспертами стадии развития ЗАО «ВХК»

Стадия развития	Оценки, выставленные экспертами						Величина оценки
	1	2	3	4	5	6	
Рост	1	1	0	0	0	3	3
Устойчивое состояние	0	0	1	0	1	0	1
Максимум стабильности	0	0	0	1	0	2	2

Согласимся с позицией И. П. Богомолвой и Н. М. Шатохиной, отраженной в § 1.1 монографии «Повышение эффективности деятельности предприятий мукомольной промышленности на основе системы управления качеством продукции», что эффективность является сложной и многоплановой категорией, сущность которой заключается в увеличении выпуска конкурентоспособной продукции в оптимальном количестве при минимальных затратах, вследствие применения и внедрения достижений НТП, улучшения качества, рационального использования сырьевых, производственных и социальных ресурсов. При этом исследователи отмечают в § 2.2, что важная роль отводится анализу в деле определения и использования резервов повышения эффективности производства. Он содействует экономному использованию ресурсов, выявлению и внедрению передового опыта, научной организации труда, новой техникой и технологии производства, предупреждению излишних затрат [3].

Экономические показатели позволяют дать оценку правильности выбранной стратегии развития компании, а также служат индикаторами соответствия модели развития ком-

пании [3]. Поэтому, на наш взгляд, эта группа показателей является основной в оценке эффективности работы интегрированных структур (таблица 2, рисунки 1, 2).

Т а б л и ц а 2

Показатели оценки финансового состояния ЗАО «Воронежская хлебная компания»

Показатель	Формула для расчёта показателя	Значение элементов формулы	Расчёт показателя для ЗАО «ВХК»		
			2010	2011	2012
Рентабельность продукции ( $R_{пр}$ )	$R_{пр} = \frac{\Pi_{пр}}{C} \times 100\%$	$\Pi_{пр}$ - прибыль от реализации продукции, $C$ - полная себестоимость реализованной продукции	10,4 %	6,8 %	3,2 %
Рентабельность собственного капитала ( $R_{ск}$ )	$R_{ск} = \frac{ЧП}{СК} \times 100\%$	ЧП - чистая прибыль, СК - средняя величина собственного капитала за отчётный период	20,34 %	24,3 %	26,8 %
Рентабельность заёмного капитала ( $R_{зк}$ )	$R_{зк} = \frac{ЧП}{ЗК} \times 100\%$	ЗК - величина заёмного капитала	0,8%	0,89 %	5,4 %
Рентабельность активов ( $R_A$ )	$R_A = \frac{ЧП}{A} \times 100\%$	A - средний за период размер суммарных активов	2,96 %	3,45 %	5,4 %
Коэффициент оборачиваемости внеоборотных активов ( $O_{ВНА}$ )	$O_{ВНА} = \frac{B_p}{ВНА}$	$B_p$ - выручка от реализации, ВНА - средняя стоимость внеоборотных активов	0,6	0,82	1,2
Коэффициент маневренности (КМ)	$K_M = \frac{COC}{СК}$	COC - собственные оборотные средства	2,67	2,89	3,58
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами ( $K_{сос}$ )	$K_{сос} = \frac{COC}{OA}$	OA - оборотные активы	4,17	3,8	4,9
Коэффициент абсолютной ликвидности	$K_{ал} = \frac{OA_{вл}}{КО}$	OA вл - высоколиквидные оборотные активы, КО - краткосрочные обязательства	0,2	0,28	0,49
Коэффициент текущей ликвидности	$K_{тл} = \frac{OA}{КО}$		1,8	1,89	2,01

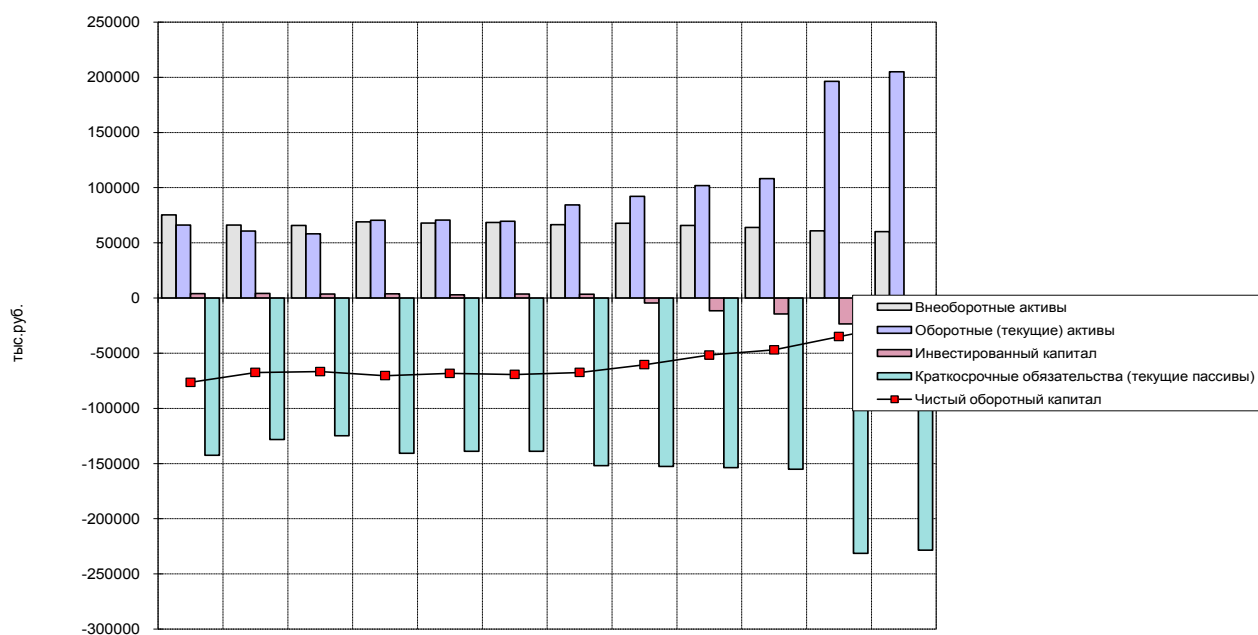


Рисунок 1 - Изменение структуры показателей активов



Рисунок 2. Оптимизация параметров влияния на безубыточность

Анализ динамики финансовой составляющей ЗАО «Воронежская хлебная компания» показал, что прибыльность вложений постепенно повышается, о чем свидетельствует снижение отрицательных показателей рентабельности собственного, заемного капитала и активов в целом.

Однако отрицательные показатели рентабельности говорят о неэффективности вложений и недостаточной эффективности производства, что также подтверждается отрицательными показателями чистой прибыли. Кроме того, сопоставление значений рентабельности активов и рентабельности собственного капитала показывает низкую степень использования на ряде предприятий компании финансовых рычагов (займов и кредитов) с целью повышения уровня доходности и неэффективность проводимой инвестиционной политики.

Для повышения доходности вложений нами рекомендовано принять меры по снижению себестоимости продукции, повышению производительности оборудования, а также активизировать использование привлеченного капитала, в том числе и на инвестиционные цели [3]. При этом отдача собственного капитала повышается, если удельный вес заемных источников в общей сумме источников формирования активов возрастает.

Темпы оборачиваемости собственного капитала, дебиторской и кредиторской задолженности свидетельствуют о сбалансированном темпе развития. Положительным фактором также является превышение коэффициента оборачиваемости дебиторской задолженности над оборачиваемостью кредиторской на протяжении 2010 – 2012 гг., что говорит о наличии возможности внутренних резервов их использования для развития компании.

Увеличивающийся уровень ликвидности активов на протяжении всего рассматриваемого периода позволяет расценивать финансовое состояние холдинга как нормальное. Значения коэффициента абсолютной ликвидности также говорят о положительной платежеспособности предприятия. [4]

Динамика изменения коэффициента маневренности и анализ рассмотренных показателей подтверждает вывод о финансовой независимости холдинга от внешних заемных источников финансирования, что минимизирует риски потери платежеспособности.

Далее остановимся более подробно на оценке обучения и развития персонала. Данный вид оценки позволяет количественно отразить те характеристики, которые позволяют сотрудникам мобилизовать свой потенциал для достижения стратегических целей компании. К числу показателей оценки возможностей работников холдинга ЗАО «Воронежская хлебная компания» предложено отнести: удовлетворенность персонала и его мотивацию, текучесть кадров и эффективность деятельности сотрудников. При этом удовлетворенность кадров и мотивация, на наш взгляд, являются основными предпосылками для повышения производительности труда персонала.

Степень удовлетворенности в исследовании выявляли посредством проведения периодического анкетирования сотрудников предприятия, результатом которого должны были стать рекомендации по совершенствованию и поддержанию кадровых процессов на предприятии на существующем высоком уровне. Для сохранения кадровой базы предприятию необходимо поддерживать желание сотрудников следовать корпоративным целям и разделять их. Эффективность деятельности персонала являет-

ся замыкающим звеном в цепочке возможностей, результативность которого напрямую зависит от организации кадровой работы, проводимой предприятием. Показатели кадровой эффективности обязательно должны оцениваться при проведении анализа устойчивости предприятия

для выявления его сильных и слабых сторон. Результаты расчётных показателей эффективности приведены в таблице 3. Помимо представленных направлений большое значение имеет фактор повышения квалификации кадров.

Т а б л и ц а 3

Показатели оценки кадровой составляющей ЗАО «Воронежская хлебная компания»

Показатель	Формула для расчёта показателя	Значение элементов формулы	Расчёт показателя для ЗАО «ВХК»		
			2010	2011	2012
Коэффициент текучести кадров ( $K_{тек}$ )	$K_{тек} = N_y / N_{ср}$	$N_y$ - численность уволенных сотрудников за отчётный период, $N_{ср}$ - среднесписочная численность сотрудников за отчётный период	650 / 3600 = 0,180	690 / 3800 = 0,181	720 / 3150 = 0,228
Коэффициент переобучения персонала ( $K_{пер}$ )	$K_{пер} = N_{рпр} / N_{рпр}$	$N_{рпр}$ – численность персонала прошедшего переобучение, $N_{рпр}$ - численность персонала, нуждающегося в переобучении	54 / 150 = 0,36	45 / 180 = 0,25	65 / 120 = 0,54

По результатам оценки сделан вывод, что кадровую политику рассматриваемых предприятий интегрированной группы в настоящее время нельзя признать достаточно эффективной, учитывая высокий показатель текучести кадров в течение 2012 г. (таблица 4). Но при этом необходимо отметить сбалансированное решение проблемы переобучения кадров.

Проведенный анализ приведенных факторов говорит о достаточно грамотном распределении финансовых ресурсов и сбалансирован-

ном управлении экономическими показателями, что позволило предприятиям значительно улучшить экономические показатели 2012 г. по отношению к 2010-2011 гг. Оценка подтвердила, что улучшить показатель общей рентабельности удалось, в том числе, за счет более эффективного использования кредитных ресурсов, рационального управления экономическими параметрами оптимизации численности сотрудников и загрузки производственных мощностей.

Т а б л и ц а 4

Текучесть кадров на предприятии ЗАО «Воронежская хлебная компания»

Предприятия	Численность на 01.01.12 г.	Принято в 2012 г.	Уволено в 2012 г.	Численность на 01.11.12г.	Изменение численности	Коэффициент текучести, %	Расчетный коэффициент текучести на год, %	Расчетный коэффициент текучести, чел.
ХБЗ 1	544	101	170	475	-69	31	38	204
ХБЗ 2	469	163	200	432	-37	43	51	240
ХБЗ 3	734	358	367	725	-9	50	60	440
ХБЗ 4	542	147	139	550	8	26	31	167
Всего	2 289	769	876	2 182	-107	38	46	1 051
ХБЗ 5	118	46	42	122	4	36	43	50
ХБЗ 6	100	28	29	99	-1	29	35	35
ХБЗ 7	67	10	11	66	-1	16	20	13
ХБЗ 8	120	77	83	114	-6	69	83	100
ВСЕ ХЛЕБОЗАВОДЫ	2 694	930	1 041	2 583	-111	39	46	1 249
МКВ	221	18	25	214	-7	11	14	30
ВЭКЗ	143	22	22	143	0	15	18	26
ВХБ	76	0	0	76	0	0	0	0
ИТОГО	3 134	970	1 088	3 016	-118	35	42	1 306

Таким образом, менеджменту интегрированной структуры и отдельных предприятий следует постоянно проводить оценку влияния

основных факторов эффективности хозяйственной деятельности на экономику компании.

ЛИТЕРАТУРА

1 Асаул Н.А. Теория и методология институциональных взаимодействий субъектов инвестиционно-строительного комплекса: дис. ... д-ра экон. наук. СПб., 2006. 348с.

2 Богомолова И. П., Парутин А.А. Методы и инструменты управления хозяйствующими субъектами зернового рынка. Воронеж: Истоки, 2008. 178 с.

3 Богомолова И.П., Рукин Р.П., Нечаева С.Н., Шатохина Н.М. Повышение эффективности деятельности предприятий мукомольной промышленности на основе системы управления качеством продукции. Воронеж: Издательство «ИСТОКИ», 2007, 204 с.

4 Государственные корпорации как элемент модернизации российской экономики. Аналитический доклад по заказу Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации. М., 2011. 259 с.

5 Гулин О. А., Щедров В.И. Статистический анализ эффективности и синергетического эффекта в отраслевых корпорациях [Электронный ресурс] // Экономика России: основные направления совершенствования. Межвузовский сборник научных трудов. Режим доступа: <http://www.cfin.ru/bandurin/article/sbrn02/11.shtml>.

REFERENCES

1 Asaul N.A. Teoriia i metodologiia institutsional'nykh vzaimodeistvii sub'ektov investitsionno-stroitel'nogo kompleksa. Dis. dok. ekon. nauk [Theory and Methodology of Institutional Interaction of Investment-building complex. Doc. econ. sci. dis.]. Saint Petersburg, 2006, 348 p. (In Russ.).

2 Bogomolova I.P., Perutin A.A. Metody i instrumenty upravleniia khoziaistvuiushchimi sub'ektami zernovogo rynka [Methods and Tools business entities of the grain market]. Voronazh, Istoki, 2008, 178 p. (In Russ.).

3 Bogomolova I.P., Rukin R.P., Nechaeva S.N., Shatokhina N.M. Povyshenieeffektivnosti deiatel'nosti predpriatiimukomol'noi promyshlennosti na osnove sistemy upravleniia kachestvom produktsii [Improving the performance of enterprises in the milling industry on the basis of product quality management system]. Voronezh, Istoki, 2007, 204 p. (In Russ.).

4 Gosudarstvennye korporatsii kak element modernizatsii rossiiskoi ekonomiki. Analiticheskii doklad po zakazu Analiticheskogo tsentra pri Pravitel'stve RF [Public corporations as part of the modernization of the Russian economy. Analytical report commissioned by the Analytical Center of the Russian Federation], Moscow, 2011, 259 p. (In Russ.).

5 Gulin O.A., Shchedrov V.I. Statistical analysis of the effectiveness and synergies industry corporations. Ekonomika Rossii: osnovnye napravleniia sovershenstvovaniia. Mezhvuzovskii sbornik nauchnykh trudov [Russian Economy: main areas for improvement. Interuniversity collection of scientific papers]. Available at: <http://www.cfin.ru/bandurin/article/sbrn02/11.shtml>.

УДК 338.26.003.13

Аспирант Д.Н. Бакаев

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики. тел. (473) 255-27-10

E-mail: lostangel.88@mail.ru

Graduate D.N. Bakaev

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of management, organization of production and industrial economy. phone (473) 255-27-10

E-mail: lostangel.88@mail.ru

## Методика оценки инновационной активности предприятий мясной промышленности

## Methodology to evaluate the innovative activity of the meat industry

Реферат. В статье рассматриваются методы оценки инновационной деятельности предприятия. Выявлены достоинства и недостатки предложенных в различных публикациях методик, посвященных инновационному развитию. Анализ работ отечественных и зарубежных авторов показал, что существующие методы не позволяют получить адекватную оценку инновационной деятельности предприятия. Рекомендуется ввести интегральный показатель инновационной активности, который является критерием динамизма инновационной деятельности предприятия, оцениваемым по скорости и объемам создания, продвижения на рынок и использования инноваций в хозяйственной деятельности предприятия. Предложенная система оценки инновационной активности предприятия основана на следующих показателях: коэффициент развития персонала, темпы прироста финансовых средств, направленных на проведение инновационной деятельности предприятия, коэффициент освоения новой техники, темпы прироста интеллектуальной собственности. Матрица оценки интегрального показателя инновационной активности предприятия отражает взаимосвязь показателей инновационного потенциала и инновационной активности и включает группу показателей, которые позволяют проводить оценку инновационной деятельности предприятия в различных сферах деятельности предприятия: технологической, организационной, маркетинговой. Основными достоинствами разработанной методики оценки уровня инновационного развития предприятий мясной промышленности является: возможность оценки уровня в динамике; комплексность исследования уровня инновационного развития; возможность сравнения фактических значений показателей со значениями показателей, оцененными экспертами. Особенностью предлагаемой методики является не только возможность количественной оценки уровня инновационного развития в целом, но и диагностика отдельных факторов. Это позволяет определить, какие факторы необходимо активизировать для вывода предприятия мясной промышленности на более высокий уровень инновационного развития.

Summary. The article considers the methods of estimation of innovative activity of the enterprise. Revealed advantages and disadvantages of the proposed techniques in various publications, devoted to the innovative development. Analysis of the works of domestic and foreign authors showed that the existing methods do not provide an adequate assessment of innovative activity of the enterprise. Asked to enter the integral indicator of innovative activity, which is the criterion of the dynamism of innovative activity of the enterprise, as measured by the speed and volume creation, promotion and use of innovations in economic activity of the enterprise. The proposed system of estimation of innovative activity of the enterprise is based on the following indicators: the ratio of personnel development, the growth rate of financial assets directed on conducting innovative activity of the enterprise, the coefficient for mastering new technologies, the growth rate of intellectual property. The assessment matrix integral indicator of innovative activity of the enterprise reflects the relationship of the indicators of innovative potential and innovative activity and includes a group of indicators, which allows the estimation of innovative activity of enterprises in various spheres of business: technological, organizational, marketing. The main advantages of the developed technique of estimation of level of innovative development of the enterprises of the meat industry is: an assessment of the level in dynamics; complex research of a level of innovation development; the possibility of comparison of actual values with the values of the indicators, assessments United experts. A feature of the proposed method is not only able to measure the level of innovation development in General, but diagnosis of individual factors. This allows you to determine which factors-the Torah must be activated to display the meat industry to a higher level of innovation development..

Ключевые слова: методические подходы, инновации, оценка инновационной деятельности, инновационная активность, инновационный потенциал, мясная промышленность.

Keywords: methodological approaches, innovations, evaluation of innovative activity, innovative activity, innovation, meat industry.

Мировой опыт показывает, что осуществление диверсификации продукции и преодоление технологического отставания производства возможно только при наличии в стране развитой среды «генерации идей»,

основанной на мощном секторе фундаментальных исследований в сочетании с эффективной системой образования и национальной инновационной системой.

---

© Бакаев Д.Н., 2014

Одна из ключевых проблем современной России состоит в том, что национальной экономике в целом не хватает инновационных качеств и механизмов, чтобы быстрыми темпами решить задачу перехода к инновационной экономике. В стране пока еще отсутствует та инновационная среда, способствующая рождению и коммерциализации инновационных идей.

Решение этих проблем, на наш взгляд, лежит в двух взаимосвязанных плоскостях, обусловленных, во-первых, необходимостью создания внешних условий, благоприятствующих инновационному развитию, к которым относится совокупность институтов и организаций в структуре национальных инновационных систем, формирующихся в настоящее время во всех развитых странах мира. Во-вторых, наличием у хозяйствующих субъектов необходимой внутренней среды – инновационного потенциала, способного генерировать идеи и осуществлять процесс их коммерциализации по всему инновационному циклу.

В решении проблем управления деятельностью и формирования механизмов ее экономической оценки отечественная и зарубежная наука располагает существенным количеством подходов и методов.

Вместе с тем, несмотря на значительное число научных исследований и публикаций в области управления инновационной деятельностью, ряд ключевых теоретических аспектов раскрыт не в полной мере. Прежде всего, экономическая наука не выработала единого подхода к системному рассмотрению оценки инновационной деятельности на уровне предприятия с учетом экономических задач, решаемых на каждом этапе инновационного проекта.

Анализ различных публикаций, посвященных инновационному развитию, позволяет выделить следующие подходы к оценке уровня инновационного развития.

Методики первой группы подходов позволяют оценить уровень инновационного развития отдельных предприятий. Так, Чулок А.А. предлагает оценить эффективность инновационного развития на основе обобщенного инновационного показателя, который определяется как сумма индикаторов, отражающих долю затрат на НИОКР в общей сумме затрат, долю продаж инновационных продуктов в общем объеме продаж и так далее с учетом эластичности каждого индикатора, используемой в качестве весового коэффициента. Полученный обобщенный инновационный показатель может быть использован для оценки возможностей предприятия и выбора соответствующей

инновационной стратегии, для сравнения уровня инновационного развития предприятий и решения других задач.

Самочкин В.Н., Тимофеева О.А., Калюкин А.А. предлагают для оценки уровня инновационного развития использовать коэффициент эффективности инновационной деятельности ( $\Xi$ ), представляющий отношение возможностей ( $B$ ) предприятия, направленных на финансирование процесса обновления изделий, к его потребностям ( $\Pi$ ) в средствах на поддержание производимой продукции на уровне, соответствующем спросу со стороны потенциальных покупателей.

Значения коэффициента эффективности инновационной деятельности позволяют выделить три ситуации в соответствии с рассмотренными состояниями предприятия по уровню коэффициента эффективности инновационной деятельности: соблюдается баланс потребностей и возможностей для обновления выпускаемых изделий ( $\Xi=1$ ); потребность предприятия в обновлении изделий превышает их возможности осуществлять финансирование собственными силами ( $\Xi<1$ ); возможности предприятия осуществлять финансирование процессов обновления изделий выше их потребности в инвестициях ( $\Xi>1$ ).

По нашему мнению, данный подход к оценке эффективности инновационного развития носит одностороннюю направленность, поскольку охватывает только продуктивные и процессные инновации.

Методика Трифиловой А.А. по определению типа инновационного потенциала в зависимости от обеспечения предприятия собственными оборотными средствами выделяет следующие типы инновационного потенциала предприятия:

- высокие инновационные возможности ( $S=(1,1,1)$ ) – высокая обеспеченность собственными ресурсами; реализацию стратегий инновационного развития предприятие может осуществлять без внешних заимствований;

- средние инновационные возможности ( $S=(0,1,1)$ ) – нормальная финансовая обеспеченность производства необходимыми ресурсами; для эффективного вовлечения новых технологий в хозяйственный оборот необходимо использование некоторого объема заемных средств;

- низкие инновационные возможности ( $S=(0,0,1)$ ) – удовлетворительная финансовая поддержка текущих производственных запасов и затрат; для реализации стратегий инновационного развития требуется привлечение значительных финансовых средств из внешних источников;

- нулевые инновационные возможности ( $S=(0,0,0)$ ) – дефицит или отсутствие источников формирования затрат.

Данный подход также ограничен в применении, поскольку охватывает только одну составляющую инновационного развития – финансовое обеспечение инновационной деятельности.

Анализ работ отечественных и зарубежных авторов показал, что существующие методы не позволяют получить адекватную оценку инновационной деятельности предприятия. Неадекватность оценки определяется следующими факторами:

- применяемые методы имеют субъективный характер, что обусловлено применением экспертных оценок и анкетирования;

- используемые показатели не позволяют полностью охарактеризовать все составляющие инновационного потенциала и инновационной активности;

- нечеткость определений «инновационный потенциал» и «инновационная активность»;

- отсутствие взаимосвязей между оценкой инновационного потенциала и инновационной активности;

- не учитывается специфика инновационной деятельности мясной промышленности.

Многие специалисты недооценивают взаимосвязь между показателями «инновационный потенциал» и «инновационная активность». Часто предприятия, изначально обладающие высоким инновационным потенциалом, не могут эффективно реализовать и утрачивают его из-за недостаточной инновационной активности.

Таким образом, для оценки инновационной деятельности предприятия целесообразно ввести сводный показатель инновационной активности, включающий в себя инновационный потенциал как ресурсную базу, и инновационную активность, характеризующую степень интенсивности изменений в инновационной сфере предприятия:

$$\text{СПИА} = \text{ИП} \cdot \text{ИА}, \quad (1)$$

где СПИА – сводный показатель инновационной активности предприятия; ИП – инновационный потенциал предприятия с учетом риска; ИА – инновационная активность предприятия.

По функциональному назначению инновации подразделяются: технологические (продуктовые, процессные), маркетинговые и, организационные. Однако традиционно понятие «инновации» ассоциируется с технологическими улучшениями. На практике также оцениваются только технологические инновации,

что приводит к искажению оценки инновационной деятельности предприятия.

Таким образом, оценка инновационной деятельности предприятия на основе интегрального показателя инновационной активности должна учитывать все три составляющие: технологическую, организационную и маркетинговую.

Под технологическими инновациями подразумевается деятельность организации, связанная с разработкой и внедрением технологически новых продуктов и процессов, а также значительных технологических усовершенствований в продуктах и процессах; технологически новых или значительно усовершенствованных услуг, новых или значительно усовершенствованных способов производства (передачи) услуг.

Под маркетинговыми инновациями подразумевается реализация новых или значительно улучшенных маркетинговых методов, охватывающих существенные изменения в дизайне и упаковке продуктов, использование новых методов продаж и презентации продуктов (услуг), их представления и продвижение новых ценовых стратегий.

Организационные инновации – это реализация нового метода в ведении бизнеса, организации рабочих мест или организации внешних связей.

Существующие методы оценки инновационного потенциала позволяют учитывать лишь технологическую составляющую, при этом отсутствуют методы, позволяющие оценить инновационный потенциал как ресурсную базу для организационных и маркетинговых инноваций.

Исходя из того, что инновационный потенциал является ресурсной основой для осуществления инновационной деятельности, необходимо оценивать каждую ресурсную составляющую. Согласно Трифиловой А.А., основными ресурсными составляющими организационного потенциала является: профессиональный кадровый состав, материально-техническое оснащение, финансовые ресурсы, интеллектуальная собственность.

Вторая составляющая интегрального показателя инновационной активности отражает интенсивность изменений в инновационной сфере, проводимых предприятием, т.е. интенсивность действий по использованию инновационного потенциала, созданию и продвижению инноваций. Так как инновационная активность является своеобразным катализатором инновационной деятельности предприятия, ее оценку необходимо проводить на основе ресурсного подхода с учетом различных видов инноваций.



Предложенная система оценки инновационной активности предприятия основана на следующих показателях: коэффициент развития персонала, темпы прироста финансовых средств, направленных на проведение инновационной деятельности предприятия, коэффициент освоения новой техники, темпы прироста интеллектуальной собственности.

Матрица оценки интегрального показателя инновационной активности предприятия отражает взаимосвязь показателей инновационного потенциала и инновационной активности (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Матрица оценки интегрального показателя инновационной активности предприятия

Составляющие СПИА	Виды инноваций		
	Технологические инновации	Организационные инновации	Маркетинговые инновации
Профессиональный кадровый состав	$ИП_{ПКСТИ} = \frac{Ч_{ТИ}}{Ч_{ППП}}$	$ИП_{ПКСОИ} = \frac{Ч_{ОИ}}{Ч_{ППП}}$	$ИП_{ПКСМИ} = \frac{Ч_{МИ}}{Ч_{ППП}}$
	$ИА_{ПКСТИ} = \frac{З_{Тобуч}}{\Phi OT_{И}}$	$ИА_{ПКСОИ} = \frac{З_{Ообуч}}{\Phi OT_{И}}$	$ИА_{ПКСМИ} = \frac{З_{Мобуч}}{\Phi OT_{И}}$
Финансовые ресурсы	$ИП_{ФРТИ} = \frac{З_{ТИ}}{З_{ОБЩ}}$	$ИП_{ФРОИ} = \frac{З_{ОИ}}{З_{ОБЩ}}$	$ИП_{ФРМИ} = \frac{З_{МИ}}{З_{ОБЩ}}$
	$ИА_{ФРТИ} = \frac{З_{ТИотч} - З_{ТИбаз}}{З_{ТИбаз}}$	$ИА_{ФРОИ} = \frac{З_{ОИотч} - З_{ОИбаз}}{З_{ОИбаз}}$	$ИА_{ФРМИ} = \frac{З_{МИотч} - З_{МИбаз}}{З_{МИбаз}}$
Материально-техническое оснащение	$ИП_{МТОТИ} = \frac{О_{ТИ}}{О_{ОБЩ}}$	$ИП_{МТОИ} = \frac{О_{ОИ}}{О_{ОБЩ}}$	$ИП_{МТОМИ} = \frac{О_{МИ}}{О_{ОБЩ}}$
	$ИА_{МТОТИ} = \frac{ОПФ_{ввТИ}}{ОПФ_{ТИ}}$	$ИА_{МТОИ} = \frac{ОПФ_{ввОИ}}{ОПФ_{ОИ}}$	$ИА_{МТОМИ} = \frac{ОПФ_{ввМИ}}{ОПФ_{МИ}}$
Юридическая защита	$ИП_{ЮЗТИ} = \frac{З_{ЮЗТИ}}{З_{ЮЗОБЩ}}$	$ИП_{ЮЗОИ} = \frac{З_{ЮЗОИ}}{З_{ЮЗОБЩ}}$	$ИП_{ЮЗМИ} = \frac{З_{ЮЗМИ}}{З_{ЮЗОБЩ}}$
	$ИА_{ЮЗТИ} = \frac{З_{ТИЮЗотч} - З_{ТИЮЗбаз}}{З_{ТИЮЗбаз}}$	$ИА_{ЮЗОИ} = \frac{З_{ОИЮЗотч} - З_{ОИЮЗбаз}}{З_{ОИЮЗбаз}}$	$ИА_{ЮЗМИ} = \frac{З_{МИЮЗотч} - З_{МИЮЗбаз}}{З_{МИЮЗбаз}}$

Таким образом, матрица оценки интегрального показателя инновационной активности предприятия включает группу показателей, которая позволяет проводить оценку инновационной деятельности предприятия в различных сферах деятельности предприятия: технологической, организационной, маркетинговой. Количество показателей не является исчерпывающим, для отражения специфики конкретного предприятия могут быть введены дополнительные показатели.

Для анализа и оценки инновационного развития корпоративных структур считаем целесообразным выделение трех групп факторов: инновационная активность; инновационная инфраструктура; механизм интеграции.

Инновационная активность является характеристикой динамизма инновационной дея-

тельности предприятия, оцениваемая по скорости и объемам создания, продвижения на рынок и использования инноваций в хозяйственной деятельности.

Инновационная инфраструктура, по мнению А.А. Трифиловой, представляет необходимый набор ресурсов, которым предприятие должно обладать для эффективного осуществления разработки и внедрения новых технологий. Поэтому для эффективного инновационного развития корпоративных структур состав инновационных ресурсов должен быть функционально полным.

Отличительной особенностью предлагаемой авторами работы методики является учет интенсивности и характера интеграции, что обусловило присутствие в модели последних двух факторов.

Целесообразность учета степени концентрации отрасли подтверждена проверкой гипотезы о влиянии степени концентрации на уровень инновационного развития.

На втором этапе проводится оценка механизма интеграции предприятий в корпоративную структуру с использованием методики Ю.М. Цыгалова, согласно которой анализу подлежат значимые для интеграции показатели, группируемые в четыре блока: технологическая совместимость; финансовое состояние; организационные, управленческие, социальные и политические факторы; взаимная значимость.

На третьем этапе определяется группа экспертов, каждым из которых устанавливаются значения оценок показателей. Для обеспечения адекватного перевода качественных оценок в количественные нами предлагается использовать шкалу Харрингтона, скорректированную под размах в 5 баллов (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Шкала Харрингтона

Качественная оценка параметра	Количественное значение
Отсутствие выраженности	0
Очень слабая выраженность	0,5
Слабая выраженность	1,425
Средняя выраженность	2,5
Более средней, но не сильная выраженность	3,575
Сильная выраженность	4,5
Очень сильная выраженность	5

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Богомолова И.П., Стукало О.Г., Устюгова И.Е. Мониторинг современного состояния сырьевой базы мясной промышленности // Экономика и предпринимательство. 2013. №11 (40).
- 2 Незнахина Е.Л., Веретеннова М.С. Метод оценки интегрального показателя инновационной активности предприятия // Инновации. 2012. №2 (160). С. 93-97.
- 3 Романенко Г. Вклад науки в реализацию государственных программ развития сельского хозяйства // Экономист. 2012. №4. С. 40-45.
- 4 Трушин Ю. Современный подход государства к развитию АПК // Экономист. 2011. №11. С. 87-90.

На основании анкет с оценками экспертов рассчитываются количественные оценки каждого фактора инновационного развития.

На заключительном этапе на основе количественных оценок отдельных факторов рассчитывается интегральный четырехкомпонентный показатель инновационного развития корпоративных структур по формуле:

$$S(\Phi) = \{1, \text{если } \Phi \geq 3; 0, \text{если } \Phi < 3\} \quad (2)$$

Если значение  $i$ -го фактора  $\Phi_i \geq 3$ , его влияние на уровень инновационного развития корпоративных структур оценивается положительно, если  $\Phi_i < 3$  – отрицательно.

Основными достоинствами разработанной методики оценки уровня инновационного развития предприятий мясной промышленности являются: возможность оценки уровня в динамике; комплексность исследования уровня инновационного развития; возможность сравнения фактических значений показателей со значениями показателей, оцененных экспертами.

Особенностью предлагаемой методики является не только возможность количественной оценки уровня инновационного развития в целом, но и диагностика отдельных факторов. Это позволяет определить, какие факторы необходимо активизировать для вывода предприятия мясной промышленности на более высокий уровень инновационного развития.

## REFERENCES

- 1 Bogomolova I.P., Stukalo O.G., Ustugova I.E. Monitoring of the current state of the resource base of the meat industry. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. [The Economy and the entrepreneur ], 2013, no. 11(40). (In Russ.).
- 2 Neznakhina E.L., Veretenova M.S. Method of evaluation of the integral index of innovative activity of the enterprise. *Innovatsii*. [Innovations], 2012, no. 2 (160), pp. 93-97. (In Russ.).
- 3 Romanenko G. Contribution of science to the implementation of the state program of agriculture development. *Ekonomist*. [Economist], 2012, no.4, pp. 40-45. (In Russ.).
- 4 Trushin Iu. Modern approach of the state to the development of agriculture. *Ekonomist*. [Economist], 2011, no. 11, pp. 87-90. (In Russ.).

УДК 338.24.01

Доцент А.В. Романенко

(Тамбовский государственный технический университет) кафедра "Менеджмент".  
тел. 89108568626

E-mail: ra\_box@bk.ru

заместитель директора В.Л. Пархоменко

(Тамбовский государственный технический университет) Институт экономики и  
качества жизни. тел. 89107522422

E-mail: v.l.parkhomenko@gmail.com

доцент А.И. Попов

(Тамбовский государственный технический университет) кафедра "Техника и технологии  
производства нанопроductов". тел. 89027280952

E-mail: olimp\_popov@mail.ru

Associate Professor A.V. Romanenko

(Tambov State Technical University) Department "Management".

phone 89108568626

E-mail: ra\_box@bk.ru

deputy director V.L. Parkhomenko

(Tambov State Technical University) Economics and Life Quality Institute.

phone 89107522422

E-mail: v.l.parkhomenko@gmail.com

associate Professor A.I. Popov

(Tambov State Technical University) Department "Technique and technology of nanoproducts  
production". phone 89027280952

E-mail: olimp\_popov@mail.ru

## **Постановка задачи оптимизации деятельности предприятия машиностроительного кластера**

## **Setting of task of optimization of the activity of a machine-building cluster company**

Реферат. Работа посвящена выработке методологических подходов к управлению машиностроительным предприятием на основе снижения издержек, оптимизации портфеля заказов и использования производственных мощностей в процессе оперативного управления. Оценка экономической эффективности деятельности подобных хозяйствующих субъектов реального сектора экономики определяется, в том числе, сроками исполнения заказов, которые зависят от вопросов формирования производственной мощности предприятия, эксплуатации основных производственных фондов и поддержания их на заданном уровне. Сформулированы ключевые компоненты экономико-математической модели производственной деятельности предприятия и определен критерий оптимизации. В его качестве предложена формула, аккумулирующая: прибыль предприятия, обусловленные производственной мощностью и технологиями производства продукции текущие прямые переменные затраты, сумму налога на имущество и расходы, появляющиеся вследствие проявления отклонений при выполнении сменных производственных заданий за единый период времени. Основным компонентом задачи оптимизации производственной деятельности предприятия на основе данного критерия является вектор прямых переменных затрат. Он зависит от количества видов выпускаемой продукции в текущем портфеле заказов, производственных регламентов изготовления продукции, нормативных затрат времени на выпуск конкретного изделия, доступного фонда времени работоспособных производственных позиций, текущей стоимостной оценки по отдельным группам технологических операций и текущей приоритетности выполняемых операций для учета степени готовности выполняемых внутренних заказов. Моделирование производственной деятельности на основе предложенных положений позволит предприятиям машиностроительного кластера, активно осуществляющим инновации, повысить эффективность использования имеющихся производственных ресурсов за счет оптимизации текущей деятельности при высокой неопределенности величины спроса и планирования проведения обслуживаний и текущих ремонтов.

Summary. The work is dedicated to the development of methodological approaches to the management of machine-building enterprise on the basis of cost reduction, optimization of the portfolio of orders and capacity utilization in the process of operational management. Evaluation of economic efficiency of such economic entities of the real sector of the economy is determined, including the timing of orders, which depend on the issues of building a production facility, maintenance of fixed assets and maintain them at a given level. Formulated key components of economic-mathematical model of industrial activity and is defined as the optimization criterion. As proposed formula accumulating profits due to production capacity and technology to produce products current direct variable costs, the amount of property tax and expenses appearing as a result of manifestations of variance when performing replacement of production tasks for a single period of time. The main component of the optimization of the production activity of the enterprise on the basis of this criterion is the vector of direct variable costs. It depends on the number of types of products in the current portfolio of orders, production schedules production, the normative time for the release of a particular product available Fund time efficient production positions, the current valuation for certain groups of technological operations and the current priority of operations for the degree of readiness performed internal orders. Modeling of industrial activity based on the proposed provisions would allow the enterprises of machine-building cluster, active innovation, improve the efficient use of available production resources by optimizing current operations at the high uncertainty of the magnitude of the demand planning and carrying out maintenance and routine repairs.

Ключевые слова: экономический эффект, производственная мощность машиностроительного предприятия, производственные издержки, оперативное управление, портфель заказов.

Keywords: economic effect, capacity of a machine-building company, production costs, operating control, stock of orders.

---

© Романенко А.В., Пархоменко В.Л., Попов А.И., 2014

Формирующаяся инновационная экономика предъявляет высокие требования к качеству принимаемых менеджментом хозяйствующих субъектов управленческих решений [1]. В контексте развития реального сектора экономики наибольшую значимость имеет оптимальность управленческих решений для предприятий машиностроения и приборостроения, в частности относимых к мало- и среднесерийному типу многоассортиментного производства. Оценка экономической эффективности деятельности таких предприятий во многом определяется сроками исполнения заказов, которые зависят как от вопросов формирования производственной мощности предприятия, относимых к стратегическому планированию, так и вопросов эксплуатации основных производственных фондов и поддержания их на заданном уровне за счет ремонтов и обслуживания, относимых к оперативному планированию и управлению. Если следовать идеям статистического управления производственной мощностью, то первичное внимание следует уделять вопросам оперативного управления.

В общих чертах деятельность предприятия вышеназванной отраслевой принадлежности можно описать следующим образом. Главенствующим звеном информационной модели деятельности хозяйствующего субъекта является портфель заказов контрагентов на производимую предприятием продукцию, формируемый внешней средой предприятия, на которую в рыночной экономике у него нет прямых рычагов влияния. На основе портфеля заказов формируется производственная программа, т.е. план основной деятельности предприятия на некоторый период времени. К производственной программе открываются внутренние заказы в момент начала непосредственной обработки внешнего заказа из сформированной очереди. В соответствии с производственным регламентом, описывающим технологию производства конкретного изделия, составляются производственные задания цехам и прочим производственным подразделениям на смену их функционирования, что позволяет планировать выполнение внешних заказов и вести контроль деятельности производственных подразделений.

Как известно, основным измерителем экономической эффективности деятельности предприятия считается прибыль по основной деятельности, формируемая на счете 90 – "Продажи" за некоторый период времени. Исходя из условия ограниченности максимального спроса на продукцию предприятия, резервом получения экономического эффекта дея-

тельности хозяйствующих субъектов реального сектора экономики является снижение неоправданных на текущий момент деятельности предприятия издержек. Фактически на предприятиях обозначенного выше типа максимизация прибыли как результат деятельности за некоторый период времени превращается в задачу повышения скорости обслуживания поступающих из внешней среды за тот же временной интервал заказов клиентов, которую выражают прямые переменные затраты в единицу времени. Ограничительным фактором в этом случае является производственная мощность предприятия, а препятствующим выполнению производственной программы – проявляющиеся несоответствия в виде брака при производстве деталей и выход отдельных видов технологического оборудования из строя вследствие поломок.

Таким образом, задача оптимизации деятельности предприятия вышеназванного типа может выглядеть следующим образом. Дано: прибыль предприятия по основной деятельности, прямые переменные затраты предприятия, сумма налога на имущество предприятия и возникающие вследствие различных отклонений при осуществлении основной деятельности расходы. Требуется найти такое их сочетание, при котором экономический эффект:  $\text{Эпр}(\tau) \rightarrow \max$ . При уравнении связи:

$$\text{Эпр}(\tau) = \text{Пр}(\tau) + \text{Зт}(\tau) - \text{Ни}(\tau) - \text{Р}(\tau), \quad (1)$$

где  $\text{Эпр}$  – производственный эффект за период времени;  $\text{Пр}$  – прибыль предприятия за тот же период времени;  $\text{Зт}$  – прямые переменные затраты, обусловленные производственной мощностью предприятия и технологиями производства продукции, находящейся в портфеле заказов;  $\text{Ни}$  – сумма налога на имущество, уплачиваемого за период времени;  $\text{Р}$  – расходы, появляющиеся вследствие проявления отклонений при выполнении сменных производственных заданий;  $\tau$  – время.

Следует обратить внимание на неопределенность внешней среды предприятия, что вызывает динамичность портфеля заказов и неопределенность во времени их поступления. Критичным фактором для предприятия при заключении договоров с заказчиками является определение сроков их исполнения, которые зависят не только от регламента производства единицы продукции конкретного вида, но и от производственной мощности предприятия, а также ее текущей загруженности. Дополнительным фактором, влияющим на экономический эффект, являются потери, возникающие непосредственно при исполнении заказов

вследствие брака в производстве и выхода оборудования из строя вследствие поломок.

Для оперативного планирования производственной деятельности в задаче (1) применен показатель прямых переменных затрат (Зт). Этот показатель описывает текущую загруженность производственных мощностей путем сочетания издержек производства, выражаемых в натуральных единицах измерения и нормо-часах работы технологического оборудования с текущей стоимостью потребляемых ресурсов. Данный показатель может принимать значения в границах от нуля до выражения имеющейся на данный момент у предприятия в эксплуатации предельной производственной мощности. Причем стремится он к последней величине. Представляется эта величина при моделировании производственной мощности следующим образом:

$$Зт(\tau) = f(N(\tau), ПР, Т, ВТ(\tau), С(\tau), П(\tau)), \quad (2)$$

где  $N$  – вектор, описывающий количество изделий каждого вида выпускаемой продукции в портфеле заказов;  $ПР$  – вектор производственного регламента, описывающий последовательность технологических операций при изготовлении конкретного изделия;  $Т$  – вектор нормативных затрат времени на выполнение производственных операций;  $ВТ$  – вектор, описывающий суммарный фонд времени на работоспособных производственных позициях по отдельным группам технологических операций;  $С$  – вектор, описывающий текущую стоимостную оценку по отдельным группам технологических операций;  $П$  – вектор текущей приоритетности выполняемых операций, учитывающий степени готовности выполняемых внутренних заказов.

Поставленная задача оперативного управления производственной деятельностью разделяется на две взаимосвязанные задачи. Первая относится к теории расписаний и ответственна за формирование производственных заданий подразделениям и цехам на рабочую смену. Вторая относится к статистическому управлению процессами. Она основывается на идее раннего обнаружения несоответствий в производственной деятельности предприятия и внесения в нее корректирующих воздействий. В результате появляется возможность оперативного планирования выпуска продукции с учетом исполнения критичных по срокам реализации заказов клиентов и имеющихся доступных для эксплуатации производственных мощностей.

В многоассортиментном производстве производственная мощность задает Парето-оптимальное множество при решении постав-

ленной задачи с точки зрения одновременно выполняемых заказов. Неопределенность внешней среды требует рассматривать поступление заказов клиентов по номенклатуре продукции и ее количеству в каждом отдельном заказе величиной заранее неизвестной. Исходя из этого, максимизация экономического эффекта определяется качеством эксплуатации имеющихся производственных мощностей. С одной стороны, планирование загрузки производственной мощности обуславливает максимизацию прямых переменных затрат предприятия с точки зрения максимизации одновременно выполняемых заказов. Однако временное выбытие отдельных ее элементов делает данный показатель "плавающим" в границах имеющейся у предприятия на данный момент времени предельной производственной мощности и не позволяет при планировании исполнения заказов превысить текущие возможности. С другой стороны, проявляющийся в производстве брак или поломки оборудования требуют принудительной остановки отдельных звеньев производственной мощности предприятия на обслуживание или текущий ремонт, что учитывается предельным ограничением значения введенного показателя  $Зт(\tau)$ .

Отдельно следует обратить внимание на тот факт, что увеличение производственной мощности увеличивает налоговое бремя хозяйствующего субъекта за счет увеличения платежей по налогу на имущество организации, снижающее в конечном итоге получаемую предприятием прибыль.

Возможность эффективного планирования с экономией накладных затрат доказывается появившейся во второй половине XX века концепцией управления основной деятельностью на предприятиях с массовым типом производства Just-in-time (точно в срок, JIT) [2]. Ее основная идея состоит в такой организации производственных расписаний, при которых движение материалов, деталей, комплектующих по точкам обработки доставляет их в нужное место в нужный момент времени в требуемом количестве. Следствием внедрения этой идеи на предприятиях с массовым или крупносерийным производством является перевод управления на "принцип вытягивания", когда ни одна производственная операция не начинается без получения требования от последующей технологической операции, переход на производство деталей малыми партиями, а также переход к принудительным остановкам эксплуатации отдельных производственных единиц на обслуживание во избежание их случайного выхода из строя в процессе функционирования.

По мнению авторов, условия к которым переходят на предприятиях с массовым типом производства с внедрением системы ЛТ, изначально существуют на предприятиях со среднесерийным и малосерийным типом производства продукции. Наличие в заказах клиентов различных сочетаний из номенклатуры производимых изделий требует особое внимание уделять организации и оперативному управлению производственными процессами. Принцип изготовления деталей малыми партиями трансформируется в оптимизацию производственных процессов для изготовления общего количества однотипных деталей, исходя из минимизации времени переналадки оборудования. Помимо этого, динамичность внутренней среды хозяйствующего субъекта выражается в синхронизации оправданных остановок отдельных технологических единиц на обслуживание в моменты уменьшения нагрузки на соответствующие производственные участки. В этом случае становится возможным учесть факт снижения производственной мощности в планировании текущей производственной деятельности, сохраняя общую интенсивность нагрузки на производственные участки.

Задача статистического управления производственной деятельностью может использовать контрольные карты Шухарта для определения проявляющихся отклонений в производственной деятельности для планирования графиков проведения ремонтов технологического оборудования. При этом обе вышеназванные задачи способствуют выявлению "узких мест" в производстве для принятия решений инвестиционного характера.

Современные предприятия машиностроения и приборостроения стремятся к высокой степени информатизации и автоматизации. Исходя из этого, можно сделать вывод, что наибольший практический интерес для таких предприятий, активно включенных в осуществление инновационной деятельности, представляет задача снижения рисков за счет минимизации издержек при реализации инновационных проектов по созданию малых партий нового техно-

логического оборудования. Формирующийся шестой технологический уклад предполагает интенсивное развитие многих отраслей экономики за счет использования достижений нанотехнологий, что предполагает разработку машин и аппаратов на основе нового физического принципа действия. Особенно актуальным постоянное обновление основных производственных фондов становится для предприятий химической промышленности. Учитывая темп получения новых знаний в области нанотехнологий, используемых при разработке прогрессивных химических технологий, количество оборудования каждого наименования, заказываемого предприятиям машиностроительного кластера, будет невелико, но при этом разброс технических характеристик достаточно широк. Инновационный характер продукции, высокая неопределенность величины спроса, недостаточная проработанность технологии изготовления из-за необходимости сокращения интервала времени между появлением идеи и моментов выхода на рынок изделия приводит к тому, что компоненты указанной целевой функции можно часто определить только с некоторой долей вероятности. Оптимизация деятельности предприятия при выполнении инновационных заказов, отличающихся высокой степенью неопределенности по многим параметрам, позволит снизить текущие издержки, и тем самым уменьшить риск от данной деятельности.

На основе приведенной в работе целевой функции становится возможным минимизировать время ожидания деталей при переходе между технологическими позициями обработки, а также выявлять "узкие места" в производстве по группам технологического оборудования и планировать проведение обслуживаний и текущих ремонтов. Разработка математической модели с учетом изложенных принципов и оптимизация на её основе деятельности предприятий машиностроительного кластера позволит предприятиям региона эффективнее использовать имеющиеся у них производственные и трудовые ресурсы.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Воробьев И.Н., Брянцева Л.В., Нуждин Р.В. Системный подход к технологии сбалансированного менеджмента. Вестник ВГУИТ. 2012. № 4. С. 167-171.

2 Друри К. Управленческий и производственный учет. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. 1423 с.

## REFERENCES

1 Vorob'ev I.N., Briantseva L.V., Nuzhdin R.V. Systematic approach to balanced control technology management. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 4, pp. 167-171. (In Russ.).

2 Druri K. *Upravlencheskii i proizvodstvennyi uchet* [Management and cost accounting]. Moscow, IUNITI-DANA, 2010. 1423 p. (In Russ.).

УДК 637.5:334

Профессор А.И. Хорев, доцент Е.В. Горковенко,  
доцент И.В. Платонова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга. тел. (473) 255-37-82  
E-mail: gorek@mail.ru

Professor A.I. Khorev, associate Professor E.V. Gorkovenko,  
associate Professor I.V. Platonova

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of economic security and financial monitoring. phone (473) 255-37-82  
E-mail: gorek@mail.ru

## **Преобразование продуктовой структуры как инструмент повышения доходности перерабатывающих организаций**

## **Conversion product structure as tool to increase yield processing organizations**

Реферат. Проведенный авторами анализ результативности деятельности организаций, перерабатывающих сырье сельскохозяйственного происхождения, в частности, занимающихся мясопереработкой, выявил необходимость разработки инструментария повышения их доходности. В отличие от распространенных подходов к оценке доходности деятельности перерабатывающих организаций, учитывающих только интересы руководства организации и покупателей продукции, авторами предложена и реализована концепция, основанная на триедином балансе интересов участников бизнес-деятельности: собственников капитала, менеджмента организации и потребителей продукции. В качестве одного из инструментов повышения доходности перерабатывающих организаций предлагается преобразование их продуктовой структуры по результатам экономической оценки доходности каждой ассортиментной позиции. Российскими исследователями уровень дохода от реализации продукции традиционно оценивается по таким показателям как чистая прибыль, прибыль от продаж, маржинальный доход; а уровень доходности – по показателю рентабельности продаж. Недостатком использования данных показателей, по мнению авторов, является их необъективность в оценке эффективности вложений собственников бизнеса. В рамках данной работы был применен нетрадиционный и нераспространенный в российской практике показатель экономической добавленной стоимости (EVA), встроенный в систему показателей доходности ассортиментных позиций. В качестве индикаторов целесообразности производства той или иной ассортиментной единицы предложены и использованы два количественных показателя – уровень EVA на единицу продукции и доходность производства продукции (по EVA), а также один качественный параметр – уровень спроса. Разработанная по результатам оценки программа преобразования продуктовой структуры представлена в виде Матрицы управленческих возможностей, позволяющей достичь триединого баланса интересов основных участников бизнес-деятельности.

Summary. The authors' analysis of the performance of organizations, processing raw materials of agricultural origin, in particular, dealing with meat processing, identified the need to develop tools to increase their profitability. Unlike common approaches to assessing the profitability of the processing organizations, taking into account only the interests of the organization's leadership and buyers of products, the authors proposed and implemented a concept based on the interests of participants in the triune balance business activities: owners of capital, management organizations and consumers. As one of the tools for improving the yield of processing organizations are invited to transform their product mix of economic evaluations of profitability of each product line positions. Russian researchers income from product sales are traditionally measured by indicators such as net income, income from sales, profit margins and profitability level - in terms of return on sales. The disadvantage of using these indicators, according to the authors, is their lack of objectivity in the evaluation of the effectiveness of investment business owners. In this work was used unconventional and non-proliferation in the Russian practice, the rate of economic value added (EVA), a built - in system of profitability assortment positions. As indicators, the production of a particular product line units proposed and used two quantitative indicators - EVA level per unit of production and profitability of production (for EVA), as well as a quality parameter - the level of demand. Developed by the evaluation program transformation product structure represented as a matrix management capabilities, allowing to achieve a balance of interests of the triune main participants in business activity.

*Ключевые слова:* перерабатывающие организации, управление развитием, доходность бизнес-деятельности, экономическая добавленная стоимость, ассортиментная политика.

Keywords: processing organization, management development, profitability of business activities, economic value added, assortment policy.

© Хорев А.И., Горковенко Е.В., Платонова И.В., 2014

В ходе исследования бизнес-деятельности организаций, перерабатывающих сырье сельскохозяйственного происхождения (в частности, мясоперерабатывающих), мы пришли к выводу о наличии прямой зависимости между их перманентным развитием и повышением уровня эффективности их функционирования [1, 2, 3, 5, 8, 9]. Рассматривая организацию как систему [1, 2, 3], мы считаем, что процессы преобразований должны осуществляться во всех ее подсистемах, причем этими процессами необходимо управлять [10].

В качестве инструмента управления развитием перерабатывающих организаций, и, как следствие, их доходностью, нами предлагается преобразование продуктовой структуры, то есть реструктуризация ассортимента выпускаемой продукции [2, 3, 4, 6, 7].

Ассортимент продукции, выпускаемой мясоперерабатывающими организациями, как известно, довольно обширен и постоянно изменяется и обновляется. При этом ассортиментные соотношения должны отвечать следующим требованиям:

- удовлетворять потребности покупателей;
- соответствовать профилю и специализации организации;
- обеспечивать высокие финансово-экономические показатели деятельности, достаточные для поддержания устойчивых конкурентных преимуществ;
- учитывать интересы собственников организации.

Исходя из перечисленных требований, ассортиментная политика мясоперерабатывающей организации должна строиться на балансе интересов трех сторон: потребителя (спрос), производителя (доход) и собственника (окупаемость и доходность вложенных в бизнес средств). Именно поэтому возникает сложность в преобразовании продуктовой структуры выпускаемой продукции.

Рассмотрим ассортиментную политику и возможности ее преобразования с целью увеличения дохода на примере одного из мясокомбинатов Воронежской области. Комбинат относится к числу крупнейших в области многопрофильных мясоперерабатывающих предприятий производственной мощностью 100 тонн выработки мяса и 10 тонн колбасных изделий в смену. На комбинате освоен выпуск 80 видов вареных, 30 – полукопченых, более 15 – сырокопченых колбас, около 10 – варено-копченых, 120 наименований ветчинных и деликатесных изделий, более 10 видов сосисок и сарделек, 30 разнообразных мясных полуфабрикатов. Ассортимент ежедневно вырабатываемой продукции постоянно меняется в зависимости от запросов потребителей. На рисунке 1 представлена структура выпуска продукции комбината по товарным группам за последний год отчетного периода.

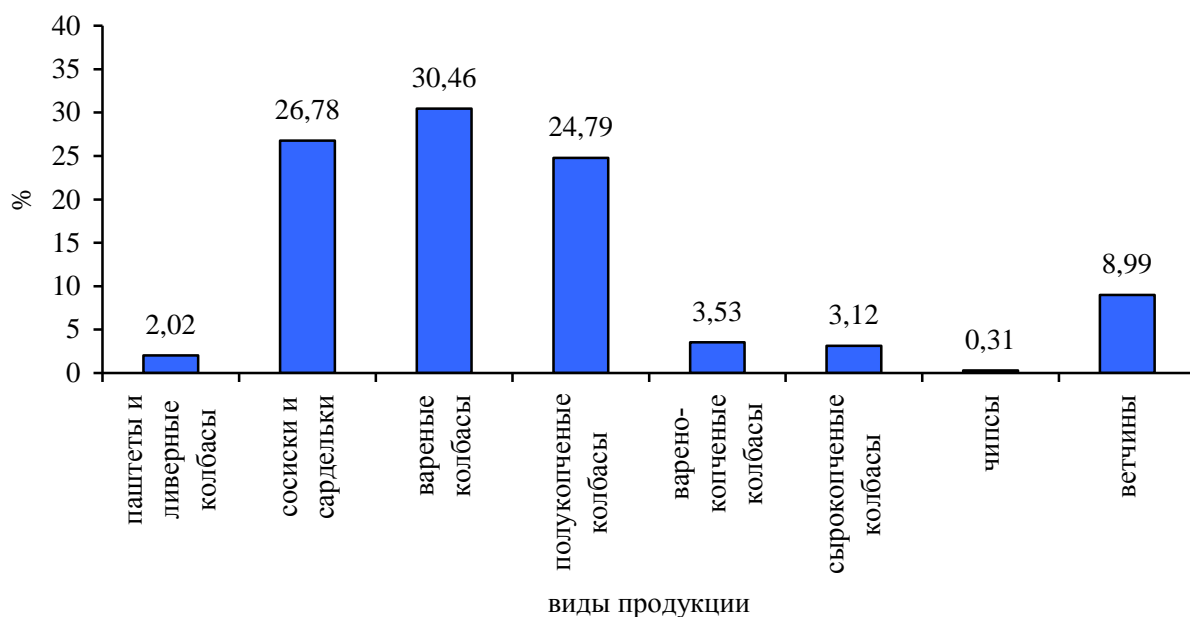


Рисунок 1. Доля выпуска продукции по товарным группам в общем объеме производства мясокомбината (2013 год)



Для целей первоначальной экономической оценки структуры производственной программы полипродуктовых организаций чаще всего используют прибыль от продаж продукции, а также показатели доходности (рентабельности) конкретного вида продукции (таблица 1). Но поскольку мы оцениваем доходность бизнес-деятельности не только с позиции менеджеров организации, но и с позиции ее собственников, то считаем целесообразным использование такого широко применяемого в международной практике показателя, как экономическая добавленная стоимость (economic value added) – EVA [2, 3].

Как видно из данных таблицы 1, доходность выпуска продукции по критерию «рентабельность

продаж» существенно отличается от доходности этих же видов продукции, рассчитанной по критерию «экономическая добавленная стоимость (EVA)», то есть не все товарные группы обеспечивают приемлемый для собственников организации уровень доходности.

Наибольший размах вариации доходности производства (по прибыли от продаж и EVA) имеют товарные группы «Сосиски и сардельки» и «Вареные колбасы» (рисунок 2), поэтому в качестве примера для целей преобразования продуктовой структуры мы выбрали именно эти виды продукции.

Таблица 1

Экономические показатели производства и реализации продукции мясоперерабатывающей организации в разрезе ассортимента (в среднем за отчетный период)

Наименование товарных групп	Прибыль от продаж, р./кг	Рентабельность продаж, %	Экономическая добавленная стоимость (EVA), р./кг
Вареные колбасы	36,89	27,15	12,02
Сосиски и сардельки	27,88	25,89	15,76
Варено-копченые колбасы	36,59	20,54	-5,02
Сырокопченые колбасы	63,14	24,17	-6,45
Полукопченые колбасы	32,24	23,68	-4,04
Паштеты и ливерные колбасы	35,18	50,61	-1,20
Чипсы	219,27	30,25	6,03
Ветчины	32,08	25,54	-3,49

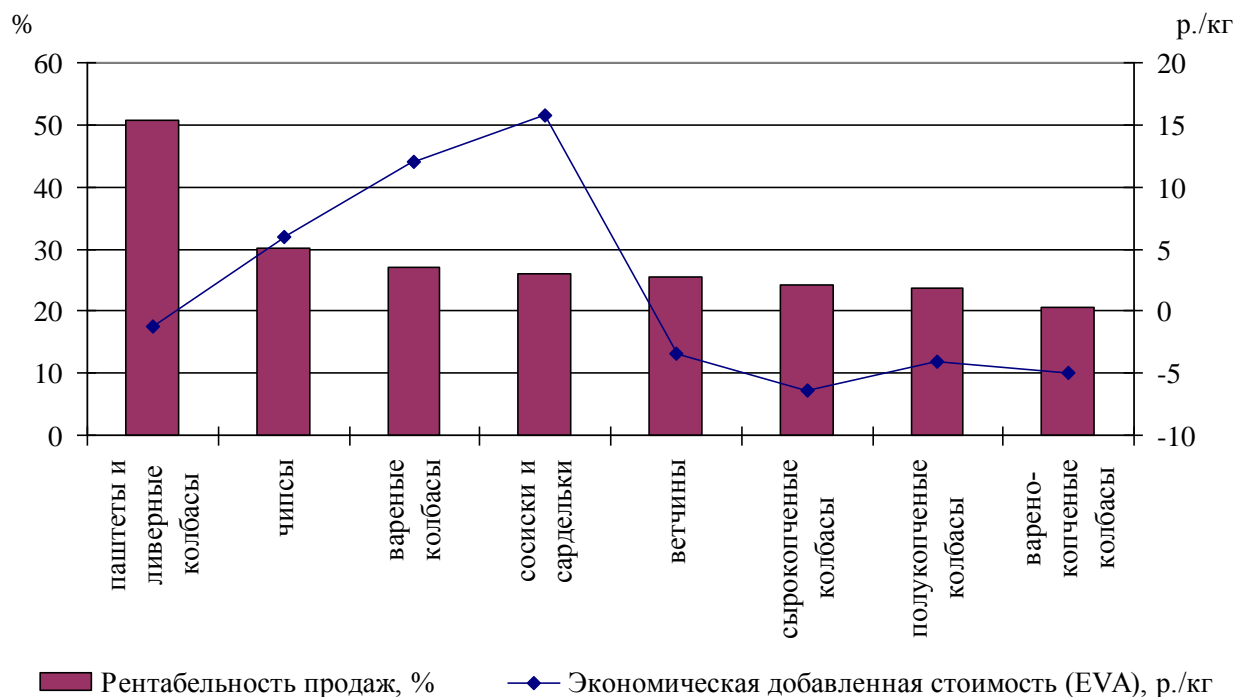


Рисунок 2. Сравнительная характеристика ранжированной рентабельности продаж и EVA на единицу продукции по товарным группам (в среднем за отчетный период)

Матрица управленческих возможностей преобразования ассортимента полипродуктовых перерабатывающих организаций

Вариант ситуации	Индикаторы целесообразности производства продукции i- той ассортиментной позиции			Управленческие решения по преобразованию продуктовой программы									
	Уровень EVA на единицу продукции, р./кг	Доходность производства продукции, %	Уровень спроса	Увеличение объема производства	Сокращение объема производства	Снятие с производства	Повышение цены реализации	Уменьшение цены реализации	Уменьшение заемного капитала	Увеличение собственного капитала	Повышение качества продукции	Сокращение переменных затрат	Сокращение постоянных расходов
1	Высокий	Высокий	Высокий										
2	Высокий	Высокий	Средний										
3	Высокий	Средний	Высокий										
4	Высокий	Средний	Средний										
5	Высокий	Высокий	Низкий										
6	Высокий	Низкий	Высокий										
7	Высокий	Низкий	Низкий										
8	Высокий	Средний	Низкий										
9	Высокий	Низкий	Средний										
10	Средний	Средний	Средний										
11	Средний	Высокий	Высокий										
12	Средний	Высокий	Средний										
13	Средний	Средний	Высокий										
14	Средний	Низкий	Низкий										
15	Средний	Средний	Средний										
16	Средний	Средний	Низкий										
17	Средний	Высокий	Низкий										
18	Средний	Низкий	Высокий										
19	Низкий	Низкий	Низкий										
20	Низкий	Высокий	Высокий										
21	Низкий	Высокий	Низкий										
22	Низкий	Низкий	Высокий										
23	Низкий	Низкий	Средний										
24	Низкий	Средний	Низкий										
25	Низкий	Средний	Средний										
26	Низкий	Высокий	Средний										
27	Низкий	Средний	Высокий										

Для цели преобразования продуктовой структуры мясокомбината в разрезе ассортимента нами разработана «Матрица управленческих возможностей преобразования ассортимента полипродуктовых перерабатывающих организаций» (таблица 2) [2, 3, 7]. В качестве основных индикаторов матрицы нами были выбраны два количественных показателя (уровень EVA на единицу продукции, доходность производства продукции) и один качественный параметр (уровень спроса).

Использование предложенной матрицы позволяет разработать рекомендации по оп-

тимизации ассортиментных позиций перерабатывающей полипродуктовой организации.

Таким образом, использование разработанной нами матрицы управленческих возможностей преобразования продуктовой структуры в качестве инструмента повышения доходности перерабатывающих организаций оправдывает себя, т.к. позволяет соблюсти баланс интересов потребителей, менеджеров и собственников капитала, обеспечивая тем самым защиту конкурентных преимуществ организации.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Полозова А.Н., Брянцева Л.В., Лохманова И.С. Сбалансированное управление организационным развитием: концепция, инструментарий. Воронеж: Научная книга, 2007. 143 с.
- 2 Дуванова Ю.Н., Матузов Д.Ю. Инструментарий управления экономическим потенциалом промышленного предприятия на основе социально-ориентированных инноваций // Экономика и предпринимательство. 2014. № 1-1 (42-1). С. 245-250.
- 3 Полозова А.Н., Горковенко Е.В. Инструментарий управления развитием перерабатывающих организаций. Воронеж: ЦНТИ, 2010. 291 с.
- 4 Горковенко Е.В., Платонова И.В. Реструктуризация ассортимента как инструмент управления развитием перерабатывающих организаций // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2013. № 3 (4). С. 83а-83б.
- 5 Платонова И.В. Формирование инновационного механизма предприятий промышленности (на примере пищевой промышленности Воронежской области): дис. ... канд. экон. наук: защищена 18.04.06: утв. 23.03.07. Воронеж: ВГТА, 2006. 196 с.
- 6 Платонова И.В., Горковенко Е.В. Необходимые условия инновационного развития промышленных предприятий // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. № 1-1. С. 174-177.
- 7 Полозова А.Н., Горковенко Е.В., Лохманова И.С. Формирование ассортимента на мясоперерабатывающем предприятии // Мясная индустрия. 2006. № 1. С. 40-42.
- 8 Платонова И.В., Горковенко Е.В. Мониторинг инновационной активности предприятий Воронежской области // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2013. № 3 (4). С. 96а-96б.
- 9 Платонова И.В., Горковенко Е.В., Чекудаев К.В. Формирование инновационного механизма в целях обеспечения экономической безопасности предприятия // Экономика и предпринимательство. 2014. № 1-3. С. 629-632.
- 10 Дмитриева Л.Н., Дуванова Ю.Н. Система управления экономической безопасностью предприятия: проблемы и перспективы развития // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2013. № 3 (4). С. 125-126.
- 11 Хорев А.И., Саликов Ю.А., Дмитриева Л.Н. Институциональный менеджмент промышленного предприятия и его инструментарий. Воронеж: ВГТА, 2009. 148 с.

REFERENCES

- 1 Polozova A.N., Briantseva L.V., Lokhmanova I.S. Sbalansirovannoe upravlenie organizatsionnym razvitiem: kontseptsyia, instrumentarii [Balanced management of organizational development: concept, tools]. Moscow, Nauchnaia kniga, 2007. 143 p. (In Russ.).
- 2 Duvanova Iu.N., Matuzov D.Iu. Management Instrumentation economic potential of industrial enterprise on the basis of socio-oriented innovation. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. [Economics and Entrepreneurship], 2014, no. 1-1 (42-1), pp. 245-250. (In Russ.).
- 3 Polozova A.N., Gorkovenko E.V. Instrumentarii upravleniia razvitiem pererabatyvayushchikh organizatsii [Management instrumentation development of processing organizations]. Voronezh, TSNTI, 2010. 291 p. (In Russ.).
- 4 Gorkovenko E.V., Platonova I.V. Restructuring range as a management tool development organizations processing. *Ekonomika. Innovatsii. Upravlenie kachestvom*. [Economy. Innovation. Quality management], 2013, no. 3 (4), pp. 83a-83b. (In Russ.).
- 5 Platonova I.V. Formirovanie innovatsionnogo mekhanizma predpriyatii promyshlennosti (na primere pishchevoy promyshlennosti Voronezhskoy oblasti). Diss. kand. ekon. nauk. [Formation mechanism innovation of industrial enterprises (for example the food industry Voronezh region). Cand. econ. sci. diss.]. Voronezh, 2006, p. (In Russ.).
- 6 Platonova I.V., Gorkovenko E.V. Prerequisities innovative development of industrial enterprises. *Aktual'nye problemi gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. [Actual problems of the humanities and natural sciences], 2014, no. 1-1, pp. 174-177. (In Russ.).
- 7 Polozova A.N., Gorkovenko E.V. Lokhmanova I.S. Formation range at a meat processing plant. *Miasnaia industriia*. [Meat Industry], 2006, no. 1, pp. 40-42. (In Russ.).
- 8 Platonova I.V., Gorkovenko E.V. Monitoring of innovation activity Voronezh region. *Ekonomika. Innovatsii. Upravlenie kachestvom*. [Economy. Innovation. Quality management], 2013, no. 3 (4), pp. 96a-96b. (In Russ.).
- 9 Platonova I.V., Gorkovenko E.V., Chekudayev K.V. Formation of an innovative mechanism to ensure economic security. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. [Economics and Entrepreneurship], 2014, no. 1-3, pp. 629-632. (In Russ.).
- 10 Dmitrieva L.N., Duvanova Iu.N. The control system of economic security: problems and prospects. *Ekonomika. Innovatsii. Upravlenie kachestvom*. [Economy. Innovation. Quality management], 2013, no. 3 (4), pp. 125-126. (In Russ.).
- 11 Khorev A.I., Salikov Iu.A., Dmitrieva I.L.N. Institutsional'nyy menedzhment promyshlennogo predpriyatia i ego instrumentarii [Institutional management of an industrial enterprise and its toolkit]. Voronezh, VGTA, 2009. 148 p. (In Russ.).

УДК 658.061.5

Доцент Е.С. Попова, доцент В.А. Исайчев

(ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, г. Воронеж») кафедра управления повседневной деятельностью подразделений  
E-mail: evg83@inbox.ru

Associate Professor E.S. Popova, associate Professor V.A. Isaichev

(MRTC AF "Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovskii and Yu.A. Gagarin, Voronezh) Department of the daily operations of the departments  
E-mail: evg83@inbox.ru

## Методика диагностики производственного потенциала организации

## The technique of diagnostics of the production capacity of the organization

Реферат. В статье обусловлена необходимость проведения диагностики производственного потенциала организации. Сформированы методические основы оценки производственного потенциала организации. Исследование производственного потенциала позволит организации своевременно реагировать на текущие изменения. Приведена классификация видов диагностики производственного потенциала организации по следующим признакам: по периодичности, по целям, по содержанию, по назначению результатов. В статье рассматривается экономическая и организационная диагностика производственного потенциала организации. Экономическая диагностика базируется на расчете показателей использования ресурсов организации. Организационная диагностика проводит оценку обеспечения деятельности организации. Диагностика производственного потенциала составляет основу совершенствования деятельности организации. Определены задачи диагностики производственного потенциала организации. Обосновано выделение этапов проведения исследования производственного потенциала. Первый этап заключается в проведении предварительной диагностики. Второй этап предусматривает проведение экспресс-диагностики производственного потенциала. На третьем этапе целесообразно провести проблемную диагностику. Проблемная диагностика состоит из экономической и организационной диагностики. Экономическая диагностика оценивает состояние элементов производственного потенциала организации. Организационная диагностика проводит анализ обеспечения производственного потенциала. Четвертый этап представлен решением проблем использования производственного потенциала. Каждый этап рассмотрен, имеет свое содержание и определенные методы диагностики производственного потенциала. Данная методика позволяет определить состояние элементов, эффективность использования производственного потенциала. Оценка величины производственного потенциала проводится на основе применения теории полезности. Данная оценка предусматривает определение критериев и шкалы полезности. Это позволит измерить производственный потенциал численно. В итоге происходит выявление существенных проблем использования производственного потенциала организации.

Summary. In the article due to the need for diagnostics of the production capacity of the organization. Formed methodological framework for evaluating the production potential of the organization. Research capacity will also enable the organization to timely respond to current changes. A classification of types of diagnostics of the production capacity of the organization according to the following criteria: timing, goals, content, purpose results. The article discusses the economic and organizational diagnosis of the production capacity of the organization. Economic diagnosis is based on the calculation of indicators of use of resources of the organization. Organizational diagnosis assesses the security of the organization's activities. Diagnosis productive capacity is the basis for improvement of the organization's activities. Defined diagnostics of the production capacity of the organization. Justified the selection stages of the research production potential. The first stage is the preliminary diagnosis. The second stage provides for the rapid diagnosis of production potential. At the third stage it is advisable to perform problem diagnosis. Problem diagnosis consists of economic and organizational diagnosis. Economic diagnosis assesses the state of the elements of the production potential of the organization. Organizational diagnostics analyses provide productive capacity. The fourth stage is represented by the solution of the problems of utilization of production capacity. Each stage is considered, has its content and specific diagnostic methods of production potential. This method allows determining the state of the elements, the efficiency of utilization of production capacity. The estimation of the production potential is based on the application of utility theory. This assessment provides a definition of the criteria and the scale of usefulness. This will allow you to measure the production potential numerically. In the end, it is revealed significant problems in the use of the production potential of the organization.

*Ключевые слова:* диагностика, производственный потенциал, организация.

*Keywords:* Diagnostics, production capacity, organization.

---

© Попова Е.С., Исайчев В.А., 2014

Для определения базовых направлений развития организации необходимо руководствоваться приоритетами, обусловленными поиском путей преодоления выявленных проблем и максимального использования преимуществ. Как показывает опыт промышленно-развитых стран, организации, поддерживающие высокий уровень производственного потенциала, являются наиболее устойчивыми в условиях нестабильной внешней среды за счет получения своевременной информации о состоянии производственной системы и оперативного реагирования на текущие изменения.

В современных условиях одним из наиболее эффективных инструментов решения поставленных задач является диагностика производственного потенциала. Использование результатов диагностики позволит организации оказывать влияние не только на конечные результаты его деятельности, но и на пределы экономического роста и структурного развития всей организации.

В условиях инновационной экономики изменилась и направленность экономического анализа как функция управления производством, что обусловлено следующими обстоятельствами:

- увеличением расчётных показателей, постоянным изменением методик расчёта определённых показателей, что затрудняет проведение сравнений, формирование стабильной нормативной базы для качественного анализа деятельности организации;

- расширением возможностей руководителей предприятия по управлению производством, а, следовательно, и потребностей в аналитической информации, необходимой для принятия решений;

- изменением экономического механизма и, как следствие, задач управления и требуемой информации.

Постоянное изменение методологии расчёта многих показателей предполагает разработку аналитических процедур, позволяющих изучить экономическую динамику на уровне организации с точки зрения обоснования рациональных управленческих решений. Поэтому наряду с анализом и изучением влияния отдельных факторов необходимо использование диагностики производственного потенциала предприятия.

Существующая практика и научные достижения в области диагностики производственного потенциала отличаются, на наш

взгляд, их узко направленностью. В подавляющем большинстве авторы ограничиваются определением значимости улучшения использования производственного потенциала. В большей степени преобладают подходы, основанные на сопоставлении фактического использования производственного потенциала и предполагаемой мощности предприятия. Оценки строятся на основе характеристик объёма, показывающих количество производимой продукции на единицу используемых ресурсов. Такой подход позволяет строить и осуществлять оперативное управление производственным потенциалом. Разрабатывать же программы стратегического управления на базе подобной информации сложно. Поэтому авторы считают, что методика диагностики производственного потенциала должна включать в себя различные виды диагностики.

В соответствии с задачами диагностики можно привести классификацию различных видов диагностики по различным признакам применительно к организации.

Выделяют следующие классификационные группы:

1) По периодичности:

- единовременная;
- периодическая.

2) По целям:

- экономическая;
- организационная.

3) По содержанию:

- комплексная;
- тематическая.

4) По назначению результатов:

- диагностика функционирования;
- диагностика последствий.

В большинстве своём, учёные рассматривают несколько видов диагностики, среди которых финансовая, экономическая, организационная диагностика. Экономическая диагностика базируется на использовании системы показателей, характеризующих использование ресурсов предприятия. Данный вид диагностики позволяет выявить наиболее весомые и быстрорастущие статьи и определить возможность их сокращения без ущерба для производства, осуществить расчет точки безубыточности по отдельным подразделениям и упорядочить операционную деятельность организации.

Организационная диагностика может содержать в себе следующие направления:

- оценка существующей системы управления: наличие стратегической цели, системы ценностных ориентаций, наличие центров ответственности - центров прибыли, инвестиций, затрат, доходов. На практике довольно типичным является случай, когда организация проводила разукрупнение и выделяла отдельные подразделения. При выделении часто не учитывались налоги, базой для начисления которых служат обороты по реализации, причем бывшее прибыльным структурное подразделение становилось убыточным. Это было вызвано тем, что внутрихозяйственный оборот стал выступать в качестве налогооблагаемой базы и возникла острая потребность в оборотных средствах для расчетов за поставки между единицами. Выделение выгодно в случаях стратегической заинтересованности инвестора в доходном подразделении (ожидание инвестиций) либо когда по роду своей деятельности подразделения фактически не зависят от других;

- оценка системы подчиненности, наличие систем планирования, учета, анализа, контроля, мотивации труда (заработная плата, обучение, социальные гарантии);

- построение и оценка эффективности схемы взаимодействия между отдельными структурными подразделениями (существующая схема информационных потоков, организация внутрифирменного документооборота, четкое понимание и быстрота выполнения поставленных задач). После проведения работ по данному блоку, как правило, составляется перечень рекомендаций, способствующих оптимизации существующей деятельности. При этом может быть рекомендована разработка положений о структурных подразделениях.

В свою очередь, экономическая диагностика составляет основу совершенствования деятельности предприятия и его профилактики. Экономическую диагностику организации можно характеризовать как комплексный анализ и оценку экономических показателей работы предприятия на основе изучения отдельных результатов деятельности по имеющейся информации и расчётам с целью определения проблем его развития и вероятности наступления кризиса, оперативного устранения недостатков, нормализации деятельности предприятия, определения и обоснования перспективных планов его развития.

Для выполнения работ по систематическому проведению экономической диагности-

ки необходим инструментарий, нормативный и расчётный аппарат. Они могут включать комплексный анализ, выводы и предложения, исходя из данных статистического, бухгалтерского учёта и количественных показателей. В условиях современной конкуренции сохранить «здоровье организации» чрезвычайно нелегко. Если предприятие постоянно не следит за основными показателями, то очень скоро выяснится, что результаты стали существенно хуже, чем в прошлом периоде.

Диагностика производственного потенциала позволяет решить следующий комплекс аналитических задач:

- оценить состояние производственного потенциала предприятия;
- провести анализ использования составляющих производственного потенциала;
- оценить величину производственного потенциала предприятия;
- выявить наиболее существенные проблемы использования производственного потенциала;
- сформулировать диагноз.

В целях разработки методики диагностики выбраны наиболее важные направления диагностики производственного потенциала организации. Экономическая диагностика производственного потенциала направлена на оценку состояния и эффективности использования производственного потенциала, а организационная имеет своей целью исследование процесса обеспечения производственного потенциала организации.

Рассмотрим каждый из этапов диагностики производственного потенциала более подробно.

Предварительная диагностика производственного потенциала призвана охарактеризовать исследуемый объект, установить принадлежность объекта к определённому классу и разработать цели диагностики производственного потенциала предприятия. На данном этапе необходимо определить тип исследуемого предприятия, тип производства, особенности производственного процесса и выявить основные технико-экономические характеристики деятельности предприятия. Это позволит сформулировать цели диагностики производственного потенциала предприятия в разрезе его составляющих.

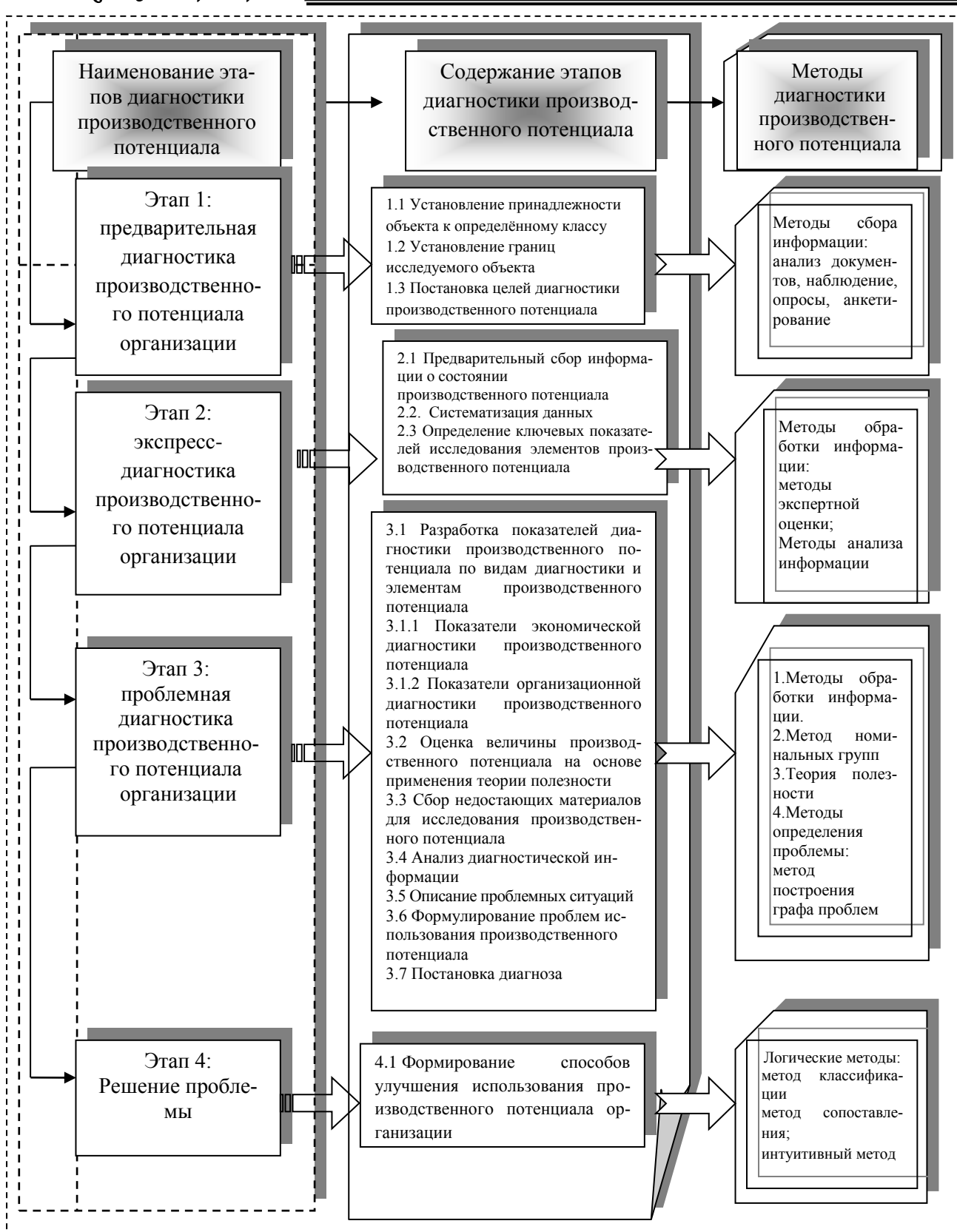


Рисунок 1. Содержание диагностики производственного потенциала организации

Экспресс-диагностика производственного потенциала отражает «мгновенный взгляд» на состояние производственного потенциала и проводится с помощью расчёта ключевых,

наиболее информативных показателей, дающих наиболее точную картину текущего состояния производственного потенциала. Учитывая структуру производственного потенциа-

ла, целесообразно выделить по одному ключевому показателю, характеризующему элемент производственного потенциала организации. В технической составляющей целесообразно выделить коэффициент износа основных фондов. В материальной составляющей следует выделить коэффициент обеспеченности материальными ресурсами, рассчитанный по фактическим данным, поскольку условием бесперебойной работы предприятия является полная обеспеченность материальными и ресурсами. В кадровой составляющей необходимо рассчитывать среднегодовую выработку одним работающим, потому что именно этот показатель является обобщающим показателем производительности труда.

Проблемная диагностика производственного потенциала предприятия предполагает разработку показателей диагностики по её видам диагностики и с учётом элементов производственного потенциала. В настоящее время большинство крупных предприятий в России не занимаются проблемой оценки производственного потенциала, следствием чего является отсутствие определенных методик и показателей, на основе которых можно проводить анализ. Основываясь на исследованиях авторов, занимающихся рассматриваемой проблемой, можно сделать вывод, что основой для проведения диагно-

стики производственного потенциала служит анализ производственного состояния предприятия, причем показатели, рассматриваемые в данном анализе, могут быть различны в зависимости от особенностей рассматриваемого предприятия и экономического состояния региона, в котором оно функционирует.

На основании разработанного методического подхода к диагностике производственного потенциала предприятие имеет возможность выявлять «узкие» места в отдельных сферах своей производственно-хозяйственной деятельности, которые в значительной степени влияют на постановку диагноза и формирование классификации проблем использования производственного потенциала предприятия. Необходимо отметить, что предлагаемый методический подход должен постоянно подвергаться доработке, которая способствует наиболее точной характеристики ситуации, сложившейся в рамках организации и за их пределами. Используя методы моделирования результатов каждого показателя в рамках определенного критерия, руководство может рассматривать возможную величину конечного показателя, тем самым, выявляя проблемы, влияющие на эффективность деятельности организации в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Воронкова А.Э., Пономарёв В.Н., Дибнис Г.И. Поддержка конкурентоспособного потенциала предприятия. К.: Техника, 2010. 152 с.

2 Крепкий Л.М. Экономическая диагностика предприятия. Методология, методика, организация, диагнозы, пути совершенствования. М.: ЗАО «Издательство «Экономика»», 2006. 215 с.

## REFERENCES

1 Voronkova A.E., Ponomarev V.N., Dibnis G.I. Podderzhka konkurentosposobnogo potentsiala predpriiatiia [Support competitive potential of the company]. Kiev, Tekhnika, 2010. 152 p. (In Russ.).

2 Krepkii L.M. Ekonomisheskaia diagnostika predpriiati. Metodologiya, metodika, organizatsiya, diagnozy, puti sovershenstvovaniia [Economic diagnostics of the enterprise. Methodology, methods, organization, diagnosis, improvement]. Moscow, ZAO "Izdatel'stvo "Ekonomika", 2006. 215 p. (In Russ.).



УДК 336.7

Аспирант М.С. Люфт, профессор И.В. Пещанская

(Москва, Рос. гос. ун-т. им. Г.В. Плеханова) кафедра страхования. тел. 8(904)686-39-31

E-mail: mixluft@mail.ru

Graduate M.S. Liuft, professor I.V. Peshchanskaia

(Moscow, Plekhanov Russian University of Economics) Insurance department. phone 8(904)686-39-31

E-mail: mixluft@mail.ru

## **Риск-менеджмент банка в части работы с риском недобросовестного поведения: современный этап**

### **Bank's risk management regarding risk of misconduct at the present stage**

Реферат. В статье дается характеристика такому виду операционного банковского риска как риск оппортунистического (недобросовестного) поведения со стороны заемщиков и сотрудников банка. Дается характеристика современного состояния риск-менеджмента банка, в части работы с риском недобросовестного поведения. Дается описание каждого рискообразующего фактора данного вида риска, в том числе степени обобщения угроз (риск недобросовестного поведения отнесен к составным рискам), его механизму, объектам потенциальной опасности (к ним отнесены денежные средства, ценные бумаги, банковская информация, в том числе и о методах оценки кредитоспособности, имущество банка и потенциальная банковская прибыль), лицам, причастным к риску и его последствиям. Особое значение уделено участию персонала банка и финансовых посредников - кредитных брокеров в реализацию фактов недобросовестного поведения, т.к. в соответствии с данными статистики, именно присутствие данных сторон риска наносит максимальный ущерб. На основе нормативной документации Базельского комитета по банковскому надзору дана классификация типов событий, повлекших убыток, относящихся к недобросовестному поведению и примеры проявления фактов недобросовестного поведения. Автор дает понятие недобросовестного клиента кредитной организации. Приведены данные максимального ущерба, полученного в результате реализации факта недобросовестного поведения с участием сотрудников банка. Автор формирует итоговое определение риска оппортунистического поведения, основанное на рассмотренных характеристиках и рекомендации по работе с риском в части внесения изменений в нормативные акты: Уголовный кодекс Российской Федерации (далее УК РФ) и Положения Банка России № 254-П.

Summary. The article describes such operational banking risk as the risk of opportunistic (unfair) behavior on borrowers' and bank staff's part. It describes current situation of bank's risk management as regards to dealing with unfair behavior. Also it describes every risk-forming factor of this type of risk, including a degree of threat generalization (the risk of misconduct is put into multiple risks), its mechanism, objects of potential threat (monetary funds, capital issues, bank information, including credit assessment methods, bank property and potential bank profit), individuals who are involved in the risk and consequences. The particular attention is paid to a participation of a bank staff and financial agents - loan brokers in the implementation of misconduct facts, as on statistical data the presence of these sides of the risk precisely causes maximum harm. Classification of the events' types that entailed losses, related to the unfair behavior and examples of manifestations of unfair behavior are given in the article on basis of regulatory documentation of The Committee on Banking Supervision of the Bank for international Settlements. The author gives the concept of unfair client of lending agency. The article presents the data of maximum loss received as the result of implementation of the unfair behavior's fact involving bank staff. The most obvious examples demonstrating the facts of misconduct are given in the article. The author forms the final definition of the opportunistic behavior risk, based on considered characteristics and guidelines for work with risk regarding alteration in legal texts: The Criminal Code of the Russian Federation (hereinafter referred to as CC RF) and the regulations of The Bank of Russia № 254-P.

*Ключевые слова:* недобросовестное поведение заемщика, недобросовестное поведение персонала банка, кредитный риск, операционный риск, банковские риски, классификация рисков.

*Keywords:* unfair behavior of borrower, misconduct of bank staff, credit risk, operational risk, bank risk, risk classification.

В настоящее время в кредитной практике все больше встречаются сделки, связанные с выдачей ссуд или заключения других акцессорных обязательств (поручительство, гарантия, залог), в которых преследуются цели прямого невозврата денежных средств под прикрытием кредитования хозяйственной деятельности в рамках кредитования субъектов малого предпринимательства [2]. Поэтому, в банковской

практике особое место занимают риски невыполнения обязательств заемщика перед банком в связи с финансовым положением (кредитоспособностью) или индивидуальных интересов заемщика. Данные риски могут являться причиной возникновения фактов оппортунистического (недобросовестного) поведения.

Под риском оппортунистического поведения в банковской деятельности понимается риск возникновения у банка убытков вследствие недобросовестного поведения клиента, сотрудников банка или третьих лиц при осуществлении какой-либо банковской операции или сделки. Сегодня рискам оппортунистического поведения не уделяется достаточного внимания, состояние работы с риском недобросовестного поведения отражено в таблице 1. Более того, относительно рисков оппортунистического поведения отсутствует какая-либо научная классификация, источники, процесс реализации и последствия рисков не изучены, в результате чего отсутствуют методики и рекомендации по работе с данным видом риска в банковской практике.

Т а б л и ц а 1

Современное состояние риск-менеджмента банка в части работы с риском недобросовестного поведения

Стадии риск-менеджмента	Содержание этапа риск-менеджмента	Работа с риском недобросовестного поведения современный этап
Идентификация риска	Определение подверженности к реализации риска	Идентифицируется сотрудниками банка самостоятельно, отсутствует система идентификации риска
Описание риска	Подробное описание выявленных рисков	Риск недобросовестного поведения не изучен и не проанализирован.
Измерение риска	Измерение размеров и последствий реализации риска	В современной банковской практике отсутствует методика измерения риска
Мероприятия по управлению риском	Выбор методов изменения степени риска	Отказ от работы с заемщиком при выявлении риска.

Для классификации риска недобросовестного поведения используем классификацию, предложенную В.А. Гамза, которая включает в себя следующие характеристики:

- степень обобщения угроз;
- объект потенциальной опасности;
- способ или механизм реализации риска;
- лица, причастные к реализации угроз;
- субъективное отношение лица к реализуемой угрозе;
- по следствия реализации угрозы [3].

В своей работе для характеристики рисков оппортунистического поведения мы будем использовать данную классификацию. Для характеристики риска оппортунистического поведения, с точки зрения степени обобщения угроз, дадим определения видам рисков:

- элементарные риски - это риски, не включающие в свою структуру прочие виды рисков;
- составные риски включают в свою структуру прочие виды рисков;
- совокупные риски - это вид рисков, которые объединяют в себе элементарные и составные риски или риски способные нанести ущерб одному элементу или группе элементов.

Риски недобросовестного поведения относятся к совокупным рискам. Данное мнение объясняется тем, что факты оппортунизма могут быть осуществлены отдельно (например, факт «двойного залога»), влиять только на один элемент (потеря залогового обеспечения) и нести один вид риска (залоговый риск), либо быть совокупностью фактов (например, факт «двойного залога» в совокупности с фактом умышленного невозврата в рамках одной кредитной сделки) и нести несколько видов риска (залогового риска и риска невозврата).

Объектом потенциальной опасности называется объект, на структурные элементы которого, совокупность их составляющих или на сам объект распространяется воздействие риска. В случае риска недобросовестного поведения объектом потенциальной опасности являются:

- денежные средства (в натуральном и электронном виде) и приравненные к ним эквиваленты;
- ценные бумаги;
- информация;
- имущество банка;
- потенциальная банковская прибыль.

Объектом опасности риска недобросовестного поведения являются практически все элементы банковской системы.

Кредитные риски могут возникнуть на любом этапе процесса кредитной сделки и заложены в каждом этапе: в банковских продуктах, условиях кредитования, предъявляемых требованиях и стоп-факторах, методике проверки потенциальных заемщиков [4]. Зона вероятности возникновения фактов оппортунистического поведения является неограниченной. Это значит, что риски оппортунистического поведения являются более широкой категорией, нежели ранее выделенные риски. Механизм реализации риска недобросовестного по-

ведения возможен изначально и вытекает из обстоятельств, уже описанных в предыдущей параграфе: несовпадение интересов контрагентов, асимметрия информации, преднамеренность действий. Факты реализации риска зависят уже от отдельных или совокупных действий участников кредитного оппортунизма.

Одним из основных условий, способствующих возникновению риска недобросовестного поведения в рамках кредитования субъектов малого предпринимательства, является участие персонала банка. Возникновение банковских рисков недобросовестного поведения может исходить как от потенциальных клиентов, так и от сотрудников банка. В данном случае со стороны банка источниками возникновения рисков недобросовестного поведения могут быть: сотрудники, имеющие доступ к материальным ценностям, информационным ресурсам, базам данных составляющих коммерческую или банковскую тайну; сотрудники, принимающие непосредственное решение о возможности кредитования.

Базельский комитет по банковскому надзору в своей классификации операционных рисков стал уделять повышенное внимание рискам недобросовестного поведения со стороны персонала банка. В подробной классификации видов событий, повлекших убыток, особое место уделяется внутреннему и внешнему мошенничеству, а также оппортунизму не имеющего прямого отношения к мошенничеству (таблица 2).

Факты оппортунистического поведения, возникшие при содействии сотрудников банка, являются самыми опасными по своим последствиям. По данным статистики, максимальная сумма причиненного ущерба по одному уголовному делу, расследующему факт недобросовестного поведения с участием сотрудников банка составил 2,69 млрд. рублей, при этом максимальный урон без участия сотрудников банка составил 468 млн. рублей.

К. Тихонков выделяет четыре группы факторов, влияющих на появление проблемных кредитов в банке [6]:

1. организация и контроль предоставленных ссуд;
2. факторы персонала;
3. технологические факторы;
4. социально-политические.

Т а б л и ц а 2  
Классификация типа событий, повлекших  
убыток, относящихся к недобросовестному  
поведению

Категории типа событий (1-й уровень)	Категории типа событий (2-й уровень)	Примеры видов деятельности (3-й уровень)
Внутреннее мошенничество	Неразрешенная деятельность	Неправильная оценка позиции (намеренно)
	Воровство и мошенничество	Мошенничество, кредитное мошенничество, депозиты без стоимости
Клиенты, продукты и деловая практика	Приемлемость, раскрытие, фидуциарные отношения	Нарушения фидуциарных отношений / нарушения инструкций
		Проблемы раскрытия информации (знай своего клиента)
		Нарушение требований раскрытия информации (конфиденциальной личной информации)
		Искусственное завышение комиссионных
		Злоупотребление конфиденциальной информацией
	Выбор, спонсорство и риски	Невыполнение требований изучения клиента
		Превышение лимитов риска на одного клиента

То есть в появлении и наличии проблемных кредитов и наличии фактов недобросовестного поведения данный автор винит только банк и ситуацию в экономике, при этом вне зависимости от позиции и поведения самого заемщика [7].

Другой стороной причастности к риску являются непосредственные клиенты банка. Недобросовестным клиентом кредитной организации считается субъект экономической деятельности, совершивший в отношении кредитной организации действия прямо или косвенно направленные на причинение ущерба либо деловой репутации [9]. Вероятность осуществления риска и величина его последствий также зависят от сложности организации лиц (группировок, компаний), совершающих недобросовестное действие.

Также лицами причастным к реализации угроз могут быть третьи лица. В настоящее время это финансовые посредники - кредитные брокеры. Испорченное понимание кредитного брокера в России как лица, способствующего получению кредита любыми средствами (в том числе и путем недобросовестных действий), а не профессионального финансового консультанта, привело к тому, что на сегодняшний день, при выявлении факта присутствия кредитного брокера при работе с кредитной заявкой на кредитование малого бизнеса и подтверждении данного факта, банки, оценивая риск, отказываются от сделки, данный фактор является «стоп-фактом». При выявлении фактов взаимодействия сотрудников банка с кредитными брокерами, данные случаи жестко пресекаются вплоть до увольнения сотрудников.

Оценивая субъективность отношения лица к реализуемым рискам в части совершения ошибок или небрежности, стоит рассмотреть понятие проблемы ложного выбора. В условиях асимметрии информации банку, в лице его сотрудников, достаточно сложно сделать правильное решение о возможности кредитования. Парадоксальным является обстоятельство, что менее добросовестные и платежеспособные заемщики в большей степени стремятся получить кредит, нежели финансовоустойчивые, что делает вероятность допущения ошибки максимальной. И следует ли в данном случае относить неумышленную ошибку сотрудника (например, в части определения стоимости залога или оценки финансового состояния) к факту недобросовестного поведения? С точки зрения заемщика, вероятность ошибки, в результате которой совершается нарушение договорных условий или реализуются факты оппортунистического поведения, также имеет место быть. Например, в случае использования денежных средств, предоставленных на пополнение оборотных средств, на инвестиционные цели, в результате чего имеет место быть нецелевое использование денежных средств и вероятность нарушения денежных потоков внутри фирмы.

Неотъемлемым признаком оппортунистического, недобросовестного поведения заемщиков является преднамеренность и осознанность действий, что уже относится к правовой сфере. Осознанное нанесение материального ущерба банку со стороны недобросовестного заемщика с юридической точки зрения можно определить как мошенничество, то

есть хищение чужого имущества или приобретение права на чужое имущество путем обмана или злоупотребления доверием [8].

Последствия реализации рисков оппортунистического поведения по масштабности оценить достаточно сложно, так как данные последствия целиком зависят от величины, сложности и преследуемых целей при совершении данных действий. Систематизированная классификация рисков представлена в таблице 3.

Таблица 3

Характеристика риска оппортунистического поведения по ступени реализации угроз, объекту опасности и причастия к реализации угроз.

Характеристика классификации	Риск недобросовестного поведения	
	Элементарные риски	нет
По степени обобщения угроз	Составные риски	нет
	Совокупные риски	да
	Ценные бумаги	да
Объект потенциальной опасности	Информация	да
	Имущество банка	да
	Банковская прибыль	да
	Персонал банка	да
Лица причастные к реализации угроз	Клиент	да
	Третьи лица	да

В результате исследования данной характеристики банковских рисков, мы пришли к мнению о том, что банковский риск оппортунистического поведения – это совокупность всех видов банковских рисков, объединённых путем преднамеренных действий лиц, заинтересованных в получении выгод, с одновременным нанесением убытка банку, конечной целью которых является невозврат денежных средств и/или невыполнения условий, установленных в договоре (кредитного, залога и т.д.). Работа с рисками оппортунистического поведения требует качественного, всестороннего анализа со стороны законодательных органов страны в части совершенствования нормативной базы с учетом следующих рекомендаций:

1. Ввести обязательное лицензирование деятельности кредитных брокеров, основанной на частичной ответственности брокера за выполнение условий кредитного договора клиентом при кредитовании, в частности субъектов малого предпринимательства.

2. Дополнить Статью 159 УК РФ «Мошенничество» частью о мошенничестве в сфере кредитования юридическим лицом и/или индивидуальным предпринимателем.

3. Предусмотреть в данной статье ответственность третьих лиц кредитной сделки, в частности, кредитных брокеров и оценочных компаний.

4. Отнести мошенничество персонала банка к мошенничеству по предварительному сговору.

5. Расширить Статью 159.1 УК РФ на виды и зоны кредитного мошенничества и разработать меры и объем наказания по каждому виду.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка. М.: Советская Энциклопедия, 1970. 672 с.

2 Стоянова Е.С. Финансовый менеджмент: учебник. М.: Перспектива, 1989. 187 с.

3 Зинковский М.А. Аферы с безналичными деньгами – причина невозврата проблемных кредитов // Юридическая работа в кредитной организации. 2012. № 3(33). С. 31 - 39.

4 Гамза В.А. Методологические основы системной классификации банковских рисков // Банковское дело. 2001. № 6. С. 25–29; № 7. С. 11–15.

5 Базельский комитет по банковскому надзору: Международная конвергенция измерения капитала и стандартов капитала: Уточненные рамочные подходы, июнь 2004 // Банк международных расчетов. 2004. С. 250–253.

6 Тихонков К.С. Концептуальные аспекты управления проблемной задолженностью в кризисной ситуации // Вестник Института экономики РАН. 2010. № 1.

7 Тарташев В.А. Снижение издержек на предупреждение и взыскание проблемной задолженности // Банковский ритейл. 2011. №3. С. 38 - 49.

8 Быков И.А. Правовые средства противодействия недобросовестным клиентам кредитных организаций // Банковское право. 2011. № 6. С. 61 - 66.

9 Уголовный кодекс РФ от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. № 25. Ст. 159.

6. Дополнить статью 159.1 УК РФ понятием кредитного мошенника.

7. Усовершенствовать Положения Банка России № 254-П в части требования о переносе прав лиц о принятии решения по кредитной сделке строго в головной офис банка или филиал с обособленным подразделением анализа рисков.

#### REFERENCES

1 Ozhegov S.I. Tolkovyj slovar' russkogo iazyka [The Explanatory dictionary of the Russian language]. Moscow, Sovetskaia entsiklopediia, 1970. 672 p. (In Russ.).

2 Stoianova E.S. Finansovyi menedzhment [Financial Management]. Moscow, Perspektiva, 1989. 187 p. (In Russ.).

3 Zinkovskii M.A. Shady transactions with written order on account – the reason of default NPLs. *Iuridicheskaja rabota v kreditnoj organizatsii*. [Legal work in lending agency], 2012, no. 3(33), pp. 31-39. (In Russ.).

4 Gamza V.A. Methodological fundamentals systematic classification of bank risks. *Bankovskoe delo*. [Banking], 2001, no. 6, pp. 25–29. (In Russ.).

5 The Basel Committee on Banking Supervision: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: Revised framework approaches, June 2004. *Bank mezhdunarodnykh raschetov*. [The Bank for international settlements], 2004, pp. 250-253. (In Russ.).

6 Tikhonkov K.S. Conceptual aspects of troubled debt management in a crisis situation. *Vestnik Instituta ekonomiki RAN*. [The Bulletin of the Institute of Economics RAS], 2010, no 1. (In Russ.).

7 Tartashev V.A. Cost reduction for a prevention and disaster recovery. *Bankovskii riteil*. [Bank retail], 2011, no. 3, pp. 38 - 49. (In Russ.).

8 Bykov I.A. Legal means of counteraction bad clients of lending agency. *Bankovskoe pravo*. [Banking law], 2011, no. 6, pp. 61 - 66. (In Russ.).

9 Ugolovnyi kodeks RF ot 13 iyunia 1996 g. №63-FZ. *Sobranie zakonodatel'stva RF*. №25. St. 159 [Criminal code of the Russian Federation of 13 June 1996 № 63-FZ. Collected legislation of the Russian Federation. on June 17, 1996, № 25. St. 159]. (In Russ.).

УДК 45877-66

**Профессор С.П. Бурланков**

(Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева)

кафедра технического сервиса машин. тел. 89176931523

E-mail: spbur1@rambler.ru

**доцент Д.И. Долгов**

(Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева)

кафедра производственного менеджмента. тел. 89053783787

E-mail: dolgov\_dmitry@mail.ru

**Professor S.P. Burlankov**

(Mordovia State University named after N.P. Ogarev)

Department of technical services machines. phone 89176931523

E-mail: spbur1@rambler.ru

**associate Professor D.I. Dolgov**

(Mordovia State University named after N.P. Ogarev)

Department of industrial management. phone 89053783787

E-mail: dolgov\_dmitry@mail.ru

## **Формирование стратегии конкурентоустойчивости на микро уровне**

### **Developing a strategy concept on micro levels**

Реферат. Актуальность темы исследования заключается в том, что противоречивые тенденции развития экономики, необходимость учета множества факторов внутреннего и внешнего окружения в условиях изменяющейся среды функционирования во главу угла ставят проблему обеспечения конкурентоустойчивости предприятий как конкурентоустойчивости, распределенной во времени. Разнообразие факторов, влияющих на деятельность предприятий, неоднозначность оценок их влияния, отсутствие зачастую возможности их учета и прогнозирования, усложнение задачи выявления взаимозависимости внешних и внутренних параметров хозяйствования приводят к серьезным негативным последствиям и нередко к разрушению производственно-экономической системы. В этой связи возникает необходимость в разработке новых подходов и методов управления внутриорганизационным взаимодействием, базирующихся на использовании инструментов рыночных отношений и трансформации элементов рынка на уровне предприятия. Недостаточно полная теоретическая проработка вопросов конкурентоустойчивости, отсутствие моделей, схем, алгоритмов по формированию механизма внутрипроизводственных отношений на принципах внутрифирменного предпринимательства, обеспечивающих экономическое долголетие предприятий за счет интеграции и мобилизации внутриорганизационного потенциала, определили выбор темы исследования. Стратегия - интегрированная модель действий, предназначенных для достижения целей предприятия. Содержанием стратегии служит набор правил принятия решений, используемый для определения основных направлений деятельности. В литературе по стратегическому планированию существует два противоположных взгляда на понимание **стратегии**. В первом случае стратегия – это конкретный долгосрочный план достижения некоторой цели, а выработка стратегии – это процесс нахождения некоторой цели и составление долгосрочного плана. Такой подход основывается на том, что все возникающие изменения предсказуемы, происходящие в среде процессы носят детерминированный характер и поддаются полному контролю и управлению. Вместе с тем, как внутри организации, так и вне ее появляются новые непредвиденные обстоятельства, которые не укладываются в первоначальную концепцию стратегии. Они могут, например, открыть новые перспективы развития и возможности для улучшения существующего положения дел или, наоборот, заставить отказаться от предполагаемой политики и плана действий. В последнем случае первоначальная стратегия становится нереализуемой и предприятие переходит к рассмотрению и формулированию неотложных стратегических задач.

Summary. Relevance of the topic of the study is that the conflicting tendencies of economic development, the need to consider a variety of factors internal and external environment in a changing operating environment in the paramount problem of providing concept enterprises as concept distributed in time. Variety of factors that influence the activity of enterprises, the ambiguity estimates of their effect, often lack the possibility of their accounting and forecasting, the complication of the problem to identify the interdependence of external and internal parameters of management lead to serious negative consequences, and often to the destruction of production and the economic system. This raises the need to develop new approaches and management techniques the intra interaction, based on the use of tools of market relations and the transformation of the elements of the market at the enterprise level. Insufficiently complete theoretical study concept issues, lack of models, diagrams, algorithms for the formation mechanism of industrial relations on the principles of intra-enterprise, ensuring longevity economic enterprises by integrating and mobilizing intra-building, determined the choice of the research topic. Strategy - an integrated model of action designed to achieve the objectives of the enterprise. Content of the strategy is a set of decision rules used to determine the main directions of activity. In the literature on strategic planning, there are two opposing views on the understanding of the strategy. In the first case the strategy - it is a concrete long-term plan to achieve a certain goal, and develop a strategy - it is the process of finding a purpose and making long-term plan. This approach is based on the fact that all the emerging changes are predictable, occurring in the environment of the processes are deterministic and amenable to complete control and management. At the same time, both within the organization and outside it there are new contingencies that do not fit into the original concept of the strategy. They can, for example, to open up new prospects and opportunities to improve the status quo, or, conversely, to refuse to make the proposed policy and action plan. In the latter case, the initial strategy becomes unfeasible and the company moves to review and formulate urgent strategic objectives.

*Ключевые слова:* конкурентоустойчивость, стратегия, вагоны, формирование.

*Keywords:* concept, strategy, wagons, formation.

Актуальность темы исследования заключается в том, что противоречивые тенденции развития экономики, необходимость учета множества факторов внутреннего и внешнего окружения в условиях изменяющейся среды функционирования во главу угла ставят проблему обеспечения конкурентоустойчивости предприятий как конкурентоустойчивости, распределенной во времени.

Разнообразие факторов, влияющих на деятельность предприятий, неоднозначность оценок их влияния, отсутствие зачастую возможности их учета и прогнозирования, усложнение задачи выявления взаимозависимости внешних и внутренних параметров хозяйствования приводят к серьезным негативным последствиям и нередко к разрушению производственно-экономической системы. В этой связи возникает необходимость в разработке новых подходов и методов управления внутриорганизационным взаимодействием, базирующихся на использовании инструментов рыночных отношений и трансформации элементов рынка на уровне предприятия [6, с. 37].

Недостаточно полная теоретическая проработка вопросов конкурентоустойчивости, отсутствие моделей, схем, алгоритмов по формированию механизма внутрипроизводственных отношений на принципах внутрифирменного предпринимательства, обеспечивающих экономическое долголетие предприятий за счет интеграции и мобилизации внутриорганизационного потенциала, определили выбор темы исследования.

Ввиду этого, представляет научный интерес изучение устойчивого развития в целом. Термин «устойчивое развитие» широко используется со времени опубликования и одобрения Генеральной Ассамблеей ООН доклада МКОСР «Наше общее будущее» (1987), который был подготовлен под руководством председателя Комиссии премьер-министра Норвегии Г.Х. Брундтланд. Согласно докладу, под концепцией устойчивого развития понимается такая модель социально-экономического развития, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей с учетом того, чтобы будущие поколения не были лишены такой возможности из-за истощения природных ресурсов и деградации окружающей среды.

Концепция устойчивого развития в редакции 1987 г. включала следующие основные положения:

- человечество способно придать развитию устойчивый и долговременный характер с тем, чтобы оно отвечало потребностям ныне живущих людей, не лишая такой возможности будущие поколения;

- в основе устойчивого развития лежит бережное отношение к имеющимся глобальным ресурсам и экологическому потенциалу планеты;

- нищета не является неизбежной и не есть зло в себе;

- для устойчивого глобального развития необходимо, чтобы те, кто располагает большими средствами, согласовали свой образ жизни с экологическими возможностями планеты;

- устойчивое развитие представляет собой не статическое состояние гармонии, а процесс изменения, в котором масштабы эксплуатации ресурсов, направление капиталовложений, ориентация технического развития и институциональные перемены согласуются с нынешними и будущими потребностями.

Переход к устойчивому развитию требует решения трех основных проблем:

- экологической;

- экономической;

- социально-демографической [6, с. 17].

Итоги Всемирной встречи на высшем уровне по устойчивому развитию в Йоханнесбурге подтвердили, что Мировое сообщество пока продолжает движение по сценарию неустойчивого развития. И если воплощение идеи стабильного социально-экономического развития, не разрушающего природную среду и ориентированного на нужды нынешнего и будущего поколений, реально возможно в достаточно отдаленной перспективе, то сам переход к устойчивому развитию должен происходить в текущем столетии. В противном случае, по мнению ученых, при сохранении существующих тенденций в мировом промышленном производстве и других отраслях экономики на земном шаре к 2100 году вообще могут исчезнуть атмосферный воздух и чистая вода [9, с. 37].

В этих условиях под конкурентоустойчивостью должна пониматься устойчивость предприятия в экологическом и экономическом отношениях.

Экономика России в данный момент имеет весьма низкий уровень конкурентоустойчивости. Поскольку конкурентоустойчивость экономики России - это суммарная конкурентоустойчивость ее предприятий, фирм, организаций, соответственно основой роста конкурентоустойчивости страны является стимулирование конкурентоустойчивости на уровне хозяйственного субъекта. Тем более, что на современном этапе конкурентные возможности предприятия и фирм не ограничиваются национальными рынками.

Следует также отметить, что исторически концепция конкурентоустойчивости основана на теории использования в международном разделении труда сравнительных преимуществ национальных экономик (дешевый труд, бога-

тые природные ресурсы, благоприятные географические, климатические, инфраструктурные факторы и т.п.) для экспорта продукции в страны, где таких преимуществ нет, и импорта продукции из стран, которые обладают преимуществами по сравнению с национальной экономикой страны-импортера [1, с. 99].

В ходе индустриального развития в рыночной среде созрели новые конкурентные условия, которые вызвали необходимость преимущественного использования не сравнительных национальных преимуществ, а динамично меняющихся конкурентных преимуществ, основанных на научно-технических достижениях, инновациях на всех стадиях от создания товара до продвижения его от производителя к потребителю [8, с. 17].

Современные условия обуславливают необходимость рассмотрения проблем конкурентоустойчивости не только на уровне национальной экономики, но и на уровне промышленных предприятий, для которых проблема формирования и реализации стратегии конкурентоустойчивости является наиболее приоритетной.

Стратегия - интегрированная модель действий, предназначенных для достижения целей предприятия. Содержанием стратегии служит набор правил принятия решений, используемый для определения основных направлений деятельности. В литературе по стратегическому планированию существует два противоположных взгляда на понимание стратегии. В первом случае стратегия – это конкретный долгосрочный план достижения некоторой цели, а выработка стратегии – это процесс нахождения некоторой цели и составление долгосрочного плана. Такой подход основывается на том, что все возникающие изменения предсказуемы, происходящие в среде процессы носят детерминированный характер и поддаются полному контролю и управлению [6, с. 57].

Во втором случае под стратегией понимается долгосрочное качественно определенное направление развития предприятия, касающееся сферы, средств и формы ее деятельности, системы внутрипроизводственных отношений, а также позиций предприятия в окружающей среде. При таком понимании, стратегию можно охарактеризовать как выбранное направление деятельности, функционирование в рамках которого должно привести организацию к достижению стоящих перед ней целей. В стратегическом планировании направление деятельности выбирается обычно по результатам стратегического анализа, проведенного с помощью матрицы БКГ и других матриц, а также по результатам SWOT анализа предприятия.

В деловой жизни под стратегией понимается общая концепция того, как достигаются цели организации, решаются стоящие перед ней проблемы и распределяются необходимые для этого ограниченные ресурсы. Такая концепция (соответствует стратегии второго типа) включает в себя несколько элементов. Прежде всего, к ним относится система целей, включающая миссию, общеорганизационные и специфические цели. Другой элемент стратегии – политика или совокупность конкретных правил организационных действий, направленных на достижение поставленных целей [5, с. 17].

Обычно стратегия разрабатывается на несколько лет вперед, конкретизируется в различного рода проектах, программах, практических действиях и реализуется в процессе их выполнения. Значительные затраты труда и времени многих людей, необходимые для создания стратегии предприятия, не позволяют ее часто менять или серьезно корректировать. Поэтому она формулируется в достаточно общих выражениях. Это – предполагаемая стратегия.

Вместе с тем, как внутри организации, так и вне ее появляются новые непредвиденные обстоятельства, которые не укладываются в первоначальную концепцию стратегии. Они могут, например, открыть новые перспективы развития и возможности для улучшения существующего положения дел или, наоборот, заставить отказаться от предполагаемой политики и плана действий. В последнем случае первоначальная стратегия становится нереализуемой и предприятие переходит к рассмотрению и формулированию неотложных стратегических задач [6, с. 97].

Стратегия диверсификации продукции основывается на специализации и изготовлении особой продукции, выступающей модификацией стандартного изделия. Обособление товара на рынке, а в более широком смысле - дифференциация его коммерческих характеристик может проводиться за счет создания продукции с более совершенными, чем у стандартных изделий, техническими параметрами, качеством исполнения, дизайном. Наиболее типичное направление использования стратегии дифференциации - это сосредоточение усилий на одном из мотивов приобретения продукции потребителями, на развитии возможностей компании для более полного и качественного удовлетворения специфических потребностей.

Возможности предприятия конкурировать на определенном рынке зависят от совокупности социально-экономических и организационных факторов и методов деятельности предприятия, оказывающих воздействие на



результаты конкурентной борьбы. С практической точки зрения все факторы, воздействующие на рост и конкурентоспособность, можно разделить на внутренние и внешние [1, с. 7].

Основные (внутренние и внешние) факторы – это природные ресурсы, климатические условия, географическое положение страны, неквалифицированная рабочая сила.

Развитые (внутренние и внешние) факторы – это современная инфраструктура обмена информацией, высококвалифицированные кадры, использование высокотехнологичных производств [6, с. 47].

Во-вторых, выделяются общие и специализированные факторы. Общие факторы, к которым относятся инфраструктура, квалифицированный персонал, присутствуют в широком спектре предприятий. Специализированные факторы, такие как специфическая инфраструктура, уникальные технологии и базы данных, присутствуют у ограниченного числа предприятий [8, с. 97].

К одному из конкурентных возможностей можно отнести интеллектуальный капитал фирмы. Например, при ремонте вагон-цистерн можно повысить уровень конкурентоустойчивости используя предложенный алгоритм (рисунок 1).

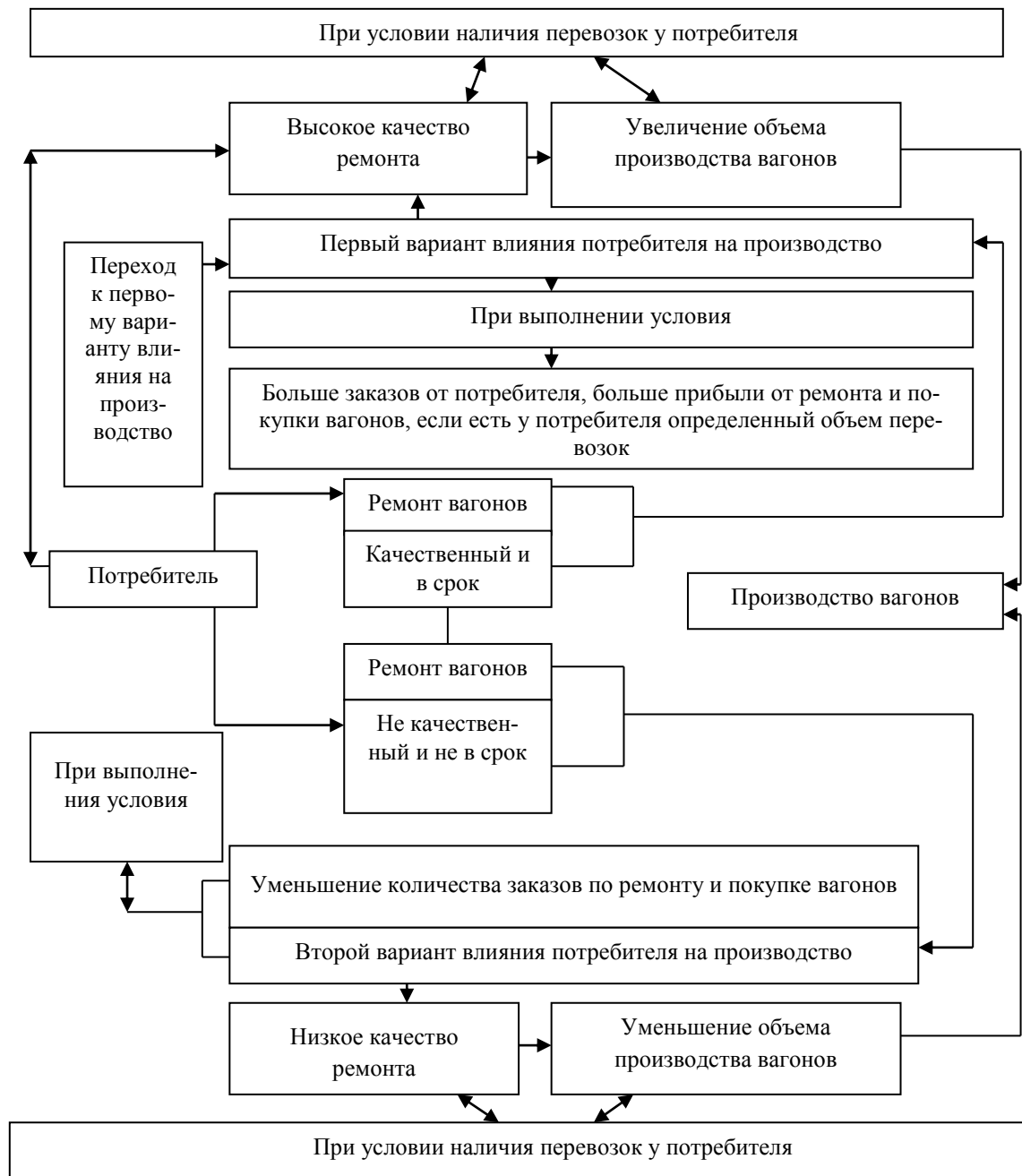


Рисунок 1. Схема влияния потребителей вагонов на их производство через услуги по ремонту

Из рисунка 1 видно, что качественный и в срок оказанный капитальный и текущий ремонт вагонов влечет за собой положительное влияние потребителей на производство, результатом которого является рост прибыли от изготовления вагонов и их ремонта при условии наличия заказов на перевозку у потребителя, благодаря чему повышается конкурентоустойчивость предприятий по производству и ремонту вагонов.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что при формировании стратегии конкуренто-

устойчивости на микро уровне должны учитываться все факторы, которые оказывают влияние на уровень развития предприятия, а в конечном итоге, на его конкурентоустойчивость. При этом стратегия конкурентоустойчивости должна быть сформирована с учетом внутренних, внешних факторов развития, интеллектуального капитала фирмы и всех конкурентных возможностей, имеющихся у предприятия.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абрютина М.С. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия. М.: Дис, 2001. 457 с.
- 2 Азрилиан С.П. Коммерческий словарь. М., 2000. 457 с.
- 3 Раевский В.А. Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия. М.: Финансы и статистика, 2002. 654 с.
- 4 Антонов Н.Г. Денежное обращение, кредит и банки. М.: Финстатинформ, 2000. 557 с.
- 5 Аристотель. Политика. М., 1991. 698 с.
- 6 Арители. Западная философия от истоков до наших дней. СПб., 1997. 236 с.
- 7 Асмус В.Ф. Античная философия. М., 2003. 691 с.
- 8 Бовыкин В.Н. Новый менеджмент. М.: Экономика, 2003. 321 с.
- 9 Богатин Ю.В. Производство прибыли. М.: ЮНИТИ, 2002. 229 с.

#### REFERENCES

- 1 Abriutina M.S. Analiz finansovo-ekonomicheskoi deiatel'nosti predpriiatiia [Analysis of financial and economic activity of the enterprise]. Moscow, Dis, 2001. 457 p. (In Russ.).
- 2 Azriliian S.P. Kommercheskii slovar' [Commercial Dictionary]. Moscow, 2000. 457 p. (In Russ.).
- 3 Raevskii V.A. Analiz finansovo-khoziaistvennoi deiatel'nosti predpriiatiia [Analysis of financial and economic activity of the enterprise]. Moscow, Finansy i statistika, 2002. 654 p. (In Russ.).
- 4 Antonov N.G. Denezhnoe obrashchenie, kredit i banki [Currency, credit and banks]. Moscow, Finstatinform, 2000. 557 p. (In Russ.).
- 5 Aristotle. Politika [Policy]. Moscow, 1991. 698 p. (In Russ.).
- 6 Ariteli. Zapadnaia filocofiiia ot istokov do nashikh dnei [Western philosophy from its origins to the present day]. Saint Petersburg, 1997. 236 p. (In Russ.).
- 7 Asmus V.F. Antichnaia filosofiiia [Ancient philosophy]. Moscow, 2003. 691 p. (In Russ.).
- 8 Bovykin V.N. Novyi menedzhment [New management]. Moscow, Ekonomika, 2003. 321 p. (In Russ.).
- 9 Bogatin Iu.V. Proizvodstvo pribyli [Manufacturing profits]. Moscow, IUNITI, 2002. 229 p. (In Russ.).

УДК 658:111

Доцент Л.А. Запорожцева

(Воронеж. гос. аграрн. ун-т) кафедра финансов и кредита. тел. (473) 253-82-63

E-mail: LUDAN23@yandex.ru

доцент Л.Т. Тринеева

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики. тел. (473) 255-27-10

E-mail: lapa82@list.ru

Associate Professor L.A. Zaporozhtseva

(Voronezh state Agricultural University) Department of finance and credit. phone (473) 253-82-63

E-mail: LUDAN23@yandex.ru

associate Professor L.T. Trineeva

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of management, organization and production of industrial economics. phone (473) 255-27-10

E-mail: lapa82@list.ru

## **Онтологическая модель системы стратегической экономической безопасности предприятия**

### **Ontological model of strategic economic security of enterprise**

Реферат. В статье обосновывается необходимость применения онтологического подхода к моделированию стратегической экономической безопасности при формализации базовых категорий предметной области предприятия, отражаются ее преимущества. Среди преимуществ модели выделяются ее универсальность и способность описать различные аспекты стратегической безопасности - от системы стратегий и целей в организационную структуру и системы бизнес-процессов; возможность ее применения на различных уровнях детализации - от верхнего уровня описания базовых категорий менеджмента, до уровня проектирования аналитических приложений; а также адаптивность модели, при этом глубина проработки отдельных аспектов определяется практической необходимостью и не регламентирована методологией. Модель интегрирует понятие различных аспектов архитектуры предприятия и систематизирует понятийный аппарат. Онтологическая модель доступна для понимания и корректировки как архитекторам бизнеса, так и специалистам по проектированию систем экономической безопасности и предлагает вербальное представление многих категорий предметной области предприятия. Доказывается целесообразность использования процессно-функционального подхода при обеспечении стратегической экономической безопасности предприятия, согласно которого компонентами такой безопасности предприятия предложено считать: бизнес-процессы, финансы, контрагентов и персонал. В статье представлена авторская онтологическая модель системы стратегической экономической безопасности предприятия, включающая объект, подвергающийся опасности, наличие факторов, угрожающих безопасности объекта, а также субъект, обеспечивающий безопасность. Далее обосновывается, что в процессе воздействия субъектами безопасности на объект посредством инструментов, мер и мероприятий в рамках сформированной стратегии внедряется механизм принятия управленческих решений по укреплению стратегической экономической безопасности предприятия. При этом процесс диагностики, обнаружения, распознавания угроз экономической безопасности предприятия, а также разработки стратегии развития предприятия с учетом уровня его экономической безопасности должен быть под постоянным контролем процессного мониторинга, а механизм принятия управленческих решений по укреплению стратегической экономической безопасности предприятия, внедрение намеченных мероприятий на предприятии, должны быть подкреплены стратегическим контроллингом. В результате такая модель способна, при ее практическом применении, укрепить данный вид безопасности предприятия в стратегической перспективе.

Summary. Article explains the necessity the application of the ontological approach to modeling the strategic economic security in the formalization of the basic categories of domain company recognized its benefits. Among the advantages of the model distinguishes its versatility and ability to describe various aspects of strategic security - the system strategies and goals of the organization and business processes; possibility of its use at different levels of detail - from the top-level description of the basic categories of management, to design-level analytic applications; as well as the adaptability of the model, with depth on particular aspects determined by practical necessity and not regulated methodology. The model integrates various aspects of the concept of enterprise architecture and organizes conceptual apparatus. Ontological model easy to understand and adjust as business architects and specialists in designing systems of economic security and offers many categories of verbal representation of the domain of the enterprise. Proved the feasibility of using process-functional approach in providing strategic economic security, according to which the components of such a security company proposed as business processes, finance, staff and contractors. The article presents the author's ontological model of strategic economic security, including endangered sites, the presence of factors that threaten the security of the object and the subject of providing security. Further, it is proved that in the subjects of security impact on the object using the tools, measures and activities within the strategy formed the mechanism is implemented managerial decisions to strengthen the strategic economic security. The process of diagnosis, detection, identification of threats of economic security, and the development of enterprise development strategies, taking into account its level of economic security must be under the constant supervision of the process of monitoring and management decision-making mechanism to strengthen the strategic economic security, implementation of planned activities in the enterprise should be underpinned by strategic controlling. As a result of this model is capable, in its practical application, to strengthen this kind of enterprise security in the long term.

*Ключевые слова:* онтологическая модель, стратегическая экономическая безопасность, система, предприятие

*Keywords:* ontological model, the strategic economic security, system, enterprise

---

© Запорожцева Л.А., Тринеева Л.Т., 2014

Современный этап функционирования экономики требует нового подхода к управлению предприятиями, разработки такой хозяйственной стратегии, которая позволила организации поддерживать свои конкурентные преимущества в долгосрочном периоде. Необходима модель, позволяющая разрабатывать «подвижные» системы, реагирующие на изменения внешней и внутренней среды, устанавливающая контуры реагирования и устойчивые позиции. Такой моделью функционирования предприятия может служить онтологическая модель, формирующая систему его стратегической экономической безопасности.

Онтологические модели решают проблему концептуализации предметных областей предприятия на верхних уровнях архитектуры и представления взаимосвязанных моделей предприятия в единой системе.

Онтология (греч. *ontos* - сущее, *logos* - учение) - это раздел философии, в котором рассматриваются всеобщие основы, принципы бытия, его структура и закономерности. Онтология выражает картину мира, соответствующую определенному уровню познания реальности и фиксирующуюся в системе философских категорий, соответствующих времени и философским традициям.

В этом смысле каждая теоретическая система непременно опирается на определенные онтологические представления, составляющие её устойчивое содержательное основание с одной стороны и подвергающиеся изменениям по мере развития познания, с другой стороны.

Применение онтологического подхода к моделированию стратегической экономической безопасности при формализации базовых категорий предметной области предприятия представлены следующими преимуществами:

- такая модель универсальна и способна описать различные аспекты стратегической безопасности – от системы стратегий и целей в организационную структуру и системы бизнес-процессов;

- модель применима на различных уровнях детализации - от верхнего уровня описания базовых категорий менеджмента, до уровня проектирования аналитических приложений;

- модель легко адаптируется, при этом глубина проработки отдельных аспектов определяется практической необходимостью и не регламентирована методологией.

Модель интегрирует понятие различных аспектов архитектуры предприятия и систематизирует понятийный аппарат. Онтологическая модель доступна для понимания и корректировки как архитекторам бизнеса, так и

специалистам по проектированию систем экономической безопасности и предлагает вербальное представление многих категорий предметной области предприятия.

В результате исследования теоретических и методологических основ экономической безопасности предприятия и стратегии ее формирования, нами предложено следующее определение стратегической экономической безопасности предприятия как состояния защищенности функционирующего предприятия (подразделений, хозяйственных операций), при котором механизм защиты от реальных и потенциальных внешних и внутренних угроз, как совокупность взаимосвязанных структурных элементов, обеспечивает его стабильное развитие и достижение поставленных целей в долгосрочном периоде.

Учеными-экономистами доказывается, что формирование системы экономической безопасности предприятия базируется на определенных принципах, перечень которых наиболее полно, на наш взгляд, представляется И.А. Бланком [2]:

1. Системность построения.
2. Интегрированность с общей системой управления предприятием.
3. Ориентированность на стратегические цели развития предприятия.
4. Комплексный характер формируемых управленческих решений.
5. Высокий динамизм управления.
6. Вариативность подходов к разработке отдельных управленческих решений.
7. Адекватность реагирования на отдельные угрозы экономическим интересам.
8. Адаптивность формируемой системы экономической безопасности.
9. Эффективность принимаемых управленческих решений.
10. Законность принимаемых управленческих решений.

Рассмотренные принципы, с нашей точки зрения, являются основой для формирования системы стратегической экономической безопасности предприятия. Целью системы стратегической экономической безопасностью предприятия, на наш взгляд, является обеспечение устойчивого и безопасного развития предприятия в долгосрочной перспективе. В процессе реализации данной цели формирования стратегической экономической безопасности, ориентированной на ее укрепление, направлено на решение следующих задач:

1. Установление системы приоритетных экономических интересов, требующих защиты в процессе экономического развития предприятия.

2. Идентификация и мониторинг внешних и внутренних угроз экономическим интересам предприятия.

3. Контроллинг укрепления стратегической экономической безопасности.

4. Определение направлений укрепления стратегической экономической безопасности предприятия.

В этой связи, нами обосновывается необходимость использования процессно-функционального подхода при выделении стратегической экономической безопасности предприятия. По этому подходу компонентами стратегической экономической безопасности предприятия являются: бизнес-процессы, финансы, контрагенты и персонал.

Безопасность бизнес-процессов представляет собой систематизированное последовательное исполнение функциональных операций предприятия, которые приносят специфический результат и обеспечивают достижение стратегических целей предприятия. К таким бизнес-процессам Т.Н. Толстых, В.Н. Крючков [6] относят бизнес-процессы развития и совершенствования (стратегическое управление, развитие технологий, управление проектами, управление качеством), бизнес-процессы ведения основной деятельности (материально-техническое обеспечение деятельности и сбыта, производственные процессы, маркетинговая деятельность и продажи, обслуживание), вспомогательные бизнес-процессы (поддержание инфраструктуры фирмы, инженерно-техническое обеспечение, информационное обеспечение, документооборот, управление персоналом).

Нами же управление персоналом сформировано в отдельный блок компонентов, формирующих стратегическую экономическую безопасность предприятия. Итак, безопасность персонала или кадровая безопасность предприятия – это процесс предотвращения негативных воздействий на экономическую безопасность предприятия за счет рисков и угроз, связанных с персоналом, его интеллектуальным потенциалом и трудовыми отношениями в целом.

Безопасность контрагентов, на наш взгляд, – это степень доверия к контрагенту, основанная на оценке динамики показателей производственно-финансовой деятельности и деловой репутации, характеризующих потенциальные инвестиционные и кредитные риски [1].

Главенствующим компонентом обеспечения экономической безопасности коммерческих организаций, по мнению И.А. Бланка [2], является их финансовая сфера и грамотно сформированная бухгалтерская отчетность. Здесь важно выработать специальный подход

по отслеживанию безопасного уровня платежеспособности предприятия и ликвидности его оборотных активов, структуры капитала, рентабельности бизнеса и др. На наш взгляд, финансовую составляющую следует считать основой экономической безопасности предприятия, так как она, являясь связующим звеном, обеспечивает материальные условия для реализации генеральной стратегии предприятия.

Финансовая составляющая экономической безопасности нами трактуется как стабильная защищенность производственно-финансовой деятельности от реальных и потенциальных внешних и внутренних угроз, обеспечивающая устойчивость его развития в текущем периоде и на перспективу [3].

Обосновав теоретические основы формирования системы стратегической экономической безопасности предприятия, мы считаем возможной разработку ее онтологической модели. Модель детализирует понятие стратегии и ключевых показателей экономической безопасности предприятия.

По мнению Е.Ю. Меркуловой [5], Н.А. Иванченко [4], разработанная онтологическая модель может применяться при сквозном сервисно-ориентированном проектировании интегрированных систем экономической безопасности предприятия и систем поддержки принятия решений на основе архитектурного подхода для целей формализации предметной области предприятия и служит формой взаимодействия менеджмента специалистов по безопасности в процессе развития предприятия и его системы защиты.

В этой связи, нами предлагается при рассмотрении системы укрепления стратегической экономической безопасности предприятия выделять в качестве его составляющих наличие объекта, подвергающегося опасности, и наличие факторов, угрожающих безопасности объекта.

Кроме того, поскольку процессы, связанные с обеспечением безопасности, по своей сути, являются управленческими, то необходимо также наличие субъекта, обеспечивающего безопасность (рисунок 1). При этом обеспечение безопасности одного и того же объекта могут осуществлять разные субъекты, каждый на своем уровне.

Определив в процессе диагностики по ключевым показателям компонентов (бизнес-процессы, финансы, персонал и контрагенты) уровень экономической безопасности предприятия, представляется необходимым субъектами обеспечения стратегической экономической безопасности принимать решения относительно стратегии развития предприятия.

При этом стратегия развития предприятия с учетом уровня его экономической безопасности должна, на наш взгляд, включать:

1. Механизм предотвращения угроз внешней среды.

2. Механизм достижения заданных параметров внутреннего развития в рамках стратегической экономической безопасности.

В процессе воздействия субъектами безопасности на объект посредством инструментов, мер и мероприятий в рамках сформированной стратегии формируется и внедряется механизм принятия управленческих решений по укреплению стратегической экономической безопасности предприятия.

При этом процесс диагностики, обнаружения, распознавания угроз экономической безопасности предприятия, а также разработки стратегии развития предприятия с учетом уровня его экономической безопасности должен быть под постоянным контролем процессного мониторинга.

Механизм принятия управленческих решений по укреплению стратегической экономической безопасности предприятия, внедрение намеченных мероприятий на предприятии, должны быть подкреплены стратегическим контроллингом.

Проведенное исследование показывает, что для формирования системы стратегической экономической безопасности предприятия использования общепринятых норм и показателей функционирования предприятия недостаточно.

В этой связи, в процессе дальнейших исследований, представляется необходимым трансформировать внешние и внутренние угрозы экономической безопасности предприятия с учетом стратегических перспектив и построенной онтологической модели, а затем на их основе разрабатывать инновационный методический инструментарий диагностики экономической безопасности по ключевым показателям компонентам (бизнес-процессы, финансы, персонал, контрагенты).

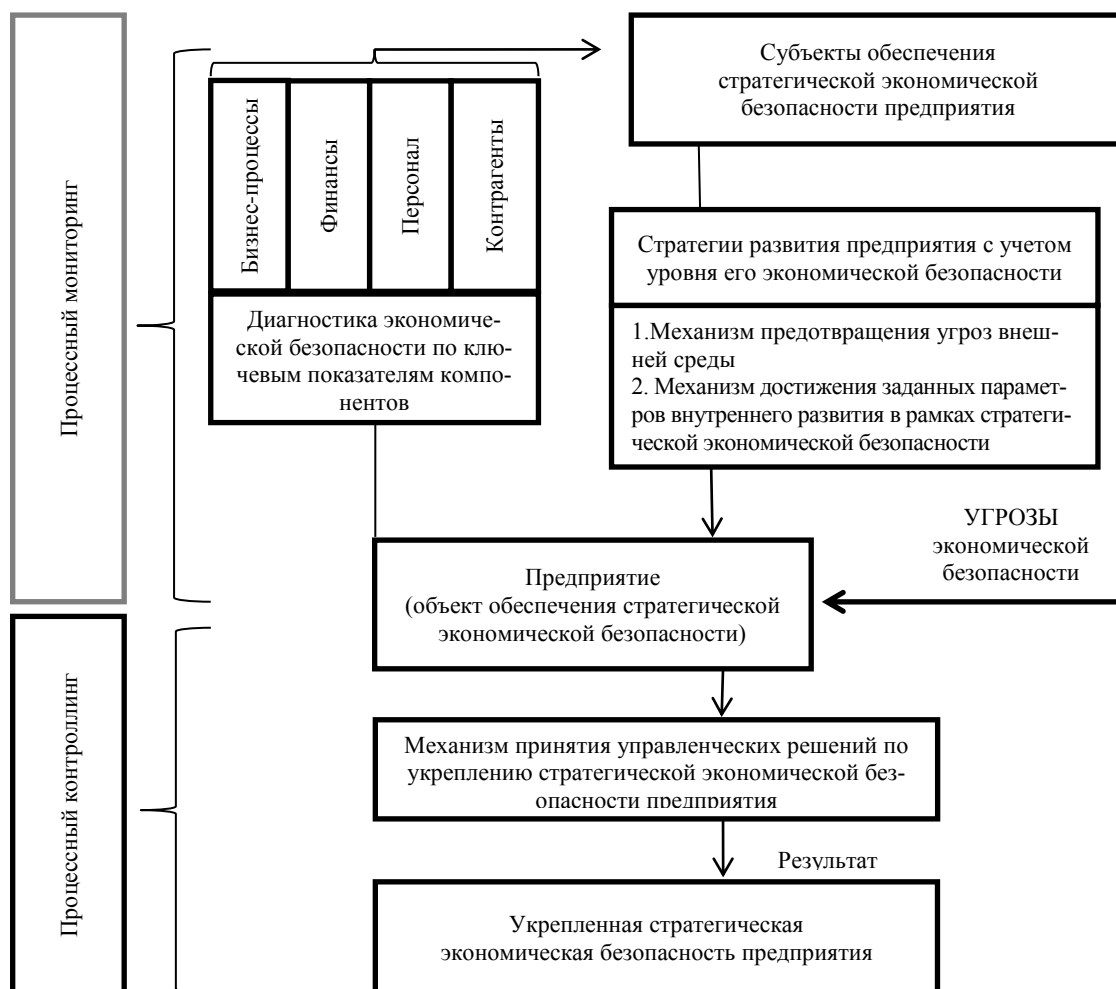


Рисунок 1. Онтологическая модель системы стратегической экономической безопасности предприятия

Как результат применения данной онтологической модели – укрепленная стратегическая экономическая безопасность предприятия.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Агибалов А.В., Запорожцева Л.А., Бугаева И.А., Камалин М.А. Оценка степени финансовой благонадежности контрагента // Вестник Финансового университета. 2013. № 5 (77). С. 54-61.
- 2 Бланк И.А. Управление финансовой безопасностью предприятия. К.: Эльга, 2009. 776 с.
- 3 Запорожцева Л.А. Контроллинг финансовой безопасности сельскохозяйственных предприятий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 4 (35). С. 141-147.
- 4 Иванченко Н.А. Построение системы экономической безопасности предприятия с помощью онтологических моделей // Наука в центральной России. 2013. Т. 10. С. 44-49.
- 5 Меркулова Е.Ю. Формирование индивидуальной финансовой нормативной модели управления экономической надежностью производственных систем // Социально-экономические явления и процессы. 2011. № 12. С. 181-187.
- 6 Толстых Т.Н., Крючёнков В.А. Построение концептуальной модели экономической безопасности предприятия на основе архитектурного подхода // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2011. Т. 100. №8. С. 49-53.

#### REFERENCES

- 1 Agibalov A.V., Zaporozhtseva L.A., Bugaeva I.A., Kamalian M.A. Assessment of the reliability of financial counterparty. *Vestnik Finansovogo universiteta*. [Bulletin of the University of Finance], 2013, no. 5 (77), pp. 54-61. (In Russ.).
- 2 Blank I.A. Upravlenie finansovoi bezopasnost'iu predpriatia [Manage financial security company]. Kiev, El'ga, 2009. 776 p. (In Russ.).
- 3 Zaporozhtseva L.A. Controlling the financial security of agricultural enterprises. *Vestnik VGU*. [Bulletin of the Voronezh State Agricultural University], 2012, no. 4 (35), pp. 141-147. (In Russ.).
- 4 Ivanchenko N.A. Building a system of economic security through ontological models. *Nauka v tsentral'noi Rossii*. [Science in central Russia], 2013, vol. 10, pp. 44-49. (In Russ.).
- 5 Merkulova E.Iu. Formation of individual financial regulatory control model of economic reliability of production systems. *Sotsial'no-ekonomicheskie iavleniia i protsessy*. [Socio-economic phenomena and processes], 2011, no. 12, pp. 181-187. (In Russ.).
- 6 Tolstykh T.N., Kriuchenkov V.A. Building a conceptual model of economic security based on the architectural approach. *Vestnik Tambovskogo universiteta*. [Bulletin of the University of Tambov. Series: Humanities], 2011, vol. 100, no. 8, pp. 49-53. (In Russ.).

УДК 665.55.001

Профессор Ю.А. Саликов, соискатель А.С. Барзенкова

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, тел. (473) 255-37-82

Professor Yu.A. Salikov, applicant A.S. Barzenkova

(Voronezh. State Univ. Ing. Tehnol.) Department ekonomicheskoy security and financial monitoring, tel. (473) 255-37-82

## **Обоснование приоритетных направлений кластеризации агропромышленных предприятий Воронежской области**

### **Justification of the priorities of the clustering of agro-industries of the Voronezh Region**

Реферат. В настоящее время во многих регионах Российской Федерации начаты масштабные работы по разработке и осуществлению кластерной политики в соответствии с федеральной и региональными стратегиями социально-экономического развития до 2020 года. Проведённый анализ состояния реализации принятой в 2012 г. концепции кластерной политики Воронежской области показал, что комплекс выполненных на сегодняшний день мероприятий носит, главным образом, обеспечивающий информационный и инфраструктурный характер. Вместе с тем, из общего количества перспективных кластеров к 2014 году сформировано фактически лишь две трети, при этом к числу несозданных относится кластер переработки сельскохозяйственной продукции, имеющий высокий рейтинг перспективности. Учитывая, что формирование агропромышленного кластера максимально соответствует предъявляемым требованиям и условиям, в рамках данного исследования разработан новый методический подход, с помощью которого проведено обоснование необходимости приоритетного формирования мясного кластера в системе агропромышленного комплекса Воронежской области. Основу данного методического подхода составляет алгоритм идентификации направлений кластеризации, разработанный авторами с помощью статистического форсайта, представляющего собой эффективный современный инструмент формирования приоритетов для достижения качественно новых результатов в сфере экономики, науки и технологий. Предложенный алгоритм включает последовательную совокупность следующих методических этапов: формирование объекта исследования, определение источников получения достоверной информации на основе экспертных оценок, выявление направлений кластеризации отраслей (включая анализ нормативной правовой базы, исследование статистических данных по уровню локализации промышленных производств и анализ практики реализации кластерной политики регионов-аналогов), идентификация направлений дополнительной кластеризации отраслей и их картографирование, а также определение приоритетных направлений дополнительной кластеризации отраслей путём ранжирования. Результаты обоснования, выполненного в соответствии с данным алгоритмом, позволяют заключить, что производство мясных продуктов является одним из наиболее перспективных направлений кластеризации в сфере агропромышленного комплекса Воронежской области.

Summary. Currently, in many regions of the Russian Federation initiated a large-scale work on the development and implementation of cluster policy in accordance with Federal and regional socio-economic development until 2020. The analysis of the status of implementation adopted in 2012, the concept of cluster policy of the Voronezh region showed that the complex is made on the date of the event is mainly responsible for the informational and infrastructural nature. However, from the total number of promising clusters by 2014, formed in fact, only two-thirds, while among the uncreated shall apply the cluster processing of agricultural products having a high rating prospects. Given that the formation of the agro-industrial cluster corresponds to the requirements and conditions in this study developed a new methodological approach, which carried out the rationale for the priority of the formation of the meat cluster in the agro-industrial complex of the Voronezh region. The basis of this methodological approach is the algorithm for the identification of areas of clustering, developed by the authors using statistics Forsythe, represents an efficient tool for the formation of priorities to achieve a qualitatively new results in the field of economy, science and technology. The proposed algorithm includes the serial combination of the following methodological stages: the formation of the object of research, identifying sources of reliable information on the basis of expert assessments, identify areas clustering of industries (including analysis legal framework the study of statistical data on the level of localization of industries and analysis of the practice of implementation of the cluster policy regions-analogues), identification of areas for additional clustering of industries and their mapping, and determination of the priority directions of the additional clustering of industries by ranking. The results of the study, carried out in accordance with this algorithm, allow to conclude that the production of meat products is one of the most promising areas of clustering in the field of agro-industrial complex of the Voronezh region.

*Ключевые слова:* агропромышленный комплекс, концепция кластерной политики, мясной кластер, направления кластеризации, метод форсайта, алгоритм идентификации направлений кластеризации

*Keywords:* agro-industrial complex, the concept of cluster policy, the meat cluster, directions clustering, method Forsythe the algorithm for the identification of areas of clustering



В соответствии с концепцией долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 г. кластерный подход относится к главным объектам государственной политики по стимулированию инноваций в региональных промышленных структурах [1]. Стратегия социально-экономического развития ЦФО также указывает на необходимость осуществления в регионах и, в частности, в Воронежской области процессов консолидации и развития промышленных кластеров [2]. При этом важнейшей задачей в обоих документах выступает формирование агропромышленных кластеров, гармонично сочетающих «как индустриальные комплексы вертикальной интеграции (агрогородки), так и мелкотоварное производство (семейные фермы) на базе сетей коллективного пользования» [1].

К перечню ключевых задач, определённых в рамках программы социально-экономического развития Воронежской области на 2012-2016 годы (в редакции от 01.04.2014 г.), в частности, относятся [3]:

- формирование информационно-коммуникационных систем поддержки развития региональных кластеров, популяризация кластерных проектов;
- государственная (областная) поддержка реализации совместных (кластерных) проектов;
- образование, развитие новых межотраслевых промышленно-инновационных кластеров и реализация совместных (кластерных) проектов в сфере промышленного производства;
- развитие инфраструктуры региональной инновационной системы, включая технопарки, бизнес-инкубаторы, инновационные промышленные кластеры, учебно-деловые центры, центры трансферта технологий и другие специализированные организации.

В соответствии с данными задачами Департаментом промышленности, транспорта и инноваций Воронежской области в 2012 г. утверждена концепция кластерной политики (ККП) в промышленном секторе региональной экономики, практическая реализация которой предполагается осуществлять через развитие кластерной инфраструктуры формирование нормативно-правовой базы, информационно-консультационную поддержку и содействие самоорганизации участников кластера для реализации совместных (кластерных) проектов.

В рамках данного исследования выполнен анализ нынешнего состояния реализации ККП. Как показали результаты анализа, на первом этапе (2012-2013 гг.) создана нормативная правовая база функционирования кластеров и система мониторинга развития региональных кластеров, область с 2012 года участвует в мероприятиях, организованных МЭР РФ по получению субсидий на кластерное развитие, создан специализиро-

ванный сайт по поддержке и развитию кластерных образований, на котором зарегистрированы более 200 промышленных предприятий. Координационная подсистема кластерной инфраструктуры сформирована на основе образованного Центра кластерного развития (ЦКР). Второй этап реализации ККП (2014 - 2016 гг.) ориентирован на развитие кластерной инфраструктуры и ускоренное развитие участников кластеров за счёт усиления горизонтальной интеграции.

С помощью SWOT-анализа выполнена идентификация сильных сторон существующего социально-экономического положения в сферах развития промышленности, малого и среднего предпринимательства, инвестиционной и инновационной деятельности (инновационный потенциал, благоприятные природные условия для развития сельского хозяйства, выгодное географическое положение региона, благоприятствующее развитию межрегиональной транспортно-логистической инфраструктуры), а также слабых сторон, включая низкий уровень инвестиций в инновации, медленный переход к международным стандартам качества, отсутствие сформированных кластеров в экономике области. На основании данного анализа с помощью экспертного и статистического методов идентификации региональных кластеров определены перспективные кластеры с учётом их ранжирования по степени перспективности.

Реализация кластерной политики Воронежской области в соответствии с выделенными направлениями осуществлялась через следующие механизмы:

- развитие кластерной инфраструктуры;
- формирование региональной нормативно-правовой базы;
- информационно-консультационная поддержка;
- содействие самоорганизации участников кластера для реализации совместных (кластерных) проектов и поддержка реализации совместных (кластерных) проектов.

Общее состояние работ по реализации ККП характеризуют данные таблицы 1, согласно которым из общего количества перспективных кластеров к 2014 году сформировано фактически две трети, при этом к числу несозданных кластеров (с максимальным рейтингом перспективности) относится кластер переработки сельскохозяйственной продукции. При этом два кластера (мебельный и IT) на первоначальном этапе оказались недооценёнными, кластер авиационной техники переоценён, устойчивым средним рейтингом отмечен кластер электромеханики и только кластер нефтегазового оборудования фактически полностью соответствует изначально заданным высоким требованиям.

Рейтинг и состояние кластеров Воронежской области

Перспективные кластеры Воронежской области	Состояние кластера	Рейтинг кластера	Рейтинг перспективности
Кластер переработки с/х продукции	не создан	не определён	высокий
Кластер химических технологий	не создан	не определён	средний
Кластер строительных материалов	создан	низкий	высокий
Кластер нефтегазового оборудования	создан	высокий	высокий
Кластер авиационной техники	создан	низкий	средний
Кластер электромеханики	создан	высокий	средний
Кластер электроники	создан	средний	высокий
Кластер энергетики	не создан	не определён	низкий
Кластер мебельный	создан	высокий	средний
Кластер транспортно-логистический	создан	средний	средний
Кластер IT	создан	высокий	средний
Кластер биофарм-технологий	не создан	не определён	средний



Рисунок 1. Алгоритм идентификации направлений кластеризации

Таким образом, лишь около четверти кластеров достаточно успешно прошли первый этап своего формирования. Следовательно, на втором этапе (2014-2016 гг.) реализации ККП необходимо не только скорректировать и активизировать работу по уже запланированным кластерным образованиям, но и в рамках уточнения концепции сфокусировать внимание на формировании группы дополнительных кластеров с учётом наличия имеющегося производственно-экономического, инновационного и кадрового потенциала, а также природно-

климатических условий. К числу таких дополнительных кластеров следует, прежде всего, отнести кластеры агропромышленных производств, которые, на наш взгляд, максимально отвечают этим условиям, а также полностью соответствуют стратегическим положениям, сформулированным федеральными органами государственной власти в области инновационной и кластерной политики.

Для решения сложной задачи по научно-обоснованному определению дополнительных направлений региональной агропромышлен-

ной кластеризации, по нашему мнению, необходимо использовать современные прогностические методы и подходы, к числу которых относится метод статистического форсайта – инструмента формирования приоритетов для достижения качественно новых результатов в сфере экономики, науки и технологий. Алгоритм идентификации направлений кластеризации, разработанный нами на основе форсайта, представлен на рисунке 1. В соответствии с предложенным алгоритмом после выбора объекта исследования (в качестве которого выступала задача обоснования направлений региональной кластеризации) с целью выявления достоверных сведений были изучены потенциальные библиографические источники.

В результате с помощью экспертных оценок сделан вывод, что по критериям объективности, достоверности и актуальности наиболее приоритетными источниками получения информации являются официальные сайты организаций, координирующих деятельность кластеров (на сайтах представлен практический опыт реализации кластерной политики в российских регионах), нормативная правовая база (являющаяся императивом и индикатором для региональных программ реализации кластерной политики), а также статистические сведения от экспертных сообществ (которые отражают фактические данные по формированию и реализации кластерной политики).

Для выявления направлений кластеризации на основе изучения статистических данных

и нормативно-правовой базы (стратегии социально-экономического развития регионов, приказы и отчёты муниципальных органов власти и др.) проведён анализ практики реализации кластерной политики в других регионах (более 10 областей). Результаты анализа, которые частично представлены в таблице 3, показали, что:

1) практически во всех рассмотренных субъектах РФ, включая соседние области, кластеризация в сфере агропромышленного производства получила весьма широкое распространение;

2) подавляющее большинство (75-80 %) кластеров, создаваемых в соседних областях, могут быть успешно реализованы и в Воронежской области (в таблице 2 такие кластеры выделены курсивом и жирным шрифтом), где имеются не менее привлекательные потенциальные возможности.

Целесообразность формирования кластеров в сфере АПК Воронежской области подтверждается также представленными в таблице 3 расчётами соответствующих индикаторы (коэффициентов локализации, душевого производства и специализации), которые получены в соответствии с методиками М. Портера и Европейской кластерной обсерватории. Как показывают данные расчёты, наряду с химическим производством производство пищевых продуктов (коэффициент локализации – 2,2 балла, коэффициент душевого производства – 1,2 балла, коэффициент специализации – 2,2 балла) может быть отнесено к перспективным отраслям, подлежащих кластеризации в приоритетном порядке.

Т а б л и ц а 2

Анализ практики реализации кластерной политики регионов-аналогов Воронежской области (фрагмент)

Субъект РФ	Кластеры субъектов РФ
Белгородская область	1. Горно-металлургический кластер
	<b>2. Кластер птицеводства</b>
	<b>3. Кластер по развитию свиноводства</b>
	<b>4. Кластер по развитию молочного животноводства</b>
	<b>5. Туристический кластер</b>
Курская область	<b>1. Машиностроительный кластер</b>
	2. Кластер чёрной металлургии
	<b>3. Кластер агропромышленного производства</b>
Орловская область	1. Кластер промышленного производства
	<b>2. Кластер агропромышленного производства</b>
Тамбовская область	<b>1. Сахарный кластер</b>
	2. Кластер стройиндустрии
	<b>3. Сельскохозяйственный кластер</b>
Ростовская область	<b>1. Агропромышленный кластер</b>
	<b>2. Туристический кластер</b>

В связи с изложенным можно заключить, что в Воронежской области важной составляющей кластерной политики должна стать направленность на агропромышленный сектор, где на наш взгляд, на сегодняшний день наиболее целесообразно создание кластеров по следующим

направлениям: производство мясных изделий, производство молочной продукции, производство сахара и сахаристых продуктов (а также агротуристический кластер). Картографирование этих направлений кластеризации (с учётом данных таблицы 3) представлено на рисунке 2.

Таблица 3  
Статистические данные Воронежской области по методикам М. Портера и Европейской кластерной обсерватории)

Виды промышленных производств	Коэффициент локализации	Коэффициент душевого производства	Коэффициент специализации
Производство, передача и распределение электроэнергии	1,2	0,9	1,6
<b>Производство пищевых продуктов</b>	2,2	1,2	2,2
<b>Химическое производство</b>	2,4	1,3	2,6
Производство резиновых и пластмассовых изделий	1,2	0,6	1,1
Производство машин и оборудования	1,3	0,6	1,2
Производство минеральных продуктов	1,6	0,9	1,2



Рисунок 2. Основные направления кластеризации экономики Воронежской области

Методом парных сравнений с учётом экспертных оценок по ряду сравнительных критериев (наличие производственных мощностей, климатических условий и спроса на данную продукцию) в качестве приоритетного выбран

мясной кластер [4]. Перспективы развития данного кластера подтверждают экспертные оценки по ряду ключевых маркетинговых показателей (таблица 4).

Оценка маркетинговых показателей функционирования мясного кластера

№	Маркетинговые показатели	Уровень показателя	
		Средний	Высокий
1	Прогнозируемая рыночная доля в регионе	●	
2	Потенциальный сегмент кластера	●	
3	Прогнозируемый уровень продаж	●	
4	Потенциал рыночного спроса	●	
5	Потенциал вхождения в оптовые сети области	●	
6	Потенциал вхождения в розничные сети	●	
7	Потребительская лояльность	●	
8	Степень удовлетворённости потребителей		●

Таким образом, выполненное обоснование позволяет считать, что производство мясных продуктов является одним из наиболее перспективных направлений кластеризации в Воронежской области. Формирование и развитие данного направления требует разработки соответствующей

стратегической программы, предусматривающей эффективные меры поддержки (в том числе системы предпочтений), а для практической её реализации необходимы, в частности, эффективный управленческий механизм [4] и инструменты контроллинга.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года. Утверждена Распоряжением Президента Правительства РФ №1662-р от 17.11.2009 г.
2. Стратегия социально-экономического развития Центрального федерального округа на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации N 1540-р от 6 сентября 2011 г.
3. Закон Воронежской области от 08 июня 2012 года N 80-ОЗ «О программе социально-экономического развития воронежской области на 2012 - 2016 годы». Принят областной Думой 30 мая 2012 г.
4. Саликов Ю.А., Дмитриева Л.Н., Барзенкова А.С. Диагностика финансово-экономического состояния предприятия как приоритетное условие образования интеграционных форм // Научно-теоретический журнал «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания». Воронеж. 2014. №1. С. 97 – 105.
5. Механизм формирования и реализации кластерной политики промышленных предприятий и отраслей / Ю.А. Саликов, А.А. Зенин, А.С. Барзенкова, А.М. Букреев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 4. С. 252-259.

#### REFERENCES

1. The concept of long-term social-economic development of the Russian Federation until 2020. Approved by Order of the Chairman of the RF Government №1662-R dated 17.11.2009.
2. The strategy of socio-economic development of the Central Federal district for the period up to 2020. Approved by the decree of the Government of the Russian Federation No. 1540-R dated September 6, 2011.
3. The law of the Voronezh region from June 08, 2012 N 80-OZ "ON the program of socio-economic development of the Voronezh region for 2012 - 2016". Adopted by the regional Duma on may 30, 2012.
4. Salikov Yu.A., Dmitrieva, L.N., Borzenkova A.S. Diagnostics of financial and economic condition of the enterprise as a priority condition for the formation of integration forms // Scientific-theoretical journal "Technologies for food and processing industry of agricultural products for a healthier diet. Voronezh. 2014. No. 1. S. 97 - 105.
5. The mechanism of the formation and implementation of the cluster policy of industrial enterprises and industries / Y.A. Salikov, A.A. Zenin, A.S. Borzenkova, A.M. Bukreev // Herald of the Voronezh state University of engineering technologies. 2013. No. 4. С. 252-259.

## Требования к оформлению материалов для журнала «Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий»

1. Материалы представляются в двух видах: на электронном носителе и распечатанные на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (1 экз.) на лазерном принтере. Они должны быть набраны в редакторе MS Word версия не ниже 6.0 (Office не выше 2007) и напечатаны через одинарный интервал в две колонки шрифтом:

- основной текст - Times New Roman Cyr 11 с полями: левое 22 мм, правое 18 мм, верхнее и нижнее 25 мм;
- колонтитулы от края - верхний и нижний 18 мм;
- заголовки по центру - Times New Roman Cyr 11, жирный;
- красная строка - 1 см;
- перенос слов - автоматический.

Со смещением на 5 см от рамки текста в начале статьи набираются:

- УДК - Times New Roman Cyr 12;
- должность, И. О. Ф., место работы, телефон, Email авторов - Times New Roman Cyr 12 (на русском и английском языках);
- название статьи - Times New Roman Cyr 16, жирный, строчной (без переноса) (на русском и английском языках);
- без смещения 5 см реферат - Times New Roman Cyr 9 (объем 200-250 слов на русском и английском языках);
- без смещения 5 см ключевые слова – Times New Roman Cyr 9, до 10 слов (на русском и английском языках);

2. Объем для статьи – 4-8 с. Структурно статья должна иметь четко выраженное *введение*, в котором ставится задача (описывается решаемая проблема), *основную часть*, где излагаются используемые авторами пути решения поставленной задачи, приводятся и обсуждаются результаты, и *заключение*, в сжатой форме подводящее итог работы. Повторение одних и тех же данных в статье, таблице и графике не допускается. Размерность всех характеристик приводится в системе СИ.

3. К каждой статье под заглавием дается реферат (объем 1000-2000 печатных знаков) на русском и английском языках через 1 строку друг от друга. Название статьи, фамилия и инициалы приводятся отдельно на английском языке.

4. Название статьи или краткого сообщения должно быть лаконичным и точно отражать содержание.

5. Иллюстрации в формате jpeg или gif:

- должны быть расположены после ссылки на них в тексте;
- должны выполняться на компьютере с обозначением всех необходимых букв и символов в соответствии с ЕСКД и Р 50-77-80. Все буквенные и цифровые обозначения, приведенные на рисунках, поясняются в основном или подрисуночном тексте. Подрисуночные подписи даются Times New Cyr 10, на формат рисунка.

Графические объекты (диаграммы, графики) должны быть активными (т.е. подлежать редактированию стандартными средствами, например, MS Excel).

6. Формулы и буквенные обозначения:

- буквы латинского алфавита, используемые в индексах, набирают курсивом;
- буквы русского и греческого алфавита - прямым шрифтом; знак вектора - полужирным;
- нумерация формул в тексте сквозная. Нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте.

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: <http://vestnik.vsu.ru/>

Формат формул (стандартный редактор) :

- стиль - "математический";
- размер символа — 11

Sizes (Размеры)	
Full (Обычный)	11 – 10
Subscript/Superscript (Крупный индекс)	7
Sub-subscript/Superscript (Мелкий индекс)	5
Symbol (Крупный символ)	12
Subsymbol (Мелкий символ)	9

7. Таблицы (слово печатается вразрядку) должны быть с заголовками и обязательно располагаться после ссылки на них в тексте. Графы в таблицах должны иметь краткие заголовки. Упоминаемые в заголовках величины сопровождаются соответствующими единицами измерений.

8. Литература (слово печатается: Times New Roman Cyr 11, жирный, прописной) на русском и на английском языке включает от 5-10 источников, использованные автором при написании статьи. Ссылки в тексте даются в квадратных скобках: [1], помещаются в конце статьи. В список не включается литература 10-летней давности. Список литературы должен быть представлен на русском и на английском языках.

8.1. **За правильность приведенных в списке литературы данных ответственность несут авторы.** Библиографический список на русском языке озаглавливается словом ЛИТЕРАТУРА (Times New Roman Cyr 11, полужирный шрифт) и представляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов» (см. Приложение 1). Англоязычная часть библиографического описания озаглавливается словом REFERENCES (Times New Roman Cyr 11, полужирный шрифт) и представляется в адаптированном формате Harvard (см. Приложение 2). Каждый пункт библиографического описания нумеруется, после номера точка не ставится. В библиографическом описании приводятся фамилии авторов до трех, после чего для отечественных публикаций следует указать "и др.", для зарубежных — "et al.". Не допускается смешивать русскоязычную и англоязычную часть в одной ссылке, точно так же, как сокращать русскоязычный список литературы (ЛИТЕРАТУРА), перенося все англоязычные ссылки в REFERENCES. Рекомендуется представлять в REFERENCES, вместо русскоязычного варианта описания журнала-источника, описание его переводной версии при условии ее наличия. Транслитерацию фамилий авторов, названий статей, книг, журналов необходимо проводить, согласно системе транслитерации Библиотеки конгресса США (Library of Congress Slavic (Russian) Transliteration), рекомендуется использовать при этом системы автоматического перевода кириллицы в романский алфавит, а не делать транслитерацию вручную, во избежание ошибок.

9. В журнале публикуется не более 2 статей одного автора. Количество авторов одной статьи не должно превышать 4 человек.

В журнале публикуются оригинальные научные статьи теоретического и экспериментального характера в области технических, естественных, экономических и химических наук. Автор указывает рубрику (в сопроводительном письме и выписке из заседания кафедры), в которой он хотел бы разместить свою статью:

- Процессы и аппараты пищевых производств;
- Информационные технологии, моделирование и управление;
- Пищевая биотехнология;
- Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология;
- Биотехнология, бионанотехнология и технология сахаристых продуктов;
- Экономика и управление;

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: <http://vestnik.vsu.ru/>

Журнал «Вестник ВГУИТ» выходит 4 раза в год: № 1 – март; № 2 – июнь; № 3 – сентябрь; № 4 – декабрь.

Статья должна быть тщательно проверена и подписана всеми авторами. На отдельном листе авторы указывают ФИО полностью, адрес, ученую степень, должность, место работы, контактный телефон, E-mail, а также отмечают с кем вести переписку.

К статье должны прилагаться сопроводительные документы:

- сопроводительное письмо;
- выписка из протокола заседания кафедры с рекомендацией статьи к печати;
- экспертное заключение;
- положительная рецензия ведущего ученого в данной области или члена редакционной коллегии серии, заверенная подписью и печатью.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным. В случае возвращения статьи для исправления датой представления считается день получения исправленного текста. Срок доработки - не более 1 месяца.

Материалы, не соответствующие данным требованиям оформления, к публикации не принимаются. Рукописи авторам не возвращаются.

*Плата с аспирантов и докторантов за публикацию рукописей не взимается.*



## ПОРЯДОК ОПИСАНИЯ ССЫЛОК НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

### КНИГА, МОНОГРАФИЯ:

(кол-во авторов от 1 до 3):

1 Валукин М.Е., Глушков А.И. Эволюция движений в мужском классическом танце. М.: ГИТИС, 2006. 251 с.

(кол-во авторов более 3):

2 Эволюция движений в мужском классическом танце / Валукин М.Е. [и др.]. М.: ГИТИС, 2006. 251 с.

### УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ, УЧЕБНИК:

(кол-во авторов от 1 до 3):

3 Ковшиков В.А., Глухов В.П. Психолингвистика. Теория речевой деятельности: учеб. пособие для студентов педвузов. М.: Высшая школа, 2006. 320 с.

(кол-во авторов более 3):

4 Психолингвистика. Теория речевой деятельности: учеб, пособие для студентов педвузов / Ковшиков В.А. [и др.] М.: Высшая школа, 2006. 320 с.

### СТАТЬЯ В ЖУРНАЛЕ:

(кол-во авторов от 1 до 3):

5 Ефимова Т.Н., Кусакин А.В., Иванов Б.И. Охрана и рациональное использование болот в Республике Марий Эл // Проблемы региональной экологии. 2007. Т. 3. № 1. С. 80–86.

(кол-во авторов более 3):

6 Охрана и рациональное использование болот в Республике Марий Эл / Ефимова Т.Н. [и др.] // Проблемы региональной экологии. 2007. Т. 3. № 1. С. 80–86.

### СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ:

7 Содержание и технологии образования взрослых: проблема опережающего образования: сб. науч. тр. / Институт образования взрослых Рос. акад. образования; под ред. А.Е. Марона. М.: ИОВ, 2007. 118 с.

### МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, ФОРУМОВ, СОВЕЩАНИЙ, СЕМИНАРОВ:

8 Ходоскин Д.П. Исследование начальной скорости торможения на регулируемых перекрестках // Политтранспортные системы: мат. VII Всерос. науч.-техн. конф., Красноярск, 25–27 ноября 2010 г. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2010. С. 578–583.

### АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР:

9 Экономика и политика России и государств ближнего зарубежья: аналит. обзор, апр. 2007 / Рос. акад. наук, Институт мировой экономики и междунар. отношений. М.: ИМЭМО, 2007. 39 с.

### ПАТЕНТ:

порядок описания:

10 Обозначение вида документа, номер, название страны, индекс международной классификации изобретений. Название изобретения / И.О.Фамилия изобретателя, заявителя, патентовладельца; Наименование учреждения-заявителя. Регистрационный номер заявки; Дата подачи; Дата публикации, сведения о публикуемом документе.

пример:

11 Пат. № 2201911, RU, C2 7 C 05 F 11/08, 9/00. Способ утилизации твердых бытовых отходов и получения органического удобрения / Стом Д.И., Солдатов С.В., Казаринова Т.Ф., Никонова Т.С. № 2000132175/13; Заявл. 2000132175; Оpubл. 10.04.2003, Бюлл. № 10.

### НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ:

порядок описания:

Заглавие официального документа: сведения, относящиеся к заглавию (указ, постановление), Дата принятия документа / Название издания. Год издания. Номер (для журнала). Дата и месяц (для газеты). Первая и последняя страницы.

пример:

12 ГОСТ 12.1.033. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения. Введен 01.07.82. М.: Межгосударственный стандарт: ИПК изд-во стандартов, 2001. 7 с.

### ДИССЕРТАЦИЯ

13 Якимов М.А. Изучение взаимодействия между компонентами электролитов в тройных водно-солевых системах на примере нитратных систем: дис... д-ра хим. наук: 10.01.71 : защищена 05.02.71: утв. 10.06.71. Л.: ЛГУ, 1971. 200 с.

### АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ:

14 Якимов М.А. Изучение взаимодействия между компонентами электролитов в тройных водно-солевых системах на примере нитратных систем: автореф. дис. докт. хим. наук : Л.10.01.71 / Л.: ЛГУ, 1971. 40 с.

### ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС:

порядок описания:

Фамилия И.О. автора (если указаны). Название ресурса [Электронный ресурс]. Место издания: Издательство, год издания (если указаны). Адрес локального сетевого ресурса (дата просмотра сайта или последней модификации документа).

пример:

15 Шкловский И. Разум, жизнь, вселенная [Электронный ресурс] М.: Янус, 1996. Режим доступа: <http://www.elibrary/books/shklovsky/titul.htm> (23 ноября 2001 г.)

## ПОРЯДОК ОПИСАНИЯ ССЫЛОК НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ:

### СТАТЬЯ ИЗ ЖУРНАЛА:

#### порядок описания:

Фамилия И.О. автора (транслитерация). Перевод названия статьи на английский. Название русскоязычного источника (транслитерация, *курсивом*). [Перевод названия источника на английский язык (в квадратных скобках)]. Год, том, номер, страницы (от-до). Указание на язык статьи (In Russ.) после описания статьи.

#### пример:

1 Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timonov A.V., Kardymon D.V. Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing. *Neftyanoe khozyaistvo* [Oil Industry], 2008, vol. 10, no.11, pp. 54-57. (In Russ.).

### СТАТЬЯ ИЗ ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА:

2 Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of ComputerMediated Communication*, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

### СТАТЬЯ С DOI:

3 Zhang Z., Zhu D. Experimental research on the localized electrochemical micromachining. *Russkii zhurnal elektrokhimii*. [Russian Journal of Electrochemistry], 2008, vol. 44, no. 8, pp. 926-930. doi: 10.1134/S1023193508080077

### СТАТЬЯ ИЗ ПРОДОЛЖАЮЩЕГОСЯ ИЗДАНИЯ (СБОРНИКА ТРУДОВ):

4 Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Experimental study of the strength of joints "steel-composite". *Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem»* [Proc. of the Bauman MSTU "Mathematical Modeling of Complex Technical Systems"], 2006, no. 593, pp. 125-130. (In Russ.).

### МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ:

5 Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z. [et al.] Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Novye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi"* [Proc. 6th Int. Symp. "New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact"]. Moscow, 2007, pp. 267-272. (In Russ.).

### КНИГИ (МОНОГРАФИИ, СБОРНИКИ):

6 Nenashev M.F. *Poslednee pravitel'stvo SSSR* [Last government of the USSR]. Moscow, Krom Publ., 1993. 221 p. (In Russ.).

7 Lindorf L.S., Mamikonians L.G. *Ekspluatatsiia turbogeneratorov s neposredstvennym okhlazhdeniem* [Operation of turbine generators with direct cooling]. Moscow, Energiia Publ., 1972. 352 p. (In Russ.).

8 Kanevskaya R.D. *Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov* [Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development]. Izhevsk, 2002. 140 p. (In Russ.).

9 Izvekov V.I., Serikhin N.A., Abramov A.I. *Proektirovanie turbogeneratorov* [Design of turbo-generators]. Moscow, MEI Publ., 2005, 440 p. (In Russ.).

10 Latyshev, V.N., *Tribologiya rezaniya. Kn. 1: Friksionnye protsessy pri rezanie metallov* (Tribology of Cutting, Vol. 1: Frictional Processes in Metal Cutting), Ivanovo: Ivanovskii Gos. Univ., 2009. (In Russ.).

### ПЕРЕВОДНАЯ КНИГА:

11 Timoshenko S.P., Young D.H., Weaver W. *Vibration problems in engineering*. 4th ed. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ. ed.: Timoshenko S.P., Iang D.Kh., Uiver U. *Kolebaniia v inzhenernom dele*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 472 p.).

12 Brooking A., Jones P., Cox F. *Expert systems. Principles and case studies*. Chapman and Hall, 1984. 231 p. (Russ. ed.: Bruking A., Dzhons P., Koks F. *Ekspertnye sistemy. Printsipy raboty i primery*. Moscow, Radio i sviaz' Publ., 1987. 224 p.).

### НЕОПУБЛИКОВАННЫЙ ДОКУМЕНТ:

13 Latypov A.R., Khasanov M.M., Baikov V.A. *Geology and Production (NGT GiD). The Certificate on official registration of the computer program. No. 2004611198, 2004.* ((In Russ.), unpublished).

### ДИССЕРТАЦИЯ ИЛИ АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ:

14 Semenov V.I. *Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor*. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p. (In Russ.).

### ГОСТ:

GOST 8.586.5–2005. *Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichstva zhidkostei i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroistv* [State Standard 8.586.5 – 2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p. (In Russ.).

### ПАТЕНТ:

Palkin M.V. *Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia* [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

# **List of requirements of drawing up materials in «Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies»**

1 All the materials are represented in two ways: on a flash card. The materials should be printed on white sheets of paper on one side only by means of a laser printer. One must use MS-World (6,0 version) to set up a text and keep single line interval. The text must be divided into two columns.

- basic text– Times New Roman Cyr 11 with margins: left one – 22 mm, right one 18 mm, top and bottom 25 mm;
- running titles from tops – top and bottom 18 mm;
- central titles – Times New Roman Cyr 11, in bold type;
- indented line – 1 cm;
- division of words is automatical.

The points below are printed with 5 cm shift from the text frame:

- Universal Decimal Code – Times New Roman Cyr 12;
- post, author's name, middle name, surname – Times New Roman Cyr 12;
- article title – Times New Roman Cyr 16, in bold type, lower case (without division of words);
- without displacement of 5 cm summary - Times New Roman Cyr 9 (volume of 200-250 words in Russian and English);
- without displacement of 5 cm keywords - Times New Roman Cyr 9, up to 10 words in Russian and English);

2 Article extent – under 4 – 8 pages. Any article must have a strict structure with a clearly seen introduction, where the problem is raised, body, where the solutions to the problem are presented and the results are discussed, and a conclusion, where the work results are summed up. Repetition of one and the same data are forbidden. The size of all characteristics are presented within CI system.

3 To each article under the title gives a summary (volume 1000-2000 printed characters) in Russian and English languages in 1 line each other. Article title, surname and initials are given separately in English.

4 The title of the article or a short message must be laconic and show the contents of the article clearly.

5 All the illustrations are made in JPEG or BMP:

- they must be placed after the reference in the text;
- they must be done by means of a computer and be supplied with the letter and symbol marks according to universal system documents (USCP) and R 55-77-80. All The letters and figures presented on the illustration text, must be explained in the basic or in the under illustration text. The marks are given in Times New Cyr 10.

Graphical installations (diagrammes, schedules) should be active (i.e. to be subject to editing by standard means, for example, MS Excel).

6 Formulae and letter marks:

- latin letters, used in indexes, are printed in italic type;
- Russian and Greek letter – Roman type, vector mark in half bold type;
- formulae must be numbered through the text. Only formulae with references are numbered.

Formulae format:

- style – “mathematical”;
- symbol size – 11

Sizes	
Full	11 – 10
Subscript/Superscript	7
Sub-subscript/Superscript	5
Symbol	12
Subsymbol	9

7 Tables (the word itself should be spaced) must be supplied with titles and placed right after the references in the text. All the table columns must have short titles. Magnitudes, mentioned in titles must go along with measurement unit.

8 Literature (the word itself is printed in Times New Roman Cyr 11, in bold type capital) contains sources, author used for article composing. There must be no more than 10 designation. All the references in the text are made in square brackets and placed at the end of article. Literature list mustn't contain unpublished works, textbooks, theses, as well as 10 year – old literature.

8.1 For the correctness of the information provided in the list of literature data the authors are responsible. References in Russian sagauniversal word LITERATURE (Times New Roman Cyr 11 bold font ) and submitted in accordance with GOST R 7.0.5-2008 "Bibliographic reference. General requirements and rules of drawing up". Links to electronic documents must be made according to GOST 7.82-2001 "Bibliographic record. Bibliographic description of electronic resources" (see Appendix 1, 2).

9 Not more than 2 articles of one author can be published in the journal. The number of authors should not exceed 4 persons.

Original scientific articles of theoretical and experimental character are published in the magazine in the field of technical, natural, economic, chemical. The author specifies a heading (in the covering letter and an extract from faculty meeting) in which he would like to place the article:

- Processes and devices of food productions;
- Information technologies, modeling and management;
- Food biotechnology;
- Fundamental and applied chemistry, chemical technology;
- Biotechnology, bionanotechnology and technology of sugary products;
- Economy and management;

The magazine «the Messenger ВГУИТ» leaves 4 times a year: № 1 – March; № 2 – June; № 3 – September; № 4 – December.

The article must be thoroughly checked and signed by all the authors. Name, middle name, last name, address, science degree, position, place of work, telephone number (office and home) E-mail, the person communicate to are pointed out on a separate sheet of paper.

Accompanying deeds should be applied on paper:

- The transmittal letter;
- An extract from the report of faculty meeting with paper recommendation for printing;
- The positive review of the leading scientist in the given area or a member of an editorial board of the series, authenticated by the signature and printing.

The question on paper publication, its deviation is solved by an editorial board of the log and ee the solution is definitive. In case of refund of paper for correction by representation date it is considered day of reception of the corrected text. Finishing term - no more than 1 month.

The materials mismatching given demands of registration, to the publication are not accepted. Manuscripts are not refunded to authors.

*The pay for the publication of manuscripts is not raised from post-graduate students.*

THE ORDER OF THE LINKS ON THE RUSSIAN LANGUAGE THE BOOK, MONOGRAPH: (number of authors from 1 to 3): 1 Valukin M.E. Ter-Minassian, Glushkov A.I Evolution of movements in the men's classic dance.

M: GITIS, 2006. 251 S. (number of authors more than 3):

2 Evolution of movements in the men's classic dance / Valukin M.E. Ter-Minassian [and others]. M: GITIS, 2006. 251 S. A

#### TUTORIAL TUTORIAL:

(number of authors from 1 to 3):

3 Scoops V.A. Glukhov, V.P. Psycholinguistics. Theory of speech activity: textbook. manual for students of pedagogical universities. M: Vysshaya SHKOLA, 2006. 320 C. (number of authors more than 3):

4 Psycholinguistics. Theory of speech activity: textbook, a manual for students of pedagogical institutes / Woks VA [and other] M.: Vysshaya SHKOLA, 2006. 320 C. JOURNAL ARTICLE: (number of authors from 1 to 3):

5 Efimova T.N., Kusakin A.V., Ivanov B. I. Protection and rational use of wetlands in the Republic of Mari El // problems of regional ecology. 2007. T. 3. No. 1. C. 80-86. (number of authors more than 3):

6 Protection and rational use of wetlands in the Republic of Mari El / Efimova T.N. [and other] // problems of regional ecology. 2007. T. 3. No. 1. C. 80-86. COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS:

7 Content and technologies of adult education: a problem of the leading education: collected scientific articles. Tr. / Institute of adult education Grew. Acad. education; Ed. by A. Maron. M: JOB, 2007. 118 S.

#### MATERIALS OF CONFERENCES, FORUMS, MEETINGS, SEMINARS:

8 Chogokin D.P. Study initial speed braking controlled junctions // Polytransport system: Mat. VII vseros. nauch.-the technology. Conf., Krasnoyarsk, November 25-27, 2010, Novosibirsk: Publishing house of the STU, 2010. C. 578-583.

#### ANALYTICAL REVIEW:

9 Economy and politics of Russia and CIS countries: Analyt. review, APR. 2007 / Rus. Acad. Sciences, Institute of world economy and international. relations. M: IMEMO, 2007. 39 C.

#### PATENT:

order description:

10 Designation of the document, number, the name of the country, the index of the international classification of inventions. The title of the invention / full Name of the inventor, the applicant, the patent holder; name of the institution the applicant. Registration number of the application; the date of filing; date of publication, information about the published document.

example:

11 Pat. no 2201911, EN, C2 7 05 F 11/08, 9/00. The method of disposal of solid household waste and produce organic fertilizer / a Shrub DI, Soldatov S.V., Kazarinova TV, Nikonov T.S. no 2000132175/13; Appl. 2000132175; Publ. 10.04.2003, bull. Number 10.

#### LEGAL DOCUMENTS:

order description:

The official title of the document: information relating to the title (decree, decision)date of adoption of the document / edition Name. Year of publication. Room (log). The date and month (for Newspapers). The first and last pages.

example:

12 GOST 12.1.033. SSBT. Fire safety. Terms and definitions. Introduced 01.07.82. M: Interstate standard: IPK the publishing house of standards, 2001. 7 C.

#### THESIS

13 Yakimov M.A. study of the interaction between the components of electrolytes in the triple water-salt systems on the example of nitrate systems: dis... Dr. chem. Sciences: 10.01.71 : protected 05.02.71: appr. 10.06.71. Leningrad: Leningrad state University, 1971. 200 S.

#### THE DISSERTATION:

14 Yakimov M.A. study of the interaction between the components of electrolytes in the triple water-salt systems on the example of nitrate systems: Avtoref. dis. Prof. chem. Sciences : L / Leningrad: Leningrad state University, 1971. 40 C.

#### ELECTRONIC RESOURCE:

order description:

Surname ACTING author (if given). Resource name [Electronic resource]. Place of publication: Publisher, year of publication (if specified). The address of the local network resource (date of access of the site or last modification of the document).

example:

15 Shklovsky Mind, life, the universe [Electronic resource] M.: Yanus, 1996. Mode of access:

<http://www.elibrary/books/shklovsky/ titul.htm> (23 November 2001)

## THE ORDER OF THE LINKS ON ENGLISH LANGUAGE:ARTICLE FROM THE MAGAZINE:

order description:

Surname ACTING author (transliteration). Translation of the name of article in English. The name of the Russian-language source (transliteration, italics). [Translation of the name of the source on the English language (in brackets)]. Year, volume, number, pages (from-to). An indication of the language of the article (In Russ.) after the description of the article.

example:

1 Zagurenko A.G., Korotovskikh VA, A.A. Kolesnikov, Timonov A.V., Kardymon D.V. Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing. *Neftyanoe khozyaistvo [Oil Industry]*, 2008, vol. 10, no.11, pp. 54-57. (In Russ.).

## ARTICLE FROM ELECTRONIC JOURNAL:

2 Swaminathan V., Lepkoswka-E. White, Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of ComputerMediated Communication*, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

## ARTICLE C DOI:

3 Z. Zhang, Zhu D. Experimental research on the localized electrochemical micromachining. *Russkii zhurnal elektrokhemii. [Russian Journal of Electrochemistry]*, 2008, vol. 44, no. 8, pp. 926-930. doi: 10.1134/S1023193508080077

## ARTICLE FROM CONTINUING PUBLICATIONS (PROCEEDINGS):

4 Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Experimental study of the strength of joints "steel-composite". *Trudy MGTU "Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem"* [Proc. of the Bauman MSTU "Mathematical Modeling of Complex Technical Systems"], 2006, no. 593, pp. 125-130. (In Russ.).

## CONFERENCE MATERIALS:

5 Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z. [et al.] Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Novye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi"* [Proc. 6th Int. Symp. "New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact]. Moscow, 2007, pp. 267-272. (In Russ.).

## BOOKS (MONOGRAPHS, COLLECTIONS):

6 Nenashev M.F. *Poslednee pravitel'stvo SSSR [Last government of the USSR]*. Moscow, Krom Publ., 1993. 221 p. (In Russ.).

7 Lindorf L.S., Mamikonians L.G. *Ekspluatatsiya turbogeneratorov s neposredstvennym okhlazhdeniem [Operation of turbine generators with direct cooling]*. Moscow, Energiia Publ., 1972. 352 p. (In Russ.).

8 Kanevskaya R.D. *Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov [Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development]*. Izhevsk, 2002. 140 p. (In Russ.).

9 Izvekov V.I., Serikhin N.A., Abramov, A.I. *Proektirovanie turbogeneratorov [Design of turbo-generators]*. Moscow, MEI Publ., 2005, 440 p. (In Russ.).

10 Latyshev, V.N., *Tribologiya rezaniya. Kn. 1: Friksionnye protsessy pri rezanie metallov (Tribology of Cutting, Vol. 1: Frictional Processes in Metal Cutting)*, Ivanovo: Ivanovskii Gos. Univ., 2009. (In Russ.).

## TRANSLATED VERSION OF THE BOOK:

11 S.P. Timoshenko, Young D.H., W. Weaver *Vibration problems in engineering*. 4th ed. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ. ed.: S.P. Timoshenko, Iang D.Kh., Uiver U. *Kolebaniia v inzhenernom dele*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 472 p.).

12 Brooking A., P. Jones, F. Cox *Expert systems. Principles and case studies*. Chapman and Hall, 1984. 231 p. (Russ. ed.: Bruking A., Dzhons P., Koks F. *Ekspertnye systems. Printsipy raboty i primery*. Moscow, Radio i sviaz' Publ., 1987. 224 p.).

## UNPUBLISHED DOCUMENT:

13 Latypov A.R., M.M. Khasanov, Baikov VA *Geology and Production (NGT GiD). The Certificate on official registration of the computer program. No. 2004611198, 2004.* ((In Russ.), unpublished).

## THESIS OR DISSERTATION:

14 V.I. Semenov *Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]*. Moscow, 2003. 272 p. (In Russ.).

## GOST:

GOST 8.586.5-2005. *Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda kolichestva i zhidkostei i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroystv [State Standard 8.586.5 - 2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]*. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p. (In Russ.).

## PATENT:

Palkin M.V. *Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]*. Patent RF, no. 2280590, 2006.