
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



ISSN 2221-951X

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**XXI век: итоги прошлого
и проблемы настоящего *плюс***

Периодическое научное издание

Серия: Технические науки.

Пищевые производства

06(22)/2014

**Пенза
ПензГТУ
2014**

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ

ЖУРНАЛ

«XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»:
Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос.
технол. ун-та, 2014. – №06(22). – 246 с.

Решением Президиума ВАК при Минобрнауки России № 8/13
от 2 марта 2012 г. журнал включен в Перечень рецензируемых
научных журналов и изданий для опубликования основных
научных результатов диссертаций.



ISSN 2221-951X © Пензенский государственный технологический университет, 2014

Penza State Technological University

ISSN 2221-951X

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL JOURNAL

**"XXI century: Resumes of the Past
and Challenges of the Present _{plus}"**

Scientific Periodical

Series: Engineering Sciences.

Food production

06(22)/2014

**Penza
PenzSTU
2014**

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL
JOURNAL

«XXI century: resumes of the past and challenges of the present plus». Scientific periodical. – Penza: PenzSTU Publishing House, 2014. – № 06(22). – 246 с.

The journal is included in the List of reviewed scientific journals and editions for publishing principal scientific theses results approved by the Resolution of the Presidium of the Supreme Certification Commission of the Ministry of Education and Science of Russia (№ 8/13, March 2nd, 2012).



ISSN 2221-951X © Penza State Technological University, 2014

Содержание

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ	14
© <i>В.А. Авроров, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>В.С. Николаев, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>В.В. Волков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УПЛОТНИТЕЛЯ ВОЛОКНИСТОЙ ЛЕНТЫ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ	21
© <i>В.С. Николаев, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ НАЧИНКИ ДЛЯ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ	26
© <i>В.В. Ловцева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	32
© <i>В.А. Авроров, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>В.В. Ловцева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
АНАЛИЗ УСЛОВИЙ УЛЬТРАТОНКОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ СПЛОШНЫХ СРЕД С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО РОТОРНОГО ДИСПЕРГАТОРА	40
© <i>С.А. Харлашкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ ДО УРОВНЯ НАНОСТРУКТУР	43
© <i>С.А. Харлашкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>В.А. Авроров, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
О РАСЧЕТЕ ИЗГИБНОЙ ЖЕСТКОСТИ ВЕДУЩЕГО ВАЛА КОНВЕЙЕРА ТУННЕЛЬНОЙ СУШИЛКИ-ПЕЧИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАЗИСНЫХ ВАРИАЦИЙ	47
© <i>Г.В. Авроров, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>В.В. Ловцева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ МОРКОВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИК ЭНЕРГОПОДВОДА	54
© <i>Д.А. Мартяшина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.А. Акишин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧИХ ЧАСТИЦ	58
© <i>В.В. Ловцева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>В.А. Авроров, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТРИКИ ЕВКЛИДА ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ	65
© <i>А.В. Коновалов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>О.Е. Коновалова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДАЧИ МАТЕРИАЛА ПРИ РАЗГРУЗКЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ	67
© <i>В.В. Коновалов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.С. Калиганов, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>М.В. Фомина, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.В. Чупишев, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	

ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ КАПИЛЯРНО–ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАПРАВЛЕННОГО ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	75
© <i>Г.В. Авроров, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.А. Курочкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Д.А. Мартяшина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Г.Д. Лузгин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РЫБНЫХ ОТХОДОВ	79
© <i>А.С. Грецов, Самарская государственная сельскохозяйственная академия (г. Самара, Россия)</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНОСТИ ЭКСТРУЗИОННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРУБЕЙ	82
© <i>И.Л. Орстик, Самарская государственная сельскохозяйственная академия (г. Самара, Россия)</i>	
ПРАКТИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОЙ ЭКСТРУЗИИ В ТЕХНОЛОГИИ НАПИТКОВ	85
© <i>П.К. Воронина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ СУШКИ ПЛОДОВ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ	88
© <i>О.Н. Пчелинцева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Е.А. Сарафанкина Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
О СОЗДАНИИ И ОСВОЕНИИ НОВЫХ ВИДОВ ФОРМОВОГО ХЛЕБА С НАТУРАЛЬНЫМИ ОБОГАТИТЕЛЯМИ	92
© <i>Г.В. Авроров, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Н.С. Елисеева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Е.В. Таранцова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>В.В. Ловцева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРУДАТА ТЫКВЕННЫХ СЕМЯН В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	96
© <i>И.Н. Шешнищан, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства» (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Г.В. Шабурова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСТРУДАТА ЯЧМЕНЯ	100
© <i>П.К. Воронина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ЗЕРНОПРОДУКТОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПИВНОГО СУСЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЯЧМЕНЯ	103
© <i>Г.В. Шабурова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.А. Курочкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>П.К. Воронина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Д.И. Фролов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСТРУДАТОВ КРАХМАЛСОДЕРЖАЩЕГО ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ С ЗАДАННОЙ ПОРИСТОСТЬЮ	109
© <i>А.А. Курочкин, Пензенский государственный технологический Университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Г.В. Шабурова, Пензенский государственный технологический Университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Д.И. Фролов, Пензенский государственный технологический Университет (г. Пенза, Россия)</i>	
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ОВСА	114
© <i>Е.С. Казакова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Г.В. Шабурова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
ВЛИЯНИЕ ПРЕБИОТИКОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЧНЫХ И МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ	118
© <i>В.М. Зимняков, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>И.В. Гаврюшина, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СМЕСИТЕЛЯ-КОНВЕЙЕРА	124
© <i>А.С. Фомин, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>В.П. Терюшков, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>В.В. Коновалов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.А. Власов, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (г. Пенза, Россия)</i>	

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СМЕСИТЕЛЯ С ЛОПАСТНО-ЛЕНТОЧНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ	129
© <i>В.П. Терюшков, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>В.В. Коновалов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.А. Власов, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (г. Пенза, Россия)</i>	

ПОВЫШЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ МЕЛКОШТУЧНЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ УЧАЩЕЙСЯ МОЛОДЕЖИ	134
© <i>З.А. Бочкарева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИК ИЗЛУЧЕНИЯ И КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СУШИЛЬНО - ПЕКАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	141
© <i>Г.Д. Лузгин Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Г.В. Авроров, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Д.А. Мартяшина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАПРАВЛЕННО- ФОКУСИРОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫПЕЧКИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	152
© <i>Г.В. Авроров, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Г.Д. Лузгин, Пензенская государственная технологическая академия</i>	

(г. Пенза, Россия)

© **В.А. Авроров**, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)

**СОЗДАНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ
ТУННЕЛЬНОЙ СУШИЛКИ-ПЕЧИ С НАПРАВЛЕННЫМ
ИК ИЗЛУЧЕНИЕМ 154**

© **Г.В. Авроров**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **Г.Д. Лузгин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **А.А. Курочкин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДЫМОГЕНЕРАТОРОВ ПРИ
ПРОИЗВОДСТВЕ КОПЧЕНЫХ ПРОДУКТОВ 157**

© **К.П. Фудин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **А.А. Власов**, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (г. Пенза, Россия)

**ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ
БОТВОУДАЛЯЮЩЕЙ МАШИНЫ НА ПОСЕВАХ ЛУКА 160**

© **Д.И. Фролов**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **С.В. Чекайкин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ
ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛЕНОЧНЫХ
ПОТЕНЦИОМЕТРОВ 164**

© **Н.Д. Тутов**, Юго-Западный государственный университет (г. Курск, Россия)

© **Д.Н. Тутов**, Юго-Западный государственный университет (г. Курск, Россия)

© **В.А. Авроров**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛИВОЧНОГО МАСЛА 179

© **В.С. Парфенов**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

© **А.В. Яшин**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

© **Ю.В. Полювяный**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛАСТИН НА
УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ПРИВОДНЫХ ЦЕПЕЙ
МАЛЫХ ШАГОВ КОНВЕЙЕРОВ 182**

© **Г.В. Авроров**, Пензенский государственный технологический

университет (г. Пенза, Россия)
 © **А.С. Викулов**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 © **А.Н. Потемкин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 © **Н.В. Романовская**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СУШИЛКИ КИПЯЩЕГО СЛОЯ 187

© **А.Б. Терентьев**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 © **К.Ю. Мокроусова**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 © **С.В. Чекайкин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СМЕСИТЕЛЕЙ-УВЛАЖНИТЕЛЕЙ СЫПУЧИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ 191

© **В.В. Коновалов**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 © **А.А. Курочкин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 © **Д.И. Фролов**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ЗЕРНОСУШИЛКА КОНТАКТНОГО ТИПА 199

© **А.А. Курочкин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 © **А.Б. Терентьев**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 © **С.В. Чекайкин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕШАЛКИ ВАРОЧНОГО КОТЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ НОРМАЛИЗОВАННОГО КОНЦЕВОГО ПОДШИПНИКА 202

© **Е.М. Бородин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 © **В.Ю. Зайцев**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 © **К.Н. Бородина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СОЗДАНИЕ ФЕРМЕРСКОГО ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ	207
© В.В. Волков , Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
© С.В. Волков , Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
© Н.К. Пакулова , Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
© Я.Т. Матвеева , Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРУПНЫХ И МАЛЫХ ФИРМ ПО ВНЕДРЕНИЮ НОВОВВЕДЕНИЙ	213
© Н.В. Моряхина , Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
© Н.Н. Короткова , Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОСТОЯНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В РОССИИ И РАЗВИТИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА	216
© Н.В. Моряхина , Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
© Д.А. Асанина , Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
© А.Ю. Киндаев , Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
© Н.Н.Короткова , Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
ЗНАЧЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА И НЕОБХОДИМОСТЬ ЕГО ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ (НА ПРИМЕРЕ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)	223
© Н.В. Моряхина , Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
© Д.А. Асанина , Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
© А.Ю. Киндаев Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ МОЛОЧНОГО ПОДКОМПЛЕКСА АПК КАК ФАКТОР УЛУЧШЕНИЯ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ	229
© <i>Л.И. Крутова, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.В. Новикова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Н.В. Счастливая, Кузнецкий институт информационных и управленческих технологий (филиал) Пензенского государственного университета (г. Кузнецк, Пензенская обл., Россия)</i>	
 СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	 235
© <i>В.М. Зимняков, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>И.В. Гаврюшина, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
 ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОСТИНДУСТРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ	 238
© <i>Л.М. Русскина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.В. Новикова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
 ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНТЕРАКТИВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ	 240
© <i>А.В.Новикова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ	 245
© <i>А.В. Новикова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 517.958, 519.711.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

- © *В.А. Авроров, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *В.С. Николаев, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *В.В. Волков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

MODELING OF THE INTEGRATED TECHNICAL SYSTEM IN FOODSTUFF

- © *V.A. Avrorov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
© *V.S. Nikolaev, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
© *V.V. Volkov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье рассмотрена структура интегрированной технической системы пищевых производств и определены задачи моделирования системы.

Ключевые слова: функциональная модель, интегрированная техническая система, параметры технологического процесса, иерархия автоматизированной производственной системы, пищевые производства.

The article is of a question structure to functional model of the integrated technical system and elaborated problems of modeling of the system.

Key words: functional model, integrated technical system, parameters of the technological process, hierarchy automated production system, food production.

E-mail: mycolo @ rambler.ru

Решение задач моделирования интегрированных технических систем в пищевых производствах подразумевает построение их структурно-функциональных моделей. Модели должны быть достаточно точно определены, исключать неоднозначность их понимания, и описываться внутрисистемными интерфейсами. Особенностью интегрированной технической системы является определенное функциональное назначение ее подсистем. Уточнение функции подсистемы должно определяться описанием ее интерфейса, которое включает набор связей (например, материальных, информационных, алгоритмических), что характеризует ее поведение с другими внешними системами.

Структура функциональной модели интегрированной технической системы включает: состав и элементы системы (ее уровни, компоненты); функции элементов; связи и взаимодействие (интерфейсы) элементов; правила композиции элементов. Модель множества реальных элементов $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ технической системы, находящихся во множестве отношений $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$, имеет различную реализацию [1], которая строится из набора компонентов по правилам, определяемым набором описаний

интерфейсов компонент. Это позволяет структуру S системы представить множествами E и R , которые допускают множество ее реализаций при условии не нарушения правил организации взаимодействия компонент в реализации с объемлющей системой, и записывается в виде $S = \{E, R\}$.

Подход к улучшению качества моделирования, при проектировании интегрированной технической системы, основан на функциональной структуризации [2, 3], которая должна включать:

- описание функциональной системы, имеющей сложное поведение;
- определение функций системы через описание поведения ее компонентов, реализующих данную функцию;
- повышение «понятности» системы, за счет определения предпочтительных вариантов ее реализации в границах «реальных» подсистем;
- определение четких требований к взаимодействию подсистем и компонентов при стыковке компонентов и комплексной отладке системы;
- развитие системы за счет удаления и добавления отдельных элементов с сохранением их внешнего поведения, не нарушающего целостности системы.

Техническая система типа «процесс» p_i в условиях пищевых производств, является неразрывной частью комплекса процессов, обеспечивающих конечное состояние изготавливаемого пищевого продукта. При этом образуется техническая система процессов, в которую входит сочетание множества процессов $p \in P$. Модель такой технической системы TS в виде последовательных и последовательно-параллельных процессов показана на рис. 1. Выполнение определенных воздействий на исходный продукт приводит к изменению структуры готового продукта и его свойств. Примером такой модели технической системы может служить технологическая линия производства какао порошка и какао масла, которая сочетает в себе различные виды оборудования с разными технологическими процессами. В целях получения тонкой фракции шоколадной суспензии, исходный продукт какао бобы подвергаются процессам подготовки, очистки, дробления, измельчения, просеивания, темперирования, транспортирования, отжима, дробления и другим видам «процессов».

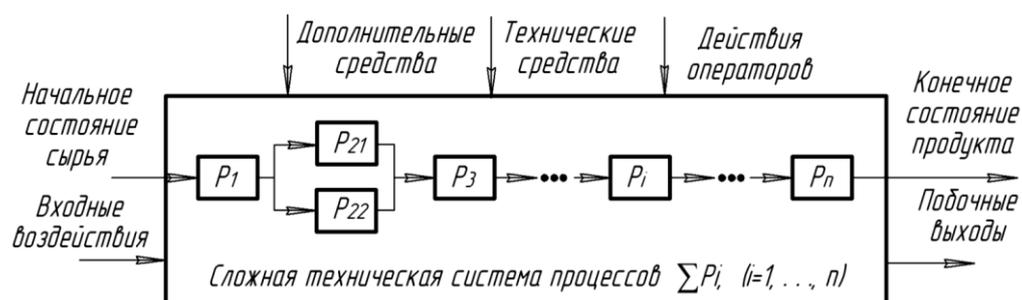


Рисунок 1 – Модель процесса преобразования пищевого сырья в виды полуфабрикатов и в конечное состояние – «пищевой продукт»

Модель сложной технической системы процессов рассматривает технологические процессы от переработки сырья до изготовления пищевого продукта и не является простой суммой свойств составляющих его элементов.

Возникающие на различных уровнях управления информационные потоки, должны содержать оценки точности и стабильности технологических процессов, например, по качеству полуфабрикатов, что требует дифференцированного подхода к принятию управленческих решений на различных уровнях управления производством. Совокупность технических систем процессов и программно – технических средств контроля и управления образуют сложную техническую систему управления. При разработке и исследовании такой системы используется метод декомпозиции [4], основанный на иерархическом принципе ее построения и описания.

Построение иерархически-модульных сетей сложной технической системы основывается на эталонной модели соединения *открытых систем*, определенных неустранимыми связями (материальными, энергетическими, информационными). В классическом понимании – связями, которыми нельзя пренебречь. Открытость системы, определяется следующими условиями [3]: определением назначения (*функции*) системы; конечным набором связей и правил взаимодействия системы с внешней средой; функционированием системы, определенной ее внешними связями; конечным набором *точек доступа*, во взаимодействии (*обмена*) с внешней средой.

По существу, открытая система является функциональным блоком, определяемым его внешним интерфейсом и сопрягаемым с другими блоками, встраиваемыми в системы. Внешний интерфейс выступает аналогом каналов и определяет функционирование открытой системы в виде обмена объектами (например, материальными предметами, электрическими сигналами, информационными сообщениями). Открытая система характеризуется показателями и критериями функционирования (*внешнего поведения*). Изменение внутреннего устройства (реализация), влияет на качество ее показателей (ухудшает или улучшает), сохраняя выполнение функций.

В иерархии технической системы, используя рассмотренный концептуальный подход, можно выделить три ее основных уровня:

- уровень математического описания или абстрагирования,
- уровень управления или принятия решений,
- организационный уровень.

Принимая во внимание заданный агрегатный принцип организации технической системы, выделяют организационные подуровни (подсистемы) элементарных технических систем в порядке их подчиненности, а именно: подсистемы управления исполнительными органами технологических машин; подсистемы управления отдельными технологическими машинами и машинными агрегатами; подсистемы управления комплексом машин; систему управления всей технологической линией; систему контроля и управления качеством; системы планирования ресурсов производства и предприятия в целом.

Структура организационного уровня в иерархии технической системы автоматизированного пищевого производства (рис.2.) представляет, в первом приближении, ряд элементарных технических систем TS_i ($i = 1, \dots, 8$), в виде обобщенной системы управления технологическим процессом. В ней можно выделить две основных взаимосвязанных формы управления производством пищевой продукции:

- систему управления объектом, которая осуществляет контроль состояния технологического оборудования, его исполнительных устройств, и

параметров технологического процесса, посредством систем датчиков и управляемых механизмов сопряженных с цифровыми контроллерами;

- многоуровневую систему управления, включающую подсистемы планирования ресурсов предприятия; решения оперативных задач управления; проектирования; производства и маркетинга, диспетчерского управления и сбора данных; цифрового управления на базе промышленных контролеров и компьютерных комплексов объединенных в единую сеть.

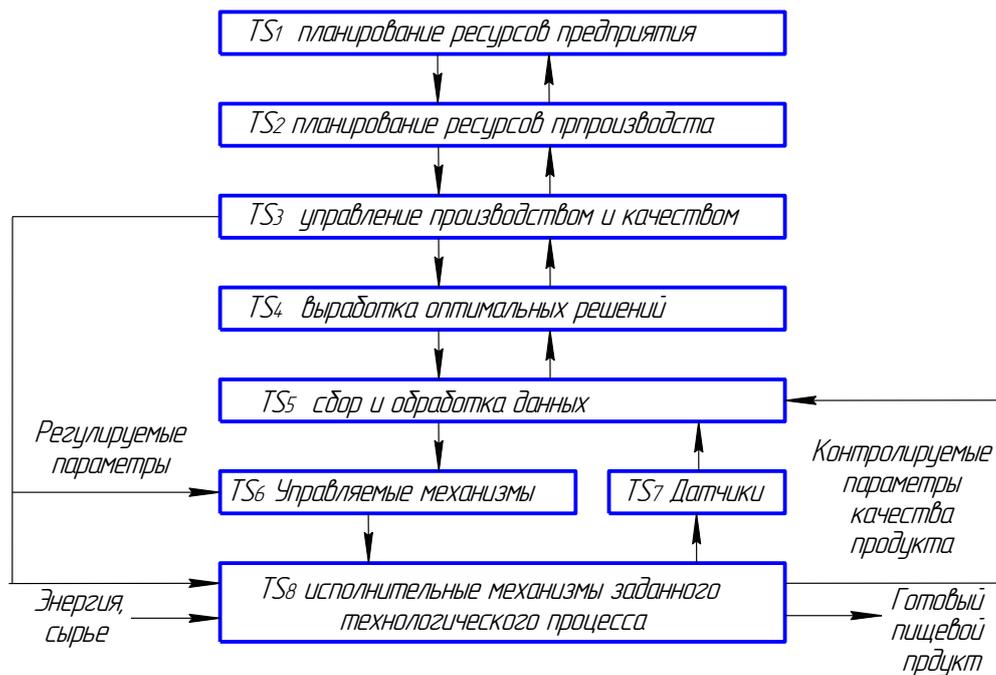


Рисунок 2 – Структура модели организационного уровня в иерархии автоматизированной системы управления производством

Под технической системой понимаем множество X целостных структурных единиц $x_i \in X$, предназначенных для выпуска определенной продукции. Такая модель, открытой производственной системы, содержащей технологическое оборудование, должна описываться следующими параметрами: технологическими возможностями (функциями); объектами обмена с внешней средой; правилами регламентирующими обмены; точками (местами) доступа к потокам объектов.

Применительно к такой моделируемой системе назначается конкретное определение цели Z – задачи производства, которая описывается экстремумом

функции $\max(\min)Z := \sum_{i=1}^n x_i p_i$. Производственная техническая система, с

регулярной структурой, определяет свое функционирование исходя из возможностей производства. При условии необходимых ресурсов

$A = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$, назначаются условия производства

$$\sum_{i=1}^n a_{ij}x_i \leq b_i \quad (i = \overline{1, k}) \quad \text{или} \quad \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i \geq b_i \quad (i = \overline{k+1, m}) \quad \text{при}$$

$$x_i \geq 0 \quad (j = \overline{1, l}; \quad l \leq n), \quad \text{где } a_{ij}, b_{ij} - \text{ заданные постоянные величины.}$$

Дополнительные условия определяются заданием параметров реализации, которые определяют показатели функционирования, например, время, производительность, качество и др.

Основываясь на необходимых производственных связях, должен быть сформирован внешний интерфейс, состоящий из вспомогательных интерфейсов, которые включают описание следующих функций:

–обработки, преобразование сырья и полуфабриката всех ресурсов, их свойства и параметры (технологический интерфейс);

–способов подачи и выдачи материальных объектов внутрь производственной системы (механический интерфейс);

–организационной среды системы, в которой функционирует производственная система (организационный интерфейс);

–формы построения и процедуры обмена информацией с внешней средой (информационный интерфейс);

–средств, возможности передачи информации (коммуникационный интерфейс);

–средств и возможностей персонала по управлению производственной системой (пользовательский интерфейс);

–возможности подключения к системе ресурсо- и жизнеобеспечения (интерфейс инфраструктуры).

Расширение состава и дополнительная структуризация указанных интерфейсов возможно при их детальном анализе. Также для каждого интерфейса должны быть определены и свойственные ему виды точек доступа. Открытая производственная система предназначена для сопряжения с другими открытыми системами. Здесь в качестве дополнительных систем модели выступают управляющие, транспортные, складские, коммуникационные и прочие системы. Это определяет образование модели производственной системы более высокого ранга и трактуется составом ряда открытых систем (технологической - обрабатывающей, транспортной, складской, контрольно-измерительной и управляющей). Согласованность интерфейсов должна удовлетворять любым комбинациям и требованиям, с возможностью их замыкания через управление. Такой подход определяет организацию произвольного числа уровней иерархии по управлению. В этом случае, правила композиции будут определены двумя факторами: функциональным назначением и внешним интерфейсом.

Иерархия уровня управления интегрированной технологической системы, в рамках системного подхода, осуществляется во взаимодействии с организационным уровнем и уровнем математического описания.

Иерархия управления на организационном уровне включает в себя в порядке управления отдельными агрегатами, подпроцессами и процессом в целом. В соответствии с этим уровень управления должен подразделяться на следующие подуровни или слои:

- защитный подуровень - обеспечивает защиту агрегатов и обслуживающего персонала при аварийных и экстремальных ситуациях;

- исполнительный подуровень - управляет обработкой исполнительными механизмами заданных программных движений;
- тактический подуровень - осуществляет координацию программных движений исполнительных подуровней на основе информации о ходе управляемого процесса;
- терминальный подуровень - организует взаимодействие системы с окружающей средой и, прежде всего, диалог с оператором и другими системами управления.

Иерархия управления на уровне математического описания включает:

- программное управление, которое реализуется при четко заданной математической модели управляемого процесса;
- адаптивное управление, реализуется в случае, изменения параметров математической модели или сама модель в процессе управления;
- интеллектуальное управление применяется в случае не четкой определенности математической модели управляемого процесса.

Математическую формализацию технической системы осуществляют исходя из концептуального подхода в теоретико-множественных терминах абстрактной алгебры и теории множеств. Математическое описание технической системы можно разбить на следующие основные подуровни или модели:

- математические модели на основе дифференциальных уравнений с частными производными - описывают непрерывные рабочие процессы;
- математические модели на основе обыкновенных дифференциальных уравнений - описывают работу исполнительных механизмов и машинных агрегатов, а также работу подсистем управления на исполнительном и тактическом уровне;
- математические модели на основе разностных уравнений - описывают работу цифровых систем управления;
- математические модели на основе теории автоматов - описывают функционирование защитного и терминального уровня управления;
- математические модели на основе теории множеств - описывают работу всей системы в целом.

Модели технологических процессов каждого этапа переработки пищевого продукта, могут быть представлены функциями физических моделей. Управление моделями можно осуществить путем генерирования внешних воздействий: сил сопротивления, внешних нагрузок и др. Оптимизацию функционирования технологической машиной системы проводят посредством сбора информации о технических и технологических параметрах объекта эксплуатации. В условиях ограничений должны быть заданы функции, аппроксимируемые конечными дискретными значениями или имеющими определенный спектр значений. Управление моделью технологического процесса осуществляют воздействием на управляемые механизмы машины, которые обеспечены кинематическими связями с исполнительными механизмами единицы технологического оборудования.

В общем виде, уравнения параметров процесса функционирования сложной технической системы можно представить целевой функцией $\bar{Y} = \bar{Y}(\bar{F}, \bar{x}, \tau)$, где: $\bar{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ – вектор выходных параметров объекта; $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ – вектор конструктивных и кинематических

параметров; $\bar{F} = (f_1, f_2, \dots, f_m)$ – вектор внешних и внутренних воздействий; τ — аргумент времени. Ограничения, накладываемые на конструктивные параметры, могут быть в виде уравнений или неравенств типа $\bar{g} = (\bar{x}, \bar{F}, \bar{Y}, \tau) < 0$ или $\bar{g} = (\bar{x}, \bar{F}, \bar{Y}, \tau) > 0$. За информационный параметр принимается показатель качества пищевого продукта.

Математическую модель единицы оборудования можно представить в виде взаимодействия составляющих системы управления – регулирования с отрицательной обратной связью. Факторы взаимодействия рабочих элементов машины с перерабатываемым продуктом на всех технологических этапах разнообразны, откуда возникает задача многокритериальной оптимизации, которая решается методами выделения *основных критериев*, на отдельных технологических процессах. Также информационная модель технологической машины обуславливает необходимость контролирующего элемента параметра качества продукции, что обеспечивает постоянное сравнение технологического результата с заданием качества продукта. Фактором применимости в модели системы контроля являются условия его эксплуатации выраженных в виде внешних возмущений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хубка В. *Теория технических систем*. – М.: Мир, 1987. – 208 с.
2. *Моделирование интегрированных производственных систем автоматизации в пищевых производствах* / Авроров В.А., Николаев В.С. // *Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы: сборник статей VII Международной научно-практической конференции*. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2013. с. 3–6.
3. *Архитектура автоматизированных интегрированных производственных систем* / А.В. Голубева, И.С. Гришин, В.Г. Митрофанов. *Вестник МГТУ «Станкин»*. Научный рецензируемый журнал. М.: МГТУ «Станкин» №2 (2). 2008 – С. 82-86.
4. Первозванский А.А., Гайцгорн В.Г. *Декомпозиция, агрегирование и приближенная оптимизация*. – М.: Наука, 1979. 342 с.
5. Вендров А.М. *CASE - технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем*. М.: Финансы и статистика, 1998. - 176с.
6. *Интеграция автоматизированных систем*. www.szma.com/art20.pdf

УДК 517.958, 519.711.3

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
УПЛОТНИТЕЛЯ ВОЛОКНИСТОЙ ЛЕНТЫ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ
ВОЗДЕЙСТВИЯХ^{*)}**

© *В.С. Николаев, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

**MODELING OF THE TRANSFER CHARACTERISTIC OF THE
COMPRESSOR FIBROUS RIBBON BY DYNAMIC INFLUENCE**

© *V.S. Nikolaev, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Рассмотрена функциональная модель переходной характеристики уплотнителя при силовом воздействии волокнистой ленты из растительного сырья и динамических силовых факторов технологической машины.

Ключевые слова: волокнистая лента, уплотнитель волокнистой ленты, динамические воздействия, колебательный процесс.

The functional model of the connecting feature of the sealant is considered at силовом influence uneven stringy tape from vegetable cheese, appearing under her(its) motion, and dynamic power factor of the technological machine. Certain value oscillatory influence in system machine - a sealing element processed продукта.

Key words: the connecting feature of the system, characteristic of the technical system, dynamic influences, oscillatory process.

E-mail: mycolo @ rambler.ru

Теоретические исследования степени уплотнения волокнистой ленты, состоящей из растительного сырья, необходимы для оптимизации технологического процесса по уровню работоспособности системы в целом. Моделирование технической системы, определяет условия прохождения ленты в уплотнителе, что позволяет использовать его в виде элемента контроля качества переработанного полуфабриката или датчика линейной плотности волокнистой ленты.

Схема геометрической модели уплотнительного элемента, расположенного перпендикулярно центральной оси движения ленты в зоне плющения, показана на рис. 1.а. Такое расположение элементов в технологической машине обеспечивает подготовку волокнистой ленты для правильной укладки в таз.

Задачей моделирования процесса является выбор параметров функционирования устройства. Решение модели выполняется в два этапа, первый заключается в построении математической модели проектируемой системы, второй, в вычислении оптимальных значений входных параметров при назначенных выходных.

Модель технической системы характеризуется условиями эксплуатации:

- втягивания неравномерного слоя волокнистого материала парой валков при их установившемся движении;
- переходной характеристики системы от сил, действующих на уплотнительный элемент вследствие движения волокнистой ленты;
- колебательными свойствами технической системы от внутренних и внешних динамических воздействий.

Рассмотрим условия втягивания неравномерного слоя волокнистого материала. За входную величину примем силу протаскивания F волокнистой

ленты пропорциональную числу волокон в ее сечении. Единица площади сечения соответствует среднему значению линейной плотности ленты $T_L = dm/dy = \gamma \cdot 0,25\pi x^2$, где γ ее объемная масса. Изменение толщины волокнистой ленты описывается гармоническим законом $x = x_0 + a \sin ky$. Средняя масса единицы площади сечения составляет $m_0 = \gamma x_0$. Тогда изменения массы волокон в сечении по гармоническому закону будет $m_n = m_0 + \gamma a \sin ky$. Изменение плотности ленты [1] характеризуется длиной волны $y_i = L_i$, где $i = \overline{1, n}$ номер гармоники волны с аргументом равным 2π . Тогда $ky_i = kL_i = 2\pi$ или $k = 2\pi/L_i$. Окончательно колебание массы ленты относительно ее среднего значения по гармоническому закону будет $m_n = m_0 + \gamma a \sin 2\pi y/L_i$.

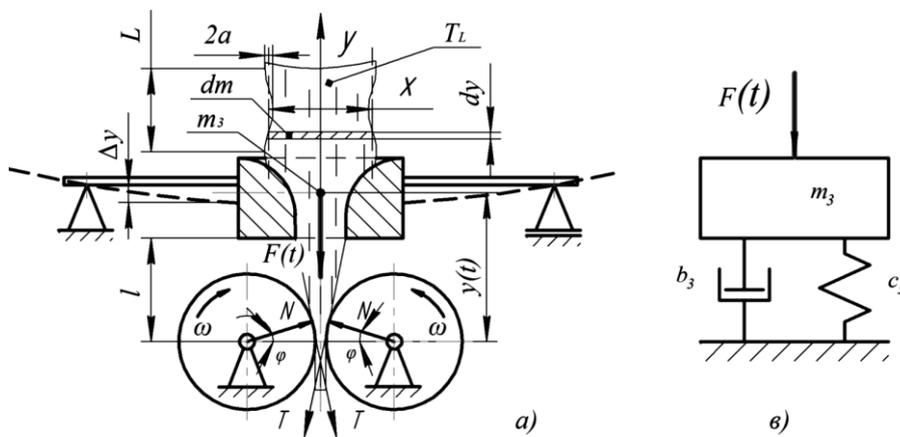


Рисунок 1 – Модели технической системы уплотнения – протаскивания волокнистой ленты

- а) геометрическая модель уплотнительного элемента расположенного в зоне плющильных валов;
 в) структурная модель уплотнительного элемента технологической машины

Волокнистый слой от выхода уплотнительного элемента до пары валков одинакового диаметра геометрически можно представить в виде клина. Взаимодействие вала с клином характеризуется направлением нормальных сил N , которые определяются углом φ при вершине клина, численно равным углу захвата и сил трения F . Условия втягивания волокнистой ленты при кинематически связанных валках выразятся неравенством $2F \cos \varphi \geq 2N \sin \varphi$,

Если $F = f N$ или $f \cos \varphi \geq \sin \varphi$, то условие ее втягивания в валки $f \geq \operatorname{tg} \varphi$ при устойчивом движении ленты. Геометрическое соотношение угла клина выражается через $\operatorname{tg} \varphi = dx/dy = 2\pi a/l$ при $\cos 2\pi y/l = 1$. Граничное условие $\operatorname{tg} \varphi_{\max} = 2\pi a/l$ или $f \geq \operatorname{tg} \varphi_{\max}$. Из условия прохождения волокнистой ленты через уплотнитель выразим изменение ее

сечения через параметр массы, тогда $tg\varphi_{\max} = 2\pi \Delta m/m_l$. Окончательно условие втягивания ленты в валки будет $f = 2\pi \Delta m/m_l \geq tg\varphi_{\max}$.

Таким образом, значительное нарушение неравномерности ленты может привести к сгуживанию материала на входе в пару валков, что нарушит нормальную работу этого узла.

Отсюда следуют условия применимости технической системы:

- уплотняющее устройство должно обеспечить заданный диапазон неравномерности сечения ленты. Заполнение отверстия диаметром d лентой линейной плотностью T_L должно быть в пределах до 70%;

- расположение уплотнительного элемента от точки контакта плющильных валков диаметром D должно соответствовать расстоянию $l = 0,5\sqrt{d(2D-d)} \leq l_{um}$, где l_{um} штапельная длина волокна.

Определим переходную характеристику системы от сил, действующих на уплотнительный элемент, возникающих при движении волокнистой ленты. Выходной величиной уплотнительного элемента является перемещение Δy вдоль оси движения волокнистой ленты. Считаем, что масса уплотнителя сосредоточена в центре. Уравнение движения уплотнительного элемента в направлении движения ленты будет:

$$m_3 \frac{d^2 y}{dt^2} + b_3 \frac{dy}{dt} + c_3 \Delta y = F(t), \quad (1)$$

где m - масса воронки и связанных с ней деталей; C_3 - жесткость опорных элементов уплотнительной воронки; b - коэффициент демпфирования.

Разделив члены уравнения (1) на коэффициент жесткости, получим выражение $\frac{m_3}{c_3} \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{b_3}{c_3} \cdot \frac{dy}{dt} + \Delta y = \frac{1}{c_3} F(t)$. При производных, с учетом размерностей величин входящих в них, коэффициенты постоянных времени будут $T_2^2 = m_3/c_3$ (сек²) и $T_1 = b_3/c_3$ (сек), а коэффициент податливости системы $k = 1/c_3$, м/кГ. Тогда инерционное звено второго порядка (структурная модель, смотри рис. 1.б, выразится в виде уравнения:

$$T_2^2 \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + T_1 \cdot \frac{dy}{dt} + \Delta y = k F(t), \quad (2)$$

В установившемся режиме производные уравнения (2) равны нулю. Значение выходной величины определяется жесткостью упругих элементов уплотнителя и составит $\Delta y = F(t)/c_3$. Отсюда следует, что уменьшение жесткости опорных элементов уплотнителя вызовет увеличение деформации Δy и возникновение его колебаний при увеличении постоянной времени T_2 .

Введем оператор Лапласа $Y = dy/dt$, тогда уравнение (2), при нулевых начальных условиях, преобразуется к виду

$$(T_2^2 Y^2 + T_1 Y + 1) \Phi(Y) = k F(Y). \quad (3)$$

Изображение выходной величины $\Phi(Y)$ и изображение входной величины $F(Y)$ в уравнении (3) являются отклонениями Δy и $F(t)$. Тогда модель уплотнительного элемента, выразится передаточной функцией:

$$W(Y) = \frac{\Phi(Y)}{F(Y)} = \frac{k}{T_2^2 Y^2 + T_1 Y + 1}, \text{ или } W(Y) = \frac{1}{c_3 \cdot (1 + T_3 Y) \cdot (1 + T_4 Y)}, \quad (4)$$

где $T_{3,4} = (T_1/2) \pm \sqrt{(T_1^2/4) - T_2^2}$ - вещественные корни [2].

Переходная характеристика системы определится уравнением

$$\Delta y(t) = k \left[1 - \frac{T_3}{T_3 - T_4} \exp\left(-\frac{t}{T_3}\right) + \frac{T_4}{T_3 - T_4} \exp\left(-\frac{t}{T_4}\right) \right] F(t). \quad (5)$$

Рассмотрим колебательные свойства уплотнительного элемента от внутренних и внешних динамических воздействий. В качестве колебательного объекта примем несущую конструкцию многороторной технологической машины с уплотнительным элементом, которые связаны между собой податливыми связями. Схема упрощенной многомассовой модели представлена на рис. 2, где $m_1 = \sum m_{1i}$ масса несущей конструкции машины, состоящая из ее элементов массой m_{1i} ; m_{2i} - массы роторов машины, m_3 - масса уплотнительного элемента. При этом центр тяжести ротора i считаем симметрично расположенным между двумя опорами суммарной жесткости c_{2i} . Жесткость уплотнительного элемента представлена величиной c_3 . Жесткость элементов несущей конструкции - c_{1i} . Погрешность e_{2i} любого ротора массой m_{2i} характеризует величину его неуравновешенности, которая определяет внутренние воздействия в машине. Упрощенное описание динамических сил, воздействующих на элемент несущей конструкции, с частотой вращения ротора i f_i , составит: $F_{2i} = m_{2i} e_{2i} 4\pi^2 f_i^2$ (г·мм/с²). Коэффициенты демпфирования представлены величиной b_{ji} , где $j = 1, 2, 3$ тип колебательной системы, $i = 1, 2, \dots, n$ роторы машины. Решение задачи упрощается принятием допущения о малости коэффициентов сопротивления металлоконструкции. Силовая модель динамических воздействий в расчетной схеме представлена в координатах перемещений $\pm y_{1i}$ элементов несущей конструкции, $\pm y_{2i}$ роторов машины, $\pm y_3$ уплотнительного элемента. От равновесного положения масс отсчитывают y_{ji} .

В модель колебательной системы, состоящей из нескольких масс - инерционных элементов (рис.2), входят соединения с упругими, диссипативными звеньями и устройствами. Примем симметричное расположение центра тяжести машины с суммарной жесткостью c_1 и приведем к вертикальной оси y действие возмущающих сил в опорных элементах роторов, имеющих жесткости c_{2i} . Используя принцип Даламбера с последующим применением структурных подходов, опишем колебательные

процессы в связях элементов технической системы посредством системы обыкновенных дифференциальных уравнений [3]:

$$m_1 \frac{d^2 y_{1i}}{dt^2} + c_{1i} y_{1i} - c_{2i} (y_{2i} - y_{1i}) = F_{1i} \quad (6)$$

$$m_2 \frac{d^2 y_{2i}}{dt^2} + c_{2i} (y_{2i} - y_{1i}) = F_{2i} \quad (7)$$

$$m_3 \frac{d^2 y_3}{dt^2} + c_3 (y_3 - y_{1i}) = F + F(t) \quad (8)$$

Очевидно, решая систему двух первых уравнений (6) и (7), при $F_{1i} = 0$, придем к форме:

$$m_1 \frac{d^2 y_{1i}}{dt^2} + m_2 \frac{d^2 y_{1i}}{dt^2} + y_{1i} c_{1i} = F_{2i} \quad (9)$$

Откуда перемещение точки i массы m_1 составит

$$y_{1i} = \frac{F_{2i} - m_1 \frac{d^2 y_{1i}}{dt^2} - m_2 \frac{d^2 y_{1i}}{dt^2}}{c_{1i}} \quad (10)$$

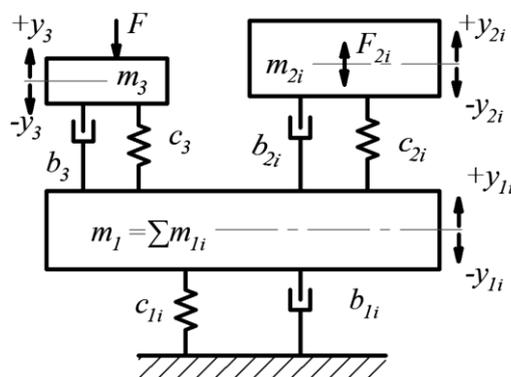


Рисунок 2 – Структурная модель уплотнителя обусловленного связями с несущей конструкцией многороторной технологической машины

Из уравнения (10) видно, что перемещения точек i массы m_1 определяется реакциями связей, которые вытекают из принципа Даламбера. Отсюда следует, что задача будет заключаться в построении метода исследования динамических реакций [4] в колебательной системе (рис.2).

Предполагаем, что движение механической колебательной системы возникает от действия периодических сил относительно положения статического равновесия. Тогда, следующим шагом решения задачи будет определение переходной характеристики системы уравнений (8) и (9), в которых явно выражены динамические воздействия от не вполне

уравновешенных роторов и силовых воздействий волокнистой ленты из растительного сырья.

$$m_3 \frac{d^2 y_3}{dt^2} + c_3 y_3 - c_3 \frac{F_{2i} - m_1 \frac{d^2 y_{1i}}{dt^2} - m_2 \frac{d^2 y_{1i}}{dt^2}}{c_{1i}} = F + F(t) \quad (11)$$

Из формулы (11) получим перемещение уплотнительного элемента от действия внешней силы F_{2i} и внутреннего фактора силового воздействия $F + F(t)$ волокнистой ленты на уплотнитель, где F статическая составляющая усилия протаскивания зависящая от средней плотности волокнистой ленты T_L , а $F(t)$ фактор динамической силы возникающей при изменениях плотности ленты:

$$y_3 = \frac{1}{c_3} F + \frac{1}{c_3} F(t) - \frac{1}{c_3} m_3 \frac{d^2 y_3}{dt^2} + \frac{F_{2i} - m_1 \frac{d^2 y_{1i}}{dt^2} - m_2 \frac{d^2 y_{1i}}{dt^2}}{c_{1i}}. \quad (12)$$

Последнее уравнение (12) предопределяет существование полного перемещения уплотнительного элемента в виде суммы двух составляющих.

Полученная нами упрощенная модель позволяет рассмотреть существенные особенности для уплотнителя в целях уменьшения его колебаний относительно плющильных валов. Можно видеть, что динамические реакции в наблюдаемых точках технологической машины оказывают влияние на элемент уплотнения волокнистой ленты. и в общем случае будут различными.

•) Работа выполнена под руководством д.т.н. Авророва В.А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев В.С., Авроров В.А., Волков В.В. Моделирование волокнистой структуры в виде системы с распределенными параметрами. «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2012 № 06(10) с.80-87, ISSN 2221-951X.
2. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. – 13-е изд., исправленное. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 544 с.
3. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т./Ред. В.Н. Челомей. – М.: Машиностроение. 1980-Т. 3. Колебания машин, конструкций и их элементов/ Под ред. Ф.М. Диментберга и К.С. Колесникова. 1980. 544 с.
4. Белокобыльский С.В., Елисеев С.В., Кашуба В.Б. Прикладные задачи структурной теории виброзащитных систем.– СПб: Политехника.– 2013.– 363с.

УДК 517.958, 67.06

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ НАЧИНКИ ДЛЯ МУЧНЫХ
КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ЛИНЕЙНОГО
ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

© *В.В. Ловцева, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

**MODELING OF FORMULATION FILLING FOR MEALY
CONFECTIONARY MAKE LINEAR-PROGRAMMING TECHNIQUE**

© *V.V. Lovzeva, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье рассмотрена задача составления рецептуры начинки методом линейного программирования.

Ключевые слова: метод линейного программирования, рецептура начинки, мучные кондитерские изделия.

The article is of a question problem composition filling linear-programming technique.

Key words: linear-programming technique, formulation of filling, mealy confectionary make

Под управлением, по определению Л.Н.Растригина, понимается процесс такого воздействия на объект, в результате которого он переходит в требуемое состояние [1]. Объект управления может представлять собой любой элемент - продукт, механизм, аппарат, поточную линию, участок, цех, промышленное предприятие, систему предприятий и т. п., изучение состояния которого представляет интерес, и на который можно целенаправленно воздействовать.

Например, если объектом является какая-то технологическая установка, то факторы X определяют состояние ее среды, а Y – состояние этой установки. Очевидно, состояние объекта Y зависит от состояния его среды $Y = F^{\circ}(X)$, где F° - оператор, связывающий вход X и выход Y объекта.

Управление является целенаправленным процессом, реализующим определенные цели. Источником целей служит субъект. Эти цели возникают в зависимости от его потребностей. Цель представляет собой набор требований, предъявляемых субъектом к состоянию объекта, и обозначается Z^* (* - желаемая цель). $Z = \psi(Y)$. Например, в частном случае $Z = Y$, т.е. цель Z заключается в том, что производительность i -ой установки равна Q кг/ч. Равенство $Z = Z^*$ означает, что состояние объекта удовлетворяет целям субъекта, т.е. все цели субъекта выполнимы, а $Z \neq Z^*$ - цели субъекта не реализованы в данном объекте, т.е. потребности удовлетворены не полностью.

Для реализации управления необходимо наличие определенных каналов управления U . Тогда состояние объекта управления будет зависеть от двух факторов – состояния среды X и состояния управления U .

Таким образом, под управлением можно понимается процесс достижения целей, а в более узком смысле - целенаправленное воздействие на объект $Y = F^*(X, U)$. В этом случае возникает *система управления*, представляющая необходимые алгоритмы обработки информации и средства их реализации.

Этапы процесса управления объектом приведены на рис. 1



Рисунок 1 – Этапы процесса управления объектом

На этапе формулирования целей определяется множество возможных целей, которые необходимо реализовать в процессе управления объектом. Под целью понимается желаемое для потребителя состояние выходных параметров объекта, которое не может реализоваться без управления. Например, цель – поддержание температурного уровня в туннельной сушилке и влажности изделий на выходе независимо от колебаний влажности входящего материала может быть реализована только с помощью управления [2].

Задание множества целей $\{Z^*\}$ в данном случае сводится к определению диапазона температур, внутри которых располагается необходимая температура t^* . Здесь автоматическое управление связано с аппаратной реализацией алгоритма, т.е. с автоматическим включением и выключением источников нагрева в зависимости от показания температурного датчика и установки терморегулятора.

Определение объекта управления связано с выделением той части среды, состояние которой интересует потребителя с позиций сформулированных им целей. Эта часть и является объектом управления.

На примере сушилки объектом управления будет являться выбранный диапазон температур, т.е. часть та часть объекта, состояние которой необходимо контролировать и на которую оказывается воздействие.

Под моделью объекта управления понимается зависимость, связывающая выход объекта с его входами. На данном этапе определяется вид зависимости F без учета значений ее параметров $F = (St, c)$, где St – структура модели, $c = (c_1, \dots, c_n)$ – вектор параметров. Под *структурой модели* понимается вид элементов, из которых состоит объект, и отношения между элементами. Например, линейная непрерывная детерминированная структура i -го объекта может быть определена как $Y = F(X, U) = c_0 + c_1x + c_2u$.

Идентификация модели связана с определением численных значений параметров $c = (c_1, \dots, c_n)$ в режиме нормального функционирования, т.е. без управляющих воздействий на объект. Исходной информацией для

идентификации является структура объекта и наблюдения (без вмешательства) за поведением входа $X(t)$ и выхода $Y(t)$ объекта.

На этапе планирование осуществляется синтез плана эксперимента, позволяющего с максимальной эффективностью определить параметры модели объекта, которые нельзя установить на этапе идентификации, а также при необходимости скорректировать структуру объекта.

Синтез управления связан с принятием решения о таком управлении U , чтобы была достигнута заданная цель Z^* , а этап реализации - с реализацией программы оптимизации управления.

Этап коррекции обусловлен неполным учетом специфики объекта, поэтому необходим возврат к ранее выполненным этапам: это может быть подстройка параметров модели (ее адаптация), уточнение структуры, изменение целей управления и др.

Рассмотрим этапы управления объектом из области производства продукции для общественного питания на примере составления рецептуры творожной массы, используемой для начинки при производстве мучных кондитерских изделий. Пусть необходимо составить такую рецептуру, которая, с одной стороны, должна быть вкусной, а с другой относительно дешевой. Требуется принять решение, какие ингредиенты, и в каком количестве смешать для получения данного продукта.

За целевые критерии примем: z_1 – вкусовые качества творожной массы, z_2 – жирность творожной массы, z_3 – стоимость 1 кг массы. При этом U_i – относительное содержание i -го компонента, ($i = 1, \dots, n$), причем

$$\sum_{i=1}^n U_i = 1, \quad U_i \geq 0.$$

Вектор $U = (U_1, \dots, U_n)$ определяет состав, и от него в какой-то зависимости находятся все три критерия: $z_1 = f_1(U)$, $z_2 = f_2(U)$, $z_3 = f_3(U)$, где f_i – неизвестные целевые функции.

Сформулируем цели и задачи управления.

Задачи управления: *объект управления* - творожная масса и i -й потребитель, который его оценивает; X – вход: компоненты творожной массы; U – управляющее воздействие: относительное содержание компонентов; Y – выход объекта: свойства массы, оцениваемые потребителем, $Y = (z_1, z_2, z_3)$; $УУ$ – устройство управления – фирма (предприниматель), создающая и реализующая данную творожную массу.

Цели управления определяются потребностями субъекта, т.е. зависят от потребителя:

1. $z^*_1 : \{z_1 \rightarrow \max, z_2 \geq a_2, z_3 \leq a_3\}$ – цель максимизации вкусовых качеств.

При этом критерий z_2 ограничивается снизу, ($z_2 \geq a_2$), где a_2 – минимальная жирность, устраивающая потребителя, а критерий z_3 – сверху, ($z_3 \leq a_3$), где a_3 – максимальная стоимость 1 кг массы.

2. $z^*_2 : \{z_1 \geq a_1, z_2 \rightarrow \max, z_3 \leq a_3\}$ – цель максимизации жирности массы.

При этой цели критерий z_1 ограничивается снизу, ($z_1 \geq a_1$), где a_1 – вкусовые качества массы, а z_3 – сверху.

3. $z^*_3 : \{z_1 \geq a_1, z_2 \geq a_2, z_3 \rightarrow \min\}$ - цель минимизации стоимости массы.

Можно видеть, что для задания любой из целей необходимо задать два числа из трех: a_1, a_2, a_3 , т.е. необходимо решить следующие задачи

$$\begin{aligned} f_1(U) \rightarrow \max_{U \in \theta_1} \quad & \theta_1 : \begin{cases} f_2(U) \geq a_2 \\ f_3(U) \leq a_3 \end{cases}, \\ f_2(U) \rightarrow \max_{U \in \theta_2} \quad & \theta_2 : \begin{cases} f_1(U) \geq a_1 \\ f_3(U) \leq a_3 \end{cases}, \\ f_3(U) \rightarrow \min_{U \in \theta_3} \quad & \theta_3 : \begin{cases} f_1(U) \geq a_1 \\ f_2(U) \geq a_2 \end{cases}. \end{aligned}$$

Для данной задачи объектом управления является смесь ингредиентов творожной массы. Потребитель этой массы будет играть роль датчика.

Для создания модели управления определим вид функции $f_j(U)$, $j = 1, 2, 3$ и структуру управления – вид вектора $U = (U_1, \dots, U_n)$.

Будем считать, что жирность и стоимость создаваемой рецептуры творожной массы будут линейно зависеть от концентрации его компонентов,

т.е. $f_2(U) = \sum_{i=1}^n c_{i2} U_i$, $f_3(U) = \sum_{i=1}^n c_{i3} U_i$, где c_{i2} – относительная жирность i -го компонента, c_{i3} – стоимость 1 кг i -го компонента. Предположим также, что

функция $f_1(U)$, отражающая вкусовые качества компонента, тоже является

линейной $f_1(U) = \sum_{i=1}^n c_{i1} U_i$, где c_{i1} – «вкусовые» качества i -го компонента,

определенные экспертным путем.

На этапе идентификации параметров модели определим численные значения коэффициентов c_{ij} на основе информации, полученной из имеющихся источников в данной области.

Осуществим синтез управления, т.е. определение оптимального состава U^* .

Имеем:

$i = 1$ – творог, $i = 2$ – сливки, $i = 3$ – сливочное масло.

Таблица 1

J	C_{ij}	i=1	i=2	i=3	Единица измерения
1	C_{i1}	1,0	0,4	0,2	Вкус (баллы)
2	C_{i2}	0,6	1,0	7,2	Жирность ($\% \cdot 10^{-1}$)
3	C_{i3}	1,8	3,0	4,6	Стоимость (усл. ед. за 1 кг/10)

Введем предельные константы. Пусть $a_2 = 3\% \cdot 10^{-1}$ – минимальная допустимая жирность творожной массы, $a_3 = 3$ усл. ед. за 1 кг/10

максимальная допустимая стоимость 1 кг. Тогда задача синтеза запишется в виде

$$1,0U_1 + 0,4U_2 + 0,2U_3 \rightarrow \max$$

$$U_1, U_2, U_3 \in \theta_1$$

$$\theta_1 : \begin{cases} 0,6U_1 + U_2 + 7,2U_3 \geq 3 \\ 1,8U_1 + 3U_2 + 4,6U_3 \leq 3 \\ U_1 + U_2 + U_3 = 1 \\ u_i \geq 0, i = 1, 2, 3 \end{cases}$$

Исключая $U_3 = 1 - U_1 - U_2$, получим

$$0,8U_1 + 0,2U_2 + 0,2 \rightarrow \max$$

$$U_1, U_2 \in \theta_1^*$$

$$\theta_1^* : \begin{cases} 6,6U_1 + 7,2U_2 \leq 4,2 \\ 2,8U_1 + 1,6U_2 \geq 1,6 \\ U_1 + U_2 \leq 1 \\ U_1 \geq 0, U_2 \geq 0 \end{cases}$$

По результатам решения данной системы построим плоскость параметров (рис.2.), из которой можно видеть, что максимальные значения линейная функция принимает на границе зоны θ_1^* в одной из вершин ΔABC . Значения z_i в этих вершинах:

$$z_1 = 0,8U_1 + 0,2U_2 + 0,2$$

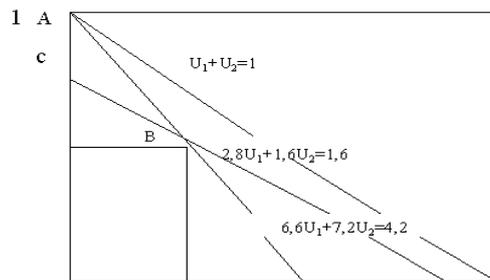
$$z_1(A) = 0,2 \cdot 1 + 0,2 = 0,4,$$

$$z_1(B) = 0,2 \cdot 0,58 + 0,2 = 0,32,$$

$$z_1(C) = 0,8 \cdot 0,5 + 0,2 \cdot 0,15 + 0,2 = 0,63.$$

Следовательно, точка C есть решение данной задачи для целевой функции $f_1(U)$ $U_1^* = 0,5; U_2^* = 0,15; U_3^* = 0,35$.

Вкусовые качества такой творожной массы определяются значением $z_1^* = 0,63$.



1

Рисунок 2 – Плоскость параметров задачи

Следует ожидать, что в среднем 63% потребителей (или экспертов из числа экспертной группы, оценивающей данную творожную массу) должны дать такую оценку. Если средняя экспертная оценка будет отличаться от $z_1^* = 0,63$, то необходимо провести коррекцию модели. Например, пусть

оценка творожной массы составила 0,5, тогда параметры модели следует откорректировать следующим образом: $c_{i1}' = \left(\frac{0,5}{0,63} \right) c_{i1} = 0,79c_{i1}$, $i = 1, \dots, n$,

где c_{i1}' - новые значения параметров, при которых получим $z_1^* = 0,5$. Если такая коррекция не сможет улучшить управления, то необходимо скорректировать структуру модели, т.е. выбрать другие компоненты или принять функцию вкусовых качеств как нелинейную, изменить параметры a_1 , a_2 , a_3 .

Аналогичным образом решаются задачи и для остальных целей по жирности и минимизации стоимости творожной массы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Растрюгин Л.А. *Современные принципы управления сложными объектами*. – М.: Сов.радио, 1980.
2. Авроров Г.В., Ловцева В.В., Авроров В.А., Тутов Н.Д. *Анализ и моделирование операций обработки сырья и полуфабрикатов для мучных кондитерских изделий*. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 244с.

УДК 51.519.8

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

© **В.А. Авроров**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

© **В.В. Ловцева**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

FORECAST METHOD DEVELOPMENT SYSTEM FOOD PRODUCTION

© **V.A. Avrorov**, Penza State Technological University (Penza, Russia)

© **V.V. Lovzeva**, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье приведены задачи и рассмотрены методы прогнозирования развития технических систем пищевых производств.

Ключевые слова: методы прогнозирования, технические системы, пищевые производства, метод экстраполяции, метод регрессионных моделей, метод использования функций с гибкой структурой.

The article is considered problem and elaborated forecast method system food production.

Key words: forecast method, technical method, food production, extrapolation, regression model, flexible function

E-mail: v_avrorov@bk.ru

Цель прогнозирования заключается в том, чтобы, с одной стороны, повысить уровень конкретного планирования развития той или иной производственной системы, а, с другой, повысить эффективность воздействия на объект управления и обеспечить возможность оптимизации управленческих решений.

Процесс прогнозирования предусматривает:

- постановку цели, определяющую направленность последующих действий,
- получение необходимой информации, ее анализ и оценку, определение перспектив и вероятности реализации прогноза.

Для повышения надежности прогнозирования необходимо обладать достаточной полнотой информации по объему и структуре и наличием независимых источников информации.

Известны различные методы прогнозирования [1,2], как *сингулярные*, использующие один принцип, так и *комплексные*, использующие различные сочетания методов. В зависимости от характера источника информации сингулярные методы делятся на два класса: *эвристические*, основанные на методологии теоретических исследований, и *фотографические*, опирающиеся на фактический материал.

Класс эвристических методов включает в себя *интуитивные* и *аналитические* методы. К интуитивным относятся методы с использованием экспертов («*мозговая атака*», *синектика* и др.), к аналитическим – методы, основанные на логическом анализе процесса развития объекта (*сетевые методы*, *методы теории игр*, *матричные методы*, *морфологический анализ* и др.).

Фотографические методы прогнозирования подразделяется на *статистические*, основанные на построении и анализе эмпирических характеристик объекта (*методы экстраполяции и интерполяции*, *метод функций с гибкой структурой*, *корреляционные*, *регрессионные* и др.), и *опережающие* (*метод патентной экспертизы* и пр.).

Выбор того или иного метода прогнозирования определяется следующими фактами:

- целью прогноза, т.е. поставленной задачей,
- временем прогноза,
- особенностями объекта прогнозирования, доступностью и полнотой исходной информации,
- возможностями разработчиков прогноза.

Функционирование любых технических систем и объектов происходит в условиях действия ряда случайных неконтролируемых факторов, поэтому прогнозирование поведения этих объектов имеет только вероятностный смысл. Однако в силу определенной инерционности объектов и стабильности показателей, характеризующих изменение объекта в течение определенного периода времени, вероятностные оценки при инженерном прогнозировании могут считаться вполне корректными.

Метод экстраполяции. Является одним из основных в прогнозировании развития технических систем и заключается в установлении по полученным статистическим данным объекта прогнозирования за предшествующий период закономерности изменения этих данных, после чего определяются значения прогнозируемых величин за пределами имеющегося динамического ряда.

Так как любой исследуемый временной динамический ряд является выборочным, то оцениваемые параметры при анализе выборки предполагают получение значений выборочных показателей (среднего, дисперсии, коэффициента вариации и др.) и установление доверительного интервала для ожидаемых значений.

Данный метод целесообразен, если определена форма кривой, которая отражает закономерность изменения опытных данных.

Первое приближение к ожидаемой прогнозируемой величине дает оценку прогнозирования на основе вычисления тренда, показывающего направление развития изучаемого процесса. *Тренд* – это направление и по своей сути является линией регрессии в динамическом ряду. Если $y(t)$ – случайные величины, то трендом является такая функция $\tilde{y}(x)$, значения которой для каждого момента времени t равны среднему значению по всему интервалу наблюдений.

Существует несколько видов динамических рядов, отражающих процесс развития прогнозируемой величины в прошлом:

- ряды с устойчивой тенденцией (трендом),
- ряды с неустойчивой тенденцией,
- ряды с отсутствием тенденции.

Для определения вида динамического ряда вычисляется выборочный коэффициент корреляции

$$r_{yx} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}.$$

При $|r_{yx}| \geq 0,7$ тренд считается устойчивым. При значении r_{yx} близком к нулю корреляционная связь между значениями y и x отсутствует.

Если установлено наличие устойчивого тренда, то динамический ряд можно разложить на две составляющие $y = y_t + \varepsilon_t, (t = 1, \dots, n)$, где y_t – тренд изменения, ε_t – составляющие, определяемые действием случайных факторов.

Для определения количественной характеристики в случайной линейной модели $y_t = a + bt$ ее параметры определяются методом наименьших квадратов с системой нормальных уравнений:

$$\begin{cases} na + b \sum_{t=1}^n t = \sum_{t=1}^n y_t \\ a \sum_{t=1}^n t + b \sum_{t=1}^n t^2 = \sum_{t=1}^n y_t t \end{cases},$$

где n – число наблюдений динамического ряда.

Решая эту систему относительно a и b , получим

$$b = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t t - n\bar{y}_t)}{\sum_{t=1}^n (t^2 - n\bar{t}^2)},$$

$$a = \bar{y} - b\bar{t}.$$

При прогнозировании методом экстраполяции наиболее ответственной частью является выбор надлежащей математической зависимости.

Метод регрессионных моделей. В качестве зависимой переменной в регрессионном анализе выступают случайные переменные, а в качестве независимой – неслучайные переменные. Показателем вариации переменной

является среднее квадратичное отклонение расчетного показателя от

$$\text{эмпирического } \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (y_j - \tilde{y})^2}{n - k}},$$

где y_j – фактические величины, \tilde{y}_j – расчетные величины, n – число наблюдений, k – число значащих коэффициентов регрессии.

$$\text{Среднее линейное отклонение } B = \frac{\left| \sum_{j=1}^n (\tilde{y}_j - y_j) \right|}{\sqrt{n(n-1)}}.$$

Распределение отклонений является нормальным, если $1,1 > \frac{\sigma}{B \cdot 1,253} > 0,9$. Относительные отклонения расчетных значений y от эмпирических значений характеризуется коэффициентом вариации

$$c = \frac{\sigma}{\bar{y}} 100\%, \text{ где } \bar{y} = \frac{\sum_{j=1}^n y_j}{n}. \text{ Чем меньше величина коэффициента вариации,}$$

тем ближе подходит расчетная линия регрессии к эмпирической линии.

Метод прогнозирования с использованием функции с гибкой структурой. Очевидно, что успех прогнозирования зависит от того, насколько используемая функция адекватна изучаемому процессу. Для аппроксимации зависимостей при моделировании производственных систем широко используются различные формулы математического анализа, например, формула Тейлора, ряды Фурье, формула Эйлера и др. Однако, для всех этих формул структура исследуемой функции считается неизменной. Так, в формуле Тейлора используется степенной многочлен, ряды Фурье могут представлять функции только в виде тригонометрического многочлена.

В процессах прогнозирования заранее неизвестен характер функциональной взаимосвязи и часто он может оказаться более сложным, чем описание его степенной, тригонометрической или другой зависимостью. Поэтому при прогнозировании может оказаться целесообразным использование функций с гибкой структурой, т.е. структура которых может изменяться, приспособливаясь к изучаемому процессу, и тем самым более точно отражать временные зависимости, как в прошлом, так и в будущем.

Формула функциональной связи с гибкой структурой по Куликову Н.К. имеет вид

$$F(x) = A_0 + \sum_{j=1}^n A_j \frac{\delta_j(x - x_0)}{D}, \quad (1)$$

где x_0 – начальное значение аргумента на рассматриваемом интервале; A_0, A_j – постоянные параметры; n – фиксированное число; D – определитель,

$$D = \begin{vmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ r_1 & r_2 & \dots & r_n \\ r_1^2 & r_2^2 & \dots & r_n^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_1^{n-1} & r_2^{n-1} & \dots & r_n^{n-1} \end{vmatrix},$$

r_1, \dots, r_n – корни базисного уравнения; a_0, a_1, \dots, a_{n-1} – постоянные действительные параметры:

$$\begin{aligned} a_0 &= (-1)^n r_1 \cdot r_2 \cdot \dots \cdot r_n, \\ a_1 &= (-1)^n (r_1 \cdot r_2 \cdot \dots \cdot r_{n-1} + \dots + r_2 \cdot r_3 \cdot \dots \cdot r_n), \\ a_{n-1} &= (-1)^{n-(n-1)} (r_1 + r_2 + \dots + r_n). \end{aligned}$$

$$\delta_j(x - x_0) = \begin{vmatrix} 1 & \dots & 1 \\ r_1 & \dots & r_n \\ \dots & \dots & \dots \\ r_1^{j-2} & \dots & r_n^{j-2} \\ \varphi_1(x - x_0) & \dots & \varphi_n(x - x_0) \\ r_1^j & \dots & r_n^j \\ \dots & \dots & \dots \\ r_1^{n-1} & \dots & r_n^{n-1} \end{vmatrix},$$

$$\varphi_v(x - x_0) = \frac{e^{r_v(x-x_0)} - 1}{r_v}, \quad v = 1, \dots, n.$$

Функция $F(x)$ зависит от аргумента x , значения n и значений $(2n+1)$, свободных неопределенных параметров $x_0, A_0, A_1, \dots, A_n, r_1, \dots, r_n$ в зависимости от значений которых может менять как свою структуру, так и количественные характеристики, являясь или степенным, или тригонометрическим многочленом, или функцией возрастающего, убывающего или смешанного характера.

Модификацией функции с гибкой структурой для одного аргумента является соотношение

$$F(x) = \sum_{j=1}^n A_j \frac{\Delta_j(x - x_0)}{D}, \quad (2)$$

где $x, x_0, D, A_1, \dots, A_n$ имеют тот же смысл, что и в формуле (1)

$$\Delta_j(x-x_0) = \begin{vmatrix} 1 & \cdot & 1 \\ r_1 & \cdot & r_n \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ r_1^{j-2} & \cdot & r_n^{j-2} \\ e^{r_1(x-x_0)} & \cdot & e^{r_n(x-x_0)} \\ r_1^j & \cdot & r_n^j \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ r_1^{n-1} & \cdot & r_n^{n-1} \end{vmatrix},$$

Функция $\Delta_j(x-x_0)$ получается из D заменой элементов j -й строки на соответствующие функции $e^{r_1(x-x_0)}, e^{r_2(x-x_0)}, \dots, e^{r_n(x-x_0)}$.

При $n = 1$

$$F_1(x) = A_1 e^{r(x-x_0)},$$

$$\Delta_1(x-x_0) = e^{r(x-x_0)}$$

$$D = 1,$$

где A_1 и r – действительные постоянные параметры.

При $n = 2$

$$D = r_2 - r_1; \Delta_1(x-x_0) = r_2 e^{r_1(x-x_0)} - r_1 e^{r_2(x-x_0)}; \Delta_2(x-x_0) = e^{r_2(x-x_0)} - e^{r_1(x-x_0)},$$

$$F_2(x) = A_1 \left[\frac{r_2 e^{r_1(x-x_0)} - r_1 e^{r_2(x-x_0)}}{r_2 - r_1} \right] + A_2 \left[\frac{e^{r_2(x-x_0)} - e^{r_1(x-x_0)}}{r_2 - r_1} \right],$$

где A_1, A_2 – действительные параметры; r_1, r_2 – действительные или комплексно сопряженные параметры.

В случае комплексных корней $r_1 = \alpha + \beta i, r_2 = \alpha - \beta i$

$$F(x) = e^{\alpha(x-x_0)} \left[A_1 \cos \beta(x-x_0) + \frac{A_2 - \alpha A_1}{\beta} \sin \beta(x-x_0) \right],$$

$$\text{где } \alpha = -a_1/2, \quad \beta = \sqrt{a_0 - a_1^2/4}, \quad r^2 + a_1 r + a_0 = 0.$$

Если в качестве модели взять функцию с гибкой структурой $F(x)$, то задача прогнозирования сводится к тому, чтобы найти параметры базисного уравнения.

Пусть имеется функция $z(x)$ одного действительного аргумента x . Если известно, что эта функция сложная и неудобная для практического применения, то ее целесообразно заменить моделью в виде функции $F(x)$ с гибкой структурой. В этом случае справедливы следующие положения:

- если $z(x)$ дифференцируема $n+1$ раз на отрезке, содержащем точку $x = x_0$, то $z(x) = F(x) + R(x)$,

$$\text{где } F(x) = z(x_0) + \sum_{j=1}^n z^{(j)}(x_0) \frac{\delta_j(x-x_0)}{D}, \quad R(x) = \int_{x_0}^x \int_{x_0}^t \eta(\tau) \frac{\Delta_n(t-\tau)}{D} d\tau dt,$$

$z(x_0), z^{(1)}(x_0), \dots, z^{(n)}(x_0)$ – начальные значения функции $z(x)$ и ее производных по x в точке $x = x_0$

$$\Delta_n(t-\tau) = \begin{vmatrix} 1 & \cdot & 1 \\ r_1 & \cdot & r_n \\ r_1^2 & \cdot & r_n^2 \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ r_1^{n-2} & \cdot & r_n^{n-2} \\ e^{r_1(t-\tau)} & \cdot & e^{r_n(t-\tau)} \end{vmatrix},$$

$$\eta(\tau) = z^{(n+1)}(\tau) + a_{n-1}z^{(n)}(\tau) + \dots + a_1z^{(2)}(\tau) + a_0z^{(1)}(\tau).$$

Для $n = 1$

$$r + a_0 = 0, \quad a_0 - \text{const}, \quad r = -a_0, \quad D = 1,$$

$$\delta_1(x - x_0) = \frac{1}{r} [e^{r(x-x_0)} - 1]$$

$$\Delta_1 = (t - \tau) = e^{r(t-\tau)},$$

$$F_1(x) = z(x_0) + z^{(1)}(x_0) \left[\frac{e^{r(x-x_0)} - 1}{r} \right],$$

$$R_1(x) = \int_{x_0}^x \int_{x_0}^t \eta(\tau) e^{r(t-\tau)} d\tau dt,$$

$$\eta(\tau) = z^{(2)}(\tau) + a_0 z^{(1)}(\tau).$$

Рассмотрим условный пример применения функции с гибкой структурой.

Пусть технологический процесс описывается установленной экспериментально связью между двумя факторами x и y (табл.1)

Таблица 1

Фактор x	1,04	0,95	0,82	0,80	0,75	0,71	0,67	0,60	0,54	0,51	0,46
Фактор y	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23
Фактор x	0,44	0,40	0,37	0,35	0,33	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25	0,24
Фактор y	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45

Для прогнозирования процесса требуется установить аналитическое выражение этой зависимости.

Пусть $n = 1$

1. Выберем три опорные точки (жирный шрифт)

$$y_0 = 0,25 \quad y_1 = 0,03 \quad y_2 = 0,45$$

$$x_0 = 0,44 \quad x_1 = 1,04 \quad x_2 = 0,24.$$

2. Базисная функция для $n = 1$

$$\eta(y) = x''(y) + a_0 x'(y).$$

3. Допустим $x''(y) + a_0 x'(y) = 0$, проинтегрировав это выражение, получим $x'(y) + a_0 x(y) = c_1$.

4. Подставим в полученное выражение значение начальной точки $x'(y_0) + a_0 x(y_0) = c_1$, откуда $x'(y_0) = c_1 - a_0 x(y_0)$.

5. Проинтегрируем $x'(y) + a_0 x(y) = c_1$ еще раз

$$x(y) + \int_{y_0}^y x(y) dy = c_1 (y - y_0) + c_0, \text{ где } c_0 - \text{ постоянная интегрирования.}$$

6. Полагая $y = y_0$, получим $c_0 = x(y_0)$. Функция $x(y)$ задана исходной таблицей.

$$\text{Тогда } c_1 (y - y_0) = a_0 \int_{y_0}^y x(y) dy = x(y) - x(y_0).$$

Это уравнение содержит две неизвестные функции a_0 и c_1 ;

7. Подставим в последнее уравнение значения трех опорных точек

$$\left. \begin{aligned} c_1 (y_1 - y_0) - a_0 \int_{y_0}^{y_1} x(y) dy &= x(y_1) - x(y_0) \\ c_1 (y_2 - y_0) - a_0 \int_{y_0}^{y_2} x(y) dy &= x(y_2) - x(y_0) \end{aligned} \right\}.$$

Числовые значения коэффициентов этих уравнений

$$y_1 - y_0 = 0,22 \quad x_1 - x_0 = 0,608$$

$$y_2 - y_0 = 0,2 \quad x_2 - x_0 = -0,188.$$

8. Вычислим определенные интегралы методом трапеций при шаге $h = 0,02$, тогда

$$y_1 = \int_{y_0}^{y_1} x(y) dy = -0,1522;$$

$$y_2 = \int_{y_0}^{y_2} x(y) dy = 0,0636.$$

9. Подставим коэффициенты в систему уравнений

$$-0,22c_1 + 0,1522a_0 = 0,608$$

$$0,2c_1 - 0,0636a_0 = -0,188.$$

Откуда $c_1 = 0,611$, $a_0 = 4,877$.

10. Значение первой производной в начальной точке. Для этого подставим в формулу $x'(y_0) + a_0 x(y_0) = c_1$ значения коэффициентов $c_1 = 0,611$, $a_0 = 4,877$. Получим $x'(y_0) = c_1 - a_0 x(y_0) = -1,515$.

Для $n = 1$ базисное уравнение имеет вид $r + a_0 = 1$ или $r = -a_0$.

11. Подставив значение функции и первой производной в начальной точке в формулу $\eta(\tau) = x''(\tau) + a_0 x'(\tau)$, получим аналитическое выражение искомой зависимости

$$x = 0,126 + 0,312 \exp(-4,877(y - 0,25)).$$

Для выяснения возможности прогнозирования при $n = 1$ на основе полученной зависимости нужно найти значение параметра a_0 используя другие опорные точки. Если a_0 окажется практически постоянным, то это будет свидетельствовать о том, что данная зависимость хорошо отражает закономерность процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – Л: Физматлит, 1959. – 608с.*
2. *Г..Корн, Т.Корн. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Изд. 5-е. – М: Наука, 1984. – 831с.*

УДК 62.91

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ УЛЬТРАТОНКОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ СПЛОШНЫХ СРЕД С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО РОТОРНОГО ДИСПЕРГАТОРА^{*)}

© *С.А. Харлашкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

ANALYSIS OF THE CONDITIONS OF THE HYPERFINE DISPERSION CONTINUOUS MEDIUM WITH VARYING DEGREES OF VISCOSITY USING ROTARY HIGH-SPEED DISPENSER

© *S.A. Harlashkin, Penza State Technology University (Penza, Russia)*

В статье представлен анализ проблемы ультратонкого измельчения дисперсных сред в акустическом пульсирующем поле.

Ключевые слова: сплошные среды, сверхтонкое измельчение, ротор, статор, высокоскоростная установка, вихревое пульсирующее поле, кавитация.

The analysis of the problem of dispersed superfine grinding medium in a pulsed acoustic field.

Key words: continuous medium, hyperfine dispersion, rotor, stator, high-speed equipment, pulsating vortex field, cavitation.

E-mail: harlsergey@yandex.ru

Анализ применяемых методов получения ультрадисперсных систем показывает, что основной технической проблемой является ограниченность существующих технологий измельчения и возможностей оборудования из-за высоко энергонапряженного режима работы, усталостной прочности, износостойкости элементов конструкции, теплоотвода, агрегации частиц и т.д.

В ПензГТУ проводятся работы по моделированию процесса сверхтонкого диспергирования сплошных сред с различной степенью вязкости.

На рис.1 приведена конструктивная схема создаваемого диспергатора [3]. Устройство содержит корпус, внутри которого на валу установлен ротор, выполненный в виде чашеобразного диска. По периметру стенки ротора выполнены радиальные отверстия, в одной плоскости с которыми в корпусе выполнены аналогичные отверстия для выхода продукта. Взаимодействие отверстий при вращении ротора приводит к появлению высокочастотных пульсирующих напряжений в потоке обрабатываемых сред и, как следствие, к возникновению гидродинамической кавитации, что позволяет увеличить эффективность диспергирования.

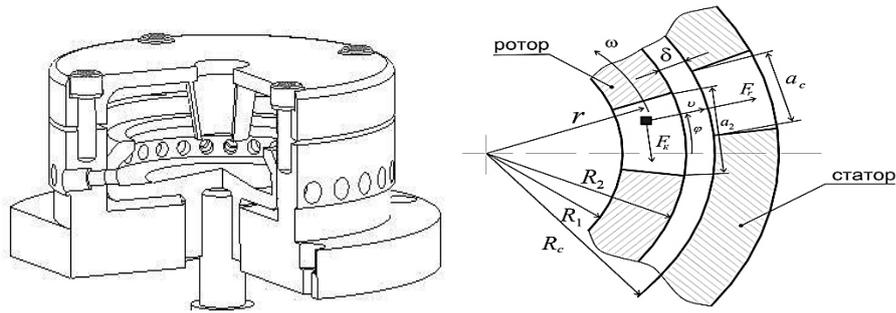


Рисунок 1 – Конструктивная схема узла диспергирования и геометрических параметров ротора и статора

Высокая степень воздействия на обрабатываемую среду объясняется развитой турбулентностью, интенсивной акустической импульсной кавитацией, большими сдвиговыми напряжениями, гидравлическими ударами и другими механическими явлениями, возникающими при высокоскоростном вращении ротора и закручивании потока обрабатываемой среды.

Уравнение нестационарного движения несжимаемой среды в канале ротора рассматривается на основании классических уравнений Навье-Стокса и неразрывности в цилиндрических координатах. При допущении, что скорость течения является функцией только от радиальной координаты и времени, выражение для скорости, как показано в работе [1] имеет вид:

$$\bar{v}_p = \frac{\sqrt{b}}{\sqrt{\chi}} \operatorname{tg} \left[\frac{\sqrt{\chi b} \cdot \bar{t}}{K_k (l/a_p) \bar{r}} + \frac{\bar{r}}{\bar{r}_1} \operatorname{arctg} \left(\bar{v}_1 \frac{\sqrt{\chi}}{\sqrt{b_1}} \right) - \frac{\sqrt{\chi b \bar{r} \bar{t}}}{K_k (l/a_p) \bar{r}_1^2} \right], \quad (1)$$

где: $b = \chi K_k^2 \bar{r}^2 + Eu \bar{r}$, $b_1 = \chi K_k^2 \bar{r}_1^2 + Eu \bar{r}_1$

В результате анализа полученного уравнения, используя теорию подобия, можно выделить следующие критерии и симплексы подобия, характеризующие процесс нестационарного течения вязкой среды в канале ротора: K_k , Eu , l/a_p , χ .

К одним из основных интенсифицирующих факторов диспергирования относится импульсная акустическая кавитация, представляющая собой эффективный механизм концентрации энергии, когда относительно низкая средняя плотность энергии звукового поля трансформируется в высокую плотность, выделяющуюся при сжатии кавитационного пузырька.

Поэтому наибольший теоретический и практический интерес представляет изменение функции $|\partial \bar{v} / \partial \bar{t}|_{\max}$, связанное с динамическим давлением зависимостью:

$$P(t)_{\max} = \rho (\sqrt{S_c / 2\pi}) |\partial \bar{v} / \partial \bar{t}|_{\max}. \quad (2)$$

На рис. 2 представлены некоторые результаты анализа полученных в работах [1,2] зависимостей. Можно видеть, что при увеличении критерия K_k до значения $K_k \approx 0,9 \dots 2$, в зависимости от значения других критериев, величина $|\partial \bar{v} / \partial \bar{t}|_{\max}$ сначала уменьшается, а затем возрастает. Минимум функции приходится на случай, когда значения кориолисовой и центробежной силы близки. Влияние на соотношения массовых сил можно объяснить различным распределением радиальной скорости по ширине канала ротора.

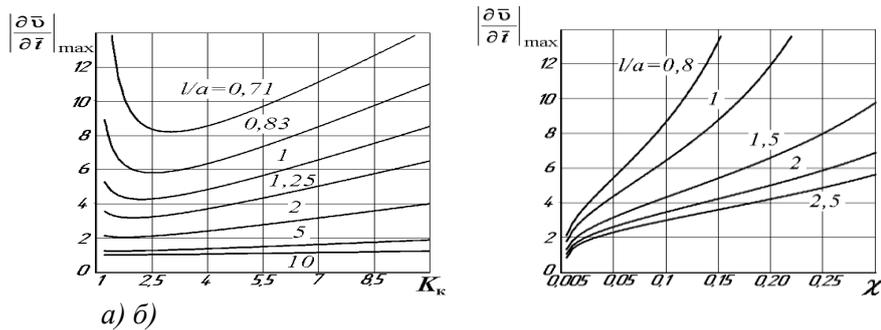


Рисунок 2 – Зависимость амплитуды модуля отрицательного ускорения:
 а) от критерия K_k , $\chi=0,1$; б) от симплекса χ , $K_k=6,7$

В случае преобладания кориолисовой силы над центробежной максимум эпюры радиальной скорости смещается в сторону действия кориолисовой силы (против направления вращения ротора), в противоположном случае эпюра имеет вид, аналогичный эпюре скоростей на начальном участке канала, т.е. практически постоянная. Следовательно, в первом случае максимум ускорения имеет большее значение.

Таким образом, для повышения эффективности работы роторного диспергатора целесообразно увеличивать угловую скорость его вращения.

При значительных скоростях вращения ротора усиливается влияние резонансных процессов на гидродинамические характеристики диспергатора. При совпадении каналов ротора и статора по каналу статора распространяется импульс сжатия, т.е. по каналу со скоростью звука перемещается передний фронт импульса повышенного давления. При отражении от открытого конца задний фронт импульса сжатия возвращается к началу канала. При этом возможны два случая. Первый – к моменту возвращения каналы совпали, в этом случае перепад давления между ротором и статором возрастает. Второй – к моменту возвращения импульса разряжения канал закрыт и этот импульс, поменяв знак, возвращается к открытому концу канала, отражается без потери знака и возвращается к началу канала. Если каналы совпадают, то перепад давления уменьшается. Увеличение перепада давления положительно влияет на развитие кавитационного процесса.

Большое влияние на степень диспергирования оказывает возникающая при вращении ротора турбулентность потока, что обуславливает в свою очередь возникновение сдвиговых напряжений. При создании возмущающих воздействий в жидких дисперсных системах формируется разноскоростное движение среды и частицы. Среда, движущаяся относительно поверхности частицы, оказывает на нее динамическое воздействие, которое характеризуется определенным сопротивлением. Разрушению частицы препятствует ее поверхностное натяжение. Соотношение разрушающей силы и силы поверхностного натяжения определяется критерием Вебера (We), при превышении критического значения которого частица разрушается [2].

Величина критического радиуса частицы, при превышении которого происходит дробление:

$$r_{кр}(t) = \frac{k \cdot We_{кр} \cdot \sigma}{[U(t) - V(t)]^2 \cdot \rho_c} \quad (3)$$

Если фактический радиус частицы $r(t)$ будет больше критического, то есть $r(t) > r_{кр}(t)$, то будет происходить срыв микрочастиц с поверхности капель, продолжающийся до тех пор, пока это неравенство не перестанет выполняться.

Приведенные зависимости использованы нами для определения конструктивно-технологических параметров проектируемого диспергирующего устройства.

Создаваемый диспергатор может использоваться в масложировой и молочной отрасли пищевой промышленности, парфюмерной промышленности, при производстве жидких и консистентных смазок и т.д.

•) Работа выполнена под руководством д.т.н. Авророва В.А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Червяков В.М. Теоретические основы методов расчета роторных аппаратов с учетом нестационарных гидродинамических течений. Автореферат дисс. д.т.н. - Тамбов: ТГУ, 2007.с.31.
2. Орешина М.Н. Импульсное диспергирование многокомпонентных пищевых систем и его аппаратурная реализация. Автореферат дисс. д.т.н.– М: 2010.с.50.
3. Авроров В.А. Центрифуга. Патент РФ № 2422213, 27.06.11

УДК 62-91

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ ДО УРОВНЯ НАНОСТРУКТУР

© С.А. Харлашкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© В.А. Авроров, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

MODELING OF THE HIGH SPEED DISPERSION OF THE MOVING CONTINUOUS MEDIUM

© S.A. Harlashkin, Penza State Technology University (Penza, Russia)

© V.A. Avrorov, Penza State Technology University (Penza, Russia)

В статье рассмотрены модели и проведен анализ основных зависимостей распределения энергии в рабочей зоне роторного диспергатора, видов воздействий на обрабатываемую среду, рассмотрена динамика кавитационного пузырька и условия движения среды при возникновении кавитации.

Ключевые слова: сплошные среды, сверхтонкое измельчение, ротор, статор, кавитация, гидродинамика, акустическая волна, импульсное давление.

The article overview of major dependencies of the energy distribution in the working area of rotary dispersant, type of impacts on processing medium, cavitations' bubble dynamics, analysis of the medium movement and the conditions of cavitations.

Key words: continuous medium, hyperfine dispersion, rotor, stator, cavitation, dispersion, hydrodynamics, acoustic wave, pulse pressure.

В высокоскоростном роторном диспергаторе [1,2] можно выделить пять основных участков с активными гидродинамическими режимами: полость

ротора, канал ротора, зазор между ротором и статором, канал статора, рабочая камера.

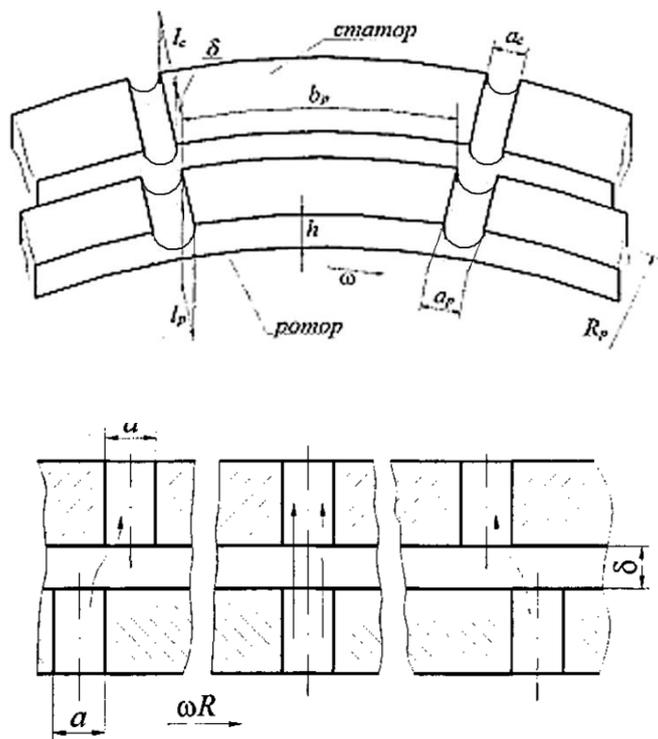


Рисунок 1 – Схема взаимодействия отверстий ротора и статора

Наибольший интерес представляют величина зазора между ротором и статором и канал статора, поскольку в данных зонах происходит основная диссипация энергии.

Энергетические явления в диспергаторе обусловлены механическими, акустическими и тепловыми воздействиями. Механическое воздействие проявляется в виде ударной и сдвиговой нагрузки на частицы, находящиеся в жидкости; гидродинамических пульсаций давления, вызванных инерционными силами при нестационарном движении жидкости, а также ударных гидродинамических воздействий на частицы от кумулятивных струй, образующихся при схлопывании кавитационных пузырьков [3].

Акустическое воздействие проявляется в виде продольных волн в канале статора и цилиндрических волн в рабочей камере, возникающих вследствие гидродинамических пульсаций давления, а также сферических волны при пульсациях кавитационных пузырьков.

Движение жидкости в полости ротора, рабочей камере и в зазоре между ротором и статором описывается уравнением Навье-Стокса в цилиндрических координатах [5,6].

Уравнение течения жидкости в канале статора можно представить в виде одномерного уравнения Навье-Стокса:

$$\rho \frac{dV}{dt} = \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \nabla^2 V_x \quad (1)$$

Частным случаем уравнения Навье-Стокса является интегрально-дифференциальное уравнение Бернулли, которое для канала статора диспергатора записывается в виде:

$$P_1 + g \cdot \rho \cdot h_1 + \frac{\rho}{2} V_1^2 = P_2 + g \cdot \rho \cdot h_2 + \frac{\rho}{2} V_2^2 + \rho \int_s \frac{\partial V}{\partial t} ds + P_n$$

Акустическое поле в рабочей камере описывается дифференциальным волновым уравнением Гельмгольца для потенциала скорости [2]

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \Psi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = 0 \quad (2)$$

Процесс разрушения капель и пузырьков характеризуется взаимодействием сил поверхностного натяжения, вязкости и сил инерции. Условие для начала дробления можно получить, анализируя устойчивость жидкой среды в потоке другой жидкости. Если поверхность сферы испытывает лобовое ускорение со стороны сплошной фазы (нестабильность Релея-Тейлора), то для ее разрушения необходимо выполнить условие:

$$d > \left(\frac{\sigma}{|\rho_1 - \rho_2| \cdot dV/dt} \right)^{0.5} \quad (3)$$

Здесь ρ_1 и ρ_2 - плотности сплошной и дисперсной фаз, кг/м³; d - диаметр сферы, м; σ - поверхностное натяжение, н/м.

Течение реальной жидкости через каналы ротора и статора роторного диспергатора может быть описано уравнением [4]:

$$\frac{dW}{d\tau} + W^2 Ho \cdot \xi(t) + W \cdot B(\tau) \frac{Ho}{Re} = 1 + \frac{Ro}{Ho} \quad (4)$$

где: $Ho = \frac{V_0 \cdot t_0}{2 \cdot l_0}$ - критерий гомохронности; $Re = \frac{V_0 \cdot d_0}{\nu}$ - критерий Рейнольдса;

$Ro = \left(\frac{a_c}{2 \cdot l_0} \right)^2$ - ротационный коэффициент.

Математическая модель изменения импульсного давления на входе в канал статора имеет вид:

$$P(t) = \begin{cases} \rho \frac{dV}{dt} \left(\frac{S_{\max}}{2\pi} \right)^{0.5}, \\ P_{\min}, \\ e^{-kt} \sum_{i=0}^{\infty} \left[\frac{8 \cdot P_{\min}}{\pi^2 \cdot (1+2i)^2} \cdot (-1)^i \cdot \sin \left(\frac{\pi(1+2i)}{2 \cdot l_c} \right) \cdot \cos \left(\frac{c_0}{l_c} \cdot \frac{\pi}{2} (1+2i)t \right) \right], \end{cases} \quad (5)$$

$0 \leq t < t$

$t = t'$

$t' < t \leq \frac{b_c - a_p}{\omega \cdot R_p}$

Графики, представленные на рис. 2, показывают зависимость акустического давления в канале статора от времени за весь цикл совмещения и перекрытия канала ротора каналом статора.

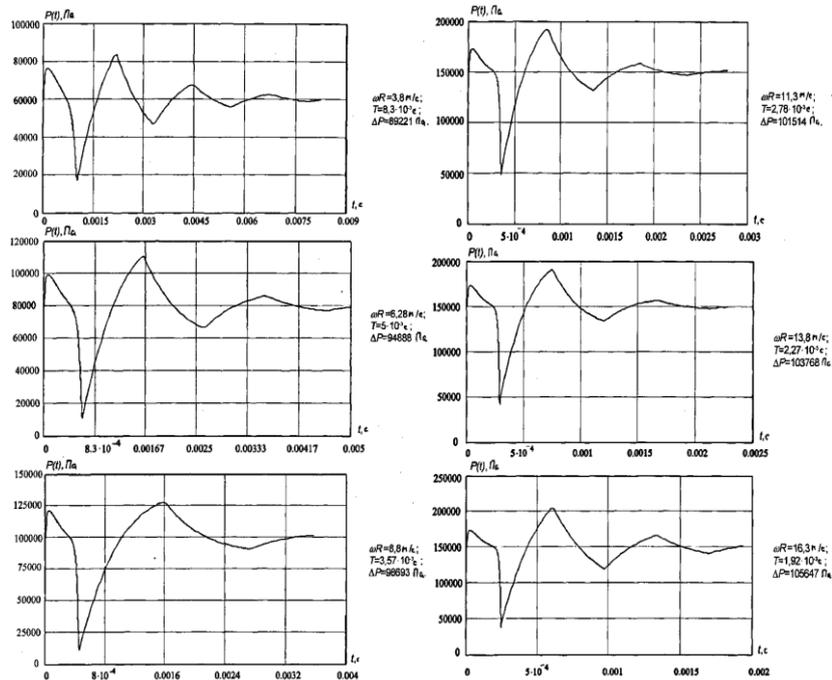


Рисунок 2 – Графики зависимость акустического давления в канале статора от времени

Импульсная акустическая кавитация вызывается за счет инерции объема жидкости, поступающего под давлением из канала ротора в канал статора в момент совмещения канала ротора с каналом статора. При закрытом канале статора жидкость, продвигающаяся вперед вдоль канала статора за счет инерционных сил, создает локальное разрежение на входном участке канала статора. Кратковременный импульс растягивающего («отрицательного» относительно равновесного) давления вызывает рост парогазовых зародышей и инициирует кавитацию. Независимо от начального размера, кавитационные пузырьки достигают своего максимального размера практически одновременно. При росте кавитационный пузырек заполняется насыщенным паром данной жидкости и растворенным в жидкости газом. Как только давление в жидкости начинает возрастать, кавитационный пузырек под действием повышенного давления и сил поверхностного натяжения захлопывается, пар конденсируется на границе раздела фаз, а газ подвергается сильному адиабатическому сжатию. После схлопывания пузырька в окружающей жидкости распространяется сферическая ударная волна, быстро затухающая в пространстве [7 -9].

Динамика кавитационного пузырька описывается уравнением Нолтинга-Неппайраса:

$$R \cdot \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 + \frac{1}{\rho} \cdot \left(P_K - P_n - P(t) + \frac{2 \cdot \sigma}{R} + \frac{4 \cdot \eta}{R} \cdot \frac{dR}{dt} - \left(P_K + \frac{2 \cdot \sigma}{R_0} \right) \cdot \left(\frac{R_0}{R} \right)^{3 \cdot \gamma} \right) = 0 \quad (6)$$

где P_K - давление в канале статора, Па.

В этом уравнении учтено вторичное кавитационное давление, которое действует на пузырек со стороны других кавитационных пузырьков, и изменение давления в канале статора.

Использование приведенных выше математических моделей позволяет не только охарактеризовать движение сплошной среды в рабочих зонах диспергатора, но и использовать их для определения его основных технических параметров при изготовлении образца и последующих экспериментальных исследований процесса супертонкого диспергирования сплошных сред.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харлашкин С.А. Анализ условий сверхтонкого диспергирования сплошных сред с различной степенью вязкости с помощью высокоскоростного роторного диспергатора // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – Пенза. 2012.
2. Авроров В.А. Центрифуга. Патент РФ № 2422213, 27.06.11
3. Промтов М.А. Интенсификация химико-технологических процессов в импульсных потоках гетерогенных жидкостей. Автореферат дисс. д.т.н. – Тамбов: ТГУ, 2001. – С. 32.
4. Зимин А.И. Прикладная механика прерывистых течений. – М.: Фолиант, 1997. – 308 с.
5. Зимин А.И. О бифуркационных явлениях в нестационарных гидромеханических процессах // Теорет. основы хим. технол. – 1997, Т. 31, №3. – С. 238-242.
6. Зимин А.И. Бифуркации и аномалии в теории и практике гидромеханического диспергатора // Уголь. – 1997, №2. – С. 29 – 30.
7. Young F.R. Cavitation. – London: McGraw-Hill, 1989
8. Leighton T.G. The Acoustic bubble. – London: Academic, 1994.
9. Apfel R.E. Sonic effervescence: A tutorial on acoustic cavitation // J. Acoust. Soc.Am., 1997, V.1G1,N3. – P. 1227-1237.

УДК 519.62 (07)

О РАСЧЕТЕ ИЗГИБНОЙ ЖЕСТКОСТИ ВЕДУЩЕГО ВАЛА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ТУННЕЛЬНОЙ СУШИЛКИ-ПЕЧИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАЗИСНЫХ ВАРИАЦИЙ

© **Г.В. Авроров**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

© **В.В. Ловцева**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

ON CALCULATING BENDING STIFFNESS OF DRIVE SHAFT OF UNIVERSAL TUNNEL DRYING INSTALLATION USING THE METHOD OF FINITE ELEMENTS AND BASIC FLUCTUATIONS

© **G.V. Avrorov**, Penza State Technological University (Penza, Russia)

© **V.V. Lovzeva**, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Приведены результаты расчета изгибной жесткости ведущего вала конвейера туннельной сушилки-печи, полученные методом конечных элементов и базисных вариаций.

Ключевые слова: туннельная сушилка-печь, вал конвейера, изгибная жесткость, численные методы

The article cites the calculating results of bending stiffness of conveyer drive shaft of tunnel drying installation which were obtained with the help of the method of finite elements and basic fluctuations.

Key words: tunnel drying installation, conveyer drive shaft, bending stiffness, calculus

Пусть исследуемый объект занимает область Ω , и параметры объекта изменяются в этой области от точки к точке непрерывно. При решении задачи искомая функция приближенно представляется конечным числом ее значений в нескольких выбранных точках (узлах) области Ω и ее значения, определяемые в узлах, являются общими для соседних конечных элементов [1].

Закон изменения искомой величины внутри каждого конечного элемента $u(\xi)$ устанавливается функцией восполнения $u(\xi) = f(\xi)\bar{u}$, где \bar{u} - вектор, состоящий из узловых значений искомой функции \bar{u}_i , ξ - локальные координаты в пределах конечного элемента, $f(\xi)$ - функция формы.

Функция восполнения строится в каждом конечном элементе в действующей только для него локальной системе координат и выражается через узловые значения искомой функции \bar{u}_i с помощью функций формы.

Задача, решаемая методом конечных элементов, формулируется функционалом общего вида $\Phi(u) = \frac{1}{2}(Lu, u) - (F, u)$, где u - искомая функция, L - самосопряженный дифференциальный оператор, т.е. такой, что $(Lu, u) = (u, Lu)$, F - заданная в задаче функция. Выразив функцию u через ее узловые значения \bar{u}_i в каждом конечном элементе, можно перейти к дискретной постановке задачи $\Phi(\bar{u}) = \frac{1}{2}(A\bar{u}, \bar{u}) - (\bar{F}, \bar{u})$, где \bar{u} - искомый вектор, A - симметричная квадратная положительно определенная матрица, $(A\bar{u}, \bar{u}) > 0$, \bar{F} - известный вектор.

При этом общая (глобальная матрица для всех узловых точек области Ω), составляется из матриц, сформированных для каждого конечного элемента. Аналогично формируется и глобальный вектор \bar{F} .

Решение задачи заключается в следующем: ищется такой вектор \bar{u} , элементы которого принесут функционалу минимальное численное значение. Вычисление значений представляется в виде матричной операции

$$\Phi(\bar{u}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij} \bar{u}_i \bar{u}_j - \sum_{i=1}^N \bar{F}_i \bar{u}_i, \text{ где } a_{ij} - \text{элементы матрицы } A = \{a_{ij}\}, \bar{F}_i -$$

элементы вектора \bar{F} . Приравнивание к нулю частной производной от $\Phi(\bar{u})$ по каждому из N элементов вектора \bar{u} приводит к записи N линейных

$$\text{алгебраических уравнений вида } \frac{\partial \Phi(\bar{u})}{\partial \bar{u}_i} = \sum_{j=1}^N a_{ij} \cdot \bar{u}_j - \bar{F}_i = 0, \quad (i = 1, \dots, N) \text{ или в}$$

матричной форме $A\bar{u} = \bar{F}$, из решения которых определяются элементы вектора \bar{u} .

Используем метод конечных элементов для определения прогибов вала привода конвейера универсальной туннельной сушилки-печи [2]. В соответствии с вариационным принципом, лежащим в основе метода конечных элементов,

искомая функция прогибов балки v – это функция $v(z)$, которая при подстановке в формулу функционала изменения полной потенциальной энергии балки сообщит ему минимальное значение.

Функционал изменения полной потенциальной энергии изогнутой балки и изгибающей ее внешней нагрузки выражается формулой [3,4]

$$\mathfrak{A}(v) = \int_0^l \left\{ \frac{1}{2} \left[EI(z) \cdot \left(\frac{d^2 v}{dz^2} \right)^2 - Q \cdot v \cdot \frac{d^2 v}{dz^2} \right] - Pv \right\} dz$$

Заменив его функционалом, соответствующим уравнению оси изогнутой балки, который более удобен для расчетов, так как в его подынтегральном выражении ниже порядок производной от функции прогибов, получим

$$\mathfrak{A}(v) = \int_0^l \left\{ \frac{1}{2} \left[EI(z) \cdot \left(\frac{dv}{dz} \right)^2 - Q \cdot v^2 \right] - M_X^p(z)v \right\} dz$$

Пусть вал конвейера туннельной сушилки-печи, работающей при максимальной загрузке, «собиран» из трех равных по длине конечных элементов (рис.1).

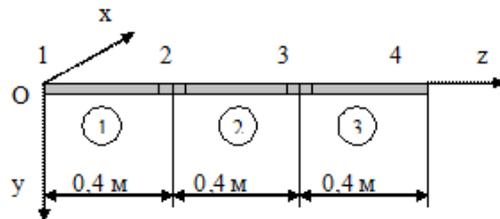


Рисунок 1 - Разбиение вала на три конечных элемента

Обозначим z_i - ординату крайней левой точки i -го конечного элемента. Тогда длину i -го элемента можно выразить разностью $h_i = z_{i+1} - z_i$. Каждое из четырех значений прогибов узлов $v(z_i)$ обозначим как v_i , ($i = 1, 2, 3, 4$).

Искомую функцию прогибов вала $v(z)$ представим в виде кусочно-линейной линии, имеющей переломы в точках с координатами (z_i, v_i)

Рассмотрим произвольный конечный элемент (i) в локальной системе координат (рис.2).

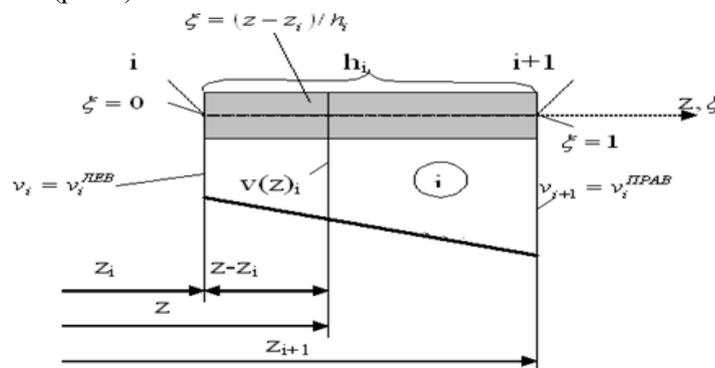


Рисунок 2 – Схема произвольного конечного элемента вала конвейера

Внутри каждого i -го элемента аргумент меняется в пределах $z_i \leq z \leq z_{i+1}$. Пусть новый, введенный вместо z , аргумент ξ изменяет свое значение по длине каждого элемента от 0 до 1. Тогда новая ордината ξ произвольной точки любого из элементов будет связана с глобальной ординатой z зависимостью $\xi = \frac{z - z_i}{h_i}$

или $z = z_i + \xi h_i$.

Значения искомой функции прогибов на левом конце i -го элемента обозначим $v_i^{ЛЕВ} = v_i$, на правом $v_i^{ПРАВ} = v_{i+1}$.

Выбранная функция восполнения $v(z)_i$, изменяющаяся линейно от края до края элемента, будет связана со значениями $v_i^{ЛЕВ} = v_i$ и $v_i^{ПРАВ} = v_{i+1}$ формулой

$v(z)_i = v_i^{ЛЕВ} (1 - \xi) + v_i^{ПРАВ} \xi$ или $v(z)_i = v(\xi)_i = v_i^{ЛЕВ} \psi_1 + v_i^{ПРАВ} \psi_2$, где правая часть формулы является функцией восполнения, а $\psi_1 = 1 - \xi$; $\psi_2 = \xi$ - функции формы.

Функционал изменения энергии в произвольном конечном элементе балки

$$\mathcal{E}(v) = \int_0^1 \left\{ \frac{1}{2} \left[EI_i \left(\frac{v_i^{ЛЕВ} (-1) + v_i^{ПРАВ} (1)}{h_i} \right)^2 - Q(v_i^{ЛЕВ} (1 - \xi) + v_i^{ПРАВ} \xi)^2 - \right. \right. \\ \left. \left. - M_X^{P(ЛЕВ)} v_i^{ЛЕВ} (1 - \xi) - M_i^{P(ПРАВ)} v_i^{ПРАВ} \xi \right] \right\} h_i d\xi$$

где производные по ξ от функции формы равны $\frac{d\psi_1}{d\xi} = -1$, $\frac{d\psi_2}{d\xi} = 1$.

Перейдя к матричной форме и введя обозначения

$$A = \frac{EI_i}{h_i} \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} - Q \frac{h_i}{6} \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}; \bar{v}_i = \begin{pmatrix} v_i^{ЛЕВ} \\ v_i^{ПРАВ} \end{pmatrix}; \bar{F}_i = \frac{h_i}{2} \begin{pmatrix} M_{Xi}^{P(ЛЕВ)} \\ M_{Xi}^{P(ПРАВ)} \end{pmatrix},$$

получим функционал изменения энергии i -го конечного элемента

$$\mathcal{E}_i(v_i) = \frac{1}{2} (A_i \bar{v}_i, \bar{v}_i) - (\bar{F}_i, \bar{v}_i), \text{ где } A_i - \text{ это матрица жесткости } i\text{-го элемента.}$$

$$\text{Для вала в целом } \mathcal{E}(\bar{v}) = \sum_{i=1}^N \mathcal{E}_i(v_i) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{2} (A_i \bar{v}_i, \bar{v}_i) - (\bar{F}_i, \bar{v}_i) \right)$$

$$\bar{v} = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_{N+1} \end{pmatrix}; \quad \bar{F} = h \begin{pmatrix} M_1/2 \\ M_2 \\ \vdots \\ M_{N+1}/2 \end{pmatrix}; \quad A\bar{v} = \bar{F}, \quad \text{где } \bar{F} - \text{ глобальный вектор}$$

нагрузки, A - глобальная матрица жесткости вала.

Минимальное значение функционалу энергии балки принесет вектор прогибов, являющийся решением системы линейных алгебраических уравнений.

Глобальный вектор нагрузки \bar{F} «собирается» из локальных векторов \bar{F}_i

$$F_1^i = \frac{h_i}{2} M_{X_i}^{P(\text{ЛЕВ})}; \quad F_2^i = \frac{h_i}{2} M_{X_i}^{P(\text{ПРАВ})}$$

При вычислении локальной матрицы жесткости i -го конечного элемента величину его изгибной жесткости EI_i принимаем постоянной по длине элемента. Локальная матрица жесткости i -го конечного элемента

$$A_{11}^i = A_{22}^i = \frac{EI_i}{h_i} - Q \frac{h_i}{3}; \quad A_{12}^i = A_{21}^i = -\left(\frac{EI_i}{h_i} + Q \frac{h_i}{6} \right); \quad EI_i = EI \left(z_i + \frac{h_i}{2} \right)$$

Для формирования глобальной матрицы жесткости вычислим сначала элементы локальных матриц A_i .

$$EI_1 = EI(0 + 0,4) = 2 \cdot 10^8 \cdot 10^{-6} (1,2 + (0 + 0,2)(1,2 - (0 + 0,2))) = 280 \text{ кНм}^2.$$

$$A_{11}^1 = A_{22}^1 = \frac{EI_1}{h} - Q \frac{h}{3} = \frac{256}{0,4} - 20 \frac{0,4}{3} = 637,4 \text{ кНм и т.д.}$$

Локальные матрицы жесткости элементов

$$A_1 = A_3 = \begin{pmatrix} 637,4 & -641,3 \\ -641,3 & 637,4 \end{pmatrix}; \quad A_2 = \begin{pmatrix} 537,4 & -541,3 \\ -541,3 & 537,4 \end{pmatrix}.$$

Для вычисления элементов вектора поперечной нагрузки на балку \bar{F} воспользуемся эпюрой внутренних изгибающих моментов.

$$\bar{F} = 0,4 \begin{pmatrix} 0 \\ 0,8 \\ 2 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0,32 \\ 0,8 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

При граничных условиях $v(z=0) = 0; v(z=l) = 0$, т.е. $v_1 = 0, v_5 = 0$ искомые величины прогибов вала в узловых точках будут равны $v_2 = 0,0001\text{м}, v_3 = 0,00065\text{м}$.

Метод базисных вариаций, как и метод конечных элементов, позволяет заменить дифференциальное уравнение, описывающее какое-либо явление или процесс, приближенным выражением в виде системы алгебраических уравнений [5,6].

Пусть имеется линейное дифференциальное уравнение $\frac{d^2v}{dx^2} + b \frac{dv}{dx} + cv = F$. В операторном виде это уравнение $Lv = F$, где

$L = \frac{d^2}{dx^2} + b \frac{d}{dx} + c$ - линейный дифференциальный оператор уравнения, v - искомая функция, b, c, F - известные функции от аргумента x .

Приближенный дискретный аналог данного уравнения в операторном виде, определенный на конечном количестве точек N , запишется как $L\bar{v} = \bar{F}$, т.е. в виде конечно-разностной аппроксимации уравнения

$\frac{v_{i+1} - 2v_i + v_{i-1}}{h^2} + b_i \frac{v_{i+1} - v_i}{h} + c_i v_i = F_i$, где v_i - элементы искомого вектора \bar{v} ; b_i, c_i, F_i - дискретные значения заданной функции, \bar{F} - вектор, состоящий из дискретных значений $F_i, i = 1, \dots, N$.

Искомый вектор \bar{v} может быть представлен в виде линейной комбинации единичных векторов $e^{(j)}$ с коэффициентами v_j , т.е. суммой векторов $e^{(j)}$, каждый из которых умножен на число (на j -й элемент вектора \bar{v}) $\bar{v} = \sum_{j=1}^N v_j e^{(j)}$, где N -

количество элементов в векторах \bar{v} и $e^{(j)}$, произвольный k -й элемент единичного вектора $e_k^{(m)} = \begin{cases} 1, & \text{если } k = m \\ 0, & \text{если } k \neq m \end{cases}$ или

$$\mathbb{L} \left(\sum_{j=1}^N e^{(j)} v_j \right) = \bar{F}$$

Пользуясь свойством линейного оператора можно записать $\sum_{j=1}^N (\mathbb{L} e^{(j)} v_j) = \bar{F}$. Действие дискретного оператора \mathbb{L} на вектор \bar{v} равносильно умножению на этот же вектор матрицы $A = \{a_{ij}\}$, т.е. $\{a_{ij}\} \times \bar{v} = \bar{F}$, где элементы a_{ij} вычисляются по формуле $a_{ij} = (\mathbb{L} e^{(j)})_i$.

Таким образом, решение линейного дискретного дифференциального уравнения равносильно решению системы линейных алгебраических уравнений матричного вида $A\bar{v} = \bar{F}$.

Используем данный метод для определения значений прогибов вала конвейера туннельной сушилки с рабочей шириной конвейера 1200 мм и сравним полученные значения прогибов с прогибами того же вала, определенными выше методом конечных элементов.

Дифференциальное уравнение краевой задачи об изгибе вала с опорами по краям в операторном виде имеет вид $Lv = -M_x^P$, где $L = \frac{d}{dz} EI(z) \frac{d}{dz} + Q$.

$$\frac{(EI_i(\bar{v}_{i+1} - \bar{v}_i) - EI_{i-1}(\bar{v}_i - \bar{v}_{i-1}))}{h^2} + Q\bar{v}_i = -M_i^P \quad \text{при } 1 < i < N,$$

$$\bar{v}_i = 0,$$

$$\bar{v}_N = 0.$$

Разобьем вал по длине на три равных по величине участка с постоянным шагом $h = 0,4$ м. Каждый из коэффициентов a_{ij} при неизвестном \bar{v}_j в i -ом уравнении системы вычисляется по формуле $a_{ij} = (\mathbb{L} e^{(j)})_i$, где \mathbb{L} - дискретный аналог оператора краевой задачи L .

Чтобы в формуле вычисления коэффициентов a_{ij} учитывались краевые условия, введем характеристическую функцию оператора краевой задачи

$$\mathbf{k}(\mathbf{z}) = \begin{cases} \mathbf{1} & \text{в точках, где справедливо уравнение } \mathbf{L}\mathbf{v} = -\mathbf{M}_x^P \\ \mathbf{0} & \text{в точках, где действуют краевые условия} \end{cases}$$

Дискретный аналог характеристической функции оператора к

$$\mathbf{k}_i = \begin{cases} \mathbf{1}, & \text{если } \mathbf{1} < i < N \\ \mathbf{0}, & \text{если } i = \mathbf{1} \text{ или } i = N \end{cases}$$

Система линейных уравнений

$$\begin{cases} \tilde{a}_{11}\bar{v}_1 + \tilde{a}_{12}\bar{v}_2 + \tilde{a}_{13}\bar{v}_3 + \tilde{a}_{14}\bar{v}_4 = \tilde{b}_1 \\ \tilde{a}_{21}\bar{v}_1 + \tilde{a}_{22}\bar{v}_2 + \tilde{a}_{23}\bar{v}_3 + \tilde{a}_{24}\bar{v}_4 = \tilde{b}_2 \\ \tilde{a}_{31}\bar{v}_1 + \tilde{a}_{32}\bar{v}_2 + \tilde{a}_{33}\bar{v}_3 + \tilde{a}_{34}\bar{v}_4 = \tilde{b}_3 \\ \tilde{a}_{41}\bar{v}_1 + \tilde{a}_{42}\bar{v}_2 + \tilde{a}_{43}\bar{v}_3 + \tilde{a}_{44}\bar{v}_4 = \tilde{b}_4. \end{cases} \quad \text{Коэффициенты системы уравнений } \tilde{a}_{ij}$$

и \tilde{b}_i вычисляются по формулам

$\tilde{a}_{ij} = k_i k_j a_{ij}$; $\tilde{b}_i = k_i (-M_i^P)$, где M_i^P - значения внутренних изгибающих моментов, вызванных поперечными силами, действующими на вал в узловых сечениях ($i = 1, \dots, 4$).

Первое уравнение ($i = 1$). Поскольку $k_1 = 0$, то все коэффициенты \tilde{a}_{ij} и \tilde{b}_i равны нулю, а $\tilde{a}_{11} = 1$ (коэффициент, у которого $i = j$, заменяется единицей). Тогда первое уравнение в системе примет вид $\bar{v}_1 = 0$.

Второе уравнение (для второго узла $i = 2$)

$\tilde{a}_{21} = 0$, поскольку характеристическая функция k_j при $j = 1$ равна нулю.

$$\begin{aligned} \tilde{a}_{22} = a_{22} &= (Le^{(2)})_2 = \frac{EI_2(e_3^{(2)} - e_2^{(2)}) - EI_1(e_2^{(2)} - e_1^{(2)})}{h^2} + Qe_2^{(2)} = \frac{EI_2(0-1) - EI_1(1-0)}{h^2} + Q \cdot 1 = \\ &= \frac{-280 - 312}{0,16} + 20 = -3680. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{a}_{23} = a_{23} &= (Le^{(3)})_2 = \frac{EI_2(e_3^{(3)} - e_2^{(3)}) - EI_1(e_2^{(3)} - e_1^{(3)})}{h^2} + Qe_2^{(3)} = \frac{EI_2(1-0) - EI_1(0-0)}{h^2} + Q \cdot 0 = \\ &= \frac{312}{0,16} = 1950. \end{aligned}$$

$\tilde{a}_{24} = a_{24} = 0$, так как характеристическая функция k_j при $j = 4$ равна нулю.

$$\tilde{b}_2 = -M_2^P = 0,8.$$

Тогда второе уравнение системы имеет вид $-3680\bar{v}_2 + 1950\bar{v}_3 = 0,8$ и т.д.

Решая полученную систему найдем вектор прогибов вала

$$\bar{\mathbf{v}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0,0001 \\ 0,0006 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Можно видеть, что результаты величины прогибов, вычисленные методом конечных элементов и методом базисных вариаций практически одинаковы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сагдеева Ю.А., Копысов С.И., Новиков А.К. Введение в метод конечных элементов. – Ижевск: УдмГУ, 2011. – 44с.
2. Авроров Г.В. и др. Способ нагрева пищевых штучных полуфабрикатов на конвейере внутри туннельной печи. Патент РФ №2457680, 10.09.2012.
3. Александров А.В. Сопротивление материалов. – М: Высшая школа, 2003.
4. Гориков А.Г. и др. Сопротивление материалов. – М: Физматлит, 2005.
5. Дифференциальные уравнения. Метод вариации постоянных http://seprman.ru/Lect_math_3.php.
6. Вариационное исчисление с применением Matlab http://exponenta.ru/educat/systemat/iglin/2/13/13_1.asp

УДК 536.2; 65.047.1

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ МОРКОВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИК ЭНЕРГОПОДВОДА

© Д.А. Мартяшина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© А.А. Акишин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

SIMULATION OF THE DRYING PROCESS OF CARROT WITH INFRARED ENERGY SUPPLY

© D.A. Martyashina, Penza State Technology University (Penza, Russia)

© A.A. Akishin, Penza State Technology University (Penza, Russia)

В статье рассмотрена имитационная модель и приведены результаты экспериментального исследования процесса сушки с использованием ИК энергоподвода на примере моркови.

Ключевые слова: ИК сушка капиллярно-пористых продуктов, кинетика сушки, имитационное моделирование.

The article is devoted to simulation and experimental study of the drying process using infrared energy supply for example carrots.

Key words: IR drying of capillary-porous products, drying kinetics, simulation

Во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства РФ приходится сталкиваться с необходимостью снижения влажности различных продуктов и материалов, приводящей вследствие микробиологических, биохимических и ферментативных изменений к их порче. Уменьшение ферментативной активности и роста микроорганизмов в зависимости от вида продукта достигается различными способами сушки. Поэтому совершенствование способов сушки, их интенсификация и создание эффективного оборудования, обеспечивающего наиболее полное сохранение всех питательных веществ, являются актуальными задачами отраслей пищевой промышленности.

Среди известных способов сушки перспективной и в наибольшей степени позволяющей интенсифицировать процесс при меньших затратах энергии является сушка продуктов питания с применением инфракрасного излучения [2,5]. Инфракрасная сушка продуктов питания, как технологический

процесс, основана на том, что инфракрасное излучение определенной длины волны активно поглощается водой, содержащейся в продукте, но не поглощается тканью высушиваемого продукта, поэтому удаление влаги возможно при невысокой температуре. За счет этого удается практически полностью сохранить витамины, биологически активные вещества, органолептические свойства, подвергающихся сушке продуктов.

Однако внимания заслуживают не только свойства получаемых сухопродуктов, но и особенности оборудования для сушки продуктов с помощью инфракрасного излучения и технологических процессов, основанных на этом принципе. Оборудование с ИК подводом учитывает основные задачи для сельского хозяйства и перерабатывающих отраслей промышленности, таких как минимально возможная энергоемкость процесса, максимальная однородность сушки, минимальное время выхода на заданную влажность и некоторые другие характеристики обезвоживания.

Для оптимизации процесса сушки влажных материалов, необходимо проследить за кинетикой процесса, которая учитывает взаимосвязь температуры и содержание влаги [3]. Уравнение скорости сушки является неотъемлемой частью балансов массы и энергии, применяемых при имитационном моделировании сушилок. Следует отметить, что в этом аспекте наблюдается как недостаток экспериментальных данных, так и отсутствие прикладных программ для имитационного моделирования [3].

При сушке нагретым воздухом с определенными параметрами нельзя удалить всю влагу. Процесс может быть проведен только до равновесной, соответствующей данным параметрам воздуха влажности материала. Поэтому в сушильной технике вводится понятие удаляемого влагосодержания U_y . Это влагосодержание материала U за вычетом равновесного влагосодержания U_p [4].

Исследование проводилось на экспериментальной установке с использованием в качестве источника тепла лампы типа ИКЗ, мощностью 250Вт. Установка с ИК подводом энергии состоит из прямоугольной сушильной камеры; оборудованном источником теплоты – нагревательным элементом; алюминиевой сетки, для высушиваемых образцов.

Экспериментальные данные по сушке моркови при 50, 60, 70 °С приведены в виде кривых сушки в координатах $U_y - \tau$, где U_y – удаляемое влагосодержание, г/г СВ; τ – текущая продолжительность сушки, мин.



Рисунок 1 – Кривые сушки моркови при различных температурах воздуха

Анализ кривых показывает, что сушка моркови протекает в соответствии с закономерностями обезвоживания капиллярно-пористых тел. Сушка, как обычно, протекает в два периода. В начале процесса изменение

влажности во времени имеет линейный характер, т. е. протекает первый период постоянной скорости сушки; после первой критической точки, характеризующей достижение поверхностью гигроскопической влажности, скорость сушки уменьшается — наступает период падающей скорости. Появление второй критической точки свидетельствует об углублении зоны испарения внутрь материала; это происходит, очевидно, при удалении влаги микрокапилляров, а в дальнейшем и адсорбционно-связанной влаги.

Для получения аналитического выражения функциональной зависимости между удаляемой влагой высушиваемого материала и временем сушки, с целью уменьшения влияния ошибок, была разработана программа основывающаяся на методе наименьших квадратов. С помощью данного метода определялись такие значения коэффициентов c_i , при которых сумма квадратов отклонений расчетных значений U_{ym} от фактических значений $U_{yэ}$ для всех m экспериментальных точек была минимальной.

$$S = \sum_{i=1}^m (c_0 + c_1 \cdot w + \dots + c_n \cdot w^n - t_0)^2 \rightarrow \min$$

После ввода m экспериментальных точек t , U_y и степени полинома $n = 3$, вычисляли коэффициенты системы уравнений для различных температурных режимов:

Для 50 °С:

$$U_y = 8.075613 - 4.327826 \cdot 10^{-2} \cdot t + 7.44246 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 - 4.066773 \cdot 10^{-8} \cdot t^3$$

Для 60 °С:

$$U_y = 8.703495 - 7.479152 \cdot 10^{-2} \cdot t + 2.111211 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 1.94589 \cdot 10^{-7} \cdot t^3$$

Для 70 °С:

$$U_y = 8.337173 - 8.00931 \cdot 10^{-2} \cdot t + 2.517368 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 2.582097 \cdot 10^{-7} \cdot t^3$$

По полученным аналитическим выражениям, для каждого температурного режима, были построены теоретические кривые сушки (рис. 2–4), показывающие зависимость между удаляемой влагой в высушиваемом материале и временем сушки, которые сравнивали с экспериментальными зависимостями.

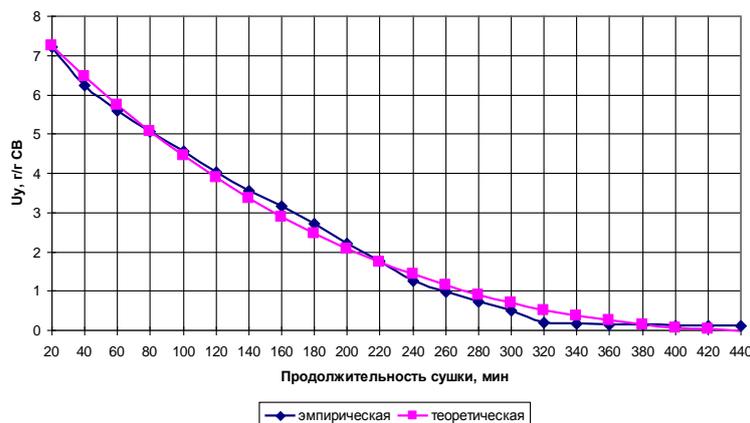


Рисунок 2 – Кривые скорости сушки при 50 °С

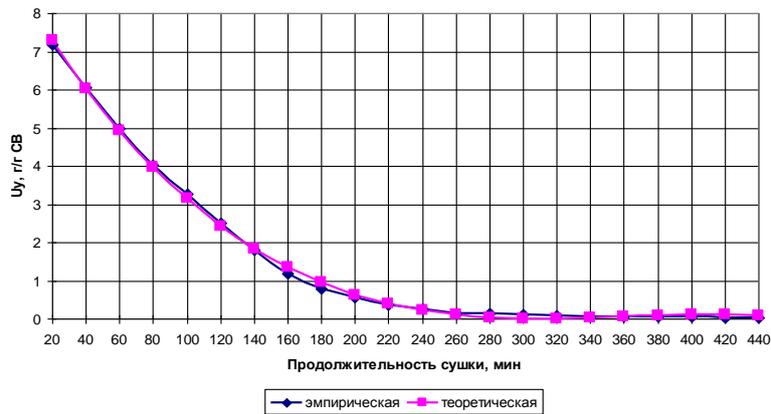


Рисунок 3 – Кривые скорости сушки при 60 °С

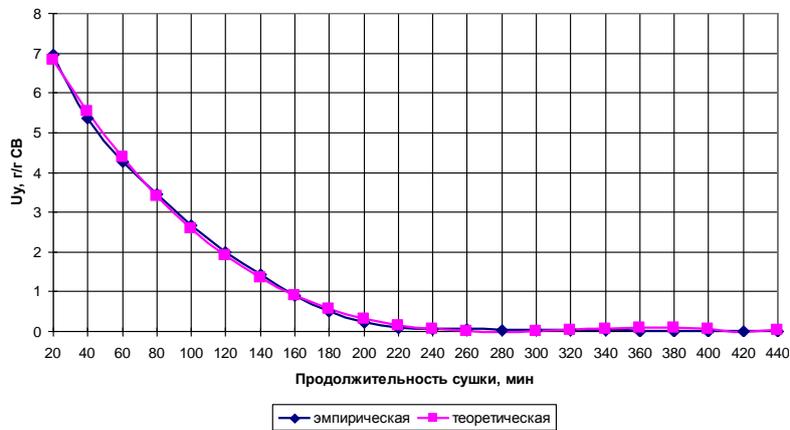


Рисунок 4 – Кривые скорости сушки при 70 °С

По полученным данным определяем сумму квадратов отклонений:

$$S = \sum (U_m - U_\theta)^2, S_{cp} = 0,021$$

Для нахождения скорости сушки необходимо продифференцировать выражение:

$$\frac{dU_y}{d\tau} = c_1 + 2c_2t + nc_n t^{n-1}$$

После дифференцирования выражений, полученных с помощью разработанной программой, имеем:

Для 50 °С:

$$\frac{dU_y}{d\tau} = 0.0001488492 \cdot t + -1.2200319e - 7 \cdot t^2 - 0.04327826$$

Для 60 °С:

$$\frac{dU_y}{d\tau} = 0.0004222422 \cdot t + -5.83767e - 7 \cdot t^2 - 0.07479152$$

Для 70 °С:

$$\frac{dUy}{d\tau} = 0.0005034736 \cdot t + -7.746291e - 7 \cdot t^2 - 0.0800931$$

Полученные уравнения и графики скорости влагоудаления при заданных начальных условиях и режимах сушки позволяют получить функциональные зависимости для продолжительности обезвоживания на протяжении всей сушки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гинзбург А.С. Сушка пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528с
2. ИК - сушка – перспектива развития сушильной отрасли / Клямкин Н.К.// Техн. и оборуд. для села, 1999 – с. 20-2..
3. Авроров Г.В., Гусева В.Н. Проект линии производства сушеной тыквы// Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы: Сборник статей III Международной научно–практической конференции. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2009. – С. 118–123.
4. Лыков А.В. Теория сушки. –М: Энергия, 1968. -472с.
5. Авроров Г.В., Ловцева В.В., Авроров В.А., Тутов Н.Д. Анализ и моделирование операций обработки сырья и полуфабрикатов для мучных кондитерских изделий. – С.Оскол: ТНТ, 2014. – 244 с.

УДК 641.518

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

- © **В.В. Ловцева**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **В.А. Авроров**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

MODELING MOVEMENT CONDITIONS OF FREE-FLOWING SMALL PART

- © **V.V. Lovzeva**, Penza State Technology University (Penza, Russia)
- © **V.A. Avrorov**, Penza State Technology University (Penza, Russia)

Статья посвящена моделированию условий движения сыпучих частиц в свободном состоянии, в трубопроводах и емкостях

Ключевые слова: сыпучие частицы, условия движения, трубопровод, емкость

The article is dedicated to modeling movement conditions of free-flowing small part to indicate location in space, in pipeline end capacity

Key words: free-flowing small part, movement conditions, pipeline, capacity

E-mail: v_avrorov@bk.ru

Движение сыпучих частиц под воздействием различных внешних сил, изменяющихся по определенным закономерностям, может осуществляться в свободном потоке рабочих зон машин, в различных каналах и трубопроводах

или путем медленного перемещения больших масс в накопителях, бункерах, силосах и т.п..

Знание особенностей строения и гранулометрического состава частиц сыпучих материалов, моделей их поведения в статическом и динамическом состояниях является необходимым условием для определения рациональных конструкций рабочих органов и зон обработки технологического оборудования [1]

Известные дифференциальные уравнения движения центра тяжести свободной частицы постоянной массы в прямоугольной системе координат в случае неподвижной среды имеют вид [2]

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 x}{dt^2} &= -R \cos \alpha \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} &= -R \sin \alpha - G \end{aligned}, \quad (1)$$

где x, y - координаты точек траектории движения, m - масса движущейся частицы, R - сила сопротивления среды, $G = mg$ - сила тяжести, α - угол наклона к горизонту касательной к траектории движения. Учитывая, что $\frac{dx}{dt} = v_x = v \cos \alpha$, $\frac{dy}{dt} = v_y = v \sin \alpha$, $\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx}$, и, исключив

величину R из уравнений (1), можно получить следующие выражения $\frac{d}{dt} \left(\frac{dy}{dx} \right) = \frac{d}{dt} (\operatorname{tg} \alpha) = \frac{d\alpha}{\cos^2 \alpha dt} = \frac{g}{v \cos \alpha}$,

$$\text{откуда } dt = -\frac{v d\alpha}{g \cos \alpha} = -\frac{v_x d\alpha}{g \cos^2 \alpha}. \quad (2)$$

Из первого уравнения системы (1) следует

$$dt = -\frac{m d \left(\frac{dx}{dt} \right)}{R \cos \alpha} = -\frac{m dv_x}{R \cos \alpha} = -\frac{m dv}{R}. \quad (3) \text{ Тогда из (2) и (3) } dt \text{ можно выразить}$$

$$\text{как } \frac{dv_x}{d\alpha} = \frac{R v_x}{m g \cos \alpha}$$

Дифференциальные уравнения для основных элементов траектории движения частицы:

$$\begin{aligned} \frac{dv_x}{d\alpha} &= \frac{R v_x}{m g \cos \alpha}, & \frac{dS}{d\alpha} &= -\frac{v_x^2}{g \cos^2 \alpha}, & v &= \frac{v_x}{\cos \alpha}, & v_y &= v_x \operatorname{tg} \alpha \\ \frac{dx}{d\alpha} &= -\frac{v_x^2}{g \cos^2 \alpha}, & \frac{dy}{d\alpha} &= -\frac{v_x^2 \operatorname{tg} \alpha}{g \cos^2 \alpha}. \\ \frac{dv_x}{dt} &= -\frac{R \cos \alpha}{m}, & \frac{dS}{dt} &= \frac{v_x}{\cos \alpha}, & v &= \frac{v_x}{\cos \alpha}, & v_y &= v_x \operatorname{tg} \alpha, \\ \frac{d\alpha}{dt} &= -\frac{g \cos^2 \alpha}{v_x}, & \frac{dx}{dt} &= v_x, & \frac{dy}{dt} &= v_x \operatorname{tg} \alpha. \end{aligned} \quad (4)$$

Из данных уравнений вытекают следующие свойства элементов траектории движения частицы:

- если угол $\alpha \neq \pi/2$, то скорость движения ни в одной точке траектории не равна нулю;
- угол наклона касательной к траектории α уменьшается по мере движения частицы вдоль траектории;
- горизонтальная скорость движения частицы убывает по мере продвижения ее вдоль траектории;
- кривизна траектории (рис.1.) равна $\frac{1}{\rho} = \frac{g \cos \alpha}{v^2}$;

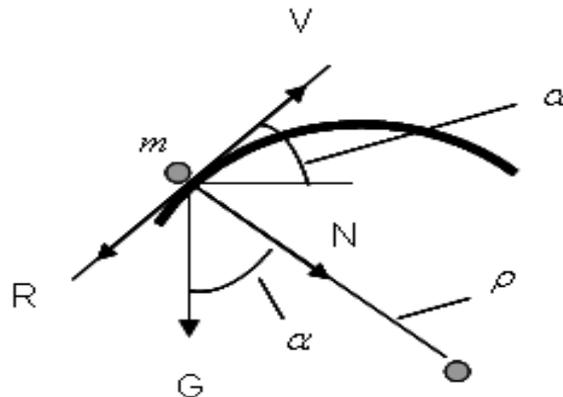


Рисунок 1 – Силы, действующие на частицу массой m на участке траектории с кривизной ρ

- для одной и той же ординаты на восходящем и нисходящем участках траектории ее элементы связаны следующими неравенствами $v_{\text{ВОС}} > v_{\text{НИС}}$, $v_{x\text{ВОС}} > v_{x\text{НИС}}$, $\alpha_{\text{ВОС}} < \alpha_{\text{НИС}}$, $\frac{dv_{\text{ВОС}}}{dt} > \left| \frac{dv_{\text{НИС}}}{dt} \right|$.

Сопротивление среды движению частицы можно рассматривать как функцию от скорости ее движения $R = R(v)$. Если кривая изменения скорости в зависимости от сопротивления среды не имеет экстремумов, т.е., если $\frac{d^2R(v)}{dv^2} \neq 0$ ни на одном из участков, то закон изменения сопротивления среды от скорости будет монотонным.

По Ньютону сопротивление среды движению тела подчиняется квадратичному закону $R = bv^2$, где b - коэффициент, характеризующий свойства среды и тела. Любой закон сопротивления среды, как указывается в [2], в определенном диапазоне изменения скоростей можно заменить линейным законом, условия применимости которого при определении элементов траектории записывается в виде $\frac{L_R - L_1}{L_R} \cdot 100\% \leq [p]$, где L_R, L_1 - численные значения рассматриваемого элемента (скорости, времени, длины дуги траектории и пр.) при действительном и линейном законах сопротивления среды, $[p]$ - допускаяемый процент ошибки.

Рассмотрим условия движения частицы при линейном законе сопротивления среды. Из решения дифференциального уравнения

$\frac{dv_x}{dt} = -\frac{R \cos \alpha}{m}$ при $R = av$ и начальных условиях $t = 0, v_x = v_{x0}, \alpha = \alpha_0$ следует

$$v_x = v_{x0} \exp(-a_1 t), \quad (5)$$

где $a_1 = a/m$

Из решения уравнения $\frac{d\alpha}{dt} = -\frac{g \cos^2 \alpha}{v_x}$ с учетом найденного значения

v_x при начальных условиях $t = 0, \alpha = \alpha_0$ следует $tg \alpha = -\frac{g}{a_1 v_{x0}} \exp(a_1 t) + Q,$

где $Q = tg \alpha_0 + \frac{g}{a_1 v_{x0}}.$

$$\text{Абсцисса траектории } x = \frac{v_{x0}}{a_1} [1 - \exp(-a_1 t)]. \quad (6)$$

$$\text{Ордината траектории } y = \frac{v_{x0} \cdot Q}{a_1} [1 - \exp(-a_1 t)] - \frac{gt}{a_1}. \quad (7)$$

$$\text{Полная скорость движения } V = \frac{v_{x0} \exp(-a_1 t)}{\cos \arctg \left[Q - \frac{g}{a_1 v_{x0}} \exp(a_1 t) \right]}. \quad (8)$$

Рассмотрим условия движения частицы при квадратичном законе сопротивления среды

При $R = bV^2$ из решения уравнения $\frac{dv_x}{dt} = -\frac{b_1 v_x^2}{\cos \alpha}$, где $b_1 = b/m$, при

начальных условиях $t = 0, v_x = v_{x0}$, следует, что $v_x = \frac{1}{\frac{1}{v_{x0}} + b_x t}$, где

$$b_x = b_1 (1/\cos \alpha).$$

$$v_y = \left(\frac{1}{v_{x0}} + b_x t \right) \left[tg \alpha_0 - gt \left(\frac{1}{v_{x0}} + \frac{b_x t}{2} \right) \right].$$

Полная скорость движения частицы определится как

$$V = \frac{1}{\left(\frac{1}{v_{x0}} + b_x t \right) \cos \arctg \left[tg \alpha_0 - gt \left(\frac{1}{v_{x0}} + \frac{b_x t}{2} \right) \right]}. \quad (9)$$

Рассмотрим условия движения потока частиц при их перемещении по трубопроводу прямоугольного сечения, нижняя плоскость которого установлена под наклоном к линии горизонта (рис.2)[3]

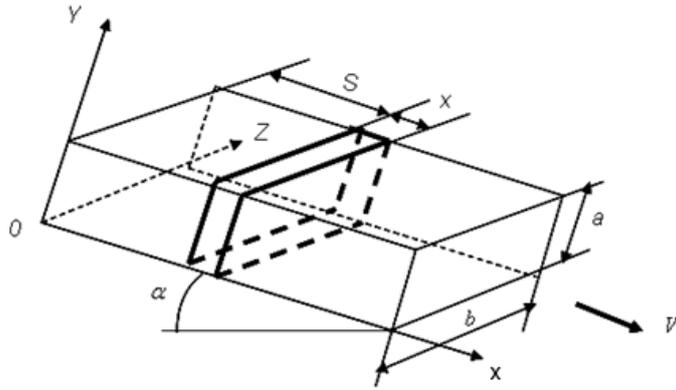


Рисунок 2 – Схема участка трубопровода прямоугольного сечения

Будем считать, что масса транспортируемых по трубопроводу частиц, проходящих в единицу времени через любое сечение трубопровода равна $\sum m_i = \rho(x) \cdot S(x) \cdot v(x) = const$, где $v(x)$ - скорость воздушного потока в трубопроводе, $\rho(x)$ - плотность потока частиц.

На отдельную частицу массой m_i действуют сила тяжести G , сила сопротивления среды R , направленная под углом β к оси OY , сила трения F_T и сила реакции N .

Уравнение движения частицы в проекциях на оси OX и OY :

$$-M(dV_x/dt) = G \sin \alpha + R \sin \beta - F_T,$$

$$-M(dV_y/dt) = R \cos \beta + N - G \cos \alpha,$$

где

$$M = \sum m_i; G = Mg; R_x = C_x s (\rho_1/2)(v_{II} - v_x)^2; R_y = C_y S (\rho_1/2)v_y^2; F_T = C_T S_T (\rho_1/2)(v_{II} - v_x)$$

C_x, C_y - аэродинамические коэффициенты, ρ_1 - плотность воздушного потока, $v_{II} - v_x$ - относительная скорость движения потока и частицы, S, S_T - площадь миделевого сечения частицы и ее поверхности соответственно.

Разделив первое уравнение системы на M и подставив значения переменных, получим дифференциальное уравнение

$$-(dv_x/dt) = g \sin \alpha - \frac{(v_{II} - v_x)^2 \rho_1 [C_T S_T - C_x S \sin \beta]}{2M}, \quad \text{решением которого}$$

$$\text{будет выражение } t + c = 1/2Q\sqrt{g \sin \alpha} \ln \left| \frac{[\sqrt{g \sin \alpha} + Q(v_{II} - v_x)]}{[\sqrt{g \sin \alpha} - Q(v_{II} - v_x)]} \right|,$$

$$\text{где } Q^2 = [(\rho_1/2M)(C_T S_T - C_x S \sin \beta)].$$

При $t = 0, v_x = v_{II}$ постоянная интегрирования $c = 0$. Тогда

$$t = 1/2Q\sqrt{g\sin\alpha} \ln \left[\frac{\sqrt{g\sin\alpha} + Q(v_{II} - v_x)}{\sqrt{g\sin\alpha} - Q(v_{II} - v_x)} \right] \quad \text{и}$$

$$v_{II} - v_x = \frac{\sqrt{g\sin\alpha} \exp(2Q\sqrt{g\sin\alpha} t) - 1}{Q \exp(2Q\sqrt{g\sin\alpha} t) + 1}.$$

Из второго уравнения системы получим $v_y = (D + B)th(BDt)$, где $B^2 = C_y S \rho_1 \cos \beta / 2M$; $D^2 = g \cos \alpha - N/M$.

Тогда, предельная скорость движения частиц будет равна

$$v = \sqrt{(v_{II} - v_x)^2 + v_y^2} = \frac{\sqrt{g}}{QB} \sqrt{B^2 \sin \alpha + Q^2 [\cos \alpha - (N/gM)]}. \quad (10)$$

Рассмотрим модель движения частиц в вертикальной емкости прямоугольного сечения, которые подаются в нее по трубопроводу с помощью воздушного потока (рис.3)[3].

Сыпучая масса, подаваемая в емкость, будет оказывать осевые и боковые усилия на стенки. Величину бокового давления на стенки можно принять как часть осевого давления столба материала в бункере $q = kp$, где q - боковое давление материала, p - осевое давление материала, k - коэффициент пропорциональности.

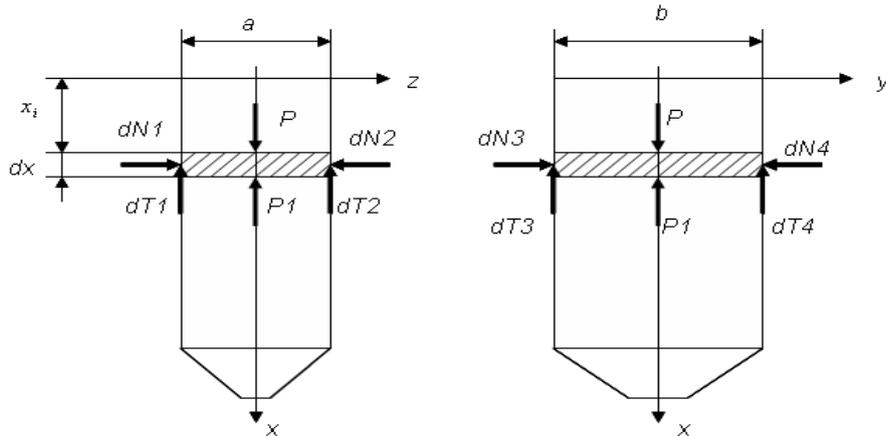


Рисунок 3 – Силы, действующие на элемент материала в емкости

Определим зависимость, характеризующую изменение осевого давления по высоте бункера, в предположении, что нормальные напряжения в любой точке сечения материала перпендикулярно оси X одинаковы и давление воздушного потока равномерно распределяется по всей плоскости сечения бункера. Для чего выделим на расстоянии x_i от начала координат элементарный слой материала толщиной dx . Выделенный элемент представляет собой параллелепипед с основаниями равными $s_1 = s_2 = ab$ и боковыми гранями $ds_3 = ds_4$ и $ds_5 = ds_6$.

Площади основания элемента dx

$$s_1 = a_1 b_1 = (a - x)(b - x),$$

$$s_2 = a_2 b_2 = [a - (x + dx)][b - (x + dx)].$$

Площади боковых граней

$$ds_3 = ds_4 = (b - x)dx,$$

$$ds_5 = ds_6 = (a - x)dx.$$

На выделенный элемент оказывают действие следующие силы:

- сила давления воздушного потока $P = p s_1 = C_x \frac{\rho_B}{2} v^2 s_1$, где ρ_B - плотность воздушного потока, C_x - аэродинамический коэффициент, v - скорость воздушного потока,

- сила реакции $P_1 = (P + dP) s_2 = (p + dp) s_2$,

- силы нормального давления $dN_i = k p d s_i$, ($i = 3, 4, 5, 6$),

- силы трения материала о стенки $dT_i = f k p d s_i$, ($i = 3, 4, 5, 6$),

- сила тяжести $G = mg = \rho_M V g$, где V - объем элемента, $V = s_2 dx$.

Уравнение равновесия относительно оси X

$$P - P_1 - \sum_3^6 dT_i = 0.$$

В виду малости выделенного элементарного объема его массой можно пренебречь

$$p(ab - x(a+b) + x^2) - \{(p + dp)[ab - (x + dx)(a+b) + (x + dx)^2]\} - 2fkp\{(a-x)dx + (b-x)dx\} = 0$$

Разделив переменные и решив уравнение, получим

$$p_x = p_0 \exp\left(-\frac{2x f k (a+b)}{ab}\right). \text{ При } x = h \text{ величина осевого давления}$$

составит

$$p = \exp(-Qh) + M, \quad (11)$$

где h - высота бункера накопителя, $Q = \frac{2fk(a+b)}{ab}$, M - объемная

масса материала в бункере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров Г.А. и др. *Технология и оборудование мукомольно-крупяного и комбикормового производства*. – М: Колос, 1979.
2. Новичихин В.А. *Прикладная теория свободного движения тела*. – Горький: Волго-Вятское кн. изд., 1973.
3. Авроров Г.В., Ловцева В.В., Авроров В.А., Тутов Н.Д. *Анализ и моделирование операций обработки сырья и полуфабрикатов для мучных кондитерских изделий*. – С.Оскол: ТНТ, 2014. – 244с.

УДК 664.002.3:658.562

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТРИКИ ЕВКЛИДА ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА
ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ**

© *А.В. Коновалов, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

© *О.Е. Коновалова, Пензенский государственный технологический
университет (г. Пенза, Россия)*

**USING THE EUCLIDEAN METRIC TO ANALYZE THE QUALITY
OF CATERING PRODUCTS**

© *A.V. Konovalov, Penza State Technology University (Penza, Russia)*

© *O.E. Konovalova, Penza State Technology University (Penza, Russia)*

Статья посвящена анализу качества продукции общественного питания с помощью метрики Евклида.

Ключевые слова: оценка качества продукции, метрика, нормативная база.

This article analyzes the quality of catering products using Euclidean metric.

Key words: evaluation of the quality of products, the metric, regulatory framework.

E-main: avkonovalov@yandex.ru

В настоящее время рынок общественного питания увеличивается достаточно интенсивно. Причиной такого роста стала возросшая покупательная способность людей. В основном жители крупных городов, в силу своей занятости, предпочитают питаться не дома, а посещать кафе, закусочные, рестораны. Благодаря средствам массовой информации люди отлично знают, что употреблять в пищу фаст фуд вредно и даже опасно, поэтому все чаще стали предпочитать полноценное качественное питание.

Развитие рыночных отношений способствовало росту количества предприятий общественного питания и торговли, что, в свою очередь, повлекло затруднение в контроле качества выпускаемой продукции, невозможности своевременно выявить нарушения в технологии приготовления, которые можно было предотвратить на ранней стадии.

Изменение нормативной базы с одной стороны и увеличение потребности в готовой кулинарной продукции с другой делает проблему оценки качества пищевой продукции актуальной. Под качеством можно понимать сохранение питательных веществ при тепловой обработке, увеличение органолептических показателей. Поскольку нормативные документы должны максимально учитывать эти показатели, то задача оценки качества продукции сводится к степени приближенности показателей продукции к нормативной базе.

В общем случае продукция зависит от совокупности вектора компонент $V = \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$, где k – количество компонент, и от множества отношений между ними $R = \{R^1, R^2, \dots, R^n\}$, где n – степень отношения. Таким образом, множество R^1 включает количественные характеристики компонент, множество R^2 описывает парные отношения компонент (например, отношение следования, совместимости и т.д.), R^3 – отношения 3-го порядка и т.д. В итоге степень отношений может быть равна количеству компонент и описывать отношение, состоящее из множества всех компонент. В общем случае, отношений какой-либо степени тоже может быть множество. Например, одно отношение первого порядка может описывать вес компонент, а другое процентное содержание

составных частей. Обозначим множества V' множество компонентов и R' множество отношений, соответствующих нормативным документам, V^* и R^* - множества, соответствующие производственным данным (рисунок 1).

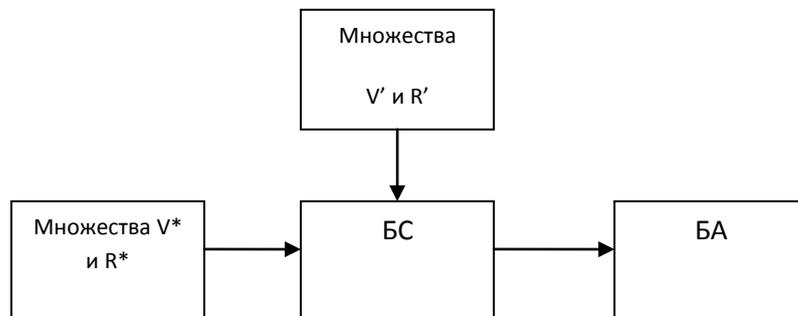


Рисунок 1 – Блок – схема алгоритма принятия решения

На рисунке 1 центральными элементами являются блок сравнения, обозначенный БС и блок анализа (БА), реализующие алгоритм принятия решения о соответствии реальных множеств нормативным. Таким образом, задача оценки качества готовой продукции заключается в нахождении множества числовых коэффициентов $D=\{d_1, d_2, \dots, d_i\}$, характеризующего оптимальную степень удаленности производственных множеств компонентов и множеств отношений от нормативных.

Для вычисления степени приближенности производственных отношений 1-го порядка R^1 можно использовать метрики сходства и различия. Допустим имеется два отношения $R^{*1}=\{r_1^*, r_2^*, \dots, r_m^*\}$ и $R^1=\{r_1, r_2, \dots, r_m\}$. Для оценки сходства можно использовать метрику сходства и различия:

$$d = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^m (r_i' - r_i^*)^n} \quad (1)$$

Для анализа в качестве n можно выбрать число 2. Тогда формула (1) превращается в Евклидово расстояние (2)

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^m (r_i' - r_i^*)^2} \quad (2)$$

Таким образом, данная метрика позволяет определить степень отклонения производственного вектора от нормативного. Однако, такой способ не может применяться для анализа многомерных параметров, описываемых отношениями R^i , где $i > 2$. Для решения поставленной задачи использовались методы из области эвристического поиска, такие как генетические алгоритмы [1], вероятностные методы [2] и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коновалова О.Е. Контроль качества пищевой продукции// *Современные информационные технологии: Сборник статей Международной научно-технической конференции. Вып. 5. – Пенза: ПГТА, 2007.*
2. Коновалова О.Е. Использование метода Байеса для анализа качества пищевой продукции// *Современные информационные технологии: Сборник статей Международной научно-технической конференции. Вып. 9. – Пенза: ПГТА, 2011.*

УДК 631.363.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДАЧИ МАТЕРИАЛА ПРИ РАЗГРУЗКЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ

- © *В.В. Коновалов, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *А.С. Калиганов, Пензенская государственная сельскохозяйственная
академия (г. Пенза, Россия)*
- © *М.В. Фомина, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия
(г. Пенза, Россия)*
- © *А.В. Чупшев, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия
(г. Пенза, Россия)*

MODELING MATERIAL SUPPLY DURING UNLOADING VERTICAL MIXER

- © *V.V. Konovalov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *A.S. Kaliganov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *M.V. Fomina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *A.V. Chupshev, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье рассмотрены результаты моделирования смесителя с лопастными рабочими органами

Ключевые слова: подача, моделирование, смеситель, мешалка, энергоёмкость перемешивания, мощность привода смесителя.

The article considers the results of a mixer with blades modeling.

Key words: input, modeling, mixer, blender, power consumption of mixing, capacity of mixer shaft.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru; fomina_mv@bk.ru; chupshevav@mail.ru

Для обеспечения животных необходимыми питательными веществами компоненты кормосмесей подлежат дозированию с последующим смешиванием. Под смешиванием понимают процесс равномерного распределения частиц компонентов конкретного корма в общем объеме, в результате чего получают однородную кормовую смесь [1].

В зависимости от вида смешиваемых кормов применяют различные виды смесителей. Их различают: по принципу действия на непрерывные и периодические. В случае непрерывного дозирования компонентов используют смесители непрерывного действия. Они менее энергоёмки, однако по качественным показателям смеси зачастую несколько хуже периодических [1].

Для смешивания сухих кормов наиболее эффективны смесители с лопастными рабочими органами [1...4]. Были проведены мероприятия по разработке смесителя сухих кормов непрерывного действия [5, 6].

Разработанный смеситель (рисунок 1) состоит из смесительной цилиндрической камеры 5, через которую проходит вертикальный центральный вал 9. На валу закреплены мешалки 10 с шестью радиальными прутковыми лопастями 11 круглого поперечного сечения. Диаметр прутка 6,5 мм. Мешалки закреплены в нижней части вращающегося вала через одинаковое расстояние в несколько ярусов. Над валом 9 расположены неподвижно на упорах 8 опора 7 и направляющий конус 6, подающий непрерывно поступающие потоки исходных компонентов к концам лопастей мешалок 10. Над смесительной камерой 5

находится направляющая воронка 4 и многокомпонентный дозатор непрерывного действия.

Загрузка исходных компонентов в смесительную камеру 5 осуществляется посредством дозирующих устройств 2 многокомпонентного дозатора со своим приводом. Состав смеси определяется положением заслонок 3 многокомпонентного дозатора. Отвод полученной смеси осуществляется непрерывно через окно по выгрузному лотку 16. Качество перемешивания может частично регулироваться площадью выгрузного окна за счет перемещения шибера 12.

Работа смесителя проходит следующим образом. Компоненты смеси непрерывно поступают из бункеров 3 многокомпонентного дозатора непрерывного действия 4 в приемную воронку 6 и далее в смесительную камеру 7. Вращающий момент, передаваемый от электродвигателя 9 посредством муфты к валу 2 (рис. 2) и мешалкам, лопасти 4 которых перемешивают загружаемые компоненты смеси. По мере выгрузки нижних слоев через выгрузное отверстие 3, верхние перемешиваемые слои опускаются вниз и также выгружаются по лотку.

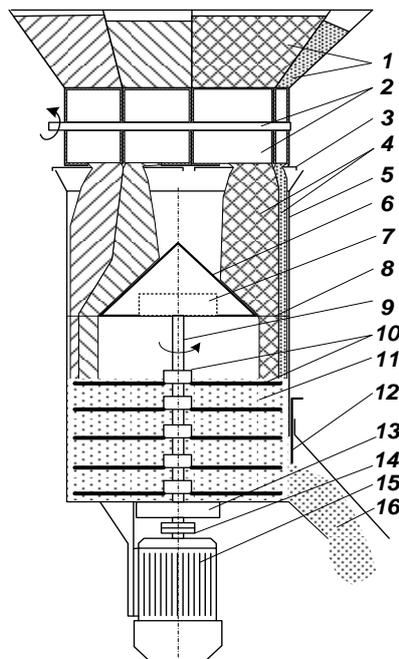


Рисунок 1 – Схема технологического процесса смесителя

- 1– бункера с исходными компонентами; 2– дозирующие устройства многокомпонентного дозатора; 3– регулировочные заслонки дозатора;
- 4– падающие потоки исходных компонентов; 5– смесительная камера;
- 6– направляющий конус; 7– верхняя подшипниковая опора; 8– упоры; 9– вал;
- 10– лопастная мешалка; 11– компоненты в процессе перемешивания; 12– шибер; 13– нижняя подшипниковая опора; 14– муфта; 15– электродвигатель;
- 16– выгрузной лоток с готовой смесью

Анализ рабочего органа смесителя (рисунок 2, 3) показывает, что их основными элементами являются радиальные лопасти, осуществляющие разгон материала внутри емкости смесителя. В результате взаимодействия частиц

компонентов смеси и лопастей, происходит перемешивание частиц и образование смеси. Приготовленная смесь, в нижней части смесителя под действием центробежных сил вылетает через выгрузное окно из емкости смесителя.

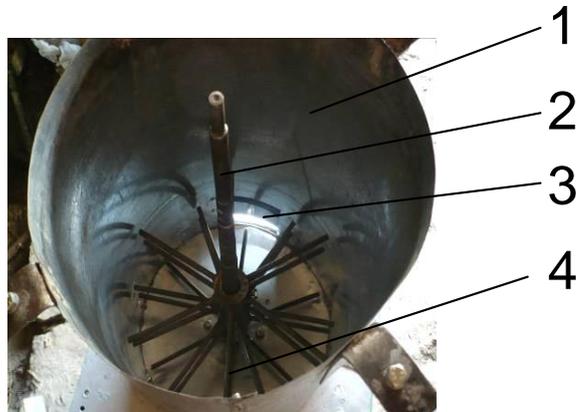


Рисунок 2 – Внутреннее устройство смесителя
1 – смесительная камера; 2 – вал, 3 – выгрузное отверстие; 4 – лопасти

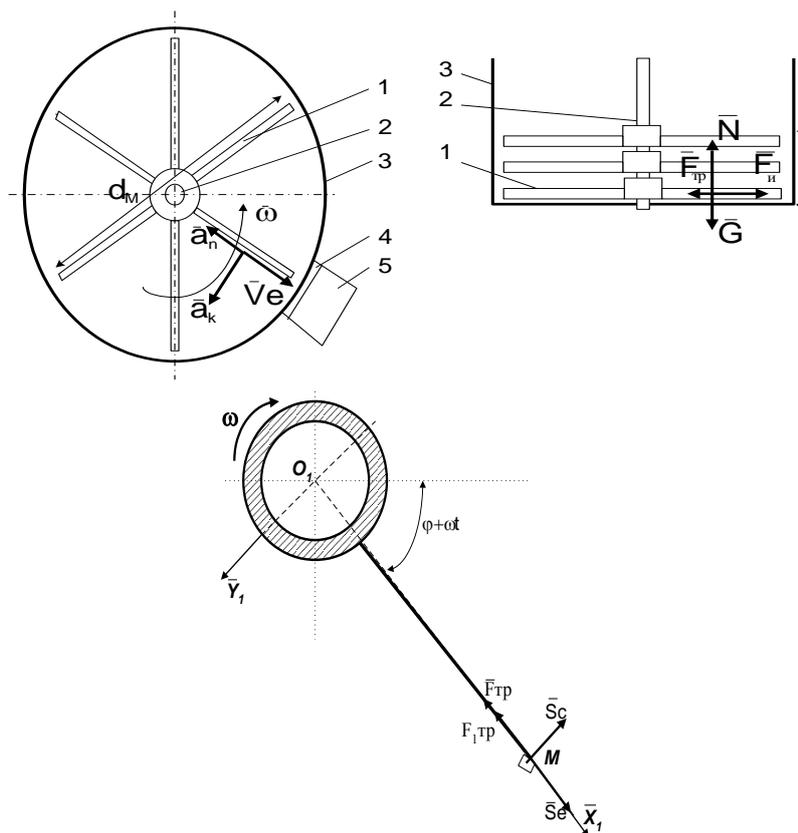


Рисунок 3 – Схема сил и ускорений, действующих на элементарный сектор при разгрузке ячейки внутри смесителя: 1 – лопасти мешалки смесителя; 2 – вал смесителя; 3 – емкость смесителя; 4 – шибер; 5 – выгрузной лоток

Производительность смесителя определяется из условия, кг/с:

$$Q_{CM} = Q_{ДН} + Q_{ДД1} + Q_{ДД2}. \quad (1)$$

где $Q_{ДН}$, $Q_{ДД1}$, $Q_{ДД2}$ – производительность (подача) питателей-дозаторов наполнителя и всех добавок, кг/с;

При этом для соблюдения рецептуры смеси должно выполняться условие:

$$Q_{ДН} = Q_{CM} \cdot \eta_H; Q_{ДД1} = Q_{CM} \cdot \eta_{\partial 1}; Q_{ДД2} = Q_{CM} \cdot \eta_{\partial 2}; \eta_H + \eta_{\partial 1} + \eta_{\partial 2} = 1, \quad (2)$$

где η_H , $\eta_{\partial 1}$, $\eta_{\partial 2}$ – доля компонентов (наполнителя, первой и второй добавки, соответственно) в смеси согласно рецептуре, 0,01%.

Для отсутствия забивания смесителя соблюдаться условие: производительность смесителя по загрузке $Q_{CMзагр}$ и выгрузке материала $Q_{CMвыгр}$ из него должны быть равны:

$$\Sigma Q_{пит} = Q_{CMзагр} = Q_{CMвыгр}. \quad (3)$$

Целью осуществляемых мероприятий являлось определение расчетным путем параметров выгрузного отверстия, обеспечивающих требуемую производительность смесителя по выгрузке материала.

Для реализации указанной цели поставлены задачи:

1. Аналитически установить зависимость производительности (подачи) смесителя по выгрузке от параметров выгрузного отверстия;
2. Разработать компьютерную программу, позволяющую моделировать процесс выгрузки материала смеси и графически представлять результаты расчета.

Для определения производительности смесительного агрегата по выгрузке готовой смеси из смесителя (с выгрузным отверстием в виде прямоугольной вертикальной щели) [7,8] выделим элементарный объем материала в виде элементарного сектора, вращающегося вместе с мешалкой смесителя и рассмотрим его движение.

Приняты следующие допущения: масса материала, заполняющего сектор, сосредоточена в одной точке (в центре тяжести сектора M), рассматриваем перемещение элементарного сектора как движение некоторой материальной точки M ; движение материала производится в радиальном направлении.

Для равномерного переносного движение материальной точки справедливо выражение:

$$m\ddot{x} = \sum \vec{F}_i + \sum \vec{N}_i + \vec{S}c + \vec{S}e; \quad (4)$$

где m – масса элементарного сектора высотой выгрузного отверстия S , приведенного к материальной точке кг; \ddot{x} – относительное ускорение материальной точки, м/с²; $\sum \vec{F}_i$ – геометрическая сумма приложенных к точке задаваемых внешних сил, Н; $\sum \vec{N}_i$ – векторная сумма реакций связи, Н; $\vec{S}c$ – кориолисова сила инерции, Н; $\vec{S}e$ – центробежная сила инерции, Н; H – высота материала в смесителе, м.

Уравнение относительного движения (ф. 2.20) примет следующий вид

$$m \cdot \ddot{x} = \vec{F}_{mp} + \vec{F}_{1mp} + \vec{S}c + \vec{S}e. \quad (5)$$

$$\ddot{x} + 2 \cdot \omega \cdot \dot{x} \cdot A - x \cdot \omega^2 = -g \cdot f_1 \cdot \frac{H}{S_l} \quad (6)$$

Проекция на ось X:

где $A = f$.

Выражение представляет собой неоднородное дифференциальное линейное уравнение второго порядка вида $\ddot{x} + p \cdot \dot{x} + q \cdot x = R(t)$.

Общее решение уравнения имеет следующий вид

$$x = x_1 + x_2, \quad (7)$$

где x_1 - общее решение однородного дифференциального линейного уравнения;

x_2 - частное решение неоднородного дифференциального линейного уравнения.

Общее решение уравнения без правой части имеет вид

$$x = x_1 + x_2 = C_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + C_2 \cdot e^{\lambda_2 t} + B, \quad (8)$$

где $\lambda_1 = -\omega \cdot (A + \sqrt{A^2 + 1}) = -\omega \cdot (f + \sqrt{f^2 + 1})$;

$$\lambda_2 = -\omega \cdot (A - \sqrt{A^2 + 1}) = -\omega \cdot (f - \sqrt{f^2 + 1}).$$

Координата положения центра тяжести элементарного сектора в момент времени t , м, определится:

$$X_C = C_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + C_2 \cdot e^{\lambda_2 t} + \frac{g \cdot f_1 \cdot H}{\omega^2 \cdot S_l}, \quad \text{или (9)}$$

$$x = x_1 + x_2 = \frac{(X_{Co} - B) \cdot \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot e^{\lambda_1 t} + \left(X_{Co} - \frac{(X_{Co} - B) \cdot \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} - \frac{g \cdot f_1 \cdot H}{\omega^2 \cdot S_l} \right) \cdot e^{\lambda_2 t} + \frac{g \cdot f_1 \cdot H}{\omega^2 \cdot S_l}$$

Скорость перемещения центра тяжести, м/с

$$\dot{X}_C = C_1 \cdot \lambda_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + C_2 \cdot \lambda_2 \cdot e^{\lambda_2 t}. \quad (10)$$

$$\text{где } C_1 = \frac{(X_C - B) \cdot \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}; \quad C_2 = X_C - \frac{X_C \cdot \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} - B$$

Подача материала через выгрузное отверстие в виде щели определится, кг/с

$$Q = Q_V \cdot \rho = (S_l \cdot S_o \cdot \mathcal{G}_{cp}) \cdot \rho \quad \text{или} \quad Q = S_l \cdot S_o \cdot \rho \cdot \frac{\sum \mathcal{G}_i}{N_i}, \quad (11)$$

где S_o , S_l - ширина и высота выгрузного отверстия, м; \mathcal{G}_{cp} - средняя скорость выхода материала из смесителя в радиальном направлении, м/с; \mathcal{G}_i - скорость выхода материала из смесителя в радиальном направлении на i -м участке, м/с; N_i - количество i -х участков выгрузного отверстия, шт.; ρ - плотность вороха материала в смесительной емкости при работе мешалки, кг/м³.

$$\text{Длительность смешивания материала } T = \frac{M}{Q}, \quad (12)$$

где M - масса материала смеси постоянно находящаяся внутри смесителя в зоне расположения лопастного рабочего органа, кг.

Процесс смешивания может быть описан по аналогии с процессом диффузии. Согласно этой аналогии, равномерность смеси описывается показательной функцией [9]:

$$\Theta = 1 - e^{-k \cdot T} \quad (13)$$

где k – эмпирический коэффициент интенсивности перемешивания, характерный конкретному рабочему органу.

В случае последовательного расположения нескольких рабочих органов, равномерно размещенных в зоне смешения компонентов смесителя, время смешивания определится $T = Z_R \cdot T^*$,

где Z_R – количество последовательно установленных рабочих органов (в нашем случае – ярусов установки лопастей); T^* – время перемешивания смеси одним последовательно установленным рабочим органом, с.

Тогда равномерность смеси на выходе из смесителя [10,11]:

$$\Theta = 1 - e^{-k \cdot Z_R \cdot T^*} \quad (14)$$

Зная требуемую равномерность смеси, можно определить требуемую длительность смешения компонентов смеси.

Результаты компьютерного моделирования по определению производительности смесителя (рисунок 4) по выгружаемому из его емкости материалу показывают, что с ростом частоты вращения и высоты выгрузного отверстия производительность смесителя повышается. При этом теоретическое время нахождения материала внутри емкости смесителя сокращается. Тем самым, сокращается время смешивания материала, что ухудшает качество смеси (ее равномерность). Соотношение потребного времени смешения компонентов к расчетному времени нахождения материала в зоне смешения желательно обеспечивать около 1 для обеспечения качества смеси и снижения нерациональных затрат энергии, где

$$\tau = (T_{номп.} / T_{расч.}) \rightarrow 1. \quad (15)$$

где $T_{номп.}$ – потребное время смешения компонентов смеси внутри смесительной емкости, с; $T_{расч.}$ – расчетное время нахождения смеси внутри смесительной емкости, с.

При значениях выше $\tau \geq 1$ время перемешивания превысит необходимое значение, что необоснованно увеличит энергоемкость смесеобразования. При значениях выше $\tau \leq 1$ время смешивания не достигает необходимого значения, что не обеспечит должного качества смеси (рисунок 2.14).

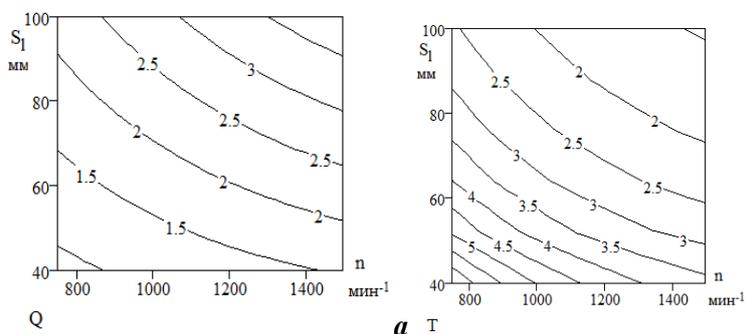


Рисунок 4 – Результаты моделирования работы смесителя по влиянию частоты вращения мешалки n (мин^{-1}) и высоты выгрузного окна смесителя S_1 (мм): а – на производительность смесителя Q (кг/с); б – на время T (с) смешения компонентов смеси внутри смесительной емкости

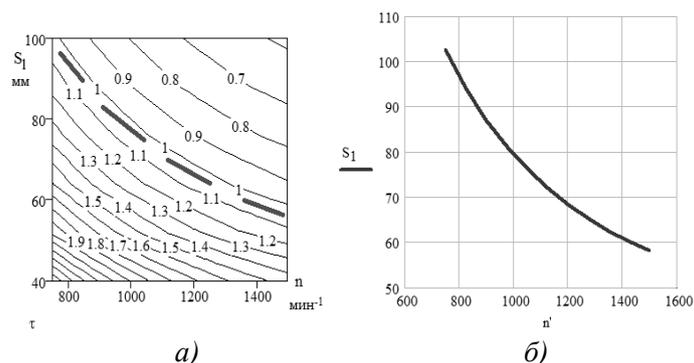


Рисунок 5 – Результаты моделирования работы смесителя по влиянию:
 а – частоты вращения мешалки n (мин^{-1}) и высоты выгрузного окна смесителя S_1 (мм) на соотношение $\tau = T_{\text{потр.}} / T_{\text{расч.}}$; б – частоты вращения мешалки n (мин^{-1}) на потребную высоту выгрузного отверстия S_1 , мм

Из условия равенства производительности смесителя по выгрузке суммарной производительности дозаторов определена на рисунке 5.б потребная высота установки шибера (высота выгрузного отверстия).

Тем самым, на основании силового анализа определена подача материала через выгрузное отверстие вертикального смесителя, а разработанная модель процесса в математическом пакете MathCAD позволяет определять производительность разгрузки смесителя Q , время смешения компонентов T , соблюдение потребного времени смешения τ , а также рекомендовать высоту выгрузного отверстия S_1 .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калиганов, А.С. Аналитическое определение подачи материала при разгрузке вертикального смесителя / А.С. Калиганов, М.В. Фомина, А.В. Чупшев, *Инновационные идеи молодых исследователей для АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции.* – Том 3. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – С. 62.
2. Коба, В. Механизация и технология производства продукции животноводства / В. Коба, Н. Брагинец, Д. Мурусидзе, В. Некрашевич. – М.: Колос, 1999. – 528 с.
3. Коновалов, В.В. Механизация технологических процессов животноводства / В.В. Коновалов, С.И. Щербаков, В.Ф. Дмитриев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – 274 с.
4. Коновалов, В.В. Обоснование оптимальных конструктивно-режимных параметров смесителя непрерывного действия / В.В. Коновалов, А.С. Калиганов, В.П. Терюшков, А.В. Чупшев // *Нива Поволжья.* 2011. – № 3. – С. 63-67.
5. Петрова, С.С. Сравнительные исследования смесителя с круглыми и плоскими лопастями / С.С. Петрова, В.П. Терюшков, А.В. Чупшев, М.В. Коновалова // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.* – 2011. – № 3. – С. 121-124.
6. Стукалкин, Ф.Г. Исследование кормосмесителей непрерывного действия и методика их расчета / Автореф. дисс. на соиск. к.т.н. – Ленинград-Пушкин, 1965. – 21 с.

7. Терюшков, В.П. Обоснование технологических параметров смесителя кормов/ В.П. Терюшков, В.В. Коновалов, И.А. Боровиков, С.В. Гусев // *Нива Поволжья*. – 2006. № 1. С.27-29.
8. Чупишев, А.В. К обоснованию параметров быстроходного смесителя / А.В. Чупишев, В.В. Коновалов, В.П. Терюшков, С.С. Петрова // *Известия Самарской ГСХА*. – 2008. – №3 С.151-154.
9. Чупишев А.В. Влияние длительности перемешивания на производительность вертикального смесителя / А.В. Чупишев, А.С. Калиганов, М.В. Фомина / *Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. Сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции 24-25 сентября 2013 г., г. Тамбов*. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В. – С.80-81.
10. Фомина, М.В. Моделирование изменения равномерности смеси при ступенчатом смешивании / М.В. Фомина, А.В. Чупишев // *Инновационные идеи молодых исследователей для АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции*. – Том 3. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – С. 78.
11. Фомина, М.В. Моделирование работы смесителя по равномерности смеси / М.В. Фомина, А.С. Калиганов, А.В. Чупишев // *Инновационные идеи молодых исследователей для АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции*. – Том 3. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – С. 58.

ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 664.87

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ КАПИЛЯРНО–ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАПРАВЛЕННОГО ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- © *Г.В. Авроров, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *А.А. Курочкин, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *Д.А. Мартяшина, Пензенский государственный технологический
университет (г. Пенза, Россия)*
- © *Г.Д. Лузгин, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

EXPERIMENTAL RESEARCH OF PROCESS OF DRYING OF CAPILLARY-POROUS MATERIALS ON THE EXAMPLE OF THE CARROT WITH DIRECTIONAL INFRARED RADIATION

- © *G.V. Avrorov, Penza State Technology University (Penza, Russia)*
- © *A.A. Kurochkin, Penza State Technology University (Penza, Russia)*
- © *D.A. Martyashina, Penza State Technology University (Penza, Russia)*
- © *G.D. Lusgin, Penza State Technology University (Penza, Russia)*

Статья посвящена анализу современных способов сушки пищевых материалов и исследованию процесса сушки с использованием ИК энергоподвода на примере моркови.

Ключевые слова: способы сушки, ИК сушка, капиллярно– пористые продукты, исследование процесса сушки.

The article is devoted to the analysis of modern methods of drying food materials and research of process of drying with the use of IR energy by the example of the carrot.

Key words: Methods of drying, IR drying, of capillary - porous products, research of process of drying.

Сушка относится к наиболее распространенным способам тепловой обработки различных сельскохозяйственных и пищевых материалов способ, применяемым в АПК. Благодаря удалению избытка влаги предотвращаются различные микробиологические, биохимические и ферментативные изменения, которые приводят к порче продукта при хранении. Изменения, происходящие в процессе сушки в пищевых продуктах, а также наиболее распространенные реакции, ухудшающие качество сухих продуктов, представлены в работе [1].

Приоритетным направлением АПК является разработка и внедрение энергосберегающих технологий и оборудования, за счет создания условий, повышающих эффективность тепло- массообмена и возможности интенсифицирования тепловой обработки, что требует проведения теоретических и экспериментальных исследований.

Существует большое количество различных способов сушки пищевых материалов: конвективные, в которых высушиваемый материал омывается потоком предварительно нагретого сушильного агента; кондуктивные, обуславливающие непосредственный контакт высушиваемого материала с

нагреваемой поверхностью; сублимационные, в которых сушка осуществляется в замороженном состоянии при глубоком вакууме; диэлектрические, при которых нагревание продукта происходит в поле токов высокой или сверхвысокой частоты; радиационные, в которых передача теплоты осуществляется инфракрасными лучами, как правило, в существующих сушильных установках реализовывается комбинирование этих способов [2].

Выбор того или иного способа определяется природой материала и требованиями к качеству конечного сухого продукта, последние может быть рационально реализовано лишь при применении определенных способов и режимов обезвоживания, характеризующие качество конечного продукта с низким влагосодержанием, сохранением натуральной окраски, пористости, минимальной потерей веществ.

На сегодняшний день наибольшее распространение для обезвоживания продукции растительного происхождения, получили сушильные установки конвективного типа, отличающиеся простотой конструкции и эксплуатации, а также возможностью работы от различных источников энергии.

Вместе с тем они имеют ряд недостатков, в числе которых значительные потери тепла с отходящим отработанным воздухом, зависимость эффективности работы сушилки от влажности атмосферного воздуха, негативное влияние горячего воздуха на качество готового продукта[2].

Близкие по сущности проблемы возникают при использовании менее распространенных, но имеющих подобные недостатки технологий сушки в псевдокипящем слое [3] и других, основанных, как и конвекционная сушка, на поверхностном обогреве высушиваемых продуктов.

При сублимационной сушке отсутствует окислительное действие кислорода воздуха, в результате продукты сушки отличаются высоким качеством, сохраняют питательные вещества, обладают повышенной восстанавливающей способностью, имеют незначительную усадку, сохраняют цвет, имеют пористое строение. Однако такие сушилки используются крайне редко вследствие чрезмерной себестоимости производимой с их применением продукции, вследствие значительных энергозатрат. Одним из способов снижения энергозатрат при сублимационной сушке является вакуумное концентрирование [5], которое включает в себя комбинированный вакуум-сублимационный способ сушки.

К другим комбинированным способом, позволяющих интенсифицировать процесс обезвоживания пищевых материалов, является сочетание конвективной сушки с Микроволновым-излучением. Реализация данного способа затруднена из-за проблемы неоднородного проникновения МВ-излучения в продукт, что отрицательно сказывается на качестве конечной продукции. К недостаткам данного способа относят то, что он в производственных условиях требует использования более сложного оборудования и имеет низкую производительность.

Радиационный способ, применяемый в отраслях пищевой промышленности, имеет диапазон длин волн от 0,75 до 1000 мкм. Радиационный способ, получаемый от ИК излучения (ТЭНов), в большинстве случаев имеет диффузионное излучение в пространстве, т.е. большая часть излучения рассеивается, что приводит к повышенному расходу энергии. Поэтому основной задачей при использовании ИК подвода энергии является создания условий сфокусировано-направленного подвода энергии. Тепловые установки с фокусировано-направленным ИК излучением практически не

известны в АПК. Работы [6,7,8,10], проводимые в ПензГТУ показывают высокую эффективность применения сфокусировано-направленного ИК излучения для тепловой обработки сырья и п/ф. Во влажном пищевом материале излучение проникает на определенную глубину, а их проводимость зависит от влагосодержания, т.е. поглощается влагой, содержащейся в продукте, а не тканью высушиваемого продукта, благодаря чему удаление влаги возможно при невысокой температуре. Поглощение инфракрасной энергии влагой характерно для всех длин волн, что позволяет использовать весь спектр ИК-излучателей и практически полностью сохранить витамины и биологически активные вещества [9].

Экспериментальные исследования процесса сушки материалов растительного происхождения с использованием направленного ИК энергоподвода, проводились на установке оснащенной лампами ИКЗ-250, обеспечивающих сфокусировано-направленное излучение, в качестве объекта исследования была взята морковь, толщиной 8 мм.

Высушивание производилось при постоянно заданных температурах 50С°, 60С°, 70С°, увеличение температуры не целесообразно, из-за значительного ухудшения качества конечного продукта. Экспериментальные данные приведены на рисунке 1 в виде кривых сушки в координатах $U_y - \tau$, где U_y – удаляемое влагосодержание, г/г СВ; τ – текущая продолжительность сушки, мин.

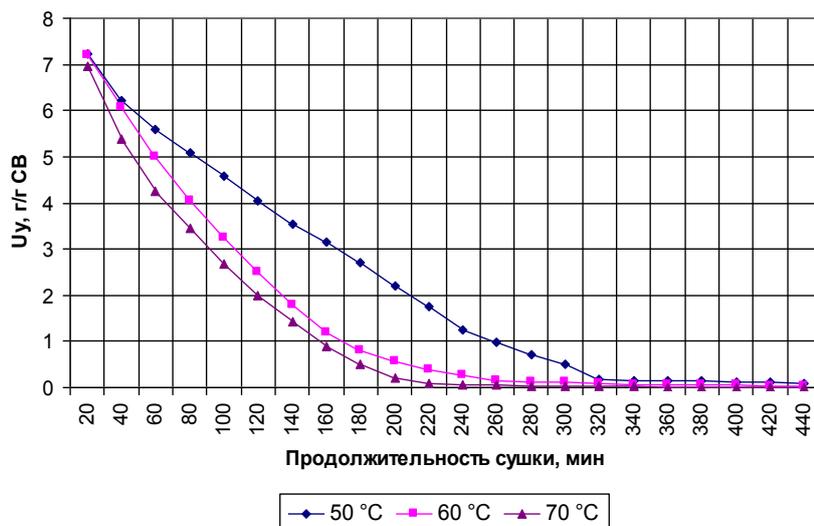


Рисунок 1 – Кривые сушки моркови при различных температурах воздуха

Анализ кривых показывает, что сушка моркови протекает в соответствии с закономерностями обезвоживания капиллярно-пористых тел. В начале процесса изменение влажности во времени имеет линейный характер, после первой критической точки скорость сушки снижается и наступает период падающей скорости. Появление так называемой второй критической точки свидетельствует об углублении зоны испарения внутрь материала, происходит удаление влаги из микрокапилляров, осмотической и адсорбционно-связанной влаги.

Анализ проведенного исследования показывает, что применение сфокусировано-направленного ИК излучения позволяет интенсифицировать процесс массопереноса и значительно снизить энергозатраты по сравнению с использованием других теплоносителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bruin, S. and Luyben K. Ch. A. M. Drying of food materials: review of recent developments // *Advances in Drying*.- Vol. 1 Mujendor A.S. (ed).-Washington, D.C.: Hemisphere, 1999. – P.155–215.
2. Кунилова Т.М. Анализ существующих типов оборудования и технологий сушки. <http://processes.open-mechanics.com/articles/65.pdf> (дата обращения 09.09.2010)
3. Лукьяненко (6)-15.530В.И. Тепломассообмен процесса сушки дисперсных материалов в центробежном псевдоожигенном слое. Дисс. канд. техн. наук. Воронеж, 2007. 177 с.
4. Снежкин Ю.Ф., Хавин А.А., Наумов С.Е., Чалаев Д.М. Сушка термолабильных материалов низкопотенциальным теплоносителем пониженной влажности. *Промышленная теплотехника*, том 4, 2002, с. 63-65.
5. Вакуумное концентрирование, как способ снижения энергозатрат при сублимационной сушке / Кретов И.Т., Антипов С.Т., Мосолев Г.И. // «Физико-химические основы пищевых и химических процессов» Тез. докл. Всерос.НПК. – Воронеж. – 1996. – С.135.
6. Авроров В.А. Выбор оптимального источника инфракрасного излучения в ближней инфракрасной области [Текст] /Авроров В.А., Лузгин Г.Д., Авроров Г.В., Зайцев А.В. // Сб. статей VII Международной научно-практической конференции «Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы». – Пенза: ПДЗ, 2013. – С.9-12.
7. Пат. №2327093. Устройство для сушки материалов [Текст] / Авроров В.А., Авроров Г.В., Чамин А.Ф., Моряхина Н.В., Куканова О.Д.: заявитель и патентообладатель Пенз. гос. техн. акад.; заяв.25.09.2006; опубл. 20.06.2008.
8. Пат. № 2465526. Способ сушки материалов в движущемся внутри вращающегося цилиндра потоке [Текст] / Авроров Г.В., Мкртчян С.Р., Лаврин А.К., Авроров В.А., Лузгин Г.Д., Вострокнутов Е.В.; заявитель и патентообладатель Пенз. гос. техн. акад.; заяв. 04.06.2010; опубл. 27.10.2012.
9. Гинзбург А.С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности. Москва: Пищевая пром-сть, 1966. 407 с.
10. Авроров Г.В., Ловцева В.В., Авроров В.А., Тутов Н.Д. Анализ и моделирование операций обработки сырья и полуфабрикатов для мучных кондитерских изделий. – С.Оскол: ТНТ, 2014. – 244с.

УДК 631.363

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РЫБНЫХ ОТХОДОВ

© А.С. Грецов, Самарская государственная сельскохозяйственная академия
(г. Самара, Россия)

PERSPECTIVE TECHNOLOGIES OF PROCESSING FISH WASTE

© A.S. Gretsov, Samara state agricultural Academy (Samara, Russia)

Статья посвящена проблеме переработки отходов рыбохозяйственного комплекса России. Обосновывается необходимость использования рыбных отходов в кормах для сельскохозяйственных животных. Рассматриваются технологии и оборудование для переработки рыбных отходов.

Ключевые слова: рыбные отходы, переработка, экструдирование.

The article is devoted to a problem of processing of waste of a fishery complex of Russia. Need of use of fish waste for sterms for agricultural animals locates. Technologies and the equipment for processing of fish waste are considered.

Key words: fish waste, processing, extruding.

E-mail: grecov_as@mail.ru

Рыбохозяйственный комплекс играет важную роль в поддержании продовольственной безопасности России, сохранении водных биоресурсов и улучшении качества жизни населения [5].

Рыбное хозяйство относится к секторам экономики, имеющим значительный мультипликативный эффект на развитие смежных отраслей (машиностроение, судостроение, электронная промышленность, производство нефтепродуктов, сельское хозяйство и пищевая промышленность), так как является крупным потребителем и поставщиком материально-технических ресурсов в указанных отраслях [5].

Значительно повысилась роль рыбохозяйственного комплекса в формировании экономического потенциала страны. Меры по развитию отрасли, особенности ее функционирования, факторы влияния на общее экономическое развитие страны нашли отражение во всех программных документах Российской Федерации, что ранее не осуществлялось [5].

Благодаря устойчивому развитию отечественного рыбохозяйственного комплекса, доля рыбной продукции российского производства на внутреннем рынке за 2012...2013 гг., по экспертным оценкам, составила порядка 78...79 % и практически приблизилась к значению, определённому Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации (80%) [5, 2]. При этом, по уточнённым данным Росстата, прослеживается рост доли продуктов с высокой степенью переработки [5].

Вместе с тем, основной проблемой рыбохозяйственного комплекса страны остаётся переработка рыбного сырья, и в частности, – утилизация отходов. По мнению экспертов [1] отходы составляют 20...30 % от поступающего сырья, при этом если за 2013 г. общий вылов всеми российскими пользователями составил 4 млн. 82,1 тыс. тонн, то соответственно в результате переработки образовалось 816,4...1224,6 тыс. тонн отходов.

В лучшем случае из общей массы образовавшихся рыбных отходов перерабатывается 20 %, хотя большая часть этих отходов законодательно запрещена к захоронению [6, 7].

Ужесточение экологического законодательства в нашей стране заставляет хозяйствующие субъекты искать пути решения этой проблемы. На сегодняшний день существует несколько вариантов утилизации рыбных отходов, схематично представленные на рис. 1.

Как отмечалось выше, способ предусматривающий захоронение или сброс отходов жёстко регулируется экологическим законодательством и, соответственно, влечёт санкции со стороны надзорных органов. Поэтому данный вариант утилизации рыбных отходов является заведомо неперспективным.

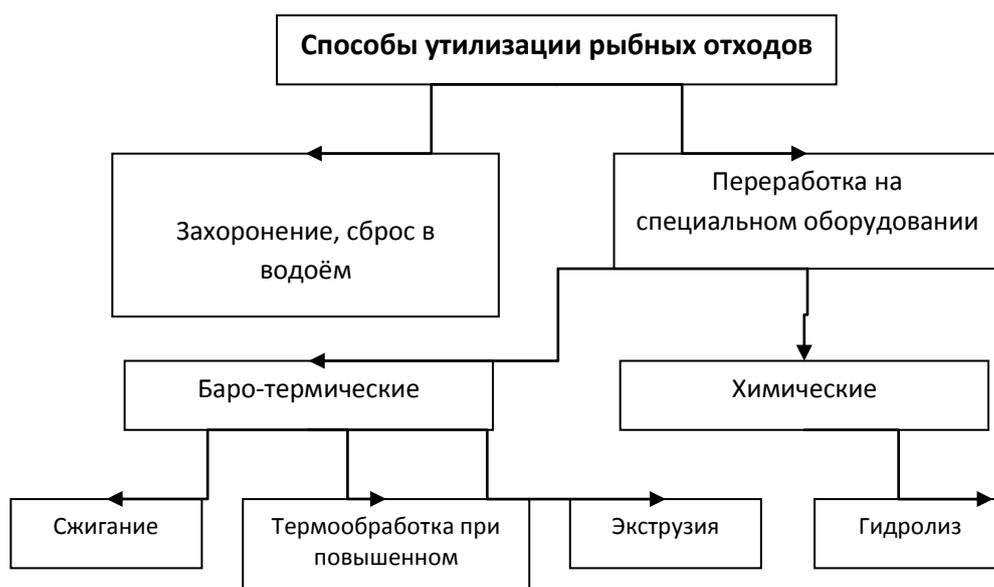


Рисунок 1 – Способы утилизации рыбных отходов

На сегодняшний день существует несколько вариантов переработки рыбных отходов в экологически безопасные и даже полезные в дальнейшем использовании продукты.

Сжигание или кремация биологических отходов осуществляется в крематорах, представляющие собой печь округлой формы изготовленную из высокопрочной стали и оснащённую качественной высокопроизводительной горелкой, для функционирования которой требуется дизтопливо, природный или сжиженный газ. Аппарат идеально подходит для утилизации практически всех видов органики. За счёт высокой температуры горения (более 700°C) полностью уничтожаются любые биологические отходы, что гарантирует санитарную чистоту и биобезопасность [8]. Данный способ позволяет полностью обезвредить биологические отходы, но при этом является очень затратным, так как требуется много топлива.

Термообработка при повышенном давлении осуществляется в аппаратах периодического действия, в частности в вакуумных котлах (котлах-утилизаторах Лапса) сухим (без контакта с острым паром или водой) или мокрым способом. В таких котлах сырьё медленно нагревается до температуры 118...130 °С, при которой погибает основная масса бактерий, и стерилизуется в течение 30...60 минут при давлении 0,3...0,4 МПа. Затем разваренная масса

сушится в течение нескольких часов под давлением 0,05...0,06 МПа при 70...80 °С. Из термообработанных отходов получают мясокостную, мясную, кровяную, костную, перьевую муку [7]. Данный способ имеет следующие основные недостатки:

- длительность процесса получения готового продукта (до 10...12 часов);
- многочасовая термообработка приводит к денатурации 70...75 % протеина, в результате снижается кормовая ценность продукта (он плохо усваивается птицей);
- высокая энергоёмкость: для работы установок помимо электроэнергии необходимы газ, пар и горячая вода;
- загрязнение окружающей среды неприятно пахнущими и токсическими веществами (сероводородом, сернистым газом, меркаптанами и др.);
- образование жиросодержащих сточных вод, увеличивающих нагрузку на локальные очистные сооружения [7].

Развитие экструзионной техники позволило предложить более совершенный способ утилизации отходов пищевой промышленности, рыбной отрасли, животноводства. В основе данной технологии лежит способ сухой экструзии, при котором нагрев материала происходит за счёт трения как внутри его, так и о шнек и корпус экструдера. Но основную проблему для использования данного способа обработки рыбных отходов представляет их высокая влажность (до 85%), так как для нормального протекания процесса рекомендует влажность исходного сырья не более 28 % [7, 3]. В связи с чем возникает проблема по уменьшению влажности рыбного сырья до требуемой. Основными преимуществами данного процесса являются его непрерывность и разнообразие кормовых продуктов получаемых на выходе.

Гидролиз в отличие от экструдирования протекает в коллоидных растворах с применением специальных химических веществ, что позволяет сделать вытяжку необходимых белков, жиров, ферментов из находящихся в растворе отходов. При этом полученные продукты представляются весьма ценными и применяются в медицине, в косметологии и пр.

Таким образом, наиболее перспективной технологией, позволяющей переработать значительные объёмы рыбных отходов на сегодняшний день является экструдирование. В пользу выбора данной технологии переработки рыбных отходов говорит многообразие получаемых на выходе продуктов, возможность их использования в корм сельскохозяйственным животным, рыбам, восполнить нехватку белковых компонентов, которая на сегодняшний день удовлетворяется максимум на 30 % от потребности. Однако высокая исходная влажность рыбных отходов не позволяет их сразу экструдировать, в связи с чем возникает необходимость в эффективных, непрерывных способах и устройствах обезвоживания, научном обеспечении этого процесса с целью оптимизации параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дальний Восток опробовал новую технологию переработки рыбных отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ст.: <http://www.ecoindustry.ru/news/view/33446.html>, свободный.*
2. *Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 30 января 2010 г. N 120) [Электронный*

- ресурс]. – Режим доступа к ст.: http://base.garant.ru/12172719/#block_1000, свободный.
3. Зубкова, Т. М. Повышение эффективности работы одношнекового экструдера для производства кормов на основе параметрического синтеза: дис. ... докт. техн. наук : 05.20.01 / Т. М. Зубкова. – Оренбург, 2006. – 320 с.
 4. Итоги деятельности рыбной отрасли за I пол. 2013 г. [Электронный ресурс]. <http://fish.gov.ru/presscentre/news/Pages/022213.aspx>, свободный.
 5. Итоги деятельности федерального агентства по рыболовству в 2012 году и задачи на 2013 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ст.: http://fish.gov.ru/agency/Documents/Росрыболовство_Итоги_2012_18.03.2013.pdf, свободный.
 6. Кадыров, Д. И. Непищевые отходы – в доходы / Д. И. Кадыров // Мясная индустрия. – №6, 2011. – С. 66 – 69.
 7. Кадыров, Д. И. Экструзионная переработка биологических отходов в корма [Электронный ресурс] / Д. И. Кадыров, А. Гарзанов. – Режим доступа к ст.: <http://www.altaz-spb.com/news/21/>, свободный.
 8. Крематоры, инсинераторные установки и установки для утилизации органических и биологических отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ст.: <http://kremators.ru/>, свободный.

УДК 631.363

ПОВЫШЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНОСТИ ЭКСТРУЗИОННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРУБЕЙ

© **И.Л. Орси́к**, Самарская государственная сельскохозяйственная академия
(г. Самара, Россия)

THE FORTIFICATION OF THE EXTRUSION PROCESSING BRAN

© **I.L. Orsik**, Samara state agricultural Academy (Samara, Russia)

В статье рассмотрен вопрос обогащения отрубей за счет введения в смесь рыбных отходов для последующей экструзионной переработки.

Ключевые слова: экструзия, отруби, рыбные отходы, питательность корма, коэффициент качества.

In the article the question of enrichment bran due to the introduction of a mixture of fish waste for subsequent extrusion processing.

Key words: extrusion, bran, fish waste, provision of feed, the quality factor.

В настоящее время при производстве кормов особое место занимает экструзионная переработка мясорыбных отходов. Данная технология наилучшим образом решает как вопросы утилизации мясорыбных отходов, так и получение кормовой добавки с высокой степенью усвояемости и бактериальной чистоты. Введение в зерновую смесь мясорыбных отходов позволит дополнительно повысить эффективность использования кормов [1, 2].

Целью работы является определение повышения питательности смеси отрубей с рыбными отходами в процессе её экструдирования. Рассмотрим процесс получения экструдированной смеси отрубей с рыбными отходами и повышение ее питательности.

Принимаем массу отрубей M_o (кг) с питательностью Π_o и массу рыбы M_p (кг) с питательностью Π_p .

В результате процентного соотношения рыбы с отрубями получим массу исходной смеси равную:

$$M_{см} = M_o + M_p, \quad (1)$$

Питательность смеси при данном соотношении составит

$$\Pi_{см} = \frac{\Pi_o \cdot M_o + \Pi_p \cdot M_p}{M_{см}}. \quad (2)$$

В результате баротермической обработки смеси (экструзии) питательность повысится и будет равна

$$\Pi_{э.см} = \Pi_{см} \cdot (1 + k_э), \quad (3)$$

где $k_э$ – степень повышения питательности корма при экструдировании.

Коэффициент $k_э$ будет изменяться от нуля до единицы. Нулю соответствует питательность исходной смеси, а единице будет соответствовать идеал – питательность экструдированной смеси. В таком случае коэффициент повышения питательности экструдированной смеси составит

$$k_э = \frac{\Pi_{э.см} - \Pi_{см}}{\Pi_{см}}, \quad (4)$$

где $\Pi_{см}$, $\Pi_{э.см}$ – содержание питательного вещества (протеинов, сахаров, клетчатки и др. при допустимой бактериальной чистоте) в исходном продукте и после его экструдирования, %.

Согласно зоотехническим требованиям на экструдированный корм установленные показатели качества, взятый каждый в отдельности, при обычном зоотехническом анализе выглядят малозначительно и не позволяют дать полную оценку качества экструдированного корма [3].

Каждый в отдельности показатель готового продукта односторонне характеризует качество экструдированного корма. Потому в данном случае задача сводится к определению показателя, который бы позволил оценивать основные свойства готового продукта в комплексе.

В ряде работ свойства, характеризующие качественную и количественную стороны полученного корма, сводятся воедино в виде частных коэффициентов и выражаются в цифровом исчислении обобщенным коэффициентом качества [4, 5].

За эталон принимается коэффициент качества равный произведению величин частных коэффициентов. При умножении частных коэффициентов величина обобщенного коэффициента качества зависит от каждого коэффициента. Так если по одному из показателей качество экструдированного корма получено низким, то соответственно и обобщенный коэффициент качества будет иметь малую величину.

Суммирование частных коэффициентов в данном случае не приемлемо. Доказательством данного утверждения может служить пример, когда качество экструдированного корма по одному из показателей не отвечает зоотехническим требованиям и частный коэффициент равен нулю, а обобщенный коэффициент получается равным величине другого частного коэффициента и в то же время находится в допустимых пределах [3].

Таким образом, обобщенный коэффициент качества принимаем за критерий качества экструдированного корма, который будет равен:

$$K_э = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (5)$$

где K_1 – бактериальная чистота корма, ед.; K_2 – коэффициент, учитывающий количество крахмала в корме.

Коэффициент, учитывающий количество крахмала в корме K_2 определится:

$$K_2 = x_0 - x_1, \quad (6)$$

где x_0 – показатель содержания крахмала в корме до экструдирования, %; x_1 – показатель содержания крахмала в корме из опыта, %; K_3 – коэффициент учитывающий количество декстринов в корме.

Показатель степени декстринизации зерна K_3 определится:

$$K_3 = d_1 - d_0, \quad (7)$$

где d_1 – показатель содержания декстринов в корме из опыта, %; d_0 – показатель содержания декстринов в корме до экструдирования, %; K_4 – коэффициент, учитывающий количество легкопереваримых углеводов (сахаров) в корме.

$$K_4 = S_1 - S_0, \quad (8)$$

где S_1 – количество легкопереваримых углеводов в корме из опыта, %; S_0 – количество легкопереваримых углеводов в корме до экструдирования, %.

В процессе исследований может появиться необходимость в оценке качества экструдированного корма новыми дополнительными показателями, дающими возможность наиболее полно характеризовать качество полученного продукта. В этом случае, дополнительные показатели в виде частных коэффициентов с соответствующими пределами вводятся в обобщенный коэффициент.

Энергоемкость получения экструдата из смеси отрубей и рыбы определится, Дж/кг:

$$Y = Y_{изм.р} + Y_{см} + Y_э, \quad (9)$$

где $Y_{изм.р}$, $Y_{см}$, $Y_э$ – энергоемкость соответственно измельчения рыбы, смешивания отрубей с рыбой, экструдирования смеси, Дж/кг.

Энергоемкость измельчения рыбы составит

$$Y_{изм.р} = \sum_{i=1}^n \frac{P_{iизм} T_{iизм}}{M_p}, \quad (10)$$

где $P_{iизм}$ – мощность i -го привода используемых машин, Вт; $T_{iизм}$ – длительность работы i -й машины на измельчении рыбы, с.

Энергоемкость смешивания отрубей с рыбой запишется

$$Y_{см} = \sum_{i=1}^n \frac{P_{iсм} T_{iсм}}{M_{см}}, \quad (11)$$

где $P_{iсм}$ – мощность i -го привода смесителя, Вт; $T_{iсм}$ – длительность смешивания, с.

Энергоемкость экструдирования смеси

$$Y_э = \sum_{i=1}^n \frac{P_{iэ} T_{iэ}}{M_{см}}, \quad (12)$$

где $P_{iэ}$ – мощность i -го привода экструдера, Вт; $T_{iэ}$ – время экструдирования смеси, с.

Энергоемкость увеличения питательных веществ экструдированного корма составит

$$Y_{II} = \frac{Y_э}{\Pi_{см} k_э}. \quad (13)$$

Таким образом, энергоемкость увеличения питательности экструдата равна отношению энергоемкости экструзионной переработки корма к питательности исходной смеси и к коэффициенту повышения ее питательности при экструдировании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дальний Восток опробовал новую технологию переработки рыбных отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ст.: <http://www.ecoindustry.ru/news/view/33446.html>, свободный.*
1. *Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 30 января 2010 г. N 120) [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ст.: http://base.garant.ru/12172719/#block_1000, свободный.*
2. *Механизация и технология производства продукции животноводства / В. Г. Коба, Н. В. Брагинец, Д. Н. Мурусидзе, В. Ф. Некрашевич. – М.: Колос, 2000. – 526 с.*
3. *Денисов, С.В. Повышение эффективности приготовления кормосмеси на основе стебельчатого корма и обоснование параметров пресс-экструдера: дис...канд. техн. наук / С.В. Денисов. – Саратов, 2006, – 179 с.*
4. *Харыбина, Н.А. Повышение эффективности процесса экструдирования зерна с обоснованием конструктивно-режимных параметров зоны подачи пресс-экструдера: дис. канд. тех. наук / Н.А. Харыбина. – Уфа, 2011, – 167 с.*

УДК 663.44

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОЙ ЭКСТРУЗИИ В ТЕХНОЛОГИИ НАПИТКОВ

© П.К. Воронина, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

PRACTICAL PERSPECTIVES THERMOPLASTIC IN EXTRUSION TECHNOLOGIES DRINKS

© P.K. Voronina, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В работе приведен анализ литературных данных о возможности применения термопластической экструзии в технологии напитков

Ключевые слова: напитки, производство, экструзия

We give an analysis of published data on the possible use of thermoplastic extrusion technology beverages.

Key words: beverages, manufacturing, extrusion

E-mail: worolina89@mail.ru

Анализ современных способов повышения технологического потенциала зерновых культур с помощью физических воздействий свидетельствует о возможности эффективной подготовки несоложенного сырья к переработке и изменению углеводного и белкового профиля зерна ячменя при обработке в экструдере [1, 2, 3].

К настоящему времени основные механизмы и возможности экструзионной технологии достаточно полно описаны. Так, Краусом С.В. исследованы изменения структуры и физико-химических свойств зернового сырья при различных режимах экструзионной обработки [4].

В основе процесса экструзии крахмалсодержащего зернового сырья лежит изменение свойств биополимеров, в частности, крахмала. Многочисленные данные ученых показывают, что глубина этих изменений обусловлена многофункциональным и многопараметрическим процессом. Установлено, что кратковременный высокотемпературный процесс позволяет снизить потери ценных пищевых и биологически активных веществ, формировать органолептический профиль, регулировать физико-химические, структурно-механические свойства крахмалсодержащего сырья, их пищевую и биологическую ценность в необходимом направлении [5].

Исследования Mercier С. позволили установить возможность увеличения содержания водорастворимых веществ в экструдате крахмалсодержащего сырья. По мнению автора, с увеличением содержания амилопектина в крахмале исходного сырья повышается доля водорастворимых веществ в экструдате. Гидротермическая и механическая обработка крахмала, по мнению исследователей, не только разрушает структуру его зерна, но и приводит к деструкции молекул полисахаридов, тем самым способствуя изменению физико-химических свойств крахмала. К аналогичным результатам, но с меньшей интенсивностью воздействия, приводит баротермическая обработка зерна.

В работе [6] теоретически и экспериментально обоснованы параметры процесса получения пивного сула с применением экструдированных гречишных хлопьев в пивоварении. Ряд исследователей утверждает, что экструзионный процесс способствует протеканию термомеханической деструкции зерен крахмала по пути разрыва как валентных, так и водородных связей. В результате образуются полимеры с меньшим размером частиц [7].

Глубокие преобразования структуры крахмалсодержащего сырья при экструзии объясняются тем, что аккумулированная продуктом энергия высвобождается, и приводит к разрыву клеточных стенок, деструкции биополимеров, к образованию пористой структуры.

Следует отметить, что изменения, происходящие в экструдированном крахмалсодержащем сырье, и возможность регулирования свойств материала в процессе экструдирования, привлекают внимание исследователей значительно чаще в других пищевых отраслях, чем в пивоварении.

Например, в последние годы появилось достаточно много работ, связанных с использованием экструдатов в хлебопечении. Так, добавление к пшеничной муке при производстве хлеба измельченных экструдированных пшеничных отрубей приводит к повышению автолитической активности и газообразующей способности мучной смеси.

О постоянно растущем интересе к экструзионному способу переработки сельскохозяйственного сырья и применении их в различных технологиях пищевых продуктов свидетельствуют многочисленные публикации. Имеются сведения по разработке экструзионно-гидролитической технологии этилового спирта с максимальной интеграцией термомеханического и биохимического процессов переработки зернового сырья на спирт в единой реакторной системе – экструдере-гидролизаторе.

По результатам выполненных ранее исследований можно сделать выводы о том, что экструзионная обработка зернового сырья приводит к деструкции больших молекул полисахаридов крахмала, к повышению пищевой ценности обрабатываемого зерна в связи с инактивацией антипитательных веществ и уничтожением микроорганизмов.

Изменения крахмала в процессе экструзионной обработке обуславливают предпосылки использования зерновых экструдатов в пивоварении с целью подготовки зерна перед затиранием и приготовлением пивного сусла. Следует ожидать, что в условиях пивоварения клейстеризованный крахмал будет более доступен ферментативным системам солода.

Вторым основным компонентом несоложеного зернового сырья, применяемого в пивоварении, является белок.

В результате экструзионной обработки глобулярная структура белковой молекулы преобразуется в фибриллярную с разворачиванием пептидных цепей и освобождением функциональных групп, доступных ферментам.

Исследовано влияние экструзионной обработки на аминокислотный состав ячменя. В экструдированном и исходном ячмене существенными оказались различия в концентрации отдельных аминокислот, обусловленные гидролизом белков [8].

Как следует из проведенного анализа научной литературы, экструзионная обработка зернопродуктов является действенным средством для подготовки биополимеров зерна к дальнейшим биохимическим превращениям. В связи с этим, исследования возможности применения экструдированных зерновых продуктов в пивоварении с целью создания напитков с оригинальными органолептическими свойствами и физико-химическими показателями являются актуальными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курочкин, А. А. *Экструзионная обработка как фактор направленного влияния на белковый комплекс ячменя*/А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова// *Современные проблемы технологии производства, хранения, переработки и экспертизы качества сельскохозяйственной продукции*. – Мичуринск, 2007. – Т. 1. – С. 138-140.
2. Остриков, А. Н. *Экструзионная технология пищевых текстуратов* / А.Н. Остриков, М. А. Глухов, А. С. Рудометкин, Е. Г. Окулич-Казарин // *Пищевая промышленность*. – 2007. – № 9. – С. 18-20.
3. Тананайко, Т. В., *Пивное сусло с повышенным содержанием несоложенной пшеницы*/Т. В. Тананайко // *Пиво и напитки*. – 2002. – № 4. – 16 с.
4. Краус, С. В. *Совершенствование технологии экструзионной переработки крахмалсодержащего зернового сырья: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.01* / Краус Сергей Викторович. – М., 2004. – 54 с.

5. Курочкин, А. А. Теоретические и практические аспекты экструзионной технологии в пивоварении / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, В. В. Новиков // *Нива Поволжья*. – 2007. – № 1. – С. 20-24.
6. Петрова, Н. А. Технология безалкогольного пива с использованием гречишного солода на заводах малой производительности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07/Петрова Наталья Анатольевна. – СПб, 2010. – 17 с.
7. Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудование / Под ред. А. Н. Богатырева, В. П. Юрьева. – М.: Ступень. – 1994. – 200 с.
8. Шабурова, Г. В. Аминокислотный состав экструдированного ячменя / Г.В. Шабурова, А. А. Курочкин // *Пиво и напитки*. – 2008. – №4. – С.12...14.

УДК 536.2; 65.047.1

ИССЛЕДОВАНИЕ СУШКИ ПЛОДОВ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

© *О.Н. Пчелинцева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© *Е.А. Сарафанкина Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

THE RESEARCH OF BLACK CURRANT FRUIT DRYING WITH THE USE OF SHF RADIATION

© *O.N. Pchelinceva, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© *E.A. Sarafankina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье рассмотрены способы сушки плодов черной смородины. Показаны преимущества сушки плодов черной смородины комбинированным способом с использованием СВЧ - излучения.

Ключевые слова: плоды черной смородины, комбинированный способ сушки, СВЧ - излучение.

The article considers the methods of black currant fruit drying. We show the advantages of black currant fruit drying by means of the combined method with the use of SHF radiation.

Key words: black currant fruit, combined method of drying, SHF radiation.

Черная смородина является одним из ценнейших представителей растительного мира. В пищевой промышленности плоды черной смородины используется в виде пищевой добавки, повышающей биологическую ценность готового продукта, например, витаминизированного теста, алкогольных и безалкогольных настоек или в качестве основного сырья при приготовлении фиточаев, повидла и т. д.

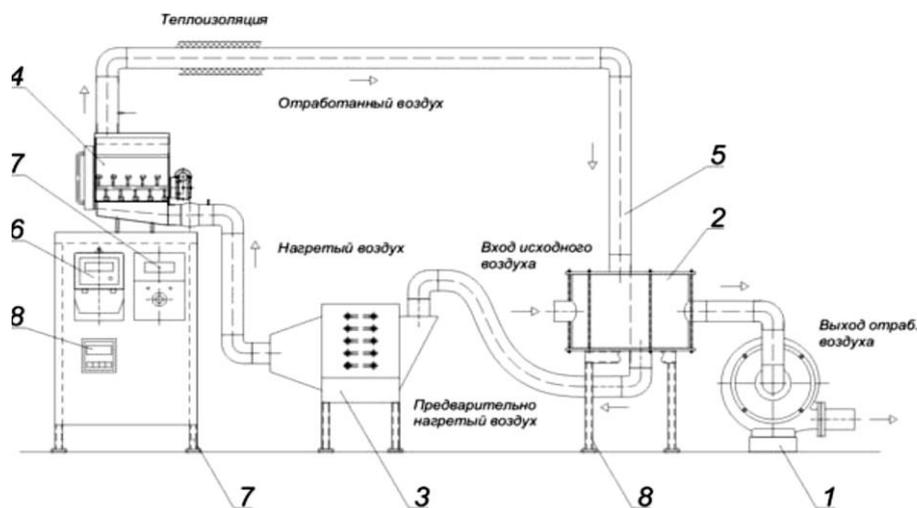
В ягодах смородины от 0,38 до 0,58% дубильных и красящих веществ. Больше, чем во всех плодоягодных видах, содержится в смородине витамина С – от 132 до 297 мг %. Смородина богата и витамином РР, каротином. Есть и витамины В₁, В₂ и никотиновая кислота. Богата макро и микроэлементами, которые необходимы для нормального функционирования нашего организма, в том числе: кальций - 36 мг, магний - 31 мг, натрий - 32 мг, калий - 350 мг, фосфор - 33 мг, хлор - 14 мг, сера - 2 мг. Содержание витаминов в смородине почти в 3–4 раза выше, чем в

лимонах и клубнике, и в 10–15 раз выше, нежели в яблоках. Около 50–60 смородиновых ягод в состоянии удовлетворить суточную потребность человеческого организма в витамине С. Витамин С в черной смородине находится в устойчивой форме, многие из продуктов, приготовленных из смородины, сохраняют высокое содержание витамина С и после длительного хранения [1].

В естественных условиях уже через неделю после сбора урожая плоды черной смородины начинают загнивать. Для сохранения столь ценного продукта его необходимо консервировать.

Одним из удобных способов консервирования является процесс сушки. Высушенный продукт удобно хранить и транспортировать, использовать как пищевую добавку или основное сырье при приготовлении различных пищевых продуктов. Плоды черной смородины при сушке сохраняют витамины лучше плодов других растений. Продолжительность сушки плодов влияет на сохранность витамина С. Чем быстрее они сушатся, тем больше сохраняется витамин С. Продолжительность процесса сушки плодов черной смородины в сушильном шкафу при температуре 45–50 °С составляет 4–6 часов. Стоит отметить, что данный процесс достаточно энергозатратный, поэтому поиск новых более эффективных способов сушки плодов черной смородины является весьма актуальной задачей.

Для исследования процесса сушки материалов растительного происхождения разработана и изготовлена лабораторная сушильная установка (рис. 1), которая позволяет проводить процесс обезвоживания растительного сырья различными способами [2].



- 1 – вентилятор центробежный; 2 – теплообменник спиральный;
- 3 – электрокалорифер; 4 – комбинированная СВЧ-сушилка;
- 5 – воздуховоды; 6 – счетчик потребляемой электрической энергии;
- 7 – регулятор частоты вращения; 8 – измеритель регулятор температуры сушильного воздуха

Рисунок 1 – Схема установки для комбинированной СВЧ-сушки пищевого сырья растительного происхождения

Установка работает следующим образом: исходный воздух подается с помощью центробежного вентилятора поз.1 в спиральный теплообменник поз.2, где происходит предварительный нагрев исходного воздуха за счет теплообмена с отработанным сушильным агентом. Затем предварительно нагретый воздух попадает в электрокалорифер поз. 3 и далее в рабочую камеру комбинированной СВЧ-сушилки поз. 4.

Продукт, подаваемый в рабочую камеру комбинированной СВЧ-сушилки, попадает под действие восходящего потока нагретого воздуха, СВЧ-излучения, а также механического воздействия перемешивающего органа – ворошителя. Влага, испарившаяся из продукта, уносится из рабочей камеры сушилки с отработанным сушильным агентом, который направляется в спиральный теплообменник поз.2 для нагрева исходного воздуха и далее в атмосферу. Воздух перемещается между отдельными узлами установки по системе воздухопроводов поз.6. Все узлы установки, а также воздухопроводы покрыты слоем теплоизоляционного материала.

Потребление электроэнергии электрокалорифером, СВЧ- излучателем, центробежным вентилятором и приводом ворошителя измеряется с помощью счетчика электрической энергии поз. 6. Расход воздуха через сушилку изменяется с помощью регулятора частоты вращения поз. 7 электродвигателя центробежного вентилятора. Температура сушильного агента, подаваемого в рабочую камеру комбинированной сушилки, поддерживается измерителем регулятором температуры поз.8.

Использование в схеме сушильной установки спирального теплообменника позволило снизить расход электроэнергии на нагрев сушильного агента с 4,8 кВт·ч до 1,5 кВт·ч, а тщательная теплоизоляция всех элементов установки сократила этот показатель до 0,8–0,85 кВт·ч [3].

На разработанной установке проведены опыты по сушке плодов черной смородины конвективным и конвективно - микроволновым способами. Установлено, что при конвективном способе сушки (рис. 2) продолжительность процесса обезвоживания продукта до кондиционной влажности составляет около семи часов.

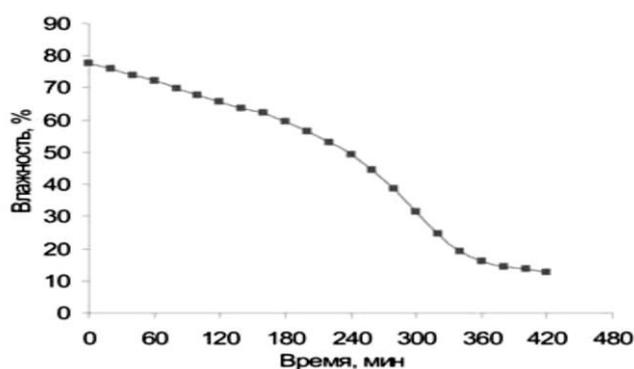


Рисунок 2 – Кривая конвективной сушки плодов черной смородины

Общее энергопотребление процесса по всем периодам сушки достигает 6 кВт·ч на 1 кг испаренной влаги. При этом происходит значительная усадка и потеря ароматических свойств продукта.

При комбинированном способе сушки с использованием СВЧ-излучения (рис. 3) продолжительность процесса обезвоживания сокращается в 7

раз и составляет один час. Общее энергопотребление процесса по всем периодам сушки не превышает 2 кВт·ч на 1 кг испаренной влаги. Цвет высушенных плодов более яркий и насыщенный, значительно лучше сохраняется аромат и витаминный состав исходного продукта.

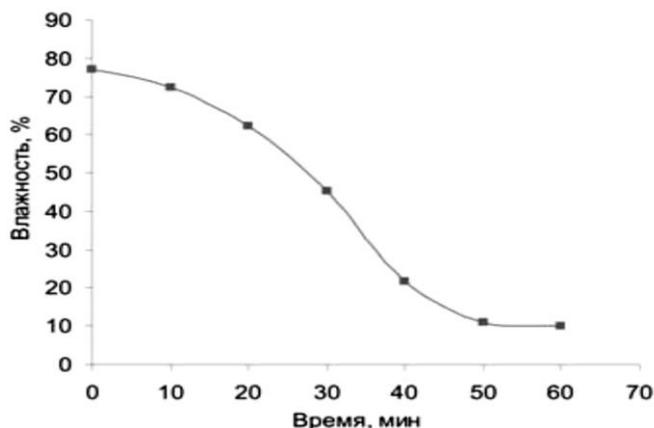


Рисунок 3 – Кривая комбинированной СВЧ-сушки плодов черной смородины

В настоящее время продолжают исследования по определению оптимальных энергетических режимов комбинированной СВЧ - сушки плодов черной смородины и других материалов растительного происхождения.

Таким образом, комбинированный способ сушки плодов черной смородины с использованием СВЧ-излучения обладает рядом преимуществ перед классическим конвективным способом, позволяя значительно интенсифицировать процесс обезвоживания при одновременном снижении удельного энергопотребления. Так общая продолжительность процесса комбинированной сушки в сравнении с классической конвективной сушкой сокращается в 7 раз составляет не более одного часа, а удельное энергопотребление сокращается с 6 кВт·ч / кг до 2 кВт·ч / кг испаренной влаги.

Результаты проведенной работы могут быть внедрены на пищевых предприятиях, эксплуатирующих сушильное оборудование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев, Г. П. Ботаника: учебник для вузов / Г. П. Яковлев, В. А. Челомбитько; под ред. Р. В. Камелина. – СПб.: Спецлит, издво СПХФА, 2003. – С. 434.
2. Акулич, А. В. Способ сушки дисперсных материалов с комбинированным энергоподводом / А. В. Акулич, А. В. Темрук // *Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов VI Междунар. науч.техн. конф., 22–23 мая 2007 г., г.Могилев.* – Могилев: УО МГУП, 2007. – С. 232.
3. Акулич, А. В. Исследование процесса сушки выжимок ягод в СВЧполе / А. В. Акулич, А. В. Темрук // *Вестник Могилевского государственного университета продовольствия.* – № 1(4). – 2008. – С. 87–92.
4. Гришин, М. А. Установки для сушки пищевых продуктов: Справочник / М. А. Гришин, В. И. Атаназевич, Ю. Г. Семенов. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 127–131.

УДК 67.03, 67-06

**О СОЗДАНИИ И ОСВОЕНИИ НОВЫХ ВИДОВ ФОРМОВОГО ХЛЕБА
С НАТУРАЛЬНЫМИ ОБОГАТИТЕЛЯМИ**

- © *Г.В. Авроров, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *Н.С. Елисеева, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *Е.В. Таранцова, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *В.В. Ловцева, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

**ON CREATING AND INTRODUCING PANNED LOAF AND BAKED
CONFECTIONERY PRODUCTS WITH NATURAL ENRICHERS**

- © *G.V. Avrorov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *N.S. Eliseeva, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *E.V. Taranzova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *V.V. Lovzeva, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье рассмотрены способы сушки плодов черной смородины. Показаны преимущества сушки плодов черной смородины комбинированным способом с использованием СВЧ - излучения.

Ключевые слова: плоды черной смородины, комбинированный способ сушки, СВЧ - излучение.

The article describes introduction and production of bread and baked confectionery products with natural vegetable enrichers at a small business enterprise.

Key words: black currant fruit, combined method of drying, SHF radiation.

Хлеб в России относится к основным продуктам питания, поэтому из года в год ужесточаются требования к его качеству и расширению ассортимента. В настоящее время в хлебопекарной отрасли насчитывается примерно 1500 хлебозаводов средней и большой мощности и более 10 тыс. малых пекарен. Однако без технического перевооружения отрасль не может в полном объеме обеспечить потребности населения в хлебобулочной продукции широкого ассортимента и высокого качества.

Известно, что качественные показатели и ассортимент хлебобулочных изделий определяется существующими технологиями производства [1]. Анализ показывает, что перспективное развитие будут иметь технологии, обеспечивающие не только вкус и аромат изделий, но повышенную пищевую ценность и функциональное назначение, а также технологии, обеспечивающие возможность длительного хранения хлебобулочных изделий без черствления.

К приоритетным задачам в области хлебопечения относятся:

- обеспечение стабильности качества выпекаемого хлеба и хлебобулочных изделий при использовании муки с пониженными свойствами;
- увеличение свежести выпекаемых хлебобулочных изделий;
- увеличение ассортимента и объемов мелкоштучных изделий улучшенного качества;
- увеличение доли замороженных тестовых полуфабрикатов;

- создание новых видов хлебобулочных изделий профилактического назначения с натуральными обогатителями.

Современная концепция в области питания базируется на положении, что новые продукты питания должны удовлетворять потребности разных групп населения в рациональном питании. Отсюда следует, что создание таких продуктов невозможно без использования различных функциональных ингредиентов и натуральных обогатителей, вносимых в рецептурные смеси и в тесто. Эти ингредиенты позволяют создавать продукты с заданным составом, вкусовыми свойствами, ароматом, цветом и текстурой.

Микроингредиенты обладают широким спектром функциональных свойств, они помогают;

- модифицировать компоненты сырья при выполнении технологического процесса;
- стабилизировать свойства муки;
- образовывать соединения направленного действия, улучшающее качество продукции.

Целенаправленное применение пищевых добавок (обогатителей и улучшителей и др.) является одним из средств совершенствования технологического процесса и повышения качества изделий [1]. Так, например, по данным МГУПП и НПО «Биосоляр МГУ» использование природного комплекса на основе одноклеточной сине-зеленой микроводоросли позволяет повысить защитные силы организма и снизить степень воздействия вредных веществ.

Одним из улучшителей хлеба являются растительные фосфолипиды, которые способствуют нормализации обменных процессов и оказывают антиоксидантное действие. Хлеб, обогащенный фосфолипидами, рекомендуется в качестве иммуномодулирующего средства в профилактических целях. Для обогащения хлебобулочных изделий используются также высокобелковые растительные продукты, витамины, в частности β – каротин, пряно-ароматические вещества (шроты из семян пряной зелени) и др.

На предприятиях малой мощности и минипекарнях проблема повышения качества продукции стоит особенно остро из-за небольших объемов выпуска и ускоренной технологии получения хлеба. Поэтому для таких производств задача выбора обогатителей и хлебопекарных улучшителей имеет актуальное значение.

Созданию новых видов продуктов питания, обогащенных различными натуральными добавками растительного происхождения, оказывающими положительное влияние на физиологию питания человека, в пищевой промышленности уделяется большое внимание [1-5].

Одной из сфер деятельности созданного при Пензенской государственной технологической академии малого инновационного предприятия «Научно-технический центр ООО ИНТАГРО» является разработка, освоение и выпуск новых видов хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, а также овощных соков, с добавлением различных натуральных обогатителей.

Внесение обогатителей в хлебобулочные и мучные кондитерские изделия, в частности в ржано-пшеничный и пшеничный хлеб и в мелкоштучные мучные изделия осуществляется в виде тонкодисперсных порошков, получаемых по специально разработанной технологии. Такое внесение в рецептурную смесь теста порошкообразных обогатителей увеличивает их поверхностную активность и функциональное действие, а также не оказывает

негативного воздействия на реологические и структурно-механические свойства готовых изделий.

В качестве натуральных обогатителей, добавляемых в тестовую массу, отобраны порошки из тыквы, семян тыквы, березового гриба чаги, кураги и чернослива [1].

В таблице 1 приведены результаты анализа по содержанию микроэлементов и витаминов в применяемых порошкообразных обогатителях.

Таблица 1 – Содержание микроэлементов и витаминов в добавках

Наименование обогатителя	Содержание микроэлементов, мг/кг										Содержание витаминов		
	Ca, %	Mg, %	Cd,	Pb	As,	Hg	Fe	Cu	Zn	Se	A	E	C
Мука из тыквы	3,1	0,3	0,006	1,42	0,000024	0,000024	12,8	1,1	0,6	0,5	0,2	6,9	7,7
Мука из семян тыквы	2,0	0,26	0,0002	1,66	0,000024	0,000024	15,8	0,5	1,74	0,36	0,2	92,9	1,5
Порошок из березового гриба чаги	2,1	0,14	0,052	1,6	0,000065	0,00013	2,2	3,06	1,72	0,68	0,2	4,3	23,5

На рис. 1-2 приведены стадии приготовления формового пшеничного хлеба и готовые изделия





Рисунок 1 – Приготовление формового пшеничного хлеба с натуральными обогатителями

Данные добавки вносились также в мучные кондитерские изделия, тестовая масса для которых из песочного теста раскатывалась в тонкий пласт на четырехвалковой тестораскатывающей машине с одновременным формованием тестовых полуфабрикатов для печенья (рис.2) [2-3].

В результате экспериментальных исследований образца тестораскатывающей машины был сделан вывод о необходимости ее модернизации. С этой целью была разработана поворотная раскатывающая каретка, обеспечивающая раскатку пласта теста не только по оси транспортера, но и под разными углами относительно этой оси, имитирующая движения при ручной раскатке пласта скалкой. На данное техническое решение оформлена заявка на изобретение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авроров Г.В., Ловцева В.В., Сарафанкина Е.А. *Моделирование операций обработки сырья и получения полуфабрикатов для мучных кондитерских изделий.* – Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. унив., 2013. – 139 с.
2. Авроров В.А., Сарафанкина Е.А., Елисеева Н.С., Ловцева В.В. *Моделирование условий движения вязкоупругой тестовой массы в рабочей зоне валковой тестораскатывающей машины.* – Пенза: ПГТА. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего, №06, 2013. – С.15-22.

3. *Ловцева В.В., Тутов Н.Д. О деформации упругопластичного куска теста на многовалковой тестораскатывающей машине с транспортером. – Курск: Изв. ЮЗГУ, №2, 2013. – С.48-53*
4. *Авроров Г.В., Н.С.Елисеева, Таранцова Е.В., Ловцева В.В. Об использовании натуральных обогатителей при производстве формового ржано-пшеничного и пшеничного хлеба. Сб. статей VII Международной НПК «Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы». – Пенза: ПДЗ, 2013. – С.15-18.*
5. *Авроров Г.В., Н.С.Елисеева, Таранцова Е.В., Ловцева В.В. О новых разработках в области создания продуктов питания функционального назначения. Сб. статей VII Международной НПК «Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы». – Пенза: ПДЗ, 2013. – С.18-20.*

УДК 664.748

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРУДАТА ТЫКВЕННЫХ СЕМЯН В
ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

© *И.Н. Шешнищан*, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства»
(г. Пенза, Россия)

© *Г.В. Шабурова*, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

**APPLICATION OF THE EXTRUDATE PUMPKIN SEEDS IN THE
MANUFACTURE OF PRODUCTS FUNCTIONAL PURPOSE**

© *I. N. Sheshnizan*, Penza regional center of the higher school (branch) of the Federal state educational institution of higher professional education «Russian state University of innovation technologies and entrepreneurship» (Penza, Russia)

© *G.V. Shaburova*, Penza State Technical University (Penza, Russia)

В работе приведено обоснование возможности использования экструдата семян тыквы в качестве функциональной добавки при выпечке лепешек «Майская».

Ключевые слова: функциональные продукты питания, экструдат семян тыквы, органолептическая оценка, лепешка «Майская».

In the work of the substantiation of the possibility to use extruded articles pumpkin seeds as functional additives for baking flat cakes «Mayskaya».

Key words: functional foods extrudate pumpkin seeds, sensory evaluation, cake «Mayskaya».

E-mail: irina_sheshnican@mail.ru

Существенный рост рынка продуктов функционального питания в последние годы объясняется недостаточной обеспеченностью населения России жизненно важными нутриентами, в числе которых в основном – минеральные вещества, аминокислоты и пищевые волокна. Длительный дефицит их в пищевых продуктах приводит к снижению сопротивляемости организма, к пагубному воздействию на него неблагоприятных факторов окружающей среды, что, в конечном счете, проявляется в нарушении функционирования систем

антиоксидантной защиты человека и возникновению многочисленных заболеваний.

Перспективным объектом, с точки зрения формирования функциональных свойств пищи, могут быть мучные кондитерские и хлебобулочные изделия, давно входящие в рацион большей части населения как основной сегмент продуктов регулярного потребления.

Одним из путей реализации задач по разработке и созданию ассортимента таких изделий, является использование нетрадиционных сырьевых ресурсов, которые могут оказаться эффективным и экономически выгодным способом повышения пищевой ценности продуктов питания.

В этом отношении заслуживает внимания опыт применения в качестве функциональной добавки к кондитерским и хлебобулочным изделиям продуктов переработки тыквы и, в первую очередь, ее семян [1].

Объясняется это в первую очередь тем, что в тыквенных семенах хорошо сбалансированы белок и незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты.

В состав масла семян тыквы входит токоферол (витамин E), участвующий в процессах тканевого дыхания клеток и характеризующийся уникальным уровнем стабильности к окислению [2, 3].

Кроме этого, порошок измельченных оболочек семян тыквы является хорошим энтеросорбентом и его использование в качестве одного из ингредиентов биологически активной добавки наряду с ее высокой адсорбционной способностью позволяет дополнительно ввести значимое для организма человека количество железа, калия, магния, меди [4].

Проведенные авторами статьи исследования позволили выявить, что экструдировав семена тыквы вместе с оболочкой, можно значительно увеличить их полезные свойства используя в качестве добавки при производстве хлебобулочных изделий [5].

Установлено, что при определенных режимах работы экструдера происходит разрыв жировых клеток получаемого экструдата, вследствие чего повышаются энергетическая ценность продукта и стабильность жиров при его хранении. Объясняется это тем, что липаза, вызывающая прогоркание масел, в процессе экструзии частично разрушается, а лецитин и токоферолы, являющиеся природными стабилизаторами, сохраняют необходимую активность. Одновременно с этим были получены данные о том, что такая обработка сырья позволяет повысить функциональные и питательные свойства белков семян тыквы и расширить функциональные возможности получаемого экструдата поскольку в нем содержится около 20 % от общей массы клетчатки [6].

Таким образом, на основании приведенных фактов можно утверждать, что исследования, связанные с применением экструдата семян тыквы с оболочкой в качестве добавки при производстве пищевых продуктов, весьма актуальны.

Цель наших исследований – обосновать применение экструдата, полученного путем переработки семян тыквы с оболочкой, для производства продуктов функционального назначения.

Задача исследований: изучить влияние количества внесенного экструдата семян тыквы взамен части пшеничной муки на органолептические и физико-химические показатели изделий из дрожжевого теста.

Объект исследования – лепешка «Майская», приготовленная по традиционной рецептуре, в соответствии со сборником рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия [7].

Опытные образцы готовили с заменой пшеничной муки на экструдат семян тыквы в количестве 5 % (образец 1), 10 % (образец 2) и 15 % (образец 3) к общей массе муки.

Качество полученных в эксперименте изделий, оценивали по следующим органолептическим показателям (табл. 1): вкус и запах лепешек определяли дегустацией; цвет, состояние мякиша, пористость, промесс – путём осмотра среза изделия.

Определение пористости мякиша лепешек проводили согласно ГОСТ 5669 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости».

Влажность мякиша лепешек определяли согласно ГОСТ 21094 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности».

Таблица 1 – Органолептические показатели лепешек «Майская» при замене части пшеничной муки на экструдат семян тыквы

Показатель	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
		100 % пшеничной муки	95:5	90:10
Внешний вид: Форма	Нерасплывчатая, без притисков, в виде округлой лепешки	Нерасплывчатая, без притисков, в виде округлой лепешки	Нерасплывчатая, без притисков, в виде округлой лепешки	Нерасплывчатая, без притисков, в виде округлой лепешки
Поверхность	Глянцевитая с надрезами	Глянцевитая с надрезами	Глянцевитая с надрезами	Глянцевитая с надрезами
Цвет	Светло-желтый	Светло-желтый	Золотисто-желтый	Золотисто-желтый
Состояние мякиша:	Пропеченный, не влажный на ощупь	Пропеченный, не влажный на ощупь	Пропеченный, не влажный на ощупь	Пропеченный, не влажный на ощупь
Пористость	Слабо развитая, без пустот и уплотнений	Развитая, без пустот и уплотнений	Развитая, без пустот и уплотнений	Развитая, без пустот и уплотнений
Промес	Без комочков и следов непромеса	без комочков и следов непромеса	без комочков и следов непромеса	без комочков и следов непромеса
Вкус	Сдобный, свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса, слегка солоноватый	Сдобный, свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса, слегка солоноватый	Сдобный, свойственный данному виду изделий, легкий привкус жареных орехов	Сдобный, свойственный данному виду изделий, привкус жареных орехов
Запах	Свойственный данному виду, без посторонних запахов	Свойственный данному виду, без посторонних запахов	Свойственный данному виду, без посторонних запахов	Свойственный данному виду, без посторонних запахов

Анализ органолептических показателей качества исследуемых изделий показывает, что внесение экструдата семян тыквы при замесе теста не оказало значительного влияния на органолептические показатели качества лепешки «Майская». Внешний вид изделия (цвет) несколько улучшился.

При этом образцы с экструдатом семян тыквы характеризовались легким привкусом жареных орехов, что положительно сказывается на их потребительских показателях.

В соответствии с требованиями стандартов, к числу основных физико-химических показателей хлебобулочных изделий относят влажность, кислотность, содержание жира.

Мы исследовали физико-химические показатели контрольного и опытных образцов сдобных хлебобулочных изделий. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Физико-химические показатели качества лепешек «Майская»

Показатель	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
	100 % пшеничной муки	95:5	90:10	85:15
Массовая доля влаги мякиша, %, не более	26,7	26,5	26,4	25,9
Кислотность мякиша, град, не более	2,2	2,3	2,4	2,5
Массовая доля жира, % СВ	14,4	15,0	15,5	15,9

Анализ указанных показателей свидетельствует, что массовая доля влаги мякиша в опытных образцах изделий понижается в зависимости от дозировки экструдата семян тыквы на 0,7-3,0 % по сравнению с контрольным образцом выпеченных изделий, что объясняется повышенной влагоудерживающей способностью экструдированных семян тыквы за счет наличия пищевых волокон.

При этом можно предположить, что повышенное содержание пищевых волокон в опытных образцах хлебобулочных изделий приводит к увеличению содержания в них адсорбционно связанной влаги, а, следовательно, к замедлению процесса черствения готовых изделий при хранении.

В образцах с экструдатом семян тыквы кислотность увеличивается в сравнении с контрольным образцом, что, обусловлено, вероятно, присутствием в химическом составе экструдированных семян тыквы большого количества минеральных веществ.

Следует особо отметить повышение содержание жира в готовых изделиях с экструдатом семян тыквы в сравнении с контрольными образцами, приготовленными по идентичной рецептуре. Увеличение содержания жира приводит к обогащению изделий полиненасыщенными жирными кислотами, относящимися к функциональным ингредиентам.

Таким образом, полученные результаты исследований органолептических и физико-химических показателей на примере лепешки «Майской» свидетельствуют о возможности использования экструдата семян тыквы в производстве функциональных продуктов питания. При этом происходит обогащение изделий пищевыми волокнами, белковыми веществами и полиненасыщенными жирными кислотами.

Полученные результаты исследований предполагают возможность внесения корректив в рецептуру приготовления лепешки типа «Майской», связанных с заменой части пшеничной муки высшего сорта на экструдат семян тыквы, а также уменьшения количества сливочного масла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Милованова, Е. С. Разработка технологических решений по использованию продуктов переработки семян тыквы при производстве хлебобулочных

- изделий повышенной пищевой ценности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Милованова Екатерина Станиславовна. – Краснодар, 2010. – 20 с.
2. Курочкин, А. А. Технологические основы инновационного подхода к переработке семян тыквы / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, И. Н. Шеиницан, Л. Ю. Кулыгина // Сб. материалов IV Всероссийской научно-практ. конф. Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания. Том 2. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. – 2011. – С. 85...87.
 3. Шеиницан, И. Н. Жирнокислотный состав масла семян тыквы / И.Н. Шеиницан, Г. В. Шабурова // Известия Самарской ГСХА. – 2012. – №4. – С. 103-106.
 4. Пат. 2162646 Российская Федерация, МПК⁷ А23L1/30, А61К35/78. Биологически активная пищевая добавка / Дорофейчук В.Г., Плетнева Н.Б., Груздева А.Е., заявитель и патентообладатель Нижегородский НИИ детской гастроэнтерологии. – 98113868/13. заявл. 14.07.1998, опубл. 10.02.2001, Бюл. № 6. – 3 с.
 5. Пат. 2486753 Российская Федерация, МПК А21D 8/02 Способ производства хлебобулочных изделий / Шабурова Г. В., Курочкин А. А., Петросова Е. В., Шеиницан И. Н., Кулыгина Л. Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского»; заявл. 18.03.2011; опубл. 10.07.2013, Бюл. №19. – 7 с.
 6. Шеиницан И.Н. Экструдат семян тыквы в производстве изделий из дрожжевого теста / И. Н. Шеиницан, Г. В. Шабурова//Современное хлебопекарное производство: перспективы развития: материалы XIII Всероссийской науч.-практ. конф.– Екатеринбург: Изд-во УрГЭУ, 2012. – С. 6-9.
 7. Сборник рецептов на хлеб и хлебобулочные изделия / Сост. П.С. Еришов. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1998. – 190 с.

УДК 663.44

МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСТРУДАТА ЯЧМЕНЯ
© П.К. Воронина, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

MICROSTRUCTURAL STUDIES OF THE EXTRUDATE OF THE BARLEY
© P.K. Voronina, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В работе приведены результаты исследования микроструктуры нативного и экструдированного ячменя

Ключевые слова: ячмень, экструзионная обработка, микроструктура

The results of the study of the microstructure of native and extruded barley

Key words: barley, extrusion processing, microstructure

E-mail: worolina89@mail.ru

Существуют достоверные факты о существенном разрушении структуры зерна крахмала и деполимеризации молекул крахмальных полисахаридов под действием экструзионной обработки, установленные отечественными и зарубежными исследователями [1, 2].

Установлено, что предварительная экструзионная обработка сырья и воздействие вакуума на выходе из фильеры вызывает еще более глубокие биохимические изменения, способствующие снижению содержания нативного крахмала в зерне и повышению количества водорастворимых углеводов [3, 4].

По мнению ученых, экструдированное зерно, основным компонентом которого является крахмал, характеризуется пористой макроструктурой и изотропной микроструктурой, в которой отсутствует преимущественная ориентация элементов стенок пор и микроволокон [5]. Если макроструктуру экструдированного зерна можно идентифицировать визуально, то микроструктура экструдата может быть изучена лишь с помощью оптической или электронной микроскопии.

Целью работы явилось изучение микроструктуры экструдированного зерна. В качестве объекта исследования использовали экструдат ячменя.

Микроструктурные исследования зернового сырья проводили с помощью метода люминесцентной микроскопии с использованием микроскопа Микромед 3 ЛЮМ, приобретенного при финансовой поддержке Правительства Пензенской области по Соглашению № 82 от 30.07.2013 г. и Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «Участник молодёжного научно-инновационного конкурса (УМНИК)» (УМНИК-2012 г., г. Пенза).

Результаты исследований микроструктуры нативного ячменя приведены на рис. 1.

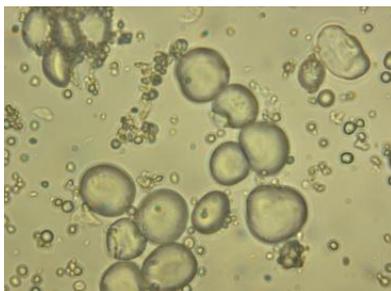


Рисунок 1 – Микроструктура муки нативного ячменя

Анализ результатов микроструктурных исследований показал, что в муке из нативного ячменя основными элементами являются неразрушенные зерна крахмала и механически разрушенные клеточные структуры.

На рис. 2 приведены результаты микроструктуры экструдированного ячменя.

Люминесцентная микроскопия подтвердила наличие деструктивных изменений, происходящих в зерне ячменя под воздействием экструзионной обработки.



Рисунок 2 – Микроструктура муки экструдированного ячменя

В муке из экструдированного ячменя установлено присутствие крупных структурных образований – белково-углеводных комплексов, а также незначительное количество не разрушенных и частично разрушенных зерен крахмала.

Большинство исследователей признает, что крахмал, являющийся доминирующим полимером в большинстве зерновых систем, играет главную роль в расширении, в то время как другие ингредиенты, такие как белки, сахара, жиры, клетчатки выступают в качестве наполнителей. Максимальное расширение наблюдается у 100 %-го крахмала (500 %). Степень расширения цельного зерна составляет 400 %. Степень расширения различных смесей с добавками крахмала составляет 200-300% [2, 6].

Масличные культуры характеризуются индексом расширения, равным 150-200 % [7].

Результаты Conway свидетельствуют о том, что достаточная степень расширения зернового крахмалсодержащего сырья в процессе экструзионной обработки может быть достигнута при содержании крахмала в зерне не менее 60-70% [8].

Таким образом, результаты проведенного исследования позволили установить, что экструзионная обработка зерна способствует деструкции крахмала, что подтверждено исследованиями микроструктуры экструдированного зерна методами современной люминесцентной микроскопии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крылова, В. Б. *Научное обоснование и разработка технологии термопластической экструзии мясного и растительного сырья с целью расширения ассортимента мясопродуктов: автореф. ... докт. техн. наук: 05.18.04/Крылова Валентина Борисовна. – М., 2006. – 46 с.*
2. Moraru, C.I. *Nucleation and Expansion During Extrusion and Microwave Heating of Cereal Foods/ C.I. Moraru, J.L. Kokini// Comprehensive reviews in food science and food safety, 2003. – v. 2. – P. 147-165.*
3. Курочкин, А.А. *Регулирование структуры экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья/ А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина//Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 94-99.*
4. Воронина, П.К. *Разработка технологии и товароведная характеристика пива с экструдатом ячменя// Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013, № 4. – С. 108...113.*
5. *Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудование/Под ред. А.Н. Богатырева, В.П. Юрьева. – М.: Ступень, 1994. – 200 с.*
6. Briggs, D. E. *The use of extruded barley, wheat and maize as adjuncts in mashing/ D. E. Briggs, A. Wadson, R. Statham, J. F. Taylor// J. Inst. Brew. – 1986. – Vol. – 92. – P. 468-474.*
7. Horn, R.E. *Economics of food extrusion processing/ Horn, R.E., J.C. Bronikowski// Cereal Foods World, 1979. – № 24 (4). – P. 140-144.*
8. Conway, H.F. *Extrusion cooking of cereals and soybeans. Part I. //Food Product Dev, 1971. – № 5 (2). – P. 29.*

УДК 663.443.4

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ЗЕРНОПРОДУКТОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ
ПИВНОГО СУСЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЯЧМЕНЯ**

- © *Г.В. Шабурова, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *А.А. Курочкин, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *П.К. Воронина, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *Д.И. Фролов, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

**OPTIMIZATION OF COMPOSITION OF GRAIN PRODUCTS
IN WORT PRODUCTION WITH EXTRUDED BARLEY**

- © *G.V. Shaburova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *A.A. Kurochkin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *P.K. Voronina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *D.I. Frolov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В работе приведено экспериментальное и математическое обоснование влияния соотношения экструдата ячменя и ячменного солода на выход экстракта и продолжительность осахаривания крахмала зернопродуктов при приготовлении пивного сусла.

Ключевые слова: пивоварение, нетрадиционное сырье, экструзионная обработка, математическое планирование

In the paper there is experimental and mathematical rationale of the influence of the ratio of the extrudate barley and barley malt extract yield and duration of starch saccharification grain products at preparation of beer wort.

Key words: Brewing, Unconventional Raw Materials, Extrusion processing, mathematical planning

E-mail: Shaburovs@mail.ru

В пивоваренной индустрии России, кроме ячменного солода, широко применяют несоложенные зернопродукты. При этом, основным крахмалсодержащим сырьем является ячмень, как несоложеное зерно, наиболее близкое по своему составу к ячменному светлому солоду. Тем не менее, с целью эффективной переработки ячменя при производстве пивного сусла, необходима его предварительная подготовка. Ранее авторами было установлено изменение химического состава ячменя и его технологических свойств при воздействии термопластической экструзии [1, 2, 3].

Научной основой применения экструдированного ячменя в технологии пива и определение оптимального соотношения экструдата ячменя и ячменного солода при приготовлении пивного сусла являются установленные российскими и зарубежными исследователями достоверные факты о существенном разрушении структуры зерна крахмала, деструкции молекул полисахаридов под действием экструзионной обработки и возможности улучшения технологических свойств зерна [4, 5, 6].

Приготовление пивного сусла осуществляли в лабораторных условиях с заменой части солода на экструдат ячменя. В качестве контроля использовали сусло с массовой долей сухих веществ 11 %, приготовленное из 85 % ячменного

светлого пивоваренного солода и 15 % нативного ячменя к массе зернопродуктов – образец 1. Опытное пивное сусло готовили из солода и замены части солода на экструдированный ячмень в количестве 15 % (опыт 2), 20 % (опыт 3), 25 % (опыт 4) и 30 % (опыт 5).

Затираание измельченных зернопродуктов осуществляли настойным способом с последовательным нагревом затора до 80 °С и его выдержкой при температурах, указанных на рисунке 1.

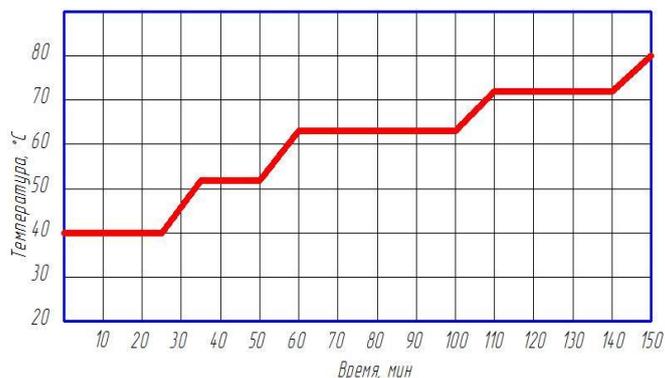


Рисунок 1 – Режим затираания зернопродуктов

Указанные температурные паузы позволяют проявить максимальную активность ферментов солода – эндопептидазы, β-амилазы и α-амилазы.

Расчет количества применяемого нативного ячменя и экструдата ячменя взамен части солода производили с учетом различий во влажности и экстрактивности нативного ячменя и солода (контроль), экструдированного ячменя и солода (опытные образцы), в соответствии с рекомендациями, содержащимися в Технологической инструкции по производству солода и пива.

После затираания затор фильтровали, полученное пивное сусло охмеляли гранулированным хмелем из расчета получения пива с горечью 19-23 ед. ЕВС.

В таблице 1 приведены результаты исследований физико-химических показателей охмеленного пивного сусла.

Таблица 1 – Основные физико-химические показатели охмеленного пивного сусла, полученного с применением различного количества экструдата ячменя

Показатель	Образцы				
	1	2	3	4	5
Массовая доля редуцирующих веществ, г/100 см ³	8,70	8,80	8,80	8,60	8,60
Продолжительность осахаривания, мин	20	18	18	22	25
Цвет, ц. ед.	0,48	0,52	0,53	0,55	0,58
Активная кислотность, ед. рН	5,65	5,60	5,55	5,53	5,50
Титруемая кислотность, к.ед.	1,58	1,65	1,71	1,78	1,80
Вязкость, МПа·с	1,90	2,00	2,00	2,10	2,20
Аминный азот, мг/100 см ³	41,8	52,7	54,4	46,8	42,0
Выход экстракта, %	78,4	80,1	81,8	77,2	75,5

Анализ результатов исследований позволил установить, что наиболее благоприятными условиями для протекания процесса приготовления пивного суслу является замена ячменного пивоваренного солода на 15-20 % экструдированного ячменя к массе зернопродуктов. Указанное количество экструдированного ячменя способствует накоплению более высокого уровня редуцирующих веществ, интенсификации процесса осахаривания, вероятно, за счет более эффективного гидролиза крахмала в экструдированном ячмене.

Положительным фактором является заметное повышение содержания аминного азота в сусле опытных образцов в сравнении с контролем: при внесении 15 % экструдированного ячменя – на 26 %; при внесении 20 % экструдированного ячменя – на 30 %.

Замена солода на 25 % экструдированного ячменя приводит к повышению аминного азота в пивном сусле в сравнении с контролем на 12 %.

Уровень содержания аминного азота в пивном сусле, приготовленном с заменой солода на 30 % экструдированного ячменя практически одинаков с контролем – 41,8 и 42,0 мг/100 см³, соответственно. При этом процесс осахаривания в этом образце проходил заметно медленнее в сравнении с контрольным образцом.

Замена солода более высоким количеством экструдированного ячменя приводит к ухудшению основных показателей пивного суслу –увеличению продолжительности осахаривания затора, снижению содержания редуцирующих веществ и, как следствие, снижению уровня конечной степени сбраживания пивного суслу.

Полученные экспериментальные данные были использованы для получения математических моделей с целью анализа процесса приготовления пивного суслу с высоким выходом экстрактивных веществ и наименьшей продолжительности осахаривания.

Критериями для оценки эффективности влияния экстрадата ячменя являлись выход экстракта (*ВЭ*) и продолжительность осахаривания крахмала пивного суслу (*ПО*). В качестве факторов, влияющих на выход экстракта и продолжительность осахаривания была выбрана дозировка экструдированного ячменя (*a*) и дозировка ячменного солода (*b*) в процентах к общей массе зернопродуктов.

В качестве плана эксперимента использовался двухфакторный композиционный план. Для нахождения поверхности отклика предложен ротатабельный план эксперимента.

План позволил получить поверхности отклика, удовлетворяющие общему уравнению вида:

$$y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_kx_k + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + \dots + b_{k-1,k}x_{k-1}x_k + b_{11}x_{12} + \dots + b_{kk}x_k^2$$

Интервал варьирования дозировки экстрадата ячменя и солода выбирали с учетом ранее установленных оптимальных дозировок.

На основании результатов математической обработки экспериментальных данных с использованием пакета программ «Mathcad» и «Statistica 10» были получены регрессионные уравнения (1) и (2), достоверно и адекватно описывающие зависимость выхода экстракта пивного суслу и продолжительность осахаривания крахмала зернопродуктов от исследуемых факторов и построены соответствующие поверхности отклика.

$$BЭ = -106,767 + 2,089a + 4,216b - 0,055a^2 + 0,001ab - 0,027b^2 \quad (1)$$

$$PO = 173,721 - 0,374a - 3,805b + 0,017a^2 - 0,004ab + 0,024b^2 \quad (2)$$

Множественный коэффициент корреляции в уравнении выхода экстракта, а также в уравнении продолжительности осахаривания от исследуемых факторов составляет $R=0,94$, что, согласно шкалы Чеддока, свидетельствует о высокой силе связи между переменными. Коэффициент детерминации (R^2) в уравнениях равен $0,88$, что свидетельствует о наличии достаточно тесной функциональной зависимости между изучаемыми факторами. Статистический уровень значимости составляет менее $0,05$, что соответствует высокому уровню доверия к полученной модели.

Анализ полученных аналитических и графических зависимостей позволили рекомендовать применение экстрадата ячменя в составе зернопродуктов при получении пивного суслу в количестве $19-21\%$, ячменного солода в количестве $79-81\%$. Выход экстракта при этом составляет $80-82\%$, продолжительность осахаривания не превышает $17,5-18$ мин.

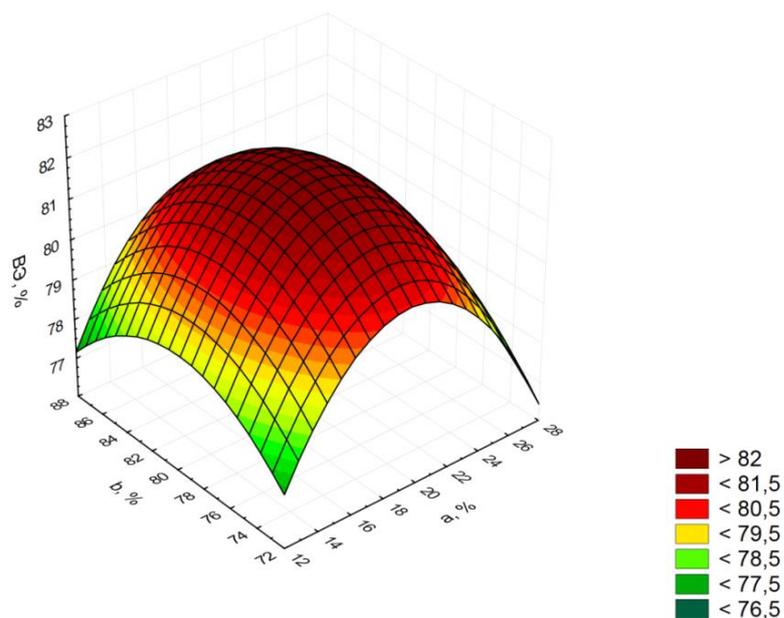


Рисунок 2 – Зависимость выхода экстракта от содержания экстрадата ячменя и ячменного солода в составе зернопродуктов

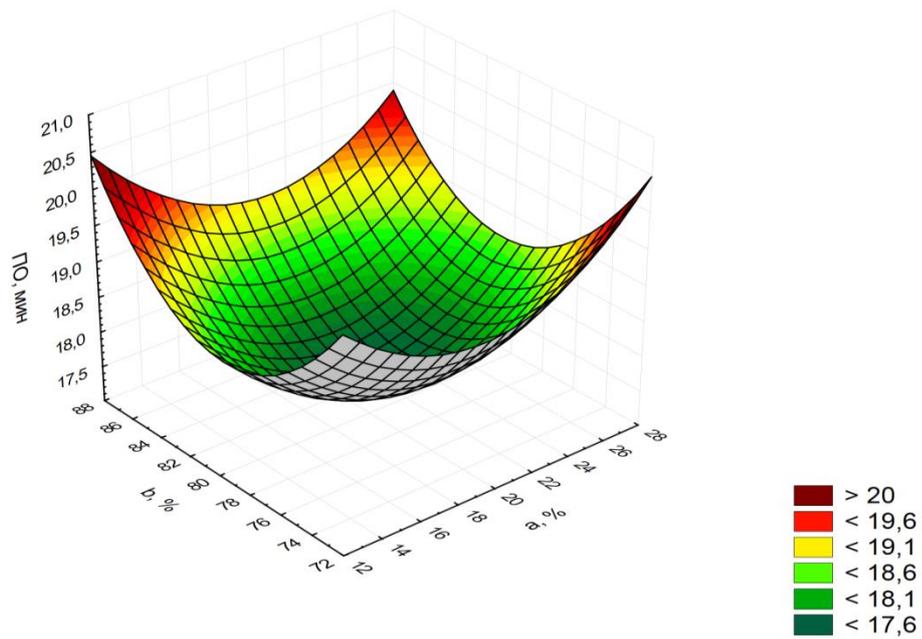


Рисунок 3 – Зависимость продолжительности осахаривания от содержания экстракта ячменя и ячменного солода в составе зернопродуктов

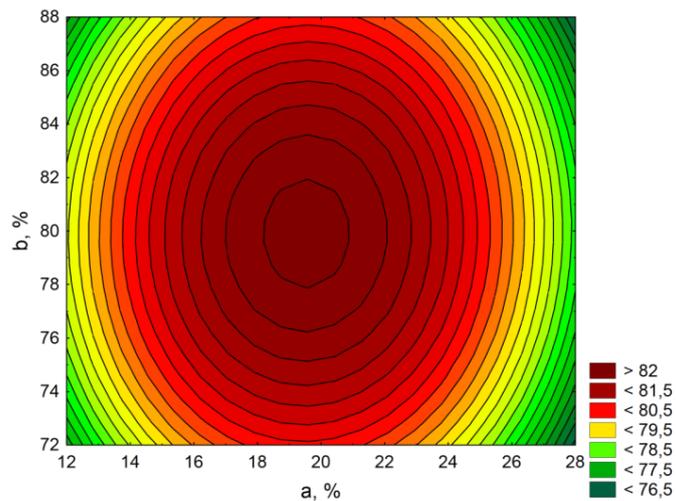


Рисунок 4 – Двумерное сечение, характеризующее зависимость выхода экстракта от содержания экстракта ячменя и ячменного солода в составе зернопродуктов

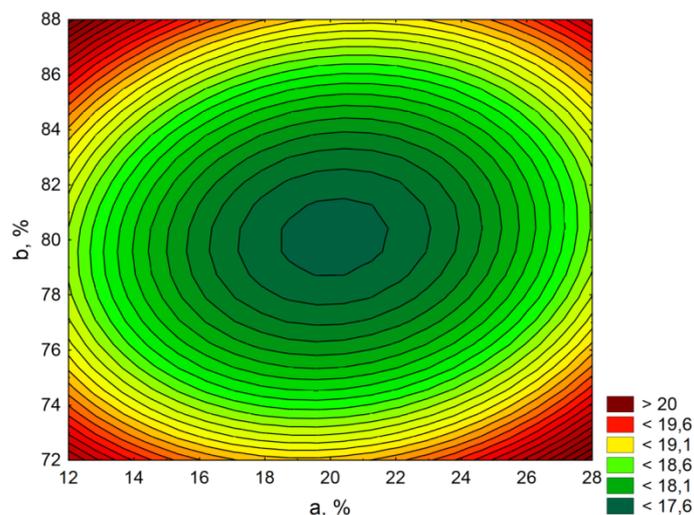


Рисунок 5 – Двумерное сечение, характеризующее зависимость продолжительности осахаривания от содержания экстрадата ячменя и ячменного солода в составе зернопродуктов

Таким образом, экспериментально обоснована целесообразность формирования смеси зернопродуктов с использованием экструдированного ячменя в качестве замены части ячменного солода при получении суслу из ячменного солода и несоложенных материалов. На основании полученных экспериментальных данных проведена оптимизация состава зернопродуктов методом математического планирования эксперимента.

Обработка результатов эксперимента позволили получить регрессионные уравнения, достоверно и адекватно описывающие зависимость продолжительности осахаривания и выхода экстракта от соотношения экструдированного ячменя и ячменного солода в составе зернопродуктов.

На основании графического анализа полученных поверхностей отклика обосновано рациональное соотношение зернопродуктов, обеспечивающее получение пивного суслу с выходом экстракта 80-82 % и продолжительностью осахаривания 17,5-18 минут.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курочкин, А. А. Теоретические и практические аспекты экструзионной технологии в пивоварении / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, В. В. Новиков // *Нива Поволжья*. – 2007. – № 1. – С. 20.
2. Петросова, Е. В. Разработка рецептуры хлеба из смеси пшеничной муки и экстрадата ячменя / Е. В. Петросова, Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин // *Естественные и технические науки*. – 2013. – № 1. – С. 359-360.
3. Курочкин, А. А. Регулирование структуры экстрадатов крахмалсодержащего зернового сырья / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2013. – № 4. – С. 94-99.
4. Краус, С. В. Совершенствование технологии экструзионной переработки крахмалсодержащего зернового сырья: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.01 / Краус Сергей Викторович. – М., 2004. – 54 с.

5. Ханин, В. П. Ресурсосберегающий процесс экструзионной обработки зернового сырья: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/Ханин Виктор Петрович. – Оренбург, 1999. – 167 с.
6. Grujić, O. Application of Hydrothermically Treated Barley in Beer Production/O. Grujic, S. Gaceusca// J. Inst. Brew. – 1999. – V. 105. – No. 1. – P.45-48.

УДК 664.769

ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСТРУДАТОВ КРАХМАЛСОДЕРЖАЩЕГО ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ С ЗАДАННОЙ ПОРИСТОСТЬЮ

© А.А. Курочкин, Пензенский государственный технологический
Университет (г. Пенза, Россия)

© Г.В. Шабурова, Пензенский государственный технологический
Университет (г. Пенза, Россия)

© Д.И. Фролов, Пензенский государственный технологический
Университет (г. Пенза, Россия)

THE RESULTING EXTRUDATE STARCH GRAIN MATERIAL WITH PREDETERMINED POROSITY

© А.А. Kurochkin, Penza State Technical University (Penza, Russia)

© G.V. Shaburova, Penza State Technical University (Penza, Russia)

© D.I. Frolov, Penza State Technical University (Penza, Russia)

В работе представлены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния технологических параметров процесса экструзии крахмалсодержащего зернового сырья на пористость получаемого продукта.

Ключевые слова: экструдат, растительное сырье, влажность сырья, фильера, вакуум, пористость.

The paper presents the results of experimental studies evaluating the effect of process parameters extrusion starch grain material on the porosity of the resulting product.

Key words: extrudate, vegetable raw materials, moisture content of raw material, die, vacuum porosity.

E-mail: anatolii_kuro@mail.ru

Многочисленными исследованиями установлено, что в зависимости от цели получения экструдатов механизм воздействия на зерновое крахмалсодержащее сырье может быть различным.

Если получаемые экструдаты предполагается использовать как готовый продукт с планируемыми показателями качества, то технологические параметры экструзионного процесса и технические характеристики экструдера должны обеспечивать максимальную сохранность полезных свойств сырья с одновременным направленным воздействием на факторы, формирующие качество данного продукта.

При получении из крахмалсодержащего сырья экструдатов-полуфабрикатов требования к их качественным показателям, как и в первом случае, сохраняются. Одновременно с этим некоторые полуфабрикаты требуют таких режимов экструзионной обработки, при которых эффективному воздействию подвергаются только отдельные составляющие сырья, например, полисахариды или пищевые волокна.

Известен целый ряд предложений по совершенствованию процесса экструзии и модернизации экструдеров с целью усиления или снижения интенсивности их воздействия на сырье. [1, 2]. Одним из перспективных направлений такой модернизации, позволяющей активно воздействовать на функционально-технологические свойства экструдатов, на наш взгляд, является замена атмосферного давления, действующего на экструдат при выходе из его фильеры, на пониженное давление (вакуум) [3-5].

Цель данной работы – выявить и оценить степень влияния технологических факторов экструзионного процесса и технических параметров экструдера на пористость экструдата крахмалсодержащего зернового сырья.

Задачи исследования: определить факторы, оказывающие наибольшее влияние на пористость экструдатов.

Исследования проводились с помощью экспериментальной установки, в состав которой входит одношнековый пресс-экструдер, укомплектованный режущим устройством 8 (рис. 1), вакуумной камерой 9 и выгрузной камерой 12.

Пониженное давление в вакуумной камере создавалось с помощью вакуумного насоса 10, вакуум-регулятора и вакуум-баллона (на рис. не показаны). Вакуум-регулятор позволял поддерживать необходимое давление в вакуумной камере, а вакуум-баллон служил для сглаживания возможных колебаний давления в системе и сбора конденсата, получаемого при охлаждении паровоздушной смеси, откачиваемой из вакуумной камеры.

Выгрузка готового экструдата без разгерметизации вакуумной камеры обеспечивалась с помощью шлюзового затвора 11.

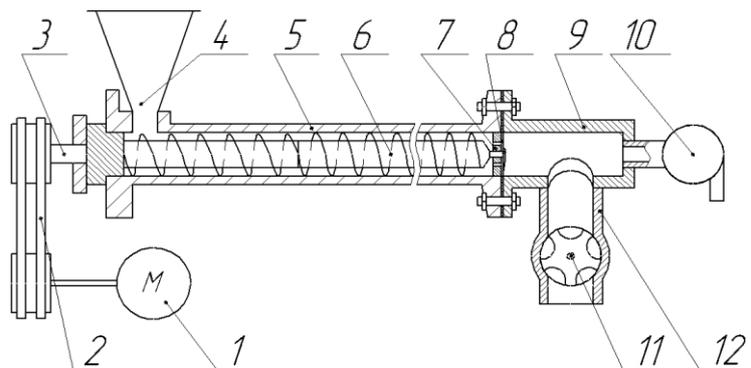


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки:

- 1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – вал; 4 – загрузочная камера; 5 – корпус; 6 – шнек; 7 – фильера; 8 – режущее устройство; 9 – вакуумная камера; 10 – вакуумный насос; 11 – шлюзовой затвор; 12 – выгрузная камера

В качестве объекта исследования был выбран ячмень с массовой долей влаги 10...18 % без предварительного шелушения поверхности.

Целые зерна экструдировали в течение 15...20 с при температуре 100...110 °С с последующим воздействием на выходящее из фильеры матрицы экструдера сырье пониженным давлением, равным 0,01...0,07 МПа. Экструдат ячменя при выходе из фильеры матрицы разрезался с помощью режущего устройства на частицы размером 1,0...2,0 мм. Частота вращения шнека пресса-экструдера составляла 7,5 с⁻¹, эксперимент проводился в трехкратной повторности.

В качестве факторов были выбраны: влажность ячменя, диаметр отверстия фильеры и величина давления (вакуума) в вакуумной камере. За критерий качества была принята пористость (%) получаемого экструдата.

Для получения математической модели процесса экструдата в виде полинома второй степени реализовали 3-х факторный центральный композиционный план (табл. 1).

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента в раскодированном виде

	W, %	d, мм	P, МПа	П, %
1	10,00	4,00	0,02	52,80
2	10,00	4,00	0,06	65,20
3	10,00	8,00	0,02	45,90
4	10,00	8,00	0,06	55,10
5	18,00	4,00	0,02	69,80
6	18,00	4,00	0,06	90,20
7	18,00	8,00	0,02	66,20
8	18,00	8,00	0,06	77,50
9	7,27	6,00	0,04	46,70
10	20,73	6,00	0,04	81,20
11	14,00	2,64	0,04	65,00
12	14,00	9,36	0,04	56,10
13	14,00	6,00	0,01	60,90
14	14,00	6,00	0,07	78,60
15 (H)	14,00	6,00	0,04	69,80
16 (H)	14,00	6,00	0,04	69,80

Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с помощью корреляционно-регрессионного анализа в среде Microsoft Excel 2010 и Statistica 10, в результате чего была получена адекватная математическая модель второго порядка (1), описывающая зависимость пористости получаемого экструдата (П) от влажности экструдированного сырья (W), величины давления в вакуумной камере экструдера (P) и диаметра отверстия фильеры экструдера (d).

$$\begin{aligned}
 \Pi = & -17,404 + 5,140W - 0,115W^2 + 8,774d - 0,763d^2 + 267,081P + \\
 & + 775,078P^2 + 0,011Wd + 15,781WP - 38,438dP
 \end{aligned}
 \quad (1)$$

Полученная модель характеризуется следующими показателями качества:

- множественный коэффициент корреляции $R=0,99$, что по шкале Чеддока свидетельствует о высокой силе связи между переменными;
- коэффициент детерминации $R^2=0,98$, что означает функциональную зависимость между переменными (полученная модель объясняет 98% изменчивости);
- статистическая значимость составляет $p<0,00001$, что соответствует высокому уровню доверия к полученной модели.

Для изучения свойств поверхности отклика в окрестностях оптимума выполнено каноническое преобразование полученной математической модели. Анализ поверхности отклика проводили с помощью двумерных сечений. Главное преимущество этого способа состоит в том, что с его помощью можно детально исследовать форму поверхности.

Уравнение, описывающее поверхность отклика и характеризующее зависимость пористости экструдата (П) от влажности (W) и вакуума (P), имеет вид

$$\Pi = 23,126 + 3,116W - 0,041W^2 - 234,174P + 4157,962P^2 + 15,781WP \quad (2)$$

Графическая интерпретация данного уравнения представлена на рисунке 2 (цифры показывают числовые значения пористости экструдата в рассматриваемых областях поверхности отклика)

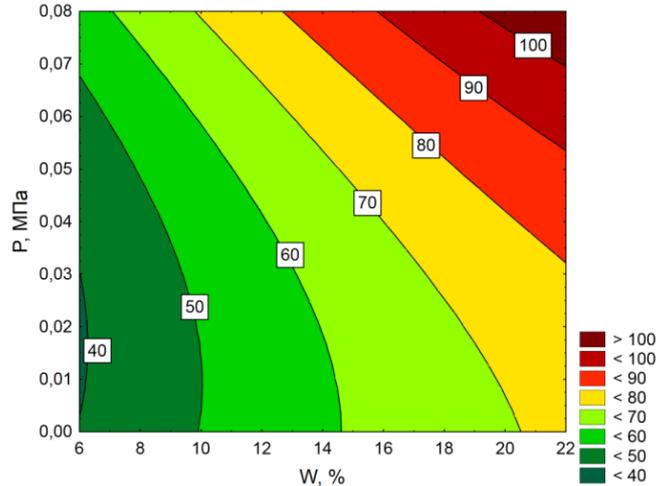


Рисунок 2 – Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость пористости экструдата (Π) от влажности (W) и вакуума (P)

Анализ полученного уравнение показывает, что и влажность сырья (W) и вакуум (P) оказывают значительное действие на пористость экструдата (Π), причем вакуум (P) – в большей степени, что хорошо видно по коэффициенту при P^2 .

Уравнение, описывающее поверхность отклика и характеризующее зависимость пористости экструдата (Π) от диаметра (d) и вакуума (P) представлено в виде

$$\Pi = 38,953 + 6,753d - 0,582d^2 + 324,051P + 2824,679P^2 - 38,438dP \quad (3)$$

Графический вид данного уравнения приведен на рис. 3.

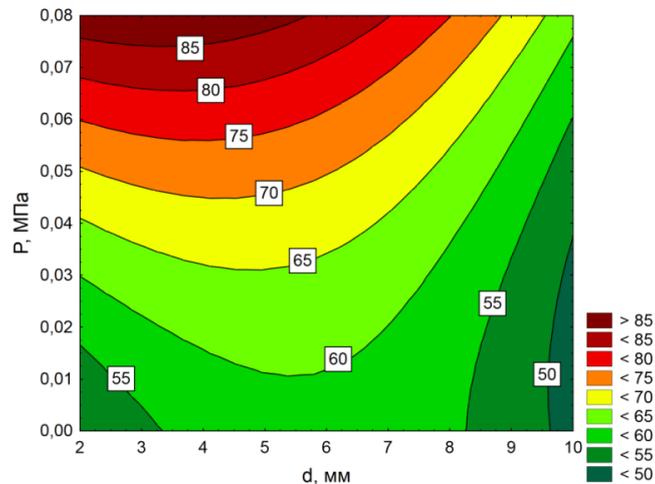


Рисунок 3 – Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость пористости экструдата (Π) от диаметра (d) и вакуума (P)

Анализ уравнения (3) и поверхности отклика показывает, что пористость экструдата (Π) увеличивается с возрастанием вакуума (P) при оптимальном диаметре фильеры матрицы экструдера 2...6 мм.

Уравнение, описывающее поверхность отклика и характеризующее зависимость пористости экструдата (Π) от влажности (W) и диаметра (d) имеет вид

$$\Pi = -7,100 + 5,938W - 0,121W^2 + 7,522d - 0,7867d^2 + 0,011Wd \quad (4)$$

В графическом виде уравнение показано на рис. 4.

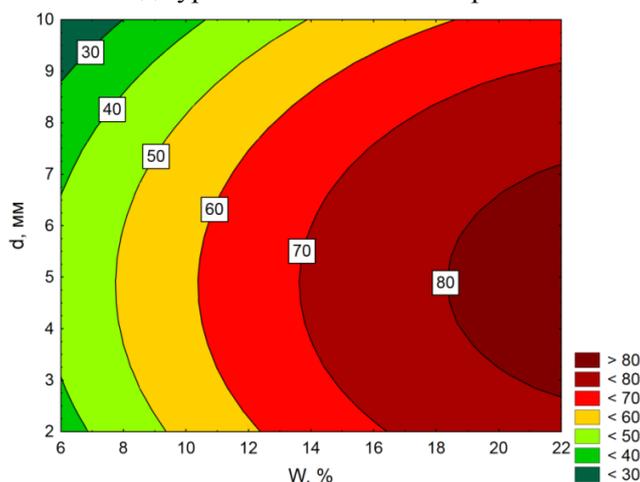


Рисунок 4 – Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость пористости экструдата (Π) от влажности (W) и диаметра (d)

Анализ уравнения (4) показывает, что пористость экструдата (Π) существенно увеличивается при повышении влажности обрабатываемого сырья и оптимальном диаметре фильеры матрицы экструдера 3...6 мм.

Таким образом, наряду с влажностью обрабатываемого сырья и техническими параметрами экструдера на пористость получаемого экструдата существенное влияние оказывает давление воздуха в вакуумной камере экструдера. Способ получения экструдатов, при котором перерабатываемое сырье из области высокого давления в тракте машины (2,0-2,7 МПа) поступает в вакуумную камеру экструдера с давлением 0,02...0,09 МПа [6], позволяет значительно интенсифицировать процесс порообразования в готовом продукте без повышения температурного режима экструзионного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Остриков, А.Н. Экструзионная технология пищевых текстуратов / А.Н. Остриков, М.А. Глухов, А.С. Рудометкин, Е.Г. Окулич-Казарин // *Пищевая промышленность*. – 2007. – № 9. – С. 18-20.
2. Курочкин, А.А. Теоретические и практические аспекты экструзионной технологии в пивоварении / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.В. Новиков // *Нива Поволжья*. – 2007. – №1. – С. 20-24.
3. Курочкин, А.А. Регулирование структуры экструдатов крахмалсодержащего сырья / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2013. – №4. – С. 70-75.

4. Курочкин, А.А. Регулирование функционально-технологических свойств экструдатов растительного сырья / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №4. – С. 86-91.
5. Курочкин, А.А. Моделирование процесса получения экструдатов на основе нового технологического решения / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Нива Поволжья». – 2014. – №1. – С. 30-35.
6. Патент 2460315 Российская Федерация МПК А23Л1/00. Способ производства экструдатов / Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Авроров, П.А. Ерушов, № 20011107960; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 25. – 6 с.

УДК 664.769

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ОВСА

© *Е.С. Казакова, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

© *Г.В. Шабурова, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE EXTRUDED OAT

© *E.S. Kazakova, Penza State Technology University (Penza, Russia)*

© *G.V. Shaburova, Penza State Technology University (Penza, Russia)*

В статье приводятся результаты использования экструдатов в производстве хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: зерновые экструдаты, хлебобулочные изделия.

The paper reports the results of applying extrudates in baked goods production.

Key words: grain extrudates, baked goods.

Разработка современных технологий производства продуктов питания с использованием нетрадиционного сырья растительного происхождения, на сегодняшний день является перспективным направлением при получении продуктов питания как массового, так и лечебно-профилактического направления [1,2].

При этом, одним из перспективных путей обогащения булочных и мучных кондитерских изделий комплексом функциональных пищевых ингредиентов могут служить экструдированные зерновые продукты.

Основной задачей данных исследований является использование экструдата овса, полученного по специальной технологии [3], в производстве мучных кондитерских изделий с повышенной пищевой ценностью.

При производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий существенными показателями влияния добавок, обеспечивающими желаемую структуру, технологические и потребительские свойства готовой продукции, являются жироземлюлирующая способность (ЖЭС), жиросвязывающая способность (ЖСС) и водосвязывающая способность (ВСС) [4].

Высокий уровень водосвязывающей- и жиродерживающей способности приводит к снижению потерь в технологическом процессе, а также

обуславливает нежную, однородную консистенцию изделий. Результаты определения ЖЭС, ЖСС и ВСС приведены на рис. 1.

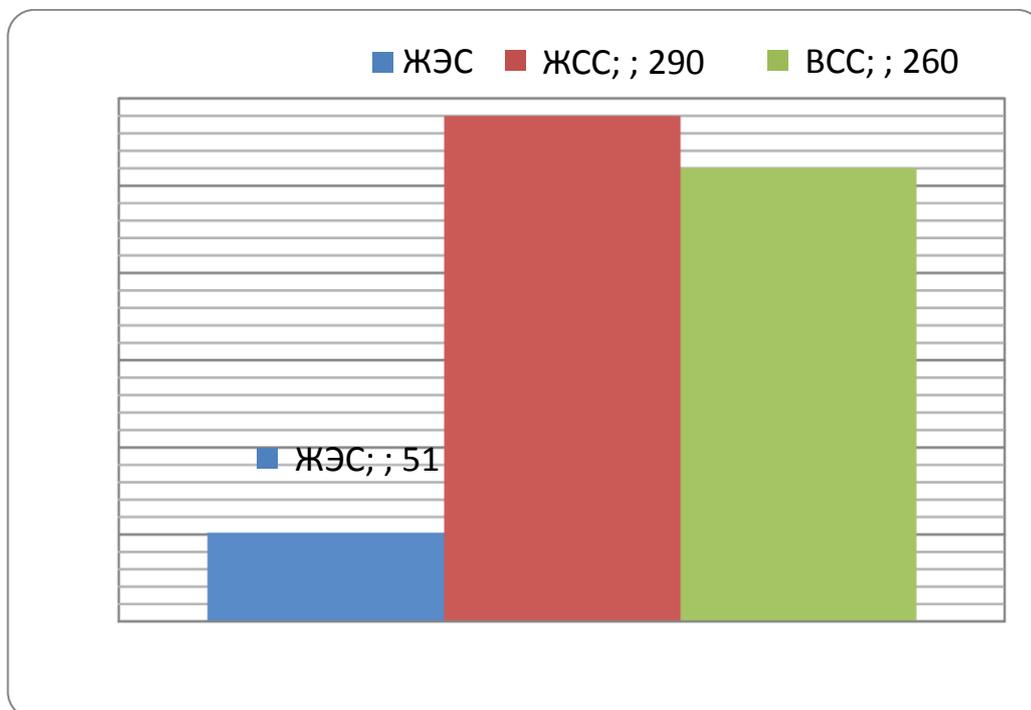


Рисунок 1 – Жироэмульгирующая, жиросвязывающая и водосвязывающая способность экструдата овса

Полученные результаты позволяют предположить, что экструдат овса целесообразно использовать в высокорецептурных хлебобулочных и мучных кондитерских изделиях.

В дальнейших экспериментах изучена водопоглотительную способность смеси пшеничной муки высшего сорта и муки экструдата овса. Водопоглотительную способность можно отнести к основным функциональным свойствам муки, оказывающим влияние на качество полуфабрикатов и готовых изделий. Данный показатель зависит от массовой доли белка, крахмала, пищевых волокон и размера частиц муки.

Экструдат овса вносили в модельные смеси взамен части муки высшего сорта в количестве 5, 10, 15 и 20 % к массе муки. В качестве контрольного образца использовали пшеничную муку высшего сорта с содержанием клейковины 28,0 % и $H_{идк} = 70$ ИДК.

На рис.2 приведены результаты влияния различных дозировок экструдата овса на водопоглотительную способность смеси пшеничной муки и экструдата овса.



Рисунок 2 – Водопоглощательная способность смеси пшеничной муки и муки с экструдатом овса

Образец 1 (контрольный): мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта;

Образец 2: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта – 95 %, мука экструдата овса – 5 %;

Образец 3: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта – 90 %, мука экструдата овса – 10 %;

Образец 4: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта – 85 %, мука экструдата овса – 15 %;

Образец 5: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта – 80%, мука экструдата зерна – 20 %;

Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что замена части пшеничной муки на экструдат овса способствует значительному увеличению водопоглощательной способности смеси. Во всех образцах при внесении муки экструдата овса водопоглощательная способность увеличилась.

Данные результаты позволяют предположить возможность повышенного выхода готовой продукции в случае применения муки экструдата овса при изготовлении мучных кондитерских изделий.

На рис.3 приведены результаты исследований влияния внесения экструдата овса на уровень содержания и качества сырой клейковины смеси пшеничной муки и различных дозировок экструдированной муки.



Рисунок 3 – Содержание сырой клейковины в смеси пшеничной муки и муки экструдата овса

Образец 1 (контрольный): мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта;

Образец 2: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта – 95 %, мука экструдата овса – 5 %;

Образец 3: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта – 90 %, мука экструдата овса – 10 %;

Образец 4: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта – 85 %, мука экструдата овса – 15 %;

Образец 5: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта – 80%, мука экструдата зерна – 20 %;

Установлено, что содержание сырой клейковины снижается с 28,0% в контрольном образце до 27,5-24,0% в опытных вариантах.

При этом, увеличение дозировки экструдата овса в модельной смеси более чем на 15% приводит к ухудшению хлебопекарных свойств муки, а, следовательно, будет способствовать ухудшению показателей теста и потребительских свойств готовой продукции.

На рис.4 приведены результаты исследования уровня качества клейковины смеси пшеничной муки и муки экструдата овса.



Рисунок 4 – Качество клейковины смеси пшеничной муки и муки экструдата овса

Образец 1 (контрольный): мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта;

Образец 2: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта – 95 %, мука экструдата овса – 5 %;

Образец 3: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта – 90 %, мука экструдата овса – 10 %;

Образец 4: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта – 85 %, мука экструдата овса – 15 %;

Образец 5: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта – 80%, мука экструдата зерна – 20 %;

Как свидетельствуют полученные данные, качество сырой клейковины в опытных вариантах укрепляется. Возможным механизмом этого явления может быть повышение активности фермента липоксигеназы, действующего в присутствии кислорода воздуха на ненасыщенные жирные кислоты с образованием пероксидов и гидропероксидов.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что экструдат овса оказывает существенное влияние на жирозэмульгирующую, жиросвязывающую и водосвязывающую способность мучной смеси. Замена части пшеничной муки высшего сорта на муку экструдата овса в дозировке от 5 до 15% к массе смеси муки способствует повышению водопоглотительной способности смеси, некоторому снижению содержания клейковины, но при этом повышает ее качество.

Применение экструдата овса, полученного по специальной технологии, может быть рекомендовано при производстве мучных кондитерских изделий сложной рецептуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. МР 2.3.1.2432-08. – С.40.*
2. *Спиричев, В.Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / В.Б. Спиричев, Л.Н. Шатнюк, В.М. Позняковский // Наука и технология. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – С.348.*
3. *Патент 2460315 Российская Федерация МПК А23Л1/00. Способ производства экструдатов / Шабурова Г.В., Курочкин А.А., Воронина П.К., Авроров Г.В., Ерушов П.А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия». – № 20011107960; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 256. – 6 с.*
4. *Колтакова, В.В. Белок из пшеничных отрубей, функциональные свойства белковой муки: растворимость и водосвязывающая способность / В.В. Колтакова, А.П. Нечаев // Изв. вузов. Пищ. Технология, 1995. – № 1–2. – С.28-30.*

УДК 637.12/14:637.5

ВЛИЯНИЕ ПРЕБИОТИКОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЧНЫХ И МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

© *В.М. Зимняков, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия
(г. Пенза, Россия)*

© *И.В. Гаврюшина, Пензенская государственная сельскохозяйственная
академия (г. Пенза, Россия)*

IMPACT ON TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF PREBIOTICS DAIRY AND MEAT PRODUCTS

© *V.M. Zimniakov, Penza state agricultural Academy (Penza, Russia)*

© *I.V. Gavryshina, Penza state agricultural Academy (Penza, Russia)*

В статье приводятся требования к пищевым продуктам, даются результаты исследований по влиянию пребиотиков на технологические свойства молочных и мясных продуктов.

Ключевые слова: функциональные продукты, пребиотики, молочные и мясные продукты.

The article lists requirements for food products, are given results of studies on the influence of prebiotics on technological property of meat and dairy products.

Key words: functional foods, prebiotics, dairy and meat products.

Сохранение и укрепление здоровья людей является важнейшей задачей любого цивилизованного государства. Еще задолго до возникновения науки о питании философы, а позднее и врачи, напрямую связывали рацион питания со здоровьем человека. К одному из основных направлений концепции государственной политики России в области здорового питания относится разработка продуктов массового потребления, технологий продуктов

функционального назначения, дифференцированных для профилактики заболеваний и укрепления защитных функций организма, снижения риска воздействия вредных веществ.

Требованиями, которым должны отвечать современные продукты питания, являются их сбалансированный состав и функциональное назначение. Одним из нормативных документов в области продуктов функционального назначения, устанавливающим их основные понятия, является национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения», который формулирует понятие пищевой функциональный продукт так: специальный пищевой продукт, предназначенный для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, обладающий научно обоснованными и подтвержденными свойствами, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающий дефицит или восполняющий имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе функциональных пищевых ингредиентов.

Место позитивного питания исследователи определяют как среднее между обычным рационом и питанием диетическим. Функциональные пищевые продукты являются одновременно продуктами питания и лечебными средствами. Они содержат большое количество биологически активных веществ бактериальных культур, так необходимых каждому из нас для поддержания крепкого здоровья. При регулярном употреблении функциональные продукты нормализуют состояние микрофлоры пищеварительного тракта, повышают иммунитет организма и значительно улучшают общее состояние и самочувствие, обеспечивая прилив жизненных сил.

Основными компонентами функциональных продуктов являются три группы биоактивных веществ: пребиотики, пробиотики и синбиотики.

Целью наших исследований явилось изучение влияния пребиотиков на технологические свойства молочных и мясных продуктов. Упомянутый ГОСТ 52349-2005 так формулирует суть этого понятия: «пребиотик - физиологически функциональный пищевой ингредиент в виде вещества или комплекса веществ, обеспечивающий при систематическом употреблении в пищу человеком в составе пищевых продуктов благоприятное воздействие на организм человека в результате избирательной стимуляции роста и/или повышения биологической активности нормальной микрофлоры кишечника. Основными видами пребиотиков являются: ди- и трисахариды; олиго- и полисахариды; многоатомные спирты; аминокислоты и пептиды; ферменты; органические низкомолекулярные и ненасыщенные высшие жирные кислоты; антиоксиданты; полезные для человека растительные и микробные экстракты и другие.

Молоко и мясо являются перспективным сырьем для создания функциональных продуктов и в настоящее время активно ведутся разработки именно данных групп продуктов, обеспечивающих организм человека не только полноценным белком, но и изначально содержащих такие биологически активные компоненты, как витамины, аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, микроэлементы.

В целом в настоящее время в мире активное развитие получили четыре группы функциональных продуктов - безалкогольные напитки, продукты на зерновой, молочной и жировой основе. В нашей стране 65 % общего объема функциональных продуктов приходится на молочную продукцию.

Одним из основополагающих принципов, который необходимо соблюдать при разработке функциональных продуктов питания, является использование для обогащения продуктов питания именно тех ингредиентов, дефицит которых имеет место, широко распространен и опасен для здоровья. Для России это витамины группы В, С, минеральные вещества такие как йод, селен, железо, кальций.

Для современного человека важным является использование в составе продуктов питания компонентов с антиокислительной направленностью – биологически активных добавок с антиоксидантными свойствами.

Веществами, обладающими одновременно антиоксидантными и адаптогенными свойствами, являются соединения селена.

Известно, что селен относится к жизненно необходимым микроэлементам дефицит которого в пище человека является одной из причин возникновения и развития ряда тяжело протекающих заболеваний. Поэтому исследования роли препаратов селена как антиокислителей и как источников селена является актуальным.

В последние годы для восполнения дефицита селена в пищевых продуктах в качестве добавок используются различные соединения, в основном неорганические. Их общим недостатком является высокая токсичность, несовместимость с витаминами и легкоокисляемыми ингредиентами. Для обогащения молочных продукта селеном и повышения их стойкости при хранении из огромного количества селеносодержащих препаратов мы выбрали и предлагаем использовать селенопиран.

Селеносодержащую добавку селенопиран производит ООО Агрофирма «Биокор С», г. Пенза. Селенопиран - высокоэффективное, низкотоксичное органическое соединение селена, растворимое в жирах. Соединение проявляет антиоксидантные свойства, не уступающие традиционно применяемым в медицине антиоксидантам, таким как витамин Е, кверцетин, флуцерол и ионол (бутилоксилолуол, агидол). Поступая в организм с пищей или в виде инъекций, селенопиран способен выполнять роль мощного метаболического регулятора. Он активизирует ферменты антиоксидантной защиты организма. Снижает образование новых и нейтрализует ранее образовавшиеся активные продукты перекисного окисления липидов, улучшает функционирование клеточных мембран, нормализует обмен веществ, активизирует звенья иммунной системы. Селенопиран способен самостоятельно выполнять в организме роль глутатионпероксидазы – главного фермента антиоксидантно-антирадикальной системы защиты организма [1].

По разрыву между физиологически требуемой дозой и токсической дозой, селенопиран в мире селеносодержащих препаратов, пока не имеет себе равных, несмотря на громадное количество постоянно появляющихся новых органических соединений селена.

По результатам многочисленных исследований Министерство здравоохранения и социального развития РФ разрешило применение селеносодержащей добавки селенопиран в качестве антиокислителя в пищевой промышленности (свидетельство о государственной регистрации № 77.99.03.241.Б.000329.10.03 от 31.10.2005 г.).

Проведенные ранее эксперименты позволяют отметить полную безопасность и физиологичность данной биодобавки. Стабильный процент связанного селена в препарате позволяет точно дозировать его содержание. Устойчивость органического соединения не приводит к изменению вкуса и запаха конечного продукта, все это делает возможным широкое и безопасное

применение селенопирана для всех возрастных групп населения в составе пищевых продуктов.

В ранее проведенных исследованиях было установлено, что еленопиран препятствует окислению жира в подсолнечном масле и майонезе и тем самым способствует увеличению срока их хранения.

Наши исследования были направлены на изучение антиоксидантных свойств селенопирана при производстве творога классического с массовой долей жира в продукте 18 %.

Многие производители в целях увеличения срока годности творога используют различные стабилизаторы и консерванты, а также проводят повторную пастеризацию продукта, вследствие чего резко снижается численность молочнокислых микроорганизмов или они вовсе отсутствуют к концу срока годности, что снижает ценность творога как полезного молочного продукта.

В связи с этим вопросы, связанные с соблюдением технического регламента на молоко и молочную продукцию в плане контроля качества творога, поиск путей увеличения сроков годности на основе применения функциональных антиоксидантов являются актуальными.

Количество вносимого селенопирана рассчитывали исходя из концентрации микроэлемента селена в твороге, содержание которого определялось флуориметрическим методом в модификации В.А Тутельяна, С.А Хотимченко, Н.А. Голубкиной с использованием флуориметра «Флуорат-02-2М» [2], рекомендуемой нормы для всех групп населения (70 мкг/день) и суточной нормой потребления творога (100 г) [2].

Лабораторные исследования влияния селенопирана на качество творога проводились на 1, 3, 5, и 7 сутки, начиная с даты выработки по следующим показателям: органолептические (вкус, консистенция, цвет и запах), физико-химические (массовая доля жира, кислотность, влажность) и микробиологические (наличие групп молочнокислых бактерий). Образцы творога хранились при температуре 4 ± 2 °С.

В результате проведенных исследований в контрольном и опытных образцах творога в процессе хранения нежелательных изменений органолептических показателей выявлено не было.

Массовая доля жира и влаги в контрольном и опытном образцах на протяжении всего периода проведения эксперимента находились на одинаковом уровне.

Кислотность творога с 1 по 7 сутки соответствовала требованиям стандарта. Тем не менее, в опытном образце ее нарастание происходило медленнее, чем в контрольном (таблица).

Таблица – Результаты исследований качества творога

Сутки	Титруемая кислотность, °Т		Количество молочнокислых микроорганизмов, КОЕ/г	
	контрольный образец	опытный образец	контрольный образец	опытный образец
1	180	180	10^7	10^7
3	188	188	10^7	10^7
5	196	188	10^6	10^7
7	201	190	10^5	10^6

Так, на пятые сутки, кислотность творога составила 196 и 188 °Т, а на седьмые - 201 и 190 °Т соответственно в контрольном и опытном образцах. Что же касается количества молочнокислых микроорганизмов, то их нормативное

содержание (10^6 КОЕ в 1 г) в контрольном образце сохранялось до 5 суток, а в опытном до 7 суток (таблица).

Вероятно, молекулы селенопирана перехватывают свободные радикалы и создают благоприятные условия для развития молочнокислых стрептококков, которые являются факультативно анаэробными микроорганизмами.

Полученные результаты показали, что применение селенопирана при производстве творога позволяет получить функциональный пищевой продукт и продлить срок его хранения[3].

Для мясных продуктов, наиболее предпочтительными функциональными ингредиентами являются пищевые волокна, полиненасыщенные жирные кислоты и микроэлементы. В этой связи наши исследования были направлены на изучение свойств биологически-активной добавки модифилан при производстве колбасы «Докторская» высшего сорта со сроком хранения 10 суток.

Модифилан – запатентованный препарат, сырьем для изготовления которого служат бурые морские водоросли (морская капуста). Его получают по оригинальной технологии, запатентованной в России, позволяющей практически полностью сохранить комплекс биологически активных веществ, присутствующих в водорослях и увеличить содержание высокомолекулярных полисахаридов.

Важнейший компонент модифилана высокомолекулярный полисахарид альгинат. Альгинаты обладают множеством полезных свойств – ни одно наземное растение не способно конкурировать с ними. В первую очередь хочется отметить их сорбционную активность. Альгинаты способствуют выведению токсинов, радионуклидов, солей тяжелых металлов, жирных кислот. Оказывают регенерирующее и противовоспалительное действие. Тонизируют и витаминизируют (в них содержится практически вся таблица Менделеева). Доказан их иммуномодулирующий эффект.

Другой ценнейший полисахарид, входящий в состав модифилана – фукоидан. Это вещество обладает противоопухолевым, иммуномодулирующим, антибактериальным, противовирусным, противовоспалительным действием. По этой причине фукоидан можно считать «поливалентным биомодулятором».

Кроме того, модифилан содержит органическую форму йода, которая в сравнении с минеральными соединениями характеризуется высокой эффективностью.

Лабораторные исследования контрольного и опытного (в рецептуру вводили 1,5 % добавки к массе мясного сырья) образцов проводились на 1, 6 и 10 сутки хранения колбасных изделий.

Качество колбасных изделий характеризовали по влагосвязывающей способности колбасного фарша, определяемую по окончании приготовления фарша в куттере, органолептическим показателям колбас, величине рН и бактериальной обсемененности (КМАФАнМ, КОЕ/г).

В результате проведенных исследований было установлено, что в опытном образце влагосвязывающая способность фарша была выше чем в контрольном на 3,85 %. Этот факт, возможно, объясняется наличием в составе Модифилана большого количества альгинатов, которые обладают высокой влагоудерживающей способностью.

Среди факторов, воздействующих на технологические свойства мясных продуктов, особое место занимает величина рН. Динамика активной кислотности образцов вареных колбасных изделий при температуре хранения 6 °С показала, что в контрольном образце сдвиг рН происходил в щелочную сторону. Так, на 6 сутки уровень рН увеличился на 0,3 ед., что связано, вероятно, с накоплением продуктов

жизнедеятельности микроорганизмов, вызывающих распад белков (аминов, азотистых оснований, аммиака). В опытном образце существенных различий значений pH выявлено не было.

Как известно, одной из главных причин порчи мясопродуктов является развитие в них микроорганизмов, приводящих не только к порче, но и к пищевым отравлениям при потреблении. Бактериальная обсемененность контрольного и опытного образцов на протяжении исследований не превышало допустимого уровня (1×10^3 КОЕ/г) (рисунок).

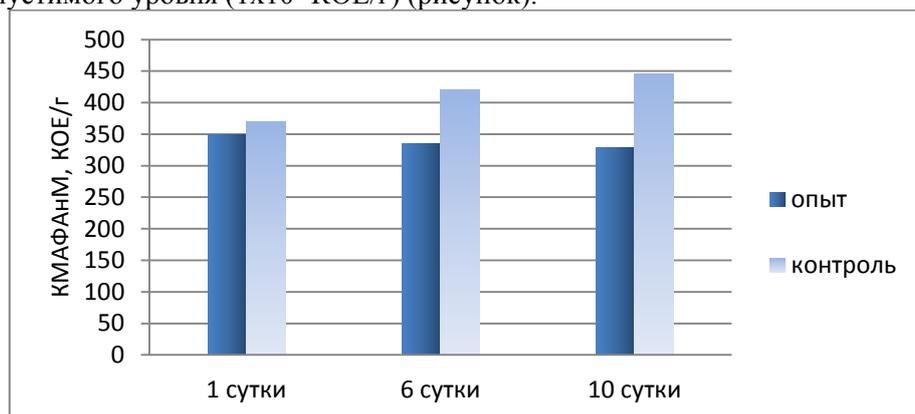


Рисунок – Динамика развития остаточной микрофлоры в вареных колбасах, КОЕ/г

Динамика развития остаточной микрофлоры в вареных колбасных изделиях при их хранении показала, что в контрольном образце КМАФАнМ к 10 суткам при температуре 4 °С увеличилось на 20,3 %, тогда как в опытном образце к концу срока хранения произошло снижение КОЕ на 7,2 %. Вероятно такое изменение вызвано полисахаридом фукоидан, который обладает антибактериальными свойствами.

Подводя итог можно сделать вывод, что пребиотики являются не только функциональными пищевыми ингредиентами, это еще и технологический инструмент и средство модификации свойств исходного сырья, регулирования функционально технологических свойств молочных и мясных систем, корректировки отдельных характеристик готовой продукции, увеличения сроков хранения.

УДК 631.363.7

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СМЕСИТЕЛЯ-КОНВЕЙЕРА

- © *А.С. Фомин, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)*
- © *В.П. Терюшков, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)*
- © *В.В. Коновалов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
- © *А.А. Власов, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (г. Пенза, Россия)*

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL MIXER-CONVEYOR

- © *A.S. Fomin, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)*
- © *V.P. Teryushkov, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)*
- © *V.V. Konovalov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *A.A. Vlasov, Penza State University of Architecture and Construction (Penza, Russia)*

В статье приведены результаты оптимизации параметров смесителя-конвейера

Ключевые слова: оптимизация, смеситель-конвейер, шнек, рабочий орган, смесь, мощность, коэффициент вариации.

In the article reports the results of optimization results mixer conveyor.

Key words: optimization, mixing conveyor screw, working body, mixture, power, coefficient of variation.

E-mail: as_fomin@bk.ru; tvp141@mail.ru; konovalov-penza@rambler.ru; vlasov_a71@mail.ru

Увеличение сферы животноводства требует повышенного внимания к полноценному, сбалансированному кормлению животных. Корм должен готовиться строго по рецепту и быть питательным, полезным, вкусным, хорошо усваиваться и не содержать примесей и веществ, вредных для здоровья животных [2]. Получение однородной смеси в результате процесса перемешивания различных компонентов широко используется для приготовления сыпучих кормов [3...9]. Применяемые конструкции смесителей сыпучих кормов не в полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемых к качеству приготавливаемых смесей, в связи с многообразием факторов, влияющих на смешивание сыпучих компонентов.

В ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА» разработан смеситель-конвейер сухих концентрированных кормов непрерывного действия (рисунок 1) [9].

Смеситель-конвейер представляет собой спирально-винтовой шнек (конвейер), состоящий из кожуха 2, загрузочной воронки 3, выгрузного лотка 1, привода 4, рабочего органа 5. Внутри кожуха на подшипниках установлен рабочий орган, представляющий собой вал 4 с крепящейся к нему на радиальных поддерживающих лопастях винтовой спиралью 5 из металлического прутка. Диаметр кожуха $D=100$ мм. Диаметр прутка спирали составлял в опытах 5,0; 6,5; 8,0 мм. Спираль винта изготавливалась с шагом 50; 120; 175 мм. Частота вращения рабочего органа – винта шнека изменялась от 175 до 400 мин⁻¹.

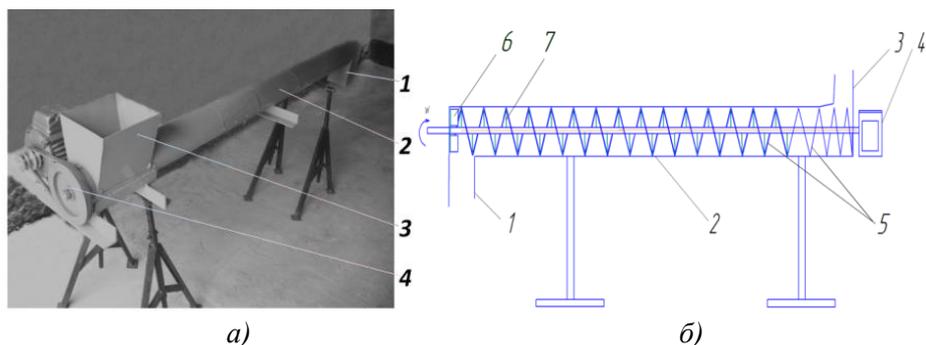


Рисунок 1 – Спирально-винтовой смеситель-конвейер сухих кормов
 а) общий вид; б) схема; 1 – выгрузной лоток; 2 – кожух; 3 – загрузочная воронка; 4 – привод; 5 – рабочий орган – спирально-винтовой шнек, 6 – радиальная лопасть отбойного диска, 7 – лопасть

Смеситель работает в непрерывном режиме смешивания. Компоненты смеси непрерывно дозируются, после чего поступают в загрузочную воронку 3 смесителя-конвейера. Поступающие компоненты смеси захватываются спиралью 5 однозаходного шнека и разгоняются в направлении зоны транспортировки, где интенсифицируется перемешивание компонентов смеси за счет воздействия на нее прутковой спирали 5 и лопастей 7 круглого сечения. При достижении смеси зоны выгрузного лотка 1 осуществляется как ее самопроизвольная выгрузка, так и принудительная выгрузка за счет воздействия радиальных лопастей отбойного диска 6.

Предварительная смесь непрерывно поступает из многокомпонентного дозатора в загрузочную воронку 3 смешивающего шнека непрерывного действия (в смеситель-конвейер). Поступающие компоненты смеси захватываются спиралью 5 однозаходного шнека и двигаются в направлении зоны транспортировки, где осуществляется перемешивание компонентов смеси за счет воздействия на нее прутковой спирали 5 и радиальных лопастей 7. При подаче смеси в зону выгрузного лотка 1 осуществляется как ее самопроизвольная выгрузка, так и принудительная выгрузка за счет воздействия радиальных лопастей отбойного диска 6.

Методика исследований и проведения замеров соответствовала СТО АИСТ 19.2-2008. При этом показателем качества смеси использовалась неравномерность смеси – коэффициент вариации содержания контрольного компонента в пробах. Количество проб – 20 штук. Масса пробы 100 грамм. Наполнитель смеси – дерть пшенично-ячменная (1:1) плотностью вороха 710 кг/м³. Контрольный компонент – зерна ячменя. Доля контрольного компонента – 1%. В процессе исследований определялась также производительность смесителя-конвейера (0,41 кг/с), затрачиваемая мощность (Вт), рассчитывалась энергоёмкость смешения (Дж/кг). Повторность проведения замеров – трехкратная. Мощность замерялась прибором КИ-505.

В результате оптимизации конструктивно-кинематических параметров смесителя-конвейера установлены их значения: частоты вращения – 340 мин⁻¹, шаг прутка спирали 120 мм, диаметр прутка спирали около 6,5 мм [9, 10]. Используя указанные величины параметров, проведена серия исследований по выявлению зоны работоспособности смесителя-конвейера (табл. 1).

Таблица 1 – План исследований смесителя-конвейера по обоснованию технологических параметров

Обозначение и наименование факторов	Уровни факторов			Интервалы варьирования
	Основной	Верхний	Нижний	
Q - производительность устройства, кг/с;	0,75	1,07	0,43	0,32
d _к - доля контрольного компонента, %	11	17	5	6
L _к - длина зоны транспортировки и смешения, м	1,1	1,7	0,5	0,6

После обработки результатов на ЭВМ программой Statistica получены уравнения регрессии критериев оценки исследуемого процесса смешения - неравномерность смеси, мощность привода, энергоемкость в зависимости от доли контрольного компонента d_к, %, производительности смесителя Q, кг/с, и длины смесителя-конвейера L_к, м.

Было установлено уравнение регрессии качества смеси – неравномерности смешивания.

$$v = 63,2567 - 89,9991Q + 45,6026 \cdot Q^2 - 0,7119 \cdot d_k + 2,539/d_k + 0,7262/L_k^3. \quad (1)$$

Коэффициент корреляции R=0,96896; данные F-тест=0,9565.

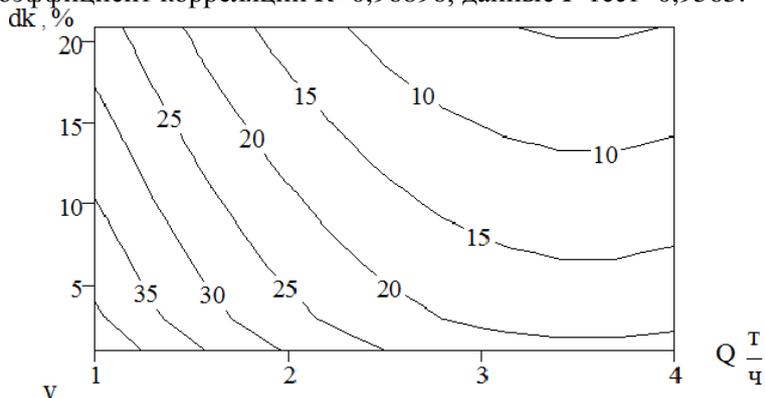


Рисунок 2 – Влияние контрольного компонента d_к (%) и производительности Q (т/ч) на неравномерность смеси v (%)

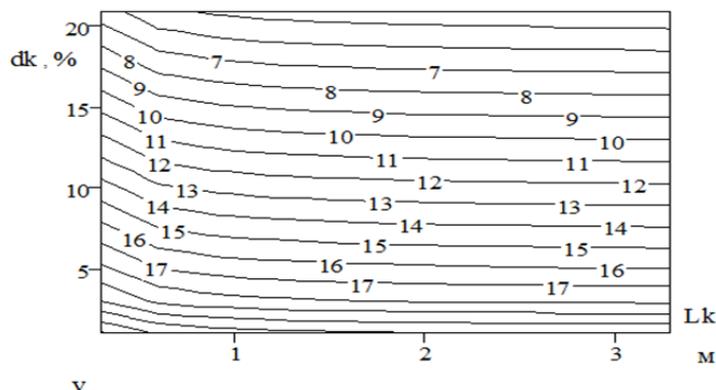


Рисунок 3 – Двумерные поверхности отклика неравномерности смеси в зависимости от длины зоны смешения L_к (м) и доли контрольного компонента d_к (%)

В результате графического анализа установили (рисунки 2, 3):

- зоотехнические требования на качество смеси (равномерность смеси $\Theta=100-v \geq 90\%$) соблюдаются при доле контрольного компонента не менее 14%;

- оптимальная производительность смесителя-конвейера 3,5 т/ч;

- с увеличением длины конвейера улучшается качество смеси. Однако, существенное улучшение качества смеси наблюдается в первые 0,5...0,75 м длины конвейера.

Уравнение регрессии энергоёмкости смешивания (Дж/кг):

$$Y = 236,5577 + 166,444 \cdot 1/L_k + 177,6712 \cdot L_k - 558,636 \cdot Q + 3,740061 \cdot d_k - 45,8538 \cdot 1/L_k^2 - 40,6377 \cdot L_k^2 + 277,2512 \cdot Q^2 + 0,126055 \cdot d_k^2 - 7,41507 \cdot d_k \cdot Q. \quad (2)$$

Коэффициент корреляции $R=0,98993$; данные F-тест=0,973831.

Доля контрольного компонента практически не влияет на энергоёмкость. С ростом производительности энергоёмкость снижается. При увеличении длины зоны транспортировки с 1 до 2 м энергоёмкость выросла с 190 до 220 Дж/кг (на 13,6%). То есть, большая доля энергии тратится на разгон материала смеси в зоне загрузки.

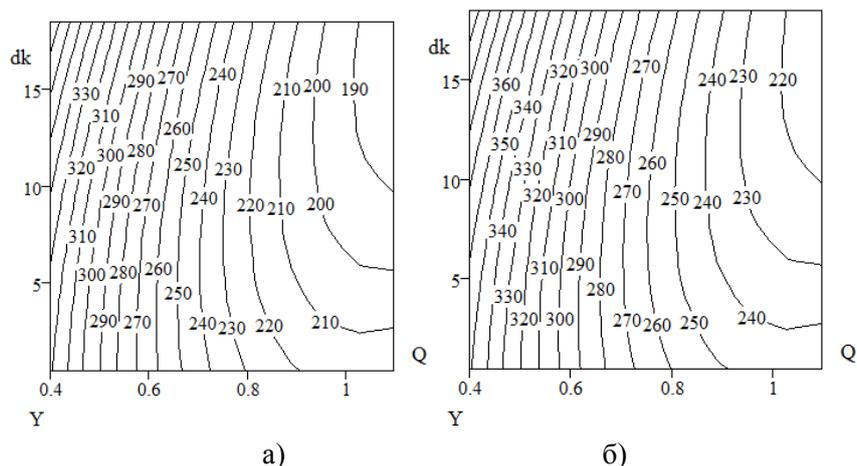


Рисунок 4 – Влияние контрольного компонента d_k (%) и производительности Q (т/ч) на энергоёмкость смесеобразования Y (Дж/кг) при длине участка транспортировки 1 м (а) и 2 м (б)

Уравнение регрессии энергоёмкости смешивания с учетом равномерности смеси (обобщенный показатель $Y_k = Y \cdot 100 / (100 - v)$):

$$Y_k = 348,1739 + 253,0372/L_k + 263,287 \cdot L_k - 893,059 \cdot Q - 0,80497 \cdot d_k - 39,0627 \cdot 1/L_k^2 - 45,3764 \cdot L_k^2 + 340,2805 \cdot Q^2 + 0,032935 \cdot d_k^2 - 4,90645 \cdot d_k \cdot Q. \quad (3)$$

Коэффициент корреляции $R=0,98150$; данные F-тест=0,951731.

Результирующие значения скорректированной энергоёмкости смесеобразования при длине участка транспортировки 1 и 2 м практически не различаются. Увеличение производительности уменьшает энергоёмкость.

На основании проведенных опытов были сделаны следующие выводы по смесителю-конвейеру (шаг прутка спирали 120 мм, диаметр прутка спирали 6,5 мм, частота вращения 340 мин⁻¹):

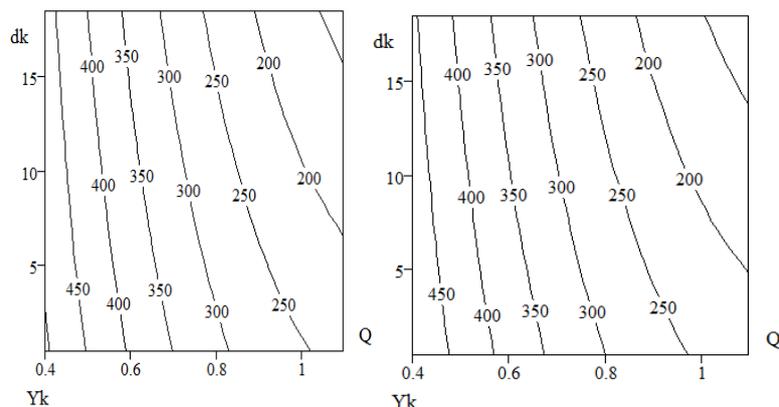


Рисунок 5 – Влияние контрольного компонента d_k (%) и производительности Q (т/ч) на скорректированную энергоёмкость смесеобразования Y_k (Дж/кг) при длине участка транспортировки 1 м (а) и 2 м (б)

- Оптимальная производительность смесителя-конвейера 3,5 т/ч;
- Рациональна длина смесителя-конвейера не менее 1 метра;
- Энергоёмкость смесеобразования составляет около 220 Дж/кг;
- Смеситель работоспособен в случае приготовления комбикормов на основе дерти фуражного зерна и БВД, при доле добавок не менее 14%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов, С.В. Определение пропускной способности зоны загрузки пресс экструдера / С.В. Денисов, В.В. Новиков, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 12. – С. 73-76.
2. Коновалов, В.В. Механизация технологических процессов животноводства / В.В. Коновалов, С.И. Щербаков, В.Ф. Дмитриев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – 274 с.
3. Курочкин, А.А. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств А.А. Курочкин, В.М. Зимняков. – Москва, 2006.
4. Кухарев, О.Н. Барабанный дражировщик семян / О.Н. Кухарев, И.Н. Семов, А.М. Чирков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 9. – С. 7.
5. Кухарев, О.Н. Результаты исследования барабанного дражировщика / О.Н. Кухарев, И.Н. Семов, А.М. Чирков // Нива Поволжья. – 2010. – № 1. – С. 54-57.
6. Новиков, В.В. Обоснование параметров лопастной мешалки / В.В. Новиков, С.П. Симченкова, В.И. Курдюмов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 2. – С. 104-108.
7. Петрова, С.С. Сравнительные исследования смесителя с круглыми и плоскими лопастями / С.С. Петрова, В.П. Терюшков, А.В. Чупшев, М.В. Коновалова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 3. – С. 121-124.
8. Терюшков, В.П. Определение энергоёмкости смесеобразования быстрходных смесителей / В.П. Терюшков, А.В. Чупшев, О.Н. Широкова,

- М.В. Коновалова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 3. – С. 76-81.*
9. *Фомин, А.С. Спирально-винтовой смеситель-конвейер / А.С. Фомин, В.В. Коновалов, А.В. Чушиев, В.П. Терюшков // Сельский механизатор. – 2012. – № 7. – С. 7.*
10. *Фомин, А.С. Качество кормосмеси приготовленной смесителем-конвейером // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. – Том 10. – № 2. – 2013. – С. 60-63.*

УДК 631.363.7

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
СМЕСИТЕЛЯ С ЛОПАСТНО-ЛЕНТОЧНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ**

- © *В.П. Терюшков, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)*
- © *В.В. Коновалов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
- © *А.А. Власов, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (г. Пенза, Россия)*

**OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS MIXER PADDLE-
BELT WORKING BODIES**

- © *V.P. Teryushkov, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)*
- © *V.V. Konovalov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *A.A. Vlasov, VPO "Penza State University of Architecture and Construction"(Penza, Russia)*

В статье дается описание смесителя непрерывного действия с комбинированным рабочим органом. Представлены результаты экспериментальных исследований смесителя по определению неравномерности смеси и энергоемкости перемешивания. Обоснованы технологические параметры смесителя его зоны работоспособности: производительность – 8 т/ч при доле контрольного компонентов не менее 9,5%.

Ключевые слова: смешивание, коэффициент вариации, неравномерность смеси, смеситель, мешалка, энергоемкость перемешивания, мощность привода смесителя.

Describes the continuous mixer with combined ethyl working body. The results of experimental studies to determine the mixer uneven mixture and energy mixing. Justified its technological options mixer zone efficiency: efficiency - 8 t / h with a share of control components not less than 9.5%.

Key words: mixing, coefficient of variation, uneven completely mix, mixer, mixer, mixing energy consumption, drive power mixer.

E-mail: tvp141@mail.ru; zenit11-91@mail.ru; konovalov-penza@rambler.ru; vlasov_a71@mail.ru

Одним из высокоэффективных видов кормовых смесей являются комбикорма. С целью повышения экономической эффективности использования комбикормов и снижения их стоимости, хозяйства стремятся использовать собственный фураж и покупные БВД, обладающие в составе комбикорма 10-20% массы [1,7]. К сожалению, далеко не все смесители способны приготавливать смеси надлежащего качества. Вторым недостатком

смесителей является высокая энергоемкость смесеобразования. Существует большое разнообразие указанных устройств, но далеко не все из них способны приготавливать качественную смесь в конкретных технологических условиях и определенной рецептуры [1-5].

Целью исследований является снижение энергоемкости приготовления смеси концентрированных кормов (комбикормов-концентратов) при соблюдении зоотехнических требований на качество смеси.

Задачи исследований:

1. Установление функциональной зависимости между технологическими параметрами смесеобразования и показателями технологического процесса смесителя.

2. Выявление оптимальных либо рациональных значений технологических параметров смесителя, обеспечивающих соблюдение зоотехнических требований на качество смеси и минимальную энергоемкость смесеобразования.

Для обеспечения рецептуры комбикормов компоненты данных смесей подлежат дозированию и последующему смешиванию. Под смешиванием понимают процесс равномерного распределения частиц компонентов конкретного корма в общем объеме, в результате чего получают однородную кормовую смесь [1].

Равномерность смеси определяют:

$$V_p = (100 - v). \quad (1)$$

В качестве показателя неравномерности смешивания используют коэффициент вариации v , %, фактического распределения контрольного компонента в пробах [1]

$$v = 100 \cdot S / \bar{X}, \quad (2)$$

где S – эмпирическое (опытное) среднеквадратическое отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{пi} - \bar{X})^2}{N - 1}}; \quad (3)$$

\bar{X} – среднеарифметическое значение контрольного компонента во всех взятых пробах, г; N – общее количество проб, 15...20 шт.

Чем меньше значение коэффициента вариации v , тем качественнее распределены компоненты в смеси.

Использование непрерывной схемы приготовления смесей (непрерывное дозирование компонентов и одновременное непрерывное их смешение) позволяет по сравнению с порционным действием снизить энергоемкость смешения, однако соблюдение рецептуры в данном случае сложнее из-за недостаточно точной настройки дозаторов [1...6].

Для смешивания сухих кормов наиболее эффективны смесители с лопастными рабочими органами [2, 5, 6]. В Пензенской ГСХА разработан смеситель сухих концентрированных кормов непрерывного действия (рисунок 1). Из исследований [8, 9] известен ряд оптимальных параметров данного смесителя.

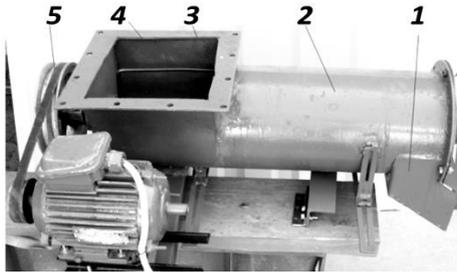


Рисунок 1 – Смеситель с комбинированным рабочим органом:
 1 – выгрузной лоток; 2- кожух; 3 – загрузная воронка; 4 – рабочий орган;
 5 – привод

Смеситель представляет собой горизонтальный кожух 2 с загрузной воронкой 3 и выгрузным лотком 1. Внутри кожуха установлен горизонтальный вал с приводом 5 от электродвигателя через клиноременную передачу. На валу установлен комбинированный рабочий орган 4, который состоит из прутковой П-образной лопастной мешалки, расположенной в районе загрузной воронки 3, и двухзаходного спирально-винтового пруткового конвейера, размещенного в районе цилиндрической части кожуха 2. Компоненты смеси, загружаемые непрерывным потоком в смеситель через загрузную воронку 3, активно перемешиваются внутри кожуха 2 прутковыми лопастями П-образной мешалки в зоне загрузного отверстия. По мере увеличения высоты слоя материала в смесителе в районе загрузной воронки 3, часть материала ссыпается под собственным весом и воздействием лопастной мешалки на спирально-винтовой прутковый конвейер. Конвейер транспортирует материал вдоль кожуха к выгрузному лотку 1 и дополнительно перемешивает его.

Интервалы варьирования факторов соответствовали: доля контрольного компонента от 1,5% до 12%, производительность – от 1,5 до 23,5 кг/с. При этом, использовались ранее оптимизированные конструктивные параметры смесителя: количество лопастей мешалки – 6 шт.; частота вращения вала – 320 мин⁻¹. Методика опытов предусматривала в качестве контрольного компонента зерна ячменя. Наполнитель: дерти ячменная и пшеничная в пропорции (1:1), насыпной плотностью 710 кг/м³. Количество проб для определения качества смеси – 20 шт. Масса пробы – 100 г.

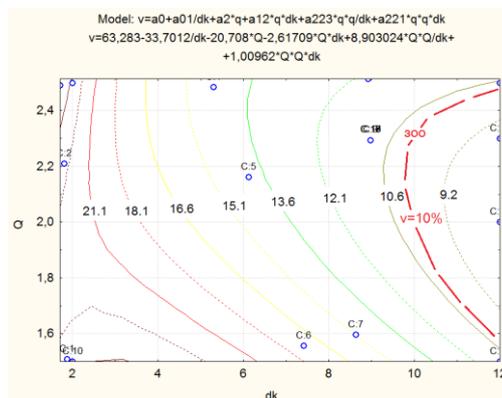


Рисунок 2 – Влияние доли контрольного компонента d_k (%) и производительности смесителя Q (кг/с) на неравномерность смеси v , %

В результате обработки результатов экспериментов, получено выражение неравномерности смеси (коэффициента вариации содержания контрольного компонента в пробах, рис.2), %:

$$v=63,28335-33,7012 \cdot d_k-20,70799 \cdot Q-2,617092 \cdot Q \cdot d_k+8,903025 \cdot Q^2/d_k+1,009618 \cdot Q^2 \cdot d_k, \quad (4)$$

где d_k – доля контрольного компонента, %; Q – производительность смесителя, кг/с.

Коэффициент корреляции $R=0,93621$. Данные F-тест = 0,91789.

С увеличением доли контрольного компонента неравномерность смеси понижается, т.е. качество смеси улучшается. При доле контрольного компонента в составе смеси более 9,5% коэффициент вариации менее 10%, что соответствует зоотехническим требованиям на качество смеси. Лучшие значения показателей соответствуют производительности 2,2 кг/с.

В результате расчета и обработки полученных данных получено выражение, описывающее энергоёмкость смесеобразования (рис.3), Дж/кг:

$$Y=674,5031-0,982715 \cdot Q \cdot d_k-287,966 \cdot Q+49,57906 \cdot Q^2. \quad (6)$$

Коэффициент корреляции $R=0,99243$. Данные F-тест = 0,982308.

С ростом производительности энергоёмкость смешения возрастает по зависимости близкой к линейной. Это связано с ростом мощности на привод смесителя. Самая высокая энергоёмкость наблюдается при малой производительности смесителя – 1,5 кг/с. Доля контрольного компонента в составе смеси существенного влияния на энергоёмкость не оказывает. Видимо влияет лишь изменение плотности смеси при смене доли контрольного компонента. Параметры, обеспечивающие зоотехнические требования (2,2 кг/с) соответствуют энергоёмкости смешения около 300 Дж/кг.

Таким образом, для предложенного смесителя с количеством П-образных лопастей мешалки равного шести и при частоте ее вращения 320 мин⁻¹ оптимальна производительность смесителя около 8 т/ч. Смеситель работоспособен при доле контрольного компонента не менее 9,5 %.

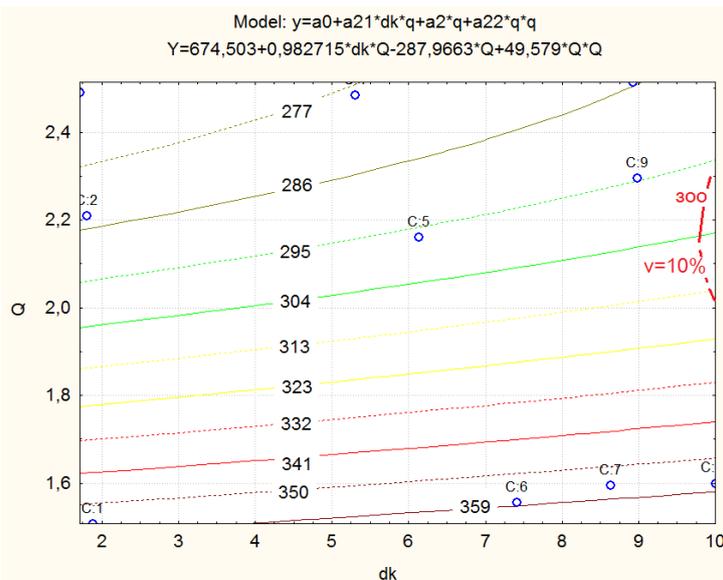


Рисунок 3 – Влияние доли контрольного компонента d_k (%) и производительности смесителя Q (кг/с) на энергоёмкость смешивания Y , Дж/кг

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коновалов, В.В. *Механизация технологических процессов животноводства / В.В. Коновалов, С.И. Щербаков, В.Ф. Дмитриев – Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – 274 с.*
2. Коновалов, В.В. *Оптимизация параметров смесителя по минимуму энергоёмкости перемешивания./ В.В. Коновалов, А.В. Чупишев, С.С. Петрова. // Известия Самарской ГСХА. – 2009. – №3 – С.72-76.*
3. Кухарев, О.Н. *Результаты исследований барабанного дражжиратора / О.Н. Кухарев, И.Н. Сёмов, А.М. Чирков // Нива Поволжья . – 2010. – №1 – С. 54-57.*
4. Мишин, К.М. *Устройство для внесения жира в концентрированные корма / К.М. Мишин, В.В. Коновалов, А.А. Курочкин // Техника в сельском хозяйстве. – 2004. – №2. – С. 9-10.*
5. Новиков, В.В. *Обоснование параметров лопастной мешалки / В.В. Новиков, С.П. Симченкова, В.И. Курдюмов // Вестник Ульяновской ГСХА, 2011. – №2. – С. 104-108.*
6. Петрова, С.С. *Сравнительные исследования смесителя с круглыми и плоскими лопастями / С.С. Петрова, В.П. Терюшков, А.В. Чупишев, М.В. Коновалова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. - 2011. - № 3. - С. 121-124.*
7. Сыроватка, В.И. *Новые технические решения приготовления комбикормов в хозяйствах./ В.И. Сыроватка, Н.В. Обухова, А.С. Комарчук // Кормопроизводство. – 2010. – № 7. – С. 42-45.*
8. Терюшков, В.П. *К вопросу влияния высоты слоя корма и диаметра лопасти на перемещение материала/ В.П. Терюшков, А.В. Чупишев, В.В. Коновалов / Повышение эффективности использования ресурсов при производстве с/х продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. Сборник науч. докл XVI Международной науч. практ. конференции – Тамбов: изд. Першина РВ, 2011. – С. 64-67.*
9. Терюшков, В.П. *Определение рациональных параметров смесителя концентратов / В.П. Терюшков, В.В. Коновалов / Повышение эффективности использования ресурсов при производстве с/х продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. Сборник науч. докл XVII Международной науч. практ. конференции – Тамбов: изд. Першина РВ, 2013. – С.71-77.*

УДК 664.66

ПОВЫШЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ МЕЛКОШТУЧНЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ УЧАЩЕЙСЯ МОЛОДЕЖИ

© **З.А. Бочкарева**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

INCREASE OF FOOD VALUE SMALL-PIECES BAKERY PRODUCTS FOR NUTRITION OF YOUNG STUDENTS

© **Z.A. Bochkareva**, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Рассмотрена возможность использования льняной муки и экструдата пшеничных отрубей при производстве хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки для

лучшего удовлетворения физиологических потребностей учащейся молодежи в дефицитных пищевых веществах. Были проведены исследования функционально-технологических, физико-химических показателей разработанных ржано-пшеничных изделий с содержанием льняной муки и экструдата пшеничных отрубей. Внесение в хлебобулочное изделие из ржано-пшеничной муки функциональных добавок не ухудшает функционально-технологические показатели готового изделия, повышает их пищевую ценность.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, льняная мука, экструдат пшеничных отрубей

The possibility of using flax meal and extruded wheat bran in bakery products from a mixture of rye and wheat flour to better meet the physiological needs of students deficient in nutrients is studied. Studies were carried out of functional and technological, physical and chemical indicators developed rye-wheat products with content flax meal and extruded wheat bran. Adding to the bakery product of rye-wheat flour functional additives does not impair the functional and technological performance of the finished product, increases their nutritional value.

Key words: bakery products, flax meal, extruded wheat bran

В связи с особенностями современной деятельности - нарушениями экологической обстановки, снижением физической активности, наличием вредных привычек, нерациональным питанием, снижается сопротивляемость организма вредным факторам не только у людей среднего и пожилого возраста, но и у молодежи, особенно у студентов.

Обследование рациона питания различных групп населения России, в том числе учащейся молодежи, свидетельствует о наличии дефицитов важнейших пищевых веществ (белков, пищевых волокон, макро- и микронутриентов), приводящих к возникновению различных патологий. Для улучшения состояния здоровья современных студентов необходимо уделять большее внимание удовлетворению физиологических потребностей организма учащейся молодежи в пищевых веществах, являющихся дефицитными. Для коррекции питания в настоящее время широко используются продукты, имеющие функциональное назначение [1].

Разработка изделий, обладающих функциональной направленностью, в том числе для студентов, соответствует приоритетным целям и задачам государственной политики в области здорового питания населения России.

Зерновое сырье является ценным источником питательных веществ, поэтому его целесообразно использовать для производства продуктов функционального питания.

Хлебные изделия являются одними из основных продуктов питания человека. В России хлеб потребляют традиционно много - в среднем до 330 г в сутки. В хлебе содержатся многие важнейшие пищевые вещества, необходимые человеку: среди них белки, углеводы, витамины, минеральные вещества, пищевые волокна.

За счет потребления хлеба человек почти наполовину удовлетворяет свою потребность в углеводах, на треть - в белках, более чем наполовину - в витаминах группы В, солях фосфора и железа.

Из широкого спектра зернового сырья, выращиваемого в России, пшеничные отруби и семя льна являются доступными источниками растительного белка, углеводов, витаминов и минеральных веществ.

Уникальный биохимический состав льняного семени делает его ценным компонентом функциональных продуктов и пищевых добавок. В нашей стране в последнее десятилетие возрос интерес к семенам льна и льняной муке.

Льняная мука богата диетической клетчаткой (до 30%), полиненасыщенными жирными кислотами (Омега-3 и Омега-6), растительным

белком (до 50%), витаминами В₁, В₂, В₆, фолиевой кислотой, антиоксидантами (лигнаны), а также необходимыми для здоровья минеральными веществами (калием, кальцием, магнием, цинком и др.). Нужно отметить высокую пищевую и биологическую ценность льняного белка, который, по сбалансированности аминокислотного состава, превосходит белок многих зерновых и бобовых культур. Уникальный биохимический состав льняного семени делает его ценным компонентом функциональных продуктов и пищевых добавок [2,3].

Льняную муку рекомендуется применять при выпечке изделий из дрожжевого и пресного теста, заменяя пшеничную муку льняной на 10-20 % (оладьи, блины, булочки, кондитерские изделия и т.д.). Выпечка с добавлением льняной муки приобретает приятный коричневатый оттенок, имеет неповторимый вкус и аромат. Как следует из анализа научных источников, содержание льняной муки 5-15 % относительно хлебопекарной не портит структуру и органолептические показатели изделий. Также разработаны рецептуры, содержащие до 60 % льняной муки [2,3].

Льняная мука обладает влагопоглощающими свойствами, что объясняет ее способность увеличивать срок свежести продуктов [3].

Пшеничные отруби являются наиболее доступными источниками пищевых волокон и поэтому в настоящее время им придается большое значение как самостоятельному продукту питания, так и в виде функциональных добавок в различные продукты питания. Экструзионные отруби представляют собой порошок коричнево-серого цвета, свойственный отрубям пшеничным, с гранулами 2-5мм. Результаты опытов по определению химического состава экструдированных отрубей показали, что содержание влаги находится в пределах 9%, белка – 15%, клетчатки – 30%, золы – 6% [4].

По результатам исследований экструдат пшеничных отрубей является источником природных пищевых волокон и растительных белков, отруби отличаются благоприятным минеральным составом: высокими массовыми долями таких жизненно важных макро- и микроэлементов, как калий, кальций, фосфор, железо, цинк. Кроме того, экструзионная обработка пшеничных отрубей способствует повышению микробиологической безопасности и увеличивает возможности получения пищевых продуктов, приготовленных с добавлением экструдата пшеничных отрубей [5].

Целью работы является совершенствование технологии изделий на зерновой основе для функционального питания учащейся молодежи.

В состав разрабатываемых изделий входят обойная ржаная и пшеничная мука 1 сорта и функциональные добавки: экструдат пшеничных отрубей и льняная мука.

Обойная мука состоит из тех же тканей, что и зерно ржи (с несколько меньшим количеством плодовых оболочек и зародыша) и содержит наряду с измельченным эндоспермом 20-25% измельченных оболочек и алейронового слоя. Мука богата водорастворимыми веществами, сахаром, содержит 12-14% белка, 60-64% крахмала, клетчатки - 2-2,5%, зольность - 1,8-1,9%.

В хлебе из муки обойной ржаной и пшеничной и пшеничной 1-го сорта соотношение между энергетической ценностью и содержанием минеральных веществ, белков и углеводов близко к физиологической норме.

В ходе работы было разработано и отработано несколько вариантов рецептур на ржано-пшеничные мелкоштучные хлебобулочные изделия приготовленных безопасным способом. Были разработаны рецептуры с различным содержанием добавок:

- 3% льняной муки и 3% экструдата пшеничных отрубей;
- 3% льняной муки и 5% экструдата пшеничных отрубей;
- 5% льняной муки и 10% экструдата пшеничных отрубей;
- 10% льняной муки и 10% экструдата пшеничных отрубей;
- 10% льняной муки и 15% экструдата пшеничных отрубей.

В итоге для разработки функциональных изделий были отобраны образцы с содержанием 5 % льняной муки и 10% экструдата отрубей и 10% льняной муки и 10% экструдата пшеничных отрубей.

Для определения качественного и количественного состава продукта были использованы общепринятые физико-химические методы анализа, отраженные в протоколах лабораторных исследований, выданных ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области».

Рецептура контрольного образца и рецептуры с внесением в них функциональных добавок в процентном соотношении 5/10 и 10/10 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептуры ржано-пшеничных изделий

Наименование сырья	Расход сырья на 1 кг муки, г		
	контрольный	5/10	10/10
	В натуре	В натуре	В натуре
Мука пшеничная высшего сорта	228	265	286
Мука ржаная обойная	342	235	171
Мука льняная	-	29	57
Экструдат пшеничных отрубей	-	59	57
Дрожжи	14	15	9
Соль	9	12	11
Сахар-песок	7	9	9
Вода	400	376	400
Закваска «Фигаро»	7	7	7
Выход	1000	1000	1000

Результаты исследований органолептических показателей указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические показатели ржано-пшеничных мелкоштучных хлебобулочных изделий с функциональными добавками

Показатели	Хлебобулочное изделие		
	Без экструдата отрубей и льняной муки (контрольный)	с льняной мукой и экструдатом пшеничных отрубей	
		5/10%	10/10%
Форма	Овальная без боковых выплывов, не мятая, без притисков	Продолговато-овальная, без боковых выплывов, не мятая, без притисков	Слегка расплывчатая, без подъема
Поверхность	Поверхность ровная, основа не подгорелая	Поверхность ровная, без трещин и подрывов, основа не подгорелая	
Цвет	Коричневый, равномерный		

Запах	Свойственные данному изделию, без постороннего запаха	Свойственный изделию конкретного наименования, без посторонних запахов	
Вкус	Свойственные данному изделию, без постороннего привкуса, слегка кисловатый	Приятный, с легко выраженным ароматом добавок, без постороннего привкуса	Более пресный, выражен вкус льняной муки
Вид в изломе	Мякиш пропеченный, эластичный, пористость равномерная	Мякиш пропеченный, эластичный, без следов непромеса, пористость равномерная	Мякиш влажный, слегка уплотненный, пористость неравномерная

По данным таблицы 2 видно, что с внесением в хлебобулочные изделия льняной муки и экструдата отрубей в процентном соотношении 5/10 явных изменений ухудшающих внешние качества: форму, поверхность, цвет, вид в изломе не выявлено. Изделие имеет правильную форму, без трещин, притисков и иных дефектов. Если рассмотреть внесение функциональных добавок в варианте с соотношением 10/10, то можно отметить, что изделие имеет форму более расплывчатую, мякиш влажноватый, пористость неравномерная. Снижение значения пористости и удельного объема, отмечающееся при увеличении дозировки льняной муки и экструдата, связано с увеличением содержания частиц оболочек семян льна и отрубей, уменьшением содержания клейковины.

Влияние льняной муки и экструдата на вкус следующее: по сравнению с контрольным образцом, внесение добавок в количестве 5/10% придало своеобразный приятный привкус и аромат льняной муки и экструдата, в контрольном же варианте присутствует кисловатый привкус, который определяется большим преобладанием ржаной муки. Добавление же функциональных ингредиентов 10/10 %, придало более выраженный аромат добавок и пресный привкус изделиям.

Показатели ржано-пшеничного хлебобулочного изделия с функциональными добавками указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Функционально-технологические и физико-химические показатели мелкоштучных хлебобулочных изделий с функциональными добавками

Показатели	Хлебобулочные изделия		
	Без экструдата отрубей и льняной муки (контроль)	с экструдатом отрубей и льняной мукой	
		5 /10%	10/10%
Влажность, %	42,5	42,0	41,6
Пористость, %	62,0	58,8	54,1
Кислотность, град	6,0	3,0	4,0
Удельный объем, см ³ /г	2,4	2,4	2,2

Из данных таблицы 3 следует, что с увеличением количества функциональных добавок уменьшается массовая доля влаги по сравнению с контрольным вариантом на 1,2% и 2,1% соответственно, так же происходит уменьшение пористости изделия на 5% и 12,7%. Уменьшился и такой

показатель как кислотность на 50% и 33,3% соответственно, что дает более приятный вкус готовому изделию. Из вышеизложенного можно сделать вывод, что внесение в хлебобулочное изделие из ржано-пшеничной муки функциональных добавок не ухудшает функционально-технологические и физико-химические показатели готового изделия.

Пищевая и энергетическая ценность ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с функциональными добавками указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Пищевая и энергетическая ценность булочек ржано-пшеничных с функциональными добавками

Образцы хлебобулочного изделия	Содержание в 100г продукта, г			
	Белки	Жиры	Углеводы	Энергетическая ценность, ккал
контрольный	4,9	0,7	14,4	127,5
5/10%	5,9	1,0	24,4	130,2
10/10%	6,2	1,1	23,0	130,3

Сравнительный анализ пищевой ценности показал, что содержание белков увеличивается по сравнению с контролем соответственно на 20% и 26%, жиров на 43% и 57%, углеводов на 69 и 60% соответственно. Энергетическая ценность изделий возросла на 2,1 и 2,2 %.

Расчетное содержание аминокислот ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с функциональными добавками показано в таблице 5.

Таблица 5 – Содержание аминокислот ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с функциональными добавками

Образцы хлебобулочного изделия	Содержание в 100г продукта, г							
	Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Треонин	Триптофан	Фенилаланин
контрольный	0,5	0,4	0,73	0,31	0,15	0,31	0,12	0,56
5/10%	0,95	0,81	1,18	0,74	0,33	0,71	0,29	1,14
10/10%	1,04	0,8	1,3	0,87	0,33	0,78	0,33	1,33

Проанализировав содержание незаменимых аминокислот, можно отметить увеличение их содержания по сравнению с контрольным образцом. Содержание валина возросло на 90% и 108%, изолейцина на 102% и 100%, содержание лейцина увеличилось на 61% и 78% соответственно, лизина на 138% и 180%, метионина на 120% , треонина на 129% и 151%, триптофана на 141% и 175 %, фенилаланина на 103% и 137 % соответственно.

Содержание минеральных веществ ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с функциональными добавками указано в таблице 6.

Таблица 6 – Содержание минеральных веществ ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с функциональными добавками

Образцы хлебобулочного изделия	Содержание в 100г продукта, мг					
	натрий	калий	кальций	магний	фосфор	железо
контрольный	4,26	133,8	19,2	26,6	88,5	1,4
5/10%	6,01	180,2	27,5	64,9	127,8	1,9
10/10%	6,2	187,4	49,7	73,6	126,6	1,8

Из данных таблицы 6 видно, что содержание минеральных веществ в образцах 1 и 2 увеличивается: содержание натрия увеличилось по сравнению с контрольным образцом на 41% и 45,5% соответственно, калия на 34,67% и 40,05%, кальция на 43 % и 55%, магния на 143% и 175%, фосфора на 44% и 43,05%, железа на 35% и 28,5%.

Проанализировав табличные данные содержания минеральных веществ, можно сделать вывод, что внесение функциональных добавок в разы увеличивает содержание минеральных веществ, что благоприятно влияет на организм человека в целом.

Содержание токсичных элементов в ржано-пшеничных мелкоштучных изделиях с функциональными добавками соответствует требованиям СанПин 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

Таким образом, проведенные исследования показывают целесообразность использования льняной муки из семян льна и экструдата пшеничных отрубей для расширения ассортимента ржано-пшеничных хлебобулочных изделий, повышения пищевой ценности продуктов питания для учащейся молодежи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакуменко О. Е. Разработка технологии продуктов функционального питания на зерновой основе для учащейся молодежи: Дис.... канд. техн. наук: 05.18.01: Москва, 2004. 237 с.
2. Пащенко Л.П. Характеристика семян льна и их применение в производстве продуктов питания/ Л.П. Пащенко, А.С. Прохорова, Л.Ю. Кобцева, И.А. Никитин // Хранение и переработка сельхоз. сырья. 2004. –№7. – С.56-57.
3. Конева С. И. Продукты переработки семян льна и их использование при приготовлении хлебобулочных изделий / Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: Сборник статей и докладов 13 научно-практической конференции. – Барнаул: АлтГТУ, 2010. – С. 35-39.
4. Шленская Т.В., Бочкарева З.А. Использование продукта экструзионной обработки пшеничных отрубей при производстве мясных рубленых изделий // Пищевая промышленность. 2006. – № 6. – С. 64 – 65.
5. Шленская Т.В., Бочкарева З.А., Шленская Н.М., Радченко В.П. Экструдат пшеничных отрубей в производстве кексов // Кондитерское производство. 2009. – № 6. – С. 10 –11.

УДК 536.2

**ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИК ИЗЛУЧЕНИЯ
И КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СУШИЛЬНО-
ПЕКАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

© *Г.Д. Лузгин Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

© *Г.В. Авроров, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

© *Д.А. Мартяшина, Пензенский государственный технологический
университет (г. Пенза, Россия)*

**CHOOSING EFFICIENT SOURCES OF INFRARED RADIATION
AND ENGINEERING MATERIAL FOR DRYING-BAKING EQUIPMENT**

© *G.D. Lusgin, Penza State Technology University (Penza, Russia)*

© *G.V. Avrorov, Penza State Technology University (Penza, Russia)*

© *D.A. Martyashina, Penza State Technology University (Penza, Russia)*

В статье приведены результаты исследований по выбору источников излучения и марок конструкционных материалов для сушильно-пекарного оборудования пищевых производств

Ключевые слова: инфракрасное излучение, источники излучения. Конструкционные материалы

The article analyses the research results of choosing radiation sources and engineering materials grades for drying-baking equipment for food production.

Key words: infrared radiation, radiation sources, engineering materials

Одним из важных направлений развития современных технологий является производство новых видов продуктов питания с заданными функциональными или лечебно-профилактическими свойствами. Среди всего ассортимента продуктов питания особую роль играют хлебобулочные и мучные кондитерские изделия [1]. Выработка этих продуктов относится к энергоемким процессам, причем это касается не только тепловых процессов конечной стадии – расстойки теста и выпечки, но также и процессов сушки пищевого сырья.

Сушка является одним из способов консервирования и одной из основных операций подготовки зернового сырья к помолу, а процесс выпечки – заключительной операцией получения готовых хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Эти тепломассообменные процессы определяют не только качество продукции, но и возможность дальнейшей автоматизации особенно при использовании новых экономичных способов энергоподвода. Одним из таких способов энергоподвода является использование направленного инфракрасного (ИК) излучения, которое в отличие от других способов позволяет интенсифицировать тепломассообменные процессы, расширить возможности теплового воздействия и в некоторых случаях обеспечить его универсальность [2].

В отечественной промышленности тепловое сушильное и пекарное оборудование с фокусировано-направленным ИК-излучением практически отсутствует.

Создание современного энергосберегающего теплового оборудования требует проведения теоретических и экспериментальных исследований тепловых и массообменных процессов, проходящих в рабочих зонах установок при направленном ИК излучении, что позволит на основе полученных моделей и выявленных закономерностей разработать методику расчета параметров и создать рациональные варианты компоновок данного оборудования в модульном исполнении. Поэтому совершенствование процессов сушки растительного сырья с помощью направленного ИК энергоподвода и разработка рациональных компоновок ИК оборудования в модульном исполнении является сегодня актуальной задачей.

Ниже приведены результаты проведенных нами экспериментальных исследований по выбору ИК-нагревателей и конструкционных материалов, наиболее эффективных с позиций энергии излучения, отражения и поглощения тепловой энергии

Цель этих исследований заключалась в том, чтобы с помощью специально созданной макетной установки, содержащей ИК излучатель (зеркальную лампу накаливания ИКЗ) и измерительную аппаратуру, определить экспериментальную зависимость температуры испытываемых образцов от времени экспозиции, провести выбор материала, охарактеризовать его поглощательную способность, установить вольтамперную характеристику, а также зависимость изменения мощности излучения от величины подаваемого напряжения.

Для экспериментов были выбраны следующие конструкционные листовые материалы:

- сталь 10кп ГОСТ 1050-88, толщиной 1, 2 и 3 мм;
- сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72, толщиной 1, 2 и 3 мм;
- медь М4 ГОСТ 859-2001, толщиной 1, 2 и 3 мм;
- латунь Л59 ГОСТ 15527-70, толщиной 1, 2 и 3 мм;
- чугун СЧ15 ГОСТ 1412-85, толщиной 5, 10 и 15 мм;
- дюралюминий Д16 ГОСТ 4784-97, толщиной 2, 4 и 6 мм;
- сплав АМг3 ГОСТ 4784-97, толщиной 3, 6 и 9 мм.

Явление электромагнитного излучения и перенос им энергии в конкретном направлении в соответствии с законом Ламберта непосредственно зависит от телесного угла в этом направлении. В случае отражателя, окружающего точечный источник (раскаленная спираль электролампы), когда последний расположен в фокусе отражателя, до 90% энергии излучения распространяется в одном направлении вдоль оси отражателя. Однако предварительно проведенные измерения показывают, что максимальный угол конуса излучения испытываемых ИК излучателей составляет 100° . Диаметр по результатам измерения светового пятна, которое создает ИК излучатель на плоской поверхности при Δ_{PI} от 5 до 15 мм, составляет в среднем 200 мм. Этот диаметр принят в качестве основного размера испытываемых моделей (единичных пластин ЕП), изготовленных из указанных выше материалов.

При создании макетной установки учитывали следующие требования, необходимые для проведения экспериментальных исследований:

- возможность замены ИК излучателей;
- возможность установки и смены дисков диаметром 200 мм (ЕП);
- возможность выставки геометрической ось излучателя (электролампы) перпендикулярно плоскости ЕП;

- возможность при измерении температуры нагрева ЕП установки зазоров между излучателем и ЕП 5; 10 и 15 мм.

Нагрев образца осуществлялся с внутренней стороны пластины, а измерения температуры – с наружной.

Созданная с учетом этих требований макетная установка, позволяющая получить тепловые характеристики образцов в зависимости от их материала, показана на рис. 1- 6.

Климатические условия поддерживались кондиционерами в режимах “температура-влажность” в соответствии с ГОСТ 10681-95: относительная влажность воздуха: $65 \pm 2\%$; температура окружающего воздуха: 20 ± 2 °С. Условия энергопитания лабораторной установки: от промышленной сети 220 В, 50 Гц к цепи питания ИК излучателя через ЛАТР с обязательным измерением питающего лампы напряжения.



Рисунок 1 – Установка с выключенным электропитанием



Рисунок 2 – Установка с включенным ИК излучателем



Рисунок 3 – Общий вид излучателей направленного ИК излучения -
электrolампы: 250 / IR/ R / E27; ИКЗК-250; ИКЗ-250М; ИКЗ-250
(слева направо)



Рисунок 4 – Варианты испытываемых образцов из разных конструкционных
материалов



Рисунок 5 – Калиброванные по длине установочные трубки для обеспечения зазоров Δ_{PI} длиной: 25; 20; 15; 10; 5 мм



Рисунок 6 – Лабораторная установка в сборе

Применяемые измерительные приборы и оборудование:

- ЛАТР модели АОСН 8-220-82-УХЛ – установка питающего напряжения ИК излучателя 220 В. Используется для получения вольтамперной характеристики излучателя, а также для получения данных о расходе электроэнергии на нагрев ЕП.

- Цифровой мультиметр М890G служит для измерения температуры ЕП (плоскости, противоположной облучаемой);

- Цифровой мультиметр М838 служит для измерения электрического напряжения (U, В) в цепи питания ИК нагревателя (на выходе ЛАТРа);

- Цифровой мультиметр TR-1699/НМ служит для измерения фазного электрического тока в цепи питания ИК излучателя при изменениях питающего напряжения.

- Измерительный уровень фирмы «Staer-Master» (допустимая погрешность 0,057° или 1 мм/м) предназначен для точной горизонтальной установки ЕП перпендикулярно оси ИК излучателя.

Проведение экспериментов осуществлялось в следующей последовательности:

- Предварительный выбор подходящих для максимального нагрева электроламп осуществлялся измерениями максимальной температуры стекла колбы лампы, по центру колбы, напротив спирали. При одинаковой электрической мощности ИК излучателей и конструктивного их исполнения минимальную температуру нагрева стекла должны иметь лампы с более оптически прозрачным стеклом для ИК спектра.

- Выбор оптимального излучателя осуществлялся при нагреве ЕП из стали 10кп всеми поочередно излучателями при $\Delta_{PI} = 15$ мм в течение 15 мин.

- Выбор конструкционного материала (ОМ) осуществлялся при нагреве оптимальным ИК излучателем образцов при тех же условиях по величине максимальной температуры нагрева.

- Определение зависимости затрат электроэнергии на нагрев наиболее подходящего образца выбранным излучателем от электрической мощности осуществлялось нагревом образца из стали 12Х18Н10Т толщиной 3 мм при $\Delta_{PI} = 15$; 10 и 5 мм при изменении напряжения электропитания.

- Электрическое напряжение (U, В) изменялось с интервалом в 20 В, при этом одновременно измерялся фазный ток (I, А) и определялась электрическая мощность (W, Вт).

- Измерение осуществлялось в течение 30 мин., т. е. до установившейся температуры.

- Выбранный материал проверялся дополнительно на образцах с разной толщиной при использовании оптимального излучателя при зазоре $\Delta_{PI} = 15$ мм.

Результаты измерений температуры стекла колбы электроламп напротив спирали приведены в табл.1. Измерения проводились в течение 15 минут при напряжении питания 220В.

Таблица 1 – Температуры стеклянной колбы по ее центру напротив спирали

Время нагрева, τ , мин	Температура стекла колбы лампы напротив спирали, t °С					
	t_{GE} , °С	$t_{кп}$, °С	$t_{лп}$, °С	$t_{кк}$, °С	$t_{лк}$, °С	$t_{км}$, °С
0	20	20	20	20	20	20
2,0	178	174	143	201	144	214
4,0	233	212	197	251	188	246
6,0	248	227	215	265	204	250
8,0	251	230	225	7,5	249	229
10,0	256	230	228	267	219	250
12,0	253	233	230	270	220	251
14,0	256	231	230	270	219	250
15,0	255	232	230	270	220	250

Здесь:

t_{GE} - электролампа 250R/IR/R/E27 (красное стекло) “General Electric”;

$t_{кп}$ - электролампа ИКЗ-250 (прозрачное стекло) г. Калашников;

$t_{лп}$ - электролампа ИКЗ-250 (прозрачное стекло) «ЛИСМА»;
 $t_{кк}$ - электролампа ИКЗК-250 (красное стекло) г. Калашников;
 $t_{лк}$ - электролампа ИКЗК-250 (красное стекло) «ЛИСМА»;
 $t_{км}$ - электролампа ИКЗ-250 матовая (матированное стекло) г.

Калашников.

Из табл.1 можно видеть, что более эффективными ИК излучателями являются электролампы: ИКЗ-250 (прозрачное стекло «ЛИСМА»); ИКЗ-250 (матированное стекло, г. Калашников) и ИКЗК-250 (красное стекло, «ЛИСМА»). Температуры стекла колб этих ламп, напротив спирали, снаружи – минимальны и выделены в таблице в строке температур после 15 минутного нагрева.

Экспериментальные кривые температуры единичной пластинки из стали 10 кп при нагреве различными видами ламп в зависимости от времени нагрева приведены на рис. 7

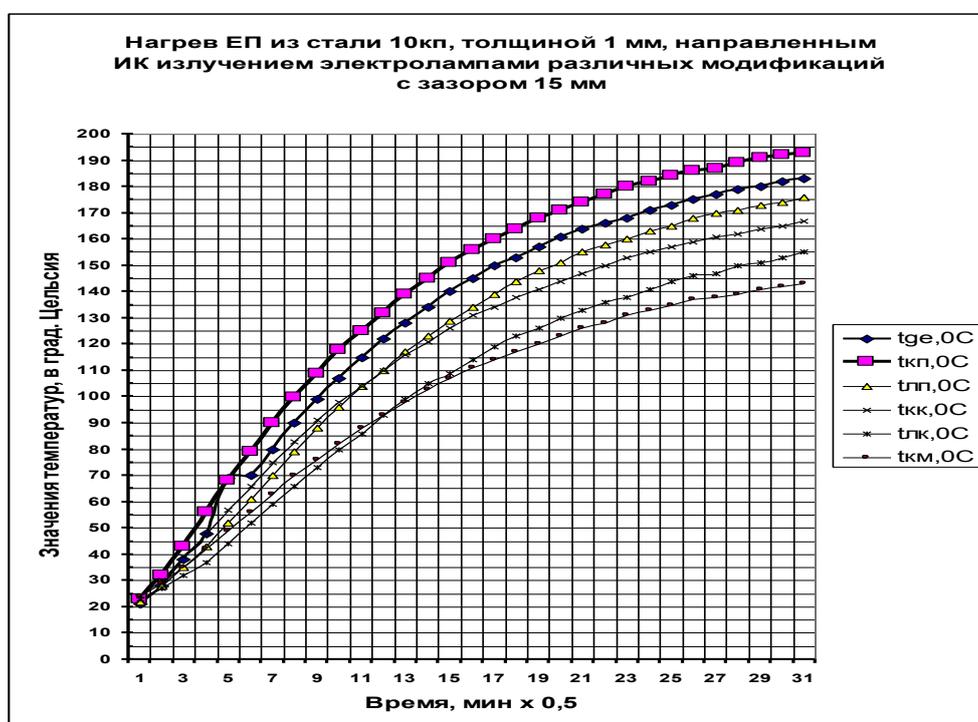


Рисунок 7 – Зависимости нагрева единичной пластинки разными излучателями направленного ИК излучения

Можно видеть, что, что максимальными нагревающими способностями обладает электролампа ИКЗ-250 с прозрачным стеклом производства ОАО «Калашниковский электроламповый завод», г.Калашников, Тверской области.

Следующий эксперимент проводили по выбору вида материала, наиболее пригодного для использования в конструкциях теплового оборудования с ИК подводом тепла. На рис. 8 представлены экспериментальные данные, полученные при использовании различных конструкционных материалов.

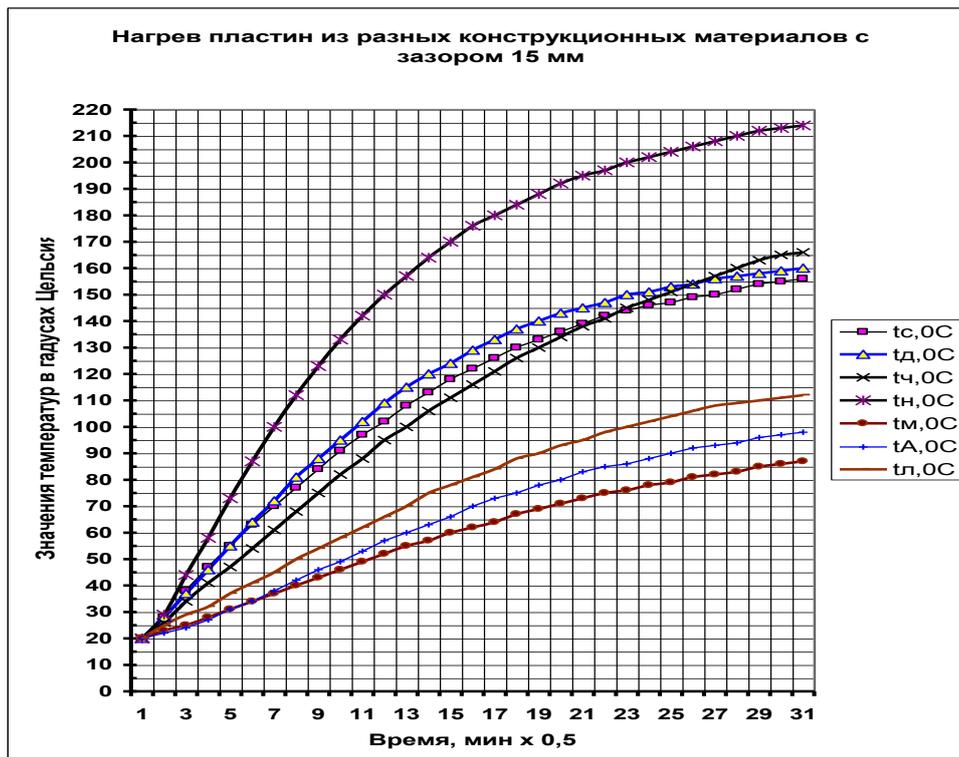


Рисунок 8 – График зависимости температур нагрева ЕП из разных материалов оптимальным излучателем – ОИ
 t_c - из стали 10 кп, толщиной 3мм; t_d - из дюралюминия Д16, толщиной 3 мм; $t_ч$ - из чугуна СЧ-15, толщиной 5 мм; t_n - из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, толщиной 3 мм; t_m - из меди М4, толщиной 3мм; t_A - из АМг3, толщиной 4 мм; t_l - из латуни ЛС59, толщиной 3 мм

Можно видеть, что сталь 12Х18Н10Т по сравнению с другими материалами имеет более крутую характеристику нагрева. Поэтому эту сталь (листовой прокат) целесообразно принять в качестве конструкционного материала для изготовления элементов универсальной сушилки -печи или цилиндра сушильного барабана и других элементов, непосредственно воспринимающих ИК излучение. Данная сталь находит широкое применение в пищевой промышленности.

Экспериментальные значения максимальных температур единичного образца в зависимости от мощности излучения при выбранной (наилучшей) лампе приведены на рис.9

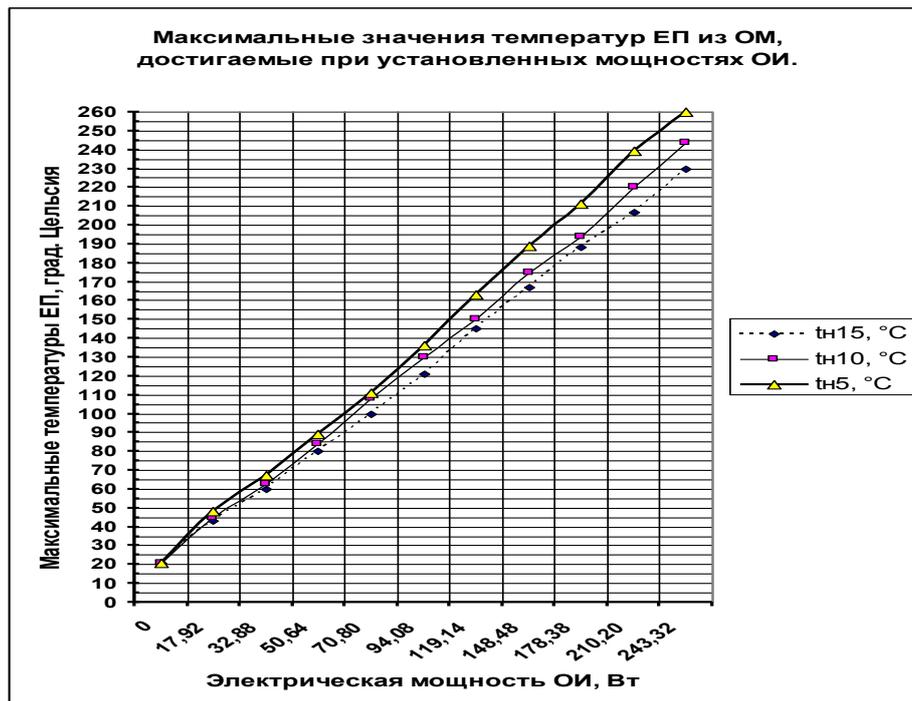


Рисунок 9 – Зависимости максимального нагрева ЕП из стали 12Х18Н10Т от электрической мощности лампы ИКЗ – 250 с прозрачны стеклом при зазоре $\Delta_{PI} = 15; 10$ и 5 мм

Из рисунков видно, что для поддержания максимально допустимой, рабочей температуры сушильного барабана $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ при зазоре в 15 мм необходимо затрачивать примерно 130 Вт; при $\Delta_{PI} = 10$ мм – примерно 119 Вт, а при $\Delta_{PI} = 5$ мм – примерно 100 Вт. Это в $2...2,5$ раза меньше номинальной мощности лампы. Кроме того, можно видеть, что зависимости температур от мощности являются линейными.

Вольтамперная характеристика ($U - I$) лампы, снятая при изменении питающего напряжения с интервалом в 10В приведена в табл.2. На рис. 36 показан характер изменения зависимости мощности от напряжения. Значения электрического сопротивления получены расчетным путем. Измерения силы тока в цепи питания проводились на единичной пластинке, снятой с опорных стержней установки.

Таблица 2- Вольтамперная характеристика лампы.

Напряжение U, В	Сила тока I, А	Сопротивление R, Ом	Мощность, W, Вт
0	0,00	17,0	0
20	0,32	62,5	6,4
40	0,47	85,1	18,8
60	0,59	101,7	35,4
80	0,67	119,4	53,6
100	0,72	138,9	72,0
120	0,80	150,0	96,0

140	0,85	164,7	119,0
160	0,91	175,8	145,6
180	0,93	193,5	167,4
200	1,01	198,0	202,0
220	1,05	209,5	231,0
240	1,10	218,2	264,0
250	1,12	223,2	280,0

Из таблицы 2 видно, что номинальной мощности лампа достигает при $U = 230$ В, а при напряжении 220В мощность составляет $W = 231$ Вт, что ниже номинала. Этот факт должен быть учтен при проектировании авторегулятора “напряжение - температура”. Зависимости $I(U)$ и $W(U)$ почти линейны при значениях напряжений больше 80 В.



Рисунок 10 – Зависимость изменения электрической мощности ОИ от величины питающего напряжения

Выводы:

1. По нагревающей способности из шести исследуемых образцов предпочтительной является электролампа ИКЗ–250 производства ОАО “Калашниковский электроламповый завод” с прозрачным в направлении излучения стеклом колбы.

2. Из семи испытанных образцов конструкционных материалов максимально восприимчивым к инфракрасному нагреву является легированная сталь марки 12Х18Н10Т.

3. Исследования энергопотребления выбранной лампы для поддержания различных температур единичной пластины из стали 12Х18Н10Т показали, что для поддержания температуры 100...140 °С требуется в 2...2,5 раза меньше электроэнергии по сравнению с номинальной электрической мощностью излучателя.

4. Полученная вольтамперная характеристика показывает, что электрическая мощность излучателя зависит от напряжения почти линейно и при номинальном напряжении сети 220В не достигает своего номинала в 250 Вт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авроров Г.В. Моделирование и анализ операций обработки сырья и полуфабрикатов для мучных кондитерских изделий / Авроров Г.В., Ловцева В.В., Авроров В.А., Тутов Н.Д. – С. Оскол: ТНТ. – 2013. – 222с.
2. Авроров В.А. Выбор оптимального источника инфракрасного излучения в ближней инфракрасной области [Текст] / Авроров В.А., Лузгин Г.Д., Авроров Г.В., Зайцев А.В. // Сб. статей VII Международной научно-практической конференции «Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы». – Пенза: ПДЗ, 2013. – С.9–12.

УДК 664.4+665.347; 536.7+536.2

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАПРАВЛЕННО-ФОКУСИРОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫПЕЧКИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

- © Г.В. Авроров, Пензенская государственная технологическая академия
(г. Пенза, Россия)
- © Г.Д. Лузгин, Пензенская государственная технологическая академия
(г. Пенза, Россия)
- © В.А. Авроров, Пензенская государственная технологическая академия
(г. Пенза, Россия)

THE MAIN ARGUMENTS IN FAVOR OF THE TREND-FOCUSED RADIATION FOR A BATCH OF BAKERY PRODUCTS

- © G. V. Avrorov, Penza State Technology Academy (Penza, Russia)
- © G. D. Luzgin, Penza State Technology Academy (Penza, Russia)
- © V. A. Avrorov, Penza State Technology Academy (Penza, Russia)

В статье рассматривается возможность применения инфракрасных излучателей для нагрева материала хлебопекарных форм, изложены результаты экспериментов по выбору оптимального материала, который наиболее восприимчив к нагреву инфракрасным излучением.

Ключевые слова: лампа ИКЗ, единичная пластина, инфракрасное излучение в ближней инфракрасной области, направленно-фокусированное излучение.

The paper discusses using infrared radiating elements for baking-tin heating, cites the results of experiments aimed at choosing a material, that is the most sensitive to infrared heating.

Key words: lamp IKZ, single plate, infrared radiation in the near infrared region, directed-focused radiation.

E-mail: avrorov67@mail.ru

Теплообмен излучением [1,2] позволяет обеспечить реальную экологическую чистоту нагрева в процессе выпечки хлеба и хлебобулочных изделий. В отличие от широко применяемых в тепловом оборудовании пищевых производств термоэлектронагревателей (тэнов) с диффузным пространственным излучением сфокусировано-направленное инфракрасное излучение может быть получено с помощью зеркальных ламп типа ИКЗ (рис.1). Спектр излучения этих ламп располагается в диапазоне длин волн 0,6-1,8 мкм с максимумом энергии на длине 0,9-1,1 мкм при температуре спирали 2350 ± 100 °К.



Рисунок 1 – Лампа ИКЗ-500

В отличие от теплообмена конвекцией и теплопроводностью перенос энергии в процессе излучения приблизительно пропорционален разности абсолютных температур, каждая из которых, возводится в 4-ую или 5-ую степень.

Проведенные исследования нагревающих способностей ламп ИКЗ разных производителей и мощностей позволили отобрать оптимальные излучатели для сушки растительных материалов (ИКЗ-175 и 250 мощностью 175 и 250 Вт) и для выпечки мучных изделий (ИКЗ-500 (500 Вт) , а также выбрать материал для изготовления рабочих зон тепловых установок с позиций проникающей, отражательной и поглотительной способности при ИК излучении. Среди испытанных конструкционных материалов наилучшим оказалась легированная сталь марки 12Х18Н10Т и дюралюминий Д16. Для усиления тепловых характеристик этих материалов было разработано и испытано покрытие на основе кремния и углерода чёрного цвета с термостойкостью 600 °С.

Экспериментальные сравнительные данные по температуре нагрева образцов форм из различных видов конструкционных материалов представлены на рис.2. Лабораторные испытания проводились на специально созданной установке на отдельных образцах диаметром 200 мм. Было установлено, что противоположная от лампы поверхность образца нагревается до 450 °С за 6 мин. Температура образца, равная максимальной температуре выпечки 250 °С достигается за 2,5 мин. нагрева. Экспериментально установлено, что большая часть энергии излучения поглощается образцом средним и около 10% проникает сквозь образец.



t_д- из дюралюминия Д16, толщиной 3 мм; t_{т7} – форма хлебобулочная Л7 (материал АЛ4 или АЛ9); t_{т11} – форма хлебобулочная Л11 (материал АЛ4 или АЛ9); t_А- из АМгЗ, толщиной 3 мм;

Рисунок 2 – Графики изменения температуры нагрева хлебобулочных форм и образцов из цветных сплавов

Таким образом, при проектировании универсальной туннельной конвейерной печи-сушилки [3] в качестве источников нагрева целесообразно использовать зеркальные лампы типа ИКЗ-500, сетчатый конвейер из стали 12Х18Н10Т и формы для выпечки хлеба со специальным поглощающим излучение покрытием. При этом для повышения эффективности тепловой обработки туннель печи должен отражать излучение на формы с тестовыми заготовками сверху, а излучатели должны быть расположены под транспортёрной сеткой так, чтобы часть излучения также была направлена внутрь туннеля отражателя, что должно обеспечить непрерывную выпечку не менее 75 единиц тестовых заготовок в час с расходом электроэнергии не более 8 кВтч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нащекин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача, М., Высшая школа, 1980. С. 469.*
2. *Зигель Р., Хауэлл Н. Теплообмен излучением, М., Изд. Мир, 1975. С. 934.*
3. *Авроров Г.В. и др. Способ нагрева пищевых штучных полуфабрикатов на конвейере внутри туннельной печи. Патент РФ №2457680, 10.09.2012.*

УДК 664.4+665.347; 536.7+536.2

СОЗДАНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ТУННЕЛЬНОЙ СУШИЛКИ-ПЕЧИ С НАПРАВЛЕННЫМ ИК ИЗЛУЧЕНИЕМ

© *Г.В. Авроров, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

© *Г.Д. Лузгин, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

© *А.А. Курочкин, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

AN ACTION AND TESTING TO MAKE AUTOMATIC UNIVERSAL TUNNEL DRYER-KILN WITH DIRECTED IR RADIATION

© *G.V. Avrorov, Penza State Technology University (Penza, Russia)*

© *G.D. Luzgin, Penza State Technology University (Penza, Russia)*

© *A.A. Kurochkin, Penza State Technology University (Penza, Russia)*

Статья посвящена результатам эксперимента по выпечке хлебобулочных изделий на созданном экспериментальном образце автоматизированной универсальной туннельной сушилки-печи с направленным инфракрасным подводом энергии.

Ключевые слова: лампа ИКЗ, направленно-фокусирующее ИК излучение, автоматизированная туннельная печь.

The article is devoted to the results of experimental baking of baked goods using newly-constructed model of automated tunnel drying installation working on forward infrared power supply.

Key words: lamp IKZ, directed-focused IR radiation, automated universal tunnel dryer-kiln.

E-mail: avrorov67@mail.ru

Температурный нагрев обрабатываемых пищевых материалов в спектре направленно-фокусируемого излучения позволяет обеспечить реальную экологическую чистоту и энергосбережение процесса сушки материалов растительного происхождения и выпечки формового хлеба и штучных

хлебобулочных изделий. Направленно-фокусированное излучение создают инфракрасные зеркальные лампы ИКЗ, спектр излучения которых занимает диапазон длин волн от 0,6 до 1,8 мкм. Экспериментально установлено [1], что максимально нагреваемыми способностями обладают лампы ИКЗ-500, плотность излучения которых составляет 4,2 Вт/см².

В результате поисковых исследований оптимальных источников нагрева, марок конструкционных материалов и выполненных компоновок туннельных установок была разработана технология [2], изготовлен и испытан экспериментальный образец автоматизированной туннельной печи в модульном исполнении. Размеры одного модуля универсальной сушилки-печи 2,25 м². (рис.1). Модуль содержит сетчатый транспортёр с управляемым электроприводом, открытый снизу туннель-отражатель, блоки инфракрасных ламповых нагревателей, а также блок управления. Блок управления включает в себя авторегулятор «напряжение-температура» типа ТРМ1 с терморпарой в обратной связи и задатчик скорости транспортёра. Туннель-отражатель длиной 2 м выполнен в форме цилиндрической тонкостенной оболочки, и установлен выпуклостью вверх над конвейером. Инфракрасные нагреватели установлены неподвижно под сетчатым конвейером с регулируемым рабочим зазором от 5 до 15 мм в виде четырёх рядов ламп ИКЗ-500. При этом средние два ряда ламп направлены на конвейер, а крайние - в зазор между конвейером и отбортовкой туннеля-отражателя. Направленно-фокусированное излучение от крайних рядов, попадая внутрь туннеля, отражается на конвейер с обрабатываемым материалом. Номинальная установленная мощность инфракрасных нагревателей составляет 24 кВт. Время прогрева воздуха внутри туннеля до 250 °С составляет 6 мин. Максимальная температура свыше 400 °С достигается за 15 мин.

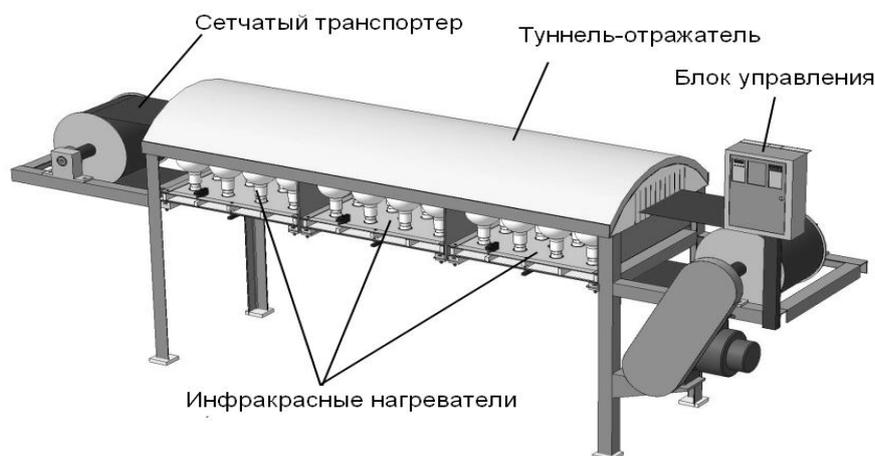


Рисунок 1 – Общий вид образца универсальной туннельной сушилки-печи (ограждения не показаны)

В процессе тестирования экспериментального образца автоматизированной туннельной сушилки-печи выпекались следующие виды изделий: пшеничный хлеб в формах Л7 (700 г), пшеничный хлеб в формах Л11 (300 г) (Рис. 2), пшеничный батон нарезной (500 г) и булочка сдобная домашняя (100 г).



а) б)

Рисунок 2 – Формы Л7 (а) и Л11 (б)

В результате тестирования установлено, что для выпечки тестовых заготовок массами 700 и 300 г требуется температура нагрева 250 °С с расходом энергии 8 кВтч, а для выпечки батонов и булочек 180 °С и 5,5 кВтч соответственно. При непрерывной выпечке выпекается за час 85 единиц готовых изделий из форм Л7 или 130 готовых изделий из форм Л11, или 70 батонов и 280 булочек.

Расчет показателей эффективности по результатам тестирования экспериментальной сушилки-печи [1] показал, что созданная конструкция более чем в 4 раза экономичней по энергозатратам по сравнению с известными аналогами применяемыми в хлебопекарной отрасли пищевой промышленности..

Внешний вид готовой продукции представлен на рис.3.



Рисунок 3 – Внешний вид выпеченного формового пшеничного хлеба

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Научно-технический отчет (заключительный) о выполнении НИОКР по теме: «Исследование мощностей направленного излучения, разработка образца одномодульной туннельной печи с инфракрасным направленным нагревом» (Государственный контракт №9388р/15156 от 30.05.2011) зарегистрирован в ФГНУ «ЦИТус» №0220.1 262186.*

2. Патент РФ № 2526396. Способ выпечки хлебобулочных изделий в формах, движущихся прямолинейно на конвейере внутри туннельной печи / Г.Д. Лузгин, А.В. Зайцев, Г.В. Авроров, В.А. Авроров, А.Д. Семенов, А.В. Бодырев. Оpubл. 27.06.2014.

УДК 664.923

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДЫМОГЕНЕРАТОРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОПЧЕНЫХ ПРОДУКТОВ

© *К.П. Фудин, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

© *А.А. Власов, Пензенский государственный университет архитектуры и
строительства (г. Пенза, Россия)*

APPLICATION OF MODERN ДЫМОГЕНЕРАТОРОВ IN PRODUCTION OF SMOKED PRODUCTS

© *K.P. Fudin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© *A.A. Vlasov, Penza State University of Architecture and Construction
(Penza, Russia)*

В статье представлены результаты аналитического обзора способов получения дыма для копчения продуктов питания. Обосновано использование дымогенераторов за счет трения деревянных предметов.

Ключевые слова: дымогенератор, копчение, фрикционный дым, пиролиз

The article presents the results of an analytical overview of the methods of obtaining the smoke of food. Justified smoke generator by the friction of wooden objects.

Key words: the smoke, smoking, friction smoke, pyrolysis

E-mail: kpfudin@yandex.ru, vlasov_a71@mail.ru

При копчении происходит проникновение в продукты некоторых фракций дыма (фенолов, кислот, альдегидов и др.), в результате чего подавляется развитие гнилостной микрофлоры, мясопродукты приобретают острый приятный вкус, своеобразный запах копчения, темно-красный цвет и блеск на поверхности оболочки.

Практический опыт копчения показывает, что наилучшим способом копчения является использование коптильного дыма, полученного из древесины лиственных пород (вишни, яблони, бука, ольхи, липы, березы и др.). Дым должен быть густым, сильным, и содержать как можно меньше смолистых веществ, а также не содержать вредных компонентов. С целью очистки коптильного дыма дымогенераторы современных термокамер оснащаются системой термически-каталитической очистки, что способствует соблюдению требований экологической чистоты и безопасности пищевых продуктов.

В зависимости от подвода энергии или тепла, ее поглощения или выделения различают два типа дымогенерации: с подводом тепла (энергии) лишь в начале процесса (генерируется экзотермический дым) и с постоянным подводом тепла или энергии (генерируется эндотермический дым) [1].

Генерация экзотермического дыма осуществляется при естественном горении очага или в специальных дымогенераторах тления. При генерации дыма, осуществляется постоянная подача опилок на вращающуюся решетку с электроподогревом, на которой происходит пиролиз древесины, при этом подвод тепла проводится лишь в начале процесса, а далее тепло подается периодически, по мере понижения температуры менее 300 °С. Первичные и вторичные реакции пиролиза в данном случае протекают практически одновременно, некоторое пространственное разделение данных процессов осуществляется за счет быстрого отвода дыма. Главной задачей процесса является поддержание температур на уровне 350-450°С.

Достоинствами данной схемы дымогенерации является получение дыма по естественной схеме тления древесины, что обеспечивает его натуральные свойства и высокую функциональность. К недостаткам можно отнести неравномерное количество и качество образующегося дыма, трудности температурного регулирования процесса.

Генерация эндотермического дыма осуществляется преимущественно в промышленных и лабораторных дымогенераторах: фрикционном, паровом, флюидизационном, двухступенчатом и др. [1].

Генерация данного типа дыма проводят при внешнем подводе тепла, при этом температура пиролиза лучше поддается регулированию, а образующийся дым является более равномерным по качеству и количеству. При использовании указанного способа возможно поддержание оптимальных температур пиролиза – 300-400°С, поэтому эндотермический дым иначе называют *пиролитическим*. При его генерации вторичные реакции протекают при таких же температурах, что и первичные, или даже более низких, что обеспечивает их желаемое направление. При генерации дыма, древесное полено запрессовывают на быстро вращающийся цилиндр с ребристой поверхностью. В результате возникающего трения выделяется тепло, под действием которого происходит пиролиз, а также перегрев рабочих поверхностей устройства, приводящих к воспламенению древесины [1]. Поэтому дымогенератор работает в импульсном режиме, когда процесс термического распада древесины чередуется с паузами, что позволяет управлять количеством образующегося дыма и оптимизировать процесс копчения. Прежде чем наступает воспламенение, вращающийся цилиндр останавливается, что обеспечивает поддержание температуры, не превышающей 400°С. В результате интенсивной подачи воздуха дым из горячей зоны трения сразу попадает в зоны более низких температур, и вторичные реакции пиролиза протекают при температурах менее 400°С.

Достоинствами фрикционно получаемого дыма являются высокая регулируемость пиролиза, получение копильного дыма, непосредственно готового к применению (не требуется его охлаждение и разбавление), минимальный расход энергии.

Недостатком данного способа является специфичность ароматических свойств дыма, обусловленная нетрадиционностью условий пиролиза, повышенные шум и вибрация.

По физическим и химическим свойствам дым, полученный в разных дымогенераторах, имеет существенные различия (табл. 1) [1].

Таблица 1 – Сравнительная характеристика дыма различных способов генерации

Конденсаты дыма	Концентрация, г/м ³	Массовая доля основных компонентов, % (ср. значения)			
		кислоты	карбон. в-ва	фенолы	влага
Экзотермический (тление опилок):	1,5-3,7				
- летучие с паром вещества		1,28	0,63	0,07	86,7
- нелетучие с паром вещества		0,18	0,16	0,01	
Эндотермический (фрикционный дымогенератор):	2,9-6,1				
- летучие с паром вещества		4,98	4,78	0,22	70,6
- нелетучие с паром вещества		0,21	2,79	0,07	

Как следует из табл. 1, фрикционный дым является в 3-4 раза более насыщенным органическими соединениями, чем в случае его генерации традиционным тлением опилок, что оказывает положительный технологический эффект на продукт (образование цвета, аромата, вкуса, консервирующее воздействие).

На кафедре «Пищевые производства» Пензенского ГТУ разработан фрикционный дымогенератор, предназначенный для выработки дыма при производстве пищевой продукции холодного и горячего копчения из рыбы различных видов, а также мяса, колбас, сыра, птицы в индивидуальных фермерских хозяйствах. Дымогенератор состоит из корпуса, в котором размещен вал с фрикционным диском. Вал установлен в подшипниках качения размещенных на опорах. Передача вращательного движения осуществляется от электродвигателя через муфту. В верхней части корпуса находится направляющий патрубок, служащий для удержания бруса в вертикальном положении.

Принцип действия дымогенератора основан на фрикционном методе получения дыма. Отличительные особенности и преимущества перед аналогами: дымогенератор прост в изготовлении и эксплуатации, имеет малые габариты и вес, позволяет получить дым наилучшего качества (за счет фрикционного метода получения дыма, обеспечивающего оптимальную температуру дымообразования от 270°С до 300°С с наименьшим содержанием канцерогенных веществ) и требуемые вкусовые качества готового продукта (за счет рационального подбора древесины).

Таким образом, применение копильных установок при производстве копченых продуктов, используя фрикционный дымогенератор, позволяет в условиях мелкотоварного производства приготавливать качественную копченую продукцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенова, О.Я. Производство копченых пищевых продуктов. О.Я. Мезенова, И.Н. Ким, С.А. Бредихин. – М.: «Колос», 2000 – 208 с.
2. Курко В.И. Основы бездымного копчения. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 241 с.

УДК 631.352.99

**ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ
БОТВОУДАЛЯЮЩЕЙ МАШИНЫ НА ПОСЕВАХ ЛУКА**

© *Д.И. Фролов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© *С.В. Чекайкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

**REASONING EFFECTIVE PARAMETERS OF THE HAULM REMOVING
MACHINE ON SOWINGS OF THE ONION**

© *D.I. Frolov, Penza State Technical University (Penza, Russia)*

© *S.V. Chekaykin, Penza State Technical University (Penza, Russia)*

Статья посвящена обоснованию рациональных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука. Проведены полевые исследования ботвоудаляющей машины и обоснованы оптимальные параметры ее работы.

Ключевые слова: ботвоудаляющая машина, листостебельная масса, ботва, лук.

The article considers reasoning effective parameters of the haulm removing machine on sowings of the onion. Conducted field research of the haulm removing machine and reasoning optimal parameters of its work.

Key words: haulm removing machine, cormophyte mass, haulm, onion.

E-mail: surr@bk.ru

Для механизированной уборки лука применяются машины теребильного типа, качественная работа которых обеспечивается лишь при надлежащей подготовке поля перед уборкой. При этом как показывает опыт использования таких машин, в период уборки засоренность полей составляет 60...70 %, а высота сорных растений при этом достигает 50 см. Обычно это объясняется тем, что промежуток времени между последней обработкой посевов гербицидами и уборкой может достигать две-три недели, что способствует росту сорных растений [1].

Поэтому эффективная эксплуатация уборочных машин теребильного типа предполагает предварительную подготовку поля с тем, чтобы исключить забивание вращающихся элементов их рабочего органа. Одним из рациональных способов такой подготовки является применение ботвоуборочной машины [2, 3].

Для подтверждения возможности применения ботвоудаляющей машины перед уборкой лука в реальных условиях и определения оптимальных значений её конструктивно-кинематических параметров были проведены полевые исследования на полях ООО «Агрокомплект» Бессоновского района Пензенской области. Исследования проводились с использованием экспериментальной ботвоудаляющей машины (рис. 1).



Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной машины

Машина состоит из рамы с устройством для присоединения к трактору, а также рабочих органов с вертикальной осью вращения, закрытых сверху кожухом и имеющим ботвоотводящее окно.

Рама имеет четыре стойки с механизмом механического регулирования высоты скашивания, опирающиеся на пневматические колеса.

Для передачи крутящего момента с помощью ременных передач на три симметрично расположенных вала, на раме установлен конический редуктор.

Рабочие органы состоят из двух кронштейнов крепления, установленных попарно напротив друг друга на одной горизонтальной оси фланца, на которых закреплены ножи под углом 55° к горизонтальной плоскости по ходу их вращения.

Привод рабочих органов осуществляется от ВОМ энергетического средства посредством механизма привода, редуктора и ременных передач. Агрегируется машина с тракторами МТЗ-80/82.

Экспериментальная ботвоудаляющая машина работает следующим образом. При движении машины происходит копирование рельефа поля при помощи пневматических колес, установленных на стойках.

В процессе вращения рабочих органов машины, внутри кожуха создается воздушный поток, который поднимает полегшую ботву лука и листовстемельную массу сорняков и подводит их в зону резания. Здесь ботва и сорняки срезаются, измельчаются и отводятся через ботвоотводящее окно на междурядье.

На протяжении опыта все конструктивно-кинематические параметры ботвоудаляющей машины оставались неизменными, за исключением исследуемого. Режим и настройка исследуемого параметра заведомо задавались такими, чтобы по результатам анализа опытных данных можно было установить характер влияния его на объект исследования и на основе всестороннего изучения определить его оптимальное значение.

После изучения зависимости полноты удаления листовстемельной массы от угла установки ножей (рис. 2), высоты установки рабочего органа

относительно поверхности поля (рис. 3) и частоты вращения рабочих органов машины (рис. 4) [4], были установлены оптимальные значения конструктивно-кинематических параметров ботвоудаляющей машины [5], обеспечивающие максимальную полноту удаления листостебельной массы перед уборкой лука.

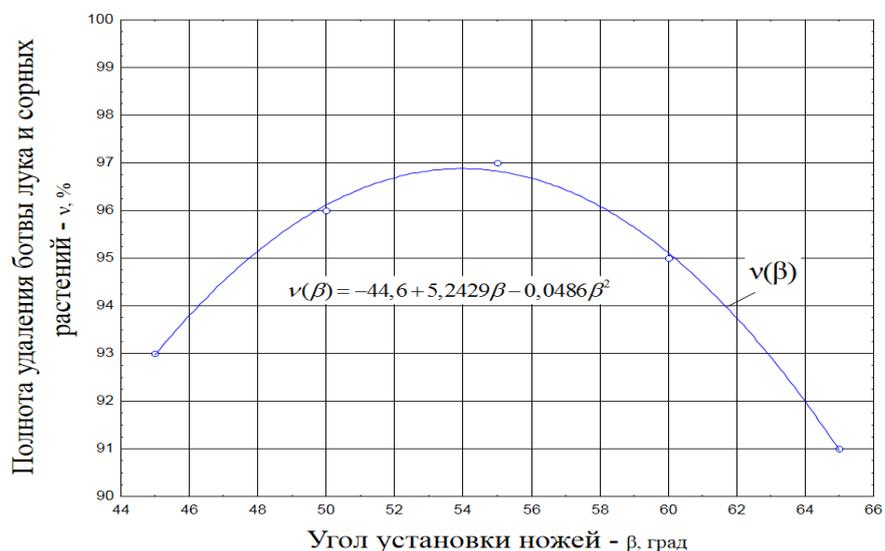


Рисунок 2 – Зависимость полноты удаления листостебельной массы V от угла установки ножей β

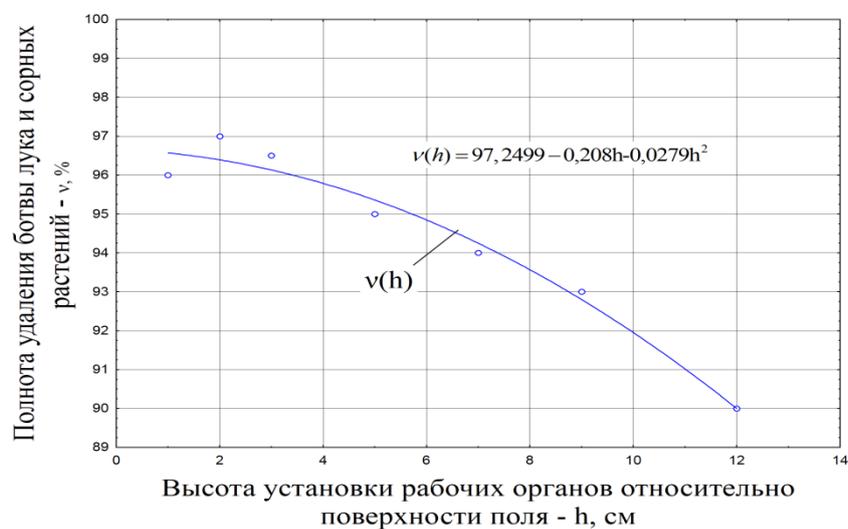


Рисунок 3 – Зависимость полноты удаления листостебельной массы V от высоты установки рабочих органов относительно поверхности поля h

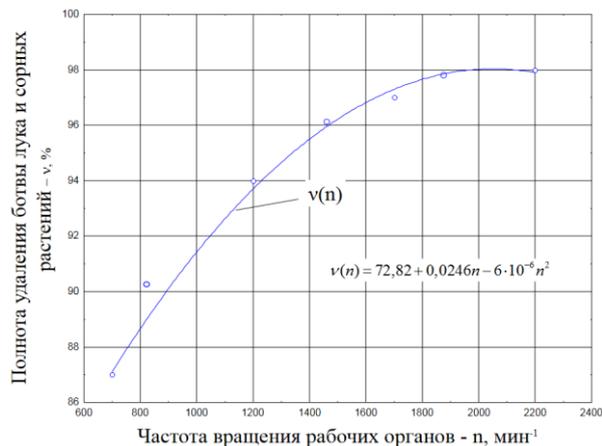


Рисунок 4 – Зависимость полноты удаления листостебельной массы V от частоты вращения рабочих органов n

Полевые исследования ботвоудаляющей машины подтвердили результаты теоретических и лабораторных исследований [6]. Показатель полноты удаления листостебельной массы, полученный в ходе полевых работ полностью соответствует требованиям, предъявляемым к уборочным машинам [7].

Оптимальные значения конструктивно-кинематических параметров полученных при полноте удаления листостебельной массы $V = 95 \dots 98,2\%$, соответственно равны: $\beta = 52 \dots 56$ град, $h = 7 \dots 9$ см и $n = 1500 \dots 2200$ мин⁻¹.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларюшин, Н. П. Оптимальные параметры ботвоудаляющего рабочего органа обрезчика листостебельной массы / Н. П. Ларюшин, А. М. Ларюшин, Д. И. Фролов // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – №2. – С. 15-17.
2. Ларюшин, Н. П. Уборка без задержек / Н. П. Ларюшин, А. М. Ларюшин, Д. И. Фролов // Сельский механизатор. – 2007. – №7. – С. 48-49.
3. Фролов, Д. И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01. – Пенза, 2008. – 153 с.
4. Фролов, Д. И. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №3. – С. 18-23.
5. Ларюшин, Н. П. Обоснование конструктивно-режимных параметров ботвоудаляющего устройства при лабораторных исследованиях / Н. П. Ларюшин, А. М. Ларюшин, Д. И. Фролов // Нива Поволжья. – 2008. – №2 (7). – С. 46-51.
6. Фролов, Д. И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01. – Пенза, 2008. – 18 с.
7. Ларюшин, А. М. Совершенствование технологии уборки лука / А. М. Ларюшин, Н. П. Ларюшин, Д. И. Фролов // Труды международного форума по проблемам науки, техники и образования. – М.: Академия наук о Земле, 2007. – С. 17–18.

УДК 537

**ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ
ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛЕНОЧНЫХ ПОТЕНЦИОМЕТРОВ**

© *Н.Д. Тутов, Юго-Западный государственный университет*

(г. Курск, Россия)

© *Д.Н. Тутов, Юго-Западный государственный университет*

(г. Курск, Россия)

© *В.А. Авроров, Пензенский государственный технологический университет*

(г. Пенза, Россия)

**APPLYING VACUUM ELECTRON-BEAM TECHNOLOGY FOR
DEVELOPING FILM POTENTIOMETERS**

© *N.D. Tutov, South-West State University (Kursk, Russia)*

© *D.N. Tutov, South-West State University (Kursk, Russia)*

© *V.A. Avrorov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье изложены результаты исследований структуры и физико-химических свойств конденсатов карбидов титана, ниобия, циркония и диборидов титана и циркония.

Ключевые слова: испарение и конденсация, пленочные резистивные материалы, структура, электросопротивление, температурный коэффициент электросопротивления, термо-э.д.с., микротвердость, термостойкость.

The paper deals with the results of structure and physical and chemical properties research of condensed titanium, niobium and zirconium carbides together with titanium and zirconium diborides.

Key words: vaporation and condensation, film resistive materials, structure, electrical resistance, thermal quotient of electrical resistance, thermo-emf, microhardness, heat resistance.

E-mail: tutov.n@mail/ru

Автоматизация технологических процессов пищевых производств предъявляет высокие требования к применяемым изделиям приборостроения. Одной из актуальных задач в приборостроении является получение пленочных резистивных материалов с высокими механическими свойствами и стойкостью в условиях скользящего контакта при повышенных температурах.

Несмотря на широкий выбор исходных материалов проблема создания высоконадежных пленочных потенциометров так до конца и не решена. Пленочные резистивные слои должны иметь:

- достаточно высокое удельное электросопротивление;
- малый температурный коэффициент сопротивления;
- низкую термоэлектродвижущую силу в контакте с медью;
- низкий уровень собственных шумов;
- стойкость к воздействиям влаги;
- стойкость в условиях протекания сильных токов;
- стойкость к нагреву в интервале температур 573...973 К;
- хорошие контактные свойства;
- стабильные свойства при длительном хранении и эксплуатации;

Ни один резистивный материал, применяемый в настоящее время, не удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям [1].

Наибольшей коррозионной стойкостью из используемых резистивных материалов обладают благородные металлы и их сплавы. Большое количество сплавов на основе платины, палладия, золота могут быть использованы в пленочных потенциометрах. Но эти сплавы имеют существенные недостатки: низкую адгезию к диэлектрическим подложкам; при нагреве свыше 573 К в

условиях среды с повышенной (до 93%) влажностью окисляются; имеют низкую износоустойчивость и высокую стоимость.

В первых малогабаритных прецизионных пленочных потенциометрах использовался родий, имеющий из металлов платиновой группы наибольшую твердость, коррозионную стойкость и высокую износоустойчивость [2]. Позже было предложено использовать комбинированные хром-родиевые пленки и предпринята попытка замены родия рением. Однако родий и его сплавы дороги и, кроме того, имеют низкую адгезию к диэлектрическим подложкам. Для улучшения адгезии используются различные подслои, что усложняет технологию получения пленок.

Большое удельное электросопротивление, малый ТКС, тепло- и химическая стойкость, механическая прочность, стойкость против электрической эрозии, высокая износоустойчивость карбидов титана, циркония, ниобия, диборидов титана и циркония указывают на возможность использования этих тугоплавких соединений в качестве пленочных резистивных материалов [3,4].

Для получения работоспособных резистивных элементов требуются сведения о структуре, морфологии поверхности, фазовом составе и физико-химических свойствах конденсатов. Дискуссионный характер сведений в литературе о вакуумных конденсатах толщиной 1...5 мкм указанных выше карбидов и боридов ограничивает полноту информации для разработки обоснованных технологических условий получения пленочных резистивных материалов.

Процессы испарения и конденсации позволяют конструировать материал на атомно-молекулярном уровне [5,6]. В этой связи значительный научный и практический интерес представляют исследования пленок тугоплавких соединений, полученных электронно-лучевым испарением и конденсацией в вакууме и оценка перспективности использования их в прецизионных малогабаритных потенциометрах и переменных резисторах.

В качестве исходных материалов для испарения использовались порошки карбидов титана, ниобия, циркония, диборидов титана и циркония с составом, близким к стехиометрическому, и содержанием свободного углерода не более 0,48% [7]. Из порошков прессовали таблетки, которые затем спекали в вакууме. В качестве подложки применяли стекло и медь.

Подготовка поверхности перед конденсацией оказывает существенное влияние на структуру, особенно при конденсации тугоплавких и активных соединений [8,9]. Поверхность стеклянной подложки обезжиривалась едким натром, промывалась дистиллированной водой, обрабатывалась концентрированной хромовой смесью, промывалась дистиллированной водой (дважды) с последующим нанесением подслоя монооксида кремния в вакуумной камере непосредственно перед осаждением пленки (рис.1). Указанная подготовка поверхности обеспечивает равномерное формирование конденсатов на подложке.



Рисунок 1 – Поверхность стеклянной подложки после нанесения монооксида кремния (x20000)



a)



б)



в)

Рисунок 2 – Микрофотографии поверхности конденсатов карбида титана (x10000):

а) δ - 0,1 мкм, $T_{\text{п}}$ -323 К; б) δ - 0,7 мкм, $T_{\text{п}}$ -323 К; в) δ - 0,7 мкм, $T_{\text{п}}$ - 773 К

Конденсаты отличаются тонкой дисперсностью структура, практически не разрешаемой под оптическим микроскопом. С увеличением толщины пленки происходит огрубение ее кристаллического строения (рис.2). Структура конденсатов толщиной 0,1 мкм, при увеличении в 10000 раз практически не разрешается (рис. 2а).

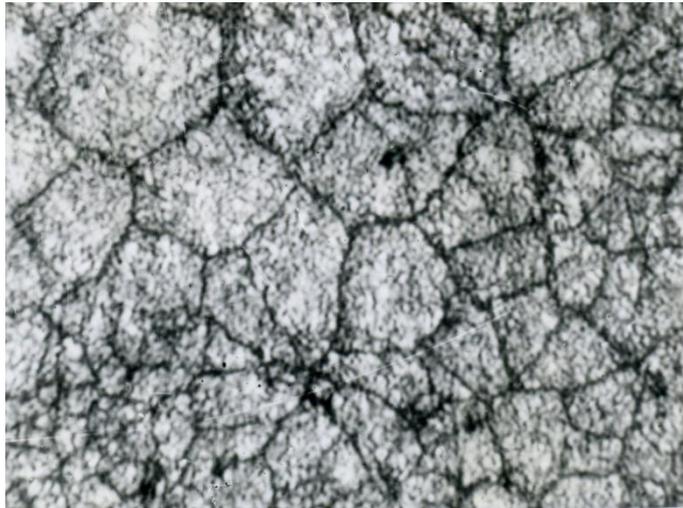
Рост температуры подложки (T_n) также приводит к увеличению размера кристаллитов. Низкотемпературные конденсаты, полученные при температуре осаждения < 673 К, отличаются рыхлым строением с низкой связью отдельных частиц и значительной пористостью. Границы зерен при этом несколько размытые и нечеткие. Конденсаты, полученные при температуре подложки 773 К, имеют на поверхности кристаллические образования с заметной аксиальной ориентацией (рис. 2в).

На поверхности конденсатов карбидов и боридов толщиной 5...10 мкм, полученных при температуре осаждения 623...723 К, обнаружены трещины, имеющие иногда замкнутые границы (рис. 3).

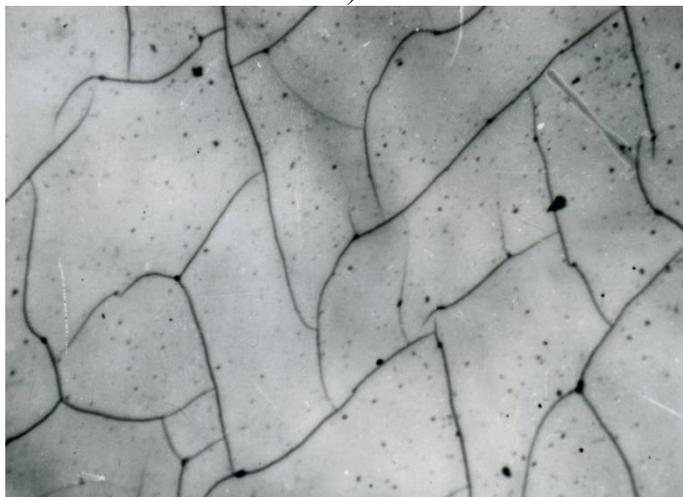
Образование трещин, вероятно, связано с термическими напряжениями, взаимодействием конденсатов с подложкой и некоторой несогласованностью их коэффициентов термического расширения. Прогрев подложки до 773К и выше обеспечивает получение конденсатов без трещин. Строение конденсатов карбидов титана, ниобия и циркония и диборидов титана и циркония приближается к массивному при температуре подложки 773...973 К (рис. 4-5).

Микротвердость – это одна из основных характеристик твердого покрытия. Микротвердость конденсатов карбидов и боридов измерялась с помощью микротвердомера ПМТ-3 при нагрузке 20...30 г. Исключение влияния подложки достигалось использованием пленок толщиной не менее 10...15 мкм, т.е. в 10...15 раз превосходящую глубину отпечатка.

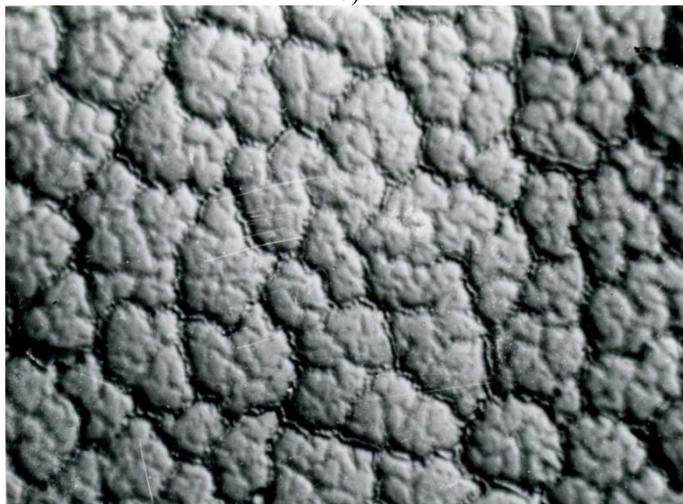
На рис. 6 показано влияние температуры конденсации на изменение микротвердости пленок карбидов и боридов. При повышении температуры подложки с 323 до 873 К микротвердость увеличивается в 3,5...4 раза, достигая значений, характерных для массивных материалов. Такое изменение микротвердости вызвано, по всей вероятности, повышением плотности конденсата в результате более совершенной структуры. Кроме того, монокристаллы карбидов титана, циркония и ниобия и диборидов титана имеют резкую анизотропию механических свойств по различным кристаллографическим направлениям. В связи с этим можно предположить, что некоторый вклад в увеличение микротвердости с ростом температуры осаждения вносит и развитие текстур, отмеченное рентгенографическим анализом и электронномикроскопическими наблюдениями.



a)

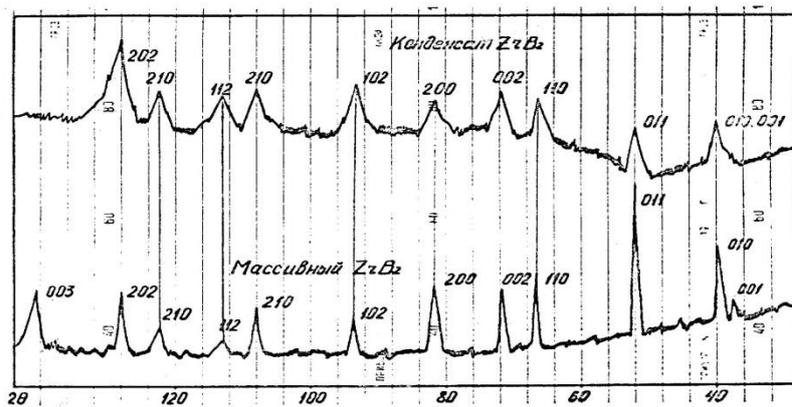


б)

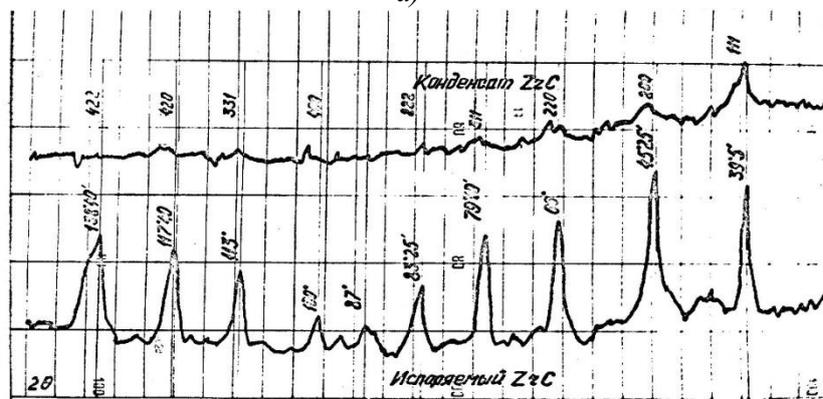


в)

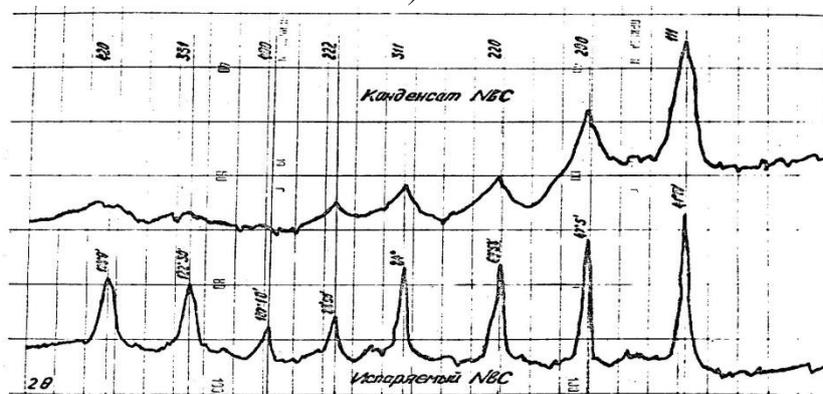
Рисунок 3 – Трещины на поверхности пленок ($\delta \sim 10$ мкм), конденсированных при $T_{\text{п}} = 623 \dots 673$ К (x340): а) TiC; б) TiB₂; в) ZrB₂



а)



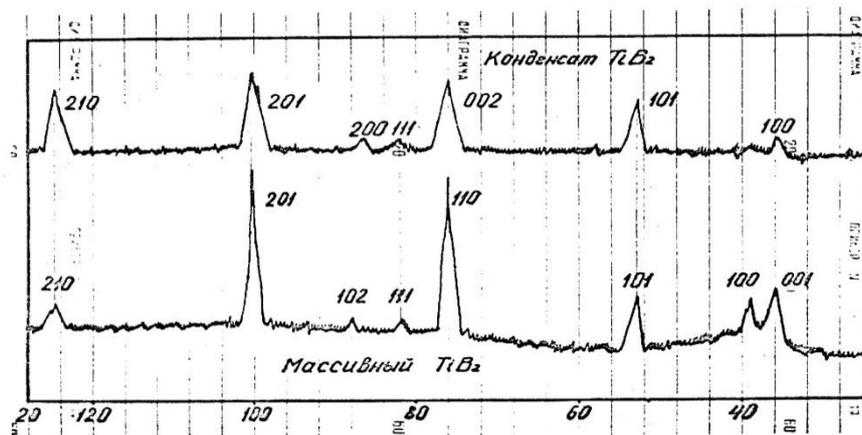
б)



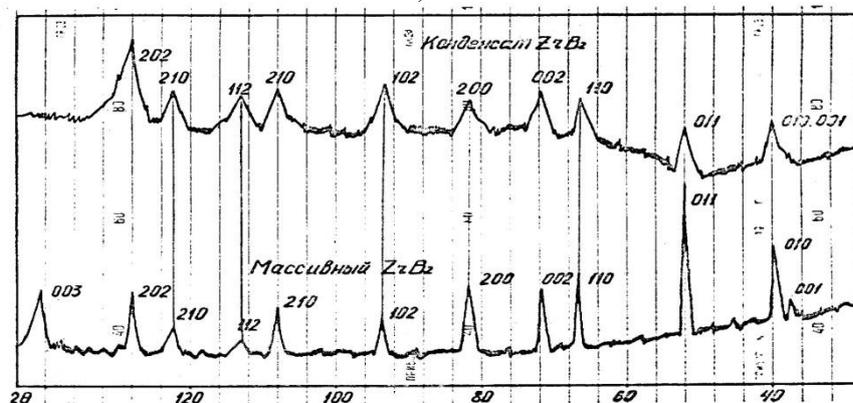
в)

Рисунок 4 – Дифрактограммы исходных и конденсированных карбидов титана, циркония и ниобия: а) TiC; б) ZrC; в) NbC

Увеличение скорости конденсации (V) также способствует росту значе- ний микротвердости, видимо, за счет уменьшения дисперсности строения, снижения пористости и усиления процессов спекания. Например, при воз- растании скорости конденсации диборида титана с 0,1 мкм/мин до 0,5 мкм/мин микротвердость возрастает в 1,2 раза.



а)



б)

Рисунок 5 – Рентгенограммы массивных и конденсированных диборидов титана и циркония: а) TiB_2 ; б) ZrB_2

Для качественной оценки прочности сцепления конденсата с изоляционными подложками использован метод отделения покрытия острым ланцетом. Адгезия считалась удовлетворительной в том случае, если пленку невозможно отделить механическим соскабливанием. Установлено, что адгезия изучаемых пленок в значительной степени зависит от толщины и температуры подложки. Конденсаты, полученные при температуре 373...623 К, обладают достаточно прочным сцеплением со стеклянной подложкой при толщинах до 0,2...0,3 мкм. Более толстые пленки при хранении в течение нескольких часов самопроизвольно разрушаются, осыпаясь в виде порошков.

Повышение температуры конденсации до 673 К способствует снижению напряжений и усилению связи пленок с изоляционным основанием, что улучшает адгезию. Трещинообразование у конденсатов, полученных при данной температуре, наблюдается только при толщине, выше 1 мкм (рис.3). Толстые сплошные пленки толщиной выше 5 мкм, обладающие хорошей адгезией, конденсируются при температуре подложки 773...973 К.

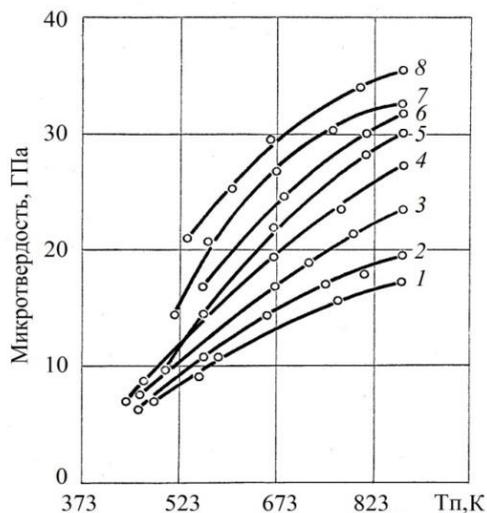


Рисунок 6 – Зависимость микротвердости конденсатов от температуры подложки:

1. NbC - $V= 1$ мкм/мин; 2. TiC - $V= 0,05$ мкм/мин; 3. ZrC - $V= 1$ мкм/мин;
4. TiC - $V= 1$ мкм/мин; 5. TiB₂ - $V= 0,1$ мкм/мин; 6. ZrB₂ - $V= 0,1$ мкм/мин;
7. TiB₂ - $V= 0,5$ мкм/мин; 8. ZrB₂ - $V= 0,5$ мкм/мин

Электропроводимость осаждаемых пленок обычно характеризуется отрицательным температурным коэффициентом сопротивления. Электроны проводимости рассеиваются в пленках не только их поверхностями и решеткой, но и примесями и многими структурными дефектами. Количество адсорбированных и "замороженных" в пленке атомов остаточных газов атомами осаждаемого материала и структурных дефектов изменяется на стадиях роста пленки, соответственно изменяется ее электросопротивление с ростом толщины конденсата. Зависимость электросопротивления от условий процесса осаждения усиливается, если пленка чувствительна к окислению и загрязнениям, что усложняет анализ данных зависимости электросопротивления от толщины.

В связи с этим исследованы удельные электросопротивления конденсатов приведенных выше карбидов и боридов в зависимости от параметров процесса осаждения.

Электросопротивление пленок (R), величина которого, как правило, превышала 10 ом, измерялось мостом РЗЗЗ класса 0,05. Толщина конденсата (δ) определялась на микроинтерферометрах МИИ-4 и МИС-11 и микрофотометре МФ-5, геометрические размеры образцов в плане (a, l) – инструментальным микроскопом МБИ-1. Наибольшая возможная ошибка при определении удельного электросопротивления, вызванная, в основном, трудностями точного определения толщины осажденного слоя, составляла 11...31%.

В результате изучения конденсатов карбидов титана, циркония, ниобия, диборидов титана и циркония установлено, что они характеризуются исключительно высоким, в сравнении с массивными монокристаллическими материалами, удельным электрическим сопротивлением, величина которого существенно зависит от температуры подложки, скорости осаждения и толщины слоя.

Закономерности изменения удельного электросопротивления конденсатов карбидов титана, циркония и ниобия в зависимости от перечисленных

параметров представлены на рис. 7. Удельное электросопротивление монотонно убывает с повышением температуры подложки от 473 до 873 К и характеризуется большим на 1...2 порядка значением удельного электросопротивления, чем соответствующие массивные материалы.

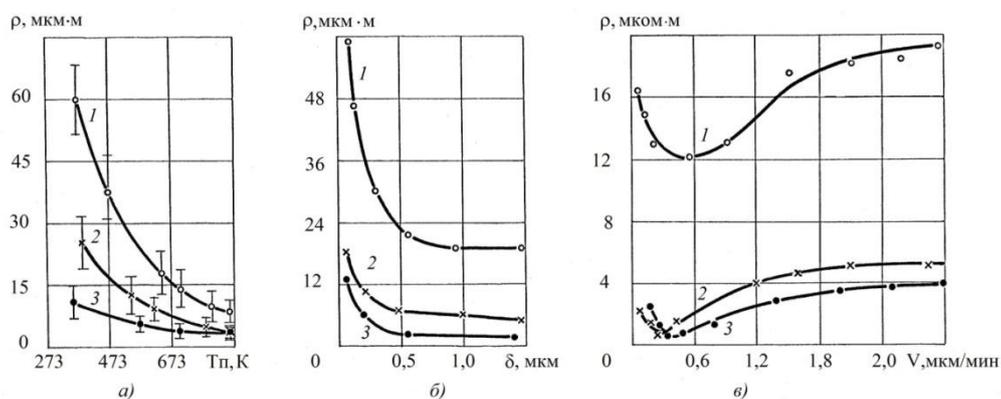


Рисунок 7 – Зависимость изменения удельного электросопротивления конденсатов TiC, ZrC и NbC от температуры подложки (а), толщины слоя (б) и скорости осаждения (в):
1 - карбид титана; 2 - карбид ниобия; 3 - карбид циркония

Столь низкая электропроводность может быть объяснена чрезвычайно высокой дисперсностью строения изучаемых конденсатов, значительными напряжениями, большой концентрацией дефектов и микропористостью. Убывание удельного электросопротивления с повышением температуры конденсации, видимо, связано с уменьшением дефектности строения, увеличением размера блоков, усилением связи субзерен, снижением пористости.

Можно предположить, что уменьшение электропроводности пленок в 10...100 раз по сравнению с массивными металлами и сплавами объясняется аморфным строением первых. Однако для конденсатов карбидов титана, циркония и ниобия рассеяние рентгеновских лучей, близкое к диффузному, наблюдалось лишь при температуре конденсации ниже 473 К, в то время как более высокотемпературные конденсаты давали вполне различные максимумы. Это свидетельствует о наличии других факторов, приводящих к повышению удельного электросопротивления. Увеличение дефицита по углероду в пределах областей гомогенности карбидов титана, циркония и ниобия приводит к росту удельного электросопротивления в 2...3 раза за счет рассеяния носителей тока на вакансиях в подрешетке углерода и увеличения сечения силового рассеяния вследствие уменьшения прочности межатомных связей. Еще более значительное влияние на электропроводность карбидов переходных металлов оказывают газовые примеси и пористость, при этом спрессованные и спеченные в вакууме материалы характеризуются, как правило, в 4...9 раз меньшей проводимостью, чем соответствующие монокристаллические и высокочистые карбиды. У всех карбидов очень высокая чувствительность электрических свойств даже к малым примесям кислорода и азота.

В связи с этим необходимо учесть, что процессы испарения карбидов титана, циркония и ниобия сопровождаются их частичной термической диссоциацией на атомы металлов и атомы и молекулы углерода.

Исключительно активные геттеры: титан, цирконий и ниобий могут вступать в химическое взаимодействие с атомами газов, адсорбированных подложкой, и остаточными газами. Поскольку на дефектах внедрения происходит более значительное рассеяние электронов проводимости, чем на структурных несовершенствах типа дислокаций, двойников, большеугловых границ зерен и т.п., а вероятность их появления определяется энергией активации сорбции и экспоненциально зависит от температуры конденсата, то крутизна спада зависимости электросопротивления от температуры конденсации будет наибольшей у более активных в химическом отношении материалов. Это и наблюдается у конденсатов карбидов, для которых как величина удельного электросопротивления, так и крутизна спада его зависимости от температуры конденсации, уменьшаются в направлении снижения химической активности металлов титана→циркония→ниобия.

Хорошо известно, что удельное электросопротивление тонких пленок резко возрастает до значений, на несколько порядков превышающих удельное сопротивление массивных образцов, при некоторой критической толщине. Аналогичное, изменение удельного электросопротивления отмечается у пленок карбидов титана, циркония и ниобия (рис.7б). Относительно большие значения критических толщин (0,2...0,6 мкм), полученные для карбидов, свидетельствуют о значительном количестве "замороженных" дефектов и чувствительности пленок к загрязнениям. Несколько большее значение критической толщины у соединений титана связано, видимо, с высокой активностью титана.

На удельное электросопротивление пленок карбидов титана, циркония и ниобия также влияет скорость конденсации (рис.7в). При этом отмечается резкое уменьшение удельного электросопротивления на начальных участках кривых, достижение минимумов и дальнейшее более плавное увеличение сопротивления с возрастанием скорости конденсации. Резкий спад удельного сопротивления при повышении скорости конденсации на начальном участке зависимости обусловлен, по-видимому, уменьшением влияния газовых примесей. Дальнейшее увеличение скорости конденсации, приводит к монотонному возрастанию удельного сопротивления, что, вероятно, связано с увеличением числа дефектов кристаллической решетки, и, возможно, некоторым изменением состава конденсатов, который зависит от температуры испарителя.

Следует отметить, что положения минимумов (рис.7) несколько различно для карбида титана (0,4 мкм/мин), карбида циркония и карбида ниобия (0,2...0,3 мкм/мин), что, по-видимому, связано с более высокой химической активностью титана и сильной зависимостью удельного сопротивления его карбида от газовых примесей.

Удельное электросопротивление пленок диборидов титана и циркония, полученных при температуре осаждения 323...873 К, превышает удельное электросопротивление массивных беспористых материалов высокой чистоты в 150...200 раз. Несколько худшая электропроводность диборидов в сравнении с карбидами связана, возможно, с влиянием примесей углерода в исходных материалах и склонностью первых к образованию мелкодисперсной структуры пленок.

Зависимость удельного электросопротивления от толщины пленки конденсатов диборида титана и диборида циркония, осаждавшихся в различных условиях (T_n - 400, 473, 623, 873 К; V - 0,1 и 0,5 мкм/мин) показаны на рис.8. Как видно из рисунка, наибольшее влияние на электропроводность конденсатов

дихридов оказывает температура подложки, с ростом которой значение удельного электросопротивления уменьшается.

Оценка стабильности электросопротивления определялась по необратимому его изменению при циклических нагревах и охлаждениях в вакууме, следующих непосредственно за осаждением пленки.

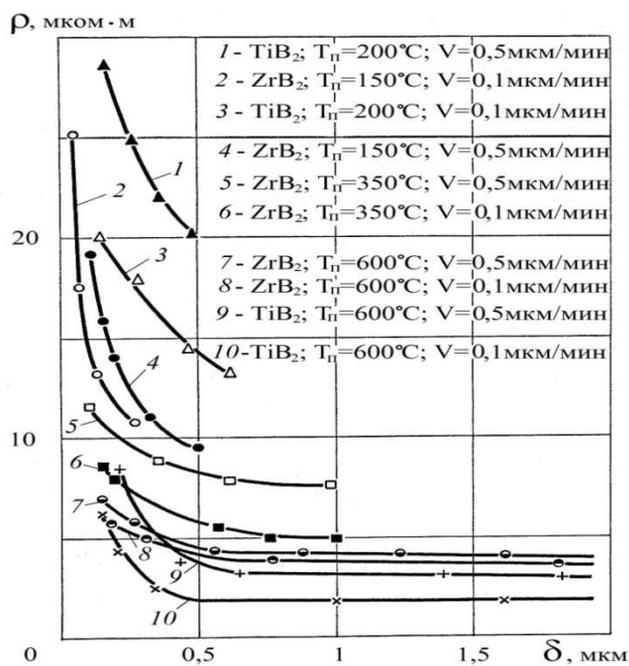


Рисунок 8 – Изменение удельных электросопротивлений в зависимости от толщины конденсаторов диборидов титана и циркония

Как показали исследования, конденсаты, полученные при температуре подложки 573 К, обладают высоким уровнем шумов при пропускании тока. Возможно, это вызвано высокой микропористостью и низкой связью субзерен, в результате чего не удалось выяснить влияние отжига на электросопротивление. Повышение температуры конденсации приводит к снижению уровня шумов. Для конденсаторов, полученных при 623 К, изменение электросопротивления после 20 термоциклов составляет 10...20% (карбиды титана, циркония и ниобия) и 20...30% (дибориды титана и циркония). Прогрев подложки до 800...873 К обеспечивает получение пленок, сопротивление которых очень незначительно увеличивается (на 0,1...0,5% за 20 термоциклов). Наблюдаемое изменение может быть вызвано некоторой несогласованностью коэффициентов термического расширения подложки и конденсата или влиянием остаточных газов, адсорбируемых поверхностью осаждаемого слоя.

Еще более характерным признаком механизма проводимости пленок является то, что они обладают обычно малым температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), а в отдельных случаях значение его становится отрицательным. Отрицательные значения ТКС часто наблюдаются в пленках тугоплавких металлов, которые имеют большое сродство к кислороду. Вследствие этого в пленках может образоваться тонкий диэлектрический слой окисла по границам зерен конденсата, в результате чего эти зерна оказываются

электрически изолированными друг от друга. В этом случае для переноса заряда требуется активация, что и приводит к отрицательным значениям ТКС.

Для исследуемых пленок термический коэффициент сопротивления определялся с помощью контактного приспособления с пружинным прижимом и серебряными контактами по изменению электросопротивления образцов при нагреве от комнатной температуры до 373...423 К. Контроль температуры осуществлялся ХК - термопарой и ртутным термометром.

Исследованиями температурной зависимости электросопротивления конденсатов карбида титана, циркония, ниобия и диборида титана и циркония установлено, что последние характеризуются исключительно низким ТКС, величина которого оказывается меньшей в среднем на 2 порядка, чем у соответствующих массивных материалов. Это хорошо объясняется ранее выявленными особенностями – высокой дисперсностью строения, большими напряжениями, концентрацией дефектов структуры.

Как видно из графиков (рис.9), повышение температуры осаждения карбидов титана, циркония, ниобия и диборидов титана и циркония приводит к уменьшению температурных коэффициентов сопротивления. Можно предположить, что это связано с изменениями в структуре, в результате которых укрупняются блоки, уменьшается протяженность границ и количество дефектов.

Особенностью ТКС пленок тугоплавких соединений является большой разброс значений. С уменьшением температуры осаждения область возможных значений расширяется. Для низкотемпературных конденсатов ТКС не смогли определить из-за высокого уровня шумов при пропускании тока.

Термоэлектродвижущая сила в большей степени, чем другие свойства, чувствительна к условиям получения пленок, влиянию примесей. В связи с этим определенный интерес представляет изучение коэффициента термо-э.д.с. пленок. Измерение электродвижущей силы изучаемых конденсатов проводилось в контакте с медью по стандартной методике.

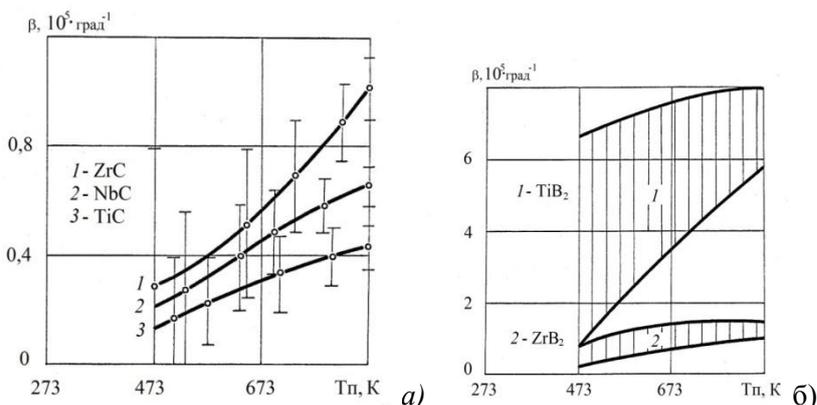


Рисунок 9 – Зависимости ТКС конденсированных карбидов титана, циркония, ниобия и диборидов титана и циркония от температуры подложки

На рис.10 представлены значения коэффициента термо-э.д.с. пленок карбидов титана, циркония и ниобия, диборидов титана и циркония толщиной 0,5...0,8 мкм, осаждавшихся при температуре подложки от 473 до 873 К. Значительный разброс экспериментальных данных позволил определить лишь области значений коэффициента термоэлектродвижущей силы, которая составляет около 1 мкВ/ К для диборида титана и диборида циркония, 2 мкВ/ К для диборида циркония и ниобия и 4 мкВ/ К для карбида

титана. Указанный разброс значений коэффициента термоэлектродвижущей силы не связан с ошибками при его определении, так как для измерения использован потенциометр Р348 класса 0,002. Наиболее вероятно наблюдаемый разброс обусловлен чувствительностью термо-э.д.с. к условиям конденсации.

Тем не менее, из анализа кривых следует, что конденсаты карбидов титана, циркония, ниобия и диборидов титана, ниобия характеризуются по отношению к меди отрицательной термоэлектродвижущей силой, коэффициент которой увеличивается с ростом температуры подложки. Полученные зависимости термоэлектродвижущей силы пленок от температуры подложки объясняются структурными изменениями при нагреве, и, возможно, некоторыми отклонениями от стехиометрического состава при испарении и наличием адсорбированных газов. Конденсаты, полученные при температуре 800...873 К, характеризуются термоэлектрическими свойствами, близкими к свойствам массивных материалов.

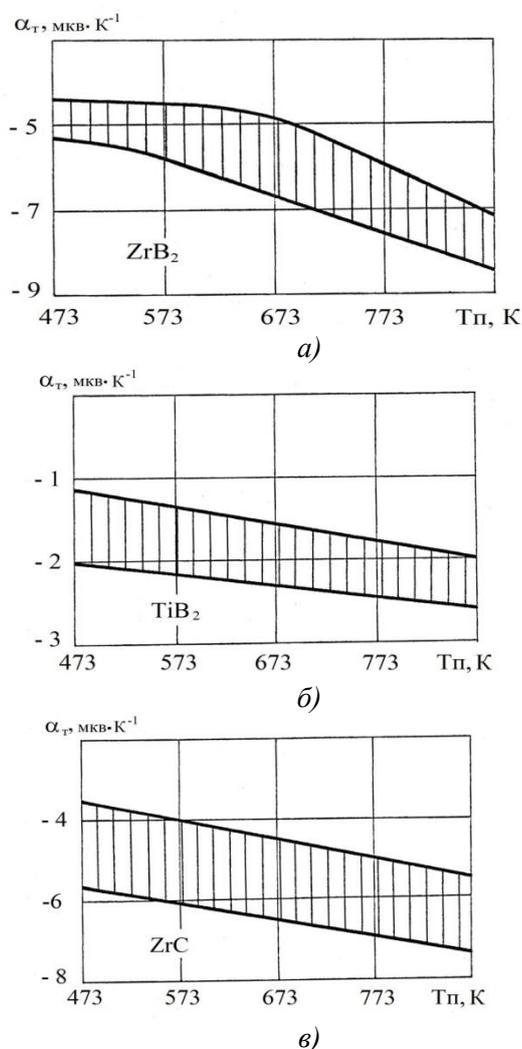


Рисунок 10 – Зависимость коэффициентов термо-э.д.с. тугоплавких соединений от температуры подложки

Исследования термоэлектродвижущей силы конденсатов, полученных при различных скоростях осаждения, позволили установить связь этих параметров. Повышение скорости конденсации сопровождается увеличением коэффициента термоэлектродвижущей силы (рис.11), что по-видимому, связано с изменениями в микроструктуре конденсатов.

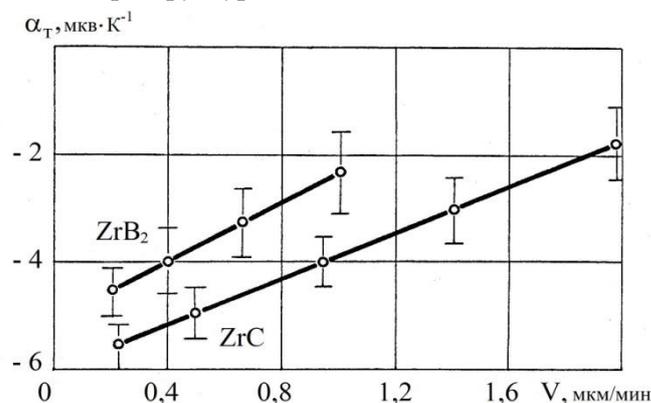


Рисунок 11 – Изменение коэффициентов термо-э.д.с. конденсированных карбида и диборида циркония в зависимости от скорости осаждения

В связи с предполагаемым использованием исследуемых конденсатов для изготовления пленочных переменных резисторов были изучены их контактные свойства. Исследование контактных свойств конденсированных материалов сводилось к определению переходного сопротивления сферической головки (радиуса 2 мм) из серебра или палладий-иридиевого сплава ПдИ-10 и пленкой, сконденсированной на медной подложке. На рис.12 приведены полученные зависимости переходного сопротивления конденсата от нагрузки на серебряный электрод. Как следует из рис.12, переходное сопротивление свежесаждаемой пленки резко убывает с увеличением нагрузки до некоторого значения. Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к незначительному изменению контактного сопротивления и при некотором давлении исследуемые зависимости переходят в асимптотические кривые, почти параллельные оси абсцисс.

Сравнение отдельных кривых (рис.12) показывает, что контактные свойства улучшаются в направлении: диборид титана→диборид циркония→карбид титана→карбид циркония→карбид ниобия.

Улучшение контакта приводит одновременно к снижению величины переходного сопротивления при одинаковых нагрузках и к смещению начала перехода в асимптотическую зависимость. Так, при нагрузке 15 г сопротивление в месте контакта со сферой из ЦдИ-10 равно 0,12; 0,8; 0,06; 0,03 и 0,02 ом соответственно для диборида титана, диборида циркония, карбида титана, карбида ниобия (рис.12). Переход к линейным зависимостям переходного сопротивления материалов от нагрузки, расположенных в той же последовательности, происходит при нагрузках 19-20, 18-19, 17-18, 14-15 и 11-12 г. Наименьшее переходное сопротивление карбида ниобия связано, возможно, и с тем, что в отличие от непроводящих окислов титана и циркония, окислы ниобия имеют проводимость того же порядка, как у его карбида.

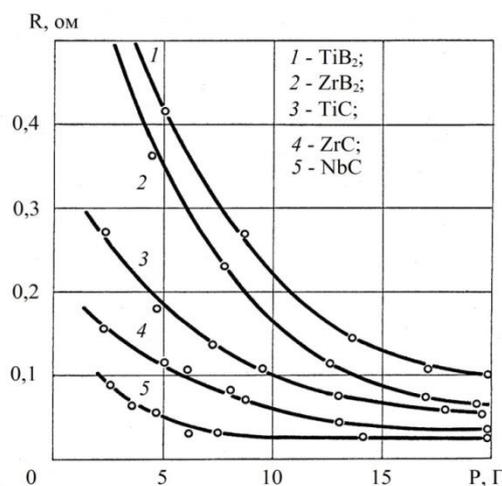


Рисунок 12 – Зависимости переходных сопротивлений от нагрузки контакта из ПДИ-10

Пребывание конденсатов в условиях тропического климата (влажность 90%, температура 313 К) в течение 20 суток не влияет на контактные свойства конденсированных диборидов титана и циркония и карбидов титана, циркония и ниобия.

С учетом того, что в условиях работы скользящего контакта при значительных токовых нагрузках могут создаваться локальные перегревы материала пленки, проведена ориентировочная оценка стойкости изучаемых материалов к термическим воздействиям на воздухе. С этой целью производился нагрев конденсатов в муфельной печи и визуальное наблюдение за образованием окислов по появлению цветных окисных пленок на зеркальной поверхности осажденных слоев.

Конденсаты карбидов титана, циркония и ниобия начинают окисляться при температурах 773...823 К, что соответствует литературным данным для массивных карбидов. Пленки диборидов титана и циркония образуют заметные окисные пленки при более высоких температурах (диборид титана при 873...923 К, диборид циркония при 973...1023 К). Однако это несколько ниже, чем у массивных материалов, что, вероятно, связано с высокой дисперсностью строения.

ВЫВОДЫ

1. Технология электронно-лучевого испарения и конденсации карбидов и боридов в вакууме перспективна для получения резистивных элементов с высокими механическими свойствами и стойкостью в условиях скользящего контакта при повышенных температурах.

2. Вакуумные конденсаты карбидов титана, циркония и ниобия, диборидов титана и ниобия, полученные электронно-лучевой технологией, отвечают техническим условиям на резистивные материалы и обеспечивают:

а) высокое удельное электросопротивление, малый температурный коэффициент сопротивления с достаточно низким уровнем шумов;

б) коррозионную стойкость к атмосферным воздействиям при температуре 573...973 К, стойкость в условиях работы скользящего контакта при протекании сильных токов и при повышенных температурах (473 К);

в) хорошие контактные свойства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ненашев, А.П. Конструирование радиоэлектронных средств [Текст] // А.П. Ненашев. – М.: Высшая школа, 1990. – 442 с.
2. Копылов, И.П. Справочник по электрическим машинам ТЗ [Текст] // И.П. Копылов. – М.: Энергия, 1988. – 728 с.
3. Самсонов, Г.В. Тугоплавкие соединения [Текст] // Г.В. Самсонов, И.М. Винницкий. – М.: Металлургия, 1976. – 566 с.
4. Костиков, В.И. Сверхвысокотемпературные композиционные материалы [Текст] // В.И. Костиков, И.М. Вареников. – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. – 560 с.
5. Мовчан, Б.А. Электронно-лучевое испарение и осаждение из паровой фазы материалов в вакууме / Б.А. Мовчан, Н.Д. Тутов // Известия КурскГТУ. 2009. №1 (26). С. 12-18.
6. Мовчан, Б.А. Микро- и наноструктура конденсатов неорганических веществ, осаждаемых из паровой фазы в вакууме / Б.А. Мовчан, Н.Д. Тутов // Известия КурскГТУ. 2009. №3 (28). С. 59-66.
7. Федорченко, И.М. Свойства порошков металлов, тугоплавких соединений и спеченных материалов [Текст] // И.М. Федорченко. – К.: Наукова Думка, 1978. – 184 с.
8. Ушакова, С.Е. Влияние условий конденсации на адгезию медных пленок с подслоем хрома, нанесенных на керамические подложки / С.Е. Ушакова, Н.Д. Тутов, А.А. Вяльцев // Электронная техника. 1983. Сер.7. Вып.3 (118). С. 17-19.
9. Ушакова, С.Е. Адгезионная прочность медных пленок / С.Е. Ушакова, Н.Д. Тутов, А.А. Вяльцев // Пробл. спец. электрометаллургии. 1987. №3. С. 50-52.

УДК 637.2+631.242.34

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛИВОЧНОГО МАСЛА

- © **В.С. Парфенов**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия
(г. Пенза, Россия)
- © **А.В. Яшин**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия
(г. Пенза, Россия)
- © **Ю.В. Польшяный**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия
(г. Пенза, Россия)

MILKCHURN FOR SMALL-SCALE FARMS

- © **V. S. Parfyonov**, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)
- © **A. V. Yashin**, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)
- © **Y. V. Polyvnyan**, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)

В хозяйствах с небольшой программой производства сливочного масла преимущественно используются маслоизготовители периодического действия с вращающимися рабочими органами. Анализ применяемых устройств позволяет сделать вывод о том, что сбивание сливочного масла и его выгрузка являются энерго- и трудоемкими. Актуальной задачей на современном этапе развития является проблема создания эффективных маслоизготовителей, обеспечивающих минимальные затраты энергии и труда в процессе работы.

Ключевые слова: бегущая волна, маслоизготовитель периодического действия, механизм сбивания, сливки.

Often in farms with the small program of production of butter milkchurn of periodic action with rotating working bodies use. The analysis of applied devices allows to draw a conclusion that knocking down of butter and its unloading are power - and labor-consuming. Actual task at the present stage of development is the problem of creation of the effective milkchurn of periodic action providing the minimum expenses of energy and work in the course of work.

Key words: running wave, milkchurn of periodic action, the knocking down mechanism, cream.

E-mail: mr.polyvyanyu@mail.ru

Маслоизготовитель периодического действия [1- 4] (рис.1) состоит из цилиндрической горизонтально расположенной емкости 1, механизма сбивания 4, механизма выгрузки 6. Емкость может поворачиваться на 180° относительно своей оси из рабочего положения при сбивании сливочного масла в положение выгрузки и, наоборот, по направляющей 15. Направляющая расположена на раме 9 и емкости 1, между которыми размещены ролики 14. Закрепление емкости 1 в положении при сбивании сливочного масла и его выгрузки производится фиксаторами 13. Механизм сбивания 4 расположен с эксцентриситетом относительно оси емкости 1. С целью подачи газа он выполнен в виде полого ротора с отверстиями 5. Для подачи газа от компрессора к маслоизготовителю предусмотрен нагнетательный трубопровод 11. Избытки газа из емкости 1 отводятся с помощью выпускного клапана 3.

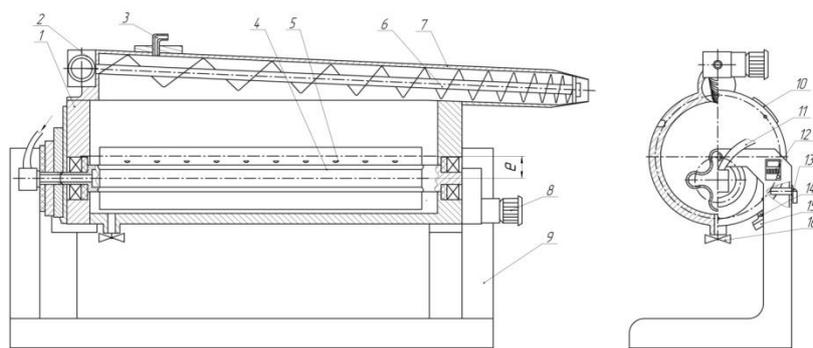


Рисунок 1 – Общий вид маслоизготовителя периодического действия
1 – емкость; 2 – привод; 3 – клапан выпускной; 4 – механизм сбивания;
5 – отверстие; 6 – шнек выгрузной; 7 – канал выгрузной; 8 – привод;
9 – рама; 10 – люк загрузочный; 11 – трубопровод нагнетательный;
12 – устройство управления; 13 – фиксатор; 14 – ролик;
15 – направляющая; 16 – кран

Поперечное сечение ротора механизма сбивания 4 имеет замкнутый синусоидальный профиль. Для снижения трудоемкости выгрузки предусмотрен выгрузной шнек 6 с переменным шагом навивки по ходу выгрузки сливочного масла. Выгрузной шнек закреплен в выгрузном канале 7 и установлен под углом. Его применение способствует пластификации масляного пласта, а также удалению излишков влаги. На боковой поверхности емкости, выше ее оси, установлен загрузочный люк 10 для загрузки сливок перед сбиванием и воды перед промывкой сливочного масла. С целью контроля процесса сбивания люк 10 выполненный из прозрачного материала.

Ротор механизма сбивания 4 приводится во вращение посредством устройства управления 12 и привода 8. Выгрузной шнек 6 приводится во

вращение посредством привода 2. В нижней части емкости 1 установлен кран 16 для слива пахты.

Работают с установкой следующим образом. Емкость 1 заполняют сливками через загрузочный люк 10 на 50...70% от ее объема. После этого загрузочный люк 10 закрывают. Затем посредством устройства управления 12 и привода 8 ротор механизма сбивания 4 приводится в движение с требуемой частотой вращения. По нагнетательному трубопроводу 11 осуществляют подачу газа. При вращении ротора механизма сбивания 4 сливки активно перемешиваются (рис. 2), образуя два фронта волны. Передняя часть волны вытесняет сливки в их основной поток, а задняя часть откачивает их, что приводит к возникновению «бегущей волны» [5, 6], которая заставляет двигаться слой сливок по образующей ротора. С ростом окружной скорости сливок сопротивление на их перемешивание уменьшается, а при достижении равенства окружной скорости «бегущей волны» и сливок оно значительно сокращается, что и приводит к уменьшению сопротивления на вращение механизма сбивания.

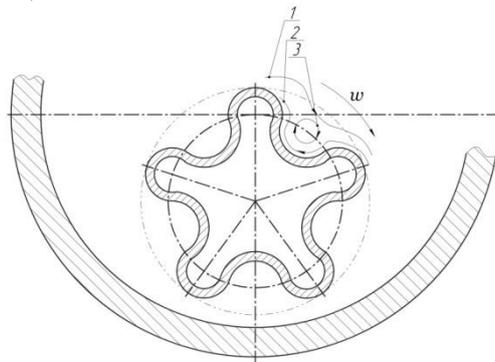


Рисунок 2 – Схема движения сливок по профилю ротора
1 – передний фронт волны; 2 – задний фронт волны;
3 – турбулентный поток; ω – угловая скорость механизма сбивания

Одновременно с этим сливки подвергаются барботированию газом, что способствует интенсивному пенообразованию и ускорению процесса образования масляного зерна. В процессе воздействия газа образуются пустоты в результате разрыва потока при критической скорости в местах пониженного давления. Происходит появление новых поверхностей раздела внутри объема сливок. Жировые шарики поначалу выделяются на вновь образующуюся поверхность раздела, а затем происходит обрушение полости потоками жидкости повышенного давления. При этом конденсируются пары и растворяются газы. Избытки воздуха удаляются из емкости 1 через выпускной клапан 3. После получения масляного зерна привод 8 отключают и открывают кран 16 для слива пахты. Затем кран 16 закрывают и заливают через загрузочный люк 10 в емкость 1 воду для промывки масляного зерна, приведя во вращение ротор 4 посредством привода 8 и устройства управления 12 с необходимой частотой вращения. После промывки масляного зерна привод 8 отключают и открывают кран 16 для слива воды. Затем маслоизготовитель устанавливают в положение выгрузки сливочного масла, повернув его на 180° относительно своей оси из рабочего положения по направляющей 15 и закрепляют фиксаторами 13. Производят выгрузку масляного зерна с помощью выгрузного шнека 6. Благодаря переменному шагу навивки выгрузного шнека 6 масляное зерно, проходя по выгрузному каналу 7, подвергается дополнительной

механической обработке, что способствует доведению масляного пласта до однородной структуры сливочного масла.

Таким образом, разработанная нами конструкция маслоизготовителя периодического действия позволяет снизить продолжительность сбивания сливочного масла, сократить энергоемкость сбивания и трудоемкость выгрузки сливочного масла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яшин, А.В. Маслоизготовитель для фермерских хозяйств / А.В. Яшин, В.С. Парфенов // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 2007. – №3. – С.18.
2. Стригин, В.Н. Разработка изготовителя масла периодического действия для фермерских хозяйств / В.Н. Стригин, В.С. Парфенов, А.В. Яшин, С.В. Стригин // *Техника в сельском хозяйстве*. – 2010. – №1 – С. 8-10.
3. Парфенов, В.С. Новое в механизации производства сливочного масла для малых сельскохозяйственных товаропроизводителей / В.С. Парфенов, А.В. Яшин, В.Н. Стригин // *Нива Поволжья*. – 2010. – №2(15) – С. 70-73.
4. Пат. 2491813 РФ, МПК А 01J15/00. Маслоизготовитель периодического действия / В.С. Парфенов, А.В. Яшин, Ю.В. Польшваный, В.Н. Стригин. – № 2012129083/10; Заявлено 10.07.2012; Оpubл. 10.09.2013, Бюл. № 25.
5. Добролюбов, А.И. Скольжение, качение, волна / А.И. Добролюбов. – 2-е изд., испр. – М.: Едиториал УРСС, 2005 –160 с.
6. Добролюбов, А.И. Бегущие волны деформации / А.И. Добролюбов. – 2-е изд., испр. – М.: Едиториал УРСС, 2003 –144.

УДК 621.855.26

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛАСТИН НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ПРИВОДНЫХ ЦЕПЕЙ МАЛЫХ ШАГОВ КОНВЕЙЕРОВ

- © **Г.В. Авроров**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **А.С. Викулов**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **А.Н. Потемкин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Н.В. Романовская**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

INFLUENCE OF MANUFACTURING TECHNIQUES OF PLATES ON THE FATIGUE DURABILITY OF DRIVING CHAINS OF SMALL STEPS

- © **G.V. Avrorov**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **A.S. Vikulov**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **A.N. Potemkin**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **N.V. Romanovska**, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье проведены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния изогнутости пластин приводных цепей малых шагов на снижение их усталостной прочности, даны рекомендации по совершенствованию технологии изготовления.

Ключевые слова: приводные цепи малых шагов, изогнутость пластин цепи, усталостная прочность, усталостные разрушения, технология изготовления пластин.

In article results of theoretical and pilot studies of influence of curvature of plates of driving chains of small steps on decrease in their fatigue durability are carried out, recommendations about manufacturing techniques improvement are made.

Key words: driving chains of small steps, curvature of plates of a chain, fatigue durability, fatigue failures, manufacturing techniques of plates.

E-mail: vklv@rambler.ru, pan580@yandex.ru, pan058@yandex.ru

При штамповке пластина приводной цепи подвергается чистому изгибу в двух перпендикулярных направлениях моментами, равномерно распределенными по ее краям (рисунок 1). На рисунке 1 M_1 – изгибающий момент, приходящийся на единицу длины края параллельно оси Y . Здесь $M_1 = P_1 \cdot a$, где P_1 – усилие деформирования поперек волокон листовой стали; a – зазор между пуансоном и матрицей.

M_2 – изгибающий момент, приходящийся на единицу длины края параллельно оси X . $M_2 = P_2 \cdot a$, где P_2 – усилие деформирования вдоль волокон листовой стали. $M_1 > M_2$, так как $P_1 > P_2$.

Поверхностные волокна пластины при ее вырубке на стороне, обращенной к матрице, становятся выпуклыми из-за остаточных напряжений растяжения. Сторона же, обращенная к пуансону, становится вогнутой из-за остаточных напряжений сжатия. Изогнутость пластины увеличивается в случае пробивки отверстия с вогнутой стороны заготовки пластины и при отсутствии прижима заготовки к матрице. При пробивке отверстий с выпуклой стороны заготовки пластины, ее неплоскостность уменьшается, но между отверстиями появляется вогнутость, меньшая, чем с противоположной стороны (рисунок 2).

При сборке звеньев цепи перекося осей валиков и втулок – вследствие пространственной неперпендикулярности осей отверстий изогнутых пластин к их плоскостям, способствует как плоскому, так и винтовому извороту звеньев, возникновению в пластинах монтажных напряжений (рисунок 3,а).

От действия растягивающего усилия в ведущей ветви цепной передачи, вследствие внутренней бочкообразности втулок и малой жесткости валиков, а также наличия осевого зазора между пластинами звеньев, пластины также неизбежно подвергаются изгибу, ввиду чего поверхностные слои внешних сторон пластин внутренних звеньев растягиваются (выпуклостью наружу, относительно продольной оси цепи), а пластины наружных звеньев – сжимаются (выпуклостью внутрь) (рисунок 3,б.) [1].

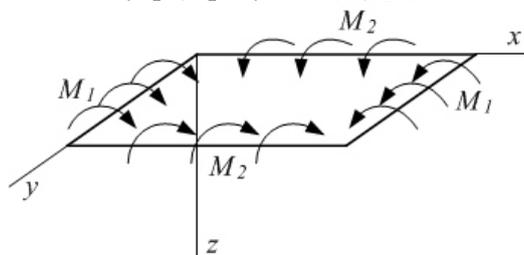


Рисунок 1 – Схема изгиба заготовки пластины в двух перпендикулярных направлениях. M_1 – изгибающий момент, приходящийся на единицу длины края параллельно оси Y . M_2 – изгибающий момент, приходящийся на единицу длины края параллельно оси X

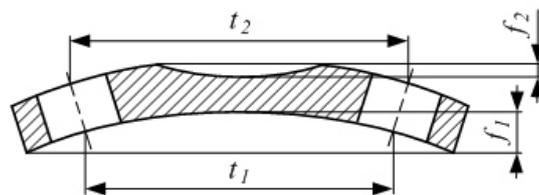


Рисунок 2 – Макрогеометрия пластин приводной цепи. Δt – разноразмерность шагов отверстий пластин

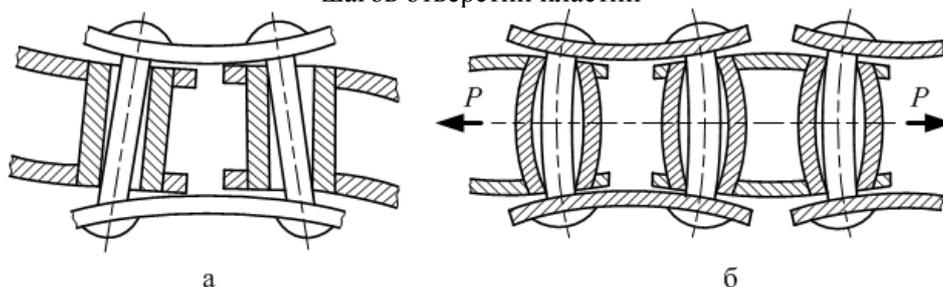


Рисунок 3 – Особенности сборки приводных цепей;

- а - характер сопряжений валиков и втулок с учетом изогнутости пластин;
- б - характер деформаций пластин приводной цепи от действия растягивающего усилия

Несовпадение направлений изогнутостей пластин, зависящих от технологического и силового факторов, могут в итоге привести к тому, что сжатые, возникшие при изготовлении пластин, будут растягиваться при работе цепи, а растянутые волокна – сжиматься.

Таким образом, совместные действия технологического и силового факторов при описанной макрогеометрии пластин способствует снижению усталостной прочности поверхностных слоев пластин.

С целью проверки влияния ориентации изогнутости пластин на их усталостную прочность были изготовлены 4 вида опытных цепей ПР-15.875-2300-1 с пластинами, различно ориентированными по выпуклости и изогнутости относительно продольной оси звена (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты испытаний опытных звеньев

Разновидности опытных звеньев	Корреляционное уравнение	Каноническое уравнение
Ориентация пластин выпуклостью наружу относительно продольной оси звеньев цепи (кривая 1)	$\lg N_i = 20,25 - 5,02 \lg P_i$	$P_i^{5,02} \cdot N_i = \text{const}$
Ориентация пластин внутренних звеньев выпуклостью наружу и внутрь для пластин наружных звеньев (кривая 2)	$\lg N_i = 20,04 - 5,01 \lg P_i$	$P_i^{5,01} \cdot N_i = \text{const}$
Ориентация пластин внутренних звеньев выпуклостью внутрь и наружу для пластин наружных звеньев (кривая 3)	$\lg N_i = 19,6 - 4,89 \lg P_i$	$P_i^{4,89} \cdot N_i = \text{const}$
Ориентация изогнутости пластин выпуклостью внутрь (кривая 4)	$\lg N_i = 29,175 - 4,76 \lg P_i$	$P_i^{4,76} \cdot N_i = \text{const}$

Экспериментальные исследования усталостной прочности отрезков цепей проводились на пульсаторе рычажно-роторного типа, позволяющем использовать до восьми образцов при высокой стабильности нагрузки испытания за счет использования совершенной конструкции нагрузочного устройства, работающего при помощи пневматики [2].

Методика усталостных испытаний на пульсаторе была следующей. Испытывались по четыре отрезка на четырёх уровнях нагрузки. Длина каждого отрезка составляла девять звеньев, причем крайними являлись внутренние. Испытываемые отрезки доводились до разрушения какого-либо из элементов звена. Ввиду того, что для усталостных испытаний характерен значительный разброс результатов, полученные экспериментальные данные были подвержены статистической обработке [4, 5].

Результаты опытов выявили следующее:

1. Разрушение пластин наружного звена не наблюдалось;
2. Слабым элементом звена цепи является пластина внутреннего звена;
3. Корреляционное уравнение кривых усталости дает политропу

$P_i^m \cdot N_i = const$, а показатель степени m лежит в пределах 4,76...5,02. Здесь P_i - нагрузка испытания, N_i - число циклов до разрушения.

Результаты испытаний сведены в табл. 1 и представлены графически на рисунке 4. Наиболее высокую разрушающую нагрузку показали цепи, у которых внутренние и наружные пластины ориентированы выпуклостью наружу, а наименьшую – с противоположной ориентацией. С учетом характера деформаций пластины от действия растягивающего усилия знак напряжений в их поверхностных слоях не меняется при ориентации пластин внутреннего звена выпуклостью наружу, а для пластин наружного звена – выпуклостью внутрь. Противоположная ориентация изогнутости приводит к значительному изменению упругого состояния поверхностных слоев пластин и снижает усталостную разрушающую нагрузку, хотя максимальные напряжения уменьшаются.

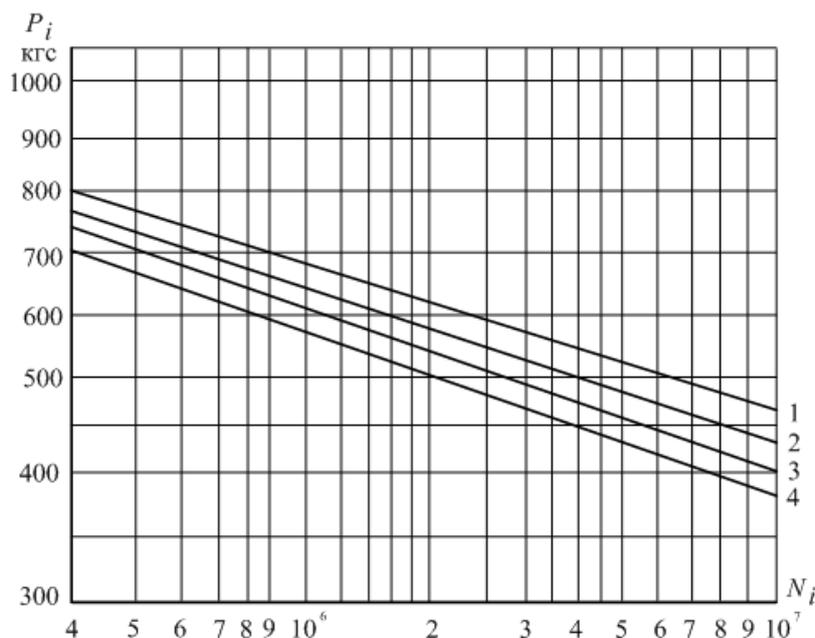


Рисунок 4 – Влияние кривизны пластин на их усталостную прочность

Таким образом, усталостные разрушения пластин зависят не только от их напряженности, а также от характера изменения упругого состояния поверхностных слоев, зависящего от изогнутости пластин. Учитывая отсутствие разрушения пластин наружных звеньев, для повышения работоспособности внутренних пластин цепей ПР-15.875-2300-1 можно рекомендовать ориентацию кривизны выпуклостью наружу для обоих видов пластин.

Ориентацию изогнутости можно проводить по фаскам. Последние накладываются по контуру пластины с целью устранения заусенцев, возникающих при вырубке пластины со стороны пуансона (вогнутая сторона). Подобная конструкция пластин способствует лучшему зацеплению и цепь имеет хороший внешний вид. К тому же при наложении фасок производится частичная рихтовка пластин.

При переходе от восьмеркообразной формы пластин к прямобочной происходит уменьшение кривизны последних, что является резервом повышения их усталостной прочности [3].

Отметим, что показатель степени “ m ” канонических уравнений кривых выносливости не равен 9, изменяется от 4,76 (при ориентации выпуклостью внутрь звена) до 5,02 (при ориентации выпуклостью наружу), что дополнительно говорит о том, что усталостное разрушение не следует прямо связывать с пределом выносливости материала пластин.

Выводы

При существующей технологии изготовления приводных цепей малых шагов дифференциация процессов вырубке пластин по контуру и пробивка в них отверстий приводит к значительной изогнутости пластин, способствует перекосу осей валиков и втулок и возникновению в пластинах монтажных и, соответственно, внутренних напряжений, снижающих долговечность и надежность работы цепей.

2. Экспериментальными исследованиями напряженности пластин установлено, что их усталостное разрушение зависит от изменения упругого состояния поверхностных слоев пластин. Значения показателей кривых выносливости, которые изменялись в пределах от 4,76 до 5,02, зависят в первую очередь от кривизны пластин и их ориентации.

3. Для повышения качества цепей малых шагов (12,7...15,875) рекомендуются следующие мероприятия:

- а) совмещение операции вырубке пластин по контуру и пробивки в них отверстий;
- б) применение лент с жесткими допусками по толщине;
- в) ориентация изогнутостей пластин внутренних звеньев выпуклостью наружу относительно продольной оси звена;
- г) Уменьшение зазоров между пуансоном и матрицей при вырубке пластин по контуру и пробивке в них отверстий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев Н.В. *Цепные передачи*, М.: Машиностроение, 1968.
2. Романовский Б.В., Шаклин И.В. *Стенд для испытания приводных цепей на усталостную прочность. Информационный листок № 99-74, Кировский территориальный центр научно-технической информации и пропаганды. Киров, 1974.*

3. Романовский Б.В., Столбин Г.Б. Влияние макрогеометрии и формы пластин роликовых цепей на усталостную прочность пластин. Сборник "Механические передачи" (Цепи и зубчатые ремни) Под. ред. Г.Б. Столбина, НИИМАШ, 1971.
4. Серенкин С.В., Степнов М.Н. Планирование и статистическая обработка результатов усталостных и длительных статических испытаний материалов и элементов конструкций. Машиностроение, 1970.
5. Чатынян Р.М. Методика статистической обработки результатов малого цикла усталостных испытаний. Известия вузов, Машиностроение №6, 1963.

УДК 681.3.067

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СУШИЛКИ КИПЯЩЕГО СЛОЯ

© *А.Б. Терентьев, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

© *К.Ю. Мокроусова, Пензенский государственный технологический
университет (г. Пенза, Россия)*

© *С.В. Чекайкин, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

ENERGY RESEARCH WORK DRYER FLUIDIZED LAYER

© *A.B. Terentev, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© *K.Y. Mokrousova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© *S.W. Chekaykin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Статья посвящена рассмотрению тепловых процессов, протекающих в сушилке «кипящего слоя», которые работают на дешевом и доступном топливе – биогазе и попутном газе.

Ключевые слова: зерносушилка, биогаз, попутный газ, горение, тепловой баланс, энергоэффективность.

The article considers the thermal processes occurring in the dryer "fluidized layer" that work on the cheap and available fuel - biogas and associated gas.

Key words: Grain drying, biogas, passing gas, combustion, heat balance, energy efficiency.

E-mail: kristis.07@mail.ru; abris_pgta@mail.ru

Одним из наиболее эффективных способов сушки зерна и других сыпучих сельскохозяйственных продуктов является сушка в восходящем потоке нагретых газов, образующем «кипящий слой» материала.

В качестве нагретых газов в основном используется горячий воздух, высокая температура которого обеспечивается применением различных нагревательных устройств. Работа этих устройств требует значительных затрат различных видов энергии. В настоящее время известна конструкция энергоэффективной зерносушилки [1, 2], которая обеспечивает формирование восходящего потока горячих газов за счет перепада температур на входе и выходе установки, а также благодаря особенностям ее конструкции. Однако работа сушилки зависит от внешних условий – температуры окружающего воздуха, наличия солнечной радиации и т.д. Свести к минимуму такую зависимость и обеспечить полную автономность работы сушилки может

применение в качестве сушильного агента высоконагретых продуктов горения либо биогаза, либо попутного газа. Запас таких источников тепловой энергии практически неисчерпаем, весьма доступен, и их использование не влечет за собой больших экономических затрат [2].

На рис. 1 представлена схема установки для сушки зерна и других сыпучих материалов, работающей на сжигании биогаза (попутного газа).

Установка «кипящего слоя» предназначена для сушки твердых сыпучих материалов в восходящем нагретом потоке газов, температура и скорость которого зависит от степени нагрева и расхода продуктов горения биогаза или попутного нефтяного газа, образующихся на входе в сопловые блоки при работе горелок.

Установка содержит следующие основные узлы и детали:

сопловой блок из шести одинаковых секций 1 прямоугольного переменного сечения, суживающихся к центру;

конусоидальная башня, состоящая из нижнего конуса 2 и сопрягаемого верхнего конуса 3, в которой размещены решетка 5, устройства загрузки и выгрузки материала 6, 7;

система генерации высоконагретых газообразных продуктов горения биогаза (попутного газа), включающая баллон с биогазом (попутным газом) 8, горелки 4 и газопроводы.

Установка работает следующим образом. Влажный материал через устройство загрузки 7 (в верхнем положении) подается на решетку 5. Конструкции соплового блока, нижнего и верхнего конусов способствует созданию естественной тяги при определенном перепаде температур на входе в сопловой блок 1 и выходе из верхнего конуса 3. Однако параметры воздушного потока сильно зависят от внешних погодных условий. Этот недостаток устраняется применением биогаза или природного газа в качестве источников энергии для обеспечения необходимого режима сушки.

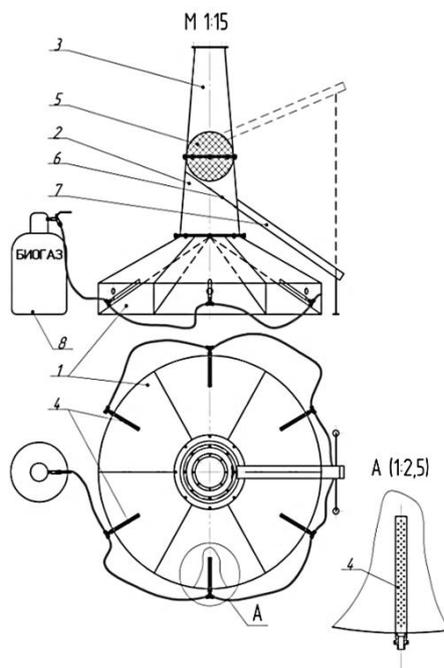


Рисунок 1 –Установка кипящего слоя

Биогаз (попутный газ) по газопроводам поступает в горелки 4, где происходит его сжигание. Образующиеся высоконагретые газообразные продукты горения, смешиваясь с воздухом, создают значительный перепад температур на входе в сопловой блок 1 и выходе из верхнего конуса 3. Необходимые температура сушки и скорость газового потока, обеспечивающая псевдооживление материала, регулируются расходом биогаза (попутного газа) в горелках.

По окончании сушки решетка 5 складывается и материал ссыпается на решетку 6, к концу сушки принимающую наклонное положение по углом 45°. Материал перемещается в псевдооживленном состоянии по решетке 6 и выгружается по лотку 7.

Для анализа энергоэффективности работы сушилки был проведен тепловой расчет процессов, протекающих в установке, при сушке зерна. Тепловой баланс составлен из расчета прихода и расхода теплоты.

Приход теплоты складывается из значений:

- 1) физической теплоты топлива;
- 2) теплоты, вносимой топливом при его сжигании;
- 3) теплоты, вносимой атмосферным воздухом;
- 4) теплоты, вносимой атмосферным воздухом, смешиваемым с продуктами горения топлива;
- 5) теплоты, вносимой влагой материала,
- 6) теплоты, вносимой материалом [3,4].

Значения перечисленных параметров рассчитаны по следующим формулам:

1. Физическая теплота топлива:

где B – расход сжигаемого топлива, кг/с;
 c_m – удельная теплоемкость топлива, кДж/кг;
 t_m – начальная температура топлива, °С.

$$Q_m = 1,2 \text{ кВт.}$$

2. Теплота, вносимая топливом при его сжигании:

$$Q_T^{сж} = B Q_H^p,$$

где Q_H^p – теплота, выделяющаяся при сжигании 1 кг топлива.

3. Теплота, вносимая атмосферным воздухом:

где $\alpha_{обц}$ – количество избытка воздуха;
 L_0 – теоретическое количество сухого воздуха, затрачиваемое на сжигание 1 кг топлива, кг/кг;
 c_B – удельная теплоемкость воздуха при начальной температуре t_0 , кДж/(кг·К);

$$Q_B = 116 \text{ кВт.}$$

4. Теплота, вносимая атмосферным воздухом, смешиваемым с продуктами горения топлива:

$$Q_B^{см} = I_0 L_{сг}^{см} B,$$

где I_0 – теплосодержание атмосферного воздуха, кДж/кг;
– общая удельная масса сухих газов, получаемая при сжигании 1 кг топлива и разбавлении газов воздухом, кг/кг.

5. Теплота, вносимая влагой материала:

где W – количество влаги, удаляемой в процессе сушки, кг/с;
 $c_{вл}$ – удельная теплоемкость влаги при начальной температуре, кДж/кг;
 t_M^H – начальная температура материала, °С;

6. Теплота, вносимая материалом:

$$Q_{M1} = G_2 c_M t_M^H,$$

где G_2 – производительность по высушенному материалу, кг/с;

$$Q_{M1} = 16 \text{ кВт.}$$

Расход теплоты определяется:

- 1) количеством тепла, уносимым продуктами горения;
- 2) количеством тепла, уходящим с сухим материалом;
- 3) потерями тепла в сопловых блоках;
- 4) потерями тепла в окружающую среду.

Значения этих теплот рассчитаны следующим образом:

1. Тепло, уносимое продуктами горения:

где I_2 – теплосодержание дымовых газов, кДж/кг.

2. Тепло, уходящее с сухим материалом:

$$Q_{M2} = G_2 C_M t_M^K,$$

где C_M – теплоемкость влажного материала на выходе из сушилки, кДж/(кг·К);

t_M^K – конечная температура материала, °С.

$$Q_{M2} = 72 \text{ кВт.}$$

3. Потери тепла в сопловых блоках:

где η_2 – термический к.п.д.

4. Потери тепла в окружающую среду:

где $q_{пот}$ – удельный тепловой поток, кДж/кг.

Результаты теплового расчета сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Тепловой баланс процесса сушки

Приход	кВт	%	Расход	кВт	%
Физическая теплота топлива	1,2	0,05	Тепло, уносимое продуктами горения	2433	84,7
Теплота, вносимая топливом при его сжигании	2501	87,1	Тепло, уходящее с сухим материалом	72	2,6
Теплота, вносимая атмосферным воздухом	116	4	Потери тепла в сопловых блоках	124	4,3
Теплота, вносимая атмосферным воздухом, смешиваемым с продуктами горения топлива	203	7	Потери тепла в окружающую среду	29	1
Теплота, вносимая влагой материала	34	1,2			
Теплота, вносимая материалом	16	0,56			
			Невязка прихода с расходом	+213,2	7,4
Итого:	2871,2	100	Итого:	2871,2	100

Результаты расчета теплового баланса зерносушилки «кипящего слоя» показывают:

1) сушка зерна в рассматриваемых условиях на 50...60% эффективнее по расходу тепла традиционных способов сушки [3,4];

2) для обеспечения работы зерносушилки применяются дешевые и доступные источники тепла – биогаз и попутный газ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автономная энергоэффективная установка для сушки зерна сыпучих материалов. Терентьев А.Б., Голощапов В.М., Баклин А.А. и др. Патент RU №2440543 04.06.2010 г.
2. Баклин А.А., Голощапов В.М., Терентьев А.Б., Харлашкин С.А. Автономная зерносушилка на альтернативных источниках энергии. *Аграрный вестник Урала*. 2011. №6. С. 40-42.
3. Курочкин А.А., Шабурова Г.В., Гордеев А.С., Завражнов А.И. Оборудование и автоматизация перерабатывающих производств. Учебник для вузов / Москва, 2007. сер. учебники и учебные пособия для студентов вузов.
4. Байкин С.В., Курочкин А.А., Шабурова Г.В., Афанасьев А.С. Технологическое оборудование для переработки продукции растениеводства Учебное пособие / под ред. А.А. Курочкина. Москва, 2007.

УДК 636.22.014

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СМЕСИТЕЛЕЙ-УВЛАЖНИТЕЛЕЙ СЫПУЧИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

- © **В.В. Коновалов**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **А.А. Курочкин**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **Д.И. Фролов**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

APPLICATION OF THE EXTRUDATE PUMPKIN SEEDS IN THE MANUFACTURE OF PRODUCTS FUNCTIONAL PURPOSE

- © **V.V. Konovalov**, Penza State Technical University (Penza, Russia)
- © **A. A. Kurochkin**, Penza State Technical University (Penza, Russia)
- © **D.I. Frolov**, Penza State Technical University (Penza, Russia)

В работе представлены основы методологического подхода к проектированию смесителей-увлажнителей сыпучих пищевых материалов.

Ключевые слова: смеситель-увлажнитель, сыпучие материалы, потоки, ингредиент, концентратор.

The paper presents the methodological approach to the design mixers-humidifiers granular food materials

Key words: mixer-humidifier, bulk materials, threads, ingredient, the hub.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

В технологических процессах пищевых производств, кормопроизводстве фармацевтической промышленности и т.д. достаточно широкое применение нашли машины для непрерывного увлажнения муки, зерна и других сыпучих продуктов. Некоторые подобные машины применяются для получения высококачественных смесей сухих ингредиентов с жиром, консервантами и другими жидкими добавками [1, 5, 6, 7].

Рассматривая методологию проектирования таких машин, можно отметить, что в процессе смешивания, например, двух компонентов, возможны несколько основных и промежуточных вариантов взаимодействия потоков:

1. При значительной разности скоростей потоков и существенных различиях в их порозности (когда один из компонентов как бы ложится на другой). При этом перемещение потоков осуществляется в пределах ламинарного режима (рис. 1).

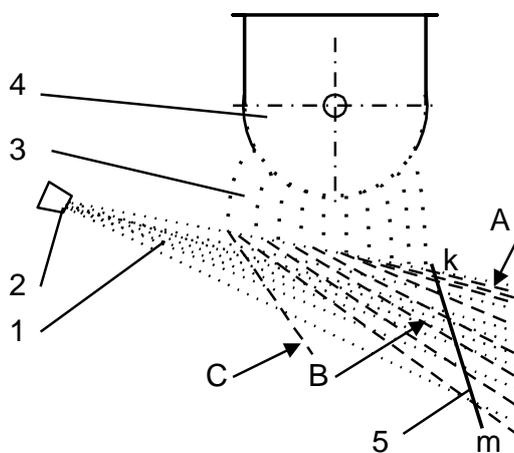


Рисунок 1 – Схема смешивания потоков:

1 – факел жидкости; 2 – распылитель; 3 – поток сухого корма;
4 – дозатор сухого корма; 5 – концентратор

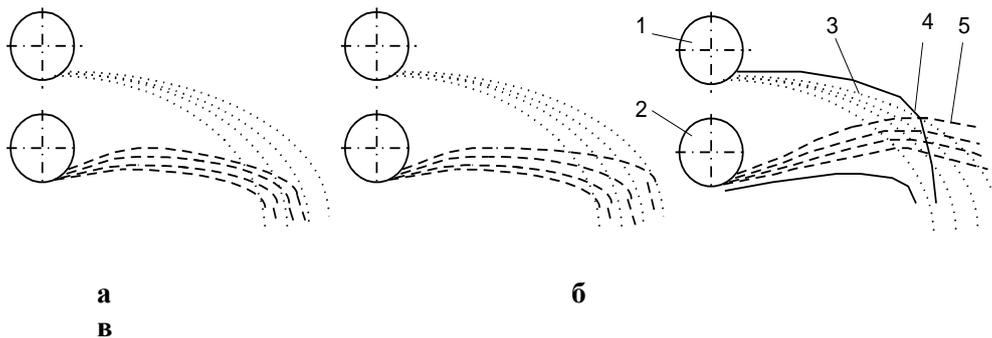
2. При достаточно высоком значении скоростей обоих потоков. Такой вариант взаимодействия двух потоков смешиваемых компонентов с высокой порозностью можно представить в виде трех случаев:

- частицы сухого корма попадают на поток жидкости и ею уносятся;
- равномерное распределение частиц смешиваемых ингредиентов;
- взаимное проникновение потоков.

Как правило, наиболее равномерно распределены смешиваемые компоненты в сечении k-m (см. рис. 1). Поэтому при высокой порозности потоков в данном сечении и следует располагать концентратор потока в виде пластины 5.

При сравнительном анализе взаимодействия потоков, обладающих значительной скоростью (рис. 2) возможны те же три случая:

- а – при отсутствии взаимного проникновения потоков;
- б – взаимное проникновение и перемешивание потоков;
- в – скрещивание потоков, а при наличии концентратора – перемешивание.



а
б

Рисунок 2 – Схема взаимодействия потоков, обладающих значительной скоростью:
1 – метатель сухого ингредиента; 2 – метатель жидкого ингредиента;
3 – поток сухого ингредиента; 4 – концентратор (выгрузной лоток);
5 – поток жидкого ингредиента

Первый вариант с технологической точки зрения не очень приемлем, но возможен при условии недостаточной порозности верхнего потока (соответственно, при его высокой концентрации) либо недостаточной скорости нижнего потока.

Для качественного смешивания заданных ингредиентов наиболее предпочтителен второй вариант, однако во многих случаях его реализация ограничивается габаритами смесительной камеры. Устранения этого недостатка связано с установкой концентратора, позволяющего уменьшить длину рабочей камеры смесителя и использовать излишнюю энергию потоков на перемешивание компонентов [2...4].

Для определения условий взаимодействия потоков (рис. 3) требуется определить среднее расстояние участка взаимодействия потоков относительно точки их схода с рабочего органа смесителя, порозности потоков на участке взаимодействия и найти величину свободного пробега частиц смешиваемых ингредиентов (L_{sv1} и L_{sv2}).

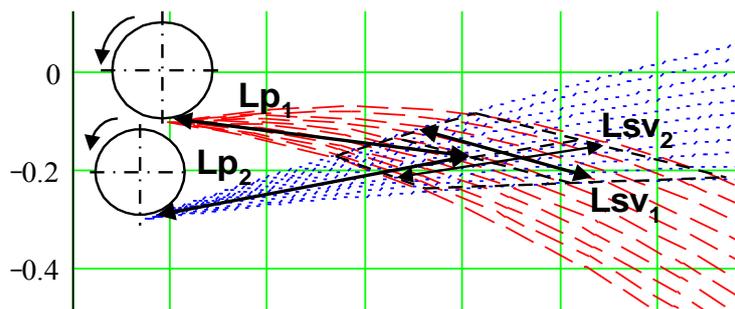


Рисунок 3 – Схема взаимодействия потоков смешиваемых ингредиентов

Изменяя координаты расположения метателя жидкого ингредиента и величину угла транспортировки материала (следовательно, угол расположения выгрузного отверстия), можно реализовать новую схему взаимодействия потоков смешиваемых ингредиентов.

Координата расположения концентратора (рис. 4) определяется верхней точкой возможного выхода одного потока из другого (точка А), координатой расположения выгрузного лотка относительно места подачи смеси (точка В) и углом γ_{cx} , обеспечивающим свободный сход материала по участку АВ.

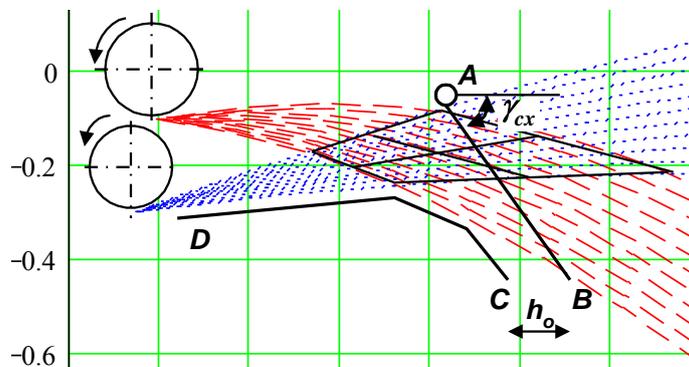


Рисунок 4 – Схема расположения концентратора и профиля выгрузного лотка

Остальные участки определяются контурами потоков материала (например, линия CD), обеспечивая сход материала из выгрузного лотка.

Величина выгрузного отверстия h_0 определяется производительностью смесителя (свободным проходом массы) и расположением места для размещения смеси.

Одним из важных вопросов, который необходимо решить в процессе проектирования смесителя-увлажнителя, является определение траектории движения частиц в зоне взаимодействия потоков материалов.

Поскольку распылители установлены под углом к горизонту $\gamma(0)$, то факелы выходящей из них жидкости будут смещаться несколько вниз под действием силы тяжести (рис. 5). Поэтому значение угла расположения факела относительно горизонта $\gamma(x)$ будет изменяться и зависеть от координаты замера.

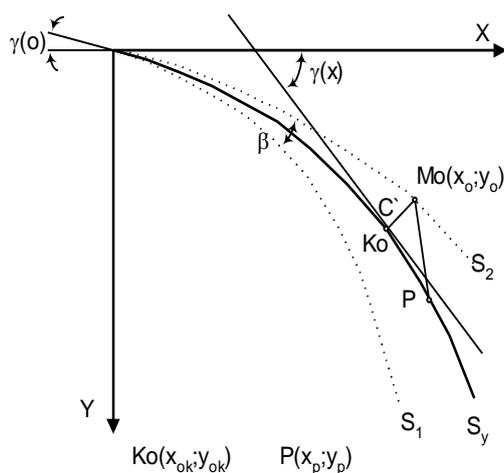


Рисунок 5 – Схема к определению угла расположения факела
Выразим угол γ как функцию времени $t = \gamma(t)$. При этом примем, что $k=1-\lambda$.

Так как
$$\begin{cases} Sx = k \cdot v_x \cdot t \\ Sy = k \cdot (v_y \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2}) \end{cases}, \text{ то отсюда}$$

$$Sy = \frac{v_y}{v_x} \cdot Sx + \frac{g}{2 \cdot k \cdot v_x^2} \cdot Sx^2. \quad (1)$$

$(Sy)_{Sx} = \frac{v_y}{v_x} + \frac{g}{k \cdot v_x^2} \cdot Sx$. Но $\text{tg}[\gamma(x)] = (Sy)_{Sx}$, поэтому

$$\gamma(x) = \text{arctg} (Sy)_{Sx} = \text{arctg} \left(\frac{v_y}{v_x} + \frac{g}{k \cdot v_x^2} \cdot Sx \right).$$

Учитывая, что $Sx = k v_x t$, получим

$$\gamma(x) = \text{arctg} \left(\frac{v_y}{v_x} + \frac{g}{k \cdot v_x^2} \cdot t \right). \quad (2)$$

Найдем расстояние d от произвольной точки факела M_o до его оси S_y . Это расстояние является наименьшим расстоянием от точки M_o до оси потока и определяется следующим образом

$$\begin{aligned} \min_P |M_o; P| &= |M_o K_o|. \\ |M_o P| &= \sqrt{(x_p - x_o)^2 + (y_p - y_o)^2}. \end{aligned}$$

Для отыскания минимума данной функции найдем минимум функции $f(x_p) = |M_o P|^2$, так как минимум у них один и тот же.

Так как $y_p = \frac{v_y}{v_x} \cdot x_p + \frac{g}{2k \cdot v_x^2} \cdot x_p^2$, то

$$f(x_p) = (x_p - x_o)^2 + \left(\frac{v_y}{v_x} \cdot x_p + \frac{g}{2k \cdot v_x^2} \cdot x_p^2 - y_o \right)^2$$

Находим производную данной функции и приравниваем ее к нулю

$$f'(x_p) = 2 \cdot [(x_p - x_o) + \left(\frac{v_y}{v_x} \cdot x_p + \frac{g}{2 \cdot k \cdot v_x^2} \cdot x_p^2 - y_o \right) \cdot \left(\frac{v_y}{v_x} + \frac{g}{k \cdot v_x^2} \cdot x_p \right)] = 0$$

Отсюда

$$\frac{g^2}{2 \cdot k^2 \cdot v_x^4} \cdot x_p^3 + \frac{3 \cdot v_y \cdot g}{2 \cdot k \cdot v_x^3} \cdot x_p + \left(\frac{v_y^2}{v_x^2} - \frac{g \cdot y_o}{k \cdot v_x^2} + 1 \right) \cdot x_p - \left(\frac{v_y^2}{v_x^2} \cdot y_o + 1 \right) = 0$$

Решая данное уравнение, находим координаты точки $K(x_{ok}, y_{ok})$.

Расстояние от точки M_o до оси потока в данном случае определится как

$$C = |M_o K_o| = \sqrt{(x_{ok} - x_o)^2 + (y_{ok} - y_o)^2}. \quad (3)$$

Определим координаты оси S_y и края факела жидкости, т.е. конца S_1 и начала взаимодействия S_2 частиц материала с факелом жидкости.

$$S_y = \frac{v_y}{v_x} \cdot S_x + \frac{g}{2 \cdot k \cdot v_x^2} \cdot S_x^2, \quad S'_y = \frac{v_y}{v_x} + \frac{g}{k \cdot v_x^2} \cdot S_x,$$

$$S'_2 = \operatorname{tg}(\gamma - \beta/2),$$

$$\begin{aligned} S_2 &= \int_0^{S_x} S'_2 dS_x = \int_0^{S_x} \operatorname{tg} \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{v_y}{v_x} + \frac{g}{k \cdot v_x^2} S_x \right) - \frac{\beta}{2} \right) dS_x = \\ &= \int_0^{S_x} \frac{\frac{v_y}{v_x} + \frac{g}{k \cdot v_x^2} S_x - \operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right)}{1 + \left(\frac{v_y}{v_x} + \frac{g}{k \cdot v_x^2} S_x \right) \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right)} dS_x = \int_0^{S_x} \frac{b + a \cdot S_x}{a \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right) \cdot S_x + c} dS_x \quad (4) \end{aligned}$$

$$\text{где } a = \frac{g}{k \cdot v_x^2}, \quad b = \frac{v_y}{v_x} - \operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right), \quad c = 1 + \frac{v_y}{v_x} \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}.$$

Уравнение начала взаимодействия выглядит следующим образом

$$S_2 = \frac{1}{\operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right)} \cdot \int_0^{S_x} \left(1 + \frac{b \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right) - c}{a \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right) \cdot S_x + c} \right) dS_x = S_x \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{\beta}{2} \right) + \frac{\operatorname{ctg}^2 \left(\frac{\beta}{2} \right)}{a} \cdot (b \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right) - c) \cdot \ln \left| \frac{a \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right) \cdot S_x + c}{c} \right|$$

Тогда проверка для выбранной точки $M_0(x_0, y_0)$ дает

$$x_0 \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{\beta}{2} \right) + \frac{1}{a} \operatorname{ctg}^2 \left(\frac{\beta}{2} \right) \cdot (b \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right) - c) \cdot \ln \left| \frac{a \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right) \cdot x_0 + c}{c} \right| = y_0. \quad (5)$$

Для начал координат $S'_y(0) = \operatorname{tg}(\gamma(0))$, отсюда $\frac{v_y}{v_x} = \operatorname{tg}(\gamma(0))$.

На частицу, оказавшуюся в поле факела жидкости, будут действовать ряд сил, под действием которых она начнет изменять свою траекторию движения. Возникающие ускорения можно описать следующей системой уравнений

$$\begin{cases} a_x = \ddot{x} = \frac{3}{4 \cdot r} \cos(\gamma(t)) \cdot P'(S) \\ a_y = \ddot{y} = g + \frac{3}{4 \cdot r} \sin(\gamma(t)) \cdot P'(S) \end{cases}. \quad (6)$$

Ускорения a_x и a_y зависят от значения функции $\gamma(t)$ в точке. Так как

$$\gamma(t) = \operatorname{arctg} \left(\frac{v_y}{v_x} + \frac{g}{v_x} t \right), \text{ то, используя тригонометрические функции,}$$

определим:

$$\cos(\gamma(t)) = \frac{v_x}{\sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}}, \quad \sin(\gamma(t)) = \frac{v_y + g t}{\sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}}. \quad (7)$$

Подставляя эти формулы в данную систему, получаем

$$\begin{cases} \ddot{x} = \frac{3 \cdot P'(S)}{4 \cdot r} \cdot \frac{v_x}{\sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}} \\ \ddot{y} = g + \frac{3 \cdot P'(S)}{4 \cdot r} \cdot \frac{v_y + gt}{\sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}} \end{cases} \quad (8)$$

Решим относительно X и Y каждое уравнение отдельно.
Производная по X равна

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \int_{t_0}^t \frac{3 \cdot P'(S)}{4 \cdot r} \cdot \frac{v_x}{\sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}} \cdot dt = \frac{3 \cdot P'(S) \cdot v_x}{4 \cdot r} \int_{t_0}^t \frac{\frac{1}{d} \cdot d \cdot (g \cdot t + v_y)}{\sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}} = \\ &= \frac{3 \cdot P'(S) \cdot v_x}{4 \cdot r \cdot g} \cdot \ln(v_y + g \cdot t + \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}) \Big|_{t_0}^t = \\ &= \frac{3 \cdot P'(S) \cdot v_x}{4 \cdot r \cdot g} \cdot [\ln(v_y + g \cdot t + \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}) - \ln(v_y + g \cdot t_0 + \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2})] \quad (9) \end{aligned}$$

Перемещение по X

$$\begin{aligned} x(t) &= \frac{3 \cdot P'(S) \cdot v_x}{4 \cdot r \cdot g} \cdot \left[\int_{t_0}^t \ln(v_y + g \cdot t + \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}) dt - \int_{t_0}^t \ln(v_y + g \cdot t_0 + \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2}) dt \right] \\ &= \frac{3 \cdot P'(S) \cdot v_x}{4 \cdot r \cdot g^2} \cdot [(v_y + g \cdot t) \cdot \ln(v_y + g \cdot t + \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}) - \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}] \Big|_{t_0}^t - \\ &\quad - \frac{3 \cdot P'(S) \cdot v_x}{4 \cdot r \cdot g} \cdot \ln(v_y + g \cdot t_0 + \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2}) \cdot t \Big|_{t_0}^t . \end{aligned}$$

Отсюда уравнение движения по X

$$\begin{aligned} x(t) &= \frac{3 \cdot P'(S) \cdot v_x}{4 \cdot r \cdot g^2} \cdot \{ [(v_y + g \cdot t) \cdot \ln(v_y + g \cdot t + \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}) - \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}] - \\ &\quad - (v_y + g \cdot t_0) \cdot \ln(v_y + g \cdot t_0 + \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2}) - (\sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2} - \\ &\quad (10) \\ &\quad - \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2}) \} - \frac{3 \cdot P'(S) \cdot v_x}{4 \cdot r \cdot g} \cdot \ln(v_y + g \cdot t_0 + \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2}) \cdot (t - t_0) . \end{aligned}$$

Производная перемещения по Y

$$\begin{aligned} \dot{y} &= \int_{t_0}^t \left(g + \frac{3 \cdot P'(S)}{4 \cdot r} \cdot \frac{v_y + g \cdot t}{\sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}} \right) dt = \int_{t_0}^t g \cdot dt + \frac{3 \cdot P'(S)}{8 \cdot r} \int_{t_0}^t \frac{d(v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2)}{\sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}} = \\ &= gt + \frac{3 \cdot P'(S)}{4 \cdot r \cdot g} \cdot \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2} \Big|_{t_0}^t = \\ &= g(t - t_0) + \frac{3 \cdot P'(S)}{4 \cdot r \cdot g} \cdot [\sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2} - \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2}] \quad (11) \end{aligned}$$

Перемещение по Y

$$y(t) = \int_{t_0}^t g(t - t_0) + \frac{3 \cdot P'(S)}{4 \cdot r \cdot g} \cdot [\sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2} - \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2}] dt = \frac{g}{2} (t - t_0)^2 \Big|_{t_0}^t +$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{3 \cdot P'(S)}{4 \cdot r \cdot g^2} \cdot \int_{t_0}^t \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2} d(v_y + g \cdot t_0) - \frac{3 \cdot P'(S)}{4 \cdot r \cdot g} \cdot \int_{t_0}^t \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2} dt = \\
& = \frac{g}{2} (t - t_0) + \frac{3 \cdot P'(S)}{8 \cdot r \cdot g^2} \cdot [(v_y + g \cdot t_0) \cdot \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2} + v_x^2 \cdot \ln(v_y + g \cdot t_0 + \\
& + \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2})]_{t_0}^t - \frac{3 \cdot P'(S)}{4 \cdot r \cdot g} \cdot \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2} \cdot t \Big|_{t_0}^t.
\end{aligned}$$

(12)

Отсюда уравнение движения по Y

$$\begin{aligned}
y(t) = & \frac{g}{2} (t - t_0) + \frac{3 \cdot P'(S)}{8 \cdot r \cdot g^2} \cdot [(v_y + g \cdot t) \cdot \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2} + v_x^2 \cdot \ln(v_y + g \cdot t + \\
& + \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t)^2}) - (v_y + g \cdot t_0) \cdot \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2} - v_x^2 \cdot \ln(v_y + g \cdot t_0 + \\
& + \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2})] - \frac{3 \cdot P'(S)}{4 \cdot r \cdot g} \cdot \sqrt{v_x^2 + (v_y + g \cdot t_0)^2} \cdot (t - t_0). \quad (13)
\end{aligned}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байкин, С.М. Технологическое оборудование для переработки продукции растениеводства / С.В. Байкин, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, А.С. Афанасьев. Под ред. А.А. Курочкина. М.: КолосС, 2007. – 445 с.
2. Коновалов, В.В. Результаты исследований распылителя жидкостей. / В.В. Коновалов, Л.В. Иноземцева // Аграрная наука. – 2003. – №6. – С.27-28.
3. Коновалов, В.В. – Обоснование расположения распылителей смесительных устройств. // Механизация и электрификация с/х. – 2003. – №10. – С 16-18.
4. Коновалов, В.В. Обоснование параметров увлажнителя концентрированных кормов / В.В. Коновалов, Л.В. Иноземцева // Достижения науки и техники АПК. – 2003. – №7. – С. 23-24.
5. Коновалов, В.В. Экспериментальные исследования устройства для внесения жира в сухие корма / В.В. Коновалов, А.А. Курочкин, К.М. Мишин // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – №9. – С. 18-19.
6. Курочкин, А.А. Устройство для внесения жира в концентрированные корма / А.А. Курочкин, В.В. Коновалов, К.М. Мишин // Механизация и электрификация с/х. – 2002. – №5. – С 12-13.
7. Курочкин, А.А. Концентрированные корма обогащенные жиром / А.А. Курочкин, В.В. Коновалов, К.М. Мишин // Сельский механизатор – 2003. – №1. – С. 30.

УДК 631.365

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ЗЕРНОСУШИЛКА КОНТАКТНОГО ТИПА

- © *А.А. Курочкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *А.Б. Терентьев, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *С.В. Чекайкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

ENERGY SAVING CONTACT TYPE GRAIN DRYER

- © *A.A. Kurochkin, Penza State Technical University (Penza, Russia)*
© *A.B. Terentyev, Penza State Technical University (Penza, Russia)*
© *S.V. Chekaykin, Penza State Technical University (Penza, Russia)*

В работе обосновано направление совершенствования и описана конструктивно-технологическая схема зерносушилки контактного типа, которая может найти применение для малотоннажной переработке различных зерновых культур.

Ключевые слова: тепловая обработка, зерносушилка, рабочий орган, вентилятор, нагревательный элемент.

In the work justified direction of perfection and describes the constructive-technological scheme (contact type that can be used for small-scale processing of various crops.

Key words: thermal processing, grain dryer, working body, fan, heating element.

E-mail: anatolii_kuro@mail.ru

Тепловая обработка сельскохозяйственной продукции применяется практически в любой стране мира. По разным оценкам на этот процесс в экономически развитых странах ежегодно затрачивается от 10 до 15 % всей потребляемой энергии [1, 2].

Для Российской Федерации эта проблема еще более актуальна, так как многолетние статистические данные свидетельствуют о том, что более половины получаемого урожая зерна требует дополнительной тепловой обработки.

Одним из наиболее востребованных и, вместе с тем весьма энергоемким технологическим процессом обработки сельскохозяйственного сырья, является сушка растениеводческой продукции. Сушка обеспечивает возможность длительного хранения готовой продукции, а также способствует более эффективной предварительной подготовке сельскохозяйственного сырья для большинства финишных технологических операций пищевых производств.

Например, сушка семенного зерна улучшает условия его послеуборочного дозревания и при этом повышается энергия прорастания и всхожесть зерна. Сушка товарного зерна, наряду с улучшением качества продуктов его переработки (муки, крупы) способствует повышению эффективности работы мукомольных и крупяных предприятий, увеличивает выход конечной продукции, уменьшает износ технологического оборудования и расход энергии, повышает его производительность.

Сушку применяют и для борьбы с вредителями зерна (долгоносиками, клещами и др.), которые погибают под действием высоких температур.

Опыт применения сушильного оборудования в нашей стране показывает, что выпускаемые промышленностью России и импортные высокопроизводительные сушильные агрегаты выгодно применять при больших объемах обрабатываемого зерна; в условиях же малотоннажных

технологий сельскохозяйственных потребительских кооперативов и фермерских хозяйств применение такого оборудования экономически не целесообразно.

В настоящее время для тепловой обработки небольших объемов зерна с часовой производительностью 0,2-0,5 т применяются передвижная фермерская сушилка семян ПУФС-0,4 и барабанная сушилка зерновая СЗ-0,3. Основным недостатком этих сушилок – их высокая энергоемкость [1].

Многочисленные работы сотрудников Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии показывают, что для сушки зерна в условиях малотоннажных технологий весьма перспективны сушилки контактного типа с электронагревом рабочего органа. За последние годы ими разработано несколько вариантов электроустановок для тепловой обработки зерна контактного типа (УТОЗ). В сравнении с другими установками применение сушилок такого типа позволяет снизить удельную энергоемкость сушки зерна до вполне приемлемых значений.

Так, по данным профессора Курдюмова В.И. удельную энергоемкость процесса сушки с помощью электрических контактных зерносушилок можно довести до 10...12 кВт ч/т, что примерно в 5 раз меньше, чем у сушилки ПУФС-0,4 [2].

Сушилки типа УТОЗ состоят из загрузочного бункера, цилиндрического кожуха, выгрузного устройства и вентилятора.

В кожухе расположен транспортирующий рабочий орган, выполненный в виде шнека.

На внешней поверхности кожуха под слоем теплоизолирующего материала размещены нагревательные элементы.

Вентилятор с помощью воздуховода продувает воздух через перфорированный шнек и удаляет влагу зерна за пределы сушилки.

К недостаткам конструкции таких сушилок обычно относят все-таки сравнительно большие удельные энергозатраты на обработку зерна, его травмирование в процессе перемещения шнеком, а также ограниченную производительность. Два последних недостатка связаны с конструктивными особенностями транспортирующего рабочего органа сушилки.

Объясняется это тем, что технологически приемлемый зазор между внутренней плоскостью кожуха и витками шнека можно обеспечить при относительно коротком рабочем органе, что в свою очередь ограничивает производительность установки. Кроме этого в таких сушилках не удастся обеспечить необходимую толщину высушиваемого материала при сушке различных видов зерновых.

Между тем для сушилок контактного типа этот фактор, при прочих равных условиях выступает главным ограничителем в повышении их энергоэффективности. Объясняется это конструктивной особенностью данного типа сушилок – максимальный коэффициент теплоотдачи, а значит и наиболее эффективный теплообмен у таких тепловых аппаратов может быть получен при сушке зерна в единичном слое [2].

В предлагаемой нами сушилке перечисленные недостатки сведены к минимуму. Для этого сушилка выполнена в виде загрузочного бункера 1, (рис.) цилиндрического кожуха 3, покрытого слоем теплоизолирующего материала 2, и выгрузного окна 7.

В кожухе размещен транспортирующий рабочий орган 9, выполненный в виде шнека, витки которого имеют перфорацию и изготовлены в виде эластичного профиля сплошного или полого сечения, передняя кромка которого расположена перпендикулярно к образующей цилиндрической поверхности шнека.

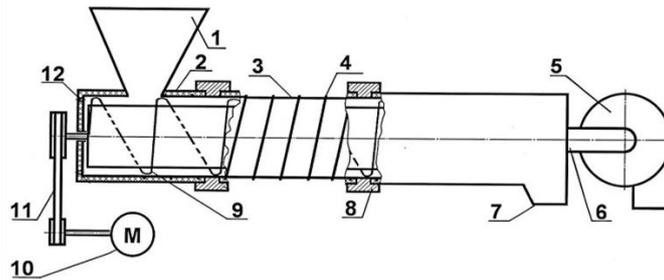


Рисунок – Общий вид энергосберегающей зерносушилки

В межвитковом пространстве шнека установлена сменная лента (на рис. не показана), выполненная из теплоизоляционного материала и имеющая теплоотражающее покрытие на своей наружной поверхности.

С помощью ленты между внутренней поверхностью кожуха и внешней поверхностью цилиндрической части шнека образовано рабочее пространство, в котором перемещается обрабатываемый материал.

Транспортирующий рабочий орган получает вращение от электродвигателя 10 через ременную передачу 11. Для изменения частоты вращения транспортирующего рабочего органа электродвигатель оснащен тиристорной системой управления, позволяющей в довольно широких пределах бесступенчато регулировать частоту вращения вала электродвигателя.

Охлаждающее устройство состоит из вентилятора 6 и воздуховода 7, соединенного с внутренней полостью кожуха за выгрузным окном.

Торцевая поверхность кожуха 3 со стороны загрузочного бункера 1 имеет отверстия 12. На внешней поверхности кожуха 3 под слоем теплоизолирующего материала 2 между загрузочным бункером 1 и выгрузным окном 7 размещены нагревательные элементы 4.

Кожух 3 выполнен составным, причем его составные части разделены между собой кольцами 8, изготовленными из теплоизоляционного материала. Каждая составная часть кожуха 3 снабжена индивидуальным нагревательным элементом 4. Витки шнека выполнены перфорированными, с диаметром перфорации, не превышающим минимальный размер высушиваемого зерна.

Энергосберегающая зерносушилка работает следующим образом. Включают нагревательные элементы 4 и после достижения необходимой температуры кожуха 3 подают зерно в загрузочный бункер 1, откуда оно поступает в рабочую зону транспортирующего рабочего органа 9 и перемещается им к выгрузному окну 7.

Контактируя с нагретой поверхностью кожуха 3, зерно нагревается, теряет излишки влаги, которые в виде пара отсасываются через перфорацию витков шнека и далее перемещается через воздухопровод 6 потоком воздуха, продуваемого вентилятором 5 через отверстия 12 в кожухе наружу. Сухое зерно удаляется из установки через выгрузное окно 7.

При сушке зерна другой культуры меняют температуру нагрева кожуха с помощью индивидуальных нагревательных элементов, регулируют частоту вращения вала электродвигателя, а также устанавливают необходимую по толщине сменную ленту.

Таким образом в предлагаемой сушилке снижение затрат электроэнергии достигается за счет теплоизоляции кожуха, установки теплоизоляционной и теплоотражающей ленты, применения индивидуальных для каждой части кожуха нагревательных элементов [4].

Конструкция транспортирующего рабочего органа со сменной лентой позволяет обрабатывать любые по размеру зерна без их повреждений. Выполнение витков шнека в виде эластичного профиля из материала с низким коэффициента трения позволит снизить затраты электроэнергии на перемещение зерна и практически не ограничивает производительность сушилки. Разработанная зерносушилка имеет техническую новизну, подтвержденную патентом РФ на изобретение [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байкин, С.М. Технологическое оборудование для переработки продукции растениеводства /С.В. Байкин, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, А.С. Афанасьев. Под ред. А.А. Курочкина. М.: КолосС, 2007. – 445 с.
2. Курдюмов, В.И. Тепловая обработка зерна в установках контактного типа / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко, С.А. Сутягин. – Ульяновск: УГСХА имени П.А. Столыпина, 2013. – 290 с.
3. Патент 2402910 Российская Федерация МПК А23В9/08. Устройство для сушки зерна /А.Б. Терентьев, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, С.В. Тимохин, Е.И. Кудашов № 2008149492; заявл. 15.12.2008; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 31..
4. Теречев, В.А. К обоснованию конструктивно-технологической схемы энергосберегающей зерносушилки для малых предприятий. /В.А. Теречев, А.В. Степко, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова. //Совершенствование техники и технологии пищевых производств: сб. статей III региональной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых/ Под ред. Е.В. Петросовой, ФГОУ ВПО МГУТУ в г. Пензе. – Пенза, 2009.– С. 110...113.

УДК 62-1/-9

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕШАЛКИ ВАРОЧНОГО КОТЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ НОРМАЛИЗОВАННОГО КОНЦЕВОГО ПОДШИПНИКА

- © **Е.М.Бородин**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **В.Ю. Зайцев**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **К.Н. Бородина**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

MODERNIZATION OF MIXERS DIGESTER WITH THE USE OF NORMALIZED END BEARING

- © **E.M. Borodin**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **V.Y. Zaytsev**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **K.N. Borodina**, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В пищевой промышленности широкое применения получили варочные котлы с перемешиванием, для производства вязких и жидких пищевых продуктов из нескольких компонентов.

Одним из основных недостатков, является закрепление перемешивающего вала мешалки с одной стороны. В связи с этим, предлагается установка концевого подшипника со свободной стороны вала мешалки.

Ключевые слова: варочный котел, концевой подшипник, виброустойчивость, надежность, вал, мешалка.

In the food industry wide applications received cooking boilers with stirring, for production of viscous and liquid food products from multiple components.

One of the major drawbacks is securing a mixing shaft of the mixer with one hand. In this regard, it is proposed the setting of the end bearing with the free side of the shaft mixers.

Key words: the digester, end bearing, vibration resistance, reliability, shaft mixer.

Варочный котел предназначен для перемешивания с подогревом вязких и жидких пищевых продуктов из нескольких компонентов. В зависимости от вместимости выпускают различные типы котлов.

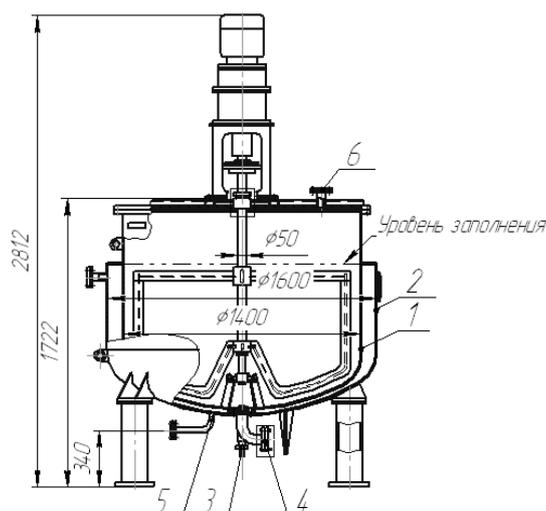


Рисунок 1 – Варочный котел

Варочный котел состоит из внутренней чаши 1, которая изготовлена из меди и нержавеющей стали. При помощи стального кольца, прокладки, болтов она соединяется со стальной паровой рубашкой 2. Плотность между чашей и рубашкой образует паровое пространство, в которое подается пар. На подводящей линии, установлен манометр, предохранительный клапан 3 и запорный вентиль 4. Конденсат отводится из наинизшей точки парового пространства 5. При пуске и в процессе работы воздух из рубашки периодически выпускают через кран 6, расположенный в наивысшей точке парового пространства[1].

Исходные данные: материал среды – продукт пищевого назначения (томат), плотность среды – $\rho = 1051 \text{ кгс/см}^3$, динамическая вязкость – $\mu = 19 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$, частота вращения мешалки – $n = 0.833 \text{ с}^{-1}$, диаметр мешалки – $d_m = 1,3 \text{ м}$, тип мешалки – якорная, диаметр аппарата – $D = 1,4 \text{ м}$, высота заполнения аппарата – $H = 0,8 \text{ м}$, число мешалок на валу – $z_m = 1$.

С точки зрения распределения нагрузок наиболее рациональны приводы с концевыми подшипниками, однако, во многих случаях из-за коррозионного или абразивного действия среды их нельзя устанавливать.

Концевые подшипники в аппарате работают в очень тяжелых условиях: их невозможно смазывать, они плохо доступны для осмотра и ремонта. Конструкция подшипника должна обеспечивать свободную циркуляцию жидкости через него[2].

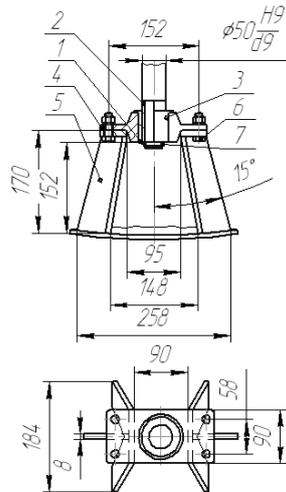


Рисунок 2 – Нормализованный концевой подшипник
1,3-втулка, 2-втулка защитная, 4-подшипник, 5-стойка, 6-болты с гайками и шайбами, 7- кольцо установочное

Расчет нормализованного концевой подшипника

Определение реакций опор вала [3].

$$T = 286,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad r_1 = 0,65 \quad r_2 = 0,65 \quad \alpha = 20 \quad \beta = 25$$

$$F_{t1} = \frac{T}{4 \cdot r_1}, \quad F_{t2} = \frac{T}{4 \cdot r_2}, \quad F_{r1} = F_{t1} \cdot \tan(\alpha), \quad F_{r1} = \frac{F_{t2} \cdot \tan(\alpha)}{\cos(\beta)},$$

$$F_{a2} = F_{t2} \cdot \tan(\beta), \quad F_m = 125 \cdot \sqrt{T}$$

Окружная сила $F_{t1} = 110,154 \text{ Н}$, радиальная сила $F_{r1} = 44,237 \text{ Н}$,
окружная сила $F_{t2} = 110,154 \text{ Н}$, радиальная сила $F_{r2} = 44,237 \text{ Н}$, осевая сила
 $F_{a2} = 51,366 \text{ Н}$ $F_m = 2,115 \cdot 10^3$

Расстояние между точками приложения реакций

$$l_t = 0,919$$

Точка приложения силы

$$lop = 0,15 \quad l_1 = 0,413, \quad l_2 = 0,419, \quad l_3 = 0,087$$

Вертикальная плоскость $R_{Ay} = 0, \quad R_{By} = 0$

Проверка: $R_{Ay} - F_{r2} + F_{r2} + R_{By} - F_{r1} + F_{r1}$

Горизонтальная плоскость

$$R_{Ax} = \frac{-F_m \cdot (lop + l_t)}{l_t} = -2,461 \cdot 10^3, \quad R_{Bx} = \frac{F_m \cdot lop}{l_t} = 345,281$$

Проверка $R_{Ax} - F_{t2} + F_{t2} + R_{Bx} - F_{t1} + F_{t1} + F_m = 0$

Суммарные реакции

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = 2,461 \cdot 10^3, \quad R_B = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2} = 345,281$$

Построение эпюр изгибающих моментов:

- левая часть $M_{x1} = 0, M_{x2} = 0$
- правая часть $M_{x2} = R_{By} \cdot l_t = 0, M_{x3} = R_{Ay} \cdot l_1 = 0$
- левая часть $M_{x4} = R_{Ay} (l_1 + l_2) = 0, M_{x4} = R_{By} \cdot l_3 = 0$
- правая часть $M_{x5} = 0, M_{y1} = 0$

- левая часть часть

$$M_{y2} = F_m \cdot lop = 317,313, M_{y3} = F_m \cdot (lop + l_1) + R_{Ax} \cdot l_1 = 174,712$$

- правая часть

$$M_{y4} = F_m \cdot (lop + l_1 + l_2) + R_{Ax} \cdot (l_1 + l_2) = 30,039$$

$$M_{y3} = R_{Bx} \cdot l_3 = 30,039$$

$$M_{y5} = 0, M_k = F_{t2} \cdot r_2 \cdot 2 + F_{t1} \cdot r_1 \cdot 2 = 286,4$$

$$M_2 = \sqrt{M_{x2}^2 + M_{y2}^2} = 317,313, M_3 = \sqrt{M_{x3}^2 + M_{y3}^2} = 174,712$$

$$M_4 = \sqrt{M_{x4}^2 + M_{y4}^2} = 30,039$$

- предел прочности $\sigma_v = 950 \text{ МПа}$, предел текучести $\sigma = 700 \text{ МПа}$, предел текучести $\sigma_1 = 0,43 \cdot \sigma_v = 408,5 \text{ МПа}$, предел текучести $\tau_1 = 0,58 \cdot \sigma_1 = 236,93 \text{ МПа}$, диаметр вала $d_2 = 45 \text{ мм}$, длина шпонки $l = 80 \text{ мм}$, $t_1 = 6 \text{ мм}, t_2 = 4,3 \text{ мм}$, ширина шпонки $b = 16 \text{ мм}$, высота шпонки $h = 10 \text{ мм}$, диаметр вала $d_3 = 50 \text{ мм}$

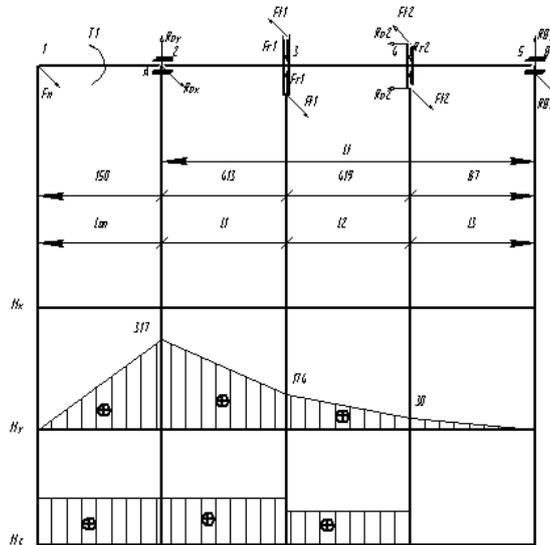


Рисунок 3 – Эпюры

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При работе мешалки без концевой подшипника возможно появление крутильных колебаний консольного вала мешалки, являющихся следствием динамических нагрузок на вал от перемешиваемой среды, условий закрепления вала в опорах, конструкции мешалки. При неправильном учете в процессе конструирования таких важных критериев надежности, как жесткость и

виброустойчивость, эксплуатация аппаратов с мешалками встречает ряд затруднений.

При опасности возникновения крутильных колебаний, которые ведут к нарушению работы сальника, необходима установка концевой подшипника.

Крутильные колебания вызывают повышенный износ подшипников и сальника. Концевой подшипник устраняет крутильные колебания, улучшая работу сальника и подшипниковых опор. Хотя концевой подшипник работает в агрессивной среде, применение его для нормальной работы аппарата необходимо при большой длине или высокой частоте вращения вала.

Для малых предприятий используются универсальные аппараты с перемешивающими устройствами. Однако они имеют недостаток, в связи с тем, что перемешивающее устройство имеет одну опору закрепления, которая не обеспечивает достаточной жесткости лопастей. С целью повышения производительности, эффективной работы аппарата разработана модернизация перемешивающего устройства с опорой на двух подшипниках. Тем самым сократилось время уварки продукта, и он получается более качественным.

Проведены технологические и прочностные расчеты, подтверждающие надежность работы оборудования[4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валентас К. Дж., Ротштейн Э., Сингх Р.П. *Пищевая инженерия: справочник с примерами расчетов* / Валентас К. Дж., Ротштейн Э., Сингх Р.П. (ред.) / пер. с англ. под общ. науч. ред. А.Л. Ишеевского. – СПб: Профессия, 2004. – 848 с., ил., табл., сх. – (Серия: Справочник).
2. Соколов А. Я. *Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств.* – М., Колос: 1992. – 398 с.
3. Анурьев В.И. *Справочник конструктора-машиностроителя.* Изд. 4-е перераб. и доп. в 3-х книгах. – М.: Машиностроение, 1978.
4. *Технологии пищевых производств: учебник* / под ред. А.П. Нечаева. – М.: Колос, 2005. – 768 с.: ил.

УДК 631.11

**СОЗДАНИЕ ФЕРМЕРСКОГО ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСА НА
ОСНОВЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ**

- © ***В.В. Волков**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © ***С.В. Волков**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © ***Н.К. Пакулова**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © ***Я.Т. Матвеева**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

**ESTABLISHMENT OF A FARMER'S GREENHOUSE COMPLEX BASED
ON THE ORGANIZATIONAL - TECHNOLOGICAL INNOVATIONS**

- © ***V.V. Volkov**, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © ***S.V. Volkov**, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © ***N.K. Pakulova**, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © ***Ya.T. Matveeva**, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье рассматривается вопрос оздоровления экономико-социальной обстановки на селе посредством массового вовлечения местного населения в производство с/х продукции в защищенном грунте. Отмечается, что успех данного направления определяется способом его реализации, соответствующим комплексному характеру проблемы. В основе предлагаемого подхода, по мнению авторов, должны быть организационные и технологические инновации.

Ключевые слова: тепличные технологии, тепличный комплекс, защищенный грунт, растениеводство, модификация теплицы, диверсификация производства, агропромышленная интеграция.

The article considers the question of the economic and social situation in the countryside by means of the mass involvement of the local people in the manufacturing of agricultural products in the greenhouse. It is noted that the success of this direction is defined by the method of its realization corresponding to the complex nature of the problem. The base of the proposed approach, according to the authors, should be composed by organizational and technological innovations.

Key words: greenhouse technology, greenhouse complex, protected ground, crop, modification of the greenhouse, diversification of production, agro-industrial integration.

E-mail: vvv@pcta.ru

Развитие растениеводства в защищенном грунте – один из самых эффективных способов активизации социально-экономических процессов на селе, что является следствием особенностей данного вида с/х производства.

К ним можно отнести: высокую продуктивность тепличных технологий, что радикально сокращает потребность в земельных угодьях и объем затрат по их обработке; возможность широкой диверсификации производства как по видам выращиваемых культур, так и по применяемым технологиям адекватно конкретным условиям; сравнительно низкий уровень исходных затрат. Кроме того, тепличные технологии позволяют уйти от сезонности с/х производства, что благоприятно сказывается на его экономике и на занятости населения. При этом, растениеводство в защищенном грунте, являясь высокотехнологичной

отраслю, может обеспечить занятость и квалифицированных работников (агрономы, инженеры различного профиля, экономисты и пр.), что весьма важно для сохранения критической численности работников нашего АПК.

Также необходимо отметить, что коммерческие перспективы данного вида производства достаточно хороши, так как до настоящего времени не устранен серьезный дефицит тепличной продукции отечественного производства, исторически возникший еще в дореформенный период [1].

Основным условием успешной реализации данного направления является обеспечение *массового* участия сельских жителей в производстве тепличной продукции на *новом технологическом и организационном уровне*. Ибо, как показывает имеющийся опыт, упрощенный подход к решению данной проблемы оказывается неэффективным. Главным его недостатком является несистемность, принципиально не соответствующая комплексному характеру решаемой задачи. То есть необходимо, прежде всего, выработать подход, отражающий многосторонность проблемы и дающий на этой основе приемлемое интегрированное решение.

Представим общую задачу как совокупность ряда частных задач, для удобства сформулированных в виде вопросов: Какие теплицы применять? Как их строить? На какие средства? Как решать вопросы землеотвода под теплицы? Какие культуры возделывать? Какие агротехнологии применять и где этому обучиться? Куда и как сбывать продукцию? Куда обращаться за помощью при необходимости?

При отсутствии приемлемого ответа на любой из этих вопросов привлекательность данного вида деятельности резко снижается, тем более, когда таких вопросов большинство (как в настоящее время).

Как видно из предыдущего вся совокупность частных задач сводится к двум основным видам: технологическим и организационным. Эффективный метод, очевидно, должен решать общую задачу в этих двух аспектах одновременно.

Технический аспект может быть реализован:

- ◆ за счет производства теплиц нового поколения, максимально адаптированных к современным экономическим и технологическим условиям;
- ◆ организацией ряда сопутствующих производств (субстратов, экономичного топлива, переработки выращенной продукции и др).

Причем, как показали исследования, указанные вопросы требуют именно *инновационных* решений, так как существующий технологический уровень не обеспечивает необходимой экономической эффективности.

В организационном плане решение достигается путем создания значительного количества небольших фермерских (крестьянских) тепличных хозяйств, объединенных в ассоциацию по типу холдинга, фермерского кооператива и т.п. Объединяющую и координирующую функцию должна выполнять специальная структура (управляющая компания), обеспечивающая благоприятные условия функционирования вновь созданным тепличным хозяйствам. Общая схема ассоциации представлена на рис. 1.



Рисунок 1 – Структура тепличной фермерской ассоциации

Таким образом, данный организационно-технологический подход дает системное решение исходной задачи – широкого развития тепличных фермерских хозяйств на селе. Чтобы убедиться в этом, соотнесем предлагаемую функциональную структуру с комплексом частных исходных задач, рассмотренных ранее.

Управляющее подразделение ассоциации предлагает любому желающему промышленным способом изготовленную теплицу, эксплуатационно-технические характеристики которой максимально соответствуют данным конкретным условиям. На рис. 2-4 представлены базовые теплицы нового поколения «Сигнум».

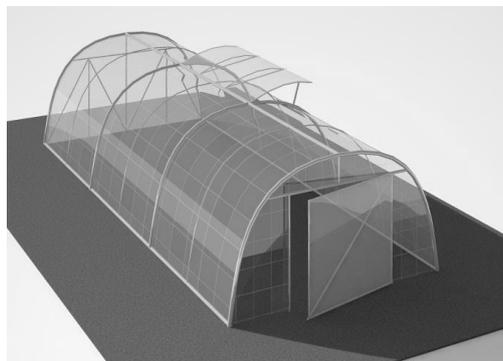


Рисунок 2 – Малая теплица «Сигнум-Д» для индивидуального использования на приусадебных и дачных участках в теплый период года. Габаритные размеры: 2,5х5х2,2м. Материал покрытия: пленка ПВХ. Конструкция быстро собирается и разбирается силами 1-2 человек

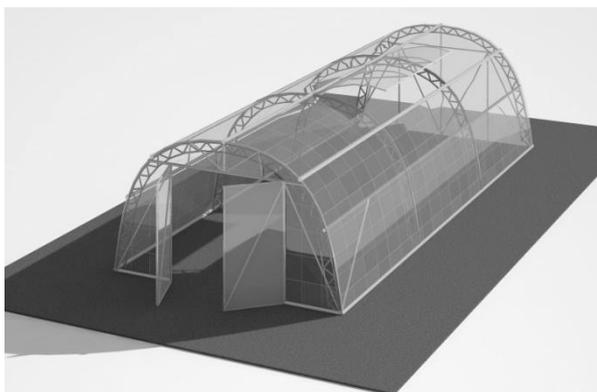


Рисунок 3 – Всесезонная среднеразмерная теплица «Сигнум-Ф» предназначена для получения продукции в круглогодичном режиме. Конструкция имеет системы отопления, полива, регулирования температуры и влажности. Габаритные размеры: 6х14х3,5м. Материал покрытия: сотовый поликарбонат

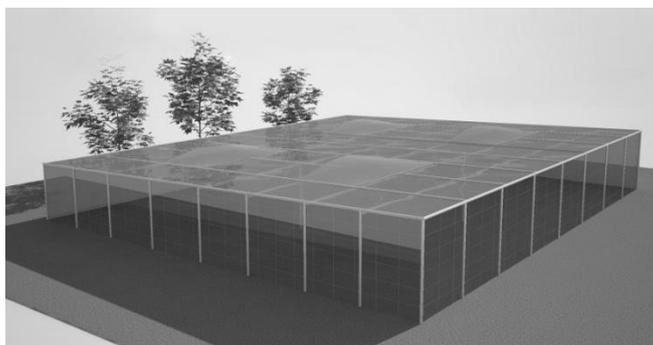


Рисунок 4 – Быстровозводимая легкая теплица большой площади для весенне-летнего использования. Предназначена для фермерских хозяйств и используется на одном месте один сезон. Площадь исходного модуля: 500 м². Материал покрытия: пленка ПВХ. Материал несущего каркаса: стальной профильный прокат

То есть будет смонтирована и отлажена наиболее оптимальная модификация теплицы в зависимости от полезной площади, вида возделываемых культур, схемы использования теплиц (сезонная, круглогодичная), условий размещения сооружения, наличия источников энергии и воды и т.д.

Силами этого же управляющего подразделения будет осуществляться обучение людей. Причем каждый член ассоциации будет иметь возможность обращаться в указанное подразделение по любому вопросу, связанному с его производственно-хозяйственной деятельностью.

Таким образом, ранее трудноразрешимые технологические проблемы, будут решаться не самим фермером в одиночку, а специализированной структурой, квалифицированно и в короткие сроки.

Важной особенностью предлагаемой организации является отсутствие ограничений на количество входящих в нее тепличных хозяйств, в независимости от их расположения на территории области. При этом предполагается, что

значительная часть членов ассоциации будет размещать теплицы непосредственно на своих приусадебных участках, что увеличивает занятость населения и снижает проблемы земледелия под строительство теплиц.

Установка новых теплиц на личных подворьях не связана с большими временными и материальными затратами. Низкий уровень эксплуатационных расходов в них (вследствие инновационных технологий) также способствует достижению высокого конечного экономического результата.

Указанным способом можно в сжатые сроки и сравнительно дешево создать значительный тепличный комплекс, не имеющий при этом присущих подобным объектам ограничений по занимаемой площади, численности занятых работников, локальному водо-энергопотреблению, экологии и пр.

В случае реализации данного подхода по полной схеме фактически получается тепличный кластер областного масштаба. То есть система взаимосвязанных производств, работающих на конечную цель. Без этой системы существование большинства из них или невозможно (производство субстратов и грунтов), или не будет иметь должного развития (например, производство дешевого топлива, специального тепличного оборудования) из-за отсутствия сегодня соответствующей экономической мотивации.

Таким образом, параллельно решается и ряд самостоятельных проблем, не имеющих прямого отношения к тепличному направлению, например, утилизация растительных остатков с/х производства, а также отходов деревообработки, включая очистку лесов.

Что касается положения данной организации на рынке, то оно будет существенно выгоднее, чем положение отдельных мелких и средних производителей. Сбыт продукции будет осуществляться самой организацией без посредников, что приведет к более справедливой структуре финансовых потоков, когда непосредственные производители продукции будут получать больше, а цены на региональном рынке станут ниже.

По мере развития организации будет происходить ее переориентация с местных локальных рынков на межрегиональный и общенациональный. Это означает вступление в конкурентную борьбу с привозной продукцией. Для успеха в этой борьбе необходимо более привлекательное для потребителя соотношение цены и качества продукции, а также более доступное и удобное ее предложение на рынке.

Первый аспект включает в себя производство более дешевой продукции при необходимом качестве, что должно обеспечиваться применением инновационных технологий производства и управления в сочетании с более низким уровнем издержек в мелких хозяйствах.

Второй аспект касается, прежде всего, способов реализации продукции, включая создание собственной малозатратной и мобильной оптово-розничной сети и широкого использования информационных технологий.

С точки зрения развития АПК в целом, можно заключить, что построение рассмотренной системы будет способствовать возрождению агропромышленной интеграции региона, в значительной мере, утраченной в предыдущий период. При этом взаимодействие разнородных элементов системы уже имеет рыночный характер, что способствует формированию соответствующих пропорций их развития на чисто экономической основе. Это становится возможным вследствие того, что в основе функционирования данной системы лежит материальное стимулирование, без которого, как известно, невозможно никакое возрождение АПК [2]. То есть любой работник заинтересован в увеличении количества производимой продукции и снижении издержек, так как это непосредственно

повышает его доходы. Причем доходы станут адекватными продуктивности, так как производитель будет избавлен от диктата посредника. Общим регулятором и ориентиром в деятельности всех элементов системы становится рыночная цена конечной продукции.

Для достижения более благоприятного баланса между издержками и доходами естественным и необходимым становится использование организационных и технологических инноваций, без которых уже невозможно поддержание своей конкурентоспособности на рынке.

Таким образом, системный подход при решении даже частной задачи в АПК может дать регионально значимый результат межотраслевого характера.

Возможные этапы реализации проекта

Конкретная схема практического решения данной проблемы зависит от совокупности различных условий: административных, экономических, социальных, сложившихся на конкретный момент времени. Однако два подхода можно отметить как основу для любых вариантов.

Первый заключается в том, что потребителю предлагаются несколько модификаций эффективных теплиц с монтажом и наладкой на месте установки. То есть обеспечивается решение ряда технических задач при создании тепличного хозяйства. Этот подход может быть реализован силами одной организации, располагающей соответствующими проектно-технологическими возможностями. При имеющимся уже сейчас конструкторском заделе деятельность подобной организации может быть начата при незначительных исходных финансовых и материальных затратах.

Однако следует понимать, что указанным способом действительно массовое участие граждан в производстве тепличной продукции не достижимо. Будет иметь место лишь некоторая активизация этого сектора, что объясняется несистемным характером данного подхода. Данный вариант может послужить основой производственно-инновационного бизнеса специализированной организации (даже регионального масштаба) по выпуску новых теплиц и оборудования.

Наибольший результат может дать подход, при котором создаются, и желательно одновременно, как технологические, так и организационные элементы единой системы. Ведущую роль при этом может сыграть фирма – производитель новых эффективных теплиц, которая на начальном этапе будет выполнять и часть функций управляющей компании. Наряду с производством теплиц создается логистическая система, связывающая отдельные хозяйства в единый информационный, а затем и производственный комплекс. После его создания информационные и материальные потоки должны свободно перемещаться между элементами системы в соответствии с алгоритмом, задаваемым управляющей структурой по координации и мониторингу деятельности всей ассоциации в целом.

Важно при этом не допускать больших временных разрывов между появлением отдельных элементов системы, которые не могут функционировать вне связи друг с другом (например, создание широкой сети фермерских тепличных хозяйств без соответствующей системы сбыта и переработки продукции).

Принципиально значимым является организационно-правовой аспект при реализации данного проекта. Учитывая сложность организационных, финансовых, технологических вопросов, а также масштабы работы, наиболее целесообразным представляется частно-государственное партнерство. В этом случае возможности и преимущества частных экономических субъектов (мобильность, производственная и организационная гибкость, экономичность и пр.) дополняются административными возможностями властных структур.

Иными словами, фермерская ассоциация может быть учреждена рядом коммерческих организаций (включая финансовые) совместно с органами управления региона.

Фермерские и крестьянские хозяйства должны иметь особый статус, закрепленный в индивидуальных договорах с ассоциацией.

Данный подход может дать наиболее существенный социально-экономический результат, хотя и требует определенных организационно-хозяйственных усилий, материальных и финансовых затрат.

В любом случае начинать надо с создания головного исполнительного звена, которое начнет перевод того или иного плана реализации проекта в практическую плоскость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Республиканская производственно-научная ассоциация «Теплицы России». Информационный сборник. – 2000. – №4. – 75с;*
2. *Татуев А.А. Проблемы формирования и эффективного функционирования АПК и его продуктовых комплексов / А.А. Татуев, Н.Н. Новоселова. – Ростов-на-Дону, 2006. – 225с.*

УДК 33.338

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРУПНЫХ И МАЛЫХ ФИРМ ПО ВНЕДРЕНИЮ НОВОВВЕДЕНИЙ

© **Н.В. Моряхина**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

© **Н.Н. Короткова**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

PROS AND CONS OF SMALL AND BIG BUSINESSES COOPERATION WHILE INTRODUCING INNOVATIONS

© **N.V. Morjahina**, Penza State Technical University (Penza, Russia)

© **N.N. Korotkova**, Penza State Technical University (Penza, Russia)

В статье приведен анализ преимуществ и недостатков взаимодействия крупных и малых фирм по внедрению нововведений.

Ключевые слова: инновационное предпринимательство, крупные и малые фирмы, эффективность взаимодействия фирм.

The article analyses the advantages and disadvantages of small and big firms cooperation while introducing innovations.

Key words: innovative entrepreneurship, big and small firms, businesses cooperation effectiveness.

С целью активизации инновационного предпринимательства особое внимание уделяется преимуществам сочетания малого бизнеса с крупными фирмами и его вклад в развитие инновационной экономики.

Анализ организационно-управленческих преимуществ и недостатков малых и крупных фирм в осуществлении нововведений показал, что без участия малого предпринимательства наука и техника развивались бы в узких пределах, так как крупные фирмы на практике предпочитают обходить многие

нововведения, связанные с повышенным риском [4, С.71-72]. Преимущества и недостатки малых и крупных фирм в освоении инноваций можно проиллюстрировать следующим образом (табл.1).

Таблица 1 – Преимущества и недостатки малых и крупных фирм в осуществлении нововведений

Параметры	Малые фирмы		Крупные фирмы	
	Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
1. Персонал	Активность, сплоченность, инициативность	Возможен дефицит в необходимых специалистах	Разнообразие кадрового потенциала, большая численность	Чрезмерная специализация, карьеризм, безынициативность.
2. Руководство	Личный пример, способность принятия риска, «предпринимательский дух», минимум бюрократии.	Замыкание на первых лицах, персонал не вовлечен в систему управления	Опыт профессионального руководства	Чрезмерный бюрократизм, боязнь риска, недооценка человеческого фактора.
3. Внутренние коммуникации	Коммуникация «лицом к лицу», быстрая реакция на внутренние проблемы, четкая обратная связь.			Противоречия формальных и неформальных структур, многоступенчатые коммуникации, много коммуникационных барьеров
4. Внешние коммуникации		Ограниченные каналы связи, трудности привлечения внешних источников услуг, контрактов.	Возможности подключения к внешним источникам научно-технической экспертизы и информации. Развитые каналы связи.	
Маркетинг		Часто отсутствует собственная сбытовая сеть, необходимость завоевания рынка, узкая специализация	Развитая система сбыта и послепродажного обслуживания, прочные позиции на рынке.	Возможен монополизм
Финансы	Низкая капиталоемкость	Повышенный риск вложений из-за неопределенности инноваций, трудности с получением заемных средств	Возможности привлечения заемных средств, «портфельное» распределение риска, способность крупного самофинансирования	Ориентация преимущественно на максимизацию прибыли.

Как следует ожидать, крупные фирмы будут внедрять технологические или технические новшества только в том случае, пока не убедятся в их

действительной эффективности или пока их не начнут применять конкуренты. Они опасаются, что норма прибыли будет недостаточно высокой, и она не будет способна покрывать их потери при освоении изобретений, разработанных собственными научными подразделениями.

Кроме того, стремясь удержать приобретенные позиции на рынке и в производстве, крупные фирмы неохотно идут путем создания новой продукции, поскольку введение новшеств для них означает лишь увеличение прибыли или расширение рынков. Поэтому крупные корпорации будут внедрять технологические или технические новшества, меняющие в корне производственный процесс, в том случае пока не убедятся, в их действительной эффективности или пока их не начнут применять конкуренты.

Появившиеся монополии в лице крупных корпораций, на наш взгляд, существенно затормаживают темп освоения нововведений, так как крупное предприятие-монополист желает защитить свои вложения в то, что он уже имеет, или же просто у него отсутствует стимул – конкуренция.

В связи с этим, в рамках программы демонополизации национального хозяйства страны предусмотрено как принудительное, так и инициативное разукрупнение монопольных производств:

- выделение самостоятельных производственно-хозяйственных блоков;
- выделение малых и средних коллективов из состава крупных предприятий;
- создание небольших дочерних предприятий по инициативе крупных предприятий.

Таким образом, малые предприятия можно образовывать путем выделения структурных единиц из состава объединений и предприятий, цехов, производств, других подразделений, а также на акционерных началах. Второй путь достаточно сложен, но в современных условиях перехода к рынку и создания рыночной инфраструктуры является оптимальным.

Эффективность малых фирм (в том числе и средних), занимающихся НИОКР, чаще выше, чем у крупных организаций, при освоении того или иного нововведения, не требующего значительных средств, так как небольшая группа специалистов может работать без использования сложного и дорогостоящего исследовательского оборудования.

Успех малого предпринимательства заключается, прежде всего, в углубленной специализации в научных разработках, активности и мобильности в освоении оригинальных нововведений.

Таким образом, среди важных преимуществ малых предприятий, занятых инновационной деятельностью, можно выделить следующие:

- мобильность и гибкость;
- узкую специализацию научных поисков или разработку небольшого круга технических идей;
- многоплановый характер мотиваций, включающий также возможность повышения статуса малого предприятия;
- незначительный управленческий персонал;
- возможность широкого использования и привлечения всех видов ресурсов для решения локальных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Инновационный менеджмент: Учебное пособие / Под ред. д.э.н. проф. А.В. Барышевой. – 2-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2008. – 384 с.*

УДК 33.338

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОСТОЯНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В РОССИИ И РАЗВИТИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

- © **Н.В. Моряхина**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **Д.А. Асанина**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **А.Ю. Киндаев**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **Н.Н.Короткова**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

ANALYTICAL REVIEW OF CURRENT ECONOMIC SITUATION IN RUSSIA AND SMALL- AND MEDIUM-SIZED BUSINESS DEVELOPMENT IN TERMS OF INNOVATIVE ECONOMICS

- © **N.V. Morjahina**, Penza State Technical University (Penza, Russia)
- © **D.A. Asanina**, Penza State Technical University (Penza, Russia)
- © **A.Y. Kindaev**, Penza State Technical University (Penza, Russia)
- © **N.N.Korotkova**, Penza State Technical University (Penza, Russia)

В статье приведен обзор состояния экономики и направлений развития малого и среднего бизнеса в России.

Ключевые слова: экономическая ситуация, малый и средний бизнес

The article gives analysis position economy and development small and middle business in Russia.

Key words: economy, small and middle business, analysis of the position and development

В XXI веке мировое хозяйство динамично развивается. Любая современная страна с рыночным типом экономики стремится занять достойное место и укрепиться в мировом сообществе. Россия переходного периода в настоящее время вполне может претендовать на подобное место, которое даст ей преимущества для дальнейшего развития. У отечественной экономики существует для этого достаточный потенциал.

Россия является крупнейшей по размерам и населению страной в мире. Она занимает примерно 1/8 часть суши, или около 17 млн. км². Из имеющихся земель 13% занимают сельхозугодья, а это 210 млн. га.

Численность россиян составляет немногим менее 150 миллионов человек. Доля извлекаемых из недр России полезных ископаемых от всего объема полезных ископаемых, добываемых мировым сообществом достигает 10% нефти, 30% – газа, 10% – каменного угля, 14% – железной руды, 15% – цветных и редких металлов. Если сравнить эти показатели с запасами стран

СНГ, то Россия будет являться абсолютным лидером по добыче нефти (85%), газового конденсата и газа (84%), угля (70%), железной руды (66%), меди (53%), никеля (95%), бокситов (78%) [22]. Таким образом, наша страна обладает одним из самых больших в мире потенциалов топливно-энергетических ресурсов. Однако, располагая таким национальным богатством, Россия, на наш взгляд, до сих пор недостаточно эффективно использует его в своих и международных целях. Между тем, в условиях усиления интеграционных процессов, нашей стране важно использовать свои преимущества и на фоне нестабильного развития мировой экономики, занять оптимальное место в системе международных экономических отношений, вернув и упрочив свое положение в мировом хозяйстве в качестве ведущей страны и экономически сильной державы мира.

Среди явных преимуществ России выделяются следующие:

- развитая научно-техническая база;
- высокая степень обеспеченности сырьем и энергоресурсами, их относительная дешевизна;
- высокий кадровый потенциал, в частности, в сфере точных наук, инженерно-технической области;
- достаточно высокий показатель «индекса человеческого развития» (0,755), который учитывает ВВП на душу населения, ожидаемую продолжительность жизни и уровень образования [6].

На основе имеющихся факторов развития, Россия должна выработать политику по их эффективному использованию, так как это позволит ей занять достойное место в мировой экономике.

На сегодняшний день остается очевидным фактом, что Россия продолжает оставаться страной ориентированной на экспорт сырья, о чем вынужден констатировать В.Путин, будучи еще главой правительства [15].

Объем валовой добавленной стоимости в добыче полезных ископаемых в 2011 году составил 5,0 трлн. руб. Нефть является главной статьёй российского экспорта, составляя, по данным того же года, 34,7% экспорта или 179140,1 миллионов долларов в денежном выражении (вместе с нефтепродуктами – 53,1 % или 273839,1 млн. долларов). В 2011 году в России было добыто 511 млн. тонн нефти (1-е место в мире), что на 1,23 % выше уровня 2010 года. По итогам 2011 года Россия находилась на первом месте в мире по добыче и на втором по экспорту нефти и на первом месте в мире по добыче и экспорту природного газа. В 2011 году в России было добыто 670,5 млрд. куб.м. природного газа. Эти цифры подчас служат основанием для критики со стороны ряда российских и зарубежных экспертов, которые утверждают, что такая доля топливно-энергетического комплекса свидетельствует о сильной зависимости российской экономики от добычи нефти и газа и о том, что наша страна превращается в сырьевой придаток мировой экономики [2, 8, 10, 11].

В России в настоящее время действуют более 30 крупных нефтеперерабатывающих предприятий с общей мощностью по переработке нефти 261,6 млн. тонн, а также 80 мини-нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) с общей мощностью переработки 11,3 млн. тонн. Средняя мощность российских НПЗ составляет 9,1 млн. тонн. Глубина переработки нефти за период с 2005 по 2006 выросла с 67,6 до 71,3%. В последние годы на ряде НПЗ активно ведётся строительство комплексов глубокой переработки нефти, планируя довести глубину переработки нефти до 93%.

По итогам первого квартала 2010 года, по темпам роста ВВП (2,9%) и роста промышленного производства (5,8%) Россия вышла на второе место среди стран «Большой восьмёрки», уступив только Японии. По итогам 2010 года рост ВВП России составил 4,0%, Россия вышла на шестое место среди стран мира по объёму ВВП по ППС. В 2011 году ВВП России, согласно оценкам экспертов, вырос на 4,2% [17,19]. Увеличение ВВП связано в большей степени, как уже говорилось выше, с увеличением добычи нефти и газа.

При таких высоких темпах роста добычи нефти и газа следует помнить о том, что эти природные ресурсы относятся к разряду не возобновляемых, и рано или поздно их запасы истощатся, а отечественная промышленность сейчас переживает не лучшие времена в своей истории. Это можно судить, например, по соотношению импорта/экспорта товаров. Так, импорт товаров с 2005 года увеличился более чем три раза, а экспорт увеличился лишь вдвое.

Одной из острых проблем отечественной промышленности является моральный износ технологического оборудования. Если рассматривать возрастную структуру производственного оборудования, то в 1970 г. 40,8% мощностей имели возраст до 5 лет, тогда как в 2010 г. только 9,3%. Период обновления производственных мощностей и ввода оборудования нового поколения составляет в среднем 5 лет. Учитывая средний возраст оборудования российской промышленности, можно сделать вывод о ее технологическом отставании от передовых стран мира как минимум на три поколения, что не повышает конкурентоспособность нашего производителя на мировом рынке.

В связи с вышеуказанными фактами перспектива у отечественной экономики окажется весьма печальной. Поэтому, играя важную роль в минерально-сырьевом комплексе мира, нашей стране в ближайшее время необходимо переориентироваться на развитие реального сектора экономики.

На наш взгляд, двигателем развития данного сектора экономики могут стать прямые капиталовложения, идущие на техническое перевооружение и другие инновации, стимулирующие экономический рост, а также государственная поддержка через кредитование товаропроизводителей по низким процентным ставкам.

Россия, занимая огромную территорию на евроазиатском континенте, пока имеет невеликий экономический потенциал. Так, например, в России в 2005 г. производилось около 2% мирового ВВП, или 3,1% по паритету покупательной способности валют. Из анализа структуры российского народного хозяйства можно сделать вывод о том, что ее отраслевые пропорции типичны для пропорций европейских стран: 58% ВВП производится в секторе коммерческих и государственных услуг, 38% – в промышленности и 4% – в сельском хозяйстве. Однако специфика России состоит в том, что в структуре ВВП продолжает занимать высокую долю добыча полезных ископаемых, которая с годами увеличивается (2004 г. – 9,5%, 2006 г. – 10,7%) [19].

Разразившийся с конца 2007 года мировой экономический кризис не мог не отразиться на экономике России. По данным Минэкономразвития РФ, инвестиционная активность заметно снизилась в первой половине 2008 г., темп роста инвестиций по сравнению с 2007 г. сократился в 1,7 раза. В связи с этим замедлился рост ВВП до 5,6 % в 2008 г. В 2009 г. прогнозировалось снижение ВВП до отрицательной величины в связи с обвальным падением инвестиций в производственные фонды в промышленности. Данная ситуация характерна для всех промышленно развитых стран. Мировой спад обещал нулевой рост экономики у большинства наиболее развитых стран. Отсюда следует, что спрос

на основные товары российского экспорта также должен был падать. В данной ситуации российским предпринимателям необходимо более энергично осваивать свой внутренний рынок и ориентироваться на российский совокупный спрос, не надеясь на быстрое восстановление поставок по экспорту. При этом центральным вопросом должен стать вопрос, как без закрытия российского рынка протекционистскими барьерами одержать победу в конкурентной борьбе с импортерами. На примере потребления нашими гражданами продовольственных товаров, можно видеть, что импортное продовольствие на сегодняшний день остается основой питания российских граждан и его доля. Например, на мясном рынке составляет 41%, а на молочном – 26% [1, С.133].

Поэтому для того, чтобы избежать стагнации в настоящее время должны быть созданы условия для возобновления экономического роста на принципиально новой технологической и организационной основе. Кризисное развитие не оставляет для российских предпринимателей иного выбора, поскольку прежний производственный потенциал, сохранившийся с советских времен, на сегодняшний момент практически полностью себя исчерпал. Следовательно, жесткую конкуренцию способны выдержать только те предприятия, которые будут использовать новые технологические решения, и на этой основе будут контролировать свои издержки. Для этого, помимо дополнительных инвестиций необходимо развивать активную инновационную деятельность.

Приоритетным стратегическим направлением экономического развития Российской Федерации в настоящее и ближайшее время является формирование эффективной инновационной экономики, поскольку новые знания и технологии и их использование в интересах социально-экономического развития государства определяют роль и место страны в мировом сообществе и уровень обеспечения национальной безопасности.

Л.Я. Аврашков (2008) считает, что развитие страны должно осуществляться не столько за счет факторов производства и инвестиций, сколько на основе активизации инновационной деятельности в области базовых наукоемких отраслей народного хозяйства [7, С.27].

В экономической литературе в последнее время развернулась активная дискуссия о путях модернизации отечественной экономики. Некоторые ученые призывают осуществлять обновление за счет собственных возможностей страны, другие авторы выступают за привлечение зарубежного технологического и инвестиционного потенциала [4, С. 140]. На наш взгляд, существенную долю бюджетных средств необходимо направлять в сферы социальной поддержки населения и модернизации традиционной производственной инфраструктуры. При этом, есть все основания полагать, что реальные достижения по внедрению передовых технологических решений успешнее могут осуществляться частными предпринимателями и малыми (и средними) предприятиями.

Таким образом, одним из условий успешного развития инновационной экономики можно назвать активное малое (и среднее) предпринимательство, способное ускорить механизм запуска перспективных технологий и сделать его гибким и экономичным, и, вследствие этого, решить ряд вопросов социально-психологического, экономического и правового порядка.

Малый бизнес играет важную роль в развитии экономики многих стран. В.В. Сазонов, В.Я. Горфинкель (2008) отмечают, что малое (и среднее)

предпринимательство создает благоприятные условия для оздоровления экономики, так как оно способствует дальнейшему развитию конкурентной среды, созданию дополнительных рабочих мест и расширению потребительского сектора. Развитие малого бизнеса ведет к насыщению рынка товарами и услугами, к повышению экспортного потенциала, к лучшему использованию местных сырьевых ресурсов [20, С.73].

В странах Европейского Союза, в США, в Японии на малые и средние предприятия приходится около 50% в общей численности занятых. Их доля в ВВП превышает 50%. Россия же по этим показателям существенно отстает (см.табл.1).

Таблица 1 – Масштабы развития малого предпринимательства в России и в зарубежных странах с 1996 по 2006 гг.

Страна	Число малых и средних фирм		Численность занятых, млн	Доля малых и средних фирм, %	
	тыс.	в расчете на 1 тыс. жителей		в общей численности занятых	в ВВП
Великобритания	2930	46	13,6	49	50-53
Германия	2290	37	18,5	46	50-54
Италия	3920	68	16,8	73	57-60
Франция	1980	35	15,2	57	55-62
Страны ЕС	15777	45	68,0	72	63-67
США	19300	74,2	70,2	54	50-52
Япония	64506	49	39,3	78	52-55
Россия	979,3	6,9	8,0	11,0	11-12

К сожалению, приходится констатировать, что в составе ВВП доля российских малых (и средних) предприятий составляет всего лишь 10–11 % по сравнению с аналогичным показателем в развитых странах.

По данным Росстата в 2005 году в российском малом бизнесе было занято всего лишь около 11% активного населения страны (8045,2 тыс. человек) [16, 18]. При этом наибольшей численностью занятых в малом бизнесе представлена торговля и общественное питание (33,1% или 2668,6 тыс.чел.), промышленность и строительство (21,3 и 17,5% или 1711,9 и 1410,8 тыс.чел.). В том же году малыми предприятиями было произведено продукции и выполнено услуг всего на 2693,8 млрд. руб., что составило 12,4% ВВП [16, 18].

По состоянию на начало 2006 г. (конец 2005 г.) в России насчитывалось 979,3 тыс. малых предприятий (конец 1996 г. – 841,7 тыс.; 2000 – 879,3; 2002 – 882,3; 2005 г. – 979,3 тыс.). Оборот малых предприятий в 2005 г. составил 9633,6 млрд.руб.

Анализ динамики изменения числа малых предприятий за 1996–2005 гг. по отраслям экономики и видам деятельности показал, что наибольшее число малых предприятий представлено в промышленности (131,9; 134,2; 121,0 и 126,5 тыс. по годам соответственно), строительстве (138,0;126,8; 113,0; 109,3 тыс. по годам соответственно), торговле и общественном питании (359,3; 407,5; 442,4; 448,8 тыс. по годам соответственно). В сфере науки и научного обслуживания такие показатели существенно ниже: в 1996 г. – 46,7; 2000 г. – 30,9; 2002 – 22,7 тыс. В 2005 г. цифровые данные о количестве малых предприятий в этой сфере не приводятся [20, С.87]. Это может свидетельствовать о том, что их количество весьма незначительно (смотри табл. 2).

Таблица 2 – Распределение малых предприятий по отраслям экономики и видам деятельности (на конец года; тыс.) [20].

Отрасль, вид деятельности	1996	2000	2002	2005
Всего	841,7	879,3	882,3	979,3
Промышленность	131,9	134,2	121,0	126,5
Сельское хозяйство	10,9	14,4	15,6	29,0
Строительство	138,0	126,8	113,0	109,3
Транспорт	17,5	19,5	20,2	
Связь	2,9	3,7	3,9	44,3
Торговля и общественное питание	359,3	407,5	422,4	
Оптовая торговля продукцией производственно-технического назначения	14,6	13,9	27,9	448,8
Информационно-вычислительное обслуживание	6,1	5,6	6,5	
Операции с недвижимым имуществом	3,9	9,6	20,3	X
Общая коммерческая деятельность по обеспечению финансирования рынка	35,9	18,5	38,8	151,9
Жилищно-коммунальное хозяйство	2,8	5,1	3,1	X
Непроизводственные виды бытового обслуживания населения	10,2	9,6	9,8	X
Здравоохранение, физическая культура и социальное обеспечение	11,0	18,5	19,0	X
Образование	6,6	5,5	3,4	34,1
Культура и искусство	6,5	8,4	8,1	
Наука и научное обслуживание	46,7	30,9	22,7	2,7
Финансы, кредит, страхование, пенсионное обеспечение	10,8	5,9	5,0	X
Другие отрасли	26,1	23,0	21,6	X

Следует отметить, что в России доля занятых в инновационной сфере малых предприятий составляет не более 6 % от всех предприятий малого бизнеса, а это 20-25% от общей занятости населения страны. В Европе, к примеру, эта доля составляет 60%, в Японии – 80%. А в США разработки малых предприятий составляют от 40% до 46% всех научно-технических нововведений.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что число малых предприятий растет очень медленно. Увеличение наблюдается лишь в торговле и общественном питании (рост за 1996-2005 гг. с 359,3 тыс. до 448,8 тыс.). Однако в промышленности число малых предприятий снизилось с 131,9 тыс. до 126,5 тыс., в строительстве – с 138,0 тыс. до 109,3 тыс., а в науке и научном обслуживании по данным 1996-2002 гг. – с 46,7 до 22,7 тыс.

Отсюда можно видеть, что Россия, обладая высокими производственным и трудовым потенциалом, не использует его в полной мере, хотя резервы роста малого предпринимательства, в том числе и инновационного, в стране достаточно велики. Развивая эту сферу хозяйственной деятельности в ближайшие годы, Россия сможет существенно укрепить свои экономические позиции и сформировать сильную конкурентоспособную экономику. Однако без действенной государственной поддержки эту стратегическую задачу в намеченные правительством сроки к 2015–2020 году не выполнить, поскольку следует обновить более 40 миллионов рабочих мест. При этом большинство предприятий, которые должны создавать эти рабочие места, работают по-прежнему неэффективно, их оборудование значительно устарело. Известно, что для того, чтобы создать новое рабочее место, крупному предприятию, например, в 2000 году надо было затратить 100–150 долларов [21]. Можно предположить, что в настоящее время такие расходы существенно возросли. Если же создавать новые рабочие места в

малом бизнесе, то затраты будут гораздо ниже не только в стоимостном выражении, но и во времени. Из этого видна важность и актуальность развития малого эффективного предпринимательства.

Отметим, что в регионах нашей страны уделяется особое внимание вопросу развития сети малых и средних предприятий. Наиболее крупным регионом России, где сосредоточена четверть всех малых и средних предприятий, является Москва. Именно столица РФ лидирует в рейтинге регионов по развитию малого и среднего бизнеса [5]. Далее следуют: Санкт-Петербург – 108,7, Московская область – 44,1, Свердловская область – 31,9, Самарская область – 26,9, Ростовская область – 25,5 тыс. Как видим, в этом списке нет Пензенской области. По данным ИА «Альянс Медиа», она лишь занимает шестое место в Приволжском федеральном округе по развитию малого бизнеса.

Так, на 1 июля 2003г. в области функционировало 5806 малых предприятий. Численность работающих на них на постоянной основе составила в исследуемом году 62,9 тыс. человек или 11,5 % от общей численности экономически активного населения. В расчете на 1000 жителей в регионе в 2003 г. действовало 4 малых предприятия и 23 частных предпринимателя без образования юридического лица. В среднем на одном малом предприятии работало 11 чел.

В 2006 году на малых предприятиях Пензы трудилось более 56,4 тыс. человек, постоянно занятых – 52,0 тыс. человек. В 2006 году на одно малое предприятие г. Пенза в среднем было занято более 8 постоянно работающих человек. Оборот малого предпринимательства составил 41748,5 млн.рублей. Доминирующее положение в сфере малого бизнеса по обороту занимают предприятие торговли, общественного питания и бытовых услуг. Их оборот составил 30940,6 млн. рублей.

Необходимым условием развития регионального малого (и среднего) предпринимательства должна быть целенаправленная поддержка администрации региона, основной из задач которой является стимулирование инновационной предпринимательской активности и обеспечение условий для эффективного инвестирования [9, С.6]. Положительные примеры такой поддержки можно наблюдать в Пензенской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бардовский В.П., Рудакова О.В., Самородова Е.М. Экономика: учебник. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2011. – 672 с.: ил. – (Высшее образование).
2. В 2011 году в России добыто самое большое количество нефти за весь постсоветский период [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://delovoe.tv/event/V_2011_godu_v_Rossii_dob/
3. Делягин М. Вступление в ВТО кончится для России революцией [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://svpressa.ru/politic/article/34473/>
4. Дубинин С.К., Россия против кризиса. Кто победит? / С.Дубинин. – М.: Русь-Олимп, Астрель, 2009. – 382 с.
5. Инвестиционный рейтинг российских регионов // Эксперт, 2000- № 41 (253) – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://expert.ru/expert/2000/41/41ex-reg04_22305/
6. Индекс развития человеческого потенциала – информация об исследовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gtmarket.ru/ratings/human-development-index/human-development-index-info>

7. *Инновационный менеджмент: Учебное пособие / Под ред. д.э.н. проф. А.В. Барышевой. – 2-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашиков и К», 2008. – 384 с.*
8. *Какие места занимает Россия в мировых рейтингах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mr7.ru/articles/43146/>*
9. *Кукарцева О. Две головы лучше, чем одна // Инноватор, 2009. – № 1. – С. 6-7.*
10. *Минерально-сырьевая база России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecosocio.ru/rusmenu.html>*
11. *Минерально-сырьевая база России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://protown.ru/information/hide/3078.html>*
12. *Морозова Т.Г. Региональная экономика: Учебник для вузов. – М.:ЮНИТИ, 1998. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bibliotekar.ru/regionalnaya-ekonomika/19.htm>*
13. *Природный газ в 2011 году. Итоги [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.trubagaz.ru/issue-of-the-day/prirodnuyj-gaz-v-2011-godu-itogi/>*
14. *Путин В. Прямые инвестиции в российскую экономику в 2011 году достигли \$36 млрд. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://er.ru/news/2011/11/28/putin-pryamyie-investicii-v-rossijskuyu-ekonomiku-v-2011-godu-dostigli-36-mlrd/11>.*
15. *Россия и ВТО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.arhimed007.narod.ru/vto.htm>*
16. *Россия в цифрах, 2006: Крат.стат.сб.М.: Росстат, 2006.*
17. *РФ неплохо выглядит в G8, если не считать инфляцию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.newizv.ru/economics/2010-05-24/126862-rf-neploho-vygljadit-v-g8-esline-schitat-infljaciju.html>*
18. *Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/>*
19. *Экономика России. Основные черты российской экономики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ereport.ru/articles/weconomy/russia.htm>*
20. *Экономика предприятия: Учебник для вузов / Под ред. проф. В.Я. Горфинкеля. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008. – 767 с.*
21. *Ясин Е. Малый бизнес просит не мешать работать// Российская газета, 2000, 8 апреля.*
22. http://revolution.allbest.ru/international/00293057_0.html

**ЗНАЧЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО
БИЗНЕСА И НЕОБХОДИМОСТЬ ЕГО ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ПОДДЕРЖКИ (НА ПРИМЕРЕ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

- © **Н.В. Моряхина**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **Д.А. Асанина**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **А.Ю. Киндаев** Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

**IMPORTANCE AND PECULIARITIES OF SMALL- AND MEDIUM-SIZED
BUSINESS DEVELOPMENT AND ESSENTIALITY OF SUPPORTING IT BY
GOVERNMENT: PENZA REGION**

- © **N.V. Morjahina**, Penza State Technical University (Penza, Russia)
- © **D.A. Asanina**, Penza State Technical University (Penza, Russia)
- © **A.Y. Kindaev**, Penza State Technical University (Penza, Russia)

В статье дан анализ особенностей развития малого и среднего бизнеса и необходимости его государственной поддержки на примере Пензенской области

Ключевые слова: малый и средний бизнес, особенности развития бизнеса в регионе

The article gives analysis meaning and characteristics of the development small and middle business by the example Penza region.

Key words: small and middle business, characteristics of the development by region Penza

Одним из приоритетных направлений развития экономики нашей страны является помощь малому бизнесу.

Малый бизнес выполняет ряд важнейших экономических и социальных задач. Помимо налоговых отчислений в бюджеты всех уровней, малый бизнес развивает экономический сектор, создает дополнительные рабочие места, способствует конкуренции.

Малый бизнес представляет собой совокупность микропредприятий и малых предприятий, занимающихся предпринимательской деятельностью. Согласно принятому в 2007 году Государственной Думой РФ закону «О развитии малого и среднего предпринимательства» микропредприятиями признаются компании, с количеством сотрудников не более 15 челок. Малые предприятия – организации с количеством сотрудников от 16 до 100 человек.

Малый бизнес является одной из основных составляющих экономики большинства развитых и развивающихся стран. Во многих странах Западной Европы на долю малого бизнеса приходится более половины ВВП, а в некоторых – 70-80% [5, с. 36]. Наибольшая доля малых и средних предприятий наблюдается в Китае – 84,3 %, в Индонезии – 79,2 %. В США на долю малого и среднего бизнеса приходится 50 % ВВП, в то время как в России всего лишь около 22 %.

Анализируя зарубежный и отечественный опыт развития малого предпринимательства, можно указать на его следующие преимущества:

- экономическая маневренность, адаптивность и оперативность в принятии управленческих решений, быстрое реагирование на постоянно изменяющуюся рыночную ситуацию;

- повышенная скорость оборота капитала;
- более простая структура управления, обуславливающая снижение косвенных расходов;
- более экономное использование ресурсов.

Главным недостатком малого бизнеса является малая величина капитала и ориентация в основном на самофинансирование, вследствие чего проявляется неустойчивость.

Рассмотрим, подробнее, какое значение малый бизнес имеет для развития экономики государства [6, с. 27].

1) Малый бизнес – важный сектор экономики.

Предприятия малого бизнеса более устойчивы к внешним изменениям. В период общего экономического спада России в начале 90-х годов именно малый бизнес поддержал российскую экономику и вовремя адаптировался под новые рыночные условия. Государственные предприятия же не выдержали конкуренции, были разрушены или приватизированы. Таким образом малый бизнес демонстрирует свою гибкость, «живучесть», укрепляя и поддерживая рыночную экономику.

2) Малый бизнес – один из основных источников налоговых поступлений.

Малый бизнес участвует в формировании бюджетов всех уровней. Помимо непосредственных отчислений в бюджет от доходов компаний, предприятия малого бизнеса, создавая рабочие места и являясь источником доходов населения, помогает сбору налогов непосредственно с физических лиц.

3) Малый бизнес способствует развитию инновационных технологий.

Малый бизнес выполняет важную функцию в развитии инновационной экономики государства, инвестируя средства в наукоемкие высокотехнологичные направления производства.

4) Социально-экономическая роль малого бизнеса.

Малый бизнес способствует созданию новых рабочих мест, обеспечивает занятость населения, в итоге уменьшается безработица.

Начало реформ 90-х годов в России ознаменовалось большим притоком людей в малый бизнес. Достаточно сказать, что к 1995 году почти 60% всех российских частных предприятий были малыми. Последовавший после этого кризис 1998 года, однако, пришелся тяжелым ударом по малому бизнесу. Лишь к началу 2000 года число малых предприятий вновь составило 891 000, приблизившись к отметке 1994 года (общее число постоянно работающих на малых предприятиях на тот момент равнялось 10% от общего числа Работавших в российских организациях).

Динамика числа предприятий малого бизнеса с 2005 по 2012 гг. представлена на рис. 1[8].

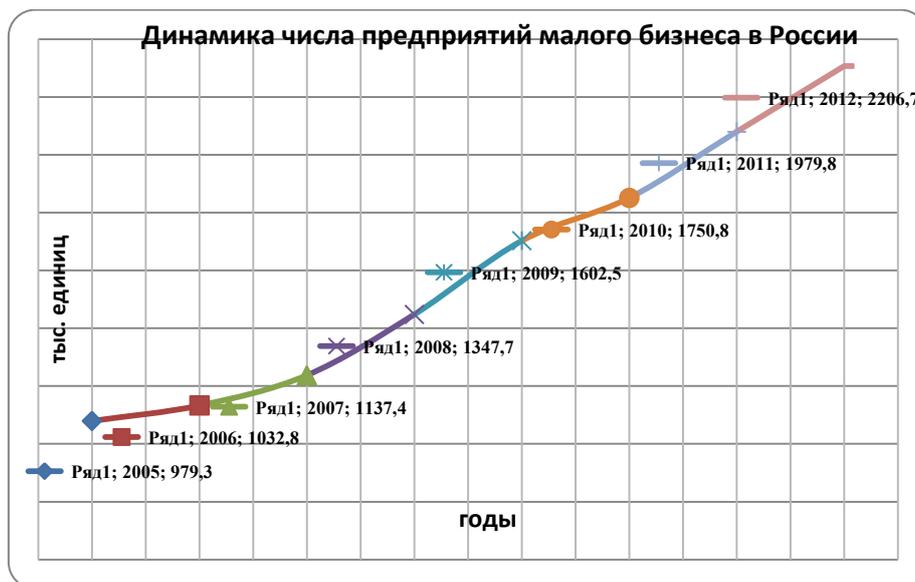


Рисунок 1 – Динамика числа предприятий малого бизнеса в России

Как видно из данных рисунка 1, наблюдается положительная динамика в росте субъектов малого бизнеса в нашей стране. Хотя до сих пор считается, что в России малый бизнес фактически пребывает в состоянии стагнации. Номинально происходит увеличение количества малых предприятий в России, которые на конец 2012 года составили 2,2 млн. единиц, что в 2,25 раза больше, чем было в 2005 году.

Совокупный финансовый оборот предприятий малого бизнеса представлен на рис. 2.

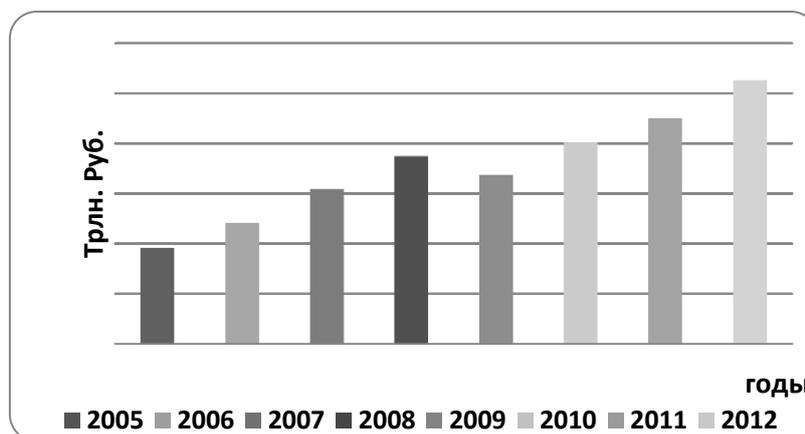


Рисунок 2 – Динамика совокупного финансового оборота предприятий малого бизнеса РФ

Совокупный финансовый оборот предприятий за этот период увеличился в 2,73 раза до 26,3 трлн. руб.

Российский малый бизнес начал свое развитие сравнительно недавно, но уже прошел сложный путь. Отметим ряд особенностей малого бизнеса России

по сравнению с другими странами, а также по сравнению со средним или крупным бизнесом.

1) Низкий процент венчурной специализации.

В экономически развитых странах малый бизнес играет важную роль в формировании инновационной экономики (около 25%), в России же основным видом деятельности малого бизнеса является торговля и коммерция, а не инновационное производство (всего около 6%) [3, С.74]. На сегодняшний день это важнейшая задача государства в области поддержки малого бизнеса – развитие предприятий, ориентированных на наукоемкие и высокотехнологичные отрасли.

2) Низкая легитимность малого бизнеса.

Большой процент предприятий функционирует в сфере теневой экономики. Используя «серые схемы» работы, занижая прибыль, компании уменьшают свои налоговые выплаты, а, следовательно, и доходы в бюджет страны.

3) Постоянная нехватка финансирования.

Эта особенность обусловлена малой величиной индивидуального капитала. Весь с трудом собранный стартовый капитал уходит в оборот, а производственный цикл предприятий не всегда совпадает временем обращения капитала. Таким образом, у малого бизнеса и появляется потребность – взять кредит для бизнеса. В результате, из-за высоких процентных ставок по кредитам, некоторые предприятия становятся банкротом.

4) Неустойчивость малого бизнеса.

Из предыдущей особенности вытекает следующая: нестабильность малого бизнеса в результате нехватки финансирования, жесткой конкурентной борьбы и части внешних факторов (инфляции, энергетического кризиса и т.д.). Почти каждый четвертый представитель малого бизнеса в России становится в итоге банкротом, или, по крайней мере, сворачивает свою деятельность.

Рассмотрим динамику количества малых предприятий в субъектах ПФО с 2008 по 2012 гг. [8].

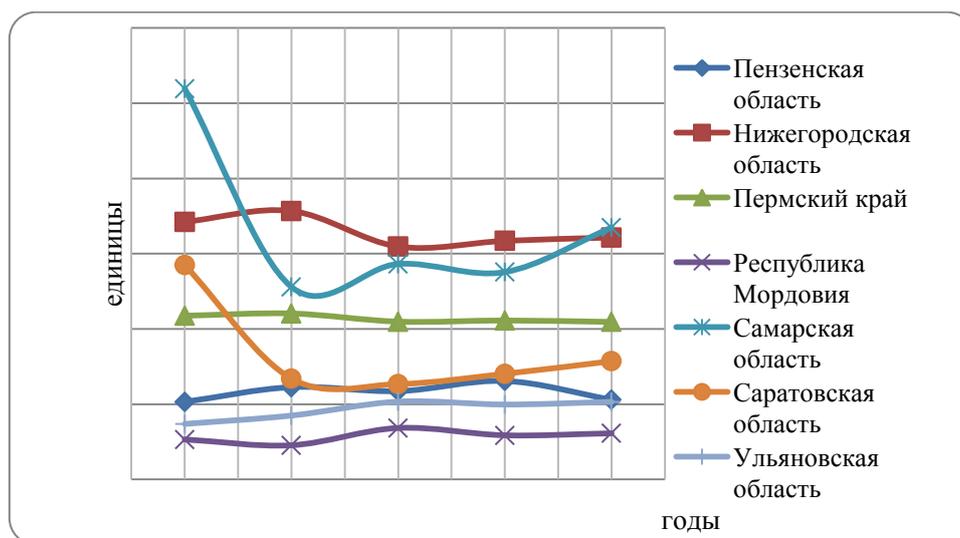


Рисунок 3 – Динамика количества малых предприятий в субъектах ПФО с 2008 по 2012 гг.

Как следует из приведенных данных, в Пензенской области наблюдается сокращения числа малых предприятий практически на 20 % за последний год. Отчасти это можно объяснить миграцией предприятий из малых в микро, рост которых связан с государственной поддержкой именно этого сектора частного бизнеса. Сокращение числа малых предприятий можно объяснить и их банкротством.

В процессе своего развития малое и среднее предпринимательство Пензы сталкивается с рядом нерешенных проблем, характерных для бизнеса всей страны:

1. Высокие налоги
2. Дороговизна материально-технических средств
3. Высокие кредитные ставки банков
4. Неразвитость производственной инфраструктуры
5. Нехватка специализированного оборудования
6. Слабость информационной базы
7. Низкая квалификация самих предпринимателей и наемных работников.

В связи с этим были определены приоритетные направления развития субъектов малого и среднего бизнеса в г. Пенза:

1. Совершенствование нормативной правовой базы деятельности Программы малого и среднего предпринимательства и КФХ и контроля за правоприменительной практикой.
2. Развитие кредитно-финансового механизма поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства.
3. Информационно-консультационное обеспечение малого и среднего предпринимательства и инфраструктуры поддержки бизнеса.
4. Содействие выставочно-ярмарочной деятельности малого и среднего предпринимательства.
5. Создание и развитие структуры поддержки субъектов малого предпринимательства (бизнес-инкубаторов).
6. Развитие системы гарантий по кредитам субъектам малого предпринимательства (гарантийный фонд).
7. Разработка и реализация комплексных мер, направленных на оптимизацию непрерывного процесса по экономии всех типов энергоносителей для субъектов малого и среднего предпринимательства [1].

Указанные меры, предпринятые Администрацией г. Пенза, а также организациями, входящими в инфраструктуру поддержки малого и среднего бизнеса, для оказания государственной поддержки малому и среднему бизнесу, позволят малому и среднему бизнесу справиться с вышеуказанными проблемами и повысить эффективность деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгосрочная целевая программа «Развитие и поддержка малого и среднего предпринимательства в Пензенской области на 2009-2014 годы».
2. Закон Пензенской области от 01.03.2004 № 579-ЗПО «Об инвестиционной стратегии Пензенской области» (с последующими изменениями).
3. Постановление Правительства Пензенской области от 16 октября 2008 г. N 667-пП «Об утверждении долгосрочной целевой программы «Стимулирование роста объемов промышленного производства, внедрения

инноваций и технического перевооружения промышленности Пензенской области на 2009 – 2015 годы».

4. Постановление Правительства Пензенской области от 09.06.2010 № 340-пП «Об утверждении порядков предоставления субсидий в рамках реализации долгосрочной целевой программы «Развитие и поддержка малого и среднего предпринимательства в Пензенской области на 2009-2014 годы».
5. Бухвальд Е.Б., Виленский А.М. Кредитование малого предпринимательства / Вопросы экономики – 2011, №4. – С.92-99.
6. Лапуста М.Г., Мазурина Т.Ю. Проблемы кредитования малого бизнеса в России // Финансы – 2011, №4 – С.14-16.
7. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Пензенской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://pnz.gks.ru/>
8. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/reform/#

УДК 338.43

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ МОЛОЧНОГО ПОДКОМПЛЕКСА АПК КАК ФАКТОР УЛУЧШЕНИЯ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

© *Л.И. Крутова, Пензенский государственный университет*
(г. Пенза, Россия)

© *А.В. Новикова, Пензенский государственный технологический университет*
(г. Пенза, Россия)

© *Н.В. Счастливая, Кузнецкий институт информационных и управленческих технологий (филиал) Пензенского государственного университета*
(г. Кузнецк, Пензенская обл., Россия)

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF DAIRY SUBCOMPLEX AS A FACTOR OF IMPROVEMENT OF PUBLIC HEALTH NUTRITION

© *L.I. Krutova, Penza state University (Penza, Russia)*

© *A.V. Novikova, Penza state technological University (Penza, Russia)*

© *N.V. Schastlivaya, Kuznetsk Institute of information and management technologies (branch) of Penza state University (Kuznetsk, Russia)*

В статье дана характеристика развития молочной отрасли производства в РФ на современном этапе.

Ключевые слова: молочные продукты, здоровое питание, физиологические нормы потребления, молочная промышленность, продовольственная безопасность

The paper describes the development of the dairy industry in the Russian Federation at the present stage.

Key words: dairy products, healthy food, norms of physiological requirements, dairy industry, food safety

E-mail: nav3@sura.ru

Важнейшим стратегическим приоритетом социально-экономической политики РФ является интенсивное развитие АПК, одной из основных в системе которого является молочная отрасль, объединяющая сельхозпроизводителей молока и перерабатывающие предприятия, производящие широкий ассортимент молочной продукции. Молочные продукты по праву относятся к группе жизненно необходимых, т.е. благотворно влияющих на здоровье человека при их регулярном употреблении, поэтому деятельность предприятий молочной отрасли АПК РФ должна быть направлена на планомерное наращивание объемов производства и потребления молокопродуктов.

Отечественный молочно-продуктовый комплекс АПК формировался на протяжении десятилетий в условиях командно-административной системы государственного управления и концу 1980-х гг. в его деятельности были достигнуты определенные успехи. Основная масса молока-сырья производилась в сельхозпредприятиях, имевших устойчивые хозяйственно-экономические связи с перерабатывающими предприятиями, которые производили молочную продукцию в ограниченном ассортименте, однако качественную и доступную. Такой подход позволил в 1989-90 гг. обеспечить потребление молочных продуктов (в пересчете на молоко) в количестве 380-390 кг на душу населения, что соответствовало принятым физиологическим нормам. При этом следует отметить, что развитие отрасли было экстенсивным: высокие объемы производства молока достигались за счет увеличения поголовья коров при их низкой продуктивности, а технологии переработки были энергозатратными. В то время как страны Запада в широких масштабах начали структурную перестройку экономики с акцентом на ресурсосбережение и использование новейших достижений науки и техники, отечественные предприятия всех отраслей, в т.ч. АПК, обновляли производительные силы низкими темпами и были не в состоянии решать задачи продовольственного обеспечения страны. Начавшийся в 90-х годах прошлого века переход к рыночной экономике усугубил имевшиеся негативные тенденции в АПК и молочная отрасль оказалась в кризисной ситуации, выход из которой до настоящего времени не завершён. Состояние производства и потребления молока в период становления и развития рыночных отношений характеризуют данные, представленные в табл. 1. [1]

Таблица 1 – Производство и потребление молока в РФ (1990-2012 гг.)

Показатели	1990	1995	2000	2005	2010	2012
Поголовье коров, млн.гол.	20,6	17,4	12,7	9,5	8,8	8,8
Производство молока, млн.т, в т.ч.	55,7	39,2	32,3	31,1	31,9	31,9
- сельхозпредприятия	42,4	22,4	15,3	14,0	14,3	14,8
- ЛПХ	13,3	16,3	16,4	16,1	16,1	15,4
- фермерские хозяйства	0,00	0,58	0,57	0,98	1,48	1,72
Потребление молока и молочной продукции (в пересчете на молоко), кг на душу населения	387	254	215	234	247	249

Анализ статистических данных показывает следующие особенности деятельности отрасли на рассматриваемом этапе:

- поголовье коров сократилось более чем в 2 раза;
- объемы производства молока-сырья снизились в 1,7 раза и стабилизировались на уровне около 32 млн.т в год;
- потребление молока на душу населения уменьшилось и составляет около 60% от физиологической нормы.

Многолетнее недостаточное потребление молочных продуктов негативно влияет на состояние здоровья населения. Исследования, проводимые сотрудниками Института Питания РАМН, свидетельствуют о наличии в рационах питания дефицита полноценных (животных) белков, полиненасыщенных жирных кислот; витаминов С, В₁, В₂, Е, фолиевой кислоты, ретинола, β-каротина и других; макро- и микроэлементов: Са, Fe, Zn, F, Se, I и других; пищевых волокон. Дефицит потребления белка составляет в среднем 20%, содержание большинства витаминов и микроэлементов на 15 – 55% меньше расчётных величин потребности в них, а пищевых волокон – на 30% ниже. При недостаточном и несбалансированном питании возникают нарушения обмена веществ и развитие сопутствующих хронических патологий. Создается благоприятная почва для развития иммунодефицитных состояний, кардиологических заболеваний, онкологии, а также «болезней цивилизации» – атеросклероза, диабета, ожирения и др. Неадекватное питание в значительной степени обеспечивает низкую продолжительность жизни и высокую смертность населения России по сравнению с развитыми странами.

Таким образом, в период становления рыночной экономики в отечественном молочно-продуктовом подкомплексе АПК был значительно снижен имевшийся уровень производства, что обусловило отставание РФ от лидеров мировой молочной индустрии. На современном этапе основными мировыми производителями молока являются США и страны ЕС, добившиеся высокой продуктивности коров и роста объемов производства широкого ассортимента молочных продуктов индустриальными способами, тогда как в молочной отрасли РФ по-прежнему отмечается стагнация (табл.2). [1, 2]

Таблица 2 – Производство молока в РФ и за рубежом (1990-2010 гг.)

	Средняя продуктивность коров, кг в год			Производство молока-сырья, млн.т		
	1990г	2000г	2010г	1990г	2000г	2010г
РФ	2731	2502	3120	55,7	32,3	31,9
США	5000	7747	8400	37,1	76,0	85,8
ЕС (15)	5500	5800	6100	-	121,6	124,4

В РФ средняя продуктивность коров до настоящего времени находится на уровне 3000 кг/год, тогда как мировые лидеры перешагнули рубеж в 5000 кг еще в 1990 г. Кроме того, физико-химические и микробиологические показатели отечественного сырья зачастую не позволяют производить из него качественную молочную продукцию. Если по производству молока еще в 1990 г. РФ удерживала лидирующие позиции, то уже в 2000 г. США произвели молока в 2,3 раза, а страны ЕС – в 3,7 раза больше, и эта тенденция не изменяется до настоящего времени. Крупнейшими переработчиками молока в

2012г. стали компании Fonterra (Новая Зеландия, объем переработанного молока — 21,6 млн тн, бренды Anchor, Mainland и др.), Dairy Farmers of America (США, 17,1 млн тн, бренды Borden Cheese, Guida's Dairy и др.), Lactalis (Франция, 15 млн тн, бренды President, Galbani и др.), Nestlé (Швейцария, 14,9 млн тн, бренды Nestlé, Ninho и др.), Dean Foods (США, 12 млн тн, бренды Dean's Dairy, Meadow Gold и др.), Arla Foods (Дания-Швеция, 12 млн тн, бренды Arla, Lurpak, Castello), Friesland Campina (Нидерланды, 10,1 млн тн, бренды Campina, Optiwell и др.), Danone (Франция, 8,2 млн тн, бренды Danone, Activia, Actimel, Danissimo). Эти производители являются крупными структурными объединениями, включающими в себя сельхозпроизводителей-фермеров, крупнотоннажные молокоперерабатывающие предприятия, а иногда и научно-исследовательские лаборатории [3].

В процессе формирования рыночной экономики в России изменилась структура производителей молока-сырья: если в 1990г. основную массу составляли сельхозпредприятия (76%), то уже к 2000г. больше половины молока производили в личных подсобных хозяйствах населения и эта тенденция продолжает сохраняться. Сложившаяся ситуация приводит к тому, что на промышленную переработку попадает не более 50% молока. В результате молочная промышленность испытывает недостаток сырья, что вызывает недозагрузку производственных мощностей и обуславливает спад в производстве готовой продукции (табл. 3).

Таблица 3 – Производство молочной продукции в РФ (1990–2012 гг.) [1]

Показатели	1990	1995	2000	2005	2010	2012
Поставка молока-сырья на промышленную переработку, % от произведенного	76	58	49	48	49	51
Цельномолочная продукция (в пересчете на молоко), тыс.т	20800	5576	6215	9700	10900	11253
Сыры жирные, тыс.т	458	218	221	378	435	445
Масло животное, тыс.т	833	421	267	254	208	213
Сухие молочные продукты, тыс.т	186	124	74	87	109	124

Как свидетельствуют данные табл.3, производство цельномолочной продукции за период 1990-2012гг. сократилось более чем в 1,8 раза, а масла животного – почти в 4 раза, при этом в производстве сыра и сухих молочных продуктов имеются некоторые положительные тенденции.

Кроме того, на территории РФ наблюдается неравномерность производства и потребления молочных продуктов: имеются регионы с избыточным для собственного потребления производством сырья (Центральный и Приволжский ФО) и с недостаточным (Москва, Московская область, Санкт-Петербург, Ленинградская область) [4]. Подобный дисбаланс приводит к тому, что у первых занижена цена на молоко-сырье, а ассортимент молочной продукции представлен традиционными наименованиями (молоко питьевое, кисломолочные напитки, творог), у вторых помимо местного сырья используется импортное и в широком ассортименте представлена продукция многокомпонентная, с добавленными функциональными свойствами, с длительными сроками хранения.

По импорту в РФ поступают преимущественно молочные продукты с длительным сроком хранения (масло животное, сыр жирный, сухие и сгущенные молоко и сливки). Характеристика импорта представлена в табл. 4.

Таблица 4 – Импорт молочных продуктов в Россию (1990 – 2012 гг.) [1]

Продукция	1990	1995	2000	2005	2010	2012
Молочные продукты (в пересчете на молоко), тыс.т	8043	6317	4718	7115	8159	8516
Доля импорта в ресурсах, %	11,97	13,34	12,32	17,95	19,49	20,11

Таким образом, доля импорта в общих ресурсах молочных продуктов стабильно возрастает на протяжении всего рассматриваемого периода и в настоящее время достигает 20%.

В соответствии с принятой в 2010г. Доктриной Продовольственной безопасности РФ удельный вес отечественной молочной продукции в общем объеме товарных ресурсов (с учетом переходящих запасов) внутреннего рынка должен составлять не менее 90 процентов [5]. С целью достижения этих показателей Минсельхозом РФ разработаны целевые программы (на 2008-2012 гг. и 2013-2020гг.), направленные на развитие молочно-продуктового подкомплекса и заключающиеся в финансовой поддержке сельхозпроизводителей. Основным объемом финансирования направлен на субсидирование процентной ставки по кредитам, на развитие племенного скотоводства, на поддержку региональных программ молочного скотоводства, а также на обеспечение сохранности поголовья коров. Следует отметить, что объем финансирования за 2008-2012 гг. составил 27,9 млрд.руб. и превысил планируемый на 22,4%, при этом целевые показатели не были достигнуты – ни поголовье коров, ни объемы производства молока не увеличились [6].

Проведенный анализ деятельности молочной отрасли АПК позволяет выявить основную проблему, существующую на современном этапе: недостаточные объемы производства молока-сырья в сельхозпредприятиях и фермерских хозяйствах и, как следствие, малоэффективная деятельность молокоперерабатывающих предприятий. Простое на первый взгляд решение проблемы – увеличить объемы производства! Однако в реальной рыночной экономике частные товаропроизводители действуют исходя из собственных интересов. Еще в период становления рынка сельхозпроизводителям молока-сырья и перерабатывающим предприятиям не удалось выстроить взаимовыгодные отношения, и это не позволяло эффективно функционировать и развиваться ни тем, ни другим. Первые не могли реализовать свою продукцию по адекватной цене, а вторые не могли получить сырье определенного качества, позволяющего выработать пользующийся спросом ассортимент продукции. Основными факторами, сдерживающими интенсивное развитие производства молочной продукции являются: отсутствие устойчивых хозяйственных связей между сельхозтоваропроизводителями и переработчиками, недостаток у предприятий собственных средств для осуществления инноваций и неэффективная система кредитования, слабое взаимодействие товаропроизводителей с научно-исследовательскими организациями, низкий уровень квалификации кадров, не позволяющий активно осуществлять нововведения, недостаточное информационное обеспечение и др. В период 2000-2005 гг. стали появляться первые интегрированные структуры в молочной отрасли РФ. Естественной основой и ключевыми мотивами интеграционных процессов стали единство

технологического цикла производства сырья и готовой продукции и синергический эффект, возникающий благодаря экономии на масштабах деятельности, комбинированию взаимодополняющих ресурсов, финансовой рационализации по линии снижения транзакционных издержек, упрочению положения на рынке и т.д.

В настоящее время на отечественном рынке действуют около тысячи производителей молочной продукции, причем в их деятельности имеются признаки монополизма: десять крупнейших из них занимают до 50% объема российского рынка, другие ориентированы на региональные рынки, где занимают доли 30-70%. В 2012 г. наиболее крупными игроками в категории молока и молочной продукции стали «Вимм-Билль-Данн», «Danone-Юнимилк», «Валио», «Молвест» и «Милкиленд», совокупная доля которых составила 38,8% [7]. Крупнейшие товаропроизводители представляют собой интегрированные структуры, объединяющие и производителей и переработчиков молока, расположенных в различных регионах. Эти товаропроизводители ориентированы на разнообразные группы потребителей, в их ассортименте более 100 наименований продукции, что позволяет учитывать характерные особенности региональных рынков – в городах с населением от 100 тысяч до одного миллиона человек предпочтение отдают дешевой кисломолочной продукции и питьевому молоку, в городах-миллионниках большую долю занимают молочные десерты и современные обогащенные продукты с высокой добавленной стоимостью. При этом, на рынке очень много местных игроков, которые в своем регионе имеют долю более 50%, но на общероссийском рынке их доля не превышает 1%.

Успешная деятельность отдельных крупных производителей не позволяет в полной мере решить социально-экономическую задачу по обеспечению продовольственной безопасности страны в молочной сфере. Существующая аграрная политика в области развития и регулирования рынка молочной продукции нуждаются в дальнейшем совершенствовании и оптимизации. Для интенсивного развития молочной отрасли на современном этапе необходимо принятие определенных мер со стороны государства, однако конкретных шагов для решения проблем в сфере производства и переработки молока не предпринимается. В рамках принимаемых Государственных программ традиционно предполагается не комплексное развитие молочного животноводства и молокоперерабатывающей промышленности, а государственная поддержка крестьянско-фермерских и личных подсобных хозяйств. Например, в Пензенской области реализуются проекты по развитию крупных молочнотоварных ферм. Среднегодовой надой на 1 корову здесь составляет 7300 кг, высокие показатели достигаются благодаря сбалансированному рациону питания животных.

На современном этапе молочная отрасль АПК не в полной мере выполняет свои функции по удовлетворению потребностей населения в молочных продуктах. Решение задач, обозначенных в Доктрине продовольственной безопасности страны по производству молочной продукции, возможно только при условии ускорения научно-технического прогресса, при переходе отрасли на новый технологический уровень. Как отмечают специалисты, в первую очередь необходимо увеличить продуктивность молочного стада минимум в 2 раза, что позволит в перспективе к 2020 г. сократить поголовье, обеспечив рост производства и потребления молочной продукции [8]. В целом же развитие молочной индустрии будет напрямую зависеть от спроса и потребностей будущего поколения, так как изменение стиля жизни стимулирует появление новых требований к продуктам. В частности, все большее признание получают функциональные пищевые продукты, которые делятся на четыре основные категории – напитки, молочные, масложировые и зерновые продукты. Функциональные кисломолочные продукты, обогащенные

пробиотиками, пребиотиками, витаминами и микроэлементами, оказывают благоприятный эффект на физиологические процессы в организме человека, предупреждают болезни и старение организма, способствуют улучшению здоровья, однако пока еще они занимают очень маленький сегмент – в натуральном выражении не более 1% молочного рынка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.gks.ru>
2. Новикова А.В. Организационно-экономический механизм внедрения научно-технических разработок на молокоперерабатывающих предприятиях / Автореф. дисс...канд.экон.наук. – Пенза, 2006. – 23с.
3. <http://www.dairynews.ru/dairyfarm/15-krupneyshikh-mirovykh-proizvoditelya-molochnoy-.html>
4. Колосков В.С. Формирование механизмов государственного регулирования рынка молока и молочной продукции / Автореф. дисс...канд.экон.наук. – Москва, 2012. – 23с.
5. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации // Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. №120.
6. Магомедов А.Д. Совершенствование системы товародвижения молока и молочной продукции в Российской Федерации / Автореф. дисс...док.экон.наук. – М, 2013. – 23с.
7. <http://molkom-penza.ru/>
8. Крылатых Э.Н. Многофункциональность агропродовольственной сферы: методология исследований для разработки стратегии развития. – М.: Изд-во «Энциклопедия российских деревень», 2012. – 256с.

УДК 637.12(470.40)

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

© *В.М. Зимняков, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия
(г. Пенза, Россия)*

© *И.В. Гаврышина, Пензенская государственная сельскохозяйственная
академия (г. Пенза, Россия)*

STATE AND PROSPECTS OF MILK PRODUCTION IN THE PENZA REGION

© *V.M. Simniakov, Penza state agricultural Academy (Penza, Russia)*

© *I.V. Gavryshina, Penza state agricultural Academy (Penza, Russia)*

В статье дается анализ производства молока в Пензенской области, а также приводятся данные по перспективе его производства как по области, так и в целом по стране.

Ключевые слова: молочное скотоводство, молоко, молочно-товарный комплекс, дойное стадо.

The article gives the analysis of milk production in the Penza region, as well as contain data on the term of its production both on the field and in the whole country.

Key words: dairy cattle, milk, dairy complex, milch cows

Молочное скотоводство в Российской Федерации является ведущей отраслью сельскохозяйственного производства, обеспечивающей население страны молоком и мясом.

Основная задача АПК нашей страны в отрасли скотоводства – обеспечить конкурентность молочного скотоводства как на внешнем, так и на внутреннем рынке. Продовольственная безопасность государства диктует необходимость интенсивного развития отрасли.

Предпринятые аграриями Пензенской области в 2006–2007 гг. меры в рамках реализации национального проекта «Развитие АПК» по ускоренному развитию животноводства позволили приостановить процесс дестабилизации отечественного скотоводства, наметилась тенденция его оживления. Надой молока на корову в 2011 г. достиг в среднем – 3475 кг (сельхозпредприятия), что на 728 кг молока больше по сравнению с условно эталонным 1990 годом.

Изменился породный состав в сторону высокопродуктивных генотипов молочного скота, способствующий обеспечению промышленности качественным сырьем, поэтому в последние годы значительно увеличился импорт племенных животных. Наибольший удельный вес зарубежных племенных ресурсов приходится на животных голштинской породы.

Активизирован процесс создания крупных молочных хозяйств, в которых реализованы современные технологические решения.

Для модернизации отрасли молочного скотоводства как крупного поставщика молока в перспективе Пензенская область располагает всеми необходимыми предпосылками.

Обобщая выше сказанное, целью отраслевой целевой программы «Развитие молочного скотоводства и увеличение производства молока в Пензенской области на 2013–2017 годы» является создание экономических и технологических условий устойчивого развития отрасли молочного скотоводства и увеличения объемов производства молока. Для достижения намеченной цели необходимо решение следующих задач:

- укрепление племенной базы молочного скотоводства;
- увеличение производства молока и ускоренное развитие молочного скотоводства;
- повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешнем рынках в рамках вступления России во Всемирную торговую организацию (ВТО).

Все обозначенные в программе задачи уже давно решаются ООО УК «Русмолко», которое является одним из основных производителей молока в Пензенской области.

ООО «Русская молочная компания» («Русмолко») один из крупнейших производителей сырого молока на российском рынке, было создано в октябре 2007 года. Компания объединяет девять хозяйств в Башмаковском, Пачелмском, Пензенском, Кузнецком, Наровчатском, Нижнеломовском и Каменском районах Пензенской области и специализируется на молочном животноводстве и растениеводстве. В настоящее время в управлении компании находятся порядка 140 тысяч гектар земельных угодий. Хозяйства «Русмолко» обеспечивают растущее поголовье собственными кормами. В состав «Русмолко» входят: АО «Троицкое», ООО «ПензаМолИнвест», РАО «Наровчатское», ООО «ПензаАгроРегион», ОАО «Мочалейское», РАО «Кондольское», ООО «Пригородное», ООО «Агрокомплекс», ООО «Мегаферма».

Сегодня «Русмолко» - один из лидеров молочной отрасли страны и самый крупный производитель молока в Пензенском регионе.

Свою деятельность ООО «Русмолко» начало с восстановления и реконструкции старых молочных ферм. Во всех хозяйствах, вошедших в состав компании в 2007–2008 гг., были внедрены современные технологии, приобретено и установлено новое оборудование, проведена замена старого поголовья на высокопродуктивный скот.

Помимо реконструкции старых молочных ферм, «Русмолко» считает своей приоритетной задачей строительство в регионе современных животноводческих комплексов мирового уровня с нуля. В мае 2009 г. ООО «Русская молочная компания» открыла новый молочно-товарный комплекс в селе Татарский Канадей Кузнецкого района Пензенской области, рассчитанный на 1200 голов дойного стада и производительностью 10 тыс. т молока европейского качества в год, в сентябре 2010 г. – в Наровчатском районе крупнейший в Пензенской области животноводческий комплекс индустриального типа на 3600 голов дойного стада. Проектная мощность комплекса – около 85 тонн молока высшего качества в сутки или свыше 30 тысяч т в год.

Компания комплектует свои фермы европейским скотом голштинской породы зарубежной селекции с 2010 года. По мнению ряда экспертов зарубежный скот, ввозимый на территорию России, имеет выраженное иммунодефицитное состояние. Чтобы выяснить так ли это на самом деле нами была проведена лабораторная оценка гуморального иммунитета животных, в результате которой было установлено, что ввозимые на территорию Пензенской области молочные коровы не имеют иммунодефицитов по какому-либо звену иммунной системы. Качество производимого молока соответствует высшему сорту согласно Федеральному закону РФ №88 «Технический регламент на молоко и молочную продукцию», что также подтверждено лабораторными исследованиями.

В январе 2012 г. Olam International Limited – один из мировых лидеров в области поставок и производства сельскохозяйственной продукции и ингредиентов для пищевой промышленности и ООО «Русская молочная компания», объявили о начале стратегического партнерства. В рамках партнерства в развитие молочного животноводства и растениеводства в Пензенской области планируется инвестировать до 400 миллионов долларов. До сих пор крупные зарубежные инвесторы не спешили вкладываться в данную отрасль в России. Однако, как полагают эксперты, альянс Olam и «Русмолко» может положить начало притоку новых иностранных инвестиций.

Первый совместный проект Olam и «Русмолко» в России – молочный комплекс в с. Аршиновка Нижнеломовского района, по уровню технической оснащенности не имеющего аналогов в стране. Новый комплекс рассчитан на производство 120 т молока в сутки или до 46 тыс. т в год, состоящий из порядка 30 производственных и инфраструктурных объектов, включая пять коровников, два доильных зала «Карусель» и «Параллель», силосные траншеи, лагуны для накопления навоза, ряд вспомогательных зданий и сооружений и всю необходимую инфраструктуру. Общая стоимость проекта составит 2,4 млрд. рублей.

В октябре 2013 г. Русская молочная компания начала комплектацию нового молочно-товарного комплекса – прибыла первая партия скота – 1080 высокопродуктивных племенных нетелей голштино-фризской породы из США. Специалисты "Русмолко" планируют получать 28–30 литров молока в сутки или до 10 тысяч литров молока в год с каждой коровы.

В планах компании создание еще несколько похожих объектов, к 2018 году должны нарастить поголовье до 50 тысяч коров и ежегодно производить до 500 тысяч т молока.

По оценке Минэкономразвития РФ, к 2020 году рост производства молока в России может достигнуть 37,6–38,9 млн т, а к 2030 году производство молока может увеличиться до 42,5–46,3 млн т, что на 33–45 % больше по сравнению с 2013 годом. При этом учитывается негативное влияние условий членства во Всемирной торговой организации. Об этом говорится в прогнозе долгосрочного социально-экономического развития страны, подготовленном ведомством. Через 17 лет также ожидается увеличение потребления молочной продукции населением на 30 %. Показатели по потреблению молочных продуктов на душу населения будут стремиться к европейскому уровню и практически достигнут уровня рекомендуемого объема потребления: 312–315 килограммов в год против 250 килограммов сейчас.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зимняков, В.М., Христосова, М.В. Производство молока в Пензенской области. Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции / МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – С.89-91.
2. Постановление Правительства Пензенской области от 18.04.2012 № 274-пП «Об утверждении Порядка разработки и реализации государственных программ Пензенской области» АНО Центр ИРПО, 2011. – 72 с.

УДК 316

ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОСТИНДУСТРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

- © *Л.М. Русскина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
- © *А.В. Новикова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

INDUSTRIALIZATION OF FOOD PRODUCTION AND PROSPECTS OF POST-INDUSTRIAL DEVELOPMENT

- © *L.M. Russkina, Penza State Technological University, (Penza, Russia)*
- © *A.V. Novikova, Penza State Technological University, (Penza, Russia)*

В статье рассматриваются особенности индустриализации пищевых производств в 19-20 вв. и направления их постиндустриального развития

Ключевые слова: индустриализация, развитие науки, технические изобретения, научно-технический прогресс, пищевая индустрия, постиндустриальное развитие экономики

The article considers the peculiarities of industrialization food production in the 19th-20th centuries, and the direction of their post-industrial development

Key words: industrialization, development of science, technical inventions, scientific and technical progress, food industry, postindustrial development of the economy

Индустриализация в общем смысле представляет собой процесс создания крупного машинного производства во всех отраслях экономики. Первые предпосылки к индустриализации, т.е. замене ремесленного и мануфактурного производства продукции машинным, появились в конце 18в., когда в Англии был создан универсальный паровой двигатель. К середине 19в. пар стал основным источником получения энергии, его с успехом стали применять в металлургии,

строительстве, машиностроении и т.п. В сравнительно небольшой исторический период (кон.18в. – нач.19в.), называемый Промышленной революцией, в Англии, Германии, Франции, США осуществляется переход от мануфактуры и мелкого товарного производства к машинному производству некоторых видов продукции (в основном товаров потребления) на фабриках и заводах. Характерной особенностью этого этапа является интенсивное развитие науки и техники. Многочисленные научные открытия и технические изобретения середины 19в. позволили освоить электроэнергию и создать конвейер. Так, научно-технический прогресс в 19в. обеспечил рост крупного машинного производства во многих странах, в т.ч. производства средств производства, которые стали основой индустриализации [1].

Производство пищевых продуктов до середины 19в. было преимущественно кустарным, с преобладанием ручного труда. Исторически в значительной мере было механизировано только мукомольное производство, именно здесь в конце 18в. появились первые мельницы, оснащенные паровыми двигателями. Развитие естественных наук (физики, органической химии, биохимии, микробиологии) обусловило появление в 19в. ряда революционных изобретений для производства многих пищевых продуктов:

1801г. – способ получения сахара из свеклы

1810г. – способ консервирования продуктов стерилизацией

1828г. – гидравлический пресс для извлечения масла из какао-бобов

1829г. – пресс для получения масла из семян подсолнечника

1846г. – абсорбционная холодильная машина для получения искусственного льда

1870г. – использование «чистых культур» микроорганизмов в бродильных производствах (пивоварение, виноделие)

1871г. – способ производства маргарина

1874г. – способ промышленного получения сычужных ферментов

1878г. – сепаратор для отделения сливок от молока

1879 г. – машина для гомогенизирования шоколадной массы

Приведенные примеры – это только незначительная часть изобретений в сфере производства продуктов питания. Они свидетельствуют о том, что в течение всего 19в. непрерывно шел процесс создания разнообразных технологий, машин и аппаратов, которые впоследствии обеспечили индустриализацию пищевых отраслей. Появление новых технологий вызвало новые формы организации производства [2].

Уже в первой половине 20в. машины и аппараты, работающие на электроэнергии, были разработаны для промышленного производства замороженных продуктов (1900), гидрогенизированных жиров (1910), растительных масел экстракционным методом (1920), хлебоуточных изделий, масла сливочного, сахара, макаронных изделий (1930) и др. Фактически, к концу 30-х гг. 20в. сформировались основы пищевой индустрии. Характерные черты этого этапа индустриализации:

- научное обоснование технологических процессов,

- разработка промышленных технологий для производства традиционных и новых продуктов,

- использование оборудования периодического и непрерывного действия, работающего преимущественно на электроэнергии,

- новые квалификационные требования к работникам,

- необходимость привлечения больших капиталовложений [3].

Во второй половине 20в. научно-техническая революция обеспечила возможность производства разнообразной стандартизированной пищевой продукции на механизированных и автоматизированных поточных линиях высокой мощности. Таким образом, эпоха индустриализации в течение 19-20вв. обеспечила качественно новый уровень промышленного производства продуктов питания. По мере совершенствования техники и технологий и, соответственно, усложнения трудовых функций требования к качеству рабочей силы, образованию и профессиональной подготовке работника стали неуклонно возрастать. Осуществлялся переход на более высокий уровень организации, технологии и культуры производства, что вызывало необходимость применения прогрессивной организации и форм управления.

К концу 20в. появились предпосылки к переходу на постиндустриальный этап, характерной особенностью которого является внедрение в производство наукоемких технологий, базирующихся на достижениях информатики, биотехнологии, нанотехнологии, пищевой химии и т.д. Возможность их использования формирует основные направления развития пищевых производств в 21в.:

- обеспечение производства экологически чистого сельскохозяйственного сырья;

- разработка биотехнологических процессов переработки сельскохозяйственного сырья, повышающих пищевую и биологическую ценность продуктов;

- создание технологий производства качественно новых пищевых продуктов с направленным изменением химического состава, соответствующим потребностям организма человека;

- совершенствование систем хранения продовольствия.

На современном этапе развития пищевой индустрии можно увидеть отдельные элементы будущих технологий. Например, информационные технологии позволяют рассчитать рецептуры пищевых продуктов с заданными свойствами и проконтролировать качество продукции на любом этапе производства, биотехнологии успешно применяются в переработке сельскохозяйственного сырья, нанотехнологии позволяют обеспечить адресную доставку биоактивных веществ в организм и др.

Производство пищевой продукции является социально-значимой сферой экономики, формирующей продовольственную безопасность государства. С целью создания необходимых условий для формирования нового технологического уклада в РФ принят ряд программных документов, где определены приоритетные направления инновационного развития всех отраслей пищевой промышленности [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дятчин Н.И. *История развития техники*. – Ростов на Дону, 2001 – 320с.
2. Новикова А.В. *История развития пищевых производств. Учебное пособие*. – Пенза: Изд. Пенз. гос. технол. акад., 2007. – 103с.
3. Новикова А.В. *Научно-технический прогресс в перерабатывающих отраслях АПК (эволюционный подход)*. // «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего»: Научное периодическое издание. – Пенза: Изд. Пенз. гос. технол. акад., 2013. – 247с., с.200-203.
4. *Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности РФ на период до 2020 года. Распоряжение Правительства РФ от 17 апреля 2012г. №559-р.*

УДК 658

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНТЕРАКТИВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

© *А.В.Новикова, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

THE EXPERIENCE OF USING INFORMATION INTERACTIVE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN A TECHNICAL UNIVERSITY

© *A. V. Novikova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Статья посвящена вопросам использования информационных технологий в образовательном процессе.

Ключевые слова: интерактивные формы обучения, мультимедийные приложения, виртуальные тренажеры

The article is devoted to the issues of using information technologies in educational process.

Key words: interactive forms of training, multimedia applications, virtual simulators

Одним из требований к условиям реализации основных образовательных программ бакалавриата на основе ФГОС-3 является широкое использование в учебном процессе интерактивных форм проведения занятий с целью формирования и развития общекультурных и профессиональных компетенций обучающихся. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, для многих направлений подготовки должен составлять не менее 20 процентов от аудиторной нагрузки. Внедрение интерактивных форм обучения является одним из важнейших направлений совершенствования подготовки студентов в современном вузе.

Под интерактивным обучением понимают специальные формы организации познавательной деятельности, обеспечивающие диалоговое взаимодействие между преподавателем и студентами. В соответствии с требованиями ФГОС в образовательном процессе рекомендуется использовать такие интерактивные формы как компьютерные симуляции, деловые и ролевые игры, case-study (анализ конкретных ситуаций), тренинги и т.п.

На современном этапе все более актуальным становится использование в образовательном процессе информационных технологий, позволяющих вести интерактивный диалог между пользователем и программным обеспечением. Интерактивность обеспечивается заложенным в программное обеспечение взаимодействием, нацеленным на представление информации, навигацию по содержанию и размещению каких-либо сведений, включающее использование гиперссылок, заполнение форм, поиск данных по ключевым словам и прочие формы диалога с пользователем. В настоящее время реализуются такие интерактивные технологии как виртуальные занятия с использованием электронной почты, электронные и видеоконференции в сети Интернет, а также базы данных учебных курсов и мультимедийные сетевые приложения. Эти технологии в полной мере способствуют решению таких задач интерактивных форм обучения как пробуждение у обучающихся интереса, эффективное усвоение учебного материала, самостоятельный поиск путей и вариантов решения поставленной учебной задачи, формирование профессиональных навыков.

Особый интерес представляют компьютерные симуляции в виде мультимедийных Интернет-приложений, которые позволяют реализовывать все

формы учебных занятий: лекции, практические и лабораторные работы, контроль знаний. Для дисциплин профессионального блока технических профилей важной составляющей являются лабораторные работы. Лабораторная работа – это форма организации учебного процесса, направленная на получение навыков практической деятельности путем работы с материальными объектами или моделями предметной области курса. Информационные технологии позволяют организовать их на виртуальных тренажерах, имитирующих реальные объекты исследования и условия проведения эксперимента [1].

Так, в ПензГТУ при участии автора разработан ряд виртуальных лабораторных работ по дисциплине «Оборудование предприятий общественного питания» для направления подготовки 260800.6262 «Технология продукции и организация общественного питания». Они позволяют на основе фото- и видеоматериалов, анимированных моделей и интерактивных контрольных заданий изучить устройство и принцип действия конкретных машин, освоить правила их эксплуатации, провести эксперименты по определению производительности, обработать результаты исследования.

Комплекс лабораторных работ размещен на образовательном сайте университета (<http://study.pgta.ru/course/view.php?id=341>) и используется в дополнение к аудиторным занятиям. Учебный процесс при этом организован следующим образом:

- 1) в аудитории (лаборатории) студенты получают общие указания от преподавателя и знакомятся с имеющимся реальным оборудованием,
- 2) внеаудиторно выполняют виртуальную лабораторную работу (самостоятельная работа студента),
- 3) аудиторно защищают лабораторную работу в процессе общения с преподавателем.

Опыт использования данных виртуальных лабораторных работ позволяет отметить ряд положительных моментов:

- высокая наглядность при изучении объектов, т.к. фото- и видеоматериалы, а также анимация позволяют увидеть, что происходит в рабочей камере машины во время обработки продукта (рис. 1);



Рисунок 1 – Фрагмент лабораторной работы «Испытания овощерезок»

- интерактивный контроль знаний, умений и навыков, т.к. при неверном выполнении контрольных заданий программа «возвращает» студента на неосвоенную позицию (рис. 2);

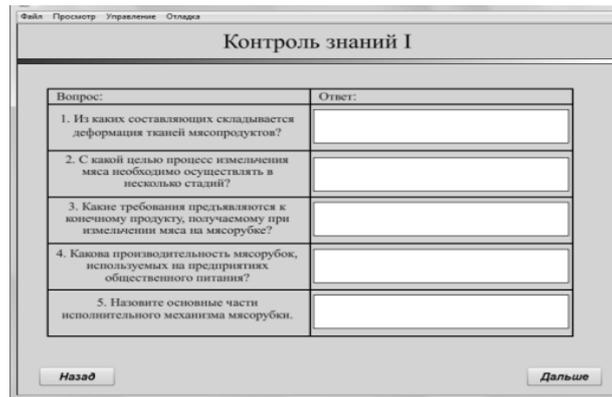


Рисунок 2 – Фрагмент лабораторной работы «Испытания мясорубок»

- отсутствие затрат времени на выполнение расчетов (рис. 3);



Рисунок 3 – Фрагмент лабораторной работы «Испытания мукопросеивателей»

- отсутствие необходимости работать с реальными пищевыми продуктами (рис.4).



Рисунок 4 – Фрагмент лабораторной работы «Испытания картофелечисток»

В целом, использование в образовательном процессе мультимедийных приложений позволяет формировать у студентов такую общекультурную компетенцию как способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, развития социальных и профессиональных компетенций.

Следует отметить, что при использовании интерактивных форм в образовательном процессе роль преподавателя изменяется. Он становится по сути менеджером, т.к. занимается в основном организацией учебного процесса: готовит заранее необходимые задания, формулирует вопросы или темы для обсуждения, даёт консультации, контролирует время и порядок выполнения заданий и т.п. При этом объем работы преподавателя существенно возрастает, т.к. интерактив по сравнению с традиционными (пассивными) методами предполагает более глубокое освоение дисциплины за то же количество часов. Таким образом, внедрение интерактивных технологий в образовательный процесс является достаточно трудоемким занятием.

Процесс создания компьютерных симуляций также имеет объективные трудности. Как правило, дисциплины профессионального блока ведут преподаватели-специалисты, не имеющие знаний в области программирования, и, соответственно, они не могут самостоятельно разработать качественное мультимедиа. В то же время ни один программист не имеет никаких сведений из других сфер, кроме информационных технологий, и, соответственно, он также ничего не сможет сделать самостоятельно. Практически цель может быть достигнута только при тесном творческом взаимодействии двух авторов. Такой подход способствует формированию новой роли преподавателя технических дисциплин – методиста по интерактивным обучающим курсам. Разработка сценария для информационного интерактивного занятия не менее трудоемка, чем разработка на его основе программного обеспечения. Методическое обеспечение интерактивных форм обучения в значительной мере отличается от традиционного: необходимо не просто представить теоретическую информацию, последовательность выполняемых действий, но также собрать адекватный иллюстративный материал, проработать контрольные точки, задать условия для приобретения необходимых знаний и навыков путем неоднократного повторения некоторых действий и т.д. [2,3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Найденова Л.И., Шигина Н.А., Голованова Ю.В., Татаринцева Ю.О., Чайковский К.В. Опыт разработки цифровых образовательных ресурсов в соответствии с новыми государственными образовательными стандартами // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия "Педагогика". 2011. Т.12. Вып.2. С.52-58.*
2. *Новикова А.В., Рускина Л.М., Новиков Д.М. Разработка методических основ учебных электронных изданий по техническим дисциплинам. // Пищевая промышленность и АПК: достижения, проблемы и перспективы: сборник статей VII Международной научно-практической конференции. – Пенза: ПДЗ, 2013. – с.61-64.*
3. *Н.А. Шигина, Н.С. Орлов, Д.М. Новиков. Применение мобильных устройств на лабораторных работах по изучению машин и аппаратов. // Информационные ресурсы и системы в экономике, науке и образовании: сборник статей III Международной научно-практической конференции. – Пенза: ПДЗ, 2013. – с.75-77.*

УДК 658

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ
ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ**

© *А.В. Новикова, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

**EDUCATIONAL AND PROFESSIONAL STANDARDS
FOR PUBLIC CATERING**

© *A.V. Novikova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье дан краткий сравнительный анализ образовательных и профессиональных стандартов в сфере производства продукции общественного питания.

Ключевые слова: ФГОС, профессиональный стандарт, квалификация, компетенции, общественное питание

The paper gives a brief comparative analysis of educational and professional standards in the field of production of public catering.

Key words: FGOS, professional standard, qualification, competence, catering

На современном этапе в РФ ведется интенсивная модернизация системы профессионального образования всех уровней, основанная на компетентностном подходе в реализации образовательного процесса. Компетентностный подход предполагает в результате образования получить не только знания, умения, навыки, но также ряд общекультурных и профессиональных компетенций. Одной из важнейших компетенцией выпускников профессиональных учебных заведений в условиях, когда каждые 10 лет изменяется до 80% действующих технологий, должна стать способность к постоянному обновлению знаний и повышению квалификации на рабочем месте.

Начиная с 2011 года в РФ профессиональное образование реализуется в соответствии с требованиями Федеральных государственных образовательных стандартов 3-го поколения, отличительной особенностью которых является получение результатов обучения, выраженных в определенных компетенциях. Подготовка кадров для отечественной индустрии питания ведется на основе утвержденных Министерством образования и науки РФ в 2009-2010гг. следующих образовательных стандартов: ФГОС НПО по профессии 260807.01 Повар, кондитер, ФГОС СПО по специальности 260801 Технология продукции общественного питания, ФГОС ВПО по направлению подготовки 260800 Технология продукции и организация общественного питания. Выпускникам учреждений НПО и СПО присваивают квалификации повара, кондитера, техника-технолога в соответствии с действующими ОК 016-94 и Единым тарифно-квалификационным справочником (ЕТКС), а выпускникам учреждений ВПО – квалификацию бакалавра.

Квалификацию можно определить как официально признанное и подтвержденное документом (диплом, сертификат, свидетельство и т.п.) наличие у лица компетенций, соответствующих требованиям к выполнению определенных трудовых функций, сформированных в процессе образования, обучения, трудовой деятельности (обучения на рабочем месте и др.). По сути, под квалификацией понимают степень профессиональной подготовленности работника к выполнению определенного вида работы [1]. Применительно к сфере организации питания требования к квалификации повара и кондитера в

достаточной степени определены разрядами ЕТКС (со 2 по 6) и работодатели предлагают выпускникам НПО и СПО соответствующие рабочие места. При этом квалификация бакалавра на данный момент практически не определена, что не позволяет выявить потенциальное место работы для выпускника ВУЗа. В этом случае представляют интерес Профессиональные стандарты (ПС) индустрии питания, разработанные по инициативе российской Федерации Рестораторов и Отельеров и утвержденные в 2007 году комиссией Национального агентства развития квалификаций (НАРК) по профессиональным стандартам. ПС предусматривают квалификационные уровни с I (низшего) по VI (высший), при этом для всех уровней, начиная со II-го, установлены требования к базовому профессиональному образованию: уровень II (повар/кондитер) – НПО, уровень III (старший повар/старший кондитер) – СПО (базовая подготовка), уровень IV (шеф-повар/шеф-кондитер) – СПО (углубленная подготовка), уровень V (управляющий производством/шеф-повар концепции) – практико-ориентированный бакалавр или ВПО (бакалавр).

Авторами был проведен сравнительный анализ компетенций, знаний и умений, заявленных в ФГОС НПО, СПО и ВПО и ПС. В табл. 1 представлен фрагмент анализа для ФГОС НПО и ПС (уровень II).

Таблица 1 – Сравнительный анализ умений по ФГОС НПО и ПС (на примере блюд из рыбы)

Требования	ФГОС НПО по профессии 260807.01 Повар, кондитер	Профессиональные стандарты индустрии питания
	ПМ.04. Приготовление блюд из рыбы	Единица 2А 7.2. Готовить и оформлять основные блюда из рыбы
Должен уметь	<ul style="list-style-type: none"> - проверять органолептическим способом качество рыбы и соответствие технологическим требованиям к простым блюдам из рыбы - выбирать производственный инвентарь и оборудование для приготовления полуфабрикатов и блюд из рыбы - использовать различные технологии приготовления и оформления блюд из рыбы - оценивать качество готовых блюд 	<ul style="list-style-type: none"> - Соблюдать условия хранения рыбы с костным скелетом в живом, охлажденном и мороженом виде. - Проверять органолептическим способом качество рыбы с костным скелетом. - Обеспечивать температурный и временной режим размораживания рыбы с костным скелетом с учетом требований к безопасности пищевых продуктов. - Выбирать производственный инвентарь и технологическое оборудование и безопасно пользоваться им при обработке рыбы с костным скелетом. - Осуществлять различные действия при обработке рыбы с костным скелетом. - Соблюдать технологические требования при подготовке рыбы с костным скелетом для приготовления полуфабрикатов. - Обеспечивать температурный и временной режим охлаждения и замораживания обработанной рыбы с костным скелетом с учетом требований к безопасности пищевых продуктов. - Обеспечивать правильное хранение охлажденной и мороженой рыбы, предназначенной для последующего использования, в обработанном виде.

Сравнительный анализ необходимых знаний и умений по ФГОС НПО и СПО и ПС (квалификационные уровни II и III) показал, что в целом они соответствуют друг другу, при этом в ПС знания и умения расписаны более

подробно. При этом, учитывая требования ЕТКС, можно сделать вывод, что для работы на II-м квалификационном уровне в соответствии с ПС выпускнику НПО надо иметь разряд не ниже 4-го.

Сравнительный анализ знаний и умений по ФГОС ВПО и ПС (квалификационный уровень V) показал, что по многим позициям имеются значительные разногласия. Так, сравнение профессиональных компетенций ФГОС ВПО и функциональных единиц ПС показывает, что для работы в качестве управляющего производством бакалавру практически не нужны общепрофессиональные компетенции (ПК1 – ПК6), компетенции научно-исследовательской (ПК30 – ПК32), проектной (ПК33 – ПК35) и маркетинговой (ПК36 – ПК39) деятельности. Фактически для работы на V-м квалификационном уровне необходимы и достаточны компетенции производственно-технологической и организационно-управленческой деятельности. При этом в базовой (общепрофессиональной) части профессионального цикла ФГОС ВПО практически не нашли отражения те знания и умения, которые необходимы бакалавру для успешной деятельности на производстве. Учитывая, что ПС предусматривает наличие у управляющего производством (уровень V) не менее 1 года практической работы на IV-м квалификационном уровне (шеф-повар), ВУЗам необходимо организовывать образовательный процесс таким образом, чтобы студенты в рамках учебной, производственной и преддипломной практик получали не только знания и умения, но также соответствующий документ, подтверждающий их квалификацию. Например, для студентов направления подготовки 260800 необходимо обеспечить дополнительное образование с целью получения квалификации «Повар» или «Кондитер» с разрядом не менее 4-го, что позволит будущим выпускникам быть более конкурентоспособными на рынке труда.

Исследователи отмечают, что действующие в РФ нормативные документы мало отражают реальную ситуацию на рынке труда в сфере индустрии питания, поэтому возникают противоречия между системой профессионального образования и работодателями, а понятие «повышение квалификации» не имеет для работника практической ценности [1]. В этой ситуации выход может быть найден только при условии приобретения выпускниками ВУЗов необходимых знаний и умений в рамках программ дополнительного образования или целевых стажировок на предприятиях потенциальных работодателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Олейникова О.Н., Муравьева А.А. Профессиональные стандарты как основа формирования рамки квалификаций. Методическое пособие. – М.: АНО Центр ИРПО, 2011. – 72 с.*

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**XXI век: итоги прошлого
и проблемы настоящего *плюс***

Периодическое научное издание

**Серия: Технические науки.
Пищевые производства**



Научный редактор С.Н. Волков
Компьютерная верстка Н. Хлопцовой

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии «КОПИ-РИЗО»
Пенза, ул. Московская, 74, к. 211. Тел. 56-25-09.
e-mail: tipograf_porovamg@inbox.ru

Сдано в производство 11.12.2014. Формат 70X108 1/16
Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman.
Усл. печ. л. 12,3. Уч. изд. л. 11,4. Заказ № 824. Тираж 100 экз.

Пензенский государственный технологический университет.
440605, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.