

ISSN 2414-9845 (Online)  
ISSN 2410-0242 (Print)



**ИННОВАЦИОННАЯ  
ТЕХНИКА И  
ТЕХНОЛОГИЯ**

**INNOVATIVE MACHINERY & TECHNOLOGY**

**№3 (24) 2020**

**Научно-теоретический и практический журнал**

ISSN 2414-9845 (Online)  
ISSN 2410-0242 (Print)

## ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

№ 3 (24) 2020

Научно-теоретический и практический журнал  
Издается с 2014 года

### Главный редактор

**Д. И. Фролов**, канд. техн. наук, доцент  
(Пензенский государственный технологический  
университет)

### Зам. главного редактора

**А. А. Курочкин**, д-р техн. наук, профессор  
(Пензенский государственный технологический  
университет)

### Редакционная коллегия:

**А. М. Зимняков**, канд. хим. наук, доцент  
(Пензенский государственный университет);

**В. М. Зимняков**, д-р экон. наук, профессор  
(Пензенский государственный аграрный  
университет);

**А. И. Купреенко**, д-р техн. наук, профессор  
(Брянский государственный аграрный университет);

**В. И. Курдюмов**, д-р техн. наук, профессор  
(Ульяновская государственная сельскохозяйственная  
академия имени П. А. Столыпина);

**О. Н. Кухарев**, д-р техн. наук, профессор  
(Пензенский государственный аграрный  
университет);

**В. А. Милюткин**, д-р техн. наук, профессор  
(Самарский государственный аграрный  
университет);

**В. Ф. Некрашевич**, д-р техн. наук, профессор  
(Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева);

**С. В. Чекайкин**, канд. техн. наук, доцент  
(Пензенский государственный технологический  
университет);

**Г. В. Шабурова**, канд. техн. наук, доцент  
(Пензенский государственный технологический  
университет)

### Адрес редакции:

Фролов Дмитрий Иванович  
г. Пенза, ул. Антонова, д.26 к.209  
E-mail: [surr@itit58.ru](mailto:surr@itit58.ru), [surr@bk.ru](mailto:surr@bk.ru)  
*Издается 4 раза в год*

Журнал «Иновационная техника и технология» включен в  
систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ):  
<http://www.elibrary.ru>

Входит в международную информационную  
систему по сельскому хозяйству AGRIS.

© Фролов Д. И., 2020 © ООО НТК «Эврика!», 2020

## INNOVATIVE MACHINERY AND TECHNOLOGY

No. 3 (24) 2020

Scientific theoretical and practical journal  
Issued since 2014

### Editor-in-Chief

**D. I. Frolov**, candidate of technical sciences,  
associate professor  
(Penza State Technological University)

### Deputy-chief editor

**A. A. Kurochkin**, doctor of technical sciences, professor  
(Penza State Technological University)

### Editorial board members:

**A. M. Zimnyakov**, cand. of chemical sciences, assoc. professor  
(Penza State University);

**V. M. Zimnyakov**, doctor of economic sciences, professor  
(Penza State Agrarian University);

**A. I. Kupreenko**, doctor of technical sciences, professor  
(Bryansk State Agrarian University);

**V. I. Kurdyumov**, doctor of technical sciences, professor  
(Ulyanovsk State Agricultural Academy  
in honor of P.A. Stolypin);

**O. N. Kuharev**, doctor of technical sciences, professor  
(Penza State Agrarian University);

**V. A. Milutkin**, doctor of technical sciences, professor  
(Samara State Agrarian University);

**V. F. Nekrashevich**, doctor of technical sciences, professor  
(Ryazan State Agrotechnological University  
Named After P.A. Kostychev);

**S. V. Chekaykin**, cand. of technical sciences,  
associate professor  
(Penza State Technological University);

**G. V. Shaburova**, candidate of technical sciences,  
associate professor  
(Penza State Technological University)

### The editorial office address:

Dmitry Ivanovich Frolov  
Penza, st. Antonov 26-209  
E-mail: [surr@itit58.ru](mailto:surr@itit58.ru), [surr@bk.ru](mailto:surr@bk.ru)  
*Issued 4 times a year*

“Innovative machinery and technology” is included into the Russian  
Scientific Citation Index system:  
<http://www.elibrary.ru>  
Included in the international information  
system for agriculture AGRIS.

© Frolov D. I., 2020 © ООО НТК «Эврика!», 2020

---

# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

<b>Разработка питьевого продукта на базе овощных экстрактов</b> <i>Иванова И.В., Кравченко М.Ю., Родионов Ю.В., Скоморохова А.И.</i> .....	5
<b>Применение виноградных косточек в качестве сырья для композитных смесей</b> <i>Курочкин А.А., Родин М.Н.</i> .....	11
<b>Влияние параметров экструзии на физические свойства экструдатов нута</b> <i>Фролов Д.И., Кручинина Н.Э.</i> .....	17

## ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

<b>Теоретическая оценка изменения влажности зерна в сушилке</b> <i>Купреенко А.И., Панова Т.В., Панов М.В.</i> .....	23
<b>Эффективность сушилки аэродинамического подогрева с комбинированным теплообменником</b> <i>Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х.</i> .....	29
<b>Влияние технологических параметров на падение давления в матрице одношнекового экструдера</b> <i>Фролов Д.И., Юсупов Р.Р.</i> .....	37
<b>Исследование факторов, влияющих на энергоэффективность процесса экструзии влажного сырья</b> <i>Фролов Д.И., Шептак Т.В.</i> .....	42

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

<b>Производство сахарной свеклы в России</b> <i>Зимняков В.М., Курочкин А.А.</i> .....	47
---	----

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

<i>Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей</i> .....	52
<i>Требования к оформлению статьи</i> .....	52

---

# CONTENTS

## FOOD TECHNOLOGY

- Development of a drinking product based on vegetable extracts**  
*Ivanova I.V., Kravchenko M.Yu., Rodionov Yu.V., Skomorokhova A.I.* ..... 5
- Application of grape seeds as raw materials for composite mixtures**  
*Kurochkin A.A., Rodin M.N.* ..... 11
- Effect of extrusion parameters on the physical properties of chickpea extrudates**  
*Frolov D.I., Kruchinina N.E.* ..... 17

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

- Theoretical assessment of change in grain moisture in the dryer**  
*Kupreenko A.I., Panova T.V., Panov M.V.* ..... 23
- Efficiency of the aerodynamic dryer heated with a combined heat exchanger**  
*Kupreenko A.I., Isaev Kh.M., Isaev S.Kh.* ..... 29
- Influence of technological parameters on the pressure drop in the die of a single-screw extruder**  
*Frolov D.I., Yusupov R.R.* ..... 37
- Study of the factors affecting the energy efficiency of the extrusion process of wet raw materials**  
*Frolov D.I., Sheptak T.V.* ..... 42

## ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

- Sugar beet production in Russia**  
*Zimnyakov V.M., Kurochkin A.A.* ..... 47

## AUTHOR GUIDELINES

- The procedure for consideration, approval and rejection of articles* ..... 52
- Article requirements* ..... 52

## ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

## FOOD TECHNOLOGY

УДК 664

### Разработка питьевого продукта на базе овощных экстрактов

*Иванова И.В., Кравченко М.Ю., Родионов Ю.В., Скоморохова А.И.*

**Аннотация.** В статье рассмотрен химический состав зеленого лука «Паредо», редиса «Рубин» и укропа «Аллигатор», определена их польза для организма человека и обосновано получение комбинированной водной экстракции для изготовления питьевого продукта схожего по нутриентному составу с окрошкой. Предложено применять пахту в качестве заправки из-за ее низкой калорийности и богатого набора витаминов. Представлены результаты органолептического анализа вариантов получаемого продукта, по итогам которых была выбрана наилучшая рецептура для изготовления окрошки функционального назначения. По итогам работы сделаны выводы.

**Ключевые слова:** окрошка, зеленый лук «Паредо», редис «Рубин», укроп «Аллигатор», пахта.

**Для цитирования:** Иванова И.В., Кравченко М.Ю., Родионов Ю.В., Скоморохова А.И. Разработка питьевого продукта на базе овощных экстрактов // Инновационная техника и технология. 2020. № 3 (24). С. 5–10.

### Development of a drinking product based on vegetable extracts

*Ivanova I.V., Kravchenko M.Yu., Rodionov Yu.V., Skomorokhova A.I.*

**Abstract.** The article examines the chemical composition of Paredo green onions, Rubin radishes and Alligator dill, determines their benefits for the human body and substantiates the production of combined water extraction for the manufacture of a drinkable product similar in nutritional composition to okroshka. It has been suggested to use buttermilk as a dressing due to its low calorie content and rich set of vitamins. The results of the organoleptic analysis of the variants of the obtained product are presented, according to the results of which the best recipe for the production of okroshka for functional purposes was selected. Based on the results of the work, conclusions were drawn.

**Keywords:** okroshka, green onion «Paredo», radish «Rubin», dill «Alligator», buttermilk.

**For citation:** Ivanova I.V., Kravchenko M.Yu., Rodionov Yu.V., Skomorokhova A.I. Development of a drinking product based on vegetable extracts. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.3 (24). pp. 5–10. (In Russ.).

#### Введение

В настоящее время сохранность пищевой ценности растительных продуктов в течение всего периода хранения остается актуальной, ввиду их сезонности. Обработка специальными веществами с консервирующим эффектом становится неприемлемой из-за вредного воздействия этих химических компонентов на организм человека. Поэтому растет

интерес к новым методам переработки растительного сырья с целью сохранения его биологически активного состава.

Особый интерес к таким технологиям имеют регионы, географическое положение которых не оставляет возможности вести сельское хозяйство. Поэтому создание продуктов функционального назначения, в основу которых входит натуральное растительное сырье, вносит значительный вклад в

Таблица 1 – Химический состав зеленого лука, редиса, укропа

Вещество	Зеленый лук	Редис	Укроп
	Содержание мг на 100 г съедобной части		
Витамины			
Витамин А	0,2	–	0,386
Бета каротин	2,4	0,004	–
Пантотеновая кислота	0,138	0,18	0,397
Рибофлавин	0,026	0,04	0,296
Тиамин	0,03	0,01	0,058
Аскорбиновая кислота	13,4	25	85
Холин	4,3	6,5	–
Пиридоксин	0,088	0,1	0,185
Лютеин + зеаксантин	0,856	–	–
Фолаты	0,03	0,006	0,15
Альфа токоферол	0,21	0,1	–
Филлохинон	0,156	0,001	–
Витамин РР	0,33	0,3	1,57
Ниацин	–	0,1	–
Макроэлементы			
Калий	159	255	738
Кальций	52	39	208
Кремний	–	39	–
Хлор	30	44	–
Магний	28	13	55
Фосфор	25	44	66
Сера	24	6,8	34,6
Натрий	10	10	61
Микроэлементы			
Железо	0,51	1	6,59
Марганец	0,15	0,15	1,264
Цинк	0,45	0,2	0,91
Медь	0,031	0,15	0,146
Бор	0,22	0,1	–
Ванадий	0,011	0,185	–
Никель	0,002	0,014	–
Йод	0,002	0,008	–
Алюминий	0,455	0,57	–
Селен	0,001	0,001	–
Молибден	0,02	0,015	–
Кобальт	–	0,003	–
Фтор	0,07	0,03	–
Хром	0,004	0,011	–
Стронций	0,025	–	–
Рубидий	0,453	–	–

питание людей, проживающих в таких регионах. При создании таких продуктов необходимо подбирать специальный состав, обеспечивающий, по возможности, организм большинством нутриентов.

Для оздоровления и поддержания иммунитета населения имеет место создание продуктов функционального назначения на основе пищи, входя-

щей в ежедневный рацион. Среди таких продуктов можно выделить традиционное овощное блюдо русской кухни на основе овощей и жидкой заправки - окрошку. Это холодный суп, название которого происходит от слова «крошить», потому что блюдо представляет собой смесь мелконарезанных продуктов с самой разнообразной заправкой. Тради-

Таблица 2 – Аминокислотный состав зеленого лука, редиса, укропа

Незаменимые аминокислоты	Зеленый лук	Редис	Укроп
	Содержание г на 100 г съедобной части		
Аргинин	0,13	0,076	0,142
Валин	0,082	0,055	0,154
Гистидин	0,032	0,019	0,071
Изолейцин	0,076	0,039	0,195
Лейцин	0,11	0,052	0,159
Лизин	0,091	0,041	0,246
Метионин	0,02	0,011	0,011
Фенилаланин	0,059	0,041	0,065
Триптофан	0,02	0,014	0,014
Треонин	0,073	0,035	0,068
Метионин + Цистеин	0,02	0,02	–
Фенилаланин+Тирозин	0,112	0,06	–
Заменимые аминокислоты			
Аспарагиновая кислота	0,17	0,072	0,343
Аланин	0,082	0,034	0,227
Глутаминовая кислота	0,38	0,24	0,29
Глицин	0,091	0,027	0,169
Пролин	0,12	0,026	0,248
Серин	0,082	0,026	0,158
Тирозин	0,053	0,018	0,096
Цистеин	–	0,011	0,017

ционно в качестве продуктов для приготовления использовались отварной картофель, лук, редис и огурцы в сочетании с пряными травами, но со временем стало появляться огромное множество рецептов, вследствие чего расширился ассортимент применяемых ингредиентов. Это относится и к заправке. В настоящее время окрошку готовят не только на квасе, но и на разнообразных молочных продуктах, таких как кефир, тан, айран, и даже на минеральной воде или мясном бульоне. Путем варьирования видов заправки можно получать блюда специального назначения, также создавать питьевые продукты, схожие по нутриентному составу с исходными продуктами, используя переработанные овощи, фрукты и зелень (порошки, экстракты).

Так, например, при использовании в качестве заправки пахты окрошка может стать диетическим продуктом, так как калорийность пахты в среднем около 30-33 ккал на 100 г, при этом она обладает всем полезными свойствами, присущими молочным продуктам. В пахте содержатся витамины, среди которых особенно высокой концентрацией отличаются А, В, D, Е, биотин, РР, холин, также присутствуют фосфатиды, нормализующие обмен жиров и холестерина. Низкое содержание жиров позволяет употреблять данный продукт в пищу людям, страдающим проблемами с почками, печенью и желудочно-кишечным трактом. Пахта богата кальцием (120 мг на 100 г продукта), который является главной составляющей костной ткани, играет

роль регулятора нервной системы и участвует в мышечном сокращении.

Присутствие значительного количества овощей и зелени в блюде позволяет назвать окрошку функциональным блюдом, а правильно подобранная заправка только повысит пищевую ценность и органолептическую оценку. Но проблема употребления овощей в пищу круглый год до сих пор остается не решенной. Не могут овощи в процессе хранения или транспортирования оставлять без изменения пищевую ценность. Поэтому не теряет своей актуальности создание различных пищевых ингредиентов, сырьем для которых являются свежие овощи, зелень и фрукты.

Богатым разнообразием нутриентов обладают зеленый лук, редис и укроп, присутствующие практически во всех вариациях рецептов окрошки. В таблице 1 представлен химический состав зеленого лука «Паредо», редиса «Рубин» и укропа «Аллигатор» [2].

Содержащийся в них витамин С (аскорбиновая кислота) принимает участие в окислительно-восстановительных реакциях, положительно влияет на функционирование иммунной системы, способствует усвоению железа. Редис способствует регуляции уровня глюкозы крови и усиливает действие инсулина. Укроп улучшает состояние кожи, а также помогает при лечении болезней, связанных со снижением иммунитета. Регулярное употребление лука в пищу улучшает пищеварение и полезно для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.



Рис. 1. Нарезанный зеленый лук «Паредо», укроп «Аллигатор», редис «Рубин»



Рис.2 – Полученные образцы питьевого продукта с добавлением экстракта и пахты (слева), экстракта и кефира (посередине), экстракта кваса и пахты (справа)

Кроме того, в состав данных продуктов входят незаменимые и заменимые аминокислоты, показанные в таблице 2. Они являются строительным материалом всех структур организма, и каждая аминокислота предназначена для выполнения своей незаменимой функции.

Аминокислоты обладают множеством важных функций, среди которых можно выделить такие как синтез белка, регуляция работы центральной нервной системы, восстановление поврежденных тканей и органов, формирование мышечных волокон, регулирование обменных процессов и гормонального фона.

Получение водных экстрактов из зеленого лука, укропа и редиса позволит извлечь из продуктов полезные вещества с целью их дальнейшей реализации в качестве биологически активных добавок. Комбинированный водный экстракт обладает более длительным сроком хранения в сравнении со свежими продуктами, кроме того облегчается транспортировка и процесс хранения. Приведенные преимущества экстрактов особенно актуальны для регионов с холодным климатом, где выращивание овощей и зелени представляет трудность, вследствие чего в такие регионы приходится осуществлять доставку продуктов растительного происхождения.

Целью работы являлось разработка технологии производства функционального напитка на основе водных экстрактов зеленого лука, укропа, редиса в пропорции схожей с традиционной окрошкой на базе пахты.

## Объекты и методы исследований

В исследованиях использовали комбинированную водную экстракцию, полученную из зеленого лука «Паредо», редиса «Рубин» и укропа «Аллигатор». Предварительно растительные материалы были нарезаны следующим образом: лук и укроп – длиной 15 мм, редис – пластинами по 5 мм (рис. 1).

Сушка осуществлялась на сушилке «Ветерок» до влагосодержания  $10 \pm 2\%$ . Разработка рецептуры производилась на основе экстракта с гидромодулем 1:100.

Для проведения процесса сушки растительных материалов с их последующим экстрагированием были изучены теории тепломассопереноса и экстрагирования по литературе [3-5], а также рассмотрены книги по питанию и технологиям производства продуктов питания для разработки технологии приготовления окрошки на базе пахты [6-8].

## Результаты и их обсуждение

Показатели качества полученного продукта оценивались органолептическим методом. Сравнивались следующие варианты рецептуры:

- 1) 50 г экстракта смеси, 50 г пахта;
- 2) 50 г экстракта смеси, 50 г кефира 1%;
- 3) 30 г экстракта смеси, 30 г сладкого кваса, 40 г пахта;

На рис.2 представлен внешний вид.

Продукт, полученный по первому рецепту, имеет не очень выразительный белый цвет. Вкус близкий к кефиру, слабокислый, имеет привкус экстракта. Запах приятный, схожий с кефиром и обладает оттенками лука. Консистенция слабо выражена.

Второй рецепт дает наиболее равномерный цвет. Вкус кисловатый, аналогичен кефиру, немного чувствуется экстракт. Запах, как в первом случае, кисловатый, кефирный. Получаемая консистенция без включений.

По третьему рецепту продукт обладает цветом, сильно отличающимся от первых двух, что видно из рис. 2. Привкус экстракта практически не чувствуется, жирность выше по сравнению с рецептами 1 и 2, вкус слабокислый. Имеет запах ряженки или кефира, приближен к запаху окрошки. Консистенция схожа с первым образцом, присутствуют небольшие включения.

По количественному содержанию биологически активных веществ (БАВ), лучшими являются первые два варианта рецептуры, так как в них предусматривается использование большего количества экстракта по сравнению с третьим вариантом. При этом калорийность окрошки на основе пахты ниже, чем на основе кефира, так как на 100 г продукта пахта имеет калорийность 35 ккал, а кефир 40 ккал, кроме того, в пахте содержится на 5% больше белков [2]. Поэтому первый вариант является наиболее

предпочтительным для использования в качестве функционального продукта питания.

### Выводы

В работе рассмотрены различные рецепты окрошки. Представлен питьевой продукт на основе

пахты с добавлением водных экстрактов зеленого лука, укропа и редиса в пропорции, характерной для традиционной окрошки. Полученный продукт можно отнести к разряду функциональных, ввиду своего нутриентного состава. При проведении органолептической оценки лучшим результатом обладал напиток, полученный на основе пахты.

### Список литературы

- [1] Зимняков, В.М. К вопросу повышения уровня продовольственной безопасности России / В.М. Зимняков, А.А. Курочкин // *Инновационная техника и технология*. 2015. № 4 (5). С. 5-10.
- [2] Мой здоровый рацион [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://health-diet.ru>, свободный.
- [3] Технологическая линия по производству экстрактов из растительного сырья / А.А. Гуськов, Ю.В. Родионов, С.А. Анохин, И.А. Елизаров, В.Н. Назаров, Д.В. Никитин // *Аграрный научный журнал*. 2019. № 2. С. 82-85.
- [4] Попова И. В. Совершенствование технологии и средств сушки овощного сырья: автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н.: специальность 05.20.01 / Попова Ирина Викторовна. – Мичуринск, 2009. – 18 с.
- [5] Скрипников Ю.Г. Инновационные технологии сушки растительного сырья / Ю.Г. Скрипников, М.А. Митрохин, Е.П. Ларионова, Ю.В. Родионов, А.С. Зорин // *Вопросы современной науки и практики*. Университет им. В.И. Вернадского – 2012 – №3 (41) – С. 371-376.
- [6] Герасименко Н.Ф. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни / Н.Ф. Герасименко, В.М. Позняковский, Н.Г. Челнакова // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2016. №. 4 (12). С. 52-57.
- [7] Синха Н.К. Настольная книга производителя и переработчика плодоовощной продукции / Н.К. Синха, И.Г. Хью. (ред.). Пер. с англ. СПб.: Профессия, 2014. С. 912.
- [8] Обогащение йогуртов компонентами растительного происхождения / И.В. Иванова, М.С. Ионов, М.Ю. Кравченко, Ю.В. Родионов // *Инновационная техника и технология*. 2017. № 3 (12). С. 18-21.

### References

- [1] Zimnyakov V.M., Kurochkin A.A. K voprosu povysheniya urovnya prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii [On the issue of increasing the level of food security in Russia]. *Innovacionnaya tekhnika i tekhnologiya*, 2015, no. 4 (5), pp. 5-10.
- [2] Moj zdorovyj racion [My healthy diet]. Available at: <https://health-diet.ru> (accessed 15 September 2020).
- [3] Gus'kov A.A., Rodionov Ju.V., Anohin S.A., Elizarov I.A., Nazarov V.N., Nikitin D.V. Tehnologicheskaja linija po proizvodstvu jekstraktov iz rastitel'nogo syr'ja [Technological line for the production of extracts from plant raw materials]. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2019, no. 2, pp. 82-85.
- [4] Popova I. V. Sovershenstvovanie tehnologii i sredstv sushki ovoshhnogo syr'ja: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni k.t.n [Improvement of technology and means of drying vegetable raw materials. Ph.D. dissertation author's abstract]. Michurinsk, 2009. 18 p.
- [5] Skripnikov Ju.G., Mitrohin M.A., Larionova E.P., Rodionov Ju.V., Zorin A.S. Innovacionnye tehnologii sushki rastitel'nogo syr'ja [Innovative technologies for drying plant materials]. *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki*. Universitet im. V.I. Vernadskogo, 2012, no. 3 (41), pp. 371-376.
- [6] Gerasimenko N.F., Poznjakovskij V.M., Chelnakova N.G. Zdorovoe pitanie i ego rol' v obespechenii kachestva zhizni [Healthy eating and its role in ensuring quality of life]. *Tehnologii pishhevoj i pererabatyvajushhej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*, 2016, no. 4 (12), pp. 52-57.
- [7] Sinha N.K., H'ju I.G. Nastol'naja kniga proizveditelja i pererabotchika plodoovoshhnoj produkcii [Handbook of the producer and processor of fruit and vegetable products], (red.), per. s angl. SPb.: Professija, 2014, p. 912.
- [8] Ivanova I.V., Ionov M.S., Kravchenko M.Ju., Rodionov Ju.V. Obogashhenie jogurtov komponentami rastitel'nogo proishozhdenija [Enrichment of yoghurts with components of plant origin]. *Innovacionnaja tekhnika i tehnologija*, 2017, no. 3 (12), pp. 18-21.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Иванова Ирина Викторовна</b> кандидат технических наук заведующий кафедрой «Инженерных дисциплин» ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101 <b>Тел.:</b> +7(920) 236-93-99 <b>E-mail:</b> aniri1901@yandex.ru</p>	<p><b>Ivanova Irina Viktorovna</b> PhD in Technical Sciences head of the department of «Engineering disciplines» Michurinsky State Agrarian University <b>Phone:</b> +7(920) 236-93-99 <b>E-mail:</b> aniri1901@yandex.ru</p>
<p><b>Кравченко Мария Юрьевна</b> аспирант кафедры «Технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства» ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101 <b>Тел.:</b> +7(475) 263-04-59 <b>E-mail:</b> mariya.kravchenko@danone.com</p>	<p><b>Kravchenko Maria Yurievna</b> postgraduate student of the department «Technologies for the production, storage and processing of crop products» Michurinsky State Agrarian University <b>Phone:</b> +7(475) 263-04-59 <b>E-mail:</b> mariya.kravchenko@danone.com</p>
<p><b>Родионов Юрий Викторович</b> доктор технических наук профессор кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 <b>Тел.:</b> +7(920) 478-04-91 <b>E-mail:</b> rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p><b>Rodionov Yuri Viktorovich</b> D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University <b>Phone:</b> +7(920) 478-04-91 <b>E-mail:</b> rodionow.u.w@rambler.ru</p>
<p><b>Скоморохова Анастасия Игоревна</b> студент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 <b>Тел.:</b> +7(475) 263-04-59 <b>E-mail:</b> nasta373@mail.ru</p>	<p><b>Skomorokhova Anastasia Igorevna</b> student of the department «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University <b>Phone:</b> +7(475) 263-04-59 <b>E-mail:</b> nasta373@mail.ru</p>

## Применение виноградных косточек в качестве сырья для композитных смесей

*Куручкин А.А., Родин М.Н.*

**Аннотация.** В работе представлен материал, свидетельствующий о целесообразности применения виноградных косточек в качестве ценного ингредиента композитной экструдированной смеси. Приведены аргументы в пользу рационального подхода к вовлечению в хозяйственный оборот вторичного сырья, получаемого в процессе переработки винограда. На основе анализа химического состава и отдельных технологических свойств виноградных косточек обоснованы подходы к получению композитной смеси с целью дальнейшего ее использования при выработке функциональных или обогащенных хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

**Ключевые слова:** сырье, виноградные косточки, композитная смесь, свойства, технология, экструдаты.

**Для цитирования:** Куручкин А.А., Родин М.Н. Применение виноградных косточек в качестве сырья для композитных смесей // Инновационная техника и технология. 2020. № 3 (24). С. 11–16.

## Application of grape seeds as raw materials for composite mixtures

*Kurochkin A.A., Rodin M.N.*

**Abstract.** The paper presents material that indicates the feasibility of using grape seeds as a valuable ingredient in a composite extruded mixture. Arguments are given in favor of a rational approach to the involvement of secondary raw materials obtained in the process of processing grapes in the economic turnover. Based on the analysis of the chemical composition and individual technological properties of grape seeds, approaches to obtaining a composite mixture for further use in the development of functional or enriched bakery and flour confectionery products are justified.

**Keywords:** raw materials, grape seeds, composite mixture, properties, technology, extrudates.

**For citation:** Kurochkin A.A., Rodin M.N. Application of grape seeds as raw materials for composite mixtures. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.3 (24). pp. 11–16. (In Russ.).

### Введение

В законодательной практике Российской Федерации и большинства стран мирового сообщества с той или иной степенью детализации представлены базовые понятия в сфере переработки и использования вторичного сырья.

В России под этим термином понимается часть вторичных материальных ресурсов, в отношении которых в настоящее время имеется техническая возможность и экономическая целесообразность использования в экономической деятельности государства в целях получения материалов и (или) энергии.

В свою очередь вторичные материальные ресурсы (ВМР) – это отходы производства и потребления, образующиеся в народном хозяйстве, для

которых существует возможность повторного использования непосредственно или после дополнительной обработки [2].

Следует отметить, что сокращение объемов ВМР и внедрение малоотходных или безотходных технологий – актуальное направление развития любых отраслей производства, как в нашей стране, так и в других странах мира.

Например, в пищевой отрасли применяется целый ряд технологий, в результате которых наряду с готовым продуктом получают вторичное сырье, содержащее весьма ценные ингредиенты, из которых экономически выгодно и технологически целесообразно вырабатывать различные пищевые добавки. К такому сырью можно отнести продукты переработки семян масличных культур, овощей, фруктов и т.д.

Таблица 1 – Химический состав и пищевая ценность семян винограда, на 100 г [1, 5, 13]

Показатели	Семена винограда	Рекомендуемая суточная доза согласно GDA, %
Белки, г	17,7	35
Жиры (липиды), г	16,62,0	23,5
из них насыщенных		9,9
Клетчатка, г	25,5	100,3
<i>Макроэлементы, незаменимые</i>		
Кальций, мг	975 (600)	75,1
Магний, мг	351 (310)	83
Фосфор, мг	629 (36)	5
Калий, мг	468 (490)	24,1
Натрий, мг	11 (5,1)	0,46
<i>Микроэлементы, незаменимые</i>		
Марганец, мг	2,5 (3,5)	172
Железо, мг	15 (4,6)	31,9
Селен, мкг	34 (14,6)	27,1
Цинк, мг	7,8 (1,6)	16

Виноградные косточки являются побочным продуктом промышленной переработки винограда на сок или виноматериалы и являются хорошим примером чрезвычайно полезного для дальнейшей переработки вторичного сырья [1, 4, 5, 6].

Содержащиеся в них масла (липиды) могут извлекаться с использованием механических методов или органических растворителей. Выделение масла путем прессования исходного сырья с помощью прессов считается более предпочтительным с точки зрения качества получаемого продукта. Вместе с тем в процессе прессования сырье сильно разогревается из-за высокого давления в машине, что в конечном итоге влияет на качество готового продукта. Одновременно с этим теряется часть биологических активных веществ масла, из-за которых собственно такой продукт и ценится [8, 9, 12].

С другой стороны экстракция масла из виноградных косточек с помощью растворителей дает больший выход продукта, чем механический метод, но при этом требует отгонки органического растворителя при достаточно высокой температуре. При таком методе извлечения масла, остаются следы растворителя и возможно появление следов нежелательных химических компонентов.

По мнению отдельных ученых дальнейшее использование обезжиренного экстракционным способом сырья для производства пищевых продуктов теряет смысл с технологической и экономической точки зрения и получаемый в этом случае продукт – шрот, рекомендуется применять для кормления животных в виде добавки в корм. Объясняется это тем, что экстракты обезжиренных косточек винограда обладают вдвое меньшей антиоксидантной способностью, чем экстракты цельных косточек винограда, что указывает на то, что в процессе экстракции масла большая часть антиоксидантных соединений удаляется или повреждается. Анало-

гичные изменения в ходе маслоэкстракционного процесса происходят и с рядом других наиболее ценных компонентов нативных семян винограда [13, 14].

Многочисленные источники научной информации указывают, что семена винограда содержат в своем составе белки, липиды, углеводы, вещества, обладающие Р-витаминной активностью (эпикатехин, рутин, органические кислоты), а также витамины, провитамины, макро- и микроэлементы (табл. 1).

При этом в составе углеводов семян присутствуют практически все виды пищевых волокон (пектин, протопектин, целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин) [9, 12].

Следует отметить, что интерес к маслу виноградных косточек как к функциональному продукту питания базируется в основном на высоком уровне в нем различных антиоксидантов, витамина Е, ненасыщенных жирных кислот (НЖК) и фитостеролов [1, 10].

Известно, что окисление липидов является одной из основных причин ухудшения качества сырья во время его переработки и пищевых продуктов в процессе их хранения. С целью минимизации этого явления во многих пищевых технологиях находят применение различные антиоксиданты. Их искусственные виды не получили широкого распространения из-за канцерогенных и токсических эффектов, в связи с чем поиск высокоэффективных естественных антиоксидантов, особенно растительного происхождения, в последние годы перешел в разряд особо актуальных.

Таким образом, накопленный к настоящему времени опыт применения виноградных семечек в технологиях продуктов питания позволяет рекомендовать их в качестве пищевой добавки в виде измельченной массы без выделения из нее липидов

(жира). Вместе с тем практическая реализация такого подхода к применению данного сырья имеет существенные недостатки.

Первый из них связан со строением виноградной семечки. Семена у винограда мелкие и состоят из прочной кожуры, эндосперма и зародыша, который находится в носике (клювике). Кожура имеет покров и среднюю оболочку. Покров семечки представляет собой крепкую внешнюю оболочку. Средняя оболочка имеет каменистые клетки, замедляющие прорастание зародыша. Именно эти каменистые клетки богаты фенольными веществами. Запасные питательные вещества – белки, липиды и углеводы, локализуются в эндосперме. Здесь же в связанном, неактивном состоянии находятся ферменты; в процессе набухания семечки они активизируются и готовы выполнять свои функции [13, 14].

Особенностью углеводов, входящих в состав виноградных семечек является сравнительно большое содержание лигнина – до 40 % [1, 6]. По большей части он содержится в каменистых клетках, а также в вытянутой части семечки. Измельчение лигнина до приемлемого размера частиц – технически сложная задача, связанная с повышенными затратами энергии на реализацию технологического процесса (при невысоком качестве готового продукта) или наличием дорогостоящего оборудования. Снизить затраты энергии на измельчение виноградных семечек можно за счет их увлажнения и набухания, однако в таком виде они плохо хранятся.

Таким образом, для хорошей сохранности виноградных семечек они должны быть высушенными, а измельчать их в таком виде – нецелесообразно, так как использование полученного в таких условиях порошка в пищевых технологиях приводит к характерному недостатку готового продукта – хруст и ощущение твердых, неизмельченных частиц семечек [11].

Второй недостаток, характерный для применения измельченных нативных виноградных семечек связан с малым сроком хранения добавки в таком виде: при отсутствии специальных условий хранения в части температурного режима сырье темнеет (окисляются дубильные вещества) и срок его годности ограничен 20-24 часами.



Рис. 1. Виноградные семечки (сорт Мускат куйбышевский)

Следует отметить, что схожие задачи по получению композитных смесей на основе семян тыквы, расторопши, льна и кунжута решались автором статьи путем совместного экструдирования этих растений с зерном пшеницы с помощью термовакuumной экструзии. Выполненные исследования показали, что наиболее сложной технологической задачей получения экструдатов является переработка сырья, содержащего в достаточно больших количествах полисахариды, белки, липиды и пищевые волокна [3, 7].

При этом особое внимание следует уделять наличию в экструдиреваемом сырье липидов и пищевых волокон.

Роль первых сводится к резкому снижению давления, развиваемого рабочим органом экструдера (в первую очередь одношнекового) со всеми вытекающими из этого факта последствиями. Исследования показывают, что наличие в сырье липидов в количествах меньших, чем 3% не влияет на качество получаемого экструдата, однако при увеличении этого показателя до 5% и выше коэффициент расширения экструдата резко снижается и получить пористый продукт в этих условиях практически невозможно [3, 7, 15].

В свою очередь пищевые волокна ограничивают активность крахмала как инициатора процесса порообразования и соперничают с компонентами обрабатываемого сырья за взаимодействие с водой [3].

Приведенные сведения позволяют сделать вывод о целесообразности и эффективности использования виноградных семечек в качестве ценного сырья для производства биологически активной добавки, а обоснование и разработка технологии производства композита на основе применения данного сырья как источника так называемых истинных антиоксидантов – фенольных соединений природного происхождения, является весьма актуальной в практическом и научном отношении задачей.

Цель работы – обоснование целесообразности включения виноградных косточек в состав композитных смесей.

### Объекты и методы исследования

Изучали физико-механические и технологические свойства виноградных семечек, а также ряд показателей, оказывающих влияние на параметры их экструзионной обработки. В качестве объектов исследования были приняты семечки двух сортов винограда, произрастающего в Пензенской области: Изабелла и Мускат куйбышевский.

### Результаты и их обсуждение

На рис. 1 показан общий вид виноградных семечек сорта Мускат куйбышевский, а на рис. 2 (для более четкого представления о размерах объекта исследований) представлены семечки винограда сорта

Таблица 2 – Химический состав и пищевая ценность семян винограда, на 100 г

Показатели	Семена винограда Изабелла	Семена винограда Мускат куйбышевский
Белки, г	13,3	14,5
Жиры, г	12,8	13,8
Углеводы, г	39,9	37,7
Вода, г	31,9	32,2
Зола, г	2,1	1,8

Таблица 3 – Некоторые показатели семян винограда

Показатели	Изабелла	Мускат куйбышевский
Количество косточек в ягоде	1-2 (редко 3)	2-3 (редко 4)
Влажность свежих семян (косточек), %	36-38	40-42
Масса одного семени, мг	32	26
Размеры, мм		
длина	7	5,2
ширина	4,1	3,1
толщина	2,8	2,4
Плотность семян, кг/м <sup>3</sup>	570	580
Разрушающее усилие, Н		
при влажности 10%	47	51
при влажности 40%	28	32

Изабелла на фоне листа бумаги в клетку размером 5x5 мм.

Сравнение некоторых показателей, характеризующих химический состав виноградных семечек двух исследуемых сортов, показывает, что по содержанию наиболее ценных ингредиентов они очень близки (табл. 2).

Анализ объекта исследований показывает, что свойства виноградных семечек зависят от многих факторов: сорта растений, климатических условий места их выращивания и особенностей почвы, способ подготовки к переработке и др.

Энергозатраты рабочего органа машины для измельчения сырья до необходимого гранулометрического состава оценивали величиной разрушающего усилия – массы груза, необходимой для разрушения единичного образца семечки (табл. 3).

Следует отметить, что одним из важнейших показателей, влияющих на технологию переработки виноградных семечек, является их влажность после выделения из ягод. Этот показатель существенно за-

### Список литературы

- [1] Басий, Н.А. Сравнительная характеристика виноградных семян как источника растительного масла. /Н.А. Басий, В.И. Мартовшук, М.С. Дударев, Е.А.Чакерьян //Известия вузов. Пищевая технология. – 2003. – № 5-6. – С. 23-24.



Рис. 2. Виноградные семечки (сорт Изабелла)

висит от зрелости ягод винограда, срока его хранения, а также видовых особенностей растения. В случае временного разрыва между заготовкой этого сырья и его переработкой, необходимо учитывать ту влажность семечек, при которой они могут храниться без потери своего качества. С другой стороны, численное значение показателя, характеризующего разрушающее усилие, а в конечном итоге – энергоемкость и гранулометрический состав муки из виноградных семечек, существенно зависит от содержания влаги в объекте переработки.

### Выводы

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Виноградные косточки являются весьма ценным побочным сырьем, для которого существует возможность повторного использования в качестве добавок к различным продуктам питания после его дополнительной обработки.
2. Интерес к маслу виноградных косточек как к функциональному продукту питания объясняется в первую очередь высоким содержанием в нем антиоксидантов, витамина Е, ненасыщенных жирных кислот (НЖК) и фитостеринов.
3. Накопленный к настоящему времени опыт применения виноградных косточек в технологиях продуктов питания позволяет рекомендовать их в качестве пищевой добавки в виде измельченной массы без предварительного выделения из нее липидов (жира).
4. Технология переработки виноградных семечек должна ориентироваться на получение готового продукта в виде многокомпонентного композита с хорошей хранимостью в естественных условиях.

- [2] ГОСТ Р 54098-2010. Ресурсосбережение. Вторичные материальные ресурсы. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2011. – 14 с.
- [3] Инновации в экструзии /А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, А.А. Блинохватов. [и др.]. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.
- [4] Исригова, Т.А. Химический состав и пищевая ценность добавок из семян, кожицы и гребней винограда. /Т.А. Исригова, Н.М. Мусаева, М.М. Салманов //Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 4. – С. 24-28.
- [5] Корнен, Н.Н. Технология получения биологически активной добавки из семян винограда. Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2012. – № 6 (17). – С. 49-54.
- [6] Корнен, Н.Н. Исследование состава и свойств БАД из семян винограда. Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2013. – № 1 (18). – С. 48-51.
- [7] Курочкин, А.А. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон /А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов //Техника и технологии пищевых производств. – 2016. Т. 42.– № 3.–С. 104-111.
- [8] Лукин, А.А. Перспективы применения муки из виноградной косточки в технологии производства продуктов питания. /А.А. Лукин, А.В. Зинин, И.Ю. Мигуля. //Вестник современных исследований. – 2017. – № 10-1 (13). – С. 84-86.
- [9] Макарова, Н.В. Сравнительные исследования методов извлечения биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами из косточек винограда (*Vitis vinifera L.*). /Н.В. Макарова, Д.Ф. Валиулина, Н.Б. Еремеева //Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – № 10(1). С. – 140-148.
- [10] Свиридов, М.Р. Разработка технологии использования вторичных ресурсов виноградарско-винодельческой отрасли с целью повышения физиологической ценности пищевых продуктов: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 /Свиридов Дмитрий Александрович. – Краснодар, 2017. – 179 с.
- [11] Смольянова, А.П. Совершенствование технологии булочных изделий с использованием муки виноградной косточки /А.П. Смольянова, М.О. Волошина //Инновационная техника и технология. – 2019. – № 4 (21). С. 12-17.
- [12] Тагирова, М.Р. Совершенствование технологии переработки выжимки винограда, выращиваемого в Чеченской республике: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 /Тагирова Петимат Рамзановна. – Краснодар, 2017. – 23 с.
- [13] Maier T., Schieber A., Kammerer D. R., & Carle, R. Residues of grape (*Vitis vinifera L.*) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. //Food Chemistry, 112(3), 2007. – P. 551-559.
- [14] Shinagawa F.B., Santana F.C.D., Torres L.R.O., Mancini-Filho J. Grape seed oil: A potential functional foods. Food Sci. Technol. 2015; 35: 399-406. doi: 10.1590/1678-457X.6826. [Cross Ref].
- [15] Steel, C.J. Thermoplastic Extrusion in Food Processing / C. J. Steel, M.G. Vernaza Leoro, M. Schmiele [et. al] // Thermoplastic Elastomers. – Tech, 2012. – P. 265-290.

## References

- [1] Martovshchuk, M. S. Dudarev, E. A. Chakeryan //Izvestiya vuzov. Food technology. – 2003. – № 5-6. – P. 23-24.
- [2] GOST R 54098-2010. Resource saving. Secondary material resources. Terms and definitions. - Moscow: STANDARTINFORM, 2011. – 14 p.
- [3] Innovations in extrusion /A. A. Kurochkin, P. K. Garkina, A. A. Blinokhvato [et al.] Penza: RIO PGU, 2018. – 247 p.
- [4] Isegawa, T. A. Chemical composition and nutritive value of supplements from the seeds, skin and the ridges of the grapes. /Т. А. Irisova, N. M. Musaev, M. M. Salmanov //Storage and processing of agricultural products. – 2012. – No. 4. – Pp. 24-28.
- [5] Kornen, N. N. The technology of obtaining biologically active additive from the seeds of grapes. Technology and commodity science of innovative food products. – 2012. – No.6 (17). – Pp. 49-54.
- [6] Kornen, N. N. Study of the composition and properties of dietary SUPPLEMENTS from grape seeds. Technology and commodity science of innovative food products. – 2013. – No. 1 (18). – Pp. 48-51.
- [7] Kurochkin, A.A. The extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids and dietary fibers /A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova, D.I. Frolov //Equipment and technologies for food production.– 2016. Vol. 42.–No. 3.– Pp. 104-111.
- [8] Lukin, A. A. Prospects for the use of grape seed flour in food production technology. / A. A. Lukin, A.V. Zinin, I. Yu. Migulya. // Bulletin of modern research. – 2017. – No. 10-1 (13). – Pp. 84-86.
- [9] Makarova, N. V. Comparative studies of methods for extracting biologically active substances with antioxidant properties from grape seeds (*Vitis vinifera L.*). /N. V. Makarova, D. F. Valiulina, N. B. Eremeeva //Izvestiya vuzov. Applied chemistry and biotechnology. – 2020. – No. 10(1). Pp. – 140-148.

- [10] Sviridov, M. R. Development of technology for using secondary resources of the viticultural and wine industry in order to increase the physiological value of food products: dis. ... Cand. tech. Sciences: 05.18.01 / Sviridov Dmitry Aleksandrovich. - Krasnodar, 2017. – 179 p.
- [11] Smolyanova, A. P. Improving the technology of bakery products using grape seed flour /A. p. Smolyanova, M. O. Voloshina //Innovative equipment and technology. – 2019. – No. 4 (21). – Pp. 12-17.
- [12] Tagirova, M. R. Improving the technology of processing the pomace of grapes grown in the Chechen Republic: abstract dis. ... kand. Techn. Sciences: 05.18.01 / Tagirova Petimat Ramzanovna. – Krasnodar, 2017. – 23 p.
- [13] Maier T., Schieber A., Kammerer D. R., & Carle, R. Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. //Food Chemistry, 112(3), 2007. – Pp. 551-559.
- [14] Shinagawa F.B., Santana F.C.D., Torres L.R.O., Mancini-Filho J. Grape seed oil: A potential functional food? Food Sci. Technol. 2015; 35: – Pp. 399-406. doi: 10.1590/1678-457X.6826. [Cross Ref].
- [15] Steel, C.J. Thermoplastic Extrusion in Food Processing / C. J. Steel, M.G. Vernaza Leoro, M. Schmiele [et. al] // Thermoplastic Elastomers. – Tech, 2012. – Pp. 265-290.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Курочкин Анатолий Алексеевич</b>                  доктор технических наук                  профессор кафедры «Пищевые производства»                  ФГБОУ ВО «Пензенский государственный                  технологический университет»                  440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11  <b>Тел.:</b> +7(927) 382-85-03  <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>	<p><b>Kurochkin Anatoly Alekseevich</b>                  D.Sc. in Technical Sciences                  professor at the department of «Food productions»                  Penza State Technological University  <b>Phone:</b> +7(927) 382-85-03  <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru"</p>
<p><b>Родин Максим Николаевич</b>                  магистрант кафедры «Пищевые производства»                  ФГБОУ ВО «Пензенский государственный                  технологический университет»                  440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p><b>"Rodin Maksim Nikolaevich</b>                  undergraduate of the department «Food productions»                  Penza State Technological University</p>

## Влияние параметров экструзии на физические свойства экструдатов нута

*Фролов Д.И., Кручинина Н.Э.*

**Аннотация.** В этом исследовании оценивали влияние экструзионной обработки на удельную механическую энергию и физические свойства экструдатов нута (коэффициент расширения, насыпная плотность и твердость). Обработка экспериментальных данных была проведена с использованием методологии поверхности отклика при следующих параметрах: температура на выходе из фильеры (120–150 °С), влажность (20–24 %) и скорость вращения шнека (260–340 об/мин). Факторами, которые больше всего повлияли на характеристики продукта, являлись: температура на выходе из фильеры и содержание влаги в сырье, а также взаимодействие между ними. Была обнаружена значительная корреляция между твердостью и насыпной плотностью (положительная), твердостью и коэффициентом расширения (отрицательная), а также насыпной плотностью и коэффициентом расширения (отрицательная). Желаемые характеристики (высокое расширение, низкая насыпная плотность и твердость) для нута были получены при высокой температуре на выходе из фильеры, относительно высокой влажности и высокой скорости вращения шнека.

**Ключевые слова:** экструзия, нут, мука, экструдат.

**Для цитирования:** Фролов Д.И., Кручинина Н.Э. Влияние параметров экструзии на физические свойства экструдатов нута // Инновационная техника и технология. 2020. № 3 (24). С. 17–22.

## Effect of extrusion parameters on the physical properties of chickpea extrudates

*Frolov D.I., Kruchinina N.E.*

**Abstract.** This study evaluated the effect of extrusion processing on the specific mechanical energy and physical properties of chickpea extrudates (expansion coefficient, bulk density and hardness). The experimental data were processed using the response surface methodology with the following parameters: temperature at the exit from the die (120–150 °C), humidity (20–24 %), and screw rotation speed (260–340 rpm). The factors that most influenced product performance were die outlet temperature and feed moisture content, and the interactions between them. A significant correlation was found between hardness and bulk density (positive), hardness and expansion coefficient (negative), and bulk density and expansion coefficient (negative). The desired characteristics (high expansion, low bulk density and hardness) for the chickpea were obtained at a high die outlet temperature, relatively high humidity and a high screw speed.

**Keywords:** extrusion, chickpeas, flour, extrudate.

**For citation:** Frolov D.I., Kruchinina N.E. Effect of extrusion parameters on the physical properties of chickpea extrudates. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.3 (24). pp. 17–22. (In Russ.).

### Введение

В настоящее время актуальной задачей для пищевой промышленности является разработка питательных и хорошо сбалансированных пищевых продуктов, адаптированных к сегментации рынка и использованием альтернативных технологий и ингредиентов. Экструзия - это кратковременный процесс, при котором пищевой материал готовится

ся с помощью температуры, влажности, механического сдвига и давления, при проталкивании через фильеру экструдера. Когда материал выходит из фильеры, сброс давления заставляет его раздуваться в различных формах в зависимости от геометрии фильеры. Реакции, которые происходят во время экструзионной варки, зависят от ряда переменных, связанных как с параметрами машины, так и с используемым сырьем.

Таблица 1 – Исходные данные для удельной механической энергии (УМЭ), коэффициента расширения (КР), насыпной плотности (В) и твердости экструдатов нута

Т, °С	W, %	n, об/мин	Нут			
			УМЭ, кДж/кг	КР	В, г/см <sup>3</sup>	Твердость, Н
120	20	260	454	2,3	0,424	613
120	24	340	432	2,5	0,442	473
135	22	300	332	2,8	0,336	412
120	20	340	567	2,5	0,372	458
110	22	300	443	2,1	0,468	550
135	25,4	300	317	3,1	0,34	548
150	20	340	341	1,9	0,258	634
135	22	300	369	3	0,308	454
135	18,6	300	460	3,3	0,279	460
150	24	260	432	3,4	0,16	429
135	22	300	367	2,9	0,286	544
135	22	367	443	2,9	0,205	399
135	22	300	332	2,9	0,278	416
135	22	300	332	3	0,275	441
150	20	260	454	2,2	0,278	519
150	24	340	216	4,1	0,106	295
120	24	260	432	2,4	0,444	508
160	22	300	221	3,5	0,103	276
135	22	233	443	2,4	0,349	469
135	22	300	332	2,7	0,291	416

Хотя зерновые культуры широко используются и предпочтительны для производства экструдированных пищевых продуктов, из-за их хорошего расширения они, как правило, содержат мало белка и других питательных веществ [1]. Зернобобовые, в том числе нут и фасоль, являются не только отличным источником белка, но и сложных углеводов, витаминов и минералов [2]. Нут (*Cicer arietinum* L.) богат белком (24,4 %), пищевыми волокнами (9,0 %) и сложными углеводами (60,0 %). По сравнению с пшеничной мукой, мука из нута содержит большее количество как макро- (калий, кальций и магний), так и микроэлементов (медь, железо и цинк). Среднее содержание липидов в нуте колеблется от 5,3 до 7,3 % и характеризуется высоким содержанием линолевой кислоты (54,7-56,2 % масла), олеиновой кислоты (21,6-22,2 % масла) и линоленовой кислоты (0,5-0,9 % масла). Что касается белков нута, главными фракциями являются глобулины и альбумины, но также могут быть обнаружены небольшие количества глютенинов и проламинов [3, 4]. Из-за высокого содержания лизина зернобобовая мука может использоваться в различных пропорциях в смеси, чтобы дополнить аминокислотный профиль злаков с низким содержанием лизина.

Основная цель этого исследования состояла в том, чтобы изучить влияние переменных экструзионной обработки, таких как температура на вы-

ходе из фильеры, влажность и скорость шнека, на удельную механическую энергию (УМЭ) и физические свойства (коэффициент расширения, объемная плотность и твердость) экструдатов из нута.

Методология поверхности отклика использовалась для изучения эффектов уравнения регрессии. Для соответствия экспериментальным данным использовались модели полиномиальной регрессии второго порядка [5].

### Объекты и методы исследования

При выполнении работы были использованы общепринятые стандартные методы исследований.

Мука из нута была закуплена в продуктовой сети. Состав нутовой муки был следующим (на влажной основе): влажность 10,20 %, золы 2,88 %, белка 25,0 %, жиры 5,31 %, крахмала 38,4 %, резистентного крахмала 0,75 %.

Все эксперименты по экструзии проводили с использованием одношнекового лабораторного экструдера ЭЖ-40 (диаметр шнека 40 мм) с использованием фильеры диаметром 3 мм. Влагосодержание муки определяли перед экструзией, а затем регулировали общую влажность экструдированной массы путем добавления воды в экструдер в соответствии с экспериментальной схемой. Перед взятием образца состава и условия экструзии оставляли для стабилизации в течение 10 мин. На основании предварительных испытаний экструдаты сушили в течение 5 минут при 105 °С в сушилке.

Программа Statistica 10 была использована для составления плана эксперимента, проведения статистического анализа и использовалась для разработки, оценки эффектов и получения поверхностей отклика.

Центральное композиционное планирование эксперимента использовалось для оценки влияния переменных процесса экструзии на удельную механическую энергию и физические свойства экструдатов. Были добавлены дополнительные центральные точки, чтобы лучше измерить присущую изменчивость. Независимыми переменными были: температура на выходе из фильеры (Т) (120-150 °С), содержание влаги (W) (20-24 % в сыром виде) и скорость шнека (n) (260-340 об/мин). Исходные данные представлены в таблице 1.

Скорость подачи поддерживалась постоянной на уровне 14 кг в час для всех экспериментов, как определено в предварительных испытаниях экструзии. Модели полиномиальной регрессии второго порядка были использованы для соответствия экспериментальным данным (уравнение 1).

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (1)$$

где у- данные отклика,  $x_1 - x_3$  – экспериментальные

факторы,  $b_0$  – константа,  $b_1 - b_3$  – линейные коэффициенты,  $b_{11}, b_{22}, b_{33}$  – квадратичные коэффициенты,  $b_{12}, b_{13}, b_{23}$  – коэффициенты взаимодействия.

Значения удельной механической энергии (УМЭ), были записаны после достижения устойчивого состояния.

Коэффициент расширения (КР) определяли как отношение между диаметром экструдатов (измеренным с помощью цифрового штангенциркуля) и диаметром отверстия фильеры экструдера (0,3 мм). Выбиралось среднее значение шести измерений.

Объемная плотность (В) определялась путем взвешивания количества экструдатов, необходимых для заполнения контейнера емкостью 500 мл, и выражалась в  $г/см^3$ . Экструдаты добавляли в контейнер случайным образом, и контейнер несколько раз встряхивали во время заполнения. Когда экструдаты были более объемными, вместо них использовали контейнер объемом 1 л. Выбиралось среднее значение двух измерений для каждого условия обработки.

Твердость определяли путем измерения максимального усилия, необходимого для разрушения экструдатов. Выбиралось среднее значение не менее трех измерений.

Таблица 2 – Коэффициенты регрессии и оценки параметров модели удельной механической энергии (УМЭ), коэффициента расширения (КР), насыпной плотности (В) и твердости экструдатов нута

	УМЭ, кДж/кг	КР	В, г/см <sup>3</sup>	Твердость, Н
Св.член	492,718	42,046	-1,899	614,608
T, °C	21,18	-0,195	0,026	21,220
T, °C <sup>2</sup>	0,006	-0,000	0	-0,015
W, %	-150,631	<b>-2,886</b>	0,094	-70,409
W, % <sup>2</sup>	<b>5,146</b>	0,016	0,002	7,004
n, об/мин	4,168	0,018	0,000	-2,531
n, об/мин <sup>2</sup>	<b>0,025</b>	-0,000	0	0,003
T, °C*W, %	0,042	<b>0,014</b>	<b>-0,002</b>	-1,413
T, °C*n, об/мин	<b>-0,092</b>	0,000	0	0,036
W, %*n, об/мин	<b>-0,337</b>	0,001	0,000	-0,202

Таблица 3 – Качественные показатели моделей

	Множест. R	Множест. R2	F	p
УМЭ, кДж/кг	<b>0,975</b>	<b>0,952</b>	<b>21,845</b>	<b>0,000</b>
КР	<b>0,870</b>	<b>0,756</b>	<b>3,448</b>	<b>0,033</b>
В, г/см <sup>3</sup>	<b>0,968</b>	<b>0,938</b>	<b>16,716</b>	<b>0,000</b>
Твердость, Н	0,718	0,516	1,183	0,396

## Результаты и их обсуждение

Во время процесса экструзии сырье подвергается многим изменениям, таким как клейстеризация и декстринизация крахмала, разворачивание и денатурация белка, а также комплексобразование между липидами и амилозой. Степень этих молекулярных превращений сильно зависит от подводимой механической энергии. На удельную механическую энергию во время экструзии муки из нута значительно ( $p < 0,01$ ) влияли температура на выходе из фильеры и содержание влаги. Линейный эффект скорости вращения шнека был незначительным, но квадратичный эффект и взаимодействие с температурой на выходе из фильеры и содержанием влаги были значительными ( $p < 0,05$ ). Температура на выходе из фильеры для муки из нута больше всего повлияла на удельную механическую энергию. Поверхности отклика (подогнанные) (рис.1) показали, что при низких температурах на выходе из фильеры увеличение содержания влаги в муке из нута приводит к более низким значениям удельной механической энергии. Анализируя поверхности отклика, увеличение температуры и влажности на выходе из фильеры приведет к более низким значениям удельной механической энергии для нутовой муки. Коэффициенты регрессии и соответствие моделей ( $p$ -значения) представлены в таблице 2.

Известно, что взаимодействие воды и температуры может существенно влиять на конверсию крахмала. В среде с избытком воды все кристаллиты крахмала будут разделены набуханием, и произойдет полная клейстеризация крахмала. Когда вода ограничена, что является условием во время экструзии, кристаллические области будут плавиться при довольно высоких температурах. В этом порядке вода действует как смазка и смягчает тесто, тем самым уменьшая вязкость и удельную механическую энергию. С повышением температуры теста происходит желатинизация и плавление крахмала, и из-за сдвига эти уже клейстеризованные и расплавленные гранулы крахмала далее механически разбиваются на более мелкие фрагменты, тем самым снижая вязкость расплава. Показано, что степень фрагментации крахмала связана как с механической, так и с тепловой энергией и, как сообщается, проявляется в виде ограниченного разветвления в амилопектине и случайного расщепления цепи в амилозе.

Температура на выходе из фильеры и содержание влаги значительно ( $p < 0,05$ ) влияли на коэффициент расширения (КР) экструдатов нута (таблица 2). Член взаимодействия между температурой на выходе из фильеры и содержанием влаги также был значительным ( $p < 0,05$ ). Значения КР находились в диапазоне от 1,9 до 4,1. Согласно поверхности отклика (рис. 2) при низком содержании влаги влияние температуры было менее выраженным, тогда как увеличение как влажности, так и температуры привело бы к более высокому расширению экструзии.

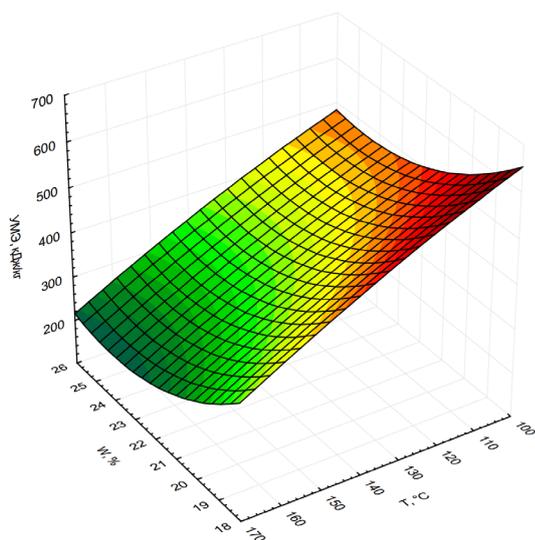


Рис. 1. Поверхность отклика для удельной механической энергии в зависимости от температуры на выходе из фильеры и содержания влаги для муки из нута

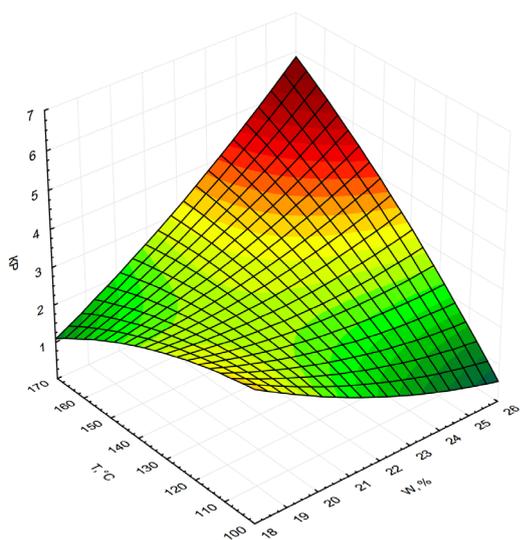


Рис. 2. Поверхность отклика степени расширения для экструдатов нута в зависимости от температуры и влажности на выходе из фильеры

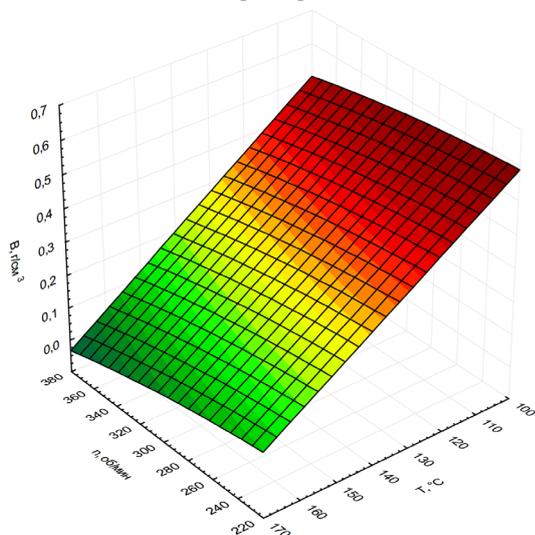


Рис. 3. Поверхность отклика насыпной плотности для экструдатов нута в зависимости от температуры на выходе из фильеры и скорости шнека

датов. Другими словами, взаимодействие между температурой и влажностью было наиболее важным фактором для расширения продукта.

Температура на выходе из фильеры и скорость вращения шнека значительно повлияли на объемную плотность экструдатов нута, так как только линейные эффекты были значимыми ( $p < 0,05$ ) (таблица 2). Значения варьировались от 0,103 до 0,468 г/см<sup>3</sup>. Продукты с низкой насыпной плотностью получали при высокой температуре и средней или высокой скорости вращения шнека (рис. 3). Влияние взаимодействия между температурой на выходе из фильеры и содержанием влаги на насыпную плотность было очень значительным ( $p < 0,01$ ).

В этом эксперименте ни один из факторов существенно не влиял на твердость экструдатов нута, однако температура на выходе из фильеры была незначительной ( $p < 0,1$ ). Твердость экструдатов находилась в диапазоне от 276 до 634 Н. Низкие значения твердости были получены при высокой температуре на выходе из фильеры, высокой влажности и высокой скорости вращения шнека. Как правило, материалы с низким содержанием белка (с высоким содержанием крахмала) имеют тенденцию образовывать воздушные продукты с низкой плотностью, тогда как материалы с высоким содержанием белка (с низким содержанием крахмала), как правило, образуют более плотные текстурированные продукты. В настоящем исследовании мука из нута имела содержание крахмала 38,4 % и содержание белка 25,0. Для вспученных злаков рекомендуется концентрация крахмала 60-70 %. Кроме того, крахмалы не расширяются одинаково из-за разницы в их структуре. Белки могут оказывать положительное или отрицательное влияние на расширение из-за их способности изменять распределение воды в матрице и в зависимости от типа и концентрации белка. Более высокое содержание жира также может быть причиной меньшего вспучивания и низкого качества экструдатов нута. Благодаря смазывающему эффекту жира и предотвращению острого механического разрушения молекул крахмала под действием приложенных сил сдвига степень превращения крахмала снижается, что отрицательно сказывается на расширении.

Значительная ( $p < 0,05$ ) корреляция была обнаружена между твердостью и насыпной плотностью (положительная), твердостью и коэффициентом расширения (отрицательная), а также насыпной плотностью и коэффициентом расширения (отрицательная) для экструдатов нута. Эти результаты согласуются с другими исследованиями [6-9].

## Выводы

В этом исследовании с использованием центрального композиционного планирования было оценено влияние температуры на выходе из фильеры, содержания влаги и скорости шнека на удельную механическую энергию и физические свойства

(коэффициент расширения, объемная плотность и твердость) экструдатов нута. Для муки из нута температура на выходе из фильеры больше всего повлияла на удельную механическую энергию. Повышение температуры на выходе из фильеры и содержания влаги привело к снижению значений удельной механической энергии. Желательные ха-

рактеристики (высокое расширение, низкая насыпная плотность и низкие значения твердости) для нута были получены при высокой температуре на выходе из фильеры, относительно высокой влажности и высокой скорости вращения шнека.

### Список литературы

- [1] Meng X, Threinen D, Hansen M, Driedger D. Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour-based snack. *Food Res. Int.* 43: 650-658 (2010).
- [2] Wang N, Hatcher DW, Tyler RT, Toews R, Gawalko E. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Res. Int.* 43:589-594 (2010).
- [3] Rachwa-Rosiak D, Nebesny E, Budryn G. Chickpeas-composition, nutritional value, health benefits, application to bread and snacks: A review. *Crit. Rev. Food Sci.* 55: 1137-1145 (2015).
- [4] Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // *Техника и технология пищевых производств.* 2016. № 3 (42). С. 104–111.
- [5] Потапов М.А., Фролов Д.И., Курочкин А.А. Оптимизация количества отверстий в матрице одношнекового экструдера для переработки птичьего помета // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.* 2020. Т. 5. № 4. С. 42–48.
- [6] Курочкин А.А., Фролов Д.И., Воронина П.К. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.* 2015. № 4 (32). С. 172–177.
- [7] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов [и др.] // *Нива Поволжья.* 2019. № 2 (51). С. 134–143.
- [8] Теоретическое обоснование термовакуумного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.* 2015. № 3. С. 15–20.
- [9] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В.М. Зимняков, О.Н. Кухарев, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов // *Нива Поволжья.* 2017. № 4 (45). С. 157–163.

### References

- [1] Meng X, Threinen D, Hansen M, Driedger D. Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour-based snack. *Food Res. Int.* 43: 650-658 (2010).
- [2] Wang N, Hatcher DW, Tyler RT, Toews R, Gawalko E. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Res. Int.* 43: 589-594 (2010).
- [3] Rachwa-Rosiak D, Nebesny E, Budryn G. Chickpeas-composition, nutritional value, health benefits, application to bread and snacks: A review. *Crit. Rev. Food Sci.* 55: 1137-1145 (2015).
- [4] Extrudates from vegetable raw materials with an increased content of lipids and food fibers / A.A. Kurochkin, P.K. Voronin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // *Technics and technology of food production.* 2016. No. 3 (42). pp. 104-111.
- [5] Potapov M.A., Frolov D.I., Kurochkin A.A. Optimization of the number of holes in the die of a single-screw extruder for processing poultry manure // *Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.* 2020. T. 5. No. 4. pp. 42–48.
- [6] Kurochkin A.A., Frolov D.I., Voronina P.K. Determination of the main parameters of the vacuum chamber of the modernized extruder // *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy.* 2015. No. 4 (32). pp. 172-177.
- [7] Increasing the efficiency of extrudate dewatering in the vacuum chamber of the modernized extruder / D.I. Frolov [and others] // *Niva of the Volga region.* 2019. No. 2 (51). pp. 134-143.
- [8] Theoretical substantiation of the thermal vacuum effect in the working process of the modernized extruder / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronin // *News of the Samara State Agricultural Academy.* 2015. No. 3. pp. 15–20.
- [9] Rational technological parameters in the production of a multicomponent composite based on flax seeds / V.M. Zimnyakov, O. N. Kukharev, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // *Niva Volga region.* 2017. No. 4 (45). pp. 157-163.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>
<p><b>Кручинина Наталья Эдуардовна</b> аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(965) 633-85-85 <b>E-mail:</b> kruchininane@gmail.com</p>	<p><b>Kruchinina Natalia Eduardovna</b> postgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(965) 633-85-85 <b>E-mail:</b> kruchininane@gmail.com</p>

# ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 664.732

### Теоретическая оценка изменения влажности зерна в сушилке

*Купреенко А.И., Панова Т.В., Панов М.В.*

**Аннотация.** Влажность является важнейшим показателем качества зерна, поэтому ее определяют при приеме зерна сразу же. Это объясняется влиянием воды на жизнедеятельность живых организмов, прежде всего самого зерна и микроорганизмов на его поверхности. Влажность характеризует количество питательных веществ в зерне, а также его пригодность к хранению и переработке. Так, влажное зерно содержит меньше питательных веществ и нестойко при хранении. Увлажнение активизирует физико-химические и физиологические процессы (дыхание, прорастание, расщепление высокомолекулярных биополимеров, активизация ферментов, набухание), все это осложняет его хранение и переработку. На поверхности влажного зерна начинают быстро развиваться микроорганизмы, также в зерновой массе увеличивается число насекомых, клещей и других вредителей. Совокупность перечисленных процессов в зерне приводит к ухудшению его качества и к его порче при хранении. В работе представлена математическая модель изменения влажности зерна в сушилке, зависящая от таких факторов, как масса зерна и сушильного агента, температура зерна и сушильного агента, скорость движения зерна и сушильного агента.

**Ключевые слова:** зерно, сушилка, влажность, теорема Букингема, математическая модель.

**Для цитирования:** Купреенко А.И., Панова Т.В., Панов М.В. Теоретическая оценка изменения влажности зерна в сушилке // Инновационная техника и технология. 2020. № 3 (24). С. 23–28.

### Theoretical assessment of change in grain moisture in the dryer

*Kupreenko A.I., Panova T.V., Panov M.V.*

**Abstract.** Moisture is the most important indicator of grain quality, therefore it is determined when receiving grain immediately. This is due to the effect of water on the vital activity of living organisms, primarily the grain itself and microorganisms on its surface. Moisture characterizes the amount of nutrients in the grain, as well as its suitability for storage and processing. So, wet grain contains less nutrients and is unstable during storage. Humidification activates physicochemical and physiological processes (respiration, germination, splitting of high molecular weight biopolymers, activation of enzymes, swelling), all this complicates its storage and processing. Microorganisms begin to develop rapidly on the surface of wet grain, and the number of insects, mites and other pests increases in the grain mass. The combination of the listed processes in grain leads to deterioration of its quality and to its deterioration during storage. The paper presents a mathematical model of changes in grain moisture in the dryer, which depends on factors such as the mass of grain and drying agent, temperature of grain and drying agent, speed of grain and drying agent.

**Keywords:** grain, dryer, moisture, Buckingham's theorem, mathematical model.

**For citation:** Kupreenko A.I., Panova T.V., Panov M.V. Theoretical assessment of change in grain moisture in the dryer. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.3 (24). pp. 23–28. (In Russ.).

## Введение

Влажность зерна является фактором, который показывает долю питательных веществ зерна и длительность его хранения. Чем выше содержание влаги в зерновой массе, тем меньше она содержит питательных веществ и тем быстрее портится. Чрезмерное количество влаги приводит к активации физиологических, физико-химических процессов. Зерно начинает набухать, прорастать, расщепляются высокомолекулярные биополимеры, активизируются ферменты. Снижается натура, сыпучесть зерна, оно становится уязвимым для механических повреждений. Если влажным зерно остается на длительный срок, его хранение и обработка становятся невозможными. В любом случае, выход зерна и качество продукции при использовании влажного сырья снижаются [1].

В зависимости от влагонасыщенности воздуха в хранилище семена способны поглощать воду или отдавать ее в окружающую среду. Если относительная влажность и температура воздуха остаются постоянными, между семенами и воздухом наступает состояние гигроскопического равновесия, устанавливается равновесная влажность. Во время длительного хранения семян относительная влажность воздуха не должна быть больше 70%; повышение ее до 75% (критическая влажность) вызывает интенсивное дыхание семян, большой расход питательных веществ, выделение энергии в виде тепла (самосогревание семян), возможно набухание, прорастание семян и активное развитие на них микроорганизмов. Повышение в хранилище температуры воздуха при постоянной его влажности уменьшает

влажность семян, а понижение - увеличивает. Показатели равновесной влажности всех зерновых культур близки и составляют при 70%-ной относительной влажности воздуха в среднем 14 - 15%, у масличных культур она значительно ниже (для сои - 2,5, для льна - 8,5, клещевины - 7,5%), так как содержащиеся в семенах этих культур жиры не связывают воду. Поэтому при хранении семян масличных культур нужно особенно внимательно следить за режимом хранения. Государственными стандартами на сортовые и посевные семена установлена предельная влажность семян для разных культур, превышение которой не допускается. Так, влажность кондиционных семян зерновых культур (пшеницы, ржи, ячменя и овса) не должна превышать 15,5% и только для районов Сибири, Севера и Северо-запада влажность семян допускается до 17%. Влажность кондиционных семян в зависимости от зоны должна быть: риса - 14 - 15%, проса - 13,5 - 16%, гречихи - 14 - 17%, гороха - 14 - 17%, фасоли - 15%. Для посева семян практически влажность семян не играет роли, лишь бы сохранилась их сыпучесть [2]

## Объекты и методы исследований

Объектом исследования является сушилка, представленная на рисунке 1., содержащая теплоизолированную камеру 1, представляющую собой сушильную шахту 2, в которой установлены подающие 3 и отводящие 4 сушильный агент короба, на выходе из сушильной шахты 2 установлен шлюзовый затвор 5, соединенный с воздухопроводом пневмотранспортера 6, над сушильной шахтой 2 установлен зерновой бункер 7 с загрузочным циклоном 8, загрузочным шнековым транспортером 9 и разгрузочным циклоном 10 с заслонкой 12, центробежный вентилятор 13 с нагревательным ротором 14 имеет каналы рециркуляции 15 сушильного агента с заслонками 16, теплообменный аппарат 17 имеет дополнительный нагревательный ротор 18 с каналом рециркуляции 19 отработанного сушильного агента и заслонкой 20. В зерновом бункере 7 располагаются верхний 21 и нижний 22 датчики уровня зерна, а в сушильной шахте 2 расположены датчики влажности зерна 23. Центробежный вентилятор 13 соединен с сушильной шахтой 2 воздухопроводом 24. Сушильная шахта 2 соединена с дополнительным нагревательным ротором 18 воздухопроводом 25. Дополнительный нагревательный ротор 18 соединен с теплообменным аппаратом 17 воздухопроводом 26. Теплообменный аппарат 17 соединен с центробежным вентилятором 13 воздухопроводом 27. Нагревательный

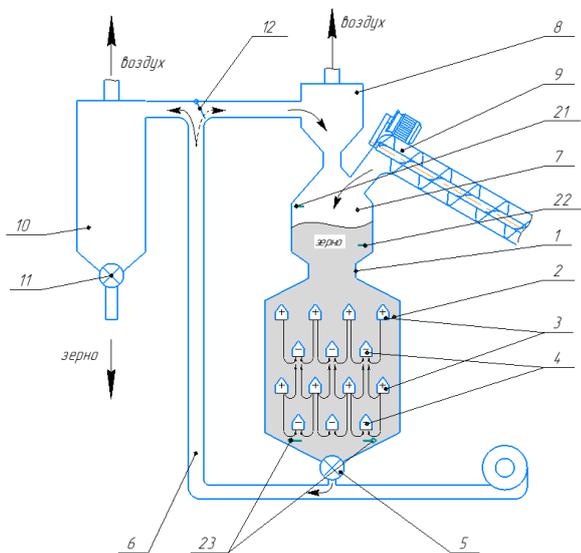


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема сушилки



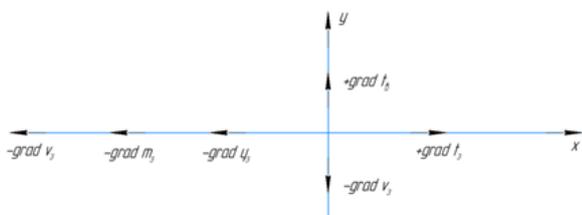


Рис. 3. Градиенты параметров

недосушенное зерно отправляют на досушивание по пневмопроводу.

Составим систему уравнений со следующими параметрами:

Изменение скорости сушильного агента:

$$\Delta v_B = v_{0B} - v_B \quad (1)$$

Изменение скорости зерна в потоке:

$$\Delta v_3 = v_{03} - v_3 \quad (2)$$

Изменение температуры сушильного агента:

$$\Delta t_B = t_B - t_{0B} \quad (3)$$

Изменение температуры зерна:

$$\Delta t_3 = t_3 - t_{03} \quad (4)$$

Изменение влажности зерна:

$$\Delta \varphi_3 = \varphi_{03} - \varphi_3 \quad (5)$$

Изменение массы зерна:

$$\Delta m_3 = m_{03} - m_3 \quad (6)$$

Градиенты указанных параметров представлены на рисунке 3.

Число комплексов определим по теореме Букингема, число критериев подобия (симплексов) равно:

$n_{кр.п.}$  – число критериев подобия равно 4, так как  $n_{ф.}$  – число факторов ( $n_{ф.} = 8$ ),  $n_{ос.}$  – число основных единиц ( $n_{ос.} = 4$ ).

Критерии подобия имеют следующий вид:

$$\pi_1 = \frac{\varphi_3}{\Delta \varphi_3} - \text{критерий, учитывающий изменение}$$

влажности зерна,

$$\pi_2 = \frac{m_3}{\Delta m_3} - \text{критерий, учитывающий}$$

изменение массы зерна,

$$\pi_3 = \frac{\Delta t_3}{\Delta t_B} - \text{критерий, учитывающий изменение}$$

температуры зерна и изменение температуры сушильного агента,

$$\pi_4 = \frac{\Delta v_B}{\Delta v_3} - \text{критерий, учитывающий изменение}$$

скорости движения сушильного агента и изменение скорости зерна.

Так как фактор  $\Delta \varphi_3$  входит в критерий  $\pi_1$  то

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3, \pi_4) \quad (7)$$

$$\pi_1 = C_f \pi_2^{\alpha_2} \pi_3^{\alpha_3} \pi_4^{\alpha_4} \quad (8)$$

где  $C_f$  – поправочный коэффициент, зависящий от выбора единиц измерения.

Таблица 1 - Экспериментальные данные по первому варианту

№ п/п	$\varphi_3, \%$	$\Delta \varphi_3, \%$	$m_{32}, \text{кг}$	$\Delta m_3, \text{кг}$	$\Delta t_3, \text{°C}$	$\Delta t_B, \text{°C}$	$\Delta v_B, \text{м/с}$	$\Delta v_3, \text{м/с}$
1	14	4	1000	120	60	120	100	98,5
	$\pi_{11} = 3,5$		$\pi_{21} = 8,33$		$\pi_{31} = 0,5$		$\pi_{41} = 1,02$	
2	14,5	3,8	1100	130	50	110	80	97,5
	$\pi_{12} = 3,82$		$\pi_{22} = 8,46$		$\pi_{32} = 0,45$		$\pi_{42} = 0,82$	
3	14,7	3,2	1200	140	40	100	60	9,5
	$\pi_{13} = 4,6$		$\pi_{23} = 8,57$		$\pi_{33} = 0,4$		$\pi_{43} = 0,63$	

Таблица 2 - Экспериментальные данные по второму варианту

№ п/п	$\varphi_3, \%$	$\Delta \varphi_3, \%$	$m_3, \text{кг}$	$\Delta m_3, \text{кг}$	$\Delta t_3, \text{°C}$	$\Delta t_B, \text{°C}$	$\Delta v_B, \text{м/с}$	$\Delta v_3, \text{м/с}$	$\beta, \%$
1	14	4	1000	120	60	120	12	7	25
	$\pi_{11} = 3,5$		$\pi_{21} = 8,33$		$\pi_{31} = 0,5$		$\pi_{41} = 1,71$		$\pi_{51} = 0,25$
2	14,5	3,8	1100	130	50	110	10	5	30
	$\pi_{12} = 3,82$		$\pi_{22} = 8,46$		$\pi_{32} = 0,45$		$\pi_{42} = 2$		$\pi_{52} = 0,3$
3	14,7	3,2	1200	140	40	100	9	4,5	40
	$\pi_{13} = 4,6$		$\pi_{23} = 8,57$		$\pi_{33} = 0,4$		$\pi_{43} = 2$		$\pi_{53} = 0,4$
4	14,9	2,9	1250	148	30	95	8	4,2	50
	$\pi_{14} = 5,14$		$\pi_{24} = 8,45$		$\pi_{34} = 0,32$		$\pi_{44} = 1,91$		$\pi_{54} = 0,5$

Учитывая, что изменения по шкале Цельсия соответствуют изменениям по шкале Кельвина, то  $\Delta t = \Delta T$ , а остальные единицы переведены к системе СИ, то  $C_f=1$ , тогда

$$\pi_1 = \pi_2^{\alpha_2} \pi_3^{\alpha_3} \pi_4^{\alpha_4} \quad (9)$$

Для определения коэффициентов математической модели ( $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ ) составим следующую систему из трёх уравнений, прологарифмировав выражение (9)

$$\begin{cases} \lg \pi_{11} = \alpha_2 \lg \pi_{21} + \alpha_3 \lg \pi_{31} + \alpha_4 \lg \pi_{41} \\ \lg \pi_{12} = \alpha_2 \lg \pi_{22} + \alpha_3 \lg \pi_{32} + \alpha_4 \lg \pi_{42} \\ \lg \pi_{13} = \alpha_2 \lg \pi_{23} + \alpha_3 \lg \pi_{33} + \alpha_4 \lg \pi_{43} \end{cases} \quad (10)$$

Из экспериментальных данных, представленных в таблице 1 составим систему уравнений для нахождения коэффициентов  $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ .

Подставив соответствующие значения критериев в данное уравнение и произведя расчёты, получили:

$$\begin{cases} 0,922\alpha_2 - 0,301\alpha_3 + 0,233\alpha_4 = 0,544 \\ 0,927\alpha_2 - 0,347\alpha_3 + 0,301\alpha_4 = 0,582 \\ 0,933\alpha_2 - 0,398\alpha_3 + 0,301\alpha_4 = 0,663 \end{cases} \quad (11)$$

Решив полученную систему методом Крамера с помощью программы MathCAD, получили  $\alpha_2=0,305$ ,  $\alpha_3=-0,964$ ,  $\alpha_4=-0,116$ , а критериальное уравнение примет вид:

$$\varphi_3 = \Delta \varphi_3 \cdot \left(\frac{m_3}{\Delta m_3}\right)^{0,305} \cdot \left(\frac{\Delta t_3}{\Delta t_B}\right)^{-0,964} \cdot \left(\frac{\Delta v_B}{\Delta v_3}\right)^{-0,116} \quad (12)$$

Для расчёта по второму варианту, в имеющееся критериальное уравнение  $\pi_1 = \pi_2^{\alpha_2} \pi_3^{\alpha_3} \pi_4^{\alpha_4}$

добавляем критерий  $\pi_5$ , учитывающий процент зерна, отправляемого на досушивание, тогда

$$\pi_1 = \pi_2^{\alpha_2} \pi_3^{\alpha_3} \pi_4^{\alpha_4} \pi_5^{\alpha_5} \quad \pi_5 = \frac{\beta}{100} \quad (13)$$

### Список литературы

- [1] Журавлев А.П., Журавлева Л.А. Послеуборочная обработка зерна с основами хранения зернопродуктов [Текст] : монография. - Самара : СГСХА, 2012. - 364 с
- [2] Поздняков Г.М. Хранение и оценка качества зерна. – Пермь.: Изд-во Пермская ГСХА, 2011. – 125 с.
- [3] Патент на полезную модель РФ. № 196966. Сушилка / А.И. Купреенко, Т.В. Панова, М.В. Панов. Оpubл.: 23.03.2020 Бюл. № 9.
- [4] Горяев А.Б., Сорочинский В.Ф., Горячева Е.М. Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности: сборник научных трудов Международной научно-технической конференции, посвященной 105-летию со дня рождения А. Н. Плановского (8-9 сентября 2016 г.). – М.: ФГБОУ ВО МГУДТ, 2016. – Т. 1. – С. 320-324.

где  $\beta$  – параметр, измеряемый в долях.

Тогда критериальное уравнение примет вид:

$$\varphi_3 = \Delta \varphi_3 \cdot \left(\frac{m_3}{\Delta m_3}\right)^{\alpha_2} \cdot \left(\frac{\Delta t_3}{\Delta t_B}\right)^{\alpha_3} \cdot \left(\frac{\Delta v_B}{\Delta v_3}\right)^{\alpha_4} \cdot \left(\frac{\beta}{100}\right)^{\alpha_5} \quad (14)$$

Для определения коэффициентов математической модели ( $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ ) составим следующую систему из трёх уравнений, прологарифмировав выражение (14)

$$\begin{cases} \lg \pi_{11} = \alpha_2 \lg \pi_{21} + \alpha_3 \lg \pi_{31} + \alpha_4 \lg \pi_{41} + \alpha_5 \lg \pi_{51} \\ \lg \pi_{12} = \alpha_2 \lg \pi_{22} + \alpha_3 \lg \pi_{32} + \alpha_4 \lg \pi_{42} + \alpha_5 \lg \pi_{52} \\ \lg \pi_{13} = \alpha_2 \lg \pi_{23} + \alpha_3 \lg \pi_{33} + \alpha_4 \lg \pi_{43} + \alpha_5 \lg \pi_{53} \\ \lg \pi_{14} = \alpha_2 \lg \pi_{24} + \alpha_3 \lg \pi_{34} + \alpha_4 \lg \pi_{44} + \alpha_5 \lg \pi_{54} \end{cases} \quad (15)$$

Из экспериментальных данных, представленных в таблице 2 составим систему уравнений для нахождения коэффициентов  $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ .

Подставив соответствующие значения критериев в данное уравнение и произведя расчёты, получили:

$$\begin{cases} 0,922\alpha_2 - 0,301\alpha_3 + 0,233\alpha_4 - 0,602\alpha_5 = 0,544 \\ 0,927\alpha_2 - 0,347\alpha_3 + 0,301\alpha_4 - 0,523\alpha_5 = 0,582 \\ 0,933\alpha_2 - 0,398\alpha_3 + 0,301\alpha_4 - 0,398\alpha_5 = 0,663 \\ 0,927\alpha_2 - 0,495\alpha_3 + 0,288\alpha_4 - 0,301\alpha_5 = 0,711 \end{cases} \quad (16)$$

Решив полученную систему методом Крамера с помощью программы MathCAD, получили  $\alpha_2=1,09$ ,  $\alpha_3=0,1$ ,  $\alpha_4=0,19$ ,  $\alpha_5=0,64$ , а критериальное уравнение примет вид:

$$\varphi_3 = \Delta \varphi_3 \cdot \left(\frac{m_3}{\Delta m_3}\right)^{1,09} \cdot \left(\frac{\Delta t_3}{\Delta t_B}\right)^{0,1} \cdot \left(\frac{\Delta v_B}{\Delta v_3}\right)^{0,11} \cdot \left(\frac{\beta}{100}\right)^{0,64} \quad (17)$$

### Выводы

Таким образом, зная массу зерна и воздуха, температуру зерна и воздуха, скорость движения зерна и воздуха можем теоретически оценить изменение влажности зерна.

**References**

- [1] VZhuravlev A.P., Zhuravleva L.A. Posleuborochnaya obrabotka zerna s osnovami khraneniya zernoproduktov [Tekst] : monografiya. - Samara : SGSKHA, 2012. - 364 p
- [2] Pozdnyakov G.M. Khraneniye i otsenka kachestva zerna. – Perm’: Izd-vo Permskaya GSKHA, 2011. – 125 p.
- [3] Patent na poleznuyu model’ RF. № 196966. Sushilka / A.I. Kupreyenko, T.V. Panova, M.V. Panov. Opubl.: 23.03.2020 Byul. № 9.
- [4] Garyayev A.B., Sorochinskiy V.F., Goryacheva Ye.M. Povysheniye effektivnosti protsessov i apparatov v khimicheskoy i smezhnykh otraslyakh promyshlennosti: sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 105-letiyu so dnya rozhdeniya A. N. Planovskogo (8-9 sentyabrya 2016 g.). – M.: FGBOU VO MGUDT, 2016. – T. 1. – pp. 320-324.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Купреенко Алексей Иванович</b>                  доктор технических наук                  профессор кафедры «Технологическое оборудование животноводства и перерабатывающих производств»                  ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»                  243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а.  <b>Тел.:</b> 8(48341) 24-7-59  <b>E-mail:</b> kupreenkoai@mail.ru</p>	<p><b>Kupreenko Alexey Ivanovich</b>                  D.Sc. in Technical Sciences                  professor at the department of «Technological equipment for livestock breeding and processing industries»                  Bryansk State Agrarian University  <b>Phone:</b> 8(48341) 24-7-59  <b>E-mail:</b> kupreenkoai@mail.ru</p>
<p><b>Панова Татьяна Васильевна</b>                  кандидат технических наук                  доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»                  ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»                  243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а.  <b>Тел.:</b> +7(953) 270-37-59  <b>E-mail:</b> panovatava@yandex.ru</p>	<p><b>Panova Tatiana Vasilievna</b>                  PhD in Technical Sciences                  associate professor at the department of «Life safety and environmental engineering»                  Bryansk State Agrarian University  <b>Phone:</b> +7(953) 270-37-59  <b>E-mail:</b> panovatava@yandex.ru</p>
<p><b>Панов Максим Владимирович</b>                  кандидат технических наук                  доцент кафедры «Автоматика, физика и математика»                  ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»                  243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а.  <b>Тел.:</b> +7(920) 835-59-31  <b>E-mail:</b> pmv-1980@yandex.ru</p>	<p><b>Panov Maxim Vladimirovich</b>                  PhD in Technical Sciences                  associate professor at the department of «Automation, physics and mathematics»                  Bryansk State Agrarian University  <b>Phone:</b> +7(920) 835-59-31  <b>E-mail:</b> pmv-1980@yandex.ru</p>

## Эффективность сушилки аэродинамического подогрева с комбинированным теплообменником

*Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х.*

**Аннотация.** Одним из перспективных направлений сушки плодово-ягодного сырья является использование сушилок аэродинамического подогрева, реализующих принцип трансформации электрической энергии, расходуемой на привод центробежного вентилятора, в тепловую энергию за счет взаимного трения циркулирующих в замкнутой камере воздушных потоков. Для снижения энергоёмкости процесса сушки предложено утилизировать теплоту отработанного сушильного агента за счёт оснащения сушилки комбинированным теплообменником. Комбинированный теплообменник позволяет снизить энергоёмкость процесса сушки за счет снижения расхода энергии на подогрев сушильного агента в сушильной камере. Наличие воздушного солнечного коллектора в составе комбинированного теплообменника позволило в данном случае повысить температуру сушильного агента на выходе из него ещё на 10 °С без дополнительных затрат электрической энергии. При этом на начальном этапе работы сушилки в дневное время подогрев сушильного агента осуществляется за счет воздушного гелиоколлектора комбинированного теплообменника.

**Ключевые слова:** сушильный агент, комбинированный теплообменник, сушилка аэродинамического подогрева, энергоёмкость процесса сушки.

**Для цитирования:** Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Эффективность сушилки аэродинамического подогрева с комбинированным теплообменником // Инновационная техника и технология. 2020. № 3 (24). С. 29–36.

## Efficiency of the aerodynamic dryer heated with a combined heat exchanger

*Kupreenko A.I., Isaev Kh.M., Isaev S.Kh.*

**Abstract.** One of the promising directions of drying fruit and berry raw materials is the use of aerodynamic heating dryers, which implement the principle of transformation of electric energy spent on the drive of a centrifugal fan into thermal energy due to mutual friction of air flows circulating in a closed chamber. To reduce the energy consumption of the drying process, it is proposed to utilize the heat of the spent drying agent by equipping the dryer with a combined heat exchanger. The combined heat exchanger reduces the energy consumption of the drying process by reducing the energy consumption for heating the drying agent in the drying chamber. The presence of an air solar collector as part of a combined heat exchanger made it possible in this case to increase the temperature of the drying agent at the outlet by another 10 °C without additional electrical energy costs. At the same time, at the initial stage of operation of the dryer in the daytime, the drying agent is heated by the air solar collector of the combined heat exchanger.

**Keywords:** drying agent, combined heat exchanger, aerodynamic heating dryer, energy intensity of the drying process.

**For citation:** Kupreenko A.I., Isaev Kh.M., Isaev S.Kh. Efficiency of the aerodynamic dryer heated with a combined heat exchanger. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.3 (24). pp. 29–36. (In Russ.).

### Введение

В настоящее время в Брянской области ряд сельхозпроизводителей начинает активно развивать плодоводство и яговодство [1, 2, 3]. Одним из

видов продукции в результате переработки плодово-ягодного сырья являются сухофрукты. Одним из перспективных направлений в снижении энергоёмкости сушки плодово-ягодного сырья является использование сушилок аэродинамического подо-

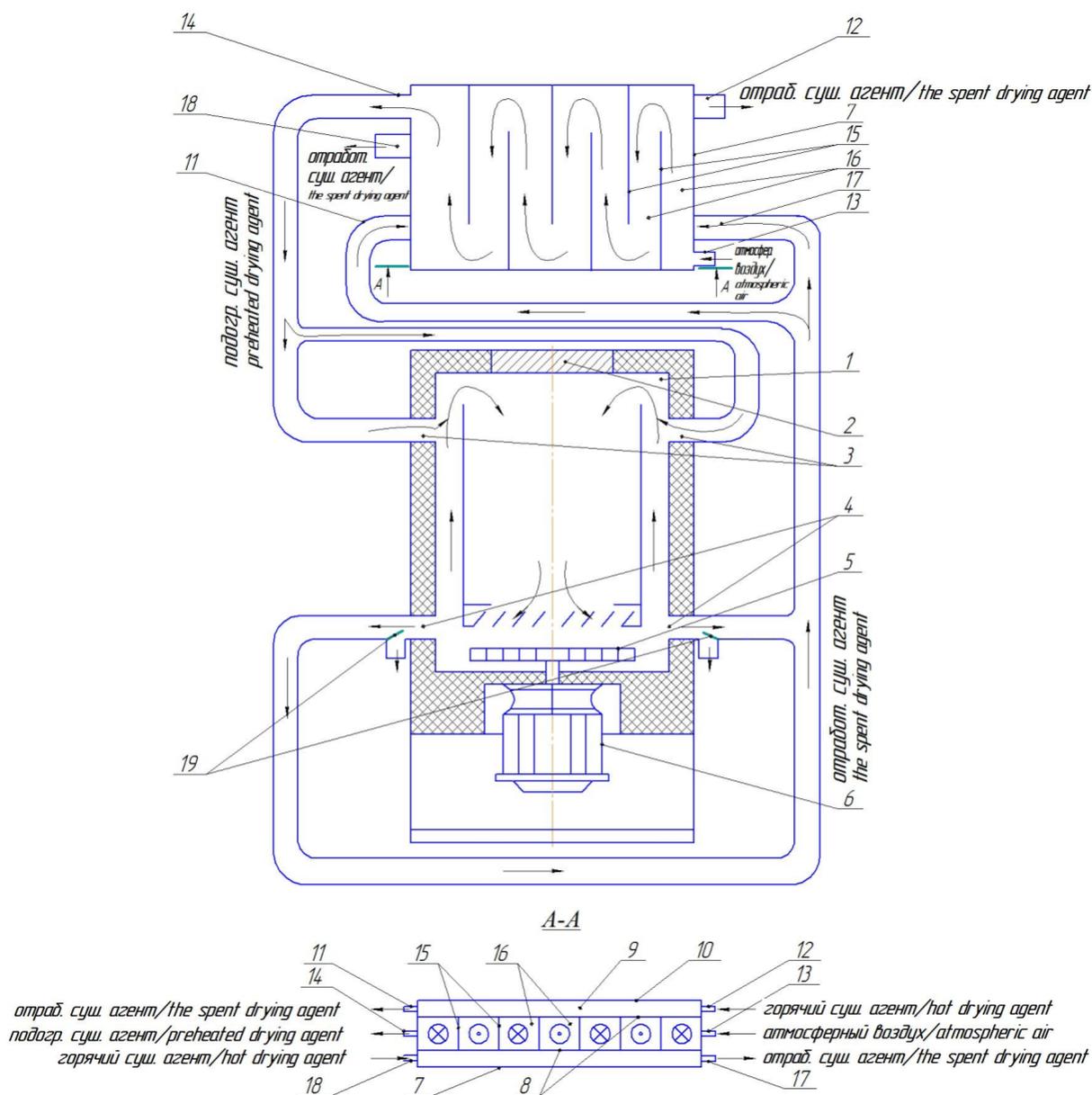


Рис. 1. Схема сушилки с комбинированным теплообменником:

1 – теплоизолированная камера; 2 – дверь; 3 – патрубки для подсоса сушильного агента; 4 – патрубки для выброса сушильного агента; 5 – нагревательный ротор центробежного вентилятора; 6 – приводной электродвигатель; 7 – комбинированный теплообменник; 8 – теплообменные поверхности; 9 – воздушный солнечный коллектор; 10 – светопрозрачное покрытие; 11 – патрубок для входа отработанного сушильного агента в верхнюю камеру; 12 – патрубок для выхода отработанного сушильного агента из верхней камеры; 13 – входной патрубок средней камеры; 14 – выходной патрубок средней камеры; 15 – перегородки; 16 – каналы для прохода подогреваемого атмосферного воздуха; 17 – патрубок для входа отработанного сушильного агента в нижнюю камеру; 18 – патрубок для выхода отработанного сушильного агента из нижней камеры; 19 – заслонка

грева, реализующих принцип работы изолированного ротора (т.е. ротора без корпуса) центробежного вентилятора в режиме роторного нагрева. В этом случае подавляющая часть подводимой к ротору электрической энергии расходуется на преодоление аэродинамических потерь в проточной части рабочего колеса, в сушильной камере, преобразуясь при этом в тепловую энергию. В этом заключается принцип работы печей аэродинамического подогрева (ПАП) или печей аэродинамических потерь.

В последнее время проведен ряд исследований по повышению эффективности работы суши-

лок плодово-ягодного сырья [4, 5, 6, 7]. Повысить эффективность работы сушилки плодово-ягодного сырья, работающей по принципу печи аэродинамических потерь, было предложено путем оборудования ее комбинированным теплообменником [8, 9, 10], с учетом перспективности использования в условиях Брянской области воздушных гелиоколлекторов [11, 12]. Были проведены испытания модернизированной сушилки, оборудованной комбинированным теплообменником, на сушке яблок.

Цель исследований:

Определение эффективности использования



Рис. 2. Общий вид сушилки с комбинированным теплообменником



Рис. 3. Вид средней камеры комбинированного теплообменника



Рис. 4. Вид сушильной камеры



Рис. 5. Оборудование для фиксации результатов измерений

комбинированного теплообменника в составе сушилки аэродинамического подогрева.

### Объекты и методы исследования

Принцип работы сушилки с комбинированным теплообменником следующий (рис. 1).

Сырье загружают в теплоизолированную камеру 1 через дверь 2. В начале сушки на этапе разогрева сушилки заслонки 19 находятся в положении, перекрывающем подачу отработанного сушильного агента в камеры комбинированного теплообменника 7. Атмосферный воздух через входной патрубок 13 поступает в среднюю камеру пластинчатого теплообменника. Двигаясь по каналам 16, атмосферный воздух подогревается за счет теплообмена с теплообменной поверхностью солнечного коллектора 9 и через выходной патрубок 14 средней камеры и входной патрубок 3 теплоизолированной камеры 1 поступает к нагревательному ротору 5, который обеспечивает дальнейший нагрев и циркуляцию сушильного агента по замкнутому контуру теплоизолированной камеры 1. Контактывая с высушиваемым сырьём, сушильный агент насыщается удаляемой влагой, а через выходные патрубки 4 частично сбрасывается в атмосферу. При этом подогрев атмосферного воздуха (сушильного агента) в пластинчатом теплообменном аппарате 7 осуществляется за счет энергии солнечного излучения.

При достижении температуры сбрасываемого из сушильной камеры отработанного сушильного агента температуры подогретого сушильного агента, поступающего из комбинированного теплообменника 7, заслонки 19 ставят в положение, обеспечивающее подачу отработанного сушильного агента через входные патрубки 11 и 17 обратно в комбинированный теплообменник 7. Это обеспечивает дополнительный подогрев атмосферного воздуха (сушильного агента) за счет передачи теплоты отработанного сушильного агента через теплообменные поверхности 8. Отработанный сушильный агент удаляется из комбинированного теплообменника 7 через выходные патрубки 12 и 18. При этом обеспечивается повышение коэффициента регенерации теплоты и использование энергии солнечного излучения для подогрева сушильного агента в начальный период работы сушилки до её выхода на рабочую температуру в теплоизолированной камере.

Общий вид сушилки с комбинированным теплообменником представлен на рис. 2.

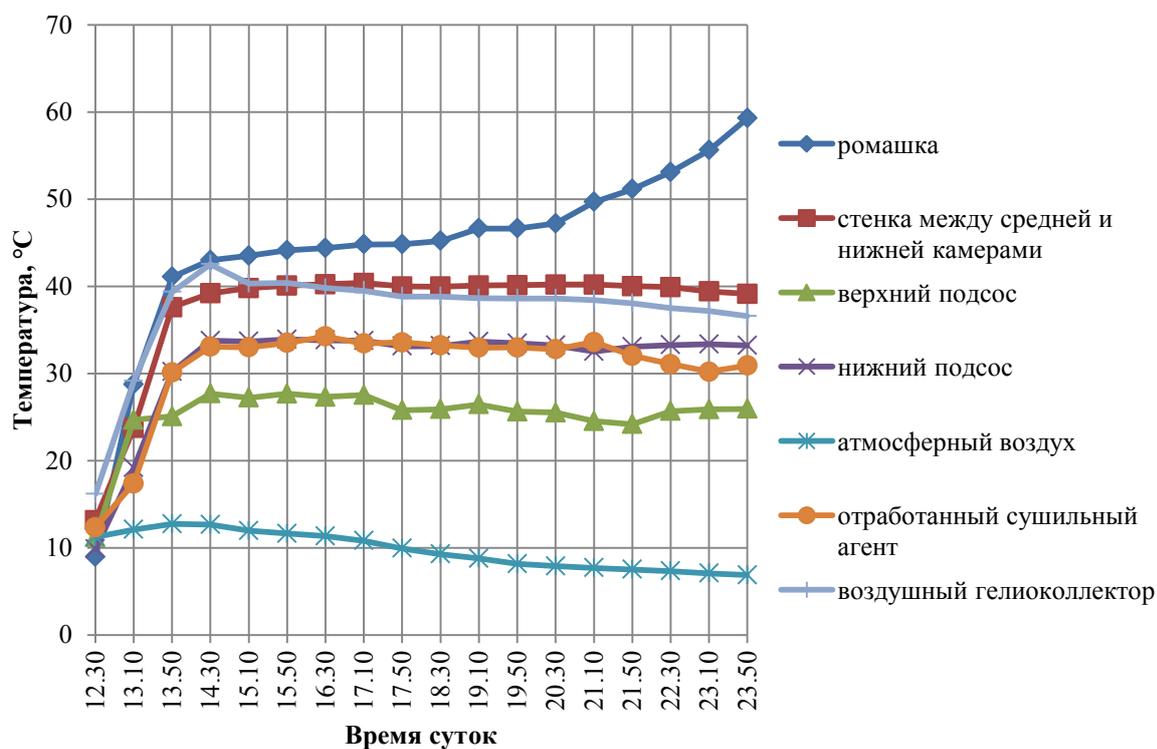


Рис. 6. Изменение температуры сушильного агента при использовании комбинированного теплообменника (начало опыта)

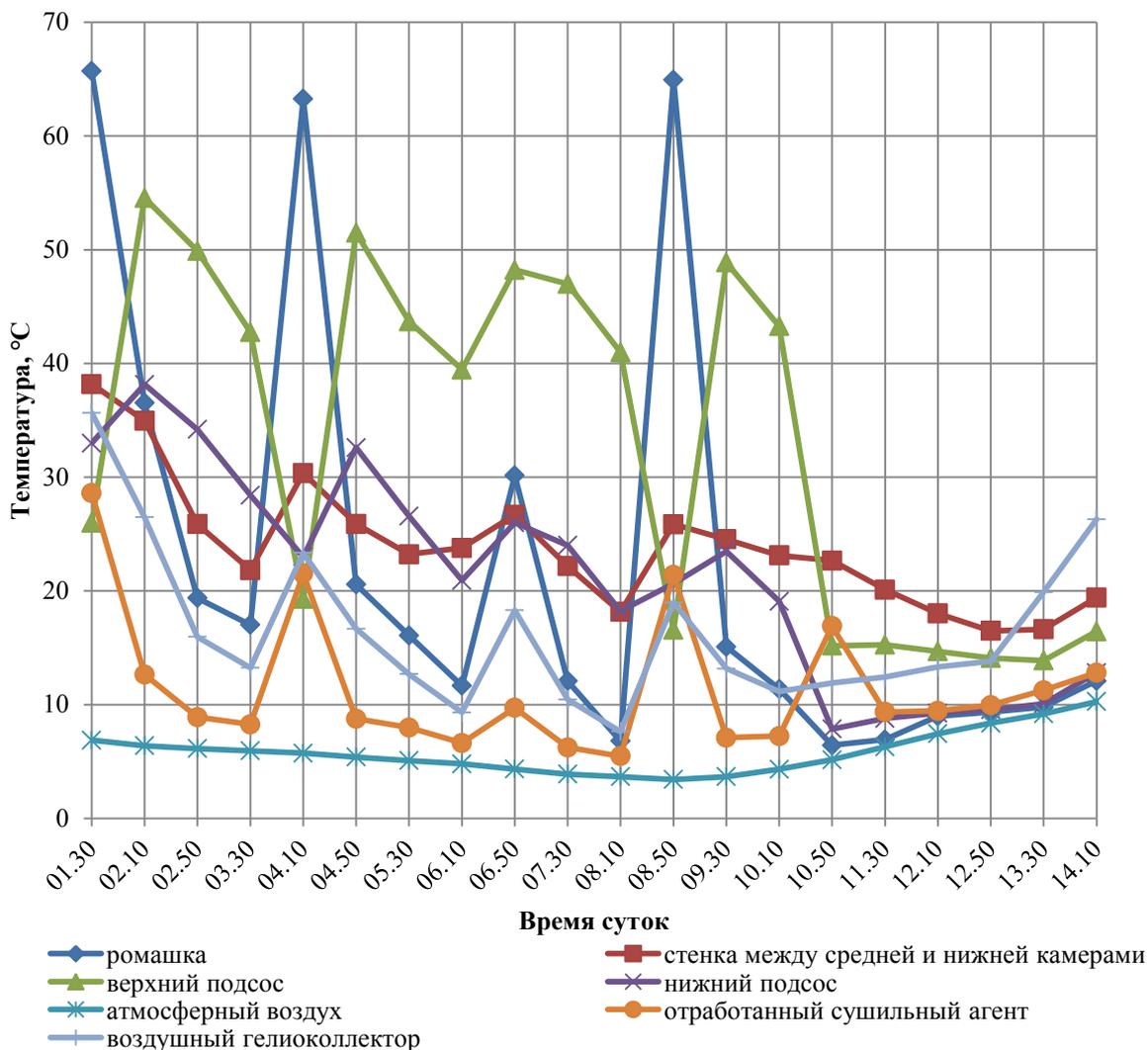


Рис. 7. Изменение температуры сушильного агента при использовании комбинированного теплообменника (окончание опыта)

Исследуемая сушилка имеет следующие технические характеристики: мощность электродвигателя привода нагревательного ротора – 17,5 кВт, частота вращения ротора – 1500 мин<sup>-1</sup>, наружный диаметр ротора – 700 мм; внутренний диаметр ротора – 550 мм; ширина ротора – 150 мм; число лопаток – 20; рабочий объем сушильной камеры – 3,72 м<sup>3</sup>, масса загружаемого сырья – 280 кг, выход готового продукта – 13%; регулируемый диапазон температуры в сушильной камере в процессе сушки – от 40 до 80 °С.

В сушильной камере перед нагревательным ротором установлены жалюзи для регулировки его производительности. С помощью жалюзи в форме ромашки на боковой стенке сушилки напротив ротора также можно регулировать расход отработанного сушильного агента, направляемого в теплообменник.

Крыша сушильной камеры является стенкой нижней камеры комбинированного теплообменника, расположенного сверху сушилки в пределах ее габаритных размеров. Средняя камера теплообменника имеет 8 каналов сечением 220x50 мм (рис. 3).

Масса одной загрузки яблок в сушилку составила 280 кг, размещенных на 54 лотках в 3 яруса (рис. 4).

Для фиксирования параметров сушильного агента, окружающей среды, расхода электроэнергии использовали восьмиканальный измеритель-терморегулятор ТРМ-138 с датчиками термосопротивления, 3-х фазный счетчик электрической энергии (рис. 5).

## Результаты и их обсуждение

На рис. 6, 7 представлены результаты изменения температуры сушильного агента при использовании теплообменника.

Линия «ромашка» показывает температуру отработанного сушильного агента, подаваемого из сушильной камеры в верхнюю и нижнюю камеры комбинированного теплообменника. Линия «верхний подсос» и «нижний подсос» соответствует температуре подогретого в комбинированном теплообменнике сушильного агента, подаваемого в сушильную камеру с двух ее сторон и на разной высоте относительно уровня пола сушильной камеры. Линия «воздушный гелиоколлектор» показывает температуру воздуха под светопрозрачным покрытием над его тепловоспринимающей поверхностью. Линия «стенка между средней и нижней камерами» соответствует температуре поверхности, разделяющей среднюю и нижнюю камеры теплообменника. Линия «отработанный сушильный агент» показывает температуру отработанного сушильного агента, выходящего из теплообменника в атмосферу.

На рис. 8, 9 представлены результаты изменения температуры сушильного агента без использования теплообменника.

Анализ рис. 6 и 8 показывает, что использование комбинированного теплообменника позволяет повысить температуру поступающего в сушильную камеру сушильного агента в среднем на 20 °С относительно температуры атмосферного воздуха. Это

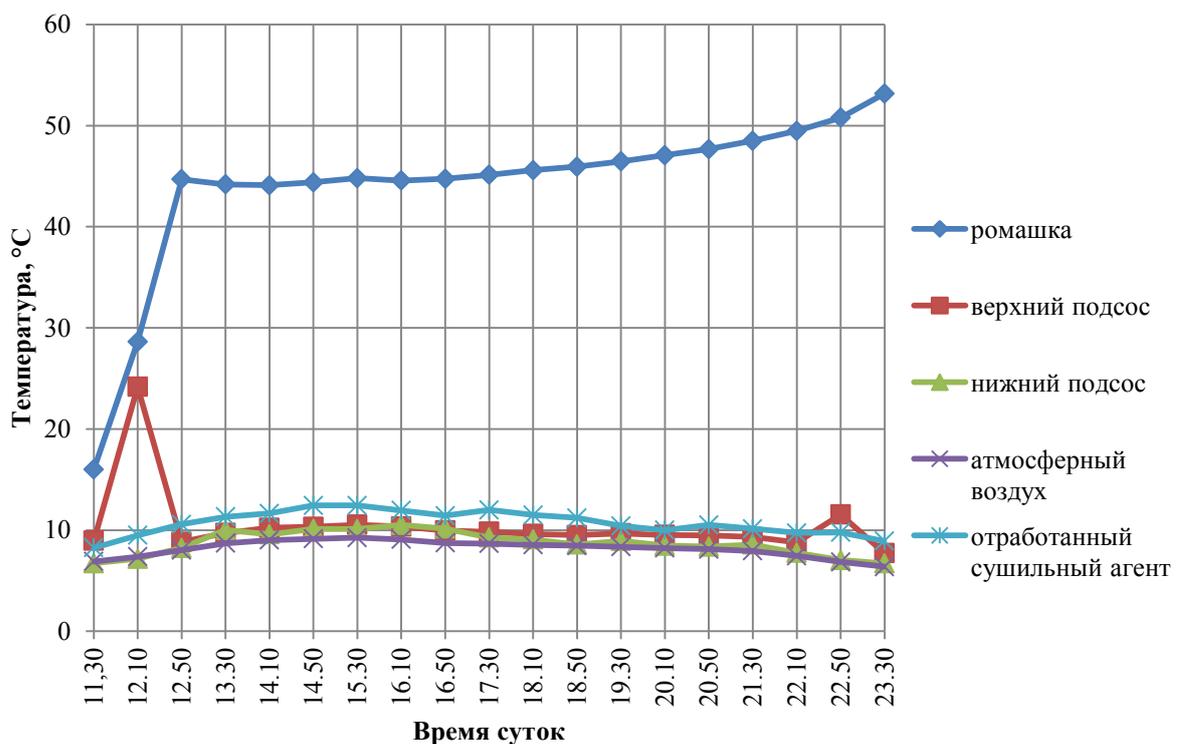


Рис. 8. Изменение температуры сушильного агента без использования комбинированного теплообменника (начало опыта)

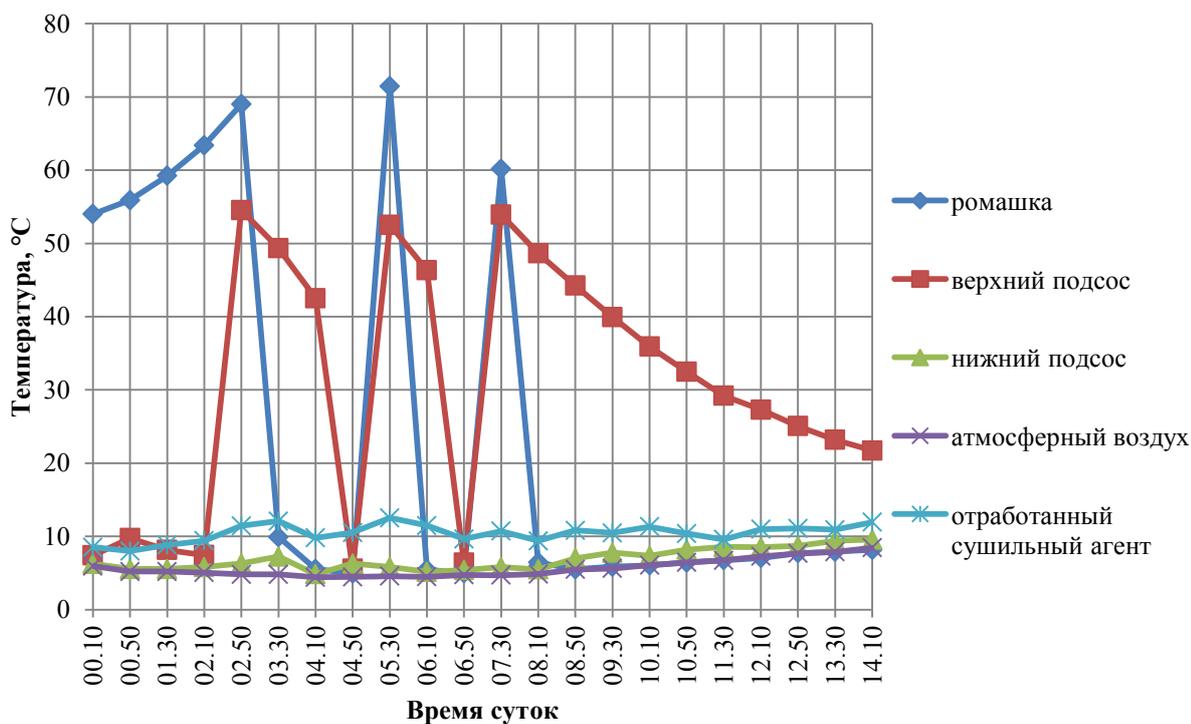


Рис. 9. Изменение температуры сушильного агента без использования комбинированного теплообменника (окончание опыта)

снижает энергозатраты на процесс сушки, ускоряет ее.

Продолжительность сушки при использовании комбинированного теплообменника составила 12 ч 40 мин., без него – 15 ч. 40 мин. Расход электроэнергии при использовании комбинированного теплообменника составил 1 кВт·ч/кг испаренной влаги.

Пиковый характер изменения температуры «ромашки» и других линий в ночное время (рис. 7, 9) связан с отключением и включением нагревательного ротора термостатом.

## Выводы

Таким образом, использование комбинированного теплообменника позволит снизить энергоёмкость процесса сушки за счет снижения расхода энергии на подогрев сушильного агента в сушильной камере. При этом на начальном этапе подогрев сушильного агента осуществляется за счет воздушного гелиоколлектора комбинированного теплообменника.

## Список литературы

- [1] Ториков В.Е., Евдокименко С.Н., Сазонов Ф.Ф. Перспективы развития садоводства в Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 5 (51). С. 3-8.
- [2] Результаты сотрудничества ученых Брянского ГАУ и Кокинского опорного пункта ВСТИСП по развитию садоводства / Белоус Н.М., Евдокименко С.Н. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1 (65). С. 15-22.
- [3] Ягодные культуры в Центральном регионе России / И.В Казаков, С.Д. Айтжанова, С.Н. Евдокименко, В.Л. Кулагина, Ф.Ф. Сазонов. Брянск, 2009.
- [4] Купреенко А.И. К определению поверхности теплообмена утилизатора теплоты сушилки / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, И.И. Коновалова // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. Сб. науч. работ. Брянск: Изд. Брянского ГАУ. 2016. С. 72-79.
- [5] Сушилка аэродинамического подогрева. / Х.М. Исаев, А.И. Купреенко, И.И. Коновалова // Сельский механизатор, №10, 2016. – С. н.5.-п.19.
- [6] Патент на полезную модель № 161162 РФ, МПК F26B 59/06. Сушилка / Исаев Х.М., Купреенко А.И., Кулипатова И.И. - № 2015108195/06, заявл. 10.03.15; опубл. 23.03.16, Бюл. 10.
- [7] Купреенко, А.И. Модернизированная сушилка / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, И.И. Кулипатова / Научный журнал «Вестник Брянской ГСХА», № 4, 2015. – с. 49-51.
- [8] Патент на полезную модель 192350 РФ, МКИ F26B 9/06; F26B 3/28, F26B 21/04. Сушилка / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, С.Х. Исаев. № 2019103013; заявлено 04.02.19; опубл. 13.09.19, Бюл. № 26.

- [9] Исаев С.Х. Сушильная установка аэродинамического подогрева с утилизатором теплоты / С.Х. Исаев // Современные аспекты развития АПК: труды Всероссийского совета молодых учёных и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2019. С. 60-64.
- [10] Купреенко А.И. Плодово-ягодная сушилка с комбинированным теплообменником / Х.М. Исаев, А.И. Купреенко, С.Х. Исаев // Сельский механизатор. 2020. № 1. С. 16-17.
- [11] Купреенко А.И. Конструкция зернохранилища со встроенной гелиосушильной системой / А.И. Купреенко, Е.М. Байдаков, Х.М. Исаев // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ. Брянск: Изд. БГСХА. 2010. С. 3-8.
- [12] Купреенко А.И. Зерносушильный комплекс на основе альтернативного источника энергии / А.И. Купреенко, Е.М. Байдаков, Х.М. Исаев, А.Н. Ченин // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 120. С. 49-53.

### References

- [1] Torikov V.E., Evdokimenko S.N., Sazonov F.F. Perspektivy razvitiya sadovodstva v Bryanskoj obla-sti // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoy selskohozyaystvennoy akademii. 2015. # 5 (51). S. 3-8.
- [2] Rezultaty sotrudnichestva uchenyih Bryanskogo GAU i Kokinskogo opornogo punkta VSTISP po raz-vitiyu sadovodstva / Belous N.M., Evdokimenko S.N. // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoy selskohozyaystvennoy akademii. 2018. # 1 (65). S. 15-22.
- [3] Yagodnyie kulturyi v Tsentralnom regione Rossii / I.V Kazakov, S.D. Aytzhanova, S.N. Evdokimenko, V.L. Kulagina, F.F. Sazonov. Bryansk, 2009.
- [4] Kupreenko A.I. K opredeleniyu poverhnosti teploobmena utilizatora teploty sushilki /A.I. Kup-reenko, H.M. Isaev, I.I. Konovalova // Konstruirovaniye, ispolzovanie i nadezhnost mashin selskohozyay-stvennogo naznacheniya. Sb. nauch. rabot. Bryansk: Izd. Bryanskogo GAU. 2016. S. 72-79.
- [5] Sushilka aerodinamicheskogo podogreva. / H.M. Isaev, A.I. Kupreenko, I.I. Konovalova // Selskiy mehanizator, #10, 2016. – S. n.5.-p.19.
- [6] Patent na poleznuyu model # 161162 RF, MPK F26B 59/06. Sushilka / Isaev H.M., Kupreenko A.I., Kulipatova I.I. - # 2015108195/06, zayavl. 10.03.15; opubl. 23.03.16, Byul. 10.
- [7] Kupreenko, A.I. Modernizirovannaya sushilka / A.I. Kupreenko, H.M. Isaev, I.I. Kulipatova / Nauchnyiy zhurnal «Vestnik Bryanskoj GSHA», # 4, 2015. – s. 49-51.
- [8] Patent na poleznuyu model 192350 RF, MKI F26B 9/06; F26B 3/28, F26B 21/04. Sushilka / A.I. Kupreenko, H.M. Isaev, S.H. Isaev. # 2019103013; zayavleno 04.02.19; opubl. 13.09.19, Byul. # 26.
- [9] Isaev S.H. Sushilnaya ustanovka aerodinamicheskogo podogreva s utilizatorom teploty / S.H. Isaev // Sovremennyye aspekty razvitiya AПК: trudyi Vserossiyskogo soveta molodyih uchYonyih i spetsialistov agrarnyih obrazovatelnyih i nauchnyih uchrezhdeniy. M.: FGBNU «Rosinformagroteh». 2019. S. 60-64.
- [10] Kupreenko A.I. Plodovo-yagodnaya sushilka s kombinirovannyim teploobmennikom / H.M. Isaev, A.I. Kupreenko, S.H. Isaev // Selskiy mehanizator. 2020. # 1. S. 16-17.
- [11] Kupreenko A.I. Konstruktsiya zernohranilischa so vstroennoy geliosushilnoy sistemoy / A.I. Kupreenko, E.M. Baydakov, H.M. Isaev // Konstruirovaniye, ispolzovanie i nadezhnost mashin selskohozyay-stvennogo naznacheniya: sb. nauch. rabot. Bryansk: Izd. BGSXA. 2010. S. 3-8.
- [12] Kupreenko A.I. Zernosushilnyiy kompleks na osnove alternativnogo istochnika energii / A.I. Kupreenko, E.M. Baydakov, H.M. Isaev, A.N. Chenin // Trudyi GOSNITI. 2015. T. 120. S. 49-53.

### Сведения об авторах

### Information about the authors

<p><b>Купреенко Алексей Иванович</b>            доктор технических наук            профессор кафедры «Технологическое оборудование животноводства и перерабатывающих производств»            ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»            243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а.  <b>Тел.:</b> 8(48341) 24-7-59  <b>E-mail:</b> kupreenkoai@mail.ru</p>	<p><b>Kupreenko Alexey Ivanovich</b>            D.Sc. in Technical Sciences            professor at the department of «Technological equipment for livestock breeding and processing industries»            Bryansk State Agrarian University  <b>Phone:</b> 8(48341) 24-7-59  <b>E-mail:</b> kupreenkoai@mail.ru</p>
--	---

<p><b>Исаев Хафиз Мубариз-оглы</b> кандидат экономических наук заведующий кафедрой «Технологическое оборудование животноводства и перерабатывающих производств» ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» 243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а. <b>Тел.:</b> <b>E-mail:</b> kaftogpp@bgsha.com</p>	<p><b>Isaev Hafiz Mubariz-oglu</b> PhD in Economics head of the department of «Technological equipment for livestock breeding and processing industries» Bryansk State Agrarian University <b>Phone:</b> <b>E-mail:</b> kaftogpp@bgsha.com</p>
<p><b>Исаев Самир Хафизович</b> ассистент «Технологическое оборудование животноводства и перерабатывающих производств» ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» 243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а. <b>Тел.:</b> <b>E-mail:</b> kaftogpp@bgsha.com</p>	<p><b>Isaev Samir Khafizovich</b> assistant «Technological equipment for livestock breeding and processing industries» Bryansk State Agrarian University <b>Phone:</b> <b>E-mail:</b> kaftogpp@bgsha.com</p>

## Влияние технологических параметров на падение давления в матрице одношнекового экструдера

*Фролов Д.И., Юсупов Р.Р.*

**Аннотация.** Исследовано влияние условий работы экструдера (влажность сырья, температура матрицы, скорость шнека и массовый расход) на падение давления в матрице для влажного сырья. Для измерения перепада давления в матрице использовали лабораторный экструдер ЭК-40 и комбинацию щелевой матрицы/реометра. Падение давления уменьшалось с увеличением влажности, скорости вращения шнека и температуры матрицы и увеличивались с увеличением массового расхода. Установлено, что температура матрицы является наиболее значимым параметром, влияющим на падение давления в матрице.

**Ключевые слова:** экструзия, крахмал, падение давления, температура, влагосодержание, массовый расход, скорость шнека.

**Для цитирования:** Фролов Д.И., Юсупов Р.Р. Влияние технологических параметров на падение давления в матрице одношнекового экструдера // Инновационная техника и технология. 2020. № 3 (24). С. 37–41.

## Influence of technological parameters on the pressure drop in the die of a single-screw extruder

*Frolov D.I., Yusupov R.R.*

**Abstract.** The influence of the operating conditions of the extruder (raw material moisture, die temperature, screw speed and mass flow rate) on the pressure drop in the die for wet raw materials was investigated. An EK-40 laboratory extruder and a slot die / rheometer combination were used to measure the pressure drop across the die. The pressure drop decreased with increasing humidity, screw speed, and die temperature, and increased with increasing mass flow. It was found that the temperature of the matrix is the most significant parameter affecting the pressure drop of the matrix.

**Keywords:** extrusion, starch, pressure drop, temperature, moisture content, mass flow rate, screw speed.

**For citation:** Frolov D.I., Yusupov R.R. Influence of technological parameters on the pressure drop in the die of a single-screw extruder. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.3 (24). pp. 37–41. (In Russ.).

### Введение

Экструзионная варка готовых пищевых продуктов и пищевых ингредиентов, белковых и полисахаридных биополимеров и их смесей, является устоявшейся операцией в современной пищевой промышленности. Одношнековые и двухшнековые экструдеры используются в пищевой промышленности для производства различных продуктов. Снековые закуски, кондитерские изделия, хлеб, макаронные изделия некоторые из примеров традиционного использования экструдеров в пищевой промышленности. Двухшнековые экструдеры являются более сложными и дорогостоящими, чем

одношнековые экструдеры, но они обладают многими преимуществами. Эффективное транспортирование материала благодаря прямому транспортирующему механизму в двухшнековых экструдерах является основным преимуществом [1]. Они также устраняют или минимизируют потоки давления и утечки в силу направления вращения шнека, формы шнека, конфигурации шнека и взаимного расположения секций шнека.

Влажная экструзия (влажность корма >40%) была почти невозможна ранее. Однако последние разработки в области экструдеров, включая сложные конструкции стволов, шнеков и матриц, делают мокрую экструзию применимой [2, 4, 6]. Модифи-

Таблица 1 - Регрессионный анализ падения давления в матрице экструдера

Переменная	Коэффициент частичной детерминации $R^2$	Вклад в коэффициент детерминации (%)
Температура матрицы	0,547	57,75
Содержание влаги	0,217	22,94
Массовый расход	0,137	14,52
Скорость шнека	0,045	4,8

кация вкуса и улучшение текстуры стали возможны благодаря использованию экструдеров. Улучшенные функции смешивания и замеса экструдеров обеспечивают транспорт и теплообмен, необходимые для текстурирования. В различных исследованиях сообщалось о высокой влажности экструзии обезжиренной соевой и рисовой муки [3]. Экструдеры также можно рассматривать как биореакторы, где сочетание высокой влажности (более 50%), повышенной температуры и сдвига используется для содействия ферментативному расщеплению крахмала [5]. Экструзионно-сжиженный крахмал может быть использован для последующего производства сиропа (осахаривания) или ферментации, такой как производство этанола. Общая эффективность осахаривания была значительно повышена по сравнению с обычными ферментативными реакторами. В последнее время разрабатывается и имеет большие перспективы термовакуумная экструзия [7-11].

Целью работы являлась исследование влияния содержания влаги и температуры матрицы на падение давления в матрице экструдера.

#### Объекты и методы исследования

Для экспериментальных испытаний использовали рисовый крахмал, содержащий 6,5 % белка и 6% влаги. Крахмал смешивали с водой в лабораторном смесителе для достижения влажности 55, 60 и 65 % (г воды/г раствора). Смешанную суспензию в резервуаре непрерывно перемешивали, чтобы поддерживать равномерную концентрацию. Для перекачки суспензии в экструдер использовался насос.

Экструзионные испытания проводились с использованием реометра и одношнекового экструдера ЭК-40 [4]. Размеры щели составляли 1,47 мм в высоту и 20 мм в ширину. Исследовались температуры 80, 85, 90, 100 °С. Температура продукта вместе с отклонением от заданной температуры измерялась четырьмя термодатчиками вдоль корпуса экструдера. Три датчики давления были использованы для того чтобы измерить давление. Датчики давления были откалиброваны при каждой рабочей температуре для получения точных показаний. Для повышения точности были выбраны три различных диапазона давлений преобразователей: 3 500 кПа вблизи выхода матрицы, 6900 кПа в середине и 10000 кПа вблизи ствола экструдера. Датчики

давления располагались на расстоянии 4 см друг от друга.

Экструдер работал при каждом содержании влаги, температуре матрицы, скорости шнека и массовом расходе до тех пор, пока не было достигнуто установившееся состояние (показания давления матрицы). Параметры отклика экструдера и давление матрицы регистрировались.

Были использованы три различных скорости вращения шнека (170, 220 и 270 об/мин). Массовый расход варьировался от 3 до 7 кг/ч.

#### Результаты и их обсуждение

Пошаговый регрессионный анализ, проведенный в Statistica, был использован для определения вклада каждой переменной в вариацию падения давления в матрице. Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) модели падения давления в матрице экструдера не показал значительного улучшения после анализа условий взаимодействия факторов. Было обнаружено только незначительное влияние взаимодействия факторов на модель (около 1,5 %). Поэтому регрессионный анализ проводился с четырьмя основными переменными: температура матрицы, содержание влаги, массовый расход и скорость вращения шнека. Коэффициент детерминации  $R^2$  для падения давления в головке составил 0,95.

Поэтапный регрессионный анализ данных основных переменных представлен в Таблице 1. Температура матрицы имеет наибольший вклад в коэффициент детерминации  $R^2$ , модели падения давления в матрице – 57,75%. Другие переменные – содержание влаги, массовый расход и скорость шнека, вместе составляли только 42,25% от общего изменения  $R^2$ .

Вязкость расплавленных полимеров обычно увеличивается при понижении температуры, это объясняет, почему давление в матрице повышается при понижении температуры. Суспензия рисового крахмала, используемая в этом исследовании, представляет собой неньютоновскую жидкость, и ее реологические свойства сильно зависят от температурных изменений. По мере увеличения температуры матрицы при постоянном содержании влаги, скорости вращения шнека и массовом расходе падение давления в матрице уменьшалось. Повышение температуры матрицы привело к уменьшению падения давления в матрице в результате уменьшения вязкости пищевого расплава в экструдере. На рис. 1 показано изменение падения давления в матрице при изменении температуры матрицы при постоянной скорости вращения шнека (220 об/мин), массовом расходе (5 кг/ч) и содержании влаги.

На падение давления в матрице существенно влияло содержание влаги в сырье. Увеличение содержания влаги в сырье вызывало снижение падения давления в матрице, когда температура, скорость шнека и массовый расход оставались постоянными. Падение давления в матрице составляло 705 кПа,

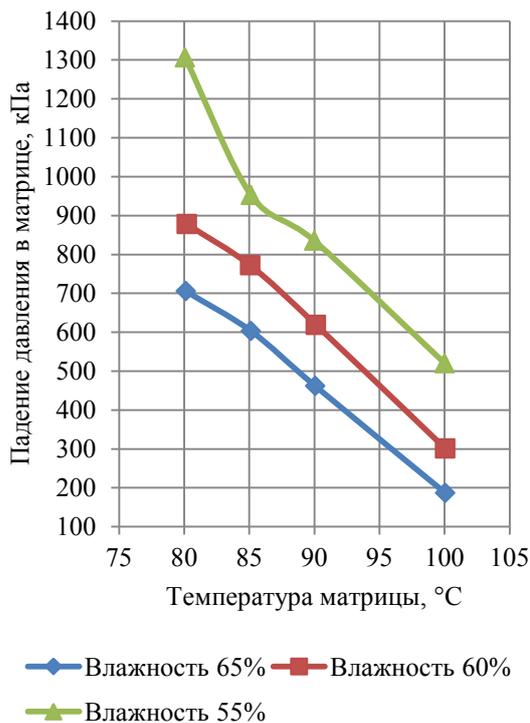


Рис. 1. Влияние температуры матрицы и содержания влаги на падение давления в матрице (220 об/мин, скорость шнека; 5 кг/ч, массовый расход)

877 кПа и 1306 кПа при 65%, 60% и 55% влажности сырья соответственно (температура матрицы 80 °C, скорость вращения шнека 220 об/мин и массовый расход 5 кг/ч). Вязкость расплава в экструдере и матрице ниже из-за наличия меньшего количества полимеров в системе с высоким содержанием влаги. Как правило, чем выше содержание влаги в сырье, тем меньше перепад давления вдоль матрицы экструдера из-за эффекта разбавления.

Увеличение массового расхода при сохранении постоянных остальных параметров процесса увеличивало степень заполнения цилиндра экструдера. Удельная загрузка экструдера, которая является мерой степени заполнения цилиндра экструдера, определяемая как отношение массового расхода к скорости шнека, увеличилась в результате увеличения массового расхода при постоянной скорости вращения шнека. Производительность экструдера также была увеличена за счет увеличения массового расхода. Следовательно, наблюдалось увеличение падения давления в матрице вместе с увеличением массового расхода, когда все другие переменные оставались постоянными. На рис. 2 показано изменение перепада давления в матрице экструдера в зависимости от массового расхода при трех различных скоростях вращения шнека, когда содержание влаги и температура матрицы были постоянными и составляли 60% и 80 °C соответственно.

Производительность экструдера не зависит от скорости вращения шнека в установившемся режиме. Однако степень заполнения и удельная загрузка в цилиндре экструдера уменьшается по мере увеличения скорости шнека, поскольку пропускная способность

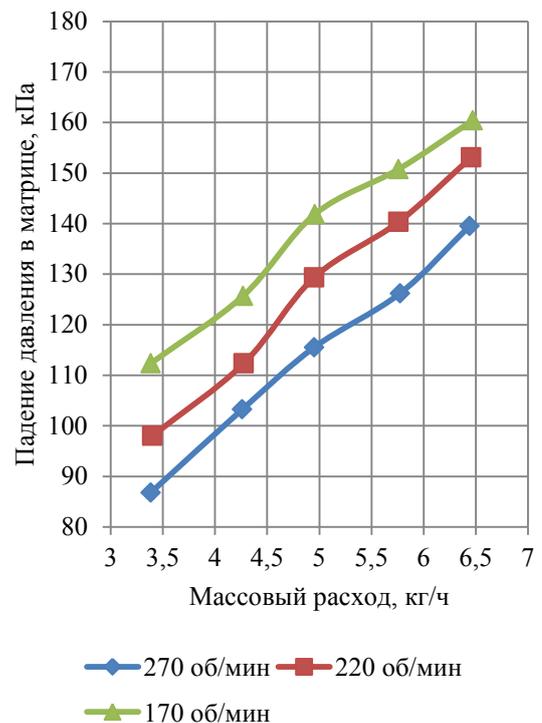


Рис. 2. Влияние массового расхода и скорости вращения шнека на падение давления в матрице (80 °C, температура матрицы; влажность 60%)

прямо пропорционально увеличивается. Падение давления уменьшается с увеличением скорости вращения шнека. На рис. 2 показано изменение падения давления в матрице при постоянном содержании влаги, температуре матрицы и различных массовых расходах в зависимости от скорости вращения шнека.

Увеличение скорости вращения шнека также привело к снижению вязкости расплава. Кажущаяся вязкость пищевого расплава в экструдере определяется как отношение напряжения сдвига стенки (Па) к скорости сдвига стенки ( $c^{-1}$ ).

По мере увеличения скорости шнека скорость сдвига в экструдере будет увеличиваться. Увеличение скорости сдвига вызывает уменьшение вязкости. Следовательно, менее вязкий материал вызывает уменьшение падения давления в головке.

## Выводы

Пошаговый регрессионный анализ показал, что температура матрицы существенно влияет на падение давления в матрице экструдера. Содержание влаги в сырье, массовый расход и скорость вращения шнека в порядке убывания также влияли на падение давления. Падение давления в матрице уменьшалось с увеличением влажности, скорости вращения шнека и температуры и увеличивались с увеличением массового расхода.

На основе исследования может быть разработана математическая модель для прогнозирования изменений вязкости экструзионной системы с высоким содержанием влаги.

### Список литературы

- [1] Deng, J., Li, K., Harkin-Jones, E., Price, M., Karnachi, N., Kelly, A., Vera-Sorroche, J., Coates, P., Brown, E. & Fei, M. (2014). Energy monitoring and quality control of a single screw extruder. *Applied Energy*, 113, 1775-1785.
- [2] Improving the efficiency of extrudate dehydration in a vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [et al.] // *Volga Region Farmland*. 2019. № 2 (2). P. 87–94.
- [3] Li, W., Chen, S., Peng, J., Pan, L., & Tu, K. (2020). Effects of twin-screw extrusion processing variables on physicochemical properties and antioxidant activity of rice incorporated with *Agriophyllum squarrosum* flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(7), e14524. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14524>
- [4] Курочкин А.А., Фролов Д.И., Воронина П.К. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. № 4 (32). С. 172–177.
- [5] Моделирование процесса получения экструдатов на основе нового технологического решения / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // *Нива Поволжья*. 2014. № 30. С. 70–76.
- [6] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов [и др.] // *Нива Поволжья*. 2019. № 2 (51). С. 134–143.
- [7] Потапов М.А., Фролов Д.И., Курочкин А.А. Оптимизация количества отверстий в матрице одношнекового экструдера для переработки птичьего помета // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. Т. 5. № 4. С. 42–48.
- [8] Теоретическое обоснование термовакuumного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. № 3. С. 15–20.
- [9] Технологические аспекты регулирования выхода экстракта при получении пивного сусле / П.К. Гарькина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2020. Т. 8. № 2. С. 13–20.
- [10] Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // *Техника и технология пищевых производств*. 2016. № 3 (42). С. 104–111.
- [11] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В.М. Зимняков, О.Н. Кухарев, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов // *Нива Поволжья*. 2017. № 4 (45). С. 157–163.

### References

- [1] Deng, J., Li, K., Harkin-Jones, E., Price, M., Karnachi, N., Kelly, A., Vera-Sorroche, J., Coates, P., Brown, E. & Fei, M. (2014). Energy monitoring and quality control of a single screw extruder. *Applied Energy* 113, 1775-1785.
- [2] Frolov, D. I., Kurochkin, A. A., Garkina, P. K., Zimnyakov, V. M., & Kukharev, O. N. (2019). Improving the efficiency of extrudate dehydration in a vacuum chamber of a modernized extruder. *Volga Region Farmland*, 2 (2), 87–94. <https://doi.org/10.26177/VRF.2019.2.2.020>
- [3] Li, W., Chen, S., Peng, J., Pan, L., & Tu, K. (2020). Effects of twin-screw extrusion processing variables on physicochemical properties and antioxidant activity of rice incorporated with *Agriophyllum squarrosum* flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44 (7), e14524. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14524>
- [4] Kurochkin, A.A., Frolov, D.I., & Voronina, P.K. (2015). Determination of the main parameters of the vacuum chamber of the modernized extruder. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 4 (32), 172–177.
- [5] Kurochkin, A.A., Shaburova, G.V., Frolov, D.I., & Voronina, P.K. (2014). Simulation of the extrudate production process based on a new technological solution. *Niva Povolzhya*, 30, 70–76.
- [6] Frolov, D.I., Kurochkin, A.A., Garkina, P.K., Zimnyakov, V.M., & Kukharev, O.N. (2019). Improving the efficiency of extrudate dewatering in the vacuum chamber of the modernized extruder. *Niva Povolzhya*, 2 (51), 134-143.
- [7] Potapov, M.A., Frolov, D.I., & Kurochkin, A.A. (2020). Optimization of the number of holes in the die of a single screw extruder for processing poultry manure. *Izvestia of the Samara State Agricultural Academy*, 5 (4), 42–48.
- [8] Kurochkin, A.A., Shaburova, G.V., Frolov, D.I., & Voronina, P.K. (2015). Theoretical substantiation of the thermal vacuum effect in the working process of the modernized extruder. *Izvestia of the Samara State Agricultural Academy*, 3, 15–20.
- [9] Garkina, P.K., Kurochkin, A.A., Shaburova, G.V., & Frolov, D.I. (2020). Technological aspects of the regulation of the extract yield when obtaining beer wort. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*, 8 (2), 13–20. <https://doi.org/10.14529/food200202>

- [10] Kurochkin, A.A., Voronina, P.K., Shaburova, G.V., & Frolov, D.I. (2016). Extrudates from plant materials with a high content of lipids and dietary fiber. *Technique and technology of food production*, 3 (42), 104–111.
- [11] Zimnyakov, V.M., Kukharev, O.N., Kurochkin, A.A., & Frolov, D.I. (2017). Rational technological parameters in the production of a multicomponent composite based on flax seeds. *Niva Povolzhya*, 4 (45), 157-163.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>
<p><b>Юсупов Руслан Рушанович</b> студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> <b>E-mail:</b> yusupown7@gmail.ru</p>	<p><b>Yusupov Ruslan Rushanovich</b> student of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> <b>E-mail:</b> yusupown7@gmail.ru</p>

## Исследование факторов, влияющих на энергоэффективность процесса экструзии влажного сырья

*Фролов Д.И., Шептак Т.В.*

**Аннотация.** В статье приводится исследование факторов (скорость шнека и массовый расход) влияющих на условия работы экструдера, крутящий момент двигателя и удельную механическую энергию для высоковлажного сырья. Для измерения крутящего момента матрицы использовали лабораторный экструдер и щелевую матрицу с реометром. Крутящий момент матрицы уменьшался с увеличением скорости вращения шнека и увеличивался с увеличением массового расхода. Однако увеличение массового расхода привело к снижению удельной механической энергии. Увеличение скорости шнека увеличивало удельную механическую энергию. Это объяснялось более высокими скоростями сдвига при более высоких скоростях вращения шнека.

**Ключевые слова:** экструзия, крахмал, влагосодержание, массовый расход, скорость шнека.

**Для цитирования:** Фролов Д.И., Шептак Т.В. Исследование факторов, влияющих на энергоэффективность процесса экструзии влажного сырья // Инновационная техника и технология. 2020. № 3 (24). С. 42–46.

## Study of the factors affecting the energy efficiency of the extrusion process of wet raw materials

*Frolov D.I., Sheptak T.V.*

**Abstract.** The article provides a study of factors (screw speed and mass flow rate) affecting the operating conditions of the extruder, engine torque and specific mechanical energy for high-moisture raw materials. A laboratory extruder and a slotted die with a rheometer were used to measure the die torque. The die torque decreased with increasing screw rotation speed and increased with increasing mass flow. However, the increase in mass flow has led to a decrease in the specific mechanical energy. Increasing the screw speed increased the specific mechanical energy. This was due to the higher shear rates at higher screw speeds.

**Keywords:** extrusion, starch, moisture content, mass flow rate, screw speed.

**For citation:** Frolov D.I., Sheptak T.V. Study of the factors affecting the energy efficiency of the extrusion process of wet raw materials. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.3 (24). pp. 42–46. (In Russ.).

### Введение

Удельная механическая энергия является хорошей характеристикой оценки экструдера и широко используется для анализа технологических параметров в математических моделях [1]. Влияние параметров экструзии на удельную механическую энергию и структурно-функциональные свойства пшеничного крахмала было изучено различными учеными [2, 3]. Данные исследования подтверждают, что удельная тепловая и механическая энергия, воздействующая на сырье, вызывает его пластификацию [4].

Исследования, связывающие условия эксплу-

атации с различными реакциями экструдера при более высоком содержании влаги (>45%), в литературе немногочисленны. Поскольку влажная экструзия становится все более популярной для производства нетрадиционных пищевых продуктов, существует необходимость изучения параметров пищевого экструдера при высоком содержании влаги [5-9]. Проведены исследования термовакуумной экструзии, позволяющей улучшить обезвоживание экструдатов [10-13]. На протяжении исследования смесь рисового крахмала использовалась в качестве модельной системы для мониторинга крутящего момента двигателя лабораторного экструдера на изменения условий эксплуатации (массовый расход и

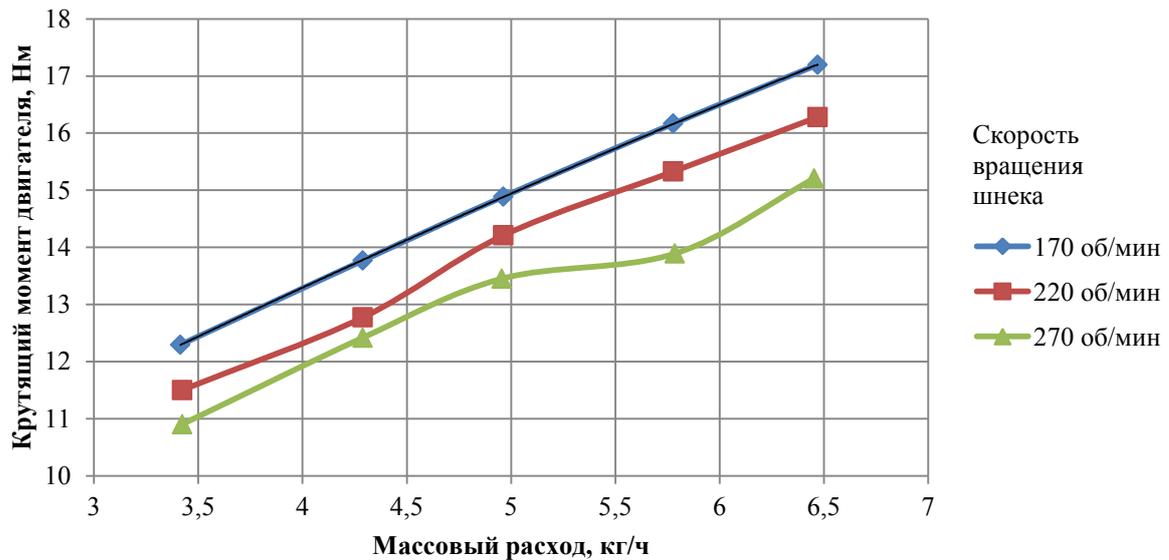


Рис. 1. Влияние массового расхода и скорости вращения шнека на крутящий момент двигателя (содержание влаги 60% и температура матрицы 80 °С)

скорость шнека). Проведен статистический анализ реакции экструдера на изменение условий эксплуатации. Были также обсуждены требования к удельной механической энергии экструдера и крутящего момента двигателя, в зависимости от условий эксплуатации.

Целью работы являлось исследование влияния массового расхода и скорости шнека экструдера на крутящий момент и удельную механическую энергию.

#### Объекты и методы исследований

В качестве модельной системы использовали рисовый крахмал влажностью 6 %. Крахмал смешивали с водой в смесителе для достижения влажности 55 %, 60 % и 65 % (г воды/г раствора). Опыты проводились с использованием реометра и одношнекового экструдера ЭК-40. Исследовались температуры 80 °С, 85 °С, 90 °С, 100 °С. Экструдер запускали до установившегося состояния: определенной скорости шнека и массового расхода. Параметры отклика экструдера и крутящий момент двигателя фиксировались. Были использованы три различных скорости вращения шнека (170, 220 и 270 об/мин). Массовый расход варьировался от 3 до 7 кг/ч.

#### Результаты и их обсуждение

Поскольку увеличение массового расхода увеличивало пропускную способность и степень заполнения цилиндра экструдера, крутящий момент также увеличивался, чтобы компенсировать требуемый повышенный сдвиг (рисунок 1). Однако показатель удельной механической энергии показал снижение по мере увеличения массового расхода (рисунок 2) при постоянном содержании влаги (60%), темпера-

туре фильеры (80 °С) и скорости вращения шнека. Поскольку удельная механическая энергия является мерой механической энергии, подводимой к материалу, который был экструдирован на единицу массы, увеличение массового расхода уменьшило бы удельную механическую энергию. Тепловыделение и поток сырья из-за трения и конвекции не изменятся, поскольку они зависят только от температуры цилиндра и скорости шнека, поэтому каждая частица крахмала получает меньше механической энергии при более высоких скоростях потока.

Увеличение скорости вращения шнека привело к более низкой степени заполнения, что вследствие вызвало уменьшение длины заполненных камер шнека. Следовательно, крутящий момент двигателя уменьшился, как показано на рисунке 1, потому что сопротивление вращению шнека было пропорционально длине заполненных камер шнека.

Увеличение скорости вращения шнека привело к снижению вязкости расплава, поскольку при более высоких скоростях вращения шнека скорость сдвига была выше. Снижение вязкости также способствовало снижению крутящего момента, поскольку при более низкой вязкости сопротивление вращению вала шнека уменьшалось. Однако удельная механическая энергия увеличивается пропорционально скорости шнека из-за увеличения скорости сдвига. Другие исследователи также отмечали, что удельная механическая энергия существенно не изменилась с изменением скорости вращения шнека. Незначительное изменение удельной механической энергии при более высоких скоростях вращения шнека объясняется повышением температуры, что приводит к снижению вязкости. Однако в этом исследовании была обнаружена определенная тенденция удельной механической энергии, связанная с изменением скорости вращения шнека.

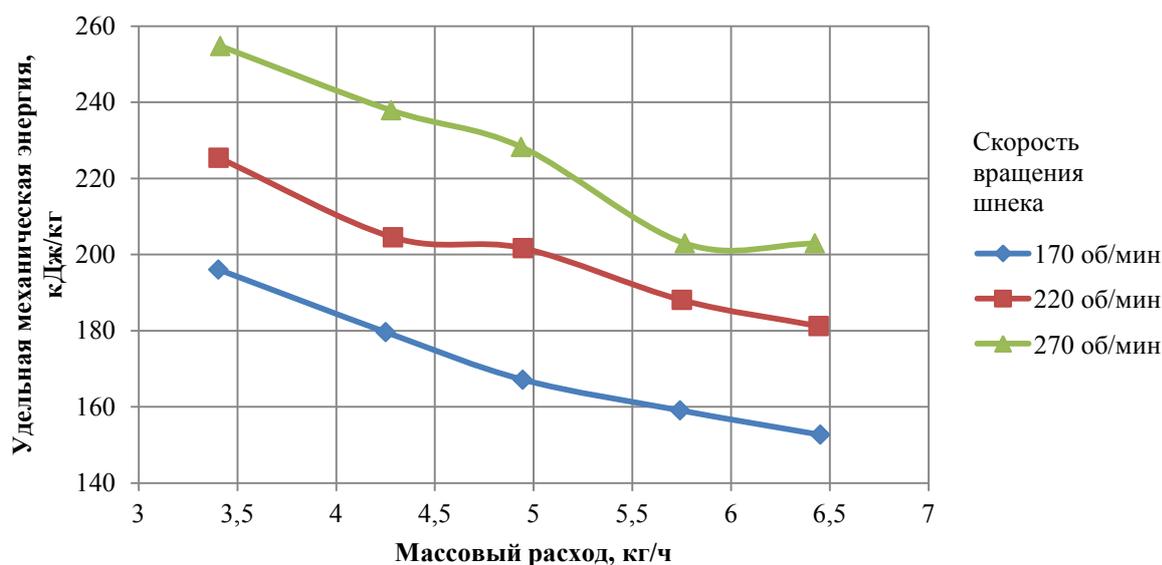


Рис. 2. Влияние массового расхода и скорости вращения шнека на удельную механическую энергию (содержание влаги 60% и температура матрицы 80 °С)

### Выводы

В исследовании выявлено, что крутящий момент двигателя и удельная механическая энергия существенно влияют условия работы экструдера. Массовый расход и скорость вращения шнека влияют на крутящий момент и характеристики удельной механической энергии.

Крутящий момент двигателя уменьшался с увеличением скорости вращения шнека и увели-

чивался с увеличением массового расхода. Однако увеличение массового расхода привело к уменьшению удельной механической энергии. Увеличение скорости вращения шнека вызвало рост удельной механической энергии в результате увеличения скорости сдвига. Изменения крутящего момента и удельной механической энергии при различных конфигурациях шнеков также могут быть связаны с различными характеристиками сырьевых смесей используемых при экструзии.

### Список литературы

- [1] Shihani, N., Kumbhar, B. K. & Kulshreshtha, M. (2006). Modeling of extrusion process using response surface methodology and artificial neural networks. *Journal of Engineering Science and Technology*, 1(1), 31-40.
- [2] Michelangelli, O. P., Gaspar-Cunha, A. & Covas, J. A. (2014). The influence of pellet-barrel friction on the granular transport in a single screw extruder. *Powder Technology*, 264, 401-408.
- [3] Roye, C., Henrion, M., Chanvrier, H., De Roeck, K., De Bondt, Y., Liberloo, I., King, R., & Courtin, C. M. (2020). Extrusion-Cooking Modifies Physicochemical and Nutrition-Related Properties of Wheat Bran. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(6), 738. PubMed. <https://doi.org/10.3390/foods9060738>
- [4] Zhang, K., Jia, X., Zhu, Z., & Xue, W. (2020). Physicochemical properties of rice analogs based on multi-level: Influence of the interaction of extrusion parameters. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 2033–2049. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1840389>
- [5] Курочкин А.А., Фролов Д.И., Воронина П.К. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4 (32). С. 172–177.
- [6] Моделирование процесса получения экструдатов на основе нового технологического решения / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Нива Поволжья. 2014. № 30. С. 70–76.
- [7] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов [и др.] // Нива Поволжья. 2019. № 2 (51). С. 134–143.
- [8] Теоретическое обоснование термовакuumного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 15–20.
- [9] Improving the efficiency of extrudate dehydration in a vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [et al.] // *Volga Region Farmland*. 2019. № 2 (2). P. 87–94.

- [10] Потапов М.А., Фролов Д.И., Курочкин А.А. Оптимизация количества отверстий в матрице одношнекового экструдера для переработки птичьего помета // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. Т. 5. № 4. С. 42–48.
- [11] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В.М. Зимняков, О.Н. Кухарев, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов // Нива Поволжья. 2017. № 4 (45). С. 157–163.
- [12] Технологические аспекты регулирования выхода экстракта при получении пивного суслу / П.К. Гарькина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. Т. 8. № 2. С. 13–20.
- [13] Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // Техника и технология пищевых производств. 2016. № 3 (42). С. 104–111.

## References

- [1] Shihani, N., Kumbhar, B. K. & Kulshreshtha, M. (2006). Modeling of extrusion process using response surface methodology and artificial neural networks. *Journal of Engineering Science and Technology*, 1 (1), 31-40.
- [2] Michelangelli, O. P., Gaspar-Cunha, A. & Covas, J. A. (2014). The influence of pellet-barrel friction on the granular transport in a single screw extruder. *Powder Technology*, 264, 401-408.
- [3] Roye, C., Henrion, M., Chanvrier, H., De Roeck, K., De Bondt, Y., Liberloo, I., King, R., & Courtin, C. M. (2020). Extrusion-Cooking Modifies Physicochemical and Nutrition-Related Properties of Wheat Bran. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9 (6), 738. PubMed. <https://doi.org/10.3390/foods9060738>
- [4] Zhang, K., Jia, X., Zhu, Z., & Xue, W. (2020). Physicochemical properties of rice analogs based on multi-level: Influence of the interaction of extrusion parameters. *International Journal of Food Properties*, 23 (1), 2033–2049. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1840389>
- [5] Kurochkin A.A., Frolov D.I., Voronina P.K. Determination of the main parameters of the vacuum chamber of the modernized extruder // *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2015. No. 4 (32). pp. 172-177.
- [6] Modeling the process of extrudates production based on a new technological solution / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronin // *Niva of the Volga region*. 2014. No. 30, pp. 70–76.
- [7] Increasing the efficiency of extrudate dewatering in the vacuum chamber of the modernized extruder / D.I. Frolov [and others] // *Niva of the Volga region*. 2019. No. 2 (51). pp. 134-143.
- [8] Theoretical substantiation of the thermal vacuum effect in the working process of the modernized extruder / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronin // *News of the Samara State Agricultural Academy*. 2015. No. 3. pp. 15–20.
- [9] Improving the efficiency of extrudate dehydration in a vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [et al.] // *Volga Region Farmland*. 2019. No. 2 (2). pp. 87–94.
- [10] Potapov M.A., Frolov D.I., Kurochkin A.A. Optimization of the number of holes in the die of a single-screw extruder for processing poultry manure // *Bulletin of the Samara State Agricultural Academy*. 2020. Т. 5. No. 4. pp. 42–48.
- [11] Rational technological parameters in the production of a multicomponent composite based on flax seeds / V.M. Zimnyakov, O. N. Kukharev, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // *Niva Volga region*. 2017. No. 4 (45). pp. 157-163.
- [12] Technological aspects of regulating the yield of the extract when obtaining beer wort / P.K. Garkina, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2020. Vol. 8. No. 2. pp. 13–20.
- [13] Extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids and food fibers / A.A. Kurochkin, P.K. Voronin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // *Technics and technology of food production*. 2016. No. 3 (42). pp. 104-111.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Фролов Дмитрий Иванович</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>	<p><b>Frolov Dmitriy Ivanovich</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(937) 408-35-28 <b>E-mail:</b> surr@bk.ru</p>
<p><b>Шептак Тимур Валерьевич</b> аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p><b>Sheptak Timur Valerievich</b> postgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>

# ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 633.41

### Производство сахарной свеклы в России

*Зимняков В.М., Курочкин А.А.*

**Аннотация.** Рассматривается современное состояние производства сахарной свеклы в России. Приводится динамика изменения посевных площадей сахарной свеклы в России с 2010 по 2019 годы. Дается анализ объемов производства сахарной свеклы как в целом по Российской Федерации, так и в разрезе федеральных округов. Основным регионом по производству сахарной свеклы в России является Краснодарский край, в котором было произведено в 2019 году 10563,9 тыс. тонн сахарной свеклы, что составляет 20,8% от всего объема производства в стране. Представлена урожайность сахарной свеклы по ключевым регионам-производителям в 2019 году. Самая высокая урожайностью сахарной свеклы в 2019 году также в Краснодарском крае (521,2 ц/га). Дан прогноз развития производства сахарной свеклы в России на ближайшую перспективу.

**Ключевые слова:** сахарная свекла, производство, регион, объемы, рынок, развитие, урожайность, перспективы.

**Для цитирования:** Зимняков В.М., Курочкин А.А. Производство сахарной свеклы в России // Инновационная техника и технология. 2020. № 3 (24). С. 47–51.

### Sugar beet production in Russia

*Zimnyakov V.M., Kurochkin A.A.*

**Abstract.** The current state of sugar beet production in Russia is considered. The dynamics of changes in the acreage of sugar beet in Russia from 2010 to 2019 is presented. The analysis of sugar beet production volumes both in the Russian Federation as a whole and in the context of Federal districts is given. The main region for sugar beet production in Russia is the Krasnodar territory, which produced 10563.9 thousand tons of sugar beet in 2019, which is 20.8% of the total production in the country. The yield of sugar beet by key producing regions in 2019 is presented. The highest yield of sugar beet in 2019 is also in the Krasnodar territory (521.2 C / ha). The forecast of development of sugar beet production in Russia in the near future is given.

**Keywords:** sugar beet, production, region, volume, market, development, yield, prospects.

**For citation:** Zimnyakov V.M., Kurochkin A.A. Sugar beet production in Russia. Innovative Machinery and Technology. 2020. No.3 (24). pp. 47–51. (In Russ.).

#### Введение

Сахарная свекла обладает высоким потенциалом продуктивности, дает основное сырье для промышленного производства сахара и является также кормовой культурой. Современные сорта сахарной свеклы содержат в корнеплодах в среднем

17-19% сахара и могут обеспечить сбор сахара до 100 ц/га и более. Сахар занимает важное место в питании человека. Научно обоснованные нормы питания предусматривают потребление взрослым человеком 100 г сахара в сутки или в среднем 30 – 35 кг в год. Спрос на сахар в России стабилен, так как он является одним из основных продук-

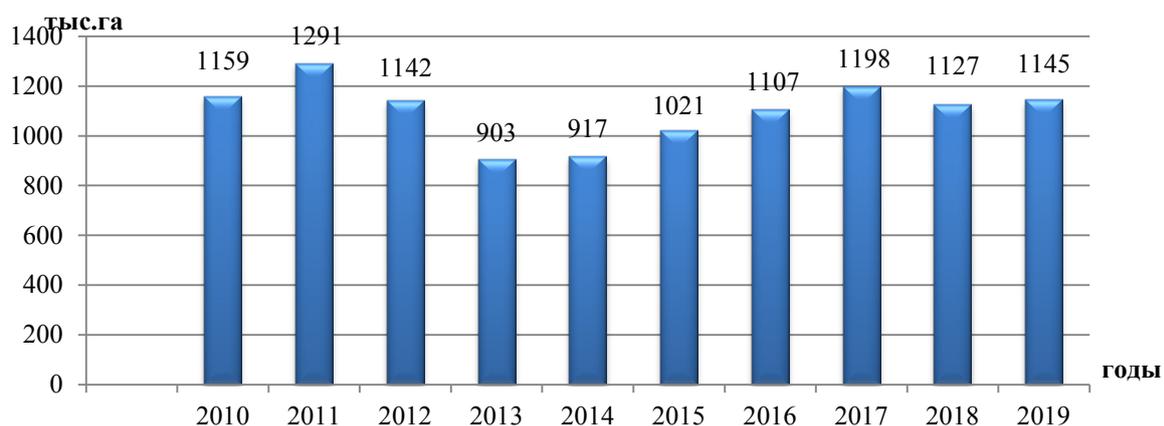


Рис. 1. Посевные площади сахарной свеклы в России в 2010-2019 г.г., тыс. га.

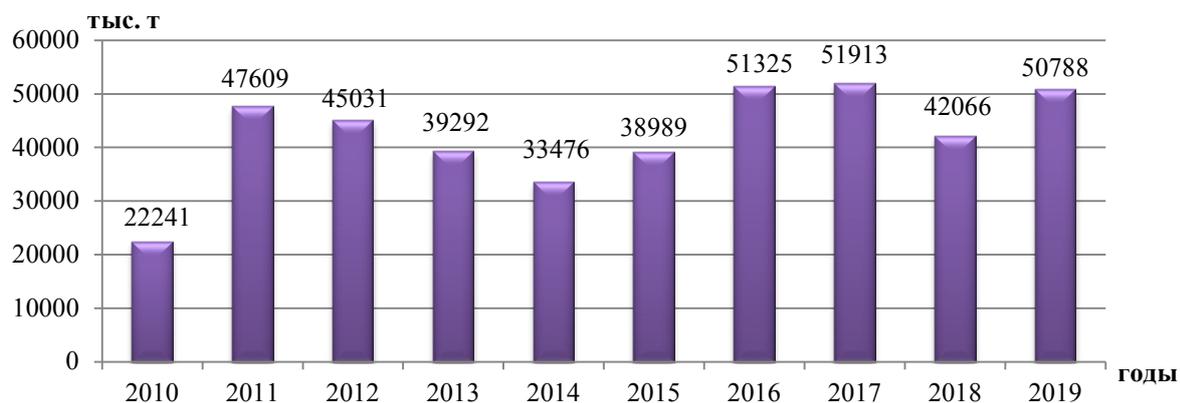


Рис. 2. Валовые сборы сахарной свеклы в России в хозяйствах всех категорий в 2010-2019 гг, тыс. тонн

тов потребительской корзины населения страны. Показатель потребления сахара в России – один из самых высоких в мире. Он оценивается в 5,8 млн. тонн, что составляет 40 кг на человека в год. Корнеплод сахарной свеклы содержит пектиновые вещества, которые очищают организм от шлаков. Сахарная свекла и произведенные из нее продукты обладают следующими полезными свойствами: понижают уровень холестерина, повышают уровень гемоглобина, а также укрепляют кровеносные сосуды, в целом улучшая работу сердечно-сосудистой системы. Сахарная свекла – это полезный продукт, который богат витаминами и микроэлементами. Ее калорийность на 100 г небольшая – около 39,9-45,0 кКал, из них: белки – 1,5 г; жиры – 0,1 г; углеводы – 8,8 г; клетчатка – 2 г; пищевые волокна – 2,5 г; вода – 86 г; зола – 1 г. Энергетическое соотношение белков, жиров и углеводов составляет 13%:2%:80% соответственно. Следует учесть, что из усвояемых углеводов в состав сахарной свеклы входят только моно- и дисахариды (8,7 г на 100 г продукта). В корнеплодах масса сухого вещества составляет 25%, а сахарозы – 20%. Среди прочих углеводов в состав свеклы входят глюкоза, фруктоза, галактоза и арабиноза. Сахарная свекла богата не только сахаром, но и витаминами, макро- и микроэлементами [6].

Сахарная свекла выращивается и как кормовая культура. По кормовому достоинству сахарная свекла значительно превосходит кормовую: в 100 кг

ее корнеплодов содержится 26 кормовых единиц и 1,2 кг переваримого протеина, 0,5 кг – кальция и 0,5 кг фосфора. Такое же количество ботвы обеспечивает выход 20 кормовых единиц и 2,2 кг перевариваемого протеина.

Сахарная свекла входит в разряд культур, обеспечивающих продовольственную безопасность страны. Она относится к числу рентабельных культур и имеет очень большое значение для экономики хозяйства. По отдельным данным, рентабельность ее производства может достигать 60 и даже 90% [4,5,7,8].

Целью работы является изучение современного состояния производства сахарной свеклы в России.

#### Объекты и методы исследований

Объектом исследования является производство сахарной свеклы. Инструментарно-методический аппарат исследования определяется совокупностью использованных методов общенаучных и экономических исследований: диалектического, статистического, типологического, индуктивного и дедуктивного анализа, экономико-математического моделирования, социологического опроса, экспертных оценок, монографического обследования. В процессе обработки исходной информации и других привлеченных аналитических материалов

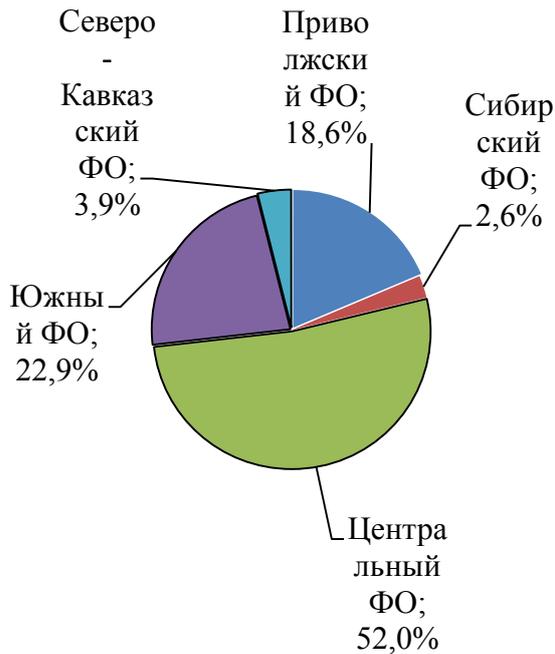


Рис. 3. Структура валовых сборов сахарной свеклы в России по федеральным округам в 2019 году, %

применялись анализ и синтез, логический, корреляционный и статистический анализ и др. Методикой исследования служили методы экономико-статистического, логического функционального анализа, объединенные общностью системного подхода к проблемам производства сахарной свеклы [3].

### Результаты и их обсуждение

Посевные площади под сахарной свеклой в России варьируются вокруг 1 млн. га с колебаниями плюс-минус 10-20% в зависимости от баланса и экономической ситуации на рынке. В 2019 году

посевные площади сахарной свеклы составили 1145 тыс. га, что практически не изменилось по сравнению с 2018 годом (1127 тыс. га), такая же площадь была засеяна под сахарную свеклу и 10 лет назад в 2010 году (1159 тыс. га) (Рис. 1). Делая прогноз на будущее, можно отметить, что с развитием агротехнологий целесообразней будет вкладываться в качество, а не в количество, то есть повышать урожайность свёклы и выход сахара с 1 га при неизменной площади её посевов [1,2].

На протяжении последних десяти лет в России наблюдается как спад, так и подъем производства сахарной свеклы. В 2010 году в России было произведено 22241,0 тыс. тонн сахарной свеклы, в то время как в 2019 году получили урожай 50788,0 тыс. тонн сахарной свеклы, что на 29,1% больше объема производства 2018 года, увеличение валового сбора связано в первую очередь с хорошей урожайностью - 441 ц/га против 403,9 ц/га в 2018 году (Рис. 2).

Анализируя структуру валовых сборов сахарной свеклы в России по федеральным округам в 2019 году можно отметить, что самый большой сбор сахарной свеклы в Центральном федеральном округе – 26409,0 тыс. т, что составляет 52%, на втором месте – Южный федеральный округ, который собрал 11630,5 тыс. т (22,9%) и на третьем месте – Приволжский федеральный округ с урожаем сахарной свеклы – 9446,6 тыс. т (18,6%) (Рис. 3).

Производством сахарной свёклы в Российской Федерации занимается около 5000 хозяйств в 23-х свеклосеющих регионах. Основным регионом в России по производству сахарной свеклы является Краснодарский край, который произвел в 2019 году 10563,9 тыс. т сахарной свеклы, что составляет 20,8 % от всего объема производства в стране. Вторую строчку рейтинга производства сахарной свеклы занимает Воронежская область – 6399, 3 тыс. т

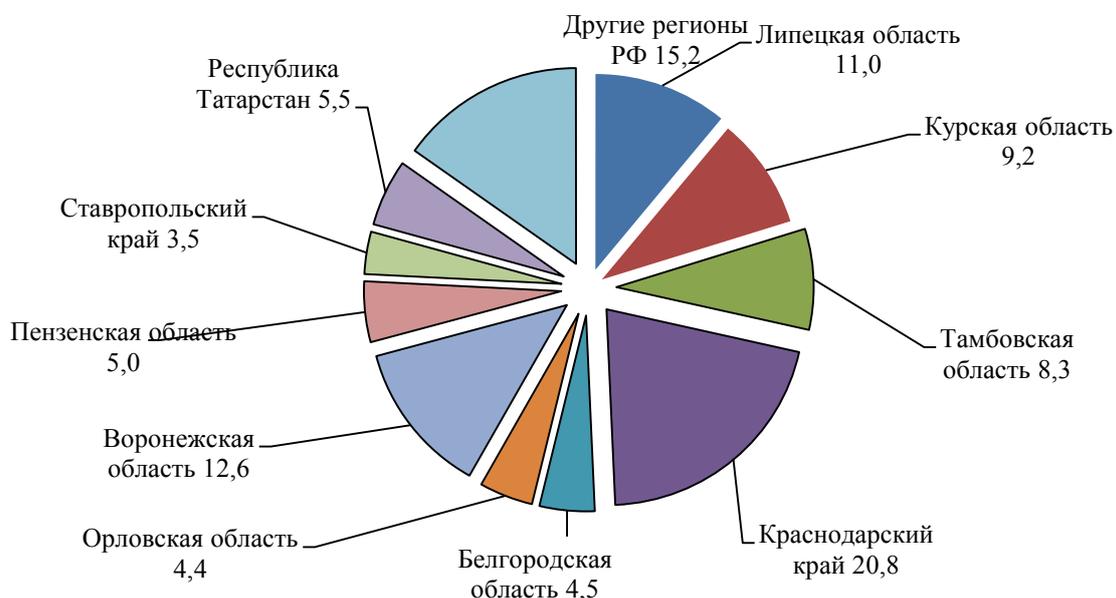


Рис. 4. Доля основных регионов РФ в общем объеме валового сбора сахарной свеклы в 2019 году, %

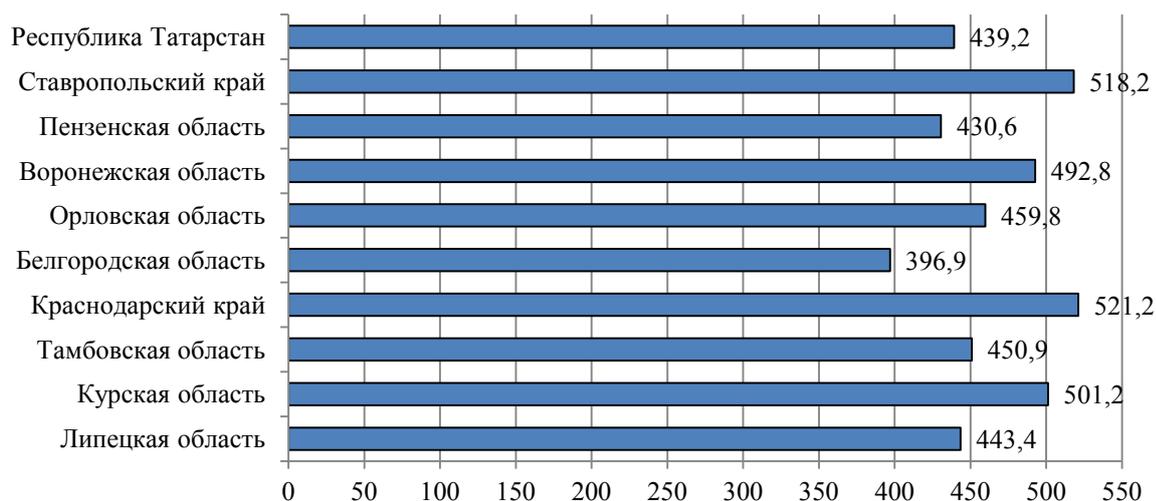


Рис. 5. Урожайность сахарной свеклы по ключевым регионам-производителям в 2019 году, ц/га

(12,6%) и на третьем месте – Липецкая область с объемом производства сахарной свеклы 5586,7 тыс. т (11 %) (Рис. 4).

Урожайность сахарной свеклы по регионам России выглядит следующим образом (Рис.5). Регион с самой высокой урожайностью свеклы в 2019 году – Краснодарский край (521,2 ц/га). Ставропольский край находится на 2-м месте рейтинга регионов с урожайностью в 518,2 ц/га. Тамбовская область в 2019 году заняла 3-ю строчку рейтинга – 450,9ц/га. Замыкает десятку регионов с самой высокой урожайностью свеклы в 2019 году – Белгородская область (396,9 ц/га).

Одна из основных проблем в настоящее время в свекловодстве – устарелость технического парка и нехватка специальных свеклоуборочных комбайнов. Специализированные свеклоуборочные комбайны доступны не всем – и прежде всего потому, что редкое хозяйство рискует специализироваться на одной лишь сахарной свекле, а без такой специализации затраты на машины неоправданны.

Еще одна проблема это селекция сахарной свеклы, которая нуждается в развитии. По ней Минсельхоз предпринял определенные меры при утверждении научно-технических проектов по

развитию селекции и семеноводства сахарной свеклы в рамках специальной подпрограммы. Подпрограмма рассчитана на срок до 2025 года, в 2020 году на селекцию выделено 2,4 млрд. руб. В результате будет создано 8 гибридов сахарной свеклы.

#### Выводы

1. Делая прогноз на будущее, можно отметить, что с развитием агротехнологий целесообразней будет вкладываться в качество, а не в количество, то есть повышать урожайность свёклы и выход сахара с 1 га при неизменной площади её посевов.

2. В 2019 году в России было произведено 50788,0 тыс. тонн сахарной свеклы, что на 29,1% больше объема производства 2018 года.

3. На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что необходимым условием решения проблемы обеспечения населения страны сахаром, а перерабатывающей промышленности – сырьем, является: внедрение высокоэффективной интенсивной технологии выращивания, сбора и переработки сахарной свеклы.

#### Список литературы

- [1] Балабанова, Г.И. Какие перемены нужны свеклосахарной отрасли России / Г.И. Балабанова // Сахарная свекла. – 2019. № 10. – С. 2-4.
- [2] Высоцкая, Е. А. Тенденции формирования высокой продуктивности агроценозов сельскохозяйственных предприятий свекловодческой специализации в условиях неблагоприятной экологической ситуации / Е. А. Высоцкая. // Молодой ученый. – 2013. – № 1 (48). – С. 431-433. – URL: <https://moluch.ru/archive/48/6040/> (дата обращения: 27.10.2020).
- [3] Егорова, М.И. Перспективы повышения эффективности свеклосахарного подкомплекса / М.И. Егорова, В.В. Спичак, В.М. Дулин // Сахар. – 2003. – №2. – С.10.
- [4] Койнова, А.Н. Сахарная свекла: в поисках рентабельности / А.Н. Койнова // АгроФорум. 2019. № 6. – С. 32-35.
- [5] Михайлушкин, П.В. Развитие и регулирование свеклосахарного производства в Краснодарском крае / П.В. Михайлушкин // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2012. – №1. – С.37-40.

- [6] Нанаенко А.К. Технология получения максимальных урожаев. // Сахарная свекла.-2007. -№1. С. 10-12.
- [7] Тупикова, О.А. Перспективы развития свеклосахарного подкомплекса России в условиях модернизации производства и международной интеграции / О.А. Тупикова // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 93(09). – С. 10-25.
- [8] Чигрина, С.А. Место сахарной свеклы в земледелии Украины и стран мира / С.А. Чигрина // Инженерия природопользования. 2018. № 1 (9). С. 42-47.

**References**

- [1] Balabanova G.I. Kakie peremeny nuzhny sveklosaharnoj otrasli Rossii [What changes are needed in the Russian sugar beet industry]. Saharnaya svekla, 2019, No.10, pp. 2-4.
- [2] Vysockaya E. A. Tendencii formirovaniya vysokoj produktivnosti agrocenozov sel'skohozyajstvennyh predpriyatij sveklovodcheskoj specializacii v usloviyah neblagopriyatnoj ekologicheskoy situacii. Molodoy uchenyj, 2013, No. 1 (48),pp. 431-433. – Available at: <https://moluch.ru/archive/48/6040/> (Accessed 27.10.2020).
- [3] Egorova M.I., Spichak V.V.,Dulin V.M. Perspektivy povysheniya effektivnosti sveklosaharnogo podkompleksa [Prospects for improving the efficiency of the sugar beet subcomplex]. Sahar, 2003, No.2, p.10.
- [4] Kojnova A.N. Saharnaya svekla: v poiskah rentabel'nosti [Sugar beet: in search of profitability]. AgroForum, 2019, No.6, pp. 32-35.
- [5] Mihajlushkin P.V. Razvitie i regulirovanie sveklosaharnogo proizvodstva v Krasnodarskom krae [Development and regulation of sugar beet production in the Krasnodar region]. Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurna.,2012, No.1, pp. 37-40.
- [6] Nanaenko A.K. Tekhnologiya polucheniya maksimal'nyh urozhaev [Technology for obtaining maximum yields].Saharnaya svekla, 2007, No.1, pp. 10-12.
- [7] Tupikova, O.A. Perspektivy razvitiya sveklosaharnogo podkompleksa Rossii v usloviyah modernizacii proizvodstva i mezhdunarodnoj integracii [Prospects for the development of the sugar beet subcomplex in Russia in the context of production modernization and international integration]. Nauchnyj zhurnal KubGAU, 2013, No. 93(09), pp. 10-25.
- [8] CHigrina, S.A. Mesto saharnoj svekly v zemledelii Ukrainy i stran mira [The place of sugar beet in agriculture in Ukraine and other countries].Inzheneriya prirodopol'zovaniya, 2018, No. 1 (9), pp. 42-47.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Зимняков Владимир Михайлович</b>                  доктор экономических наук                  профессор кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции»                  ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»                  440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30  <b>Тел.:</b> +7(927) 444-33-22  <b>E-mail:</b> zimnyakov@bk.ru</p>	<p><b>Zimnyakov Vladimir Mikhailovich</b>                  D.Sc. in Economics                  professor at the department of «Agricultural products processing»                  Penza State Agrarian University  <b>Phone:</b> +7(927) 444-33-22  <b>E-mail:</b> zimnyakov@bk.ru</p>
<p><b>Курочкин Анатолий Алексеевич</b>                  доктор технических наук                  профессор кафедры «Пищевые производства»                  ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»                  440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11  <b>Тел.:</b> +7(927) 382-85-03  <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>	<p><b>Kurochkin Anatoly Alekseevich</b>                  D.Sc. in Technical Sciences                  professor at the department of «Food productions»                  Penza State Technological University  <b>Phone:</b> +7(927) 382-85-03  <b>E-mail:</b> anatolii_kuro@mail.ru</p>

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

## AUTHOR GUIDELINES

### *Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей*

#### *The procedure for consideration, approval and rejection of articles*

В научно-теоретическом и практическом журнале «Инновационная техника и технология» публикуются статьи, обзорные статьи, доклады, сообщения, рецензии, краткие научные сообщения (письма в редакцию), информационные публикации.

Рукопись должна соответствовать требованиям к оформлению статьи. Рукописи, представленные с нарушением требований, редакцией не рассматриваются.

Рукописи, поступающие в журнал, должны иметь внешнюю рецензию специалистов соответствующих отраслей наук с ученой степенью доктора или кандидата наук.

Рукопись научной статьи, поступившая в редакцию журнала, рассматривается ответственным за выпуск на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению, проверяется оригинальность в системе «Антиплагиат», регистрируется.

Редакция организует рецензирование представленных рукописей. В журнале публикуются только рукописи, текст которых рекомендован рецензентами. Выбор рецензента осуществляется решением главного редактора или его заместителя. Для проведения рецензирования рукописей статей в качестве рецензентов могут привлекаться как члены редакционной коллегии журнала «Инновационная техника и технология», так и высококвалифицированные ученые и специалисты других организаций и предприятий, обладающие глубокими профессиональными знаниями и опытом работы по конкретному научному направлению, как правило, доктора наук, профессора.

Рецензенты уведомляются о том, что присланные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей для своих нужд. Рецензирование проводится конфиденциально. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

Если в рецензии на статью имеется указание на необходимость ее исправления, то статья направляется автору на доработку. В этом случае датой поступления в редакцию считается дата возвращения доработанной статьи.

Если статья по рекомендации рецензента подверглась значительной авторской переработке, она направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту, который сделал критические замечания.

Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.

При наличии отрицательных рецензий на рукопись от двух разных рецензентов или одной рецензии на ее доработанный вариант статья отклоняется от публикации без рассмотрения другими членами редколлегии.

Решение о возможности публикации после рецензирования принимается главным редактором, а при необходимости – редколлекцией в целом.

Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

Редакция журнала не хранит рукописи, не принятые к печати. Рукописи, принятые к публикации, не возвращаются. Рукописи, получившие отрицательный результат от рецензента, не публикуются и также не возвращаются автору.

### *Требования к оформлению статьи*

#### *Article requirements*

Научно-теоретический и практический журнал «Инновационная техника и технология» предназначен для публикации статей, посвященных проблемам пищевой и смежных отраслей промышленности.

Статья должна отвечать профилю журнала, обладать научной новизной, публиковаться впервые.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть 5–10 страниц. Текст статьи должен быть напечатан на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) с одной стороны листа в одну колонку.

Все страницы должны иметь сплошную нумерацию посередине внизу.

Статья включает следующее.

1. Индекс УДК (универсальный десятичный классификатор) – на первой странице в левом верхнем углу.
2. Инициалы и фамилии всех авторов через запятую.
3. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов), но информативным и отражать основной результат исследований. Заголовки набирают полужирными прописными буквами, размер шрифта 12. В заголовке не допускается

использование сокращений, кроме общепризнанных.

4. Аннотация (не более 800 печатных знаков). Отражает тематику статьи, ценность, новизну, основные положения и выводы исследований.

5. Ключевые слова (не более 9).

6. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы:

**«Введение»**—часть, в которой приводят краткий обзор материалов (публикаций), связанных с решаемой проблемой, и обоснование актуальности исследования. Ссылки на цитированную литературу даются по порядку номеров (с № 1) в квадратных скобках. При цитировании нескольких работ ссылки располагаются в хронологическом порядке. Необходимо четко сформулировать цель исследования.

**«Объекты и методы исследований»:**

- для описания экспериментальных работ—часть, которая содержит сведения об объекте исследования, последовательности операций при постановке эксперимента, использованных приборах и реактивах. При упоминании приборов и оборудования указывается название фирмы на языке оригинала и страны (в скобках). Если метод малоизвестен или значительно модифицирован, кроме ссылки на соответствующую публикацию, дают его краткое описание;

- для описания теоретических исследований—часть, в которой поставлены задачи, указываются сделанные допущения и приближения, приводится вывод и решение основных уравнений. Раздел не следует перегружать промежуточными выкладками и описанием общеизвестных методов (например, методов численного решения уравнений, если они не содержат элемента новизны, внесенного авторами);

**«Результаты и их обсуждение»**—часть, содержащая краткое описание полученных экспериментальных данных. Изложение результатов должно заключаться в выявлении обнаруженных закономерностей, а не в механическом пересказе содержания таблиц и графиков. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени. Обсуждение не должно повторять результаты исследования.

**«Выводы»** В конце раздела рекомендуется сформулировать основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный в разделе «Введение».

Текст статьи должен быть набран стандартным шрифтом Times New Roman, кегль 10, межстрочный интервал—одинарный, поля—2 см. Текст набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

**Математические уравнения и химические формулы** должны набираться в редакторе формул (использовать английский алфавит) Equation

(MathType) или в MS Word одним объектом, а не состоять из частей. Необходимо придерживаться стандартного стиля символов и индексов: английские—курсивом (Italic), русские и греческие—прямым шрифтом, с указанием строчных и прописных букв, верхних и нижних индексов. Химические формулы набираются 9-м кеглем, математические—10-м. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате \*.png, \*.jpg или \*.tiff. Подписная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки.

**Графики, диаграммы и т.п.** рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph и **вставлять картинкой**. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Таблицы, графики и диаграммы не должны превышать по ширине 8 см. Допускаются смысловые выделения—полужирным шрифтом.

7. Список литературы. Библиографический список оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 «Библиографическая ссылка». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте. В тексте статьи дается порядковый номер источника из списка цитируемой литературы в квадратных скобках. Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82–2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

Не рекомендуется использовать более трех интернет-источников, а также литературу, с момента издания которой прошло более 10 лет.

В список литературы не включаются неопубликованные работы, учебники, учебные пособия и тезисы материалов конференций.

8. Полное название учреждения (место работы), город, почтовый адрес и индекс, тел., e-mail (организации).

9. На английском языке необходимо представить следующую информацию:

а) заглавие статьи; б) инициалы и фамилии авторов; в) текст аннотации; г) ключевые слова (key words); д) название учреждения (с указанием почтового адреса, тел., e-mail).

В случае несоответствия оформления статьи предъявляемым требованиям статья не публикуется. Статьи подлежат общему редактированию.

В редакцию предоставляются:

1) электронная версия статьи в программе MS Word 2007–2013. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора—ПетровГП.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов;

2) **приложить графики и рисунки в формате графических файлов \*.png, \*.jpg или \*.tiff; таблицы в формате excel.**

3) сведения об авторах (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество каждого соавтора, место и адрес работы с указанием должности, структурного подразделения, ученой степени, звания; контактный телефон, домашний адрес, электронная почта, дата рождения. Звездоч-

кой указывается автор, с которым вести переписку. Файл следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП\_Анкета.doc;

5) рецензия на статью, оформленная согласно образцу, от внешнего рецензента. Подпись внешнего рецензента заверяется соответствующей кадровой структурой.

### ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В БАЗУ ДАННЫХ AGRIS СТАТЬЯ ДОЛЖНА СОДЕРЖАТЬ СЛЕДУЮЩУЮ ИНФОРМАЦИЮ:

1. Сведения об авторах: ( ФИО всех авторов на русс. и англ яз, полное название организации – место работы авторов, адрес эл. почты, должность, ученая степень).

2. Название статьи (на русском и английском языках);

3. Реферат (на русском и английском языках) 200- 250 слов;

Не следует начинать реферат с повторения названия статьи! Необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы. Не допускаются разбивка на абзацы и использование вводных слов и оборотов! Необходимо представлять сведения об объектах исследования. Следить, чтобы в тексте не было повторов и вводных оборотов типа «На основании проведенных исследований можно сказать» (вполне достаточно «установлено» или «сделан вывод»). Все числительные – цифрами.

4. Ключевые слова (на русском и английском языках);

Термины Agrovoc это ключевые слова к Вашей статье, используемые в системе цитирования Agris. Они вводятся на английском языке, и чаще всего совпадают с ключевыми словами Вашей статьи. Для проверки соответствия ключевого слова термину Agrovoc, введите его в поисковой строке сайта Agrovoc. Если термин найден, добавьте его в соответствующее поле формы отправки статьи, если же ключевое слово отсутствует среди терминов Agrovoc, то попробуйте подобрать максимально близкий по смыслу синоним. При отправке статьи используйте минимум 2 и максимум 15 терминов Agrovoc.

*Сервис поиска терминов Agrovoc: <http://aims.fao.org/skosmos/agrovoc/en/search?clang=ru>*

5. Список литературы должен быть представлен на русском языке и на латинице (транслитерация). В списке литературы не должно быть ссылок на одного и того же автора, минимум ссылок на правовые и нормативные документы, наличие ссылок на иностранные публикации. Не допускается машинный перевод текста на английский язык.

### ТРАНСЛИТЕРАЦИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Для того, чтобы попасть в зарубежные аналитические базы данных Scopus и Web of Science необходимо оформлять статьи (в том числе в электронных научных журналах) в соответствии с требованиями зарубежных баз данных.

#### Этапы преобразования ссылки

1) На сайте <http://www.translit.ru> (в раскрывающемся списке «варианты» выбирать вариант, например: системы Госдепартамента США - BSI). Вставляем текст ссылки на русском языке и нажимаем кнопку «в транслит». Название научного журнала в транслитированном списке литературы должно совпадать с транслитированным названием журнала, которое зарегистрировано при его включении в международные базы данных.

2) Англоязычные версии названий многих публикаций, журналов, книг и т.д. можно найти на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/>).

3) Переводим с помощью онлайн-переводчика все описание источника (название книги, статьи и т.д., кроме авторов) на английский язык, перевод редактируем и переносим в формируемый список (за транслитированным названием).

4) Объединяем описания в транслите и переводное, оформляя в соответствии с принятыми правилами. Нужно раскрыть место издания (например, Moscow), а также исправить обозначение страниц на английский язык (например, вместо 124 s. – 124 p., S. 12-15 – pp. 12-15) и номера («№» на «No.»). Курсивом выделяем название источника (при описании статьи) или название книги (монографии, сборника). Убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания, заменяем их на запяты, авторов (всех) ставим перед заглавием.

**Порядок преобразования ссылки**

Переводим ссылку в транслит и убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания (*//* и *-*), заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием:

**Baitin M. I., Petrov D. E.** Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva, Pravo i politika, 2004, № 1, S. 19-30.

После транслитерированного заглавия статьи вставляем в квадратные скобки перевод заглавия на английский язык и выделяем название журнала (книги, монографии) курсивом:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva [**Sector of law and sector of legislation**], **Pravo i politika**, 2004, № 1, S. 19-30.

Меняем «№» на «No.» и страницы - «S.» на «pp.». Обязательно должны быть указаны первый и последний номера страниц статьи:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva (Sector of law and sector of legislation), Pravo i politika, 2004, **No. 1, pp. 9-30.**

**Примеры оформления списка литературы в латинице****Описание статьи из журнала:**

Osintsev A.M., Braginskii V.I., Ostroumov L.A., Gromov E.S. Ispol'zovanie metodov dinamicheskoi reologii dlya issledovaniya protsessa koagulyatsii moloka [Application of dynamic rheology in studying milk coagulation process]. Agricultural Commodities Storage and Processing, 2002, no. 9, pp. 46–49.

**Описание статьи из электронного журнала:**

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. Journal of Computer- Mediated Communication, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

**Описание статьи с DOI:**

Korotkaya E.V., Korotkiy I.A. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of lactobacillus bulgaricus. Food and Raw Materials, 2013, vol. 1, no. 2, pp. 9-14. doi:10.12737/2046

Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов)

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti soedinenii «stal'-kompozit» [Experimental study of the strength of joints «steel-composite»]. Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem» [Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”], 2006, no. 593, pp. 125-130.

**Описание книги (монографии, сборники):**

Berezov T.V., Korovin B.F. Bioorganicheskaya khimiya [Bioorganic Chemistry]. Moscow, Meditsina, 1990. 221 p.

Ot katastrofy k vozrozhdeniyu: prichiny i posledstviya razrusheniya SSSR [From disaster to rebirth: the causes and consequences of the destruction of the Soviet Union]. Moscow, HSE Publ., 1999. 381 p.

**Описание Интернет-ресурса:**

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at:

<http://www.scribd.com/doc/1034528/> (accessed 7 February 2011)

**Описание диссертации или автореферата диссертации:**

Semenov V.I. Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

**Описание ГОСТа:**

GOST 8.586.5–2005. Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichestva zhidkosti i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroystv [State Standard 8.586.5 –2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p.

**Описание патента:**

Palkin M.V., Kulakov A.V. Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ**

**№3 (24)**

**2020**

*Разработка оригинал-макета – Фролов Д. И.*

*Сдано в производство 26.10.2020. Формат 60X84/8*

*Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman.*

*Усл. печ. л. 6,51. Тираж 50 экз.*