

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



**ИННОВАЦИОННАЯ  
ТЕХНИКА И  
ТЕХНОЛОГИЯ**

**INNOVATIVE MACHINERY & TECHNOLOGY**

**Том 9**

**№ 1**

**2022**

**Научно-теоретический и практический журнал**

ISSN 2414-9845 (Online)

ISSN 2410-0242 (Print)

## ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Том 9, № 1, 2022

Научно-теоретический и практический журнал  
Издается с 2014 года

### Главный редактор

**Д. И. Фролов**, канд. техн. наук, доцент  
Пензенский государственный технологический  
университет, Пенза, Россия

### Зам. главного редактора

**А. А. Курочкин**, д-р техн. наук, профессор  
Пензенский государственный технологический  
университет, Пенза, Россия

### Редакционная коллегия:

- А. М. Зимняков**, канд. хим. наук, доцент  
Пензенский государственный университет,  
Пенза, Россия;
- В. М. Зимняков**, д-р экон. наук, профессор  
Пензенский государственный аграрный  
университет, Пенза, Россия;
- А. И. Купреенко**, д-р техн. наук, профессор  
Брянский государственный аграрный университет,  
Брянск, Россия;
- В. И. Курдюмов**, д-р техн. наук, профессор  
Ульяновская государственная сельскохозяйственная  
академия имени П. А. Столыпина, Ульяновск, Россия;
- О. Н. Кухарев**, д-р техн. наук, профессор  
Пензенский государственный аграрный  
университет, Пенза, Россия;
- В. А. Милюткин**, д-р техн. наук, профессор  
Самарский государственный аграрный  
университет, Кинель, Россия;
- В. Ф. Некрашевич**, д-р техн. наук, профессор  
Рязанский государственный агротехнологический  
университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия;
- А. Н. Омаров**, канд. техн. наук, доктор философии  
Западно-Казахстанский инновационно-  
технологический университет, Уральск, Казахстан;
- С. В. Чекайкин**, канд. техн. наук, доцент  
Пензенский государственный технологический  
университет, Пенза, Россия;
- Г. В. Шабурова**, канд. техн. наук, доцент  
Пензенский государственный технологический  
университет, Пенза, Россия

### 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)  
Сайт: <https://itit58.ru>  
*Издается 4 раза в год*

Журнал «Инновационная 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., 2022

## INNOVATIVE MACHINERY AND TECHNOLOGY

Volume 9, Issue 1, 2022

Scientific theoretical and practical journal  
Issued since 2014

### Editor-in-Chief

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

### Deputy-chief editor

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

### Editorial board members:

- A. M. Zimnyakov**, cand. of chemical sciences,  
assoc. professor  
Penza State University, Penza, Russia;
- V. M. Zimnyakov**, doctor of economic sciences,  
professor  
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- A. I. Kupreenko**, doctor of technical sciences,  
professor  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia;
- V. I. Kurdyumov**, doctor of technical sciences, professor  
Ulyanovsk State Agricultural Academy  
in honor of P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia;
- O. N. Kuharev**, doctor of technical sciences,  
professor  
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- V. A. Milutkin**, doctor of technical sciences,  
professor  
Samara State Agrarian University, Kinel, Russia;
- V. F. Nekrashevich**, doctor of technical sciences, professor  
Ryazan State Agrotechnological University  
Named After P.A. Kostychev, Ryazan, Russia;
- A. N. Omarov**, cand. of technical sciences, PhD  
West Kazakhstan Innovative  
and Technological University, Uralsk, Kazakhstan;
- S. V. Chekaykin**, cand. of technical sciences,  
associate professor  
Penza State Technological University, Penza, Russia;
- G. V. Shaburova**, candidate of technical sciences,  
associate professor  
Penza State Technological University, Penza, Russia

### 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)  
website: <https://itit58.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., 2022

---

# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

<b>Влияние микроэмульсии виноградного масла на текстурные и сенсорные свойства хлеба</b>	
<i>Белякова К.Н., Фролов Д.И.</i> .....	5
<b>Обоснование технологии экструдирования семян облепихи</b>	
<i>Курочкин А.А., Чернопазова С.В.</i> .....	10
<b>Исследование влияния вакуумной экструзии на коэффициент расширения экструдатов из рисовой муки</b>	
<i>Фролов Д.И., Рыжова А.А.</i> .....	15

## ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

<b>К вопросу снижения энергоемкости технологии переработки куриного помета</b>	
<i>Курочкин А.А., Потапов М.А.</i> .....	21
<b>Обоснование конструктивно-технологической схемы энергосберегающего термовакуумного агрегата</b>	
<i>Курочкин А.А., Потапов М.А.</i> .....	25
<b>Комбинированная обработка сахарной свеклы в период вегетации растений</b>	
<i>Омаров А.Н., Жазыкбаева Г.М., Кажияхметова А.А., Киясова Г.М.</i> .....	30
<b>Использование параметров установки распылителей на аппликаторе для обработки посевов</b>	
<i>Омаров А.Н., Махсоткалиева Д.А.</i> .....	36
<b>Влияние размеров сопла матрицы экструдера на расширение кукурузного крахмала</b>	
<i>Фролов Д.И., Бугаева Е.А.</i> .....	41
<b>Действие и последствие известкования на фоне применения минеральных удобрений на продуктивность культур звена севооборота</b>	
<i>Чекаев Н.П., Галиуллин А.А.</i> .....	45

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

<b>Производство молока в Пензенской области</b>	
<i>Зимняков В.М.</i> .....	50
<b>Производство комбикормов в России</b>	
<i>Зимняков В.М.</i> .....	56

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

<i>Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей</i> .....	62
<i>Требования к оформлению статьи</i> .....	62

---

# CONTENTS

## FOOD TECHNOLOGY

<b>Effect of grape oil microemulsion on textural and sensory properties of bread</b> <i>Belyakova K.N., Frolov D.I.</i> .....	5
<b>Substantiation of the technology of extrusion of sea buckthorn seeds</b> <i>Kurochkin A.A., Chernopazova S.V.</i> .....	10
<b>Study of the effect of vacuum extrusion on the expansion index of rice flour extrudates</b> <i>Frolov D.I., Ryzhova A.A.</i> .....	15

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

<b>On the issue of reducing the energy intensity of chicken manure processing technology</b> <i>Kurochkin A.A., Potapov M.A.</i> .....	21
<b>Substantiation of the design and technological scheme of an energy-saving thermal vacuum unit</b> <i>Kurochkin A.A., Potapov M.A.</i> .....	25
<b>Combined treatment of sugar beet during the plant vegetation</b> <i>Omarov A.N., Zhazykbaeva G.M., Kazhiyakhmetova A.A., Kiyassova G.M.</i> .....	30
<b>Using sprayer settings on the crop applicator</b> <i>Omarov A.N., Makhsotkaliyeva D.A.</i> .....	36
<b>Effect of extruder die nozzle size on cornstarch expansion</b> <i>Frolov D.I., Bugaeva E.A.</i> .....	41
<b>Action and consequence of lime against the application of mineral fertilizers on the productivity of crops in the root link</b> <i>Chekaev N.P., Galiullin A.A.</i> .....	45

## ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

<b>Milk production in the Penza region</b> <i>Zimnyakov V.M.</i> .....	50
<b>Feed production in Russia</b> <i>Zimnyakov V.M.</i> .....	56

## AUTHOR GUIDELINES

<i>The procedure for consideration, approval and rejection of articles</i> .....	62
<i>Article requirements</i> .....	62

# ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

## FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.681

### Влияние микроэмульсии виноградного масла на текстурные и сенсорные свойства хлеба

*Белякова К.Н., Фролов Д.И.*

**Аннотация.** Проведена оценка влияния добавок микроэмульсий (масло/вода) из масла виноградных косточек на текстурные и сенсорные свойства пшенично-ржаного хлеба и пшеничного французского батона. Анализ текстуры конечных продуктов не выявил различий в упругости. Образцы пшеничного французского батона с добавлением микроэмульсии имели меньшую сухость по сравнению с контрольным пшеничным французским батонem. Образцы пшеничного французского батона с большим количеством добавок микроэмульсии (30-40 г/кг) имели лучшее качество, чем контрольный образец пшеничного французского батона. Эксперты оценили образцы французского батона с добавлением микроэмульсии как более качественные и менее сухие.

**Ключевые слова:** хлеб, сенсорный анализ, микроэмульсия, текстура.

**Для цитирования:** Белякова К.Н., Фролов Д.И. Влияние микроэмульсии виноградного масла на текстурные и сенсорные свойства хлеба // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 1. С. 5–9. EDN: AROSGN.

### Effect of grape oil microemulsion on textural and sensory properties of bread

*Belyakova K.N., Frolov D.I.*

**Abstract.** The effect of additives of microemulsions (oil/water) from grape seed oil on the textural and sensory properties of wheat-rye bread and wheat French loaf was evaluated. Analysis of the texture of the final products showed no difference in elasticity. The microemulsion-added wheat french loaf samples had lower dryness compared to the control wheat french loaf. The Wheat French Loaf samples with more microemulsion additives (30-40 g/kg) were of better quality than the control Wheat French Loaf samples. The experts rated the samples of the French long loaf with the addition of microemulsion as better and less dry.

**Keywords:** bread, sensory analysis, microemulsion, texture.

**For citation:** Belyakova K.N., Frolov D.I. Effect of grape oil microemulsion on textural and sensory properties of bread. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 1. pp. 5–9. EDN: AROSGN. (In Russ.).

#### Введение

Виноградные косточки в последние десятилетия становятся все более и более интересными из-за значительного количества ненасыщенных жирных кислот, фенольных соединений, высокого содержания витамина Е и низкого содержания холестерина. Употребление выжимок и масла виноградных косточек может быть полезным для профилактики проблем с сердцем и кровообращением [1].

Термическая обработка снижает антиокси-

дантную активность добавки из виноградных косточек в хлебе. Однако использование виноградных косточек в качестве добавки может значительно повысить общую антиоксидантную способность хлеба [5]. Исследователи [7] отмечали, что при соответствующих уровнях, добавление виноградных косточек может привести к благоприятному изменению цвета хлеба, не вызывая значительных изменений других сенсорных свойств. Высококачественное масло виноградных косточек характеризуется легким вкусом с фруктовыми нотками,

высокой температурой дымления (216 °С), высокой усвояемостью и незначительным увеличением вязкости при использовании для порционной жарки.

Текстурные свойства пищевых продуктов представляют группу физических характеристик, которые ощущаются при прикосновении, связаны с деформацией, распадом и текучестью пищи и объективно измеряется функциями силы, времени и расстояния. Другой способ рассмотрения текстуры заключается в том, что текстура - это сенсорная характеристика, поэтому только человек может воспринимать, описывать и количественно оценивать ее. Текстура обычно рассматривается как многопараметрический атрибут. Хлебобулочные изделия имеют очень короткий срок хранения, и их качество зависит от периода времени между выпечкой и употреблением. Во время хранения, снижение свежести хлеба параллельно с увеличением твердости мякиша приводит к потере потребительской привлекательности, известной как черствение. Старение определяется как термин, указывающий на снижение потребительской привлекательности хлебобулочных изделий, вызванное изменениями в мякише, кроме тех, которые являются результатом действия организмов вызывающих порчу. Характеристики мякиша хлеба, которые использовались для определения степени черствения, включают изменения вкуса, аромата, твердости, непрозрачности, рассыпчатости, кристалличности крахмала, впитывающей способности, восприимчивости к альфа-амилазе и содержания растворимого крахмала, однако ни один метод не может полностью измерить или описать степень черствения, замеченную потребителем. Изменения при черствении происходят как в мякише, так и в корке хлеба. Изменения, которые происходят в текстуре мякиша, следующие: мякиш становится более твердым, жестким, а также более рассыпчатым и непрозрачным. Хотя во время черствения происходит целый ряд сложных событий, включая изменение кристалличности крахмала во время хранения, черствение хлеба в основном связано с укреплением мякиша. Черствение корки обычно вызвано миграцией влаги из мякиша в корку, что приводит к мягкой, кожистой текстуре и обычно менее неприятно, чем черствение мякиша.

Во многих работах содержится информация о действии виноградных косточек и виноградного масла на здоровье [3]. Таким образом, они являются очень ценными (сырьевыми) добавками, которые следует добавлять в пищевые продукты [4]. Известно, что хлеб вообще относится к наиболее часто потребляемым продуктам питания. Информация о влиянии винограда и, главным образом, эмульсии виноградного масла на конечные пищевые продукты, особенно на пластичность, вкус и запах, цвет корочки и мякиша, текстуру мякиша хлебобулочных изделий очень ограничена. Таким образом, целью данной работы было определение влияния микроэмульсии виноградного масла на текстурные

и сенсорные свойства теста и пшенично-ржаного хлеба и пшеничного французского батона.

### Объекты и методы исследований

Пшеничная мука (содержание влаги 14,8%, содержание клейковины в сухом веществе 35%, зольность 0,47%) была куплена в магазине. Хлеб из пшеничной муки (содержание влаги 14,1%, содержание клейковины в сухом веществе 39%, зольность 1,2%) и темный хлеб из ржаной муки (содержание влаги 13,7%, зольность 1,0%) использовался для определения основных характеристик пшеничной муки в соответствии. Влажность определяли по ГОСТ 21094-75. Зольность муки определяли по ГОСТ 27494-2016. Содержание клейковины определяли по ГОСТ ISO 21415-2-2019.

Рецептура. В исследовании использовались ингредиенты: пищевая соль, йодат калия, дрожжи, сахар, ржаная мука, вода, дрожжевая основа, молочная кислота, уксусная кислота, тмин.

Микроэмульсия из виноградных косточек. Сухие чистые виноградные косточки из красного, белого и смешанного винограда были отделены от остатков биомассы (выжимки). Образцы виноградного масла были получены холодным отжимом из образцов виноградных косточек.

Стерильный соевый лецитин (90,3 г в качестве эмульгатора) и витамин Е (0,7 г смеси токоферолов и токотриенолов, в качестве антиоксиданта) были добавлены к 700 г виноградного масла, нагретого до 35 °С. К смеси добавили 3500 мл дистиллированной воды для образования стабильной (масло/вода) микроэмульсии. Смесь перемешивали, гомогенизировали и эмульгировали при 6000 об/мин в течение 10 мин в смесителе. Затем премикс (грубую первичную микроэмульсию) обрабатывали в гомогенизаторе высокого давления для непрерывного охлаждения ( $t < 51^{\circ}\text{C}$ ) при давлении 54 МПа. Антимикробный агент (1,5 г сорбата калия) добавляли в конечную микроэмульсию. С помощью вышеописанной процедуры приготовления была получена однородная микроэмульсия виноградного масла (масло/вода, размер липидных частиц 250-350 нм). Можно также утверждать, что эти микроэмульсии будут достаточно стабильными и хорошо подходят в качестве носителей других липофильных (в липидной фазе) или гидрофильных (в водной фазе) биологически активных веществ. В таблице 1 приведено содержание незаменимых жирных кислот в образцах виноградного масла холодного отжима.

Выпекалось пять образцов пшенично-ржаного хлеба (четыре образца, содержащие 10 г/кг, 20 г/кг, 30 г/кг и 40 г/кг микроэмульсии и контрольный образец - 0 г/кг микроэмульсии). Состав пшенично-ржаного хлеба состоял из 1500 г/кг хлеба из пшеничной муки, 1000 г/кг хлеба из ржаной муки, 30 г/кг дрожжей натуральных, 50 г/кг соли, 65 г/кг дрожжей, 5 г/кг тмина и 1800 г/кг воды.

Образцы теста перемешивались в спиральной

Таблица 1 – Содержание незаменимых жирных кислот в образцах виноградного масла холодного отжима [2]

Жирные кислоты, %	Масло из косточек белого винограда [6]	Масло из косточек красного винограда
C14:0	0,04	0,04
C15:0 IS	0,02	0,01
C16:0	6,18	6,67
C16:1n7c	0,12	0,1
C17:0	0,06	0,05
C16:3n4c	0,02	0,02
C18:0	3,9	3,53
C18:1n9c	14,7	14,2
C18:1n7c	0,85	0,91
C18:2n6c	73,4	74
C18:3n3c	0,41	0,38
C20:0	0,14	0,13
C20:1n9c	0,13	0,12

мешалке в течение 8 мин (3 мин медленный замес, 5 мин быстрый замес). Затем тесто было разделено на небольшие куски (1,2 кг), которые были вымешены вручную. Затем тесто оставляли на 15 мин, формировали в пшеничную буханку и укладывали. Затем тестовые заготовки помещали в форму, на противень и оставляли подниматься на 40-50 мин при температуре 35°C и влажности 80% в расстойном шкафу. Затем их выпекали в течение 43 мин при температуре 260°C в течение 5 мин, затем при 215°C в течение 38 мин в подовой печи. Масса буханок контролировалась так, чтобы в конце выпечки она составляла почти 1,0 кг.

Выпечка пшеничного французского батона. Состав пшеничного французского батона состоял из 1000 г/кг пшеничной муки, 24 г/кг соли, 40 г/кг дрожжей и 560 г/кг воды. Было приготовлено 5 различных образцов пшеничного французского батона (0 г/кг микроэмульсии - контрольный образец, 10 г/кг, 20 г/кг, 30 г/кг и 40 г/кг микроэмульсии).

Образцы пшеничного теста перемешивались в спиральной мешалке в течение 7 мин (3 мин медленный замес, 4 мин быстрый замес). Затем тесто разделили на небольшие куски (0,4 кг). Куски были вымешены вручную и оставлены на 15 мин. Затем куски теста были сформированы в пшеничный батон и уложены в расстойную машину. Затем тестовые заготовки оставляли на 30 мин для подъема при температуре 35°C и влажности 75% в расстойной печи. Их выпекали в течение 15-18 мин при температуре 220°C в подовой печи. Конечная масса пшеничных буханок составила 0,35 кг.

Сенсорный анализ пшенично-ржаного хлеба и пшеничного французского батона. Сенсорная оценка (вкус, кислотность, ощущение при глотании, сухость, податливость, хрусткость, липкость, ощущение полноты, качество) проводилась 5 экспертами. Контрольный образец (образец А - без микроэмульсии винограда), образцы пшенично-ржаного хлеба/пшеничного французского батона с микроэмульсией винограда (40,0 г/кг - образец В, 30,0 г/кг - об-

разец С, 20,0 г/кг - образец D, 10,0 г/кг - образец E) были представлены анонимно при комнатной температуре (20 °C) в каждой партии. Все образцы с добавлением микроэмульсии винограда (образцы В - E) и контрольный образец (образец А без микроэмульсии винограда) были оценены по следующим характеристикам: вкус, кислотность, ощущение при глотании, сухость, податливость, хрусткость, липкость, ощущение наполненности, качество.

Результаты сенсорного анализа были статистически оценены с помощью непараметрического дисперсионного анализа. Результаты анализа текстуры были статистически оценены с помощью STATISTICA 10.

### Результаты и их обсуждение

В таблице 2 показаны незначительные различия между образцами пшенично-ржаного хлеба и пшеничного французского батона по упругости. Добавление микроэмульсии винограда не повлияло на твердость после выпечки (в основном прочность хлеба отличается в каждом образце после выпечки).

Было изучено влияние микроэмульсий винограда на сенсорные характеристики конечных продуктов (пшенично-ржаного хлеба и пшеничного батона) после выпечки.

Статистически не значимые различия ( $P > 0,05$ ) были обнаружены по всем сенсорным характеристикам на уровне значимости 5 %.

Эксперты не смогли распознать различия между отдельными видами пшенично-ржаного хлеба по этим характеристикам.

Статистически значимые различия между пшеничными французскими батонами ( $P < 0,05$ ) были обнаружены в таких сенсорных характеристиках, как сухость, податливость и качество. Образцы пшеничного французского батона с добавлением (10-40 г/кг) микроэмульсии виноградного семени имели меньшую сухость по сравнению с контрольным образцом. Результаты согласуются с данны-

Таблица 2 – Упругость пшенично-ржаного хлеба и пшеничного французского батона

Образцы	Упругость, г				
	A*	B	C	D	E
Пшенично-ржаной хлеб	17	17,1	17	16,5	15,3
Пшеничный французский батон	21,5	21,2	21	17,5	16,9

A\* – Контрольный образец без микроэмульсии виноградных косточек; B – образцы с добавлением 10 г/кг микроэмульсии винограда; C – образцы с добавлением 20 г/кг микроэмульсии винограда; D – образцы с добавлением 30 г/кг микроэмульсии винограда; E – образцы с добавлением 40 г/кг микроэмульсии винограда.

ми других исследователей, которые установили, что добавление антиоксидантов является одним из методов увеличения срока хранения, особенно липидов и липидосодержащих продуктов. В связи с этим, податливость была выше у образцов с добавлением 10-20 г/кг виноградной микроэмульсии по сравнению с контрольным образцом пшеничного французского батона. Качество было лучше у образцов с добавлением 30-40 г/кг виноградной микроэмульсии по сравнению с контрольным образцом. Образцы пшеничного французского батона с добавлением виноградной микроэмульсии менее сухие и имели лучшее качество по сравнению с контрольным образцом (табл. 3).

Статистически не значимые различия ( $P>0,05$ ) были обнаружены между пшеничными французскими батонами по другим сенсорным характеристикам (вкус, кислотность, ощущение при глотании, хрусткость, липкость, ощущение полноты) при уровне значимости 5%. Результаты согласуются с исследователями, которые утверждают, что рафинированное масло виноградных косточек имеет нейтральный вкус. Это означает, что виноградное масло не должно влиять на вкус конечных продуктов. Сенсорные эксперты не смогли распознать различия между отдельными пшеничными французскими батонами по этим характеристикам. Сухость и пластичность образцов контрольного пшеничного французского батона и пшеничного французского батона с добавлением микроэмульсии виноградных косточек были ниже из-за более низкого содержания жира в готовых продуктах, поскольку хорошо известно, что жиры улучшают структуру мякиша хлеба, вкус и увеличивают срок хранения.

### Выводы

Результаты показывают качественные изменения пшеничного французского батона и пшенично-ржаного хлеба при добавлении микроэмульсий винограда. Виноградные микроэмульсии уменьшили сухость, увеличили податливость и качество пшеничного французского батона. Добавление микроэмульсий не повлияло на контролируемые

Таблица 3 – Результаты сенсорного анализа тестируемых пшенично-ржаных хлебов (образцы B-E) и пшеничного французского батона (образцы B-E) после выпечки

Характеристики*	** Медианные значения									
	A	B	C	D	E	A <sup>a</sup>	B <sup>a</sup>	C <sup>a</sup>	D <sup>a</sup>	E <sup>a</sup>
	пшенично-ржаной хлеб					пшеничный французский батон				
Вкус	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2
Кислотность	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Ощущение при глотании	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Сухость	3	4	4	4	3	2	3	3	3	3
Податливость	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3
Хрусткость	3	3	3	4	3	4	3	3	4	3
Липкость	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ощущение полноты	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Качество	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2

\*Используемые гедонистические шкалы:

Вкус: от 1 - очень хороший до 5 - очень плохой. Кислотность: от 1 - нет до 5 - очень значительная. Ощущения при глотании: 1 - очень хорошо, 5 - очень плохо. Сухость: от 1 - очень сухая до 5 - очень влажная. Податливость: от 1 - очень высокая до 5 - очень низкая. Хрусткость: от 1 - очень хрусткий до 5 - жесткий. Липкость: от 1 - очень высокая до 5 - едва заметная. Ощущение полноты: от 1 - очень хорошо до 5 - очень плохо. Качество: от 1 - отличное до 5 - очень плохое.

\*\*Медианные значения.

A/Aa – контрольный образец пшенично-ржаного хлеба/пшеничного французского батона без микроэмульсии винограда; B/Ba – образцы пшенично-ржаного хлеба/пшеничного французского батона с добавлением 40 г/кг микроэмульсии винограда; C/Ca – образцы пшенично-ржаного хлеба/пшеничного французского батона с добавлением 30 г/кг микроэмульсии винограда; D/Da – образцы пшенично-ржаного хлеба/пшеничного французского батона с добавлением 20 г/кг виноградной микроэмульсии; E/Ea – образцы пшенично-ржаного хлеба/пшеничного французского батона с добавлением 10 г/кг виноградной микроэмульсии.

характеристики пшенично-ржаного хлеба и упругость обоих продуктов. Полученные результаты являются примером влияния микроэмульсии на текстуру и сенсорные свойства пшенично-ржаного хлеба и пшеничного французского батона. Исследования в этой области будут продолжены.

**Литература**

- [1] Горлачева С.В., Евдокимов И.А., Скороходова М.В. Изучение процессов экстрагирования масла из виноградных косточек // Вестник Северо-Кавказского Государственного Технического Университета. 2012. № 3 (32). С. 125–128. EDN: RCKXGB.
- [2] Исследование содержания жирных кислот в масле виноградных семян методом газожидкостной хроматографии / А.В. Брыкалов, Е.В. Белик, Н.А. Антонова, А.Л. Новожилов // Вестник Северо-Кавказского Государственного Технического Университета. 2006. № 3. С. 20–22. EDN: JVZSEH.
- [3] Кароматов И.Д., Абдувохидов А.Т. Лечебные свойства косточек винограда и виноградного масла (обзор литературы) // Биология и интегративная медицина. 2018. № 1 (18). С. 49–86. EDN: XTSQWT.
- [4] Разработка рецептуры хлеба, обогащенного жмыхом виноградных косточек / Т.А. Корчубекова, Барылбекова К.дж., З.Т. Салиева, Н. Дуйшенбек. Уральский государственный экономический университет, 2020. С. 307–311. EDN: HBHSII.
- [5] Сизова Н.В., Черноусова И.В., Огай Ю.А. Содержание антиоксиданта-токоферола в виноградных маслах, полученных методами прессования и экстракцией // Виноградарство И Виноделие. 2020. Т. 49. С. 248–250. EDN: YLNTEX.
- [6] Сравнительная характеристика виноградных семян как источника растительного масла / Н.А. Басий [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2003. № 5-6 (276-277). С. 23–24. EDN: QCUUIN.
- [7] Патент № 2614635 С Российская Федерация, МПК А23L 5/40. Экстракт из виноградных косточек для окрашивания поверхностей продуктов питания в коричневый цвет : № 2014114518 : заявл. 17.08.2012 : опубл. 28.03.2017 / С. Кейвин, К. Бортлик, М. Мишель. – EDN: BEPHNY.

**References**

- [1] Goralcheva S.V., Evdokimov I.A., Skorokhodova M.V. Studying the processes of extracting oil from grape seeds // Bulletin of the North Caucasian State Technical University. 2012. No. 3 (32). pp. 125–128. EDN: RCKXGB.
- [2] The study of the content of fatty acids in the oil of grape seeds by gas-liquid chromatography / A.V. Brykalov, E.V. Belik, N.A. Antonova, A.L. Novozhilov // Bulletin of the North Caucasian State Technical University. 2006. No. 3. S. 20–22. EDN: JVZSEH.
- [3] Karomatov I.D., Abduvokhidov A.T. Medicinal properties of grape seeds and grape oil (literature review) // Biology and Integrative Medicine. 2018. No. 1 (18). pp. 49–86. EDN: XTSQWT.
- [4] Development of a recipe for bread enriched with grape seed cake / T.A. Korchubekova, Barylbeikova K.J., Z.T. Salieva, N. Duishenbek. Ural State University of Economics, 2020, pp. 307–311. EDN: HBHSII.
- [5] Sizova N.V., Chernousova I.V., Ogay Yu.A. The content of antioxidant-tocopherol in grape oils obtained by pressing and extraction // Viticulture and Winemaking. 2020. V. 49. S. 248–250. EDN: YLNTEX.
- [6] Comparative characteristics of grape seeds as a source of vegetable oil / N.A. Basiy [et al.] // News of higher educational institutions. Food technology. 2003. No. 5-6 (276-277). pp. 23–24. EDN: QCUUIN.
- [7] Patent No. 2614635 C Russian Federation, IPC A23L 5/40. Grape seed extract for browning food surfaces : No. 2014114518 : Appl. 08/17/2012 : publ. 03/28/2017 / S. Keivin, K. Bortlik, M. Michel. -EDN: BEPHNY.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Белякова Карина Николаевна</b> магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p><b>Belyakova Karina Nikolaevna</b> undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<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>

## Обоснование технологии экструдирования семян облепихи

*Курочкин А.А., Чернопазова С.В.*

**Аннотация.** Применение композитов на основе семян масличных культур позволяет обогащать пищевые продукты высокоценными ингредиентами путем замены части пшеничной муки на экструдированную смесь зерна пшеницы и каких-либо семян масличных растений. При этом упрощается технологический процесс и снижается трудоемкость обработки нативного сырья. Объектом исследования являлась смесь семян пшеницы и облепихи, которую подвергали экструдированию с помощью термовакуумного экструдера. Предлагаемая технология термовакуумной экструзии смеси обеспечивает необходимые структурно-механические и частично химические изменения оболочки семян облепихи и не приводит к деградационным изменениям белков и липидов сырья.

**Ключевые слова:** технология, термовакуумная экструзия, поликомпонентный композит, семена облепихи.

**Для цитирования:** Курочкин А.А., Чернопазова С.В. Обоснование технологии экструдирования семян облепихи // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 1. С. 10–14. EDN: EWYUBR.

## Substantiation of the technology of extrusion of sea buckthorn seeds

*Kurochkin A.A., Chernopazova S.V.*

**Abstract.** The use of composites based on oilseeds makes it possible to enrich food products with high-value ingredients by replacing part of wheat flour with an extruded mixture of wheat grains and any seeds of oilseeds. At the same time, the technological process is simplified and the complexity of processing native raw materials is reduced. The object of the study was a mixture of wheat and sea buckthorn seeds, which was extruded using a thermal vacuum extruder. The proposed technology of thermal vacuum extrusion of the mixture provides the necessary structural, mechanical and partially chemical changes in the shell of sea buckthorn seeds and does not lead to degradation changes in proteins and lipids of raw materials.

**Keywords:** technology, thermal vacuum extrusion, multicomponent composite, sea buckthorn seeds.

**For citation:** Kurochkin A.A., Chernopazova S.V. Substantiation of the technology of extrusion of sea buckthorn seeds. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 1. pp. 10–14. EDN: EWYUBR. (In Russ.).

### Введение

В различных отраслях и сферах деятельности применяется множество технологий, в результате реализации которых наряду с готовым продуктом получают вторичное сырье (вторичные материальные ресурсы), содержащее достаточно ценные ингредиенты. Во многих случаях такое сырье технологически возможно и экономически выгодно повторно вовлекать в производство и вырабатывать из него различные пищевые продукты и добавки.

Например, облепиховое масло традиционно применяется как компонент различных биологически активных добавок, лекарственных препаратов,

а также при производстве косметических средств [1, 2].

В пищевой промышленности наряду с цельными плодами этого растения находят применение побочные продукты переработки плодов облепихи с целью получения масла: жмых или шрот [6, 7].

Облепиховый жмых получают после выделения из плодов масла методом прессования. В этом случае в побочном продукте остаточное содержание масла достаточно значимо, что сказывается на его высокой энергетической и питательной ценности. Однако из-за повышенного содержания липидов жмых требует особые условия хранения, нарушение которых приводит к его достаточно быстрому прогорканию.

Шрот образуется при извлечении масла из жмыха методом экстракции. В шроте остается минимальное количество липидов (1-3 %) и по питательной ценности, содержанию витаминов и фосфатидов он уступает жмыху, однако по концентрации протеина и микроэлементов превосходит его. Функциональные продукты, сырьем для которых являются плоды облепихи, представлены на рис. 1 [2].

Пищевые и хозяйственно-полезные свойства плодов облепихи хорошо изучены и проанализированы, однако в данном случае целесообразно отметить некоторые свойства семян растения.

Многочисленные источники научной информации указывают, что семена облепихи содержат в своем составе белки (24-25%), липиды (12-15%), токоферолы (40-50 мг %), биофлавоноиды (1,2-1,5%) [6].

Фракционный состав белков семян облепихи характеризуется значительной долей водо- и соластворимых фракций (до 63% от общей массы белка), что характерно для зерновых культур.

Учитывая, что пищевая ценность белков зависит не столько от их растворимости, сколько от сбалансированности аминокислот, интересны данные по аминокислотному составу семян. Анализ этого показателя свидетельствует о высоком содержании аргинина и гистидина. В белках семян облепихи также много глицина и глутаминовой кислоты, которые применяются отдельно как вкусовые добавки [1].

В отличие от мякоти, семена облепихи бедны каротиноидами и аскорбиновой кислотой. Вместе с тем они богаты природными антиоксидантами – токоферолами. Важно отметить, что по этому важней-

шему защитному соединению клеточных мембран семена облепихи намного превосходит многие ягоды и орехи.

Значительный интерес представляют флавоноидные соединения семян, рассматриваемые не только как витаминоподобные вещества, но и как сильные антиоксиданты, которые в синергизме с аскорбиновой кислотой повышают резистентность капилляров кровеносных сосудов, а также нормализуют углеводно-фосфатный обмен организма человека.

Что касается липидов семян, то согласно современным представлениям о рационе человека его состав должен быть сбалансированным по соотношению эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3. Для липидов семян облепихи данное соотношение соответствует 2:1, что позволяет рассматривать этот продукт в качестве компонента лечебного питания [1].

Интересны результаты исследований по применению семян облепихи на пищевые цели в виде муки. Автор этих исследований отмечает, что высокое содержание грубой клетчатки в семенах облепихи лимитирует непосредственное применение муки из семян в составе пищевых продуктов. По ее мнению существующие методы отделения оболочки от ядра приводят к большим потерям полезных веществ самого ядра и полному удалению пищевых волокон. Поэтому для решения данной проблемы был предложен биотехнологический подход – частичная деструкция неусваиваемых полисахаридов оболочки семян путем ее ферментации. Конечным результатом исследований была разработка технологии получения биокомпозита «Облепиховый», включающей выполнение следующих операций:

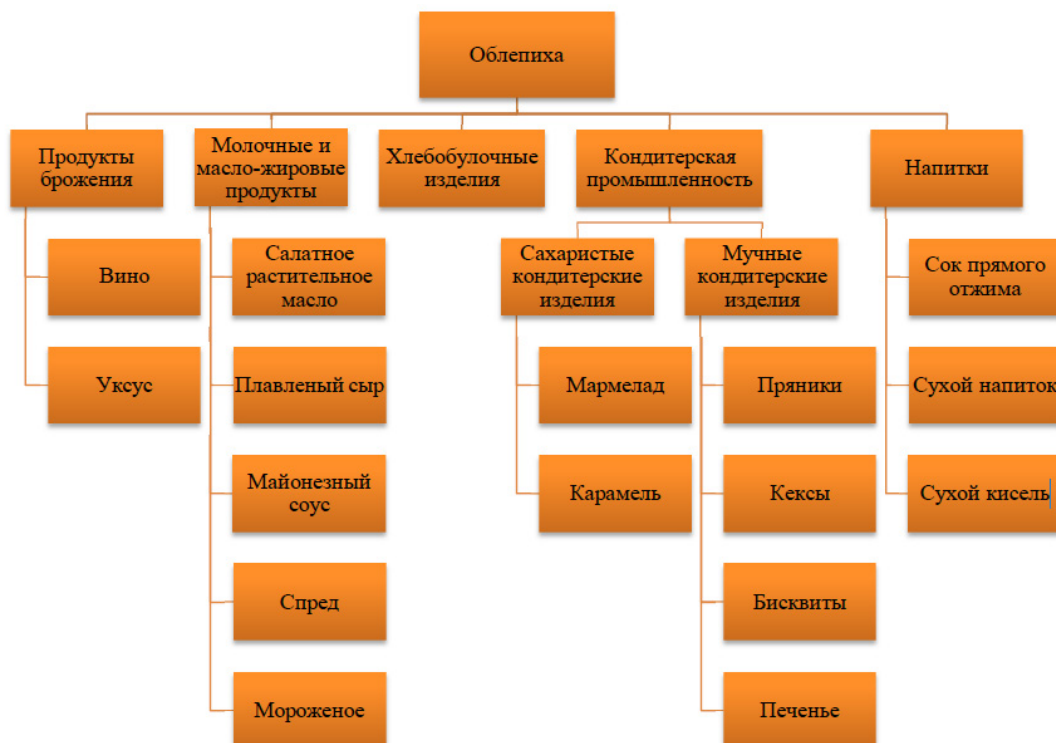


Рис. 1. Функциональные продукты с облепихой [2]



Рис. 2. Семена облепихи

размол семян облепихи, просеивание полученных частиц с помощью сита, дополнительное измельчение лузги (сход с сита, имеющего отверстия диаметром 0,5 мм), смешивание с ячменным солодом в соотношении 1:1, ферментация (при температуре 45°C, гидромодуле 1:3 в течение 5 часов), сушка гидролизата, смешивание с измельченным и подогретым до 80-90 °C ядром, измельчение смеси до размеров частиц не более 180 мкм [1].

Очевидно, что масштабирование этой технологии для условий реального производства затруднено в силу чрезвычайно высокой трудоемкости и потребности в использовании дорогостоящего и энергоемкого оборудования.

Цель работы – обоснование технологии переработки семян облепихи и получение на ее основе поликомпонентного композита, используемого в качестве функциональной добавки при производстве хлебобулочных изделий.

#### Объекты и методы исследования

Изучали показатели семян облепихи, оказывающие влияние на параметры их экструзионной обработки с помощью термовакуумного экструдера.

#### Результаты и их обсуждение

Основываясь на опыте обоснования технологии получения функциональных пищевых добавок на основе термовакуумной экструзионной обработки семян масличных культур, можно предположить, что разработка композита на основе семян облепихи с применением данной технологии может быть также весьма актуальной [3].

При этом следует отметить, что экструдирование растительного сырья с относительно высоким содержанием липидов и клетчатки в чистом виде без добавления каких-либо наполнителей затруднено [4].

Результаты наших экспериментов подтверждают, что функциональный композит хорошего качества на основе такого сырья можно получить путем его совместного экструдирования с высококрахмалистым сырьем, например, зерном пшеницы. Такие экструдаты с содержанием в них воды не больше 10...14%

Таблица 1 – Некоторые показатели семян льна и облепихи

Показатели	Семена льна	Семена облепихи
Влажность свежих семян, %	28-30	34-36
Масса одного семени с оболочкой, мг	5,8	7,2
Масса ядра семени, мг	3,1	3,4
Масса оболочки семени, мг	2,7	3,8
Соотношение масс ядра и оболочки, %	53,5:46,5	47,3:52,7

сохраняет практически все полезные свойства ингредиентов, из которого они выработаны и хорошо хранятся в обычных условиях [3].

Например, в одной из работ показано, что для получения поликомпонентного экструдата на основе семян льна в качестве наполнителя следует использовать зерно пшеницы с массовой долей влаги 14%, соответствующей по ГОСТ Р 52554-2006 базисным условиям для этой культуры. При этом условии наиболее высокую пористость экструдата можно получить при содержании в нем 20% семян льна с массовой долей влаги 40,0-42,0% [3].

Следует отметить, что одним из важнейших показателей, влияющих на технологические параметры переработки семян масличных культур и свойства готового продукта, является влажность семян сразу после их выделения из плода. Этот показатель существенно зависит от зрелости плода, срока его хранения, а также видовых особенностей растения (соотношения масс ядра семени и его оболочки).

С целью предварительного обоснования параметров технологии получения композита на основе семян облепихи, сравним некоторые показатели семян льна и облепихи (табл. 1).

Анализ таблицы показывает, что семена льна (мелкосемянного масличного сорта) и облепихи имеют схожие показатели и отличаются соотношением масс ядра и оболочки в пользу льна. С учетом более высокого содержания липидов в семенах льна по сравнению с семенами облепихи, можно предположить, что параметры экструзионного процесса для этих двух видов семян могут быть весьма близки по базовым показателям. В дальнейших исследованиях они могут быть дополнительно исследованы и уточнены, однако предварительно в этой части можно рекомендовать следующее.

Предлагаемая авторами технология переработки семян облепихи заключается в следующем. Смесь семян пшеницы влажностью 14-15% и семян облепихи влажностью 34-36% и в соотношении 4:1-3:1 обрабатывают с помощью термовакуумного экструдера [5]. На выходе из фильеры матрицы экструдера сырье с температурой 100-105°C поступает в вакуумную камеру, в которой поддерживается пониженное давление (вакуум), равное 0,07-0,08 МПа. При этом экструдат может разрезаться на частицы размером до 1мм режущим устройством, входящим в состав



Рис. 3. Экструдат смеси семян пшеницы и облепихи

экструдера. Содержание влаги в экструдированном продукте регулируют величиной давления воздуха в вакуумной камере экструдера на уровне не более 8-10%. На рис. 3 показан полученный по предлагаемой технологии экструдат смеси семян пшеницы и облепихи с массовым соотношением указанного сырья 3:1.

Технология может быть легко адаптирована в случае применения вместо семян облепихи их жмыха или шрота.

### Выводы

Предлагаемая технология термовакuumной экструзии смеси семян пшеницы и облепихи обеспечивает необходимые структурно-механические и частично химические изменения оболочки семян и не приводит к деградационным изменениям белков и липидов сырья.

### Литература

- [1] Габанова, Г.В. Разработка технологии получения биокомпозита на основе семян облепихи: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07 /Г.М. Габанова. – Улан-Уде: Восточно-Сибирский гос. технол. ун-т, 2004. – 20 с.
- [2] Горемыкина, Н.В. Обоснование технологии и метода идентификации облепихового масла и товароведная оценка продуктов на его основе: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 /Н.В. Горемыкина. – Екатеринбург: Уральский гос. эконом. ун-т, 2016. – 175 с.
- [3] Инновации в экструзии /А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, А.А. Блинохватов. [и др.]. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.
- [4] 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.
- [5] Пат. 2561934 Российская Федерация МПК7 B29C47/12. Экструдер с вакуумной камерой /заявители: Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, Р.В. Шабнов, А.А. Курочкин, В.А. Авроров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Пензенский ГТУ.– № 2014125348; заявл. 23.06.2014; опубл. 10.09.2015, Бюл. № 25. – 7с.
- [6] Рудая, М.А. Сравнительное фармакогностическое изучение плодов облепихи крушиновидной различных сортов: дис. ... канд. фармацевт. наук: 14.04.02 /М.А. Рудая. М.: Первый Московский гос. мед. ун-т им. И.М. Сеченова, 2021. – 277 с.

### References

- [1] Gubanova, G.V. Development of technology for obtaining biocomposite based on sea buckthorn seeds: dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.18.07 /G.M. Gabanova. – Ulan-Ude: East Siberian State University. technol. un-t, 2004. – 20 p.
- [2] Goremykina, N.V. Substantiation of the technology and method of identification of sea buckthorn oil and commodity evaluation of products based on it: dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.18.15 /N.V. Goremykina. – Yekaterinburg: Ural State Economy. un-t, 2016. – 175 p.
- [3] Innovations in extrusion /A. A. Kurochkin, P. K. Garkina, A. A. Blinokhvatov [et al.] Penza: RIO PGU, 2018. – 247 p.
- [4] 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.
- [5] Pat. 2561934 The Russian Federation, IPC B29C47/12. Extruder with vacuum chamber /applicants: G. V. Shaburova, P. K. Voronina, R. W. Shabnov, A. A. Kurochkin, V. A. Avrorov; applicant and patentee Federal state educational institution IN Penza state technological University. No 2014125348; Appl. 23.06.2014; publ. 10.09.2015, bull. No25. – 7 p.
- [6] Rudaya, M.A. Comparative pharmacognostic study of sea buckthorn fruits of various varieties: dis. ... PhD. pharmacist. Sciences: 14.04.02 /M.A. Rudaya. Moscow: First Moscow State Medical University. I.M. Sechenov Univ., 2021. – 277 p.

[7] Типсина, Н.Н. Разработка новых видов кондитерских изделий повышенной пищевой ценности с использованием полуфабрикатов из сибирских сортов облепихи /Н.Н. Типсина, Н.В. Цугленок, В.В. Матюшев. – Красноярск: Изд-во Красн. гос. аграр. ун-та, 2014. – 114 с.

[7] Tipsina, N.N. Development of new types of confectionery products of increased nutritional value using semi-finished products from Siberian sea buckthorn varieties / N.N. Tipsina, N.V. Tsuglenok, V.V. Matyushev. – Krasnoyarsk: Publishing House of the Red State Agrarian University. un-ta, 2014. – 114 p.

**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 Тел.: +7(927) 382-85-03 E-mail: 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 Phone: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>
<p><b>Чернопазова Светлана Викторовна</b> магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p><b>Chernopazova Svetlana Viktorovna</b> undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>

## Исследование влияния вакуумной экструзии на коэффициент расширения экструдатов из рисовой муки

Фролов Д.И., Рыжова А.А.

**Аннотация.** В статье проведено исследование влияния вакуумной экструзии на коэффициент расширения экструдатов и общее содержание фенольных соединений в зависимости от параметров процесса экструзии. Все эксперименты по экструзии проводили с использованием одношнекового лабораторного экструдера ЭК-40. Параметры экструзии были следующими: скорость вращения шнека (200-400 об/мин), температура в стволе экструдера (70-100°C) и вакуум в вакуумной камере (0-53 кПа). На коэффициент расширения (КР) экструдата рисовой муки значительно повлияли параметры процесса вакуумной экструзии. Оптимизированными условиями были температура ствола экструдера 77,5°C, влажность сырья 32,5%, скорость вращения шнека 350 об/мин и уровень вакуума 40 кПа. Экструзия с использованием вакуума оказывает заметное влияние на коэффициент расширения по сравнению с обычной экструзией.

**Ключевые слова:** экструзия, вакуум, рис, мука, коэффициент расширения, фенольные соединения.

**Для цитирования:** Фролов Д.И., Рыжова А.А. Исследование влияния вакуумной экструзии на коэффициент расширения экструдатов из рисовой муки // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 1. С. 15–20. EDN: FIEPYM.

## Study of the effect of vacuum extrusion on the expansion index of rice flour extrudates

Frolov D.I., Ryzhova A.A.

**Abstract.** The article studies the effect of vacuum extrusion on the expansion coefficient of extrudates and the total content of phenolic compounds, depending on the parameters of the extrusion process. All extrusion experiments were carried out using a single-screw laboratory extruder EK-40. The extrusion parameters were as follows: screw speed (200-400 rpm), temperature in the extruder barrel (70-100°C) and vacuum in the vacuum chamber (0-53 kPa). The expansion coefficient (EC) of the rice flour extrudate was significantly affected by the parameters of the vacuum extrusion process. Optimized conditions were barrel temperature of 77.5°C, raw material moisture content of 32.5%, screw speed of 350 rpm and vacuum level of 40 kPa. Vacuum extrusion has a significant effect on the expansion coefficient compared to conventional extrusion.

**Keywords:** extrusion, vacuum, rice, flour, expansion coefficient, phenolic compounds.

**For citation:** Frolov D.I., Ryzhova A.A. Study of the effect of vacuum extrusion on the expansion index of rice flour extrudates. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 1. pp. 15–20. EDN: FIEPYM. (In Russ.).

### Введение

Экструзия - это сложный процесс, в котором небольшие изменения в условиях обработки влияют на переменные процесса, а также на качество продукта. Качество продукта с точки зрения структуры и питательных свойств значительно варьируется в зависимости от типа экструдера, конфигурации шнека, температуры процесса, содержания жира и влаги сырья. Доказано, что структурные свойства экструдатов очень важны для потребителей. Более

того, питательные свойства также приобретают все большее значение в последнее время в связи с сознательным отношением потребителей к своему здоровью. Однако сохранение функциональных качеств экструдатов затруднено из-за высокотемпературной обработки, которая вызывает нежелательные эффекты, вызывая потери термолабильных биологически активных соединений, окисление липидов, разрушение или снижение доступности аминокислот и других, чувствительных к температуре питательных веществ. Ряд исследований был

Таблица 1 – План эксперимента с независимыми и зависимыми параметрами

№	Температура (Т), °С	Влажность сырья (W), %	Скорость вращения шнека (n), об/мин	Вакуум (p), кПа	Коэффициент расширения (КР)	Содержание фенолов (СФ), мг ГКЭ/100 г
1	70	30	300	27	1,16	35,68
2	77,5	27,5	350	13	1,17	22,02
3	77,5	32,5	350	40	1,88	48,04
4	85	30	400	27	1,18	28,06
5	77,5	27,5	250	13	1,04	38,5
6	85	30	300	27	1,13	30,25
7	85	30	300	27	1,53	38,25
8	100	30	300	27	1,11	26,66
9	92,5	32,5	250	40	1,13	30,91
10	77,5	32,5	350	13	0,99	30,76
11	85	30	300	27	1,33	29,25
12	92,5	27,5	250	40	1,5	29,21
13	85	25	300	27	1	24,94
14	92,5	27,5	250	13	1,1	41,46
15	92,5	32,5	350	40	1,17	20
16	92,5	27,5	350	40	1,32	29,63
17	85	30	300	27	1,13	34,25
18	85	30	300	27	1,38	30,25
19	92,5	32,5	250	13	1,21	26,61
20	77,5	32,5	250	13	1,01	33,7
21	85	30	300	0	1,06	37,97
22	85	30	300	53	1,9	27,41
23	77,5	27,5	250	40	0,98	54,04
24	85	30	200	27	1,58	38,42
25	77,5	27,5	350	40	1,5	34,94
26	85	30	300	27	1,43	34,25
27	92,5	27,5	350	13	1,06	22,92
28	92,5	32,5	350	13	1,09	29,78
29	77,5	32,5	250	40	1,89	36,62
30	85	35	300	27	1,41	16,85

проведен с целью улучшения функциональных характеристик экструдированных продуктов [4, 5]. Однако сохранение биоактивных соединений в экструдате все еще остается проблемой.

Влияние процесса экструзии с использованием вакуума на характеристики продукта зависит от нескольких переменных параметров экструзии, таких как: влагосодержание сырья, температура процесса и уровень вакуума [1, 3]. Конфигурация экструзионной варочной камеры также влияет на качество получаемого продукта [2]. Поэтому, чтобы получить оптимальные условия процесса для получения высокоценного продукта, необходимым условием является выяснение взаимосвязей и важности переменных в процессе экструзии.

Целью исследования было изучение влияния переменных процесса на экструзию муки из риса с использованием вакуумной камеры и сравнение с процессом экструзии при атмосферном давлении. Анализ переменных и оптимизация процесса экс-

трузии был проведен с помощью методологии поверхности отклика.

#### Объекты и методы исследования

Смеси были приготовлены из рисовой муки, которая закупалась на местном рынке или в магазине. Влажность сырья варьировалась от 25% до 35%. При выполнении работы были использованы общепринятые стандартные методы исследований.

Все эксперименты по экструзии проводили с использованием одношнекового лабораторного экструдера ЭК-40 (диаметр шнека 40 мм) с использованием фильеры диаметром 3 мм.

Параметры экструзии были следующими: скорость вращения шнека (200-400 об/мин), температура в стволе экструдера (70-100°C) и вакуум в вакуумной камере (0-53 кПа). Во время экструзии параметры варьировались, как показано в таблице 1.

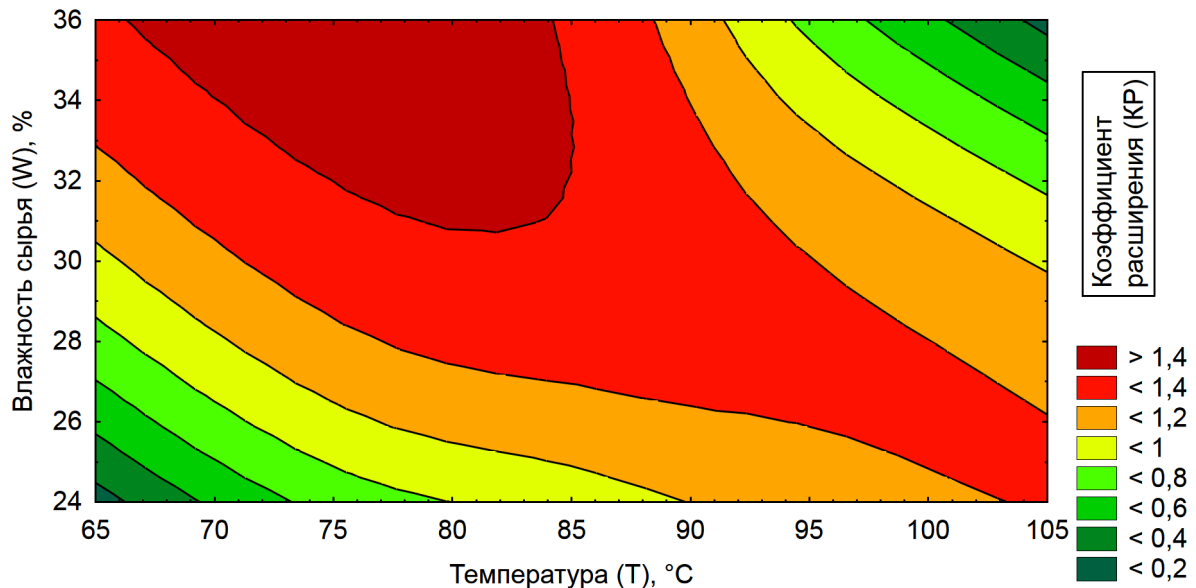


Рис. 1. Контурный график зависимости коэффициента расширения от температуры и влажности сырья

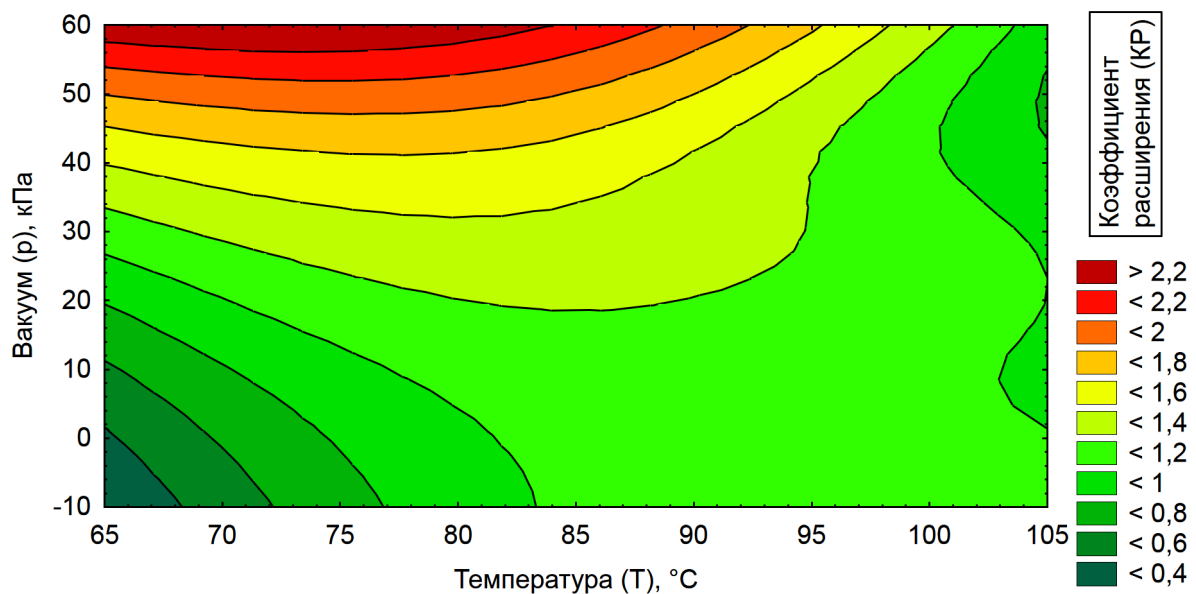


Рис. 2. Контурный график зависимости коэффициента расширения от температуры и величины вакуума в камере

Коэффициент расширения (КР) образца определялся как отношение диаметра поперечного сечения образца к диаметру отверстия матрицы.

Для определения общего содержания фенолов (ОСФ) образца использовался метод Фолина-Чокальтеу.

В основе метода лежит измерение концентрации окрашенных продуктов и детектирование спектрофотометром при длине волны 765 нм. Содержание фенольных соединений выражают в эквивалентах галловой кислоты (ГКЭ).

Поглощение смеси измеряли на спектрофотометре Юнико 1201. Результаты выражали в мг эквивалента галловой кислоты (ГКЭ)/100 г образца.

Для составления плана эксперимента, проведения статистического анализа использовалась программа Statistica 10. Центральное композиционное планирование эксперимента использовалось для оценки влияния переменных процесса экструзии на зависимые переменные.

Четырехфакторная композитная конструкция была применена для исследования влияния темпе-

Таблица 2 – Качественные показатели модели

Зависимая переменная	Множест. - R	Множест. - R2	SS - Модель	сс - Модель	MS - Модель	SS - Остаток	сс - Остаток	MS - Остаток	F	p
Коэффициент расширения (КР)	0,84	0,7	1,49	14	0,11	0,63	15	0,04	2,52	0,043
Содержание фенолов (СФ), мг ГКЭ/100 г	0,83	0,7	1239	14	88,5	542,41	15	36,16	2,44	0,048

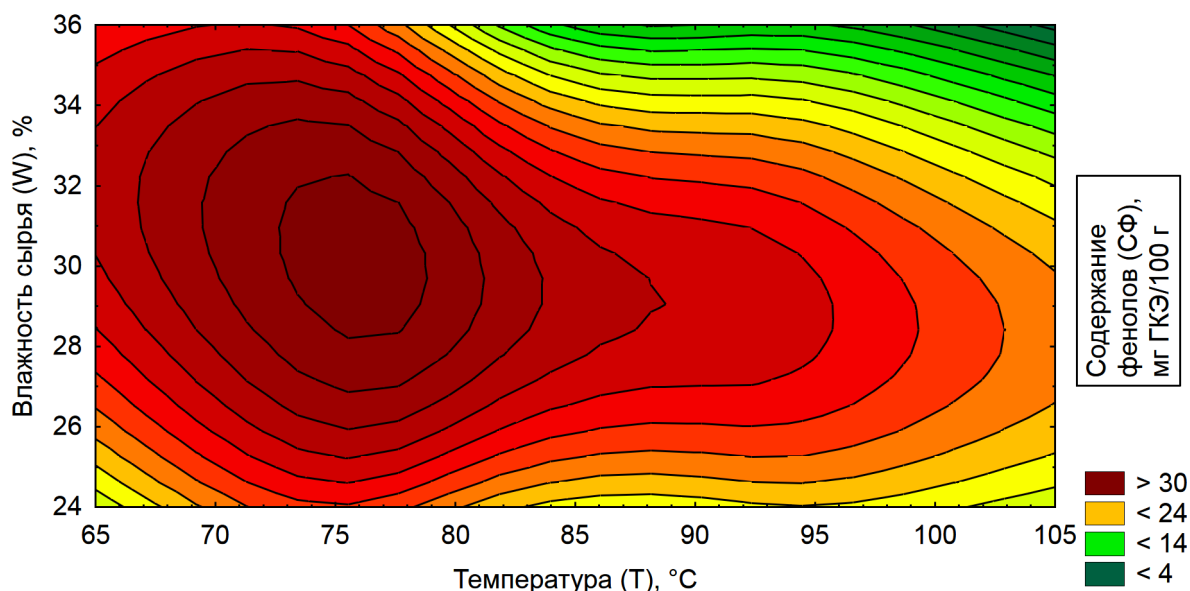


Рис. 3. Контурный график зависимости содержания фенолов от температуры и влажности сырья

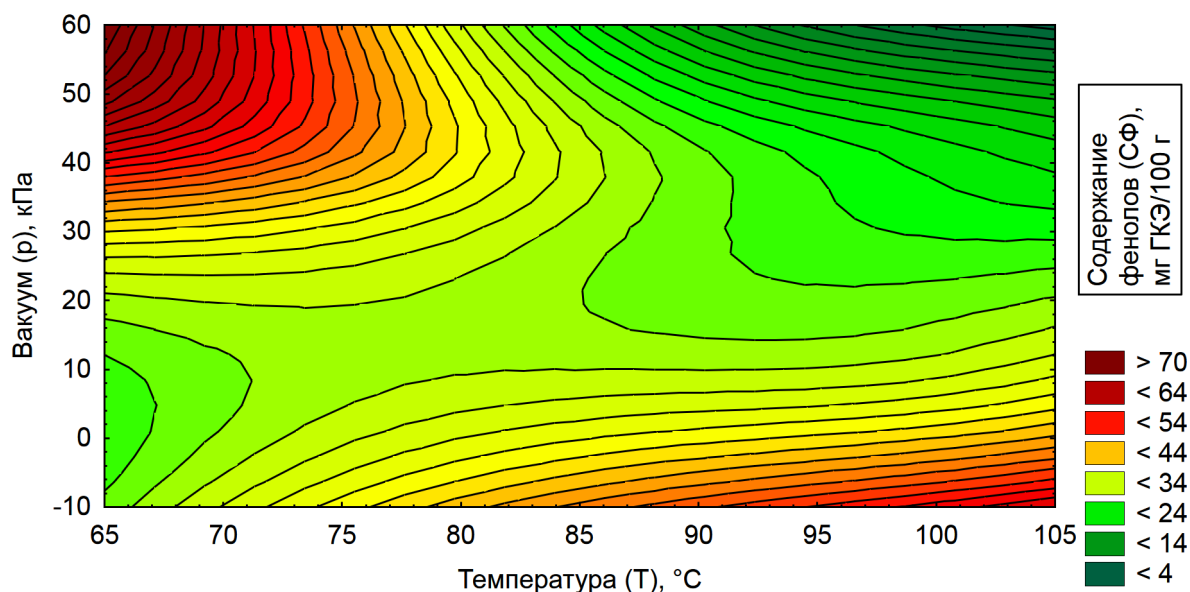


Рис. 4. Контурный график зависимости содержания фенолов от температуры и величины вакуума в камере

ратуры, скорости вращения шнека, вакуума и влажности сырья на такие функции отклика, как коэффициент расширения и содержание фенолов. Для определения влияния переменных и оптимальных значений параметров экструзии было проведено 30 экспериментов (таблица 1).

### Результаты и их обсуждение

На коэффициент расширения (КР) экструдата рисовой муки значительно повлияли параметры процесса вакуумной экструзии. Таблица 2 показывает, что температура в стволе экструдера, содержание влаги, скорость шнека и вакуум оказывают значительное ( $p < 0,05$ ) влияние на коэффициент расширения (КР) с высоким коэффициентом детерминации (0,84), а значения КР варьируются от 0,98 до 1,9. Повышение температуры в стволе экструдера и вакуума значительно увеличивает ко-

эффициент расширения (КР) готового продукта. Аналогичные выводы были получены другими исследователями [6]. Коэффициент расширения (КР) крахмала в основном зависит от степени желатинизации. Повышение температуры экструзии снижает вязкость сырья, что усиливает развитие пузырьков во время экструзии (рис. 1). Более того, степень перегрева пара в экструдере может увеличиваться при более высокой температуре для улучшения расширения. Коэффициент расширения (КР) экструдатов увеличивается с увеличением содержания влаги в сырье до определенного предела, за которым возникает обратная тенденция. Степень желатинизации крахмала увеличивается с увеличением влажности сырья до 30% для повышения коэффициента расширения (КР). Дальнейшее увеличение влажности сырья обеспечивает смазывающий эффект и снижает эластичность расплава, так что коэффициент расширения (КР) уменьшается. Значительное ( $p$

< 0.05) влияние уровня вакуума на коэффициент расширения (КР), возможно, связано с тем, что перепад давления вызывает интенсивное выделение водяного пара из расплава (рис. 2). Таким образом, он появляется в виде пузырьков и способствует расширению расплавленных экструдатов, что приводит к увеличению объема экструдатов. Расширение экструдата зависит от разницы давления между фильерой и атмосферой, а также от способности выходящего продукта поддерживать расширение. Скорость вращения шнека оказывает умеренное влияние на расширение. Увеличение скорости вращения шнека может привести к разрушению структуры амилопектина и изменению реологии расплава сырья, что влияет на расширение продукта.

Общее содержание фенолов (СФ) в экструдатах варьировалось от 16,9 до 48,0 мг ГКЭ/100 г. На рисунке 3 показано, что увеличение влажности сырья приводит к увеличению содержания фенолов в экструдированных продуктах. Увеличение содержания влаги снижает силы трения и сдвига во время экструзии, что приводит к уменьшению тепла, в результате чего увеличивается удерживание фенольных соединений. Увеличение количества фенольных соединений в экструдированном рисе можно объяснить увеличением свободных форм из-за разрушения клеточной стенки во время экструзии. Повышение температуры в стволе экструдера сначала увеличивает содержание фенолов, но на более поздних стадиях наблюдается обратная тенденция (рис. 4). Аналогичные наблюдения были получены другими исследователями [7]. При первоначальной термической обработке повреждение клеточных структур облегчает извлечение/освобождение растворимых фенольных соединений из образцов. Таким образом, общее количество фенольных соединений увеличивается. Однако при дальнейшем повышении температуры экструзии СФ снижается из-за термической деградации фенольных соедине-

ний. Увеличение уровня вакуума немного снижает общее содержание фенолов в экструдатах. Возможно, что вакуум уменьшает количество перегретого пара, присутствующего в расплаве, и таким образом регулирует потерю фенольного соединения из-за тепла. Увеличение скорости вращения шнека приводит к увеличению силы трения и сдвига, поэтому выделяется больше тепла, что приводит к разрушению фенольных соединений.

Экструзия с использованием вакуума сравнивалась с обычной экструзией (без вакуума) при оптимальных условиях. Было замечено, что в присутствии вакуума во время экструзии изменялся коэффициент расширения. Без вакуума экструдат имел более низкий КР (1,02), чем экструдат с вакуумной обработкой (1,7). При экструзии с использованием вакуума, благодаря более высокому перепаду давления после фильеры, происходит интенсивное удаление водяного пара из расплава, что усиливает расширение расплавленного экструдата и тем самым увеличивает объем экструдата.

### Выводы

Влияние вакуумной экструзии на экструдаты из рисовой муки было определено и оптимизировано с помощью методологии поверхности отклика. Оптимизированными условиями были температура ствола экструдера 77,5°C, влажность сырья 32,5%, скорость вращения шнека 350 об/мин и уровень вакуума 40 кПа. Экструзия с использованием вакуума оказывает заметное влияние на коэффициент расширения по сравнению с обычной экструзией. Таким образом, можно сделать вывод, что вакуумная экструзия является эффективным способом получения расширенных экструдатов из риса при низкой температуре, содержащих значительное количество фенольных соединений.

### Литература

- [1] 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.
- [2] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов [и др.] // Нива Поволжья. 2019. № 2 (51). С. 134–143.
- [3] 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.

### References

- [1] 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.
- [2] Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [and others] // Niva of the Volga region. 2019. No. 2 (51). pp. 134–143.
- [3] Theoretical substantiation of the thermal vacuum effect in the working process of a modernized extruder / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2015. No. 3. P. 15–20.

- [4] Alam M.S., Pathania S., Sharma A. Optimization of the extrusion process for development of high fibre soybean-rice ready-to-eat snacks using carrot pomace and cauliflower trimmings // LWT. 2016. Vol. 74. P. 135–144.
- [5] Ali S., Singh B., Sharma S. Response surface analysis and extrusion process optimisation of maize–mungbean-based instant weaning food // International Journal of Food Science & Technology. 2016. Vol. 51. № 10. P. 2301–2312.
- [6] Effect of extrusion conditions on the physicochemical properties of a snack made from purple rice (Hom Nil) and soybean flour blend / A. Suksomboon [et al.] // International Journal of Food Science & Technology. 2011. Vol. 46. № 1. P. 201–208.
- [7] Jan R., Saxena D.C., Singh S. Effect of extrusion variables on antioxidant activity, total phenolic content and dietary fibre content of gluten-free extrudate from germinated Chenopodium (Chenopodium album) flour // International Journal of Food Science & Technology. 2017. Vol. 52. № 12. P. 2623–2630.
- [4] Alam M.S., Pathania S., Sharma A. Optimization of the extrusion process for development of high fiber soybean-rice ready-to-eat snacks using carrot pomace and cauliflower trimmings // LWT. 2016. Vol. 74. P. 135–144.
- [5] Ali S., Singh B., Sharma S. Response surface analysis and extrusion process optimisation of maize–mungbean-based instant weaning food // International Journal of Food Science & Technology. 2016. Vol. 51. No. 10. P. 2301–2312.
- [6] Effect of extrusion conditions on the physicochemical properties of a snack made from purple rice (Hom Nil) and soybean flour blend / A. Suksomboon [et al.] // International Journal of Food Science & Technology. 2011 Vol. 46. No. 1. P. 201–208.
- [7] Jan R., Saxena D.C., Singh S. Effect of extrusion variables on antioxidant activity, total phenolic content and dietary fiber content of gluten-free extrudate from germinated Chenopodium (Chenopodium album) flour // International Journal of Food Science & Technology. 2017 Vol. 52. No. 12. P. 2623–2630.

**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>Рыжова Алина Александровна</b> студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p><b>Ryzhova Alina Alexandrovna</b> student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>

# ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 631.861:579.222.2:608.3

### К вопросу снижения энергоемкости технологии переработки куриного помета

*Курочкин А.А., Потапов М.А.*

**Аннотация.** Актуальность совершенствования оборудования для переработки куриного помета в органическое удобрение обусловлена чрезвычайной энергоемкостью технологии, при которой из сырья влажностью 40-75% получают продукт с содержанием 90-93% сухого вещества. Конструктивно-технологическая схема предлагаемого в работе агрегата позволит существенно снизить энергоемкость технологии переработки куриного помета за счет синергетического эффекта от взаимодействия ее экструзионной и вакуумной составляющих. Реализация этой научной гипотезы предлагается за счет применения диэлектрического нагревателя в автогенном экструдере и замены его шнекового рабочего органа на винтовой.

**Ключевые слова:** птицеводство, технология, помет, органическое удобрение, агрегат, вакуумная камера.

**Для цитирования:** Курочкин А.А., Потапов М.А. К вопросу снижения энергоемкости технологии переработки куриного помета // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 1. С. 21–24. EDN: HHQXWY.

### On the issue of reducing the energy intensity of chicken manure processing technology

*Kurochkin A.A., Potapov M.A.*

**Abstract.** The urgency of improving equipment for processing chicken manure into organic fertilizer is due to the extreme energy intensity of the technology, in which a product containing 90-93% dry matter is obtained from raw materials with a humidity of 40-75%. The design and technological scheme of the proposed unit will significantly reduce the energy intensity of the chicken manure processing technology due to the synergistic effect of the interaction of its extrusion and vacuum components. The implementation of this scientific hypothesis is proposed by using an electric heater in an autogenous extruder and replacing its screw working body with a screw one.

**Keywords:** poultry farming, technology, litter, organic fertilizer, aggregate, vacuum chamber.

**For citation:** Kurochkin A.A., Potapov M.A. On the issue of reducing the energy intensity of chicken manure processing technology. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 1. pp. 21–24. EDN: HHQXWY. (In Russ.).

#### Введение

Рациональный подход к использованию топливно-энергетических ресурсов в птицеводстве в значительной степени обусловлен составом по-

мета, подлежащего переработке или утилизации. Очевидно, что переработка птичьего помета в качественное органическое удобрение – наиболее целесообразное решение, предполагающее дезактивацию вредных ингредиентов сырья и обеспече-

ние сохранности полезных. Иными словами, технология переработки помета должна обеспечивать безусловную стерилизацию (уничтожение способности к прорастанию) семян сорных растений, и в то же время способствовать сохранению полезных ингредиентов сырья, входящие в его состав и необходимых для приемлемого качества вырабатываемого органического удобрения.

Учитывая, что органическое удобрение на основе куриного помета содержит 90-93% сухого вещества, а сырье, из которого его производят, включает 40-75% воды, логично прогнозировать основное направление конструкторских разработок в этом направлении – снижение энергоемкости удаления влаги из сырья в процессе его высушивания [1-3].

В настоящее время в России применяются две технологии обезвоживания (сушки) птичьего помета, связанные с интенсивным использованием тепловой энергии. Условно их можно представить как высокотемпературную обработку сырья и технологию с использованием относительно низких температур (80-95°C) в условиях пониженного давления (вакуума).

Первая из них основывается на применении барабанных сушилок различной конструкции, работающих с теплоносителями температурой 300-500°C. По своему негативному воздействию на сырье с точки зрения сохранности в нем полезных микро- и макроэлементов она больше подходит для утилизации помета, а не производства качественного удобрения. Объясняется это тем, что данное оборудование изначально проектировалось для реализации других технологий (сушка опилок для производства топливных пеллет, сушка различных сыпучих инертных минеральных веществ и т.д.) [2, 5].

Вторая технология адаптирована к современным условиям содержания птицы и предусматривает подачу помета на переработку непосредственно из птичников. Получаемое по такой технологии удобрение влажностью 12-17% сохраняет все содержащиеся в сырье полезные микро- и макроэлементы. С целью увеличения его срока хранения и продажи в

потребительской таре удобрение перерабатывают в гранулы с влажностью не выше 5-7%. К недостаткам этой технологии можно отнести длительность процесса и его высокую удельную энергоемкость, а также сложное и дорогостоящее оборудование, требующее высококвалифицированного обслуживающего персонала [2, 4].

Целью работы является обоснование технических решений по снижению энергоемкости переработки куриного помета.

### Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлась техническая составляющая технологии переработки куриного помета с целью получения органического удобрения.

В работе применялся аналитический метод исследований, основанный на системном подходе к рассматриваемой проблеме.

### Результаты и их обсуждение

В процессе решения проблемы, связанной с высокой энергоемкостью переработки куриного помета в органическое удобрение, следует обратить внимание на термовакуумную экструзионную технологию. Эта технология позволяет снизить рабочую температуру обработки сырья до значений, приемлемых с точки зрения сохранности его полезных ингредиентов. Слабой стороной термовакуумной экструзии остается крайне неэффективное преобразование энергии, которое является основой рабочего процесса любого автогенного экструдера. На наш взгляд одним из возможных вариантов кардинального снижения энергопотребления одношнекового экструдера является замена его шнека винтовым механизмом. При этом нагрев сырья в процессе его термовакуумной обработки предлагается осуществлять достаточно энергоэффективным способом – диэлектрическим нагревом. Физический смысл такого нагрева предполагает диэлектрический нагрев органического вещества, содержащего полярные молекулы. Электрическая

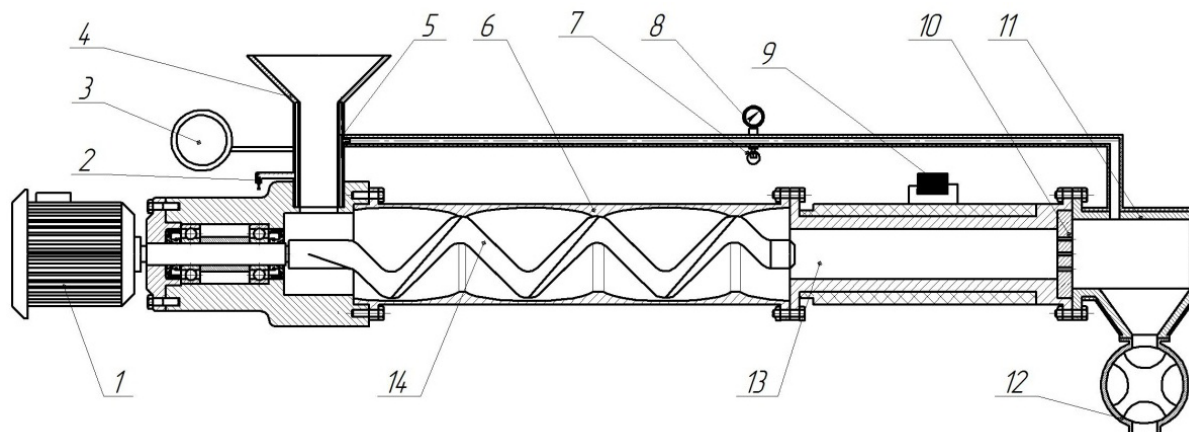


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема агрегата

компонента электромагнитных волн сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона ускоряет движение молекул, обладающих дипольным моментом, а межмолекулярное взаимодействие приводит к поглощению электромагнитного излучения и увеличению температуры вещества [3].

Конструктивно-технологическая схема агрегата, с помощью которого можно реализовать данное предложение, представляет собой четыре относительно самостоятельных блока: загрузки, транспортирования, нагрева и вакуумной сушки (рис. 1).

В состав блока загрузки входит бункер 4, цилиндрическая часть которого выполнена в виде двустенной камеры 5. Такое конструктивное решение бункера позволяет осуществлять предварительный подогрев обрабатываемого сырья за счет поступающего из вакуумной камеры экструдера в камеру 5 горячего влажного пара. В нижней своей части камера 5 имеет кран для спуска конденсата и ее дополнительной функцией является (наряду с вакуум-регулятором 7) стабилизация рабочего давления в вакуумной камере экструдера.

Блок транспортирования сырья включает винтовой насос, представляющий собой металлический ротор 14 и статор 6 с эластичной обкладкой. Между винтовыми поверхностями такой героторной пары образуются рабочие камеры – капсулы-шлюзы. Рабочие камеры в процессе вращения ротора в неподвижном статоре периодически открываются и закрываются, что приводит к всасыванию и нагнетанию насосом перекачиваемой среды. При этом количество таких камер (замкнутых полостей на единицу длины винтовой пары) определяет максимальное давление (напор) насоса, а объем полости каждой камеры – его производительность (подачу). В качестве привода винтового насоса служит мотор-редуктор 1.

Блок нагрева агрегата представлен в виде магнетрона 9, закрепленного на камере нагрева 13, выполненной в виде стальной трубы, покрытой теплоизоляционным материалом. Торец трубы упирается в фильеру матрицы 10, представляющую собой пластину с одним или несколькими отверстиями определенного диаметра. Количество и диаметр отверстий фильеры зависят от потребной производительности агрегата. Нагрев обрабатываемого сырья происходит за счёт тепла, выделяющегося в сырье под действием магнетрона.

## Литература

- [1] Курочкин, А.А. 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. 14-20.

Блок вакуумной сушки включает в свой состав вакуумную камеру 11, шлюзовой затвор 12, вакуум-насос 3, вакуум-регулятор 7 и вакуум-метр 8.

Вакуумная камера агрегата 11, двустенная камера 5, а также соединяющий их трубопровод, с внешней стороны покрыты теплоизоляционным материалом (напыляемый утеплитель PENOPLEX).

Шлюзовой затвор служит для выгрузки готового продукта без разгерметизации вакуумной камеры агрегата.

Рабочий процесс предлагаемого агрегата осуществляется следующим образом. Перерабатываемый помёт поступает в приемный бункер агрегата. Соприкасаясь с горячими стенками цилиндрической части бункера, обрабатываемое сырье предварительно нагревается и направляется к винтовому насосу. Под действием напора, создаваемого насосом (1,0-1,2 МПа), перерабатываемое сырье подается в нагревательную камеру, где нагревается до температуры 100-110°C и выводится через фильеру матрицы в вакуумную камеру.

Попадая из области высокого давления (камера нагрева агрегата) в зону низкого давления (вакуумная камера), помёт подвергается декомпрессионному взрыву, который представляет собой процесс мгновенного перехода воды, находящейся в сырье, в пар. Этот процесс характеризуется выбросом большого количества энергии за короткий промежуток времени и приводит к деструкции клеточных структур обрабатываемого сырья. Таким образом, в процессе обработки в предлагаемом агрегате помёт обеззараживается, увеличивается в объёме и обезвоживается.

## Выводы

Сравнение конструктивно-технологической схемы предлагаемой агрегата с известным к настоящему времени оборудованием позволяет сделать вывод о том, что существенное снижение энергоёмкости процесса переработки куриного помёта связано с синергетическим эффектом от взаимодействия его экструзионной и вакуумной составляющих, а реализация этой научной гипотезы может быть осуществлена за счет применения диэлектрического нагревателя в автогенном экструдере и замены его шнекового рабочего органа на винтовой.

## References

- [1] Kurochkin, A.A. Teoreticheskoe obosnovanie termovakuumnogo effekta v rabochem protsesse modernizirovannogo ekstrudera /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina //Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2015. No 3. pp. 14-20.

- [2] Курочкин, А.А. Технология производства органических удобрений на основе экструзионной термовакuumной обработки птичьего помета /А.А. Курочкин, М.А. Потапов //Иновационная техника и технология. 2018. № 2. С. 28-32.
- [3] Оборудование перерабатывающих производств /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков, П.К. Воронина.–М.: ИНФРА-М, 2015.– 363 с.
- [4] Пат. 2610805 Российская Федерация МПК А23К 40/25, А23К 10/26, А23К 10/37. Способ производства кормов /заявители: П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, А.Л. Мишанин; патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенский ГТУ.–№ 2015119627; заявл. 25.05.2015; опубл. 12.02.2017, Бюл. № 5. 8 с.
- [5] Суховеркова, В.Е. Способы утилизации птичьего помета, представленные в современных патентах. /В.Е. Суховеркова //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 9 (143). С. 45-55.
- [2] Kurochkin, A.A. Technology of production of organic fertilizers based on extrusion thermal vacuum treatment of bird droppings / A.A. Kurochkin, M.A. Potapov // Innovative equipment and technology. 2018. No. 2. pp. 28-32.
- [3] Hardware processing industries /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, V.M. Zimnyakov, P.K. Voronina.–M.: INFRA-M, 2015.– 363 p.
- [4] Pat. 2610805 Rossiiskaya Federatsiya MPK A23K 40/25, A23K 10/26, A23K 10/37. Sposob proizvodstva kormov /zayaviteli: P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, A.L. Mishanin; patentoobladatel' FGOU VPO Penzenskii GTU. No 2015119627; zayavl. 25.05.2015; opubl. 12.02.2017, Byul. No 5. – 8 p.
- [5] Sukhoverkova, V.E. Sposoby utilizatsii ptich'ego pometa, predstavlennye v sovremennykh patentakh. /V.E. Sukhoverkova //Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. No 9 (143). pp. 45-55.

**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>Потапов Максим Александрович</b>                  аспирант кафедры «Пищевые производства»                  ФГБОУ ВО «Пензенский государственный                  технологический университет»                  440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11  <b>Тел.:</b> +7(962) 473-86-96  <b>E-mail:</b> makspotapov@mail.ru</p>	<p><b>Potapov Maxim Alexandrovich</b>                  postgraduate student of the department «Food productions»                  Penza State Technological University  <b>Phone:</b> +7(962) 473-86-96  <b>E-mail:</b> makspotapov@mail.ru</p>

## Обоснование конструктивно-технологической схемы энергосберегающего термовакуумного агрегата

*Курочкин А.А., Потапов М.А.*

**Аннотация.** С позиции термодинамики преобразование энергии, осуществляемое в одношнековых автогенных экструдерах, не является рациональным, в связи с чем подобные машины не относятся к группе энергосберегающего технологического оборудования. Оснащение экструдера вакуумной камерой и реализация преимуществ термовакуумного эффекта позволяет повысить энергоэффективность его рабочего процесса путем замещения части энергии электрического привода энергией (теплотой) горячего пара, выделяющегося из экструдата в процессе интенсивного обезвоживания продукта в условиях пониженного давления. Однако кардинальное сокращение удельных затрат электроэнергии на процесс термовакуумной обработки сырья связан с заменой шнекового рабочего органа на винтовой и применением индукционного нагревателя. Такая конструктивно-технологическая схема энергосберегающего термовакуумного агрегата позволит снизить удельные затраты электроэнергии по сравнению с серийным экструдером КМЗ-2У в 3,0-3,5 раза.

**Ключевые слова:** конструктивно-технологическая схема, термовакуумный агрегат, винтовой насос, индукционный нагрев.

**Для цитирования:** Курочкин А.А., Потапов М.А. Обоснование конструктивно-технологической схемы энергосберегающего термовакуумного агрегата // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 1. С. 25–29. EDN: HTEHVZ.

## Substantiation of the design and technological scheme of an energy-saving thermal vacuum unit

*Kurochkin A.A., Potapov M.A.*

**Abstract.** From the standpoint of thermodynamics, the energy conversion carried out in single-screw autogenous extruders is not rational, and therefore such machines do not belong to the group of energy-saving technological equipment. Equipping the extruder with a vacuum chamber and realizing the advantages of the thermal vacuum effect makes it possible to increase the energy efficiency of its working process by replacing part of the energy of the electric drive with the energy (heat) of hot steam released from the extrudate during intensive dehydration of the product under reduced pressure. However, a drastic reduction in the specific cost of electricity for the process of thermal vacuum processing of raw materials is associated with the replacement of the screw working body with a screw one and the use of an induction heater. Such a design and technological scheme of an energy-saving thermal vacuum unit will reduce the specific energy costs in comparison with the serial extruder KMZ-2U by 3.0-3.5 times.

**Keywords:** design and technological scheme, thermal vacuum unit, screw pump, induction heating.

**For citation:** Kurochkin A.A., Potapov M.A. Substantiation of the design and technological scheme of an energy-saving thermal vacuum unit. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 1. pp. 25–29. EDN: HTEHVZ. (In Russ.).

### Введение

Рабочий процесс одношнекового экструдера основан на безусловном выполнении его исполнительным механизмом двух основных функций – нагреве сырья и его перемещении с необходимым

напором от места загрузки к фильере матрицы машины [1, 5].

Реализация первой функции шнека основана на использовании теплоты, генерируемой непосредственно в тракте машины путем диссипации (рассеивания) энергии электрического тока приво-

да. Иными словами энергия упорядоченного процесса в виде электрического тока привода экструдера преобразуется в энергию неупорядоченных процессов путем приращения теплоты в обрабатываемом сырье. Промежуточным звеном этого преобразования является механическая энергия сил сдвига и трения обрабатываемого сырья. С позиции термодинамической теории такое преобразование энергии не является рациональным, в связи, с чем машины, использующие в своем рабочем процессе данный принцип, не относятся к группе энергосберегающего технологического оборудования [2-4].

Второй рабочей функцией шнека является перемещение сырья по рабочему тракту машины и обеспечение необходимого напора (давления) в момент его выхода из фильеры матрицы.

Оснащение автогенного экструдера вакуумной камерой и реализация преимуществ термовакuumного эффекта при работе машины позволяет повысить энергоэффективность ее рабочего процесса путем замещения части энергии электрического привода энергией (теплотой) горячего пара, выделяющегося из экструдата в процессе его интенсивного обезвоживания в условиях пониженного давления [6, 7]. Однако избавиться от недостатка, связанного с применением шнекового рабочего органа в процессе выполнения его первой функции – преобразования электрической энергии в тепловую, в термовакuumном экструдере также не удастся [1, 2].

Системный анализ конструктивно-технологических схем применяемых в различных областях техники устройств позволяет предположить, что при перемещении сырья и его подаче к фильере под напором целесообразно отказаться от шнека в пользу винтового механизма. При этом функцию нагрева сырья можно обеспечить более энергоэффективным способом – индукционным нагревом [2, 5].

Цель работы – обоснование конструктивно-технологической схемы энергосберегающего термовакuumного агрегата.

### **Объекты и методы исследования**

Объект исследования – конструктивно-технологическая схема термовакuumного агрегата с новым рабочим органом.

### **Результаты и их обсуждение**

Предлагаемое в работе техническое решение термовакuumного агрегата позволит снизить энергетические затраты на его рабочий процесс. Для этого в энергосберегающем агрегате шнек предлагается заменить винтовой парой (насосом), которая обеспечит необходимый напор (рабочее давление), обрабатываемого сырья в процессе его перемещения от загрузочной части машины до фильеры. Первую из указанных функций шнека – нагрев сырья, в за-

являемом экструдере предлагается осуществлять с помощью индукционного нагревателя.

Предлагаемый агрегат включает мотор-редуктор 1, загрузочную камеру 4 с расположенным в ней питающим шнеком 5 с приводом 6, винтовой насос, индукционный нагреватель, фильеру матрицы 11, вакуумную камеру 12, шлюзовой затвор 13, вакуум-насос 3, вакуум-регулятор 9 и вакуум-метр 10.

Корпус агрегата выполнен составным. В его передней части расположен винтовой насос, состоящий из металлического ротора 16 и статора 8 с эластичной обкладкой. Между винтовыми поверхностями такой пары (героторной) образуются рабочие камеры (капсулы-шлюзы).

Рабочие камеры в процессе вращения ротора в неподвижном статоре периодически открываются и закрываются, что приводит к всасыванию и нагнетанию насосом перекачиваемой среды. При этом количество таких камер (замкнутых полостей на единицу длины винтовой пары) определяет максимальное давление винтовой пары, а объем каждой полости – ее производительность.

Во второй части корпуса расположено нагревающее устройство. Оно представляет собой стальную трубу 15, охваченную индуктором 14, выполненным в виде нескольких витков изолированного медного провода. Между стальной трубой и корпусом экструдера расположен слой теплоизоляционного материала. Торец трубы упирается в фильеру матрицы агрегата, представляющую собой пластину с одним или несколькими отверстиями определенного диаметра. Количество и диаметр отверстий зависят от потребной производительности экструдера.

Нагрев обрабатываемого сырья происходит за счёт джоулева тепла, выделяющегося в стенках трубы под действием индуцированных токов.

Конструкция загрузочной камеры агрегата позволяет осуществлять предварительный подогрев обрабатываемого сырья. С этой целью верхняя часть сборной загрузочной камеры выполнена одностенной, с боковыми стенками, расположенными под углом, меньшим угла трения обрабатываемого сырья о материал стенки камеры, а ее нижняя часть представляет собой цилиндрическую двустенную конструкцию, межстенное пространство 7 которой с помощью трубопроводов соединено с вакуумным насосом 3 и вакуумной камерой агрегата 12.

Цилиндрическая часть загрузочной камеры и вакуумная камера агрегата с внешней стороны покрыты теплоизоляционным материалом (напыляемый утеплитель PENOPLEX). Соединяющий их трубопровод также теплоизолирован.

В связи с тем, что теплота горячего пара будет расходоваться на нагрев сырья, поступающего в загрузочную камеру, большая часть пара будет конденсироваться именно в этой части агрегата. Удаление конденсата из межстенного пространства 7 загрузочной камеры осуществляется посредством специальной пробки 2. Для обеспечения необходи-

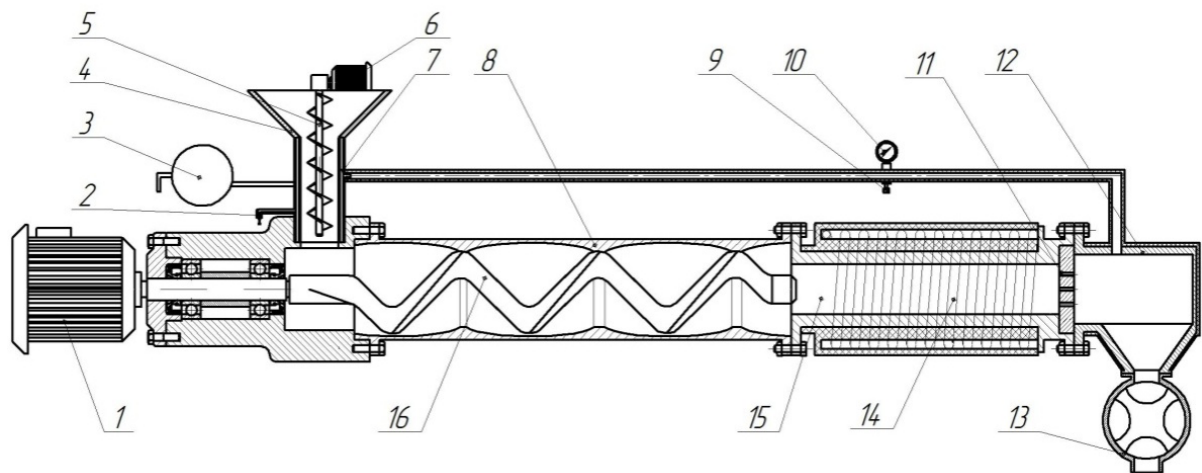


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема энергосберегающего термовакуумного агрегата

мой устойчивости конструкции при воздействии пониженного давления, в межстенном пространстве цилиндрической части загрузочной камеры дополнительно устанавливаются ребра жесткости (на рис. 1 не показаны).

Шлюзовой затвор 13 служит для выгрузки готового продукта без разгерметизации вакуумной камеры агрегата. Он представляет собой корпус цилиндрической формы и вращающуюся в нем многолопастную (4-12 шт.) крыльчатку (ротор) на шариковых подшипниках. В качестве привода шлюзового затвора служит электродвигатель (на рис. 1 не показан).

Вакуум-насос 3 служит для создания в вакуумной камере агрегата пониженного давления (давления ниже атмосферного), равного 0,05-0,07 МПа.

Вакуум-регулятор 9 необходим для поддержания пониженного давления в вакуумной камере агрегата в заданных пределах при требуемых производительности машины, а также влажности обрабатываемого сырья и готового продукта. Для контроля давления в вакуумной камере служит вакуум-метр 10.

Рабочий процесс энергосберегающего термовакуумного агрегата осуществляется следующим образом. Обрабатываемое сырье с помощью подающего шнека 5 загрузочной камеры 4 подается в рабочую зону винтового насоса агрегата. Соприкасаясь с внутренними горячими стенками цилиндрической части камеры, оно повышает свою температуру и в винтовой насос агрегата поступает при температуре примерно 40-45°C.

В зоне индукционного нагрева температура сырья повышается до 100-110°C и при давлении нагнетания винтового насоса 1,0-1,2 МПа оно выводится через отверстия фильеры матрицы 11 в вакуумную камеру 12.

Попадая из области высокого давления (в трубе 15) в зону низкого давления (в вакуумную камеру 12), нагретое сырье подвергается декомпрессионному взрыву, который представляет собой процесс мгновенного перехода жидкости, находящейся в сырье, в пар.

Образующийся горячий пар температурой 100-110 °С с помощью вакуумного насоса перемещается в межстенное пространство 7 цилиндрической части загрузочной камеры 4, где часть его конденсируется и в виде жидкости стекает в нижнюю часть камеры. Оставшаяся часть пара удаляется вакуумным насосом 3 в атмосферу (ротационный насос) или поглощается рабочей жидкостью (водокольцевой насос). Готовый продукт с помощью шлюзового затвора 13 выводится за пределы машины и подается на фасование.

Таким образом, снижение энергозатрат на выполнение рабочего процесса агрегата (повышение энергоэффективности его рабочего процесса) обеспечивается за счет замены шнекового рабочего органа на винтовой насос и индукционный нагреватель, а также путем замещения части энергии электрического привода машины энергией (теплотой) горячего пара, выделяющегося из экструдата в процессе его интенсивного обезвоживания в условиях пониженного давления.

Уровень энергосбережения заявляемого агрегата можно предварительно оценить исходя из следующей информации.

Одной из наиболее широко применяемых в производстве и серийно выпускаемых машин для получения экструдированных кормов является одношнековый экструдер КМЗ-2У. Его производительность составляет 0,32-0,36 т/ч при потребляемой из сети активной мощности 47-54 кВт. В процессе работы обрабатываемое сырье нагревается до температуры 110-120°C и поступает к фильере матрицы при рабочем давлении равном 1,0-2,0 МПа.

Потребляемая мощность заявляемого энергосберегающего агрегата с такой же часовой производительностью составит примерно 15,5 кВт. При этом распределение мощности ориентировочно таково: привод питающего шнека – 0,75 кВт, привод винтового насоса – 2,5 кВт, индуктивный нагрев сырья – 10 кВт, привод вакуумного насоса – 1,5 кВт, привод шлюзового затвора – 0,75 кВт. В приведенных данных не учитывается экономия энергоресурсов.

сурсов за счет рекуперации теплоты горячего пара, выделяющегося из обрабатываемого в вакуумной камере экструдата.

### Выводы

Кардинальное сокращение удельных затрат электроэнергии на процесс термовакуумной обра-

ботки сырья связан с заменой шнекового рабочего органа на винтовой и применением индукционного нагревателя. Такая конструктивно-технологическая схема энергосберегающего термовакуумного агрегата позволит снизить удельные затраты электроэнергии по сравнению с серийным экструдером КМЗ-2У в 3,0-3,5 раза.

### Литература

- [1] Инновации в экструзии /А.А. Курочкин, П.К. Гарькина, А.А. Блинохватов. [и др.]. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.
- [2] Курочкин, А.А. Системный подход к разработке экструдера для термовакуумной обработки экструдата / А.А. Курочкин // Инновационная техника и технология. 2014. № 4 (01). С. 17-22.
- [3] Курочкин, А.А. Технология производства кормов на основе термовакуумной обработки отходов с/х производства /А.А. Курочкин, Д.И. Фролов // Инновационная техника и технология. 2014. № 4. С. 36– 40.
- [4] Курочкин, А.А. 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.
- [5] Оборудование перерабатывающих производств /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков, П.К. Воронина.–М.: ИНФРА-М, 2015.– 363 с.
- [6] Пат. 2561934 Российская Федерация МПК7 В29С47/12. Экструдер с вакуумной камерой / заявители: Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, Р.В. Шабнов, А.А. Курочкин, В.А. Авроров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Пензенский ГТУ.– № 2014125348; заявл. 23.06.2014; опубл. 10.09.2015, Бюл. № 25. – 7с.
- [7] Пат. 189317 Российская Федерация СПК В29С 48/00. Экструдер с вакуумной камерой /заявители: П.К. Гарькина, В.М. Зимняков, А.А. Курочкин, О.Н. Кухарев; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Пензенский ГАУ.– № 2019105424; заявл. 26.02.2019; опубл. 22.05.2019, Бюл. № 19. – 7с.

### References

- [1] Innovations in extrusion /A. A. Kurochkin, P. K. Garkina, A. Blinokhvatov. [et al.] Penza: RIO PHAU, 2018. – 247 p.
- [2] Kurochkin, A. A. System approach to the development of the extruder for thermal vacuum treatment of the extrudate /A. A. Kurochkin // Innovative engineering and technology. 2014. No 4 (01). Pp. 17-22.
- [3] Kurochkin, A. A. The technology of fodder production on the basis of thermal waste treatment/agricultural production /A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Innovative engineering and technology. 2014. No. 4. Pp. 36-40.
- [4] Kurochkin, A. A. Theoretical substantiation of thermal vacuum effect in the working process of modernized extruder /A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, D. I. Frolov, P. K. Voronina //Izvestiya Samara state agricultural Academy. 2015. No. 3. Pp. 15-20.
- [5] Hardware processing industries /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков, П.К. Воронина.–М.: ИНФРА-М, 2015.– 363 p.
- [6] Pat. 2561934 Russian Federation IPC7 V29S47 / 12. Extruder with vacuum chamber / applicants: G. V. shaburova, P. K. Voronina, R. V. Shabanov, A. A. Kurochkin, V. A. Avrоров; applicant and patentee of the Penza state technical University.- No. 2014125348; declared. 23.06.2014; publ. 10.09.2015, Byul. No. 25. – 7 p.
- [7] Pat. 189317 the Russian Federation is SPK B29C 48/00. Extruder with vacuum chamber / applicants: P. K. Garkina, V. M. Zimnyakov, A. A. Kurochkin, O. N. Kukharev; applicant and patentee of FGOU IN Penza GAU.- No. 2019105424; declared. 26.02.2019; publ. 22.05.2019, Byul. No. 19. – 7 p.

**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>Потапов Максим Александрович</b> аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 <b>Тел.:</b> +7(962) 473-86-96 <b>E-mail:</b> makspotapov@mail.ru</p>	<p><b>Potapov Maxim Alexandrovich</b> postgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University <b>Phone:</b> +7(962) 473-86-96 <b>E-mail:</b> makspotapov@mail.ru</p>

## Комбинированная обработка сахарной свеклы в период вегетации растений

*Омаров А.Н., Жазыкбаева Г.М., Кажияхметова А.А., Киясова Г.М.*

**Аннотация.** Эффективная система защиты сахарной свеклы в период вегетации является одним из резервных путей повышения продуктивности свекловичных полей. Решением этой проблемы является сочетание механических и химических методов борьбы с сорняками. В настоящем исследовании представлена многофункциональная многосекционная машина, позволяющая проводить ленточную обработку гербицидами, микроудобрениями и регуляторами роста совместно с механической междурядной культивацией. Обработка гербицидами помогает избавиться от сорняков. Внекорневые подкормки гарантируют быстрое восполнение запасов макро- и микроэлементов растений. Необходимо на определенных этапах роста растений, характеризующихся повышенной потребностью в питательных веществах. В неблагоприятных условиях вегетации корневая система не может получать питательные вещества из почвы; поэтому внекорневая подкормка является единственным источником питания. Механическая культивация позволяет одновременно проводить прополку, химические и внекорневые подкормки, что значительно снижает эксплуатационные расходы.

**Ключевые слова:** сахарная свекла, механическая и химическая обработка посевов, внекорневая подкормка, комбинированный агрегат, аппликатор, углы распыления факелов и расположение опрыскивателей.

**Для цитирования:** Омаров А.Н., Жазыкбаева Г.М., Кажияхметова А.А., Киясова Г.М. Комбинированная обработка сахарной свеклы в период вегетации растений // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 1. С. 30–35. EDN: IHITBN.

## Combined treatment of sugar beet during the plant vegetation

*Omarov A.N., Zhazykbaeva G.M., Kazhiyakhmetova A.A., Kiyassova G.M.*

**Abstract.** Effective system of sugar beet protection during its vegetation is one of the backup ways of increasing the beet fields' productive capacity. Combination of mechanical and chemical methods for weed control is the solution to this problem. Current study introduces multifunctional multiple-unit machine, which allows performing band treatment with herbicides, micro fertilizers and growth-regulating agents together with mechanical inter-row cultivation. Herbicide treatment helps to get rid of weeds. Foliar applications guarantee fast replenishment of plants with macro- and microelements. It is necessary at certain stages of plant growth, characterized by increased need in nutrients. Under adverse vegetation conditions, root system cannot obtain nutrients from soil; therefore, foliar application is the only source of supply. Mechanical cultivation allows simultaneous weeding, chemical and foliar nutrient applications, considerably reducing the operational costs.

**Keywords:** sugar beet, mechanical and chemical treatment of crops, foliar top dressing, combined unit, applicator, spray torch angles and the location of sprayers.

**For citation:** Omarov A.N., Zhazykbaeva G.M., Kazhiyakhmetova A.A., Kiyassova G.M. Combined treatment of sugar beet during the plant vegetation. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 1. pp. 30–35. EDN: IHITBN. (In Russ.).

### Introduction

Weed control is one of the most significant parts of sugar beet cultivation. In order to obtain high yield of beetroots, one should introduce progressive technologies, applying multiple-unit machines for soil

cultivation and combining chemical treatment to control weeds and diseases with mechanical soil cultivation [7–9]. Improper tending can result in extensive damage to sugar beet crops caused by weed vegetation. The reasons for this lie in biological properties of sugar beet that prevent the cultivated plants from resisting weeds

on their own until the row closure. In the first half of the vegetation period, sugar beet is incapable of successful competition with weeds; harvest shortfall ranges from 20 to 50% even if there are small amounts of weeds in the protective areas. Weeds compete with beet for water, nutrients and light, having 3–5 times higher consumption rates compared to beet plants [1].

### Methods

The choice of the weed control technique primarily depends on the initial levels of weed infestation. In case of low infestation, mechanical soil cultivation may be sufficient, while in case of large amounts of weeds, herbicides and chemical agents for pest and disease control should be implied [2].

The system of mechanical treatment of soil in rows and inter-row spaces as part of sugar beet cultivation technology is based on comprehensive studies of biological properties of this culture, its requirements for water, air and nutrient conditions, and the necessity of regular weed elimination. Mechanical weeding by tiller cultivators is both easy and efficient, but it is virtually impossible to eradicate the weeds mechanically in the protective area [3].

It is desirable to spray sugar beet crops using special applicator devices that allow you to accurately orient the sprayers relative to the cultivated plants and weeds being treated for dosing working solutions and their local supply directly to the leaves or a strip of soil near a row of plants. This prevents the overspending of expensive herbicides and liquid fertilizers. Sprayers with tips for continuous cone spraying can be installed on the applicators.

To select the type of nozzle tip and determine the places of their installation on the applicators, laboratory studies were conducted on specially made stands according to generally accepted and private methods. The design of the stands provided for the possibility of changing the position of the sprayers relative to the treated surface both in height with orientation relative to the axis of the row of plants and the leaf surface, and in the angle of inclination, taking into account the selected

tips with different angles of the spray torch and the pressure of the water supply, tinted in different colors. At the same time, sprayers for foliar top dressing of plants were oriented over the edge of the row with the possibility of changing the height of the arrangement and the angle of inclination relative to the stencil with circles of various diameters applied, simulating the area of the leaf surface of a free-standing plant at various stages of development. Sprayers for ribbon application of herbicides were oriented from two sides relative to the axis of the row with the possibility of changing the height of the location and the angle of inclination relative to the stencil with markings imitating the width of the protective zone.

During the studies, the shape was fixed and the area of the spray spot was determined at different positions of the sprayers relative to the treated surfaces.

### Results

The results obtained by numerous researchers studying combinations of various techniques prove that balanced system of crop treatment is more effective than chemical methods alone, whereas the maximum effect can be achieved in case of simultaneous use of these. Therefore, an efficient system of sugar beet protection during its vegetation, which includes proper combination of mechanical and chemical weed control techniques, is one of the most reasonable ways to solve this problem. Current task can be successfully solved through the development of a new multifunctional machine or the modernization of basic models, allowing to perform band treatment with herbicides, microfertilizers and growth-regulating agents together with mechanical inter-row cultivation [4].

The technique for local foliar application of solutions of growth-regulating agents and herbicide application to spaces between plants within the protective areas of the rows is introduced to achieve the objective. Experimental device for this technique is shown in Fig. 1.

The device has been assembled using the tiller cultivator base. It consists of a frame carrying top



Figure 1. Experimental device for application of growth regulators and herbicides. Notes: 1 — cultivator; 2 — top disperser; 3 — side dispersers

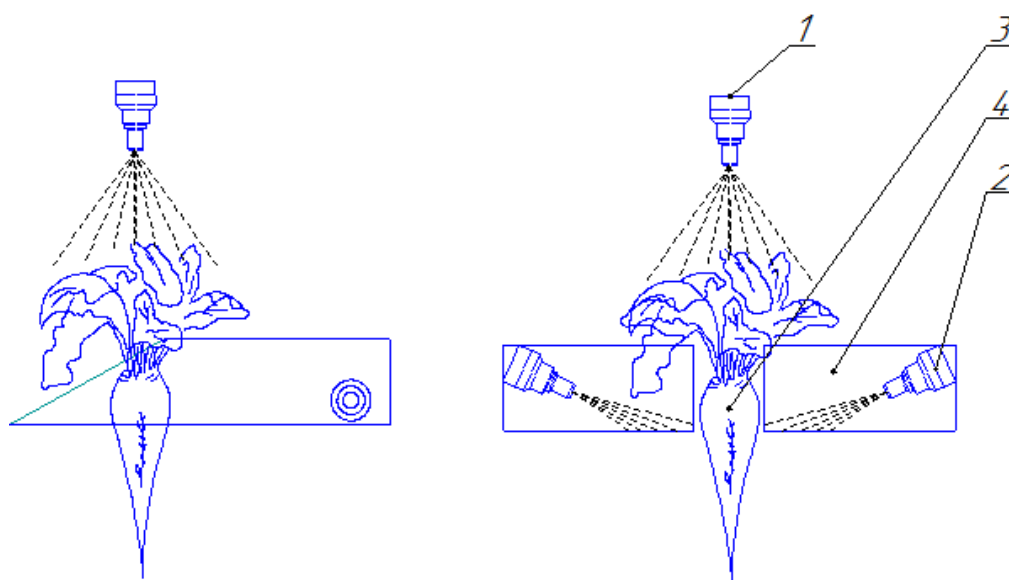


Figure 2. Outline of the device for growth regulators and herbicide application:  
 a) general view; b) side view. Notes: 1 — disperser for growth regulators application; 2 — disperser for herbicide application; 3 — sugar beet plant; 4 — protective shields

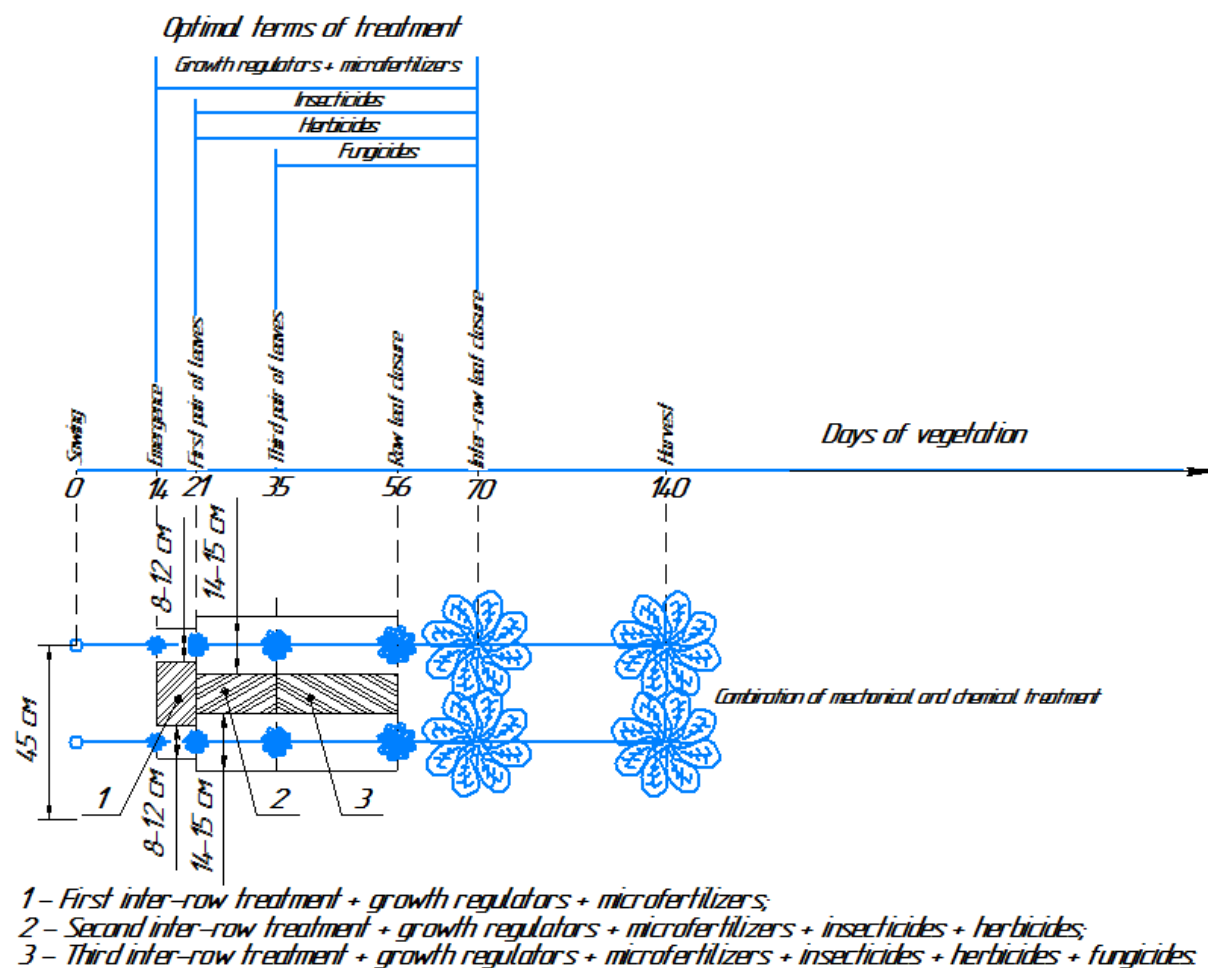


Figure 3. Scheme for the sugar beet crops treatment

dispenser for application of sugar beet growth regulators and two side dispersers for herbicide application. Initial portion of complex fertilizers is applied by the tiller cultivator fitted with top disperser for fertilizer application according to the plant vegetation stage. Herbicides are applied to the stalk area on both sides

of the row, conveying the toxified soil by the cultivator tooth from the half-band width towards the plant row, forming the dam of soil and herbicide mixture in the protective area of the row. This design is covered by the patent of the Russian Federation (Fig. 2) [5].

A scheme for the sugar beet crops treatment

has been designed basing on the analysis of modern technology (Fig. 3).

The initial stage of growth is crucial in terms of the sugar beet mineral nutrition [6]. The use of complex fertilizers as starter fertilizers provides balanced mineral nutrition of the plants at the beginning of vegetation and intense early growth. At the stages of the first and the second pair of leaves the first inter-row tiller cultivator treatment to the depth of 5 cm with the protective area of 5–6 cm is performed, complex fertilizers are applied to the leaf surface of the sugar beet plants. The first foliar application of nutrients is performed between the row leaf closure and the inter-row leaf closure, while the second one — in the end of July — the beginning of August. In case of drought, the third foliar application is necessary. The second inter-row tiller cultivator treatment is performed to the depth of 6–8 cm with the protective area of 10–12 cm, if necessary. Herbicides, insecticides, fungicides can be applied together with the inter-row treatments. The terms and number of treatments depend on the levels of weed infestation: 3 to 5 chemical treatments and the same amount of inter-row treatments. The first treatment is performed 10–15 days after sowing. The next ones — 10–15 days after the previous treatment. The width of protective areas should be:

- 5–6 cm in case of the first inter-row treatment;
- 10–12 cm in case of the second inter-row treatment;
- 10–12 cm in case of the third inter-row treatment.
- The leaves are of the following size:
  - 5.2 cm long, 2.7 cm wide in case of the first inter-row treatment;
  - 12.3 cm long, 6.8 cm wide in case of the second inter-row treatment;
  - 26.6 cm long, 10.3 cm wide in case of the third inter-row treatment.

During the crop spraying, 200–250 l/ha of complex fertilizer should be applied. In case of band application, the dosage is decreased down to 40%.

### Discussion

Herbicides, insecticides, fungicides can be applied simultaneously with row-to-row treatments. To achieve maximum effect with minimal exposure to herbicides on cultivated plants, it is desirable to exclude the ingress of their solutions on the leaf surface. At the same time, in the aisles to save chemicals, it is advisable to carry out processing with cultivator paws (see Fig. 1).

$$S_1 = \frac{\pi \cdot R^2}{2} \cdot \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin\left(\beta + \frac{\alpha}{2}\right)}; \quad (1)$$

$$S_2 = \frac{\pi \cdot R^2}{2} \cdot \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin\left(\beta - \frac{\alpha}{2}\right)}. \quad (2)$$

In general, the total area of spraying when treated

with a spray gun with a round spray shape is determined by the expression:

$$S = \frac{\pi \cdot R^2}{2} \cdot \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2}} \cdot \left[ \frac{1}{\sin\left(\beta + \frac{\alpha}{2}\right)} + \frac{1}{\sin\left(\beta - \frac{\alpha}{2}\right)} \right], \quad (3)$$

where S - is the total area of soil surface treatment with one sprayer, cm<sup>2</sup>;

H - is the height of the sprayer installation relative to the soil surface, cm;

$\alpha$  - is the angle of the spray torch, degrees;

$\beta$  - is the angle of inclination of the axis of the spray torch relative to the horizontal surface of the soil, degrees.

Based on the analysis of the dependence of the length of the larger axis of the spraying spot ellipse at fixed angles of inclination of the spray torch axis relative to the horizontal soil surface, the following can be concluded. The length of the larger axis of the ellipse of the spraying spot increases in direct proportion with an increase in the angle of the spray torch and the height of the sprayers with a decrease in the angle of inclination relative to the horizontal surface of the soil.

At the same time, it varies from 1200 mm in the case of using a sprayer with a 600 spray torch installed at a height.

In the process of plant development, depending on the phenophase, the sizes of individual leaves and the height of their location above the soil surface, the area and diameter of the leaf surface of a free-standing plant change. Depending on the type and timing of treatment, the installation and location of the sprayers on the applicator should change.

### Conclusion

Band treatment of sugar beet with chemical agents is an effective method of weed control. This technique has several advantages over the overall spraying. First, the costs of chemical treatment decrease, as the agents are applied together with the inter-row mechanical treatment, rather than separately, therefore, two working operations are performed in one pass. The width of the herbicide-treated band in case of band herbicide application to the sugar beet crops with inter-row spaces 45 cm wide was calculated to be 10–12 cm. The area of the agent application in this case is only 30–35% of total inter-row area; therefore, the amount of the spray material spent is 2–2.5 times lower, compared to the overall spraying. Operational costs are improved due to decreased expenditure of the agent, water transportation, spray material preparation, and time required for filing the machines with the spray material. Considerable increase in sugar beet production at the farms of the Central Region of Russia has been accomplished by virtue of well-timed inter-row tiller cultivator treatment of soil, complex fertilizers application, effective weed and pest control [6].

## Литература

- [1] Определение конструктивных параметров аппликаторов для локальной обработки посевов сахарной свеклы / А. И. Завражнов, А. В. Балашов, С. В. Дьячков [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 1. – С. 52-55. – EDN YKUSVV.
- [2] Zharylgapov, et.al. (2021). Organizational and Economic Difficulties in Monolithic Construction. International Journal of Mechanical Engineering 6(3), pp.147-154
- [3] Омаров, А. Н. Исследование технического средства для распределения потоков пестицидов / А. Н. Омаров, М. К. Бралиев, М. У. Мухтаров // Наука в центральной России. – 2018. – № 5(35). – С. 34-40. – EDN YLKUWD.
- [4] Омаров, А. Н. Теоретическое обоснование применения форсунок с щелевым распылением / А. Н. Омаров, Е. К. Каиргалиев, А. А. Бакыткалиев // Инновационная техника и технология. – 2019. – № 1(18). – С. 32-37. – EDN ZELWMH.
- [5] Патент № 2542124 С2 Российская Федерация, МПК А01В 79/02. Способ для внесения листовых удобрений и гербицидов : № 2013111175/13 : заявл. 12.03.2013 : опубл. 20.02.2015 / В. И. Горшенин, Ю. А. Тырнов, А. В. Балашов [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Мичуринский государственный аграрный университет». – EDN BFYIWK.
- [6] Результаты исследований щелевых распылителей для обработки свеклы / А. И. Завражнов, К. А. Манаенков, С. В. Соловьев, А. Н. Омаров // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2. – С. 126-131. – EDN WKFJOT.
- [7] Фролов, Д. И. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 18-23. – EDN QJCHJV.
- [8] Фролов, Д. И. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1(29). – С. 120-126. – EDN UCTCXX.
- [9] Анализ процесса движения воздуха внутри кожуха ботвоудаляющего рабочего органа с обоснованием оптимального угла наклона ножей / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. Е. Каширин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 4(28). – С. 67-72. – EDN VOIRLD.

## References

- [1] Zavrazhnov A.I., Balashov A.V., Dyachkov S.V. [et al.] Determination of design parameters of applicators for local processing of sugar beet crops // Achievements of science and technology of APK. - 2017. - T. 31. - No. 1. - S. 52-55. – EDN YKUSVV.
- [2] Zharylgapov, et al. (2021). Organizational and Economic Difficulties in Monolithic Construction. International Journal of Mechanical Engineering 6(3), pp.147-154
- [3] Omarov, A. N., Braliev M. K., Mukhtarov M. U. Study of a technical means for distribution of pesticide flows // Science in Central Russia. - 2018. - No. 5 (35). - S. 34-40. – EDN YLKUWD.
- [4] Omarov, A. N., Kairgaliev E. K., Bakytkaiev A. A. Theoretical justification for the use of nozzles with slotted spraying // Innovative technique and technology. - 2019. - No. 1(18). - S. 32-37. – EDN ZELWMH.
- [5] Patent No. 2542124 C2 Russian Federation, IPC A01B 79/02. Method for applying foliar fertilizers and herbicides : No. 2013111175/13 : Appl. 03/12/2013 : publ. 20.02.2015 / V. I. Gorshenin, Yu. A. Tyrnov, A. V. Balashov [and others]; the applicant is a federal state budgetary educational institution of higher professional education «Michurinsky State Agrarian University». -EDN BFYIWK.
- [6] Zavrazhnov A.I., Manaenkov K.A., Soloviev S.V., Omarov A.N. Research results of slotted atomizers for beet processing // Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. - 2016. - No. 2. - P. 126-131. – EDN WKFJOT.
- [7] Frolov, D. I. Substantiation of the optimal frequency of rotation of the working body of the haulm-removing machine / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. - 2013. - No. 3. - S. 18-23. – EDN QJCHJV.
- [8] Frolov, D. I., Kurochkin, A. A., Shaburova, G. V. Determination of the optimal parameters of a haulm-removing machine on onion crops // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2015. - No. 1 (29). - S. 120-126. – EDN UCTCXX.
- [9] Frolov D.I., Kurochkin A.A., Shaburova G.V., Kashirin D.E. Analysis of the process of air movement inside the casing of the haulm-removing working body with the justification of the optimal angle of inclination of the knives // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University. P.A. Kostychev. - 2015. - No. 4 (28). - S. 67-72. – EDN VOIRLD.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Омаров Акылбек Нурлыбекович</b> кандидат технических наук ассоциированный профессор кафедры «Техника и технологии» Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет 090000, ЗКО, Казахстан, г. Уральск, ул. Ихсанова 44/1 <b>Тел.:</b> +7(701) 849-27-89 <b>E-mail:</b> akylbek-kaz@mail.ru</p>	<p><b>Omarov Akylbek Nurlybekovich</b> PhD in Technical Sciences Associate Professor of the Department «Engineering and Technology» West Kazakhstan Innovative and Technological University <b>Phone:</b> +7(701) 849-27-89 <b>E-mail:</b> akylbek-kaz@mail.ru</p>
<p><b>Жазыкбаева Жазира Меирхановна</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Аграрная техника и технологии» Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина Республика Казахстан 010011, г. Нур-Султан, пр. Женис, 62 <b>E-mail:</b> zhazira.meir@mail.ru</p>	<p><b>Zhazykbayeva Zhazira Meirkhanovna</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Agricultural machinery and technologies» Kazakh Agrotechnical University named after S.Seifullin <b>E-mail:</b> zhazira.meir@mail.ru</p>
<p><b>Кажияхметова А.А.</b> магистр кафедры «Техника и технологии» Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет 090000, ЗКО, Казахстан, г. Уральск, ул. Ихсанова 44/1</p>	<p><b>Kazhiyakhmetova A.A.</b> master of the department «Engineering and Technology» West Kazakhstan Innovative and Technological University</p>
<p><b>Киясова Г.М.</b> магистр кафедры «Техника и технологии» Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет 090000, ЗКО, Казахстан, г. Уральск, ул. Ихсанова 44/1</p>	<p><b>Kiyassova G.M.</b> master of the department «Engineering and Technology» West Kazakhstan Innovative and Technological University</p>

## Использование параметров установки распылителей на аппликаторе для обработки посевов

*Омаров А.Н., Махсоткалиева Д.А.*

**Аннотация.** В статье предложено повышение качества ухода за свекловичными растениями в период их вегетации путем использования устройства аппликатора для локального внесения средств защиты растений, обеспечивающих выполнение требований различных по интенсивности агротехнологий.

**Ключевые слова:** локальный внесение, устройства аппликатор, угол установки, распылители, фаза растений.

**Для цитирования:** Омаров А.Н., Махсоткалиева Д.А. Использование параметров установки распылителей на аппликаторе для обработки посевов // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 1. С. 36–40. EDN: JRAWCZ.

## Using sprayer settings on the crop applicator

*Omarov A.N., Makhsotkalieva D.A.*

**Abstract.** The article proposes to improve the quality of care for beet plants during their growing season by using an applicator device for local application of plant protection products that ensure the fulfillment of the requirements of agricultural technologies of various intensity.

**Keywords:** local application, applicator devices, installation angle, sprayers, plant phase.

**For citation:** Omarov A.N., Makhsotkalieva D.A. Using sprayer settings on the crop applicator. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 1. pp. 36–40. EDN: JRAWCZ. (In Russ.).

### Введение

Исследования по изучению различных приёмов обработки посевов сахарной свеклы показывают, что максимальный эффект достигается при совместном использовании механического уничтожения сорняков и химических способов. Поэтому эффективная система защиты посевов сахарной свёклы в период ее вегетации, включающая сочетание механических и химических способов борьбы с сорняками, является одним из наиболее рациональных направлений в обработке посевов. Уничтожение сорняков также эффективно при применении ботвоудаляющих машин [9–11].

Данное направление может быть успешно реализовано путем создания нового комбинированного агрегата, позволяющего проводить ленточное внесение гербицидов с одновременной междурядной обработкой посевов и внекорневой подкормкой [1].

### Объекты и методы исследований

Обработку посевов сахарной свеклы с локальным внесением рабочих растворов желательно выполнять

с помощью специального устройства аппликатора, позволяющего рационально сориентировать распылители относительно обрабатываемых культурных растений и сорняков с целью точной подачи и дозировки рабочих растворов непосредственно на листья растений или на обрабатываемую почву. Это позволит не допустить перерасхода дорогостоящих гербицидов и жидких удобрений.

Количество и сроки обработок рекомендуется дифференцировать в зависимости от степени засоренности посевов: от трех до пяти химических обработок и столько же междурядных. Внекорневую подкормку проводят от смыкания в рядках до смыкания в между рядах. После 40-50 дней от посева листья свеклы смыкаются, и целесообразно проводить сплошную обработку гербицидами с использованием «колеи».

На аппликаторы могут быть установлены распылители различной конструкции, как с круглой, так и со шелевой формой распыливания и различными углами факела распыла [4, 5]. В данной статье нами рассмотрены распылители с круглым факелом распыла.

В процессе развития растений в зависимости от фазы изменяются размеры отдельных ли-

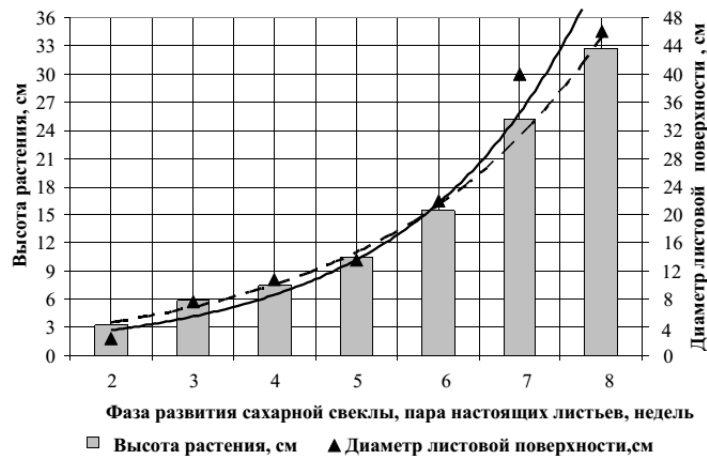


Рис. 1. Изменение высоты растения и диаметра листовой поверхности на различных фазах развития свеклы

ствьев, высота их расположения над поверхностью почвы, площадь и диаметр листовой поверхности. В зависимости от вида и сорняков обработки должны изменяться установка и расположение распылителей на аппликаторе.

На рисунке 1, показаны изменения высоты растения, диаметр листовой поверхности на различных фазах развития свеклы.

На основании полученных нами данных можно определить параметры установки распылителей, согласованные с показателями их работы в зависимости от типа и места их установки.

Наибольшее влияние на качественные показатели обработки оказывают высота установки распылителя (расстояние от форсунки до растения), угол факела распыла и угол, под которым рабочий раствор подается к обрабатываемому растению, определили влияние параметров установки распыливающих форсунок, на величину обрабатываемой площади. Рассмотрим

случай, когда форсунка с кривым радиусом распыливания может перемещаться вокруг растения (точка O) по окружности радиусом R, рисунок 2.

Площадь распыла растворов форсункой изменяется в зависимости от угла распыла ( $\alpha$ ) расстояния (R) до растения точка (O) и угла, под которым раствор подается на обрабатываемую поверхность ( $\beta$ ).

С этой целью рассмотрим характер изменения диаметра пятна и площади распыливания при изменении высоты расположения и угла наклона распылителей.

Форма площади пятна распыла изменяется в зависимости от величины угла установки распылителя от круга при  $\beta=90^\circ$  до эллипса с размерами большей оси b и меньшей оси a.

Значения параметров распыливания (размер пятна распыла рабочего раствора b, площадь распыла S при разных значениях высоты установки H, углы факела распыла  $\alpha$  и наклона его оси  $\beta$ ), полученные графическим способом в программе Компас 3D, представлены на рисунке 3, из которого наглядно видно, как меняется площадь и форма пятна распыла в зависимости от высоты, угла установки форсунки и факела распыла.

Зависимость длины большей оси эллипса от параметров распыливания при фиксированных углах наклона оси факела распыла относительно горизонтальной поверхности почвы.

### Результаты и их обсуждение

На основании данных (рисунка 2, 3) фаза развития свеклы можно отметить, что для внекорневой подкормки в первые 2-8 недель целесообразно устанавливать форсунки с углом распыла  $30^\circ$  вертикально на расстоянии от верхней части растений до 120-150 мм, с углом факела распыла  $45^\circ - 50^\circ - 75^\circ$  мм, с углом факела  $60^\circ$  – до 50 мм. По мере роста растений это расстояние увеличивается до 30%.

При этом сорняки рядом с культурными растениями обрабатываются гербицидами, а между рядами – культиваторными лапами (таблица 1).

Для сахарной свеклы очень важно сохранить

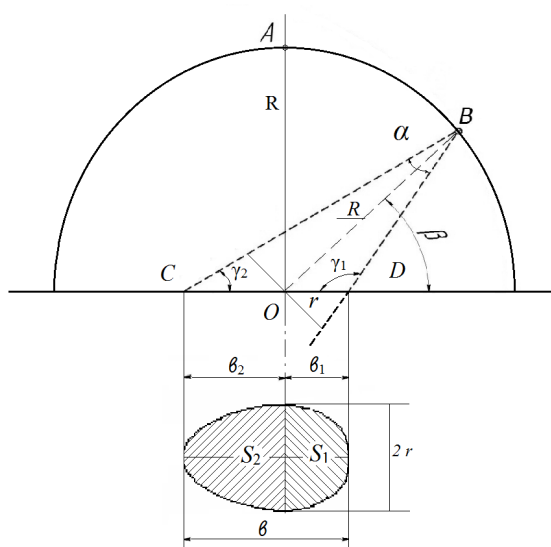


Рис. 2. Схема для определения площади распыливания при обработке растений сахарной свеклы в зависимости от угла факела распыливания и расположения распылителя.  $\alpha$  – угол факела распыла;  $\beta$  – угол установки форсунки; R – расстояние от форсунки до центра поверхности распыла;  $S_1, S_2$  – составляющие общей площади распыливания

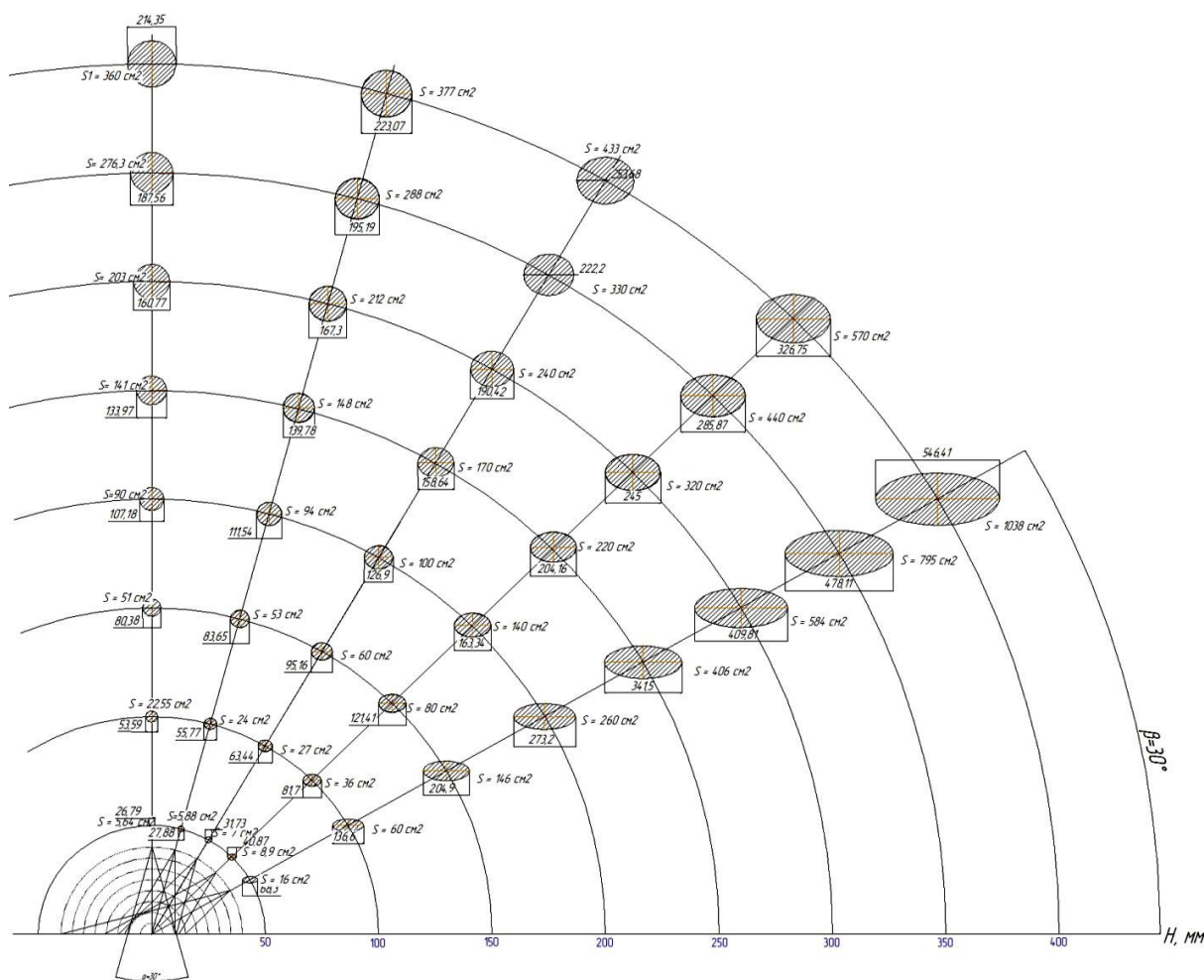


Рис. 3. Значение параметров распыливания форсунки с круглым факелом распыла, установленной в различных положениях

Таблица 1 – Параметры установки распылителей на аппликаторе

Фаза развития растений, неделя	Характеристика листовой поверхности			Параметры установки распылителей					
	высота растения, см	диаметр, см	площадь, см <sup>2</sup>	для внекорневой подкормки			для обработки гербицидами		
				угол распыла $\alpha$ , град	Угол установки $\beta$ , град	высота от листовой поверхности R, см	угол распыла $\alpha$ , град	Угол установки $\beta$ , град	высота от поверхности почвы по оси линии распыла, R, мм
1-4	2-7	до 10	до 100	30	90	10-12	30	45	50-100
4-5	10-12	12-15	200-250	60	90	20-25			150-200
5-6	15-20	20-25	300-400			35-40			
6-7	25-30	35-40	1100-1300			55-60			
7-8	более 30	более 40, смыкание листьев	более 1500	60	90	55-60	30	45	сплошное опрыскивание

интенсивность роста и развития в ранние фазы [2]. Начальный период роста является критическим в минеральном питании сахарной свеклы. Применение комплексных удобрений в качестве стартового удобрения обеспечит сбалансированное минеральное питание растений в начале вегетации и интенсивный начальный рост. Практика показывает, что

эффективность листовых подкормок возрастает при совмещении механической обработки почвы с химической. В фазе первой – второй пары настоящих листьев (через 10-15 дней после посева) проводят первую междурядную обработку пропашным культиватором на глубину 5 см с защитной зоной шириной 5-6 см и вносят комплексные удобрения на

листовую поверхность растений сахарной свёклы. Вторую междурядную обработку проводят через 10-15 дней после предыдущей или, по мере необходимости, на глубину 6-8 см пропашным культиватором с защитной зоной 10-12 см [3].

Одновременно с междурядными обработками можно вносить гербициды, инсектициды, фунгициды. С целью максимального эффекта и минимального воздействия гербицидов на культурные растения при обработке свёклы желательно проводить обработку посевов, исключая попадание растворов на листовую поверхность растений. При этом в рядах между растениями с целью экономии гербицидов целесообразно проводить обработку культиваторными лапами.

### Выводы

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что в зависимости от состояния поля (засоренность сорняками) и развития расте-

ний свёклы возможны следующие технологические схемы обработки:

1) внесение стимуляторов роста и микроудобрений с одновременной междурядной обработкой культиваторными лапами (при малом количестве сорняков или их отсутствии) – работают только верхние форсунки;

2) обработка посевов только боковыми распылителями с одновременной обработкой междурядий культиваторными лапами;

3) одновременное внесение стимуляторов роста, обработка гербицидами сорняков рядом с культурными растениями и междурядная обработка культиваторными лапами;

4) при смыкании растений возможна сплошная обработка гербицидами при наличии «Технологической колени».

Размещение форсунок на аппликаторе позволяет выдержать предлагаемые требования и проводить обработку в соответствии с рекомендациями.

### Литература

- [1] Патент № 25422124 Российская Федерация, МПК А01В 79/02 Способ для внесения листовых удобрений и гербицидов / В.И. Горшенин, Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, А.Н. Омаров, А.Г. Абросимов, И.А. Дробышев, С.В. Соловьев, Н.В. Папихина, А.В. Алехин, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Мичуринский государственный аграрный университет» - №2013111175/13, заяв. 12.03.2013; опубл. 20.02.2015, Бюл. №5. - 8 с.:ил.
- [2] А.Н. Омаров Теоретическая обоснование применения форсунок с щелевым распылением / Омаров А.Н., Каиргалиев Е.К., Бакыткалиев А.А. / «Инновационная техника и технология», г. Пенза – 2019. - №1(18). - С. 32-38.
- [3] А.Н. Омаров Исследование технического средства для распределения потоков пестицидов / Омаров А.Н., Бралиев М.К., Мухтаров М.У. / «Наука в центральной России», г. Тамбов – 2018. - №5(35). - С. 34-41.
- [4] Омаров, А.Н. Исследование процессов совмещения механических и химических способов обработки посевов свёклы / А.Н. Омаров // Наука в центральной России. - 2016. - №3. - С. 54-60.
- [5] Завражнов А.И. Технология и комбинированное средство для ухода за посевами сахарной свёклы / А.И. Завражнов, К.А. Манаенков, С.В. Соловьёв, А.Н. Омаров, А.В. Балашов // Наука в центральной России. - 2016. - №2. - С. 5-11.
- [6] Завражнов А.И. Результаты исследований щелевых распылителей для обработки свёклы / А.И. Завражнов, К.А. Манаенков, С.В. Соловьёв, А.Н. Омаров // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2016. №2. С. 126-131.

### References

- [1] Patent No. 25422124 Russian Federation, IPC A01V 79/02 Method for applying leaf fertilizers and herbicides / V.I. Gorshenin, Yu.A. Tyrnov, A.V. Balashov, A.N. Omarov, A.G. Abrosimov, I.A. Drobyshev, S.V. Solovyov, N.V. Papikhina, A.V. Alekhin: Applicant and patent holder FGBOU VPO «Michurinsky State Agrarian University» - No. 2013111175/13, App. 03/12/2013; publ. 20.02.2015, Bull. No. 5. - 8 p.: ill.
- [2] A.N. Omarov Theoretical substantiation of the use of nozzles with slotted spray / Omarov A.N., Kaigaliev E.K., Bakytkaev A.A. / «Innovative equipment and technology», Penza - 2019. - No. 1 (18). - S. 32-38.
- [3] A.N. Omarov Investigation of the technical means for the distribution of pesticide flows / Omarov A.N., Braliev M.K., Mukhtarov M.U. / «Science in Central Russia», Tambov - 2018. - No. 5 (35). - S. 34-41.
- [4] Omarov, A.N. Study of the processes of combining mechanical and chemical methods of processing beet crops / A.N. Omarov // Science in Central Russia. - 2016. - No. 3. - P. 54-60.
- [5] Zavrazhnov A.I., Zavrazhnov A.I., K.A. Manaenkov, S.V. Solovyov, A.N. Omarov, A.V. Balashov // Science in Central Russia. - 2016. - No. 2. - P. 5-11.
- [6] Zavrazhnov A.I., Manaenkov K.A., S.V. Solovyov, A.N. Omarov // Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. 2016. No. 2.S. 126-131.
- [7] 7.A.N. Omarov Determination of design parameters of applicators for local processing of sugar beet crops / A.I. Zavrazhnov, A.V. Balashov, S.V. Dyachkov, A.N. Omarov, S.P. Strygin // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2017. No. 1. pp. 52-56.

- [7] A.N. Omarov Determination of design parameters of applicators for local processing of sugar beet crops / A.I. Zavrzhnov, A.V. Balashov, S.V. Dyachkov, A.N. Omarov, S.P. Strygin // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2017. №1. pp. 52-56.
- [8] Омаров А.Н. Проведение трехфакторного эксперимента по сверхвысокочастотной микронизации зерновых кормов / Собченко Ю.А., Омаров А.Н., Белов А.А. // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. Т. 68. № 3 (44). С. 116-123.
- [9] Фролов, Д. И. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. - 2013. - № 3. - С. 18-23. - EDN QJCHJV.
- [10] Фролов, Д. И. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2015. - № 1(29). - С. 120-126. - EDN UCTCXX.
- [11] Анализ процесса движения воздуха внутри кожуха ботвоудаляющего рабочего органа с обоснованием оптимального угла наклона ножей / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. Е. Каширин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2015. - № 4(28). - С. 67-72. - EDN VOIRLD.
- [8] Omarov A.N. Conducting a three-factor experiment on microwave micronization of grain feed / Sobchenko Yu.A., Omarov A.N., Belov A.A. // Electrical technologies and electrical equipment in the agro-industrial complex. 2021. V. 68. No. 3 (44). pp. 116-123.
- [9] Frolov, D. I., Kurochkin, A. A., Shaburova, G. V. Substantiation of the optimal rotational speed of the working body of a haulm-removing machine. Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. - 2013. - No. 3. - S. 18-23. -EDN QJCHJV.
- [10] Frolov, D. I., Kurochkin, A. A., Shaburova, G. V. Determination of the optimal parameters of a haulm-removing machine on onion crops // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2015. - No. 1 (29). - S. 120-126. -EDN UCTCXX.
- [11] Frolov D.I., Kurochkin A.A., Shaburova G.V., Kashirin D.E. Analysis of the process of air movement inside the casing of the haulm-removing working body with the rationale for the optimal angle of inclination of the knives // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University. P.A. Kostychev. - 2015. - No. 4 (28). - S. 67-72. - EDN VOIRLD.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Омаров Акылбек Нурлыбекович</b> кандидат технических наук ассоциированный профессор кафедры «Техника и технологии» Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет 090000, ЗКО, Казахстан, г. Уральск, ул. Ихсанова 44/1 <b>Тел.:</b> +7(701) 849-27-89 <b>E-mail:</b> akylbek-kaz@mail.ru</p>	<p><b>Omarov Akylbek Nurlybekovich</b> PhD in Technical Sciences Associate Professor of the Department «Engineering and Technology» West Kazakhstan Innovative and Technological University <b>Phone:</b> +7(701) 849-27-89 <b>E-mail:</b> akylbek-kaz@mail.ru</p>
<p><b>Махсоткалиева Д.А.</b> магистр «Техника и технологии» Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет 090000, ЗКО, Казахстан, г. Уральск, ул. Ихсанова 44/1</p>	<p><b>Makhsotkalieva D.A.</b> master «Engineering and Technology» West Kazakhstan Innovative and Technological University</p>

## Влияние размеров сопла матрицы экструдера на расширение кукурузного крахмала

Фролов Д.И., Бугаева Е.А.

**Аннотация.** В статье изучено влияние конфигурации сопла матрицы экструдера на индекс расширения крахмала. Обычный кукурузный крахмал экструдировали через сопла с различным соотношением длины к диаметру  $L/D$ . В качестве экструдера использовался лабораторный экструдер ЭК-40. Коэффициент расширения экструдированного крахмала в процессе исследования увеличивался с 4,5 до 13, при отношении длины к диаметру сопла  $L/D$  экструдера с 2,5 до 3,4. В дальнейшем, при увеличении отношения длины к диаметру сопла  $L/D$  экструдера с 3,4 до 10,2 происходило постепенное снижение коэффициента расширения до 8,5. Противодавление в цилиндре экструдера было прямо пропорционально соотношению длины к диаметру сопла  $L/D$ , с оптимальным расширением примерно на уровне 7,1 МПа.

**Ключевые слова:** экструзия, матрица, свойства экструдата, крахмал, коэффициент расширения.

**Для цитирования:** Фролов Д.И., Бугаева Е.А. Влияние размеров сопла матрицы экструдера на расширение кукурузного крахмала // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 1. С. 41–44. EDN: OFRGBJ.

## Effect of extruder die nozzle size on cornstarch expansion

Frolov D.I., Bugaeva E.A.

**Abstract.** The article studied the effect of extruder die nozzle configuration on starch expansion index. Conventional cornstarch was extruded through nozzles with different  $L/D$  ratios. An EK-40 laboratory extruder was used as an extruder. The coefficient of expansion of the extruded starch during the study increased from 4.5 to 13, with a ratio of length to diameter of the nozzle  $L/D$  of the extruder from 2.5 to 3.4. Further, with an increase in the ratio of length to diameter of the nozzle  $L/D$  of the extruder from 3.4 to 10.3, the expansion coefficient gradually decreased to 8.5. The backpressure in the extruder barrel was directly proportional to the length to diameter ratio of the nozzle  $L/D$ , with the optimum expansion at about 7,1 MPa.

**Keywords:** extrusion, matrix, extrudate properties, starch, expansion coefficient.

**For citation:** Frolov D.I., Bugaeva E.A. Effect of extruder die nozzle size on cornstarch expansion. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 1. pp. 41–44. EDN: OFRGBJ. (In Russ.).

### Введение

Экструдированные продукты, такие как хлопья, закуски и сухие корма для домашних животных, производятся методом экструзионной варки с прямым расширением [1]. Их пористая структура получается путем создания структуры коллоидного геля при высокой температуре и давлении внутри экструдера. Когда продукт выходит из сопла, резкое падение давления позволяет перегретой воде испариться, и продукт застывает в расширенном состоянии [6]. Во время этой высокотемпературной кратковременной обработки гелевая масса раздувается

на выходе из сопла многочисленными крошечными ячейками, вызванными расширением водяного пара [3].

Объем расширения крахмала в основном зависит от степени его желатинизации в экструдере. Давление и сдвиг, развиваемые при экструзии, определяют степень желатинизации крахмала [5]. Переменные экструзии, такие как конфигурация цилиндра, температура, конструкция шнека, скорость и влажность крахмала, контролируют давление и сдвиг в экструдере, а затем расширение крахмала. Меньшие диаметры фильеры увеличивали степень клейстеризации крахмала и его расширение.

О влиянии размеров сопла (длины и/или диаметра) на расширение крахмала сообщали в исследовании [2]. Изменения размеров сопла влияют на давление и сдвиг в экструдере и, в конечном счете, на расширение крахмала. Цель этого исследования заключалась в том, чтобы конкретно охарактеризовать влияние длины и/или диаметра сопла на объем расширения кукурузного крахмала.

### Объекты и методы исследований

В качестве крахмала был куплен обычный кукурузный крахмал в магазине. Мелкий порошок крахмала гранулировали перед экструзией. Влажность гранулированного крахмала доводили до 14% дистиллированной водой.

Образцы были экструдированы в лабораторном одношнековом экструдере ЭК-40 [4]. Лабораторный одношнековый экструдер ЭК-40 с диаметром шнека 40 мм, отношением длина к диаметру шнека 4:1 и температурным режимом 140/170 °С. Температуры секции сжатия и головки экструдера составляли 150°С, тогда как температура секции подачи поддерживалась на уровне 80°С. Образцы крахмала подавали со скоростью 60 г/мин, поддерживая скорость вращения шнека 160 об/мин. Длина сопла «L» и диаметр «D» (рис. 1) варьировались от 9 до 30 мм и от 2 до 6 мм соответственно. Фактическое отношение длины сопла к диаметру (L/D) варьировалось от 2,5 до 10,2. Датчик давления под-

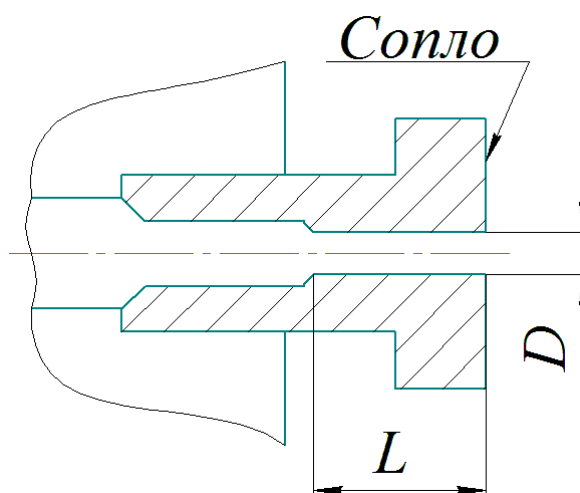


Рис. 1. Конфигурация и размеры головки экструдера и сопла

соединяли к зоне сжатия экструдера; давление показывали на цифровом считывающем измерителе во время экструзии.

Коэффициент расширения экструдата крахмала рассчитывали путем деления средней площади поперечного сечения экструдата на площадь поперечного сечения сопла. Каждое значение представляло собой среднее из десяти показаний.

### Результаты и их обсуждение

Взаимосвязь между коэффициентом расширения, давлением экструзии крахмала и

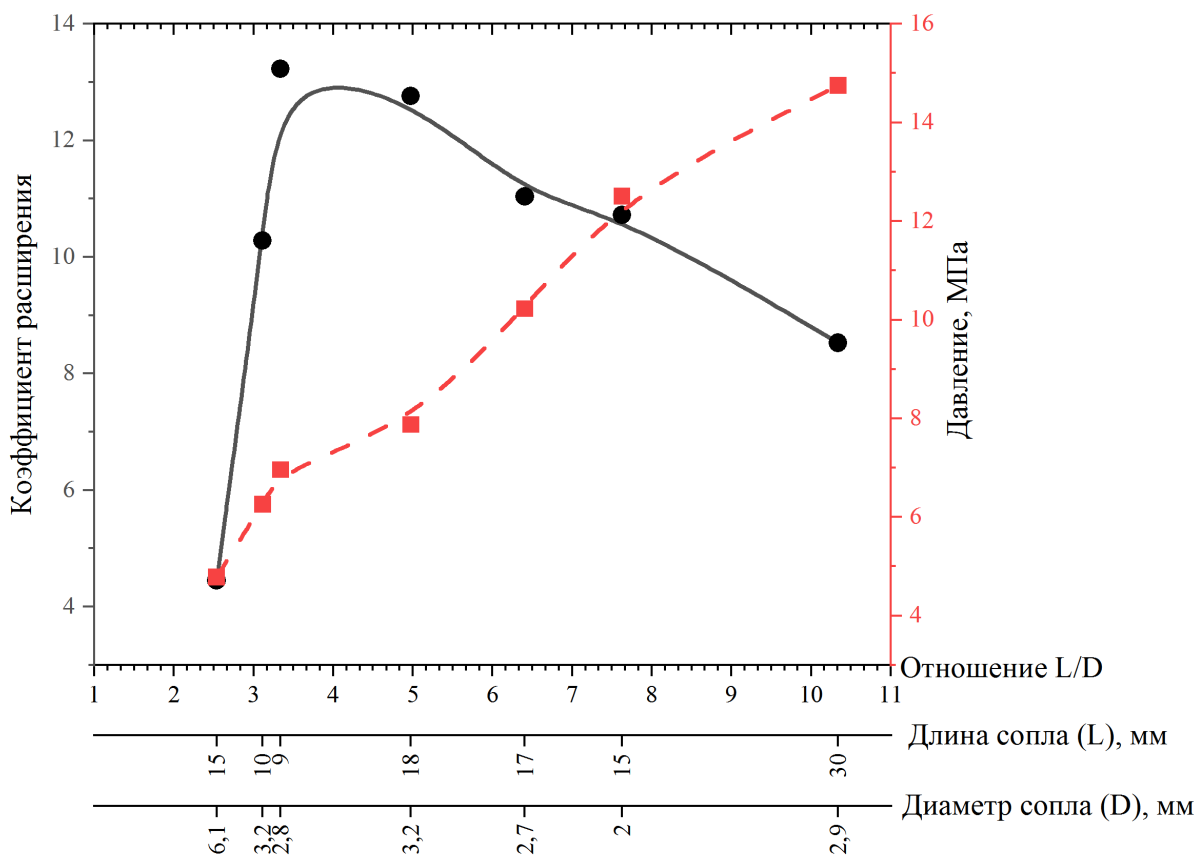


Рис. 2. Взаимосвязь между отношением L/D сопла экструдера и давлением экструзии и коэффициентом расширения кукурузного крахмала. Фактические значения L и D различных форсунок, соответствующих точкам на рисунке, показаны на отдельных горизонтальных осях

отношением L/D сопла представлена на рис. 2. Коэффициент расширения резко увеличился с 4,5 до 13, когда отношение L/D сопла увеличилось с 2,5 до 3,4, а затем постепенно снизилось до 8,5. Однако давление экструзии (измеренное в секции сжатия экструдера) пропорционально увеличивалось с 4,6 до 14,6 МПа при увеличении отношения L/D.

Известно, что степень расширения крахмала в основном зависит от степени его желатинизации. На рис. 2 начальное увеличение коэффициента расширения с отношением L/D и давлением экструзии может быть связано с таким увеличением степени желатинизации крахмала, поскольку высокое давление экструзии увеличивает время пребывания и, в конечном итоге, подвергает крахмал высоким скоростям сдвига в пределах экструдера, который в конечном итоге повысит степень желатинизации крахмала. Однако при более высоких давлениях экструзии (более 7 МПа) и более высоких отношениях L/D (более 3,4) степень расширения постепенно уменьшалась. При таких высоких давлениях экструзии время пребывания и скорость сдвига были достаточно высокими, чтобы расщепить молекулы крахмала и, таким образом, уменьшить степень расширения. Известно, что высокие скорости сдвига и время пребывания вызывают деградацию крахмала и снижают коэффициент расширения.

Чтобы увидеть индивидуальное влияние сопел L и D на степень расширения и давление экструзии, крахмал экструдировали с помощью сопел, имеющих разную длину, но почти одинаковые диаметры, и наоборот. Обзор нижних осей (рис. 2) показывает диаметры сопел: 2,8, 2,7 и 2,9 мм с соответствующими длинами: 9, 17 и 30 мм. Рабочие давления, достигаемые с помощью этих сопел, составляли 6,3, 10,2 и 14,6 МПа, а степени расширения составляли 10,2; 11,1 и 8,6 соответственно. Для диаметров сопел: 2,0, 3,2 и

6,1 мм с соответствующими длинами: 15, 18 и 15 мм – рабочее давление составляло 11,6; 7,7 и 4,6 МПа, а степень расширения – 10,7; 12,8 и 4,5 соответственно. Как и следовало ожидать, рабочее давление увеличивалось с увеличением длины сопла или уменьшением диаметра сопла. Независимое рассмотрение L и D в отношении степени расширения позволяет предположить, что существует оптимальное рабочее давление для максимального расширения. Результаты на рис. 2 показывают, что давление 7,1 МПа, создаваемое в результате любой комбинации длины и диаметра сопла, приводило к наибольшему расширению крахмала.

Кроме того, следует отметить, что увеличение отношения L/D будет отражать либо уменьшение диаметра сопла, либо увеличение длины, либо их комбинацию. Другими словами, отношение L/D и его взаимосвязь с расширением крахмала и давлением экструзии ограничены фактическими значениями, представленными на рис. 2 (нижняя горизонтальная ось), по тем причинам, что аналогичные отношения L/D могут быть получены с различными наборами значений сопла L и D. Однако давление экструзии будет варьироваться. Поэтому предполагается, что давление экструзии вместо отношения L/D сопла будет служить лучшим индикатором для прогнозирования коэффициента расширения крахмала.

## Выводы

Диаметр сопла и/или длина играют решающую роль в экструзии при расширении крахмала. Оптимальное давление экструзии для наилучшего расширения крахмала с влажностью 14% составляет 7,1 МПа, что достигается с помощью сопла, имеющего отношение L/D равное 3,4.

## Литература

- [1] Бахчевников О.Н., Брагинцев С.В. Экструдирование растительного сырья для продуктов питания (обзор) // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50. № 4. С. 690–706. EDN: CDJMBD.
- [2] Курочкин А.А., Фролов Д.И. Влияние размерных характеристик матрицы экструдера на свойства получаемого экструдата // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. Т. 7. № 1. С. 28–37. EDN: IEKGJT.
- [3] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного сула с использованием экструдированного ячменя / Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Д.И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 6 (22). С. 103–109. EDN: TKJLIH.

## References

- [1] Bakhchevnikov O.N., Braginets S.V. Extrusion of vegetable raw materials for food products (review) // Technique and technology of food production. 2020. V. 50. No. 4. S. 690–706. EDN: CDJMBD.
- [2] Kurochkin A.A., Frolov D.I. Influence of the dimensional characteristics of the extruder matrix on the properties of the resulting extrudate // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2022. V. 7. No. 1. S. 28–37. EDN: IEKGJT.
- [3] Optimization of the composition of grain products in the production of beer wort using extruded barley / G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, D.I. Frolov // XXI century: results of the past and problems of the present plus. 2014. No. 6 (22). pp. 103–109. EDN: TKJLIH.

- [4] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов [и др.] // Нива Поволжья. 2019. № 2 (51). С. 134–143. EDN: BIRIFZ.
- [5] 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. EDN: ZTIERL.
- [6] Способ производства хлебобулочных изделий : пат. 2579488 Российская Федерация : МПК А 21 D 8/02 / Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов, Н.Н. Шматкова ; 2014146596/13 ; заявл. 19.11.2014 ; опубли. 10.4.2016, Бюл. №10. 8 с. EDN: UOANLF.
- [4] Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [and others] // Niva of the Volga region. 2019. No. 2 (51). pp. 134–143. EDN: BIRIFZ.
- [5] Rational technological parameters in the production of a polycomponent composite based on flax seeds / V.M. Zimnyakov, O.N. Kukharev, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // Niva of the Volga region. 2017. No. 4 (45). pp. 157–163. EDN: ZTIERL.
- [6] Method for the production of bakery products: Pat. 2579488 Russian Federation: MPK A 21 D 8/02 / G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, N.N. Shmatkova; 2014146596/13 ; dec. 11/19/2014; publ. 10.4.2016, Bull. No. 10. 8 s. EDN: UOANLF.

**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>Бугаева Елена Александровна</b> студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p><b>Bugaeva Elena Alexandrovna</b> student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>

## Действие и последствие известкования на фоне применения минеральных удобрений на продуктивность культур звена севооборота

*Чекаев Н.П., Галиуллин А.А.*

**Аннотация.** В статье приводятся данные полевых опытов по изучению влияния известкового мелиоранта и минеральных удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур на черноземе выщелоченном. Применение известняковой муки в качестве химического мелиоранта на фоне применения разных доз минеральных удобрений и в чистом виде повышает урожайность уже первой культуры на 8,0-52,7%, урожайность второй культуры на 17,2-51,0%, а третьей на 1,6-68,5%. Эффективность минеральных удобрений на третий год по фону известкования увеличивается по сравнению с первым и вторым годом их действия. Наибольшая продуктивность получена на вариантах с применением сложных минеральных удобрений на фоне известкования с нормами 1,5 и 2,0 Нг.

**Ключевые слова:** известковый мелиорант, минеральные удобрения, урожайность сельскохозяйственных культур.

**Для цитирования:** Чекаев Н.П., Галиуллин А.А. Действие и последствие известкования на фоне применения минеральных удобрений на продуктивность культур звена севооборота // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 1. С. 45–49. EDN: OLKUTO.

## Action and consequence of lime against the application of mineral fertilizers on the productivity of crops in the root link

*Chekaev N.P., Galiullin A.A.*

**Abstract.** The article presents data from field experiments to study the effect of lime ameliorant and mineral fertilizers on the productivity of crops on leached chernozem. The use of limestone flour as a chemical ameliorant against the background of the use of different doses of mineral fertilizers and in its pure form increases the yield of the first crop by 8.0-52.7%, the yield of the second crop by 17.2-51.0%, and the third by 1.6-68.5%. The effectiveness of mineral fertilizers in the third year against the background of liming increases in comparison with the first and second years of their action. The highest productivity was obtained on variants with the use of complex mineral fertilizers against the background of liming with norms of 1.5 and 2.0 Ng.

**Keywords:** lime ameliorant, mineral fertilizers, crop productivity.

**For citation:** Chekaev N.P., Galiullin A.A. Action and consequence of lime against the application of mineral fertilizers on the productivity of crops in the root link. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 1. pp. 45–49. EDN: OLKUTO. (In Russ.).

### Введение

В Пензенской области в последние десятилетия продолжается тенденция подкисления почв. Площадь кислых почв сельскохозяйственных угодий в области насчитывается более 2 млн. га. По данным агрохимического обследования проведенного ФГБУ ГЦАС «Пензенский» 86,5% почв области подвержены разной степени подкисления [1, 9, 10].

Результаты полевых исследований свидетель-

ствуют о том, что в системе полевых севооборотов на выщелоченных черноземах, имеющих кислую реакцию среды, необходимо сочетать регулярное применение минеральных удобрений с периодическим известкованием [2, 3, 5, 7].

В качестве известковых мелиорантов в настоящее время наряду с известью широко используются отходы промышленности: металлургические шлаки, угольную золу, отходный мел, фосфат-шлаки, феррохромовые шлаки, сланцевую золу, дефекат и др. Один из таких отходов можно использовать от-

ход из печи обжига извести, представляющий собой пылеунос, образующийся при обжиге известняковой муки [4, 6, 8].

В связи с этим целью настоящей работы было изучение действия известкового мелиоранта (отхода из печи обжига известняковой муки) и минеральных удобрений на эффективность возделывания сельскохозяйственных культур на кислых выщелоченных черноземах.

### Объекты и методы исследований

Для решения поставленных задач на опытном поле учебно-производственного центра ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ (Пензенская область, Мокшанский район) проведен полевой опыт по следующей схеме:

Фактор А – дозы внесения минеральных удобрений:

1. Без удобрений; 2. N30; 3. N30P30K30; 4. N60; 5. N60P60K60.

Фактор В – нормы известкового мелиоранта в расчете от гидролитической кислотности (Нг):

1. Без известкования; 2. Известкование  $DCaCO_3 - 1,0$  Нг; 3. Известкование  $DCaCO_3 - 1,5$  Нг; 4. Известкование  $DCaCO_3 - 2,0$  Нг.

Повторность опыта четырехкратная, варианты в опыте размещены методом рендомизированных повторений. Общая площадь делянки 36 м<sup>2</sup>. Учетная площадь 25 м<sup>2</sup>. Исследования проводились в звене севооборота со следующим чередованием культур: озимая пшеница (2017 г.) – яровая пшеница (2018 г.) – горох (2019 г.)

Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным среднегумусным среднемогучным тяжелосуглинистым. Содержание гумуса в слое 0-30 см – 6,11-6,48%, щелочногидролизуемого азота 10,5-12,5, подвижного фосфора – 5,4-8,1, подвижного калия – 10,5-13,3 мг на 100 г почвы, реакция почвенного раствора кислая (4,7-5,0), гидролитическая кислотность – 5,85-6,57 мг-экв. на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 34,4-38,2 мг-экв. на 100 г почвы.

Из минеральных удобрений в опыте использовались аммиачная се-литра и азофоска.

Химический состав известкового мелиоранта: карбонаты кальция ( $CaCO_3$ ) – 80-86 %, окись магния ( $MgO$ ) – 0,5-3,0%, кремнезем ( $SiO_2$ ) – 3,0-6,0%, окись железа ( $Fe_2O_3$ ) – 0,3-0,6%, окись алюминия  $Al_2O_3$  – 0,4-1,6%, окись кальция  $CaO$  – 5,0-15,0%. Показатель АДВ (активно действующего вещества) составляет 87%.

### Результаты и их обсуждение

Урожайность озимой пшеницы в 2017 году на вариантах опыта в зависимости от доз минеральных удобрений и норм известкового мелиоранта составила в пределах 2,37-3,62 т/га. На вариантах без применения химического мелиоранта урожайность

Таблица 1 – Урожайность культур звена севооборота в зависимости от применения минеральных удобрений и известкового мелиоранта

Дозы минеральных удобрений	Нормы известкового мелиоранта			
	Без известкования	1,0 Нг	1,5 Нг	2,0 Нг
<b>2017 г. озимая пшеница</b>				
1. Без удобрений (контроль)	2,37	2,56	2,62	2,72
2. N30	2,54	2,78	2,86	2,96
3. N30P30K30	2,9	2,85	3,44	3,3
4. N60	2,63	2,98	3,04	3,16
5. N60P60K60	3,05	3,25	3,62	3,61
<i>HCP<sub>05</sub></i>	0,11	0,13	0,21	0,22
<b>2018 г. яровая пшеница</b>				
1. Без удобрений (контроль)	2,49	2,66	2,78	2,8
2. N30	2,7	2,92	2,97	3,04
3. N30P30K30	3,08	2,99	3,58	3,38
4. N60	2,8	3,13	3,16	3,24
5. N60P60K60	3,24	3,41	3,76	3,7
<i>HCP<sub>05</sub></i>	0,13	0,1	0,17	0,14
<b>2019 г. горох</b>				
1. Без удобрений (контроль)	1,84	1,87	1,92	2,09
2. N30	2,24	2,29	2,52	2,68
3. N30P30K30	2,3	2,72	2,76	2,79
4. N60	2,56	2,74	2,81	2,86
5. N60P60K60	2,71	2,93	2,92	3,1
<i>HCP<sub>05</sub></i>	0,09	0,11	0,14	0,21
<b>Суммарная продуктивность звена севооборота за три года, т/га зерновых единиц</b>				
1. Без удобрений (контроль)	6,68	7,07	7,3	7,59
2. N30	7,46	7,97	8,32	8,65
3. N30P30K30	8,26	8,53	9,75	9,44
4. N60	7,96	8,82	8,98	9,23
5. N60P60K60	8,97	9,56	10,27	10,38

составила от 2,37-3,05 т/га и была самой высокой на варианте с применением комплексного удобрения азофоски в дозе N60P60K60 в д.в. Отклонения в зависимости от доз удобрений составили от 0,17 до 0,68 т/га (таблица 1).

Прямое действие известкования в норме 1,0 Нг повысило урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от доз удобрений на 0,19-0,88 т /га, и была самой высокой на варианте с применением комплексного удобрения в дозе N60P60K60 в д.в. Применение известкования без удобрений повысило урожайность зерна на 0,19 т/га.

Применение разных доз минеральных удобрений на фоне прямого действия известкования с дозой 1,5 Нг повысило урожайность зерна на

0,49-1,25 т/га. Самые высокие отклонения были на вариантах с применением комплексных минеральных удобрений. На варианте без удобрений на фоне применения известкового мелиоранта урожайность составила 2,62 т/га, что было выше контроля на 0,25 т/га. На вариантах с нормой известкования 2,0 Нг урожайность зерна озимой пшеницы составила 2,72-3,61 т/га. Прибавки урожая по сравнению с вариантом без удобрений и без известкования составили 0,35-1,24 т/га.

Таким образом, как показали исследования применение отхода из печи обжига известняковой муки в качестве химического мелиоранта на фоне применения разных доз минеральных удобрений и в чистом виде повышает урожайность первой культуры на 8,0-37,1% при норме 1,0 Нг, на 10,5-52,7% при норме 1,5 Нг и на 14,7-52,3% при норме 2,0 Нг.

Урожайность яровой пшеницы в 2018 году на вариантах опыта колебалась в интервале от 2,49 до 3,76 т/га. На контрольном варианте она составила 2,49 т/га и была самой низкой. Применение минеральных удобрений на фоне без известкования увеличивала урожайность 0,21-0,75 т/га.

На известковом фоне с нормой мелиоранта 1,0 Нг применение удобрений повысило урожайность зерна яровой пшеницы на 0,43-0,92 т/га и была наибольшей на вариантах с применением N60 и N60P60K60.

На фоне применения мелиоранта с нормой 1,5 Нг урожайность яровой пшеницы составляла 2,78-3,76 т/га, а на фоне 2,0 Нг она составила 2,80-3,70 т/га. Наибольший урожай зерна был на варианте с применением N60P60K60. Отклонения от контрольного варианта без удобрений и без химического мелиоранта составили от 12,4 до 51,0 %.

Урожайность гороха в 2019 году на вариантах опыта в зависимости от норм минеральных удобрений и известкового мелиоранта составила в пределах 1,84-3,10 т/га. На вариантах без применения

химического мелиоранта урожайность зерна гороха составила от 1,84-2,71 т/га и была самой высокой на варианте с применением комплексного удобрения в дозе N60P60K60 в д.в. Отклонения в зависимости от доз удобрений составили от 0,40 до 0,87 т/га.

Последствие известкования в дозах от 1,0 Нг до 2,0 Нг повысило урожайность зерна гороха в зависимости от доз удобрений на 0,45-1,26 т/га, и была самой высокой на варианте с применением комплексного удобрения в норме N60P60K60 в д.в. Применение мелиоранта без удобрений повысило урожайность зерна на 0,03-0,25 т/га.

За три года действия и последствия известкового мелиоранта без минеральных удобрений повысила продуктивность возделываемых сельскохозяйственных культур на 0,39-0,91 т/га зерновых единиц, что составило 5,9-13,6 %. Минеральные удобрения без применения известкования увеличивали продуктивность на 0,78-2,29 т/га з.е. На фоне известкования в нормах от 1,0 Нг до 2,0 Нг продуктивность сельскохозяйственных культур с применением минеральных удобрений повысилась на 1,29-3,70 т/га з.е., что составляет 19,3-55,4 %.

### Выводы

Таким образом, как показали исследования, использование известкового мелиоранта повышала продуктивность сельскохозяйственных культур как в прямом действии, так и в последствии на второй и третий год после внесения мелиоранта. Эффективность минеральных удобрений на фоне последствия известкования на третий год увеличивается по сравнению с первым и вторым годом их действия.

### Литература

- [1] Арефьева, М.В. Экономическая эффективность применения химического мелиоранта и удобрений при возделывании яровой пшеницы М.В. Арефьева, Н.П. Чекаев, А.Г. Сухалов / Материалы XIII международной научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы». – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – С.10-13.
- [2] Власова, Т.А. Агрохимия: учебное пособие / Т.А. Власова, Н.П. Чекаев, Г.Е. Гришин, Е.Е. Кузина. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 171 с.
- [3] Власова, Т.А. Система удобрений сельскохозяйственных культур: учебное пособие / Т.А. Власова, Н.П. Чекаев. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – 231 с.
- [4] Гришин Г.Е. Влияние известкования и системы

### References

- [1] Arefyeva, M.V. Economic efficiency of the use of chemical meliorant and fertilizers in the cultivation of spring wheat M.V. Arefyeva, N.P. Chekaev, A.G. Sukhalov / Materials of the XIII international scientific and practical conference «Agro-industrial complex: state, problems, prospects». – Penza: RIO PGU, 2017. – pp.10-13.
- [2] Vlasova, T.A. Agrochemistry: textbook / T.A. Vlasova, N.P. Chekaev, G.E. Grishin, E.E. Kuzina. – Penza: RIO PGSHA, 2016. – 171 p.
- [3] Vlasova, T.A. System of fertilizers of agricultural crops: a textbook / T.A. Vlasova, N.P. Chekaev. – Penza: RIO PGU, 2017. – 231 p.

- удобрений на агрохимические показатели чернозема выщелоченного и продуктивность звена севооборота / Г.Е. Гришин // Агрохимия. – 2001. – № 10. – С. 5-10.
- [5] Лебедева, Т.Б. Известкование черноземных почв: учебное пособие / Т.Б. Лебедева. – Пенза, 1996. – 98 с.
- [6] Мерзлая, Г.Е. Влияние известкования и различных систем удобрения на физико-химические свойства чернозема выщелоченного / Г.Е. Мерзлая, С.М. Надежкин, Е.В. Никулина // Сб. Материалов в книге «Вопросы известкования почв» под ред. И.А. Шильникова, Н.И. Акановой. М.: Агроконсалт, 2002. – С. 115-119.
- [7] Надежкин, С.М. Экологические аспекты известкования черноземов / С.М. Надежкин, Т.Б. Лебедева, Е.В. Надежкина. – М.: Агроконсалт, 2005. – 276 с.
- [8] Сухалов, А.Г. Кислотно-основные свойства чернозема выщелоченного в зависимости от применения удобрений и отхода из печи обжига известняковой муки области / А.Г. Сухалов, Н.П. Чекаев // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых. Том 1. – Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – С.73-78.
- [9] Чекаев, Н.П. Эффективность использования местных минеральных ресурсов для воспроизводства почвенного плодородия и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур / Н.П. Чекаев, А.А. Галиуллин // В книге: Проблемы и перспективы развития агропромышленного производства. Под ред. Л.Б. Виничек и А.А. Галиуллина. – Пенза, 2019. – С. 149-168.
- [10] Чекаев, Н.П. Изменение кислотно-основных свойств черноземной почвы под действием известкового мелиоранта и минеральных удобрений / Н.П. Чекаев, В.Н. Эркаев // Сурский вестник. – 2020. – № 3 (11). – С. 54-58.
- [4] Grishin G.E. Influence of liming and fertilizer system on agrochemical parameters of leached chernozem and productivity of crop rotation link / G.E. Grishin // Agrochemistry. - 2001. – No. 10. – Pp. 5-10.
- [5] Lebedeva, T.B. Liming of chernozem soils: textbook / T.B. Lebedeva. – Penza, 1996. – 98 p.
- [6] Merzlaya, G.E. The influence of liming and various fertilization systems on the physico-chemical properties of leached chernozem / G.E. Merzlaya, S.M. Reliable, E.V. Nikulina // Collection of Materials in the book «Issues of liming soils» edited by I.A. Shilnikov, N.I. Akanova. M.: Agroconsult, 2002. – pp. 115-119.
- [7] Reliable, S.M. Ecological aspects of liming of chernozems / S.M. Reliable, T.B. Lebedeva, E.V. Reliable. – M.: Agroconsult, 2005. – 276 p.
- [8] Sukhalov, A.G. Acid-basic properties of alkaline chernozem depending on the use of fertilizers and waste from the calcining furnace of limestone flour of the region / A.G. Sukhalov, N.P. Chekaev // Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex of Russia: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference of Young scientists. Volume I. – Penza: RIO PGAU, 2018. – pp.73-78.
- [9] Chekaev, N.P. Efficiency of use of local mineral resources for reproduction of soil fertility and increase of productivity of agricultural crops / N.P. Chekaev, A.A. Galiullin // In the book: Problems and prospects of development of agro-industrial production. Edited by L.B. Vinichek and A.A. Galiullin. – Penza, 2019. – pp. 149-168.
- [10] Chekaev, N.P. Change of acid-base properties of chernozem soil under the action of lime meliorant and mineral fertilizers / N.P. Chekaev, V.N. Erkaev // Sursky vestnik. – 2020. – № 3 (11). – Pp. 54-58.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

<p><b>Чекаев Николай Петрович</b> кандидат сельскохозяйственных наук заведующий кафедрой «Почвоведение, агрохимия, химия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 <b>Тел.:</b> +7(841) 262-85-65 <b>E-mail:</b> chekaev.n.p@pgau.ru</p>	<p><b>Chekaev Nikolay Petrovich</b> PhD in Agricultural Sciences head of the department of «Soil Science, Agrochemistry, Chemistry» Penza State Agrarian University <b>Phone:</b> +7(841) 262-85-65 <b>E-mail:</b> chekaev.n.p@pgau.ru</p>
<p><b>Галиуллин Альберт Амирович</b> кандидат сельскохозяйственных наук доцент кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 <b>Тел.:</b> +7(841) 262-81-51 <b>E-mail:</b> galiullin.a.a@pgau.ru</p>	<p><b>Galiullin Albert Amirovich</b> PhD in Agricultural Sciences associate professor at the department of «Processing of Agricultural Products» Penza State Agrarian University <b>Phone:</b> +7(841) 262-81-51 <b>E-mail:</b> galiullin.a.a@pgau.ru</p>

# ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

## ECONOMICS AND ORGANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 637.2

### Производство молока в Пензенской области

*Зимняков В.М.*

**Аннотация.** В статье отмечена роль молочного скотоводства как ведущей отрасли сельскохозяйственного производства. Дается анализ производства молока в Пензенской области, а также приводятся данные по перспективе развития молочного производства на ближайшее время. Отмечена роль молочного скотоводства, как одной из ведущих подотраслей животноводства региона. Рассмотрено изменение поголовья крупного рогатого скота (в том числе коров) в Пензенской области в 2011-2020 годы. Поголовье КРС (в том числе коров) в Пензенской области в 2020 году составило 157,3 тыс. голов. Приведены данные по производству молока в Пензенской области за период с 2011 по 2020 годы. В 2020 году в Пензенской области произведено 384,2 тыс. тонн молока, что на 11,6% больше, чем в 2019 году. Приведена характеристика основных производителей молока в Пензенской области. Отмечено, что компания «Русмолко» полностью завершила проект по строительству животноводческого комплекса на 7200 голов дойного стада в Сердобском районе Пензенской области. Анализируя производство молока в Пензенской области в настоящее время, можно отметить, что на 1 января 2022 года общее поголовье крупного рогатого скота на трех молочных комплексах «Русская молочная компания» составляет 31 544 головы. Надой на одну фуражную корову вырос на 6% по сравнению с 2020 годом и составил 8514 кг. Дан прогноз по развитию молочного производства в Пензенской области на ближайшее время.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, коровы, молоко, , молочное производство, поголовье, продуктивность, доение, анализ, стратегия развития, тенденции, прогноз.

**Для цитирования:** Зимняков В.М. Производство молока в Пензенской области // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 1. С. 50–55. EDN: PHMJIS.

### Milk production in the Penza region

*Zimnyakov V.M.*

**Abstract.** The article notes the role of dairy cattle breeding as the leading branch of agricultural production. An analysis of milk production in the Penza region is given, as well as data on the prospects for the development of dairy production in the near future. The role of dairy cattle breeding as one of the leading livestock sub-sectors of the region is noted. The change in the number of cattle (including cows) in the Penza region in 2011-2020 is considered. The number of cattle (including cows) in the Penza region in 2020 amounted to 157.3 thousand heads. The data on milk production in the Penza region for the period from 2011 to 2020 are given. In 2020, 384.2 thousand tons of milk were produced in the Penza region, which is 11.6% more than in 2019. The characteristics of the main milk producers in the Penza region are given. It was noted that the company «Rusmolco» has fully completed the project for the construction of a livestock complex for 7200 heads of dairy herds in the Serdobsky district of the Penza region. Analyzing milk production in the Penza region at the present time, it can be noted that as of January 1, 2022, the total number of cattle at the three dairy complexes of the Russian Dairy Company is 31,544 heads. Milk yield per forage cow increased by 6% compared to 2020 and amounted to 8514 kg. The forecast for the development of dairy production in the Penza region for the near future is given.

**Keywords:** cattle, cows, milk, dairy production, livestock, productivity, milking, analysis, development strategy, trends, forecast.

**For citation:** Zimnyakov V.M. Milk production in the Penza region. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 1. pp. 50–55. EDN: PHMJIS. (In Russ.).

## Введение

Молочное скотоводство в Российской Федерации является ведущей отраслью сельскохозяйственного производства, обеспечивающей население страны молоком и мясом. Молочное скотоводство является одной из приоритетных отраслей сельского хозяйства Пензенской области. Для модернизации отрасли молочного скотоводства, как крупного поставщика молока, Пензенская область в перспективе располагает всеми необходимыми предпосылками: достаточные площади земельных угодий и пастбищ для производства высококачественных кормов, апробированные в отдельных районах Пензенской области технологии интенсивного молочного животноводства; высокопродуктивные породы молочного скота интенсивного типа.

Цель исследования - провести анализ производства молока в Пензенской области и определить тенденции развития молочного производства на ближайшее время.

## Объекты и методы исследований

Теоретико-методологической основой исследования является применение диалектических принципов и методов научного познания, системный подход к исследованию производства молока в Пензенской области. Реализация цели исследования была достигнута посредством оценки состояния производства молока, анализа динамики его развития. Методологическую основу исследования составляют системный и структурный подходы, для

которых характерно целостное рассмотрение, установление взаимодействия факторов, влияющих на динамику развития производства молока в регионе.

## Результаты и их обсуждение

Поголовье крупного рогатого скота (КРС) в Пензенской области в 2020 году составило 157,3 тыс. голов (в том числе коров – 66065 голов) (рис. 1). По итогам 2019 года поголовье коров составило 66771 голов, в том числе 27782 в сельскохозяйственных организациях.

В 2020 году в Пензенской области произведено 384,2 тыс. тонн молока, что на 11,6% больше, чем в 2019 году. В том числе в сельхозорганизациях произведено 117,7 тыс. тонн молока, что на 2,8% меньше, чем за 2019 год. Производство молока в хозяйствах населения в 2020 году выросло до 211,5 тыс. тонн, то есть увеличилось на 22,9% по сравнению с 2019 годом. В секторе крестьянских фермерских хозяйств и индивидуальных предпринимателей производство молока в 2020 году составило 55,0 тыс. тонн, что на 7,2% выше чем в 2019 году. (рис. 2).

Потребление молока и молокопродуктов в Пензенской области в расчете на душу населения в 2020 году составило 214,0 кг при рациональной норме 320 – 340 кг Среднестатистический россиянин сегодня потребляет около 250 кг молока и молочных продуктов в год, что примерно на 70 – 90 кг меньше научно обоснованных норм потребления.

В последнее десятилетие в сельскохозяйственных организациях Пензенской области отмечается

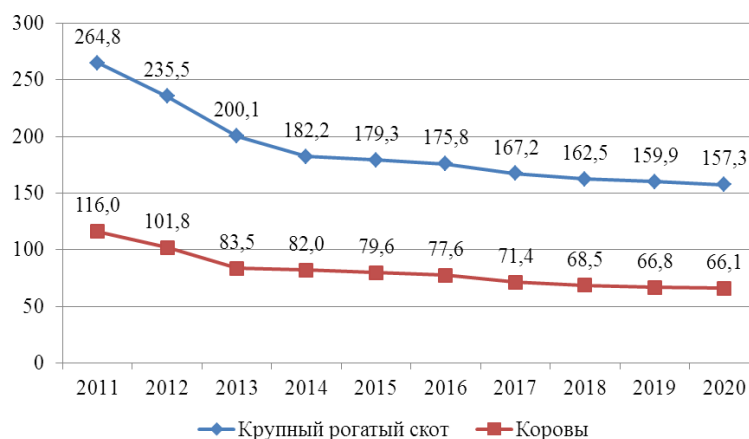


Рис. 1. Изменение поголовья КРС (в том числе коров) в Пензенской области в 2011 – 2020 годы, тыс. гол.

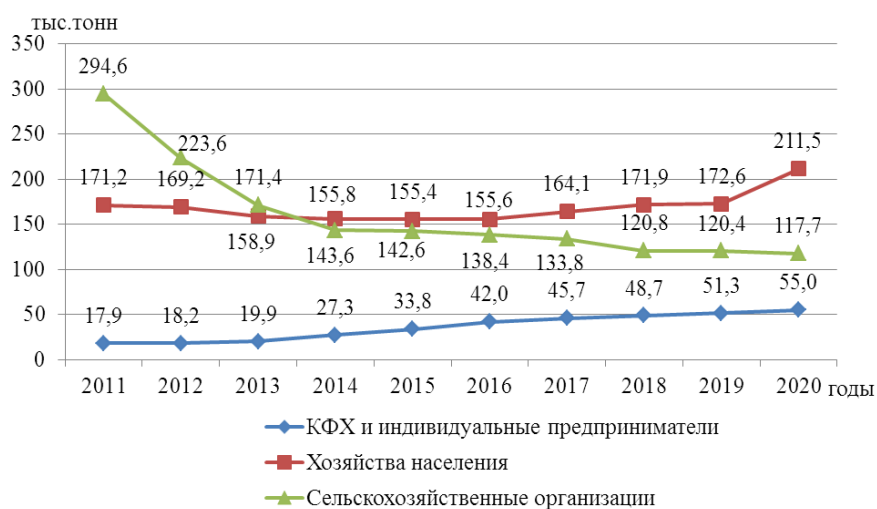


Рис. 2. Производство молока в Пензенской области в 2011-2020 годы

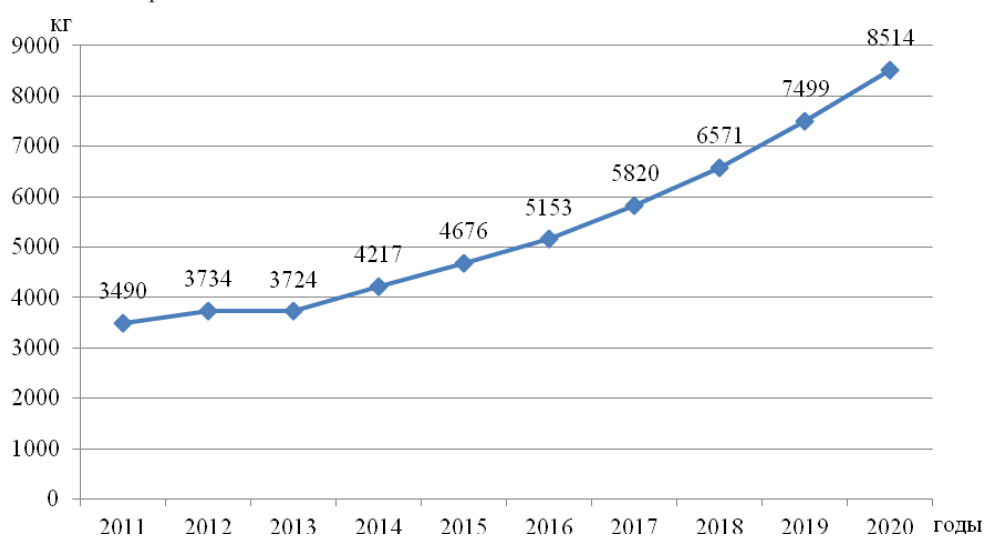


Рис. 3. Надой молока на одну корову в Пензенской области в 2011-2020 годы, кг

положительная динамика по надоем молока на одно животное. Надой повысился с 3490 кг в 2011 году до 8514 кг в 2020 году (рис. 3).

Пензенская область заняла первое место среди субъектов Приволжского федерального округа (ПФО) по надоем молока на одну корову молочного стада в сельхозорганизациях. По итогам 2021 года на территории региона данный показатель равен 7731 кг.

Такие результаты стали возможными благодаря строительству в регионе крупных современных молочно-товарных комплексов.

Первым в регионе животноводческим предприятием индустриального типа стал в 2010 году молочно-товарный комплекс на 3600 голов, построенный компанией «Русмолоко» в с. Потодеево Наровчатского района. На комплексе установлено оборудование от ведущих мировых производителей, внедрены передовые животноводческие технологии, завезен высокопродуктивный скот. Общая сумма инвестиционных вложений в проект составила 1,6 млрд. рублей.

Первым объектом, построенным в рамках соглашения «Русмолоко» с Olam International стал крупнейший в стране индустриальный молочный

комплекс на 4600 стойло-мест в с. Аршиновка Нижнеломовского района Пензенской области, который был открыт в 2014 году. В настоящее время на комплексе содержится более 7000 голов КРС. Плановая мощность комплекса составляет 120 тонн молока в сутки или до 46 тыс. тонн в год. Общая стоимость проекта – 2,4 млрд. рублей. Как и все остальные комплексы компании, ферма в Аршиновке укомплектована высокопродуктивным скотом голштинской породы.

ООО «Мегаферма» (с. Татарский Канадей) также входит в состав агрохолдинга ООО «Русская молочная компания». На базе ООО «Мегаферма» создан современный центр по воспроизводству стада на 5200 голов. Центр состоит из двух площадок, на которых происходит выращивание ремонтного молодняка и его осеменения. По достижении семимесячной стельности нетели возвращаются на молочные комплексы «Русмолоко». Строительство собственного репродукционного центра позволило улучшить показатели по сохранности и воспроизводству молодняка, что помогло компании обеспечивать не только собственные потребности в ремонте стада, но и осуществлять реализацию племенного молодняка в другие регионы страны.



Рис. 4. Доильная установка «Карусель»

В хозяйстве «Мочалейское» находится молочная ферма, где содержатся свыше 700 голов КРС, из них свыше 300 – коровы. Входит в состав агрохолдинга ООО «Русская молочная компания». В РАО «Троицкое» имеется молочная ферма с поголовьем свыше 1200 голов КРС, из них 700 – дойное стадо.

В настоящее время «Русмолко» полностью завершила проект по строительству животноводческого комплекса на 7200 голов дойного стада в Сердобском районе Пензенской области. Совокупно в проект было инвестировано 7 миллиардов рублей. Выход комплекса на полную мощность предполагает рост производства молока до 300 тонн в сутки или свыше 100 000 тонн молока высшего сорта в год. Молочная ферма вмещает 17 500 голов высокопродуктивного скота голштинской породы. Строительство современного крупного молочно-товарного комплекса позволило создать в регионе более 400 рабочих мест.

Молочный комплекс в Сердобском районе – это современное предприятие с высоким уровнем автоматизации всех производственных процессов, это самый большой в России молочно-товарный комплекс замкнутого цикла. Здесь внедрены программы новых энергосберегающих и экологически безопасных технологий. Производственные мощности комплекса включают 10 просторных коровников, площадку для содержания молодняка. Доильно-молочный блок с тремя доильными залами позволяет одновременно доить свыше 1000 голов в час. Кроме того, на комплексе предусмотрена автоматизированная система навозоудаления, цех по переработке навоза и производству подстилки.

Молочно-товарный комплекс отвечает высоким стандартам экологичности за счет внедрения системы полной переработки продуктов жизнедеятельности животных на подстилку и органические удобрения, отсутствия промышленных стоков, использования энергосберегающих технологий и внедрению системы отопления помещений с использованием тепла, выделяемого во время охлаждения молока.

Особое внимание уделено условиям содержания и выращивания животных: установлена современная система вентиляции, внедрена улучшенная

система расположения стойл в коровниках, увеличен фронт кормления в секциях для дойного стада.

Раздача кормов осуществляется механизированным миксером-раздатчиком с компьютерным контролем загрузки и дозировки кормов, что позволяет полностью контролировать процесс приготовления кормосмеси. Большая вместимость миксера-раздатчика дает возможность раздавать корм за один раз 400–450 коровам.

В коровниках установлены поилки с автоматическим поддержанием уровня воды. Чтобы создать животным благоприятные условия в холодное время года, предусмотрена система подогрева воды за счет повторного использования тепла, полученного при охлаждении молока.

С учетом современных требований по приемке молока, на промышленном комплексе в Сердобском районе функционируют два доильных зала: основной для доения здоровых коров товарной группы и вспомогательный, меньшей мощности, для получения молока от новотельных коров.

Первый доильный зал на комплексе относится к системам промышленного карусельного типа. Здесь одновременно могут доиться 80 коров, а процессом управляют всего 5 человек.

Для управления стадом во время дойки в накопителе перед доильным залом установлен пневматический подгонщик, который аккуратно подгоняет коров ко входу в доильные станки через идентификационные ворота, где с индивидуального транспондера каждого животного считывается его номер и передается в блок управления.

Вместимость второго зала «Карусель», как и первого, – 80 мест. Пропускная мощность второго зала составляет 550 голов в час или 11 550 доений в сутки (рис. 4).

Анализируя производство молока в Пензенской области в настоящее время, можно отметить, что на 1 января 2022 года общее поголовье крупного рогатого скота на трех молочных комплексах ООО «Русская молочная компания» составляет 31 544 головы. Надой на одну фуражную корову вырос на 6% по сравнению с 2020 годом и составил 11 900 литров.

В сельскохозяйственных организациях производство молока в 2021 году увеличилось на 40,1 тыс. тонн или на 19,0%, в фермерских хозяйствах и у индивидуальных предпринимателей снизилось на 4,0 тыс. т или на 7,3%.

Надой на одну корову в сельскохозяйственных организациях в 2021 году составил 9221 кг. Это на 8,3% больше, чем в 2020 году.

## Выводы

1. Пензенская область заняла первое место среди субъектов Приволжского федерального округа (ПФО) по надоем молока на одну корову молочного стада в сельхозорганизациях. Надой на одну корову в сельскохозяйственных организациях в 2021 году

составил 9221 кг. Это на 8,3% больше, чем в 2020 году.

2. Введение молочного комплекса в Сердобском районе Пензенской области на полную мощность предполагает рост производства молока до 300 тонн в сутки или свыше 100 000 тонн молока высшего сорта в год.

3. Согласно планам Минсельхоза региона, к 2023 году Пензенская область должна нарастить производство молока на 8%. Это произойдет в основном за счет строительства и реконструкции крупных молочных комплексов и ферм с индустриальной технологией производства молока, базирующейся на круглогодичном полноценном рационе кормления.

## Литература

- [1] Горощенко, Л.Г. Динамика производства молока / Л.Г. Горощенко // Молочная промышленность. – 2019. – № 5. – С. 4-7.
- [2] Зимняков, В.М. Состояние и перспективы производства молока / В.М. Зимняков // Вестник ВНИИМЖ. – 2016. – № 2 (22). – С. 134-138.
- [3] Зимняков, В.М. Молочнопродуктовый подкомплекс региона (Теория, методология, практика). Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук /Всероссийский научноисследовательский институт организации производства, труда и управления в сельском хозяйстве РАСХН. Москва, 2009. – 340 с.
- [4] Зимняков, В.М. Система индикативного планирования молочнопродуктового подкомплекса / В.М. Зимняков // Нива Поволжья. – 2014. – №2 (31). – С. 124 - 129.
- [5] Зимняков, В.М. Экономико-технологические аспекты производства и переработки продукции животноводства / В.М. Зимняков, И.В. Гаврюшина // Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. Пенза, 2016. – 178 с.
- [6] Кремянская, Е.В. Сравнительный анализ и современные тенденции производства молока в России и Краснодарском крае / Е.В. Кремянская / Вестник Академии знаний. – 2020. – № 5 (40). – С. 196-202.
- [7] Мерешкин, В.А. Состояние и развитие молочной отрасли в России / В.А. Мерешкин, Ю.В. Малькова // Молодежь и наука. – 2017. – № 4-2. – С. 16.
- [8] Семенова, Е. Проблемы повышения эффективности использования коров в молочном скотоводстве / Е. Семенова // АПК: экономика, управление. – 2013. – №7. – С.63-68.
- [9] Фудина, Е.В. Проблемы и региональные особенности функционирования молочнопродуктового подкомплекса / Е.В. Фудина, С.А. Савватеева // Нива Поволжья – №3(40). – 2016. – С. 136-140.
- [10] Шинкарёва, О.В. Оценка потребности России в производстве молока и молочных продуктов для обеспечения рациональных норм личного потребления / О.В. Шинкарёва, Е.А. Майорова // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2020. – Т. 9. – № 1 (30). – С. 395-397.

## References

- [1] Gorodenco, L. G. Edidit de productione lac [Dynamics of milk production]. Dairy industry, 2019, no. 5, pp. 4-7.
- [2] Zimnyakov, V. M. Status et spes lac productio [State and prospects of milk production]. Bulletin of VNIIMI, 2016, no. 2 (22), pp. 134-138.
- [3] Zimnyakov V. M. Monochloroacetic subcomplex de regione (Theoria, methodo, usu. Dissertationem pro gradu doctoris oeconomicae Scientiae [Dairy subcomplex of the region (Theory, methodology, practice). Thesis for the degree of doctor of economic Sciences ]. Russian scientificae investigationis Instituti organizationem productio, labor et administratione in agricultura RAAS. Moscow, 2009. 340 p.
- [4] Zimnyakov V. M. Ratio indicat sapien lacticiniis productum subcomplex [System of indicative planning of dairy subcomplex]. Niva Povolzhya, 2014, no. 2 (31), pp. 124 - 129.
- [5] Zimnyakov V. M., Gavryushina I. V. Oeconomica et technicae rationes productionem et processus iumenta products [Economic and technological aspects of production and processing of animal products]. Penza, Penza statu rusticarum Academia, 2016. 178 p.
- [6] Kremyanskaya, E.V. Comparative analysis and current trends in milk production in Russia and Krasnodar Krai. Vestnik Akademii znaniy, 2020, no. 5(40), pp. 196-202.
- [7] Mereshkin, V. A., Malkova Yu. V. Status et progressum dairy industria in Russia [The state and development of the dairy industry in Russia] Youth and science, 2017, no. 4-2. pp. 16.
- [8] Semenova, E. Problems of increasing the efficiency of the use of cows in dairy cattle breeding. APK: ekonomika, upravlenie, 2013, no. 7, pp.63-68.
- [9] Fudina, E. V., Savvateeva S. A., Quaestiones et bibendum features of muneris mrocznebractwo podkonicky [Problems and regional features of functioning of dairy subcomplex]. Niva of the Volga region, 2016, no. 3 (40), pp. 136-140.
- [10] SHinkaryova, O.V., Majorova E.A. Assessment of the needs of Russia in the production of milk and dairy products to ensure rational standards of personal consumption. Azimut nauchnyh issledovanij: ekonomika i upravlenie, 2020, vol. 9, no. 1 (30), pp 395-397.

**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>
---	---

## Производство комбикормов в России

*Зимняков В.М.*

**Аннотация.** В статье отмечено значение комбикормовой промышленности для обеспечения животных птицы всех видов и возрастных групп полноценным кормом. Дан анализ производства комбикормов в России с 2010 по 2020 годы. Рассмотрены основные проблемы производства комбикормов. Проанализирована структура производства комбикормов в России в 2019 году по федеральным округам. Лидером является Центральный федеральный округ, предприятия которого в 2019 году выпустили 42,4% продукции, затем следует Приволжский федеральный округ – 20,3%, третью позицию занимает Северо – Западный федеральный округ – 8,9%. Дан анализ структуры производства комбикормов в России в 2019 году по видам животных. Основная доля в структуре производства комбикормов принадлежит комбикорму для птиц – 51,8%, для свиней – 40%, для КРС – 7,7% и прочие – 0,5%. Дан анализ оборудования комбикормовых заводов. В настоящее время доля отечественного оборудования превышает 70%, тогда как 15 лет назад она составляла не более 30%.

**Ключевые слова:** комбикормовая промышленность, комбикорма, объемы производства, цены, хранение, прогноз, перспективы развития.

**Для цитирования:** Зимняков В.М. Производство комбикормов в России // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 1. С. 56–61. EDN: PWGVKH.

## Feed production in Russia

*Zimnyakov V.M.*

**Abstract.** The article notes the importance of the feed industry for providing poultry animals of all species and age groups with complete feed. An analysis of the production of animal feed in Russia from 2010 to 2020 is given. The main problems of mixed fodder production are considered. The structure of feed production in Russia in 2019 was analyzed by federal districts. The leader is the Central Federal District, whose enterprises produced 42.4% of products in 2019, followed by the Volga Federal District - 20.3%, the third position is occupied by the North-Western Federal District - 8.9%. An analysis of the structure of feed production in Russia in 2019 by animal species is given. The main share in the structure of compound feed production belongs to compound feed for poultry - 51.8%, for pigs - 40%, for cattle - 7.7% and others - 0.5%. An analysis of the equipment of feed mills is given. Currently, the share of domestic equipment exceeds 70%, while 15 years ago it was no more than 30%.

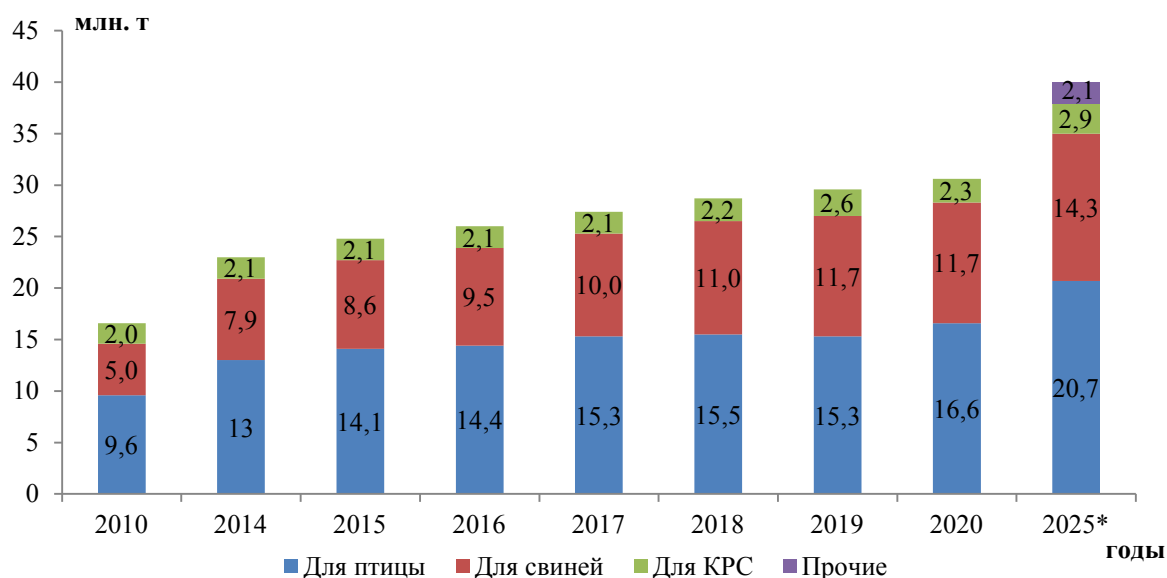
**Keywords:** feed industry, feed, production volumes, prices, storage, forecast, development prospects.

**For citation:** Zimnyakov V.M. Feed production in Russia. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 1. pp. 56–61. EDN: PWGVKH. (In Russ.).

### Введение

В последнее десятилетие рынок комбикормов демонстрирует устойчивую положительную динамику. Средние ежегодные темпы прироста производства составляют 6,7%. Главным фактором развития комбикормовой отрасли является постоянно растущий спрос на продукцию со стороны основ-

ного потребителя – животноводческого комплекса. Комбикормовая промышленность России – отрасль, которая входит в агропромышленный комплекс страны. Задача комбикормовой промышленности – обеспечить животных всех видов и возрастных групп полноценным кормом [1]. Главным фактором развития комбикормовой отрасли является постоянно растущий спрос на продукцию со стороны ос-



\* Прогноз

Рис. 1. Производство комбикормов в Российской Федерации, млн. т

нового потребителя – крупных животноводческих и птицеводческих комплексов.

В последнее десятилетие рынок комбикормов демонстрирует устойчивую положительную динамику. Животноводство России за последние пять лет ежегодно наращивает объемы производства. Развитие птицеводства и свиноводства в стране требуют увеличения объемов производства комбикорма. За последние несколько лет в рамках режима импортозамещения Россия существенно сократила импорт комбикормов, потребности рынка практически полностью покрываются за счет собственного производства. Объемы экспорта и импорта – незначительны [5].

Цель исследования: анализ производства комбикормов в России.

#### Объекты и методы исследований

Объектом исследования является производство комбикормов. 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.

#### Результаты и их обсуждение

Важная роль в увеличении производства продукции животноводства принадлежит кормам, доля которых в структуре себестоимости продукции животноводства составляет 50-70% от общих затрат. В этой связи особое значение имеет создание условий для динамичного развития комбикормовой промышленности, перед которой поставлена зада-

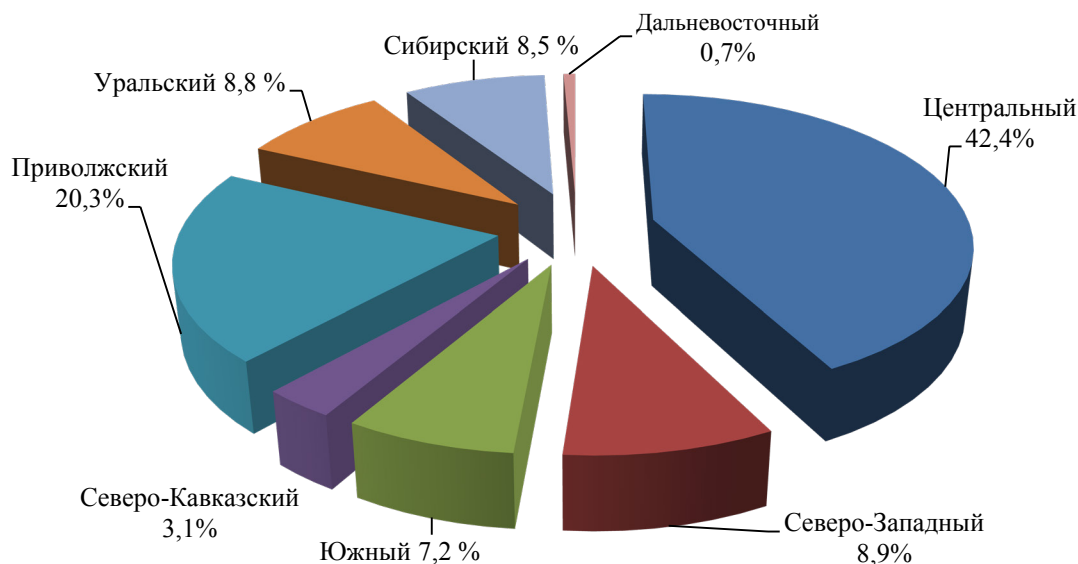
ча значительного увеличения объема выпускаемой продукции. Решение поставленной задачи возложено в основном на крупные сельскохозяйственные предприятия (агрохолдинги), т.к. подавляющее большинство (61%) производственных площадок по выпуску комбикормов сосредоточены именно на территориях агрохолдингов, в виде собственных комбикормовых заводов [2].

Для увеличения производства продукции животноводства необходимо обеспечить динамичное развитие комбикормовой промышленности, перед которой поставлена задача значительного увеличения объема выпускаемой продукции. Решение поставленной задачи возложено в основном на крупные сельскохозяйственные предприятия (агрохолдинги), т.к. 61% производственных площадок по выпуску комбикормов сосредоточены именно на их территориях [6,7].

Главным фактором развития комбикормовой отрасли является постоянно растущий спрос на продукцию со стороны основного потребителя – крупных животноводческих и птицеводческих комплексов. По данным Росстата, поголовье птицы в хозяйствах сельхозпредприятий в период 2010-2020 г.г. увеличилось на 23,8%, поголовье свиней – в 2,2 раза.

По данным Росстата, в 2020 году производство комбикормов в России достигло 30,9 млн. т – на 1,2 млн. т, или на 1,6% больше, чем в 2019 году (рис.1). По сравнению с 2010 годом производство комбикормов увеличилось в 1,9 раза.

Рост объемов потребления за последние четыре года оценивается примерно в 4 млн. т, или в среднем плюс 4% ежегодно. Драйвером отрасли стали комбикорма для свиней, выпуск которых, согласно Росстату, вырос с 9,6 млн. т в 2010 году до 16,6 млн. т в 2020 году, в то время как объем производства комбикормов для птицы увеличился следующим



Источник: Росстат

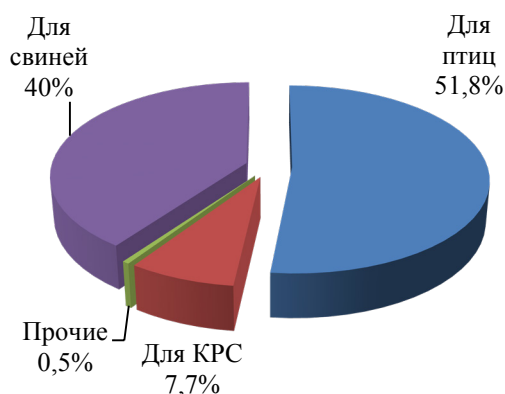
Рис. 2. Структура производства комбикормов в России в 2019 году по федеральным округам, %

образом (с 5,0 до 11,7 млн. т), для КРС – прибавил всего на 0,1 млн. т – до 2,3 млн. т. Около половины производства за эти годы составляют комбикорма для птиц, на долю комбикормов для свиней приходится 41,7%, комбикормов для крупного рогатого скота – 7,8%. Оставшаяся незначительная часть (0,5%) приходится на долю комбинированных кормов для пушных зверей, рыб и прочих животных.

В 2020 году производство отечественных комбикормов увеличилось на 1,3% и достигло 30,9 млн. т, в том числе для свиней – на 5%, для крупного рогатого скота – на 8,7%.

Анализируя структуру производства комбикормов в России в 2019 году по федеральным округам можно отметить, что лидером является Центральный федеральный округ, предприятия которого в 2019 году выпустили 42,4% продукции, затем следует Приволжский федеральный округ – 20,3%, третью позицию занимает Северо – Западный федеральный округ – 8,9% (рис. 2).

Рассмотрим структуру производства комби-



Источник: Росстат

Рис. 3. Структура производства комбикормов в России в 2019 году по видам животных, %

кормов в России в 2019 году по видам животных. Основная доля в структуре производства комбикормов принадлежит комбикорму для птиц – 51,8%, для свиней – 40%, для КРС – 7,7% и прочие – 0,5% (рис. 3).

Крупнейшим производителем комбикормов в России является группа компаний «Черкизово». В составе холдинга 8 комбикормовых заводов, расположенных в Московской, Воронежской, Пензенской, Липецкой и Брянской областях. Заводы полностью обеспечивают потребности птицеводческого и свиноводческого комплекса холдинга. По данным компании, объем производства готовых кормов в 2019 году составил 2,2 млн. т.

Вторым по объемам производства комбикормов является агропромышленный холдинг «Мираторг». В структуре холдинга 4 комбикормовых завода в Белгородской и Брянской областях. Заводы обеспечивают потребности животноводческого комплекса холдинга. Суммарный объем производства в 2019 году – 1,5 млн. т.

Замыкает тройку лидеров группа агропредприятий «Ресурс». В состав группы компаний входит 6 комбикормовых заводов, расположенных в Тамбовской области, Адыгее, Ставропольском и Краснодарском крае. По итогам 2019 года заводами компании было произведено порядка 1,1 млн. т готовых кормов для нужд собственного птицеводческого комплекса.

Вторую десятку рейтинга открывает холдинг «Агро-Белогорье». Замыкает вторую десятку «Богдановичский комбикормовый завод». Предприятие выпустило в 2019 году 330,4 тыс. т комбикормов.

Производители комбикормов входят в цепочку поставок продуктов первой необходимости, поэтому ограничения, введенные в связи с распространением пандемии коронавируса, на них не распространялись. Вместе с тем рост курсов валют вызвал

Таблица 1 – Крупнейшие производители комбикормов в России

№ п/п	Производители комбикормов	2019 год	2020 год
1.	Группа «Черкизово»	2150	2200
2.	«Мираторг»	1300	1500
3.	«Ресурс»	1100	1100
4.	«Русагро»	751	886
5.	«Приосколье»	900	860
6.	«Чароен Покланд Фудс»	715	82
7.	«Великолукский агрохолдинг»	650	780
8.	«АгроПромкомплектация»	585	750
9.	«БЭЗРК Белгранкорм»	751,2	731,8
10.	«Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева	692	731
11.	«Агро-Белогорье»	751,2	731,8
12.	«Агроэко»	462	685
13.	«Сибагро»	574,6	618,8
14.	«Траст ПА»	567	607,3
15.	«Комос Групп»	533	544
16.	«Ариант»	370	480
17.	«Продо»	495	475
18.	«Дамате»	393	408,6
19.	«Хорошее дело»	330,9	343,2
20.	«Богдановичский комбикормовый завод»	330,4	323,5

некоторое увеличение себестоимости производства комбикормов, в которой всегда присутствует определенная валютная составляющая (в комбикормах используются витамины и аминокислоты иностранного происхождения, почти 100% витаминов и аминокислот, пробиотиков и пребиотиков все еще поставляется из-за рубежа, что серьезно влияет на цену конечного продукта. В совокупности с ростом цен на зерно из-за низкой урожайности в уходящем сезоне это привело к снижению рентабельности предприятий отрасли и повышению цен на комбикорма [9].

Расход кормов на единицу продукции животноводства в России последние несколько лет имеет динамику к снижению, однако, по сравнению с европейскими странами, на производство продукции животноводства пока затрачивается в 2-3 раза больше кормов [5].

Из-за эпидемии COVID-19 у многих кормопроизводителей возникли проблемы с приобретением из-за рубежа компонентов для изготовления комбикормов. Среди прочих сложностей, к примеру, цена соевого шрота и других белковых компонентов, которая увеличилась в среднем на 10-30%. Поэтому многие производители приняли решение самостоятельно производить комбикормовые составляющие [4].

Стойкость комбикорма при хранении и продолжительность их хранения без заметного снижения питательной ценности зависят от следующих

причин: качества исходного сырья и стойкости его при хранении, рецептуры и технологии приготовления, структуры, содержания влаги, факторов окружающей среды. Многочисленными исследованиями установлено, что в процессе их хранения питательная ценность претерпевает качественные изменения в результате окислительных реакций. Для замедления этих процессов используют антиоксиданты, вводимые в комбикорма. Однако, их применение вызывает сложности из-за трудностей равномерного распределения в массе комбикорма. Для устранения этого недостатка предлагается хранить комбикорма в полиэтиленовых контейнерах в среде осушенных дымовых газов с содержанием кислорода не более 1 % [9].

В нашей стране главным компонентом комбикормов является зерно, на долю которого приходится 70% в рецептуре, тогда как в странах ЕС и в США менее 50%, удельный вес которого постоянно снижается [8].

Еще одной проблемой при производстве комбикормов является производство премиксов. В последнее время оно начинает активно развиваться. Если в 2019 году объемы выпуска премиксов составляли 502 тыс. т, то в 2020 году они достигли 530 тыс. т, а к 2025 году показатель вырастет до 540 тыс. т. При этом производственные мощности для выпуска премиксов в нашей стране могут быть задействованы еще на 25–30%. Однако, необходимо осуществить пополнение сырьевой базы: почти 100% витаминов и аминокислот, пробиотиков и пребиотиков все еще поставляется из-за рубежа, что серьезно влияет на цену конечного продукта. Доля премиксов семь лет назад в стоимости комбикормов не превышала 1%, то сегодня она достигла 7%. Цены на биологически активные вещества серьезно возросли, и сейчас самое время развивать отечественную микробиологическую промышленность максимально интенсивно [5].

За последние 10–12 лет по техническому состоянию заводов и качеству выпускаемой продукции отечественные предприятия не уступают, а некоторые даже превосходят зарубежные компании.

При этом сейчас доля отечественного оборудования превышает 70%, тогда как 15 лет назад она составляла не более 30%. Произошла и серьезная реструктуризация комбикормовой отрасли. Если в 2004 году 65% комбикормов производилось на самостоятельных комбикормовых заводах, то в настоящее время этот показатель уменьшился до 8%, а доля комбикормов, которые выпущены на предприятиях, входящих в крупные животноводческие холдинги, уже превышает 90%.

## Выводы

1. Производство комбикормов в России осуществляется стабильно и равномерно, в 2020 году производство комбикормов достигло 30,9 млн. т – на 1,2 млн. т, или на 1,6%, больше, чем в 2019 году.

По сравнению с 2010 годом производство комбикормов увеличилось в 1,9 раза.

2. Основная доля в структуре производства комбикормов принадлежит комбикорму для птиц – 51,8%, для свиней – 40%, для КРС – 7,7% и прочие – 0,5%

3. При отсутствии резких ухудшений ситуации с распространением коронавируса и значительных колебаний курса рубля комбикормовая промышленность может сохранить темпы роста в 3–5%, которые были достигнуты в предшествующие годы.

## Литература

- [1] Алексеева, С.Н. Особенности развития комбикормовой промышленности в России и регионе. / С.Н. Алексеева, Г.А. Волкова // Нива Поволжья. – 2015. – № 3 (36). – С. 114-120.
- [2] Анализ состояния и перспективы развития производства кормов и кормовых добавок для животноводства: научный аналитический обзор / В. Ф. Федоренко, Н. П. Мишуков, С. А. Давыдова [и др.]. – Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 88 с.
- [3] Дорохов А. С. Состояние и перспективы развития комбикормовой промышленности в Российской Федерации. / А.С. Дорохов, Н.О. Чилингарян // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 07 (198). – С. 75-84.
- [4] Калинина, К. Комбикормовый завод и оборудование: современные реалии и тенденции. / К. Калинина // Эффективное животноводство. – 2020. – № 9 (166). – С. 112-119.
- [5] Красновская, Е. Рынок мяса в новой реальности / Е. Красновская // Свиноводство. – 2020. – № 8. – С. 6-9.
- [6] Максимова, Е. Комбикормовая промышленность России демонстрирует стабильность / Е. Максимова // Ценовик. – 2018. – №5. – С. 8-10.
- [7] Перспективы переработки фуражного зерна и производства комбикормов в северо-западном регионе РФ / И.Б. Зимин, В.Н. Черепанов, Е.А. Богатов, А.В. Смирнов // Известия Великолукской ГСХА. – 2021. – №3. – С. 50-56.
- [8] Перспективы развития комбикормового производства в России на основе совершенствования ресурсного обеспечения / Л.Т. Печеная, А.В. Богомолов А.В., Василенко, Н.М. Шатохина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2019. – № 3. – С. 8-19.
- [9] Семенов, А.В. Хранение комбикормов в бескислородной газовой среде. / А.В. Семенов, В.М. Долбаненко // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: Материалы XIV международной научно-практической конференции. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. – 2015. – С. 49-53.

## References

- [1] Alekseeva S.N., Volkova G.A. Osobennosti razvitiya kombikormovoj promyshlennosti v Rossii i regione. [Features of the development of the feed industry in Russia and the region.]. Niva Povolzh'ya, 2015, no. 3 (36), pp. 114-120.
- [2] Fedorenko V. F., Mishurov N. P., Davydova C. A. Analiz sostoyaniya i perspektivy razvitiya proizvodstva kormov i kormovyh dobavok dlya zhivotnovodstva: nauchnyj analiticheskij obzor [Analysis of the state and prospects for the development of the production of feed and feed additives for animal husbandry: scientific analytical review]. Moskva: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2019. 88p.
- [3] Dorohov A.S., Chilingaryan N.O. Sostoyanie i perspektivy razvitiya kombikormovoj promyshlennosti v Rossijskoj Federacii. [The state and prospects of development of the feed industry in the Russian Federation]. Agrarnyj vestnik Urala, 2020, no. 07 (198), pp. 75–84.
- [4] Kalinina K. Kombikormovyy zavod i oborudovanie: sovremennye realii i tendencii. [Feed mill and equipment: modern realities and trends]. Effektivnoe zhivotnovodstvo, 2020, no. 9 (166), pp. 112-119.
- [5] Krasnovskaya E. Rynok myasa v novoj real'nosti [Meat market in the new reality]. Svinovodstvo, 2020, no. 8, pp. 6-9.
- [6] Maksimova, E. Kombikormovaya promyshlennost' Rossii demonstriruet stabil'nost'. [The feed industry in Russia demonstrates stability]. Cenovik, 2018, no. 5, pp. 8-10.
- [7] Zimin I.B., Cherepanov V.N., Bogatov E.A., Smirnov A.V. Prospects of feed grain processing and feed production in the North-Western region of the Russian Federation. Izvestiya Velikolukskoj GSKHA, 2021, no.3, pp. 50-56.
- [8] Pechenaya L.T., Bogomolov A.V., Vasilenko A.V., SHatohina N.M. Prospects for the development of feed production in Russia based on the improvement of resource provision. Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya, 2019, no. 3, pp. 8-19.
- [9] Semenov A.V., Dolbanenko V.M. Storage of compound feeds in an oxygen-free gas environment. Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: Materialy XIV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Krasnoyarsk: Krasnoyarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2015, pp. 49-53.

**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>
---	---

## 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. Заголовок набирают полужирными прописными буквами, размер шрифта 12. В заглавии 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 цитируемую 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 запятые, 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**

**Том 9**

**№ 1**

**2022**

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

*Сдано в производство 15.03.2022. Формат 60X84/8*

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

*Усл. печ. л. 7,67. Тираж 50 экз.*