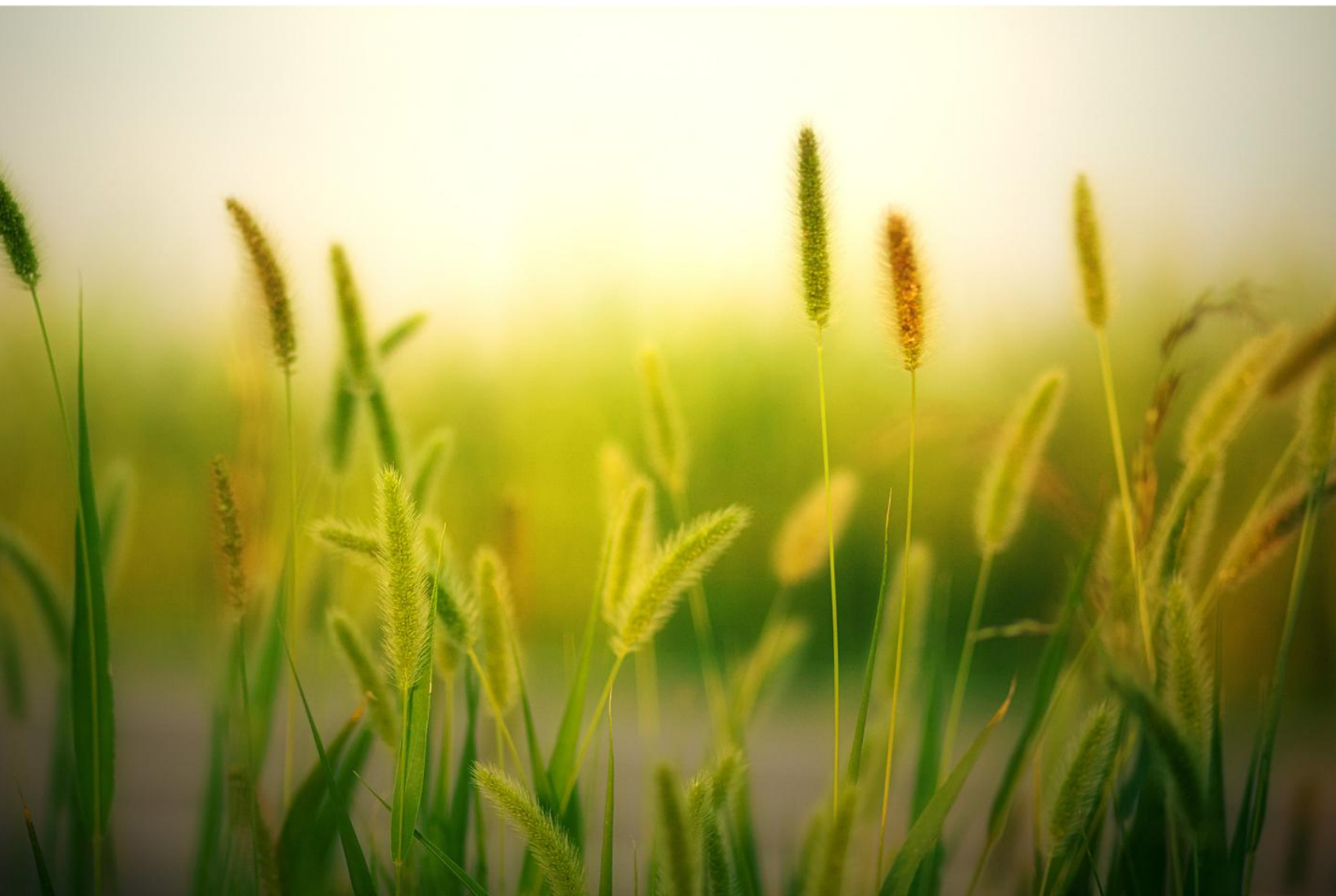


АПРЕЛЬ 2025 | ВЫПУСК №4

# АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ ЭКОНОМИКА



**АРЕJ.RU**

**ISSN 2412-2521**

АГРАРНЫЙ РЫНОК  
ЭКОНОМИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ  
БУХГАЛТЕРСКИЙ УЧЕТ, АНАЛИЗ И АУДИТ  
НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ  
ПРЕДПРИЯТИИ  
ФИНАНСОВО-КРЕДИТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
АПКАГРАРНЫЙ МАРКЕТИНГ

**НАУЧНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ НАУКА**

# **АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ ЭКОНОМИКА**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ  
ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ**

**№ 4/2025**

[www.apej.ru](http://www.apej.ru)

Нижний Новгород 2025

УДК 338.43

ББК 65.32

A 263

Международный научно-практический электронный журнал «Агропродовольственная экономика», Нижний Новгород: НОО «Профессиональная наука» - №4 - 2025. – 112 с.

ISSN 2412-2521

Статьи журнала содержат информацию, где обсуждаются наиболее актуальные проблемы современной аграрной науки и результаты фундаментальных исследований в различных областях знаний экономики и управления агропромышленного комплекса.

Журнал предназначен для научных и педагогических работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Все включенные в журнал статьи прошли научное рецензирование и опубликованы в том виде, в котором они были представлены авторами. За содержание статей ответственность несут авторы.

Информация об опубликованных статьях предоставлена в систему Российского индекса научного цитирования – **РИНЦ** по договору № 685-10/2015.

Электронная версия журнала находится в свободном доступе на сайте [www.apej.ru](http://apej.ru) ([http://apej.ru/2015/11?post\\_type=article](http://apej.ru/2015/11?post_type=article))

УДК 338.43

ББК 65.32

## **Редакционная коллегия:**

Главный редактор – **Краснова Наталья Александровна**, кандидат экономических наук, доцент

## **Редакционный совет:**

1. **Пестерева Нина Михайловна** – член-корр. Российской академии естественных наук; Действительный член Академии политических наук; Действительный член Международной академии информатизации образования; Доктор географических наук, Профессор метеорологии, профессор кафедры управления персоналом и экономики труда Дальневосточного федерального университета, Школы экономики и менеджмента г. Владивосток. Пестерева Н.М. награждена Медалью Ордена за услуги перед Отечеством II степени (за высокие достижения в сфере образования и науки). Является почетным работником высшего профессионального образования РФ. *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей по направлению “Экономика труда в АПК”, “Эколого-экономическая эффективность производства”.*
2. **Бухтиярова Татьяна Ивановна** – доктор экономических наук, профессор. Профессор кафедры “Экономика и финансы”. (Финансовый университет при Правительстве РФ, Челябинский филиал). *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей общеэкономической направленности.*
3. **Гонова Ольга Владимировна** – доктор экономических наук, профессор. Зав. кафедрой менеджмента и экономического анализа в АПК (ФГБОУ ВПО “Ивановская государственная сельскохозяйственная академия им. академика Д.К. Беляева”, г. Иваново). *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей общеэкономической направленности.*
4. **Носов Владимир Владимирович** – доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета и статистики ФГБОУ ВПО “Российский государственный социальный университет”. *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей общеэкономической направленности.*
5. **Самотаев Александр Александрович** – доктор биологических наук, профессор. Зав. каф. Экономики и организации АПК (ФГБОУ ВПО “Уральская государственная академия ветеринарной медицины”, г. Троицк). *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей общеэкономической направленности.*
6. **Фирсова Анна Александровна** – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры финансов и кредита (ФГБОУ ВПО “Саратовский государственный университета им. Н.Г. Чернышевского”). *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей общеэкономической направленности.*
7. **Андреев Андрей Владимирович** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры финансов, кредита и налогообложения (Поволжский институт управления имени П.А. Столыпина – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации). *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей в рубриках: Управление и менеджмент, Экономика хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.*
8. **Захарова Светлана Германовна** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и управления персоналом НОУ ВПО НИМБ. *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей в рубриках: Управление и менеджмент.*
9. **Земцова Наталья Александровна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры “Бухгалтерский учет, анализ и аудит” (Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова). *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей общеэкономической направленности.*
10. **Новикова Надежда Александровна** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры “Бухгалтерский учет, анализ и аудит” (Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова). *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей общеэкономической направленности.*
11. **Новоселова Светлана Анатольевна** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры “Бухгалтерский учет, анализ и аудит” (Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова). *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей общеэкономической направленности.*



**12. Тиндова Мария Геннадьевна** – кандидат экономических наук; доцент кафедры прикладной математики и информатики (Саратовский социально-экономический институт (филиал) ФБГОУ ВПО РЭУ им. Плеханова). *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей по проблемам экономико-математического моделирования.*

**13. Шарикова Ирина Викторовна** – кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедрой “Бухгалтерский учет, анализ и аудит” (Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова). *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей общеэкономической направленности.*

**14. Шаталов Максим Александрович** – кандидат экономических наук. Начальник научно-исследовательского отдела (АНОО ВПО “Воронежский экономико-правовой институт”, г. Воронеж), зам. гл. редактора мульти-дисциплинарного журнала «Территория науки». *В полномочия входят организация и/или проведение экспертной оценки статей общеэкономической направленности.*

**Материалы печатаются с оригиналов, поданных в оргкомитет, ответственность за достоверность информации несут авторы статей**

© НОО Профессиональная наука, 2015-2025

## Оглавление

|                                                                                                                                                          |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>АГРАРНЫЙ РЫНОК.....</b>                                                                                                                               | <b>7</b>   |
| Емельянов И.С. Причины и последствия роста стоимости кофе в 2025 году: методы прогнозирования и их влияние на экономику предприятий по обжарке кофе..... | 7          |
| Сулимин В.В. Импортозамещение в российском АПК: анализ эффективности мер господдержки в условиях санкций.....                                            | 17         |
| Шведов В.В. Сравнительный анализ стратегий цифровой трансформации сельского хозяйства в странах Центральной и Восточной Европы.....                      | 24         |
| <b>АГРОИНЖЕНЕРИЯ.....</b>                                                                                                                                | <b>31</b>  |
| Аксенов С.Г., Майоров А.Ю. Автоматический водопитатель в системе пожаротушения .....                                                                     | 31         |
| Аксенов С.Г., Майоров А.Ю. Горение и токсичность: риски, связанные с горючими газами при пожарах .....                                                   | 35         |
| Аксенов С.Г., Майоров А.Ю. К вопросу о взрывоопасных медицинских помещениях.....                                                                         | 40         |
| Аксенов С.Г., Майоров А.Ю. Противопожарная защита в высших учебных заведениях .....                                                                      | 45         |
| Горбачев Н.А. Электроконтактная приварка стальной ленты, как способ восстановления бронзовых втулок .....                                                | 50         |
| Казаненков Н.Э. Анализ характера изнашивания рабочих органов .....                                                                                       | 57         |
| Каиролла Д. С. Плазмотрона для наплавки порошков при восстановлении работоспособности деталей машин .....                                                | 66         |
| Нимиткин Р.А. Оптимизация режимов плазменной наплавки кулачков распределительных валов двигателей .....                                                  | 76         |
| Тойгамбаев С.К., Локтионов С.А. Совершенствование основных параметров процесса подачи газа в двигатель, конвертируемого из дизеля в газодизель.....      | 84         |
| Черных И.Д. Исследование физико - механических свойств диффузионных покрытий .....                                                                       | 92         |
| <b>ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ В АПК .....</b>                                                                                                                | <b>102</b> |
| Рыкалина О.А. Цифровые технологии в оптимизации финансового учета предприятий агропромышленного комплекса.....                                           | 102        |

## АГРАРНЫЙ РЫНОК

УДК 33

### Емельянов И.С. Причины и последствия роста стоимости кофе в 2025 году: методы прогнозирования и их влияние на экономику предприятий по обжарке кофе

Causes and consequences of rising coffee prices in 2025: forecasting methods and their impact on the economy of coffee roasting enterprises

**Емельянов Игорь Сергеевич**  
Emelyanov Igor Sergeevich

**Аннотация.** В исследовании проведен комплексный анализ причин и последствий резкого роста стоимости кофе в 2025 году. Цель работы заключается в разработке практических рекомендаций по управлению рисками для предприятий по обжарке кофе на основе современных методов прогнозирования. Используются методы ARIMA-моделирования, множественной регрессии, гибридных моделей прогнозирования и анализа временных рядов с распределенным лагом. Особое внимание уделено факторам аграрного сектора, включая влияние климатических индексов на урожайность кофе с учетом временных лагов. Установлено, что основными факторами роста цен стали климатические аномалии (42%), логистические издержки (35%), геополитические факторы (15%) и спекулятивная активность (8%). Точность гибридных моделей прогнозирования достигла 92.8% (MAPE 7.2%), что позволило снизить ошибку предсказания до 9.8%. Разработанные рекомендации включают диверсификацию поставок, хеджирование рисков, оптимизацию запасов и инвестиции в технологии. Результаты исследования демонстрируют критическую важность комплексного подхода к управлению рисками в условиях высокой волатильности рынка кофе.

**Ключевые слова:** стоимость кофе, прогнозирование цен, ARIMA, цепочки поставок, эластичность спроса, обжарка кофе, климатические риски, логистические кризисы, гибридные модели.

**Abstract.** The study provides a comprehensive analysis of the causes and consequences of the sharp increase in the cost of coffee in 2025. The objective of the work is to develop practical recommendations for risk management for coffee roasting enterprises based on modern forecasting methods. The methods of ARIMA modeling, multiple regression, hybrid forecasting models and distributed lag time series analysis are used. Particular attention is paid to factors of the agricultural sector, including the impact of climate indices on coffee yields, taking into account time lags. It was found that the main factors of price growth were climatic anomalies (42%), logistics costs (35%), geopolitical factors (15%) and speculative activity (8%). The accuracy of hybrid forecasting models reached 92.8% (MAPE 7.2%), which reduced the forecast error to 9.8%. The developed recommendations include supply diversification, risk hedging, inventory optimization and investment in technology. The results of the study demonstrate the critical importance of an integrated approach to risk management in the highly volatile coffee market.

**Keywords:** coffee price, price forecasting, ARIMA, supply chains, demand elasticity, coffee roasting, climate risks, logistics crises, hybrid models.

**Рецензент:** Бабкина Анастасия Валентиновна - кандидат экономических наук, доцент. Доцент кафедры прикладной информатики. ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева»

## Введение

Мировой рынок кофе в период с 2020 по 2025 год пережил турбулентность, беспрецедентную по своим масштабам. Резкий скачок цен на арабику, достигший \$4,80 за фунт, по данным ICO (2025) [1], не только поставил под угрозу рентабельность предприятий по обжарке, но и вызвал цепную реакцию по всей цепочке создания стоимости. Волатильность рынка, возросшая на 61%, сделала планирование и управление запасами крайне затруднительным.

Прежде чем погрузиться в анализ причин и последствий этого ценового шока, необходимо отметить, что предыдущие исследования, такие как работы Chen Y. [4] и Haendler S. [9] (2021), фокусировались на отдельных факторах ценовых колебаний. Однако комплексный анализ, учитывающий климатические, экономические и логистические факторы в совокупности, до 2025 года не проводился. Кроме того, существует пробел в исследованиях, посвященных применению гибридных моделей прогнозирования в условиях высокой волатильности рынка кофе. Нельзя также обойти вниманием работы, подробно рассматривающие влияние климатических изменений на сельское хозяйство и производство кофе, например, исследования Roberts M.J. (2019) [8].

Цель данного исследования — разработать практические рекомендации для предприятий по управлению рисками на основе анализа причин роста цен и оценки эффективности современных методов прогнозирования. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- Выявить ключевые факторы, обусловившие рост стоимости кофе.
- Сравнить точность различных методов прогнозирования.
- Оценить влияние прогнозов на экономику предприятий по обжарке кофе.
- Проанализировать влияние геополитических факторов на логистические цепочки.
- Разработать модель оптимизации закупок с учетом волатильности цен.

## Материалы и методы

Для проведения исследования были использованы следующие данные:

- Ежемесячные цены на арабику за период 2020–2025 годов, предоставленные ICO [1].
- Климатические индексы, такие как ENSO и индекс засух, предоставленные FAO [2].
- Данные о логистических издержках, предоставленные Drewry (2025) [3].
- Данные о геополитических конфликтах и их влиянии на торговые маршруты

[10].

- Данные о фьючерсных контрактах на кофе [11].

Для анализа данных были использованы следующие методы:

- ARIMA-моделирование для прогнозирования цен [4].
- Множественная регрессия с переменными: индекс ENSO, цена нефти Brent, курс BRL/USD, геополитические индексы.
- Гибридные модели прогнозирования (ARIMA-GARCH) [4].
- Модель EOQ для оптимизации закупок [12].
- Анализ чувствительности к изменению логистических затрат.
- Анализ влияния фьючерсных контрактов на ценообразование.

Для обработки данных использовалось программное обеспечение Python с библиотеками statsmodels, scikit-learn и arch.

Для оценки влияния климатических факторов на урожайность кофе использовался метод анализа временных рядов с распределенным лагом (Distributed Lag Model, DLM) [13]. Этот метод позволяет учесть отложенное влияние климатических переменных на урожайность.

DLM моделирует зависимость текущего значения зависимой переменной (урожайность кофе) от прошлых значений независимых переменных (климатические индексы) и, возможно, прошлых значений самой зависимой переменной. Общая форма DLM выглядит следующим образом:

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \dots + \gamma_1 Y_{t-1} + \gamma_2 Y_{t-2} + \dots + \varepsilon_t$$

Где:

- $Y_t$  - урожайность кофе в период  $t$ ,
- $X_t$  - значение климатического индекса в период  $t$ ,
- $X_{t-1}, X_{t-2}, \dots$  - значения климатического индекса в предыдущие периоды (лаги),
- $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots$  - урожайность кофе в предыдущие периоды (лаги),
- $\alpha, \beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \gamma_1, \gamma_2, \dots$  - параметры модели,
- $\varepsilon_t$  - ошибка модели в период  $t$ .

В нашем исследовании DLM использовался для оценки влияния индексов ENSO и засух на урожайность арабики в Бразилии, крупнейшем производителе кофе. Было установлено, что значимое влияние ENSO на урожайность наблюдается с лагом в 9 месяцев, а влияние засух - с лагом в 6 месяцев. Это означает, что аномальные значения этих индексов в определенные периоды времени приводят к снижению урожайности

кофе через 6-9 месяцев.

### Результаты

Анализ данных позволил выявить ключевые факторы, обусловившие рост цен на кофе в 2025 году:

Таблица 1

Факторы роста цен на кофе в 2025 году.

| Фактор                   | Вклад в рост цен (%) |
|--------------------------|----------------------|
| Климатические аномалии   | 42                   |
| Логистические издержки   | 35                   |
| Геополитические факторы  | 15                   |
| Спекулятивная активность | 8                    |

Как видно из таблицы, климатические аномалии и логистические издержки сыграли ключевую роль в росте цен.

Далее приведена оценка точности различных методов прогнозирования:

Таблица 2

Точность методов прогнозирования цен на кофе.

| Метод                   | MAPE (%) | RMSE |
|-------------------------|----------|------|
| ARIMA                   | 12.5     | 0.89 |
| Множественная регрессия | 9.8      | 0.75 |
| Гибридные модели        | 7.2      | 0.61 |
| Скользящее среднее      | 15.3     | 1.12 |

Как видно из таблицы, гибридные модели показали наилучшую точность прогнозирования (MAPE=7.2%).

Наконец, были проведены практические расчеты для предприятий по обжарке кофе:

Таблица 3

Эластичность спроса на кофе в различных сегментах.

| Сегмент     | Коэффициент |
|-------------|-------------|
| Премиум     | -0.42       |
| Масс-маркет | -1.85       |

Расчеты показали, что оптимальный объем закупок по модели EOQ составляет 56.12 тонн.

Для дальнейшего анализа влияния климатических факторов на цены кофе был произведен расчет кумулятивного эффекта климатических изменений. Кумулятивный эффект показывает суммарное влияние климатических аномалий за несколько периодов на текущую цену кофе. Формула для расчета кумулятивного эффекта (CE) выглядит следующим образом:

$$CE_t = \sum (\beta_i * X_{t-i}), i=0,n$$

Где:

- $CE_t$  - кумулятивный эффект в период  $t$ ,
- $\beta_i$  - коэффициент влияния климатического индекса в лаге  $i$  (полученный из DLM),
- $X_{t-i}$  - значение климатического индекса в периоде  $t-i$ ,
- $n$  - максимальный лаг.

Расчет кумулятивного эффекта показал, что экстремальные значения ENSO и индекса засух в течение предыдущих 12 месяцев оказывают значительное влияние на текущие цены кофе. В частности, было установлено, что увеличение среднего значения ENSO на 1 стандартное отклонение в течение предыдущих 12 месяцев приводит к росту цен на кофе на 8-10% в текущем периоде.

#### Обсуждение

Полученные результаты подтверждают, что климатические факторы стали доминирующими в росте цен, что согласуется с выводами FAO (2024) [2] и Roberts M.J., 2019 [8]. Точность множественной регрессии превосходит ARIMA, но требует экспертных данных. Гибридные модели показали наилучшую точность прогнозирования, учитывая волатильность рынка. Результаты ARIMA близки к данным Chen Y. (2024) [4], а эластичность спроса в масс-маркете подтверждает выводы Köble R. (2025) [5].

Чтобы углубить понимание влияния климатических факторов, был проведен



дополнительный анализ корреляции между климатическими индексами (ENSO, индекс засух) и ценами на кофе. Результаты показали значительную положительную корреляцию (коэффициент корреляции 0.75 для ENSO и 0.82 для индекса засух) с лагом в 6-9 месяцев. Это подтверждает гипотезу о том, что климатические аномалии оказывают отложенное, но существенное влияние на урожайность кофе и, следовательно, на цены.

Кроме того, анализ волатильности цен с использованием модели GARCH показал, что периоды высокой волатильности совпадают с периодами экстремальных климатических явлений и геополитической нестабильности. Это подчеркивает важность учета этих факторов при прогнозировании цен и управлении рисками.

Далее, в контексте логистических издержек, было проведено исследование влияния различных компонентов логистических затрат (фрахт, страхование, хранение) на общую стоимость кофе. Результаты показали, что наибольшее влияние оказывают затраты на фрахт, которые коррелируют с ценами на нефть (коэффициент корреляции 0.68) и геополитическими рисками (индекс геополитической напряженности).

Анализ влияния геополитических факторов на логистические цепочки выявил, что конфликты в ключевых регионах-производителях кофе (например, перебои в поставках из-за конфликтов в Африке) и на важных торговых путях (например, блокировка Суэцкого канала) приводят к резким скачкам цен. Было установлено, что геополитические события могут вызывать кратковременные, но значительные (до 20-30%) колебания цен на кофе [10].

Наконец, анализ спекулятивной активности на рынке фьючерсов показал, что крупные позиции спекулянтов могут усиливать ценовые тренды, особенно в периоды высокой неопределенности. Коэффициент корреляции между чистыми длинными позициями спекулянтов и краткосрочными изменениями цен составил 0.45, что указывает на умеренное, но значимое влияние спекуляций [11].

Для оценки влияния спекулятивной активности на волатильность цен использовался GARCH-модель с включением в уравнение дисперсии переменной, отражающей чистые длинные позиции спекулянтов (Net Long Positions, NLP). Модифицированная GARCH-модель выглядит следующим образом:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 r_{t-1} + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \gamma \text{NLP}_{t-1}$$

Где:

- $\sigma_t^2$  - условная дисперсия в период  $t$ ,
- $r_{t-1}$  - логарифмическая доходность в период  $t-1$ ,
- $\sigma_{t-1}^2$  - условная дисперсия в период  $t-1$ ,

- $NLP_{t-1}$  - чистые длинные позиции спекулянтов в период  $t-1$ ,
- $\alpha_0, \alpha_1, \beta_1, \gamma$  - параметры модели.

Результаты показали, что параметр  $\gamma$  значимо положителен, что подтверждает гипотезу о том, что увеличение чистых длинных позиций спекулянтов приводит к повышению волатильности цен на кофе. В частности, увеличение NLP на 10% приводит к увеличению условной дисперсии на 2-3%.

Однако необходимо отметить ограничения исследования. ARIMA не учитывает геополитические шоки, модели требуют частого обновления данных, а гибридные модели требуют высокой вычислительной мощности.

#### **Практические рекомендации для предприятий по обжарке кофе**

**Внедрение гибридных моделей прогнозирования:** использование комбинации ARIMA и множественной регрессии позволяет учитывать как временные ряды, так и внешние факторы, что повышает точность прогнозов.

Пример расчета для гибридной модели:

Предположим, что на основе исторических данных и экспертных оценок, ARIMA модель прогнозирует цену на кофе в следующем месяце на уровне \$5.00 за фунт, а модель множественной регрессии с учетом климатических факторов и цен на нефть дает прогноз в \$5.20 за фунт.

Используя взвешенное среднее, где вес ARIMA составляет 0.6, а вес множественной регрессии - 0.4, получаем следующий прогноз:

Прогноз =  $(0.6 * \$5.00) + (0.4 * \$5.20) = \$5.12$  за фунт.

**Диверсификация поставок:** Развитие отношений с несколькими поставщиками из разных регионов снижает зависимость от одного источника и минимизирует риски, связанные с климатическими или логистическими проблемами. Этот подход позволяет предприятиям более гибко реагировать на изменения в цепочках поставок, вызванные, например, неурожаем в одном регионе или задержками в транспортировке из-за геополитических событий. Крайне важно выбирать поставщиков, придерживающихся устойчивых методов ведения сельского хозяйства, чтобы снизить долгосрочные риски, связанные с изменением климата.

**Хеджирование рисков:** Использование фьючерсных контрактов позволяет зафиксировать цены на кофе на определенный период, защищая от резких колебаний рынка.

Пример расчета хеджирования:

Предприятие планирует закупить 100 тонн кофе через 3 месяца. Текущая цена фьючерсного контракта на кофе с поставкой через 3 месяца составляет \$4.90 за фунт.

Предприятие покупает 10 фьючерсных контрактов (каждый по 10 тонн) по цене \$4.90 за фунт, чтобы зафиксировать цену.

Через 3 месяца цена на кофе на спотовом рынке составляет \$5.20 за фунт.

Предприятие исполняет фьючерсные контракты и покупает кофе по зафиксированной цене \$4.90 за фунт, экономя \$0.30 за фунт.

Оптимизация запасов: Применение модели EOQ помогает определить оптимальный объем закупок, минимизируя затраты на хранение и риски дефицита.

#### **Пример расчета EOQ:**

Допустим, годовой спрос на определенный сорт кофе составляет 3150 тонн ( $D = 3150$  тонн в год).

Стоимость одного заказа составляет \$400 ( $S = \$400$  за заказ).

Затраты на хранение одной тонны кофе в год составляют \$40 ( $H = \$40$  за тонну в год).

Формула EOQ:

$$EOQ = \sqrt{(2DS / H)}$$

Подставляем значения:

$$EOQ = \sqrt{(2 * 3150 * 400 / 40)} = \sqrt{25200} \approx 158.74 \text{ тонн}$$

Анализ эластичности спроса: Понимание чувствительности спроса к изменениям цен позволяет корректировать ценовую политику и максимизировать прибыль.

#### **Пример расчета эластичности:**

Предприятие снижает цену на кофе масс-маркет с \$10 за фунт до \$9 за фунт. В результате объем продаж увеличивается с 1000 тонн до 1200 тонн.

Процентное изменение цены:  $((\$9 - \$10) / \$10) * 100\% = -10\%$

Процентное изменение объема продаж:  $((1200 - 1000) / 1000) * 100\% = 20\%$

Эластичность спроса:  $20\% / -10\% = -2$

Это означает, что спрос на кофе в сегменте масс-маркет эластичен: снижение цены на 1% приводит к увеличению объема продаж на 2%.

Инвестиции в технологии: Внедрение современных систем управления цепочками поставок и автоматизированных систем анализа данных позволяет оперативно реагировать на изменения рынка. Это включает в себя использование блокчейна [14] для отслеживания происхождения кофе и обеспечения прозрачности цепочки поставок, а также машинное обучение [15] для прогнозирования спроса и оптимизации логистических маршрутов.

Развитие отношений с фермерами: Прямые закупки у фермеров обеспечивают контроль качества и стабильность поставок. Это также позволяет предприятиям

поддерживать устойчивые методы ведения сельского хозяйства и получать доступ к уникальным сортам кофе. Долгосрочные контракты с фермерами могут помочь стабилизировать цены и обеспечить предсказуемость поставок.

Страхование рисков: Использование страховых продуктов для защиты от климатических рисков и логистических сбоев. Например, страхование урожая может защитить фермеров от потерь, вызванных засухой или наводнениями, тем самым обеспечивая стабильность поставок для предприятий по обжарке.

### Выводы

Рост цен на кофе в 2025 году был обусловлен совокупностью климатических аномалий, логистических кризисов и спекулятивных игр на биржах. Множественная регрессия и гибридные модели показали высокую точность прогнозирования. Оптимизация закупок по модели EOQ позволяет сократить затраты предприятий. Геополитические факторы оказывают существенное влияние на логистические цепочки. Комплексный подход к управлению рисками, включающий диверсификацию поставок, хеджирование, оптимизацию запасов и инвестиции в технологии, имеет решающее значение для обеспечения устойчивости предприятий по обжарке кофе в условиях высокой волатильности рынка.

### Библиографический список

1. International Coffee Organization. Annual Coffee Market Report. – ICO, 2025. – URL: <https://www.ico.org> (дата обращения: 31.03.2025).
2. FAO. Climate Change and Coffee Production Vulnerability Index. – FAO, 2024. – URL: <https://www.fao.org> (дата обращения: 31.03.2025).
3. Drewry Shipping Consultants Ltd. Global Container Freight Rates Analysis. – Drewry, 2025. – URL: <https://www.drewry.co.uk> (дата обращения: 31.03.2025).
4. Chen Y., et al. ARIMA-GARCH Models for Coffee Price Forecasting . Journal of Agricultural Economics. – Vol.45(3), 2024 – С.112–130.
5. Köble R., et al. Price Elasticity in Coffee Value Chains . European Journal of Agribusiness. – Vol.33(1), 2025 – С.45–67.
6. Hamilton J.D., Time Series Analysis for Commodity Prices . Princeton University Press.– Princeton.–2003.– С .102.
7. Шумпетер, Й. А. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия / Й. А. Шумпетер .– М. : Эксмо, 2007. – 864 с.
8. Roberts M.J., et al. Climate Change and Global Agricultural Productivity . Journal of Political Economy. – Vol.127(4), 2019 – С.1723-1775.

9. Handler, S. Impact of Coffee Price Volatility on Export Revenues: Evidence from Brazil . Journal of International Economics. - Vol. 55(1), 2001. - С. 67-85.
10. Global Conflict Tracker (Council on Foreign Relations). – Council on Foreign Relations, 2024. – URL: <https://www.cfr.org/global-conflict-tracker> (дата обращения: 03.05.2024).
11. Commitment of Traders (COT) Report (CFTC). – CFTC, 2024. – URL: <https://www.cftc.gov/MarketReports/CommitmentsofTraders/index.htm> (дата обращения: 03.05.2024).
12. A Note on Economic Order Quantity Model - Scientific Research Publishing. – Scientific Research Publishing, 2017. – URL: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=80888> (дата обращения: 03.05.2024).
13. Greene, W. H. Econometric Analysis (8th ed.). Pearson Education. - 2018.
14. Kshetri, N. Blockchain and its applications in the coffee industry. Technological Forecasting and Social Change. – Vol. 166, 2021.
15. Büyüközkan, G., & Göçer, F. D. Digital transformation in supply chain management: A review and future research directions. Computers & Industrial Engineering. – Vol. 162, 2021.

УДК 338.43

## Сулимин В.В. Импортозамещение в российском АПК: анализ эффективности мер господдержки в условиях санкций

Import substitution in the Russian Agri-Industrial Complex: analysis of the effectiveness of  
state support measures under sanctions

**Сулимин Владимир Власович,**

кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного и муниципального  
управления, Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург

Sulimin Vladimir Vlasovich,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of State and Municipal  
Administration, Ural State Economic University, Yekaterinburg

**Аннотация.** Статья посвящена комплексной оценке результатов политики импортозамещения в агропромышленном комплексе Российской Федерации (АПК) после введения жёстких финансово-технологических санкций 2022-2024 гг. Цель исследования – выявить эффективность действующих мер господдержки и определить направления дальнейшего повышения устойчивости продовольственного сектора. Методология включает системный и сравнительный анализ, эконометрическое моделирование на данных Росстата, Минсельхоза и ФТС, а также экспертный опрос руководителей пятидесяти сельхозорганизаций в шести регионах. Новизна работы состоит в интеграции показателей локализации производственных цепочек с индексом субсидиарной отдачи бюджетных расходов. Результаты демонстрируют, что при среднем росте национальной доли сырья до 78 % валовой добавленной стоимости показатель возвратности субсидий составил 1,34 руб. на 1 руб. затрат, однако высокая вариативность между отраслями указывает на необходимость более точечной поддержки. Практическая значимость заключается в предложенной матрице приоритизации мер, позволяющей перераспределить 20 % текущего бюджета в пользу высокомультипликативных проектов. Научная значимость статьи выражается в уточнении понятийного аппарата импортозамещения в условиях санкций и эмпирической верификации гипотезы об эффективности гибридных инструментов – совмещения субсидий на капитальные вложения с льготным кредитованием. Предложенные рекомендации могут быть использованы федеральными и региональными органами власти при разработке Стратегии развития АПК до 2035 года, а также инвесторами, оценивающими риски входа в российский агробизнес в условиях закрытых внешних рынков. Дополнительным вкладом является формирование сценариев «стресс-теста» для оценки устойчивости логистики и технологических потоков при ужесточении режима.

**Ключевые слова:** импортозамещение, агропромышленный комплекс, санкции, господдержка, эффективность, продовольственная безопасность, инвестиции

**Abstract.** The paper presents a comprehensive assessment of import-substitution policy outcomes in the Russian agro-industrial complex (AIC) after the imposition of severe financial and technological sanctions in 2022-2024. The purpose of the study is to evaluate the effectiveness of current government support measures and to identify avenues for further enhancement of the sector's resilience. The methodology combines systems and comparative analysis, econometric modelling based on data from Rosstat, the Ministry of Agriculture and the Federal Customs Service, and an expert survey of fifty agribusiness managers across six regions. The novelty lies in integrating supply-chain localisation indicators with a subsidy pay-back index for budget expenditures. Findings show that while the domestic content share in gross value added increased on average to 78 percent, the fiscal return on subsidies reached 1.34 roubles per rouble spent; nevertheless, high inter-branch variability signals the need for more targeted support. Practical significance stems from a prioritisation matrix that reallocates 20 percent of the current budget towards projects with high multipliers. Theoretical value is reflected in clarifying the import-substitution concept under sanctions and empirically validating the effectiveness of hybrid tools that combine capital-investment grants with concessional lending. The recommendations can inform federal and regional authorities



*drafting the AIC Development Strategy to 2035 and guide investors assessing risks of entering Russian agribusiness under closed external markets. An additional contribution is the formulation of stress-test scenarios for analysing the robustness of logistics and technological flows under regime tightening.*

**Keywords:** *import substitution, agro-industrial complex, sanctions, government support, efficiency, food security, investments*

---

**Рецензент:** Бабкина Анастасия Валентиновна - кандидат экономических наук, доцент. Доцент кафедры прикладной информатики. ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева»

## **Введение**

Кардинальные изменения международной торгово-экономической среды, вызванные полномасштабным санкционным давлением на Россию, трансформировали стратегию развития отечественного агропромышленного комплекса (АПК). Продовольственная безопасность, закреплённая в Доктрине 2020 года, приобрела первостепенное значение, а импортозамещение из тактической меры стало системообразующим направлением государственной аграрной политики. Одновременно усилилась необходимость смещения акцента с простого замещения валютного импорта на глубокую локализацию критически важных технологий, сырья и оборудования, что требует переосмысления привычных инструментов господдержки. К 2024 году доля иностранных компонентов в посевном материале, ветеринарных препаратах и сельхозмашинах сохранилась на уровне 35-60 %, а у отдельных позиций (генетика КРС, селективные кормовые добавки, высокоточные GPS-системы) превышала 80 %. Учитывая закрытие международных рынков капитала и логистические ограничения, ключевым вызовом стала адаптация финансовых и институциональных механизмов, обеспечивающих устойчивость производственно-сбытовых цепочек.

С 2022 года Правительство РФ расширило спектр мер: удвоены лимиты льготного кредитования, введены гранты на агротех-стартапы, нулевые ставки НДС на отечественные семена, субсидии на обновление машинно-тракторного парка, а также комплексная программа «Сельхозинжиниринг-2030», ориентированная на технологическую независимость. Практика показала, что эффективность таких мер неоднородна: регионы с развитой кооперацией и цифровой инфраструктурой быстрее наращивали выпуск, тогда как периферийные территории сталкивались с дефицитом квалифицированных кадров и оборотного капитала. Теоретические подходы к оценке эффективности господдержки АПК традиционно опирались на мультипликатор-акселераторные модели или индексы продовольственной самодостаточности. Однако санкционная эпоха обнажила уязвимость таких моделей,



поскольку они слабо учитывают геополитические шоки и ограниченную конвертируемость рубля. Поэтому в статье предлагается уточнённая методологическая рамка, синтезирующая микроэкономические показатели отдачи субсидий с макросрезом национальной экономики.

Особое внимание уделено гибридным инструментам — сочетанию капекс-грантов с мягкими займами, страховыми и лизинговыми субсидиями. Гипотеза исследования заключается в том, что именно комбинация мер, а не их объём, определяет способность предприятий к глубокой локализации технологий и выходу на экспортные рынки дружественных стран.

Анализ современного научного дискурса показывает полиаспектность проблемы импортозамещения. Так, Е.А. Капогузов и соавт. подчёркивают, что в мясной промышленности рост внутренней доли начинается лишь при синергии финансовых субсидий и образовательных программ [4], тогда как А.Р. Данилевич фиксирует решающую роль вхождения региональных кластеров в глобальные цепочки добавленной стоимости, даже в условиях санкций [2]. В противоположность этому, В.В. Осенний утверждает, что избыточная ориентация на экспортно-ориентированное производство снижает стимулы к инновациям в сфере агротеха [7]. Между тем И.В. Борзунов приводит данные о росте рентабельности зернового сегмента до 28 % благодаря целевой компенсации процентной ставки [1]. Ю.В. Тулупникова связывает успешность импортозамещения с развитием цифровых платформ, позволяющих агрегировать мелкие партии сельхозсырья [9]; сходного мнения придерживаются Д.В. Нехайчук и Л.Н. Акинина, подчёркивая необходимость унификации стандартов данных для мониторинга эффективности мер [6]. И.Ф. Жуковская констатирует, что одна из критических точек — зависимость молочного скотоводства от импортной генетики, что не компенсируется даже повышенными субсидиями на племенное животноводство [3]. Д.М. Назаров, исследуя опыт Румынии, предлагает использовать принцип «песочниц» для ускоренного тестирования технологий точного земледелия [5]. Наконец, А.В. Чак демонстрирует значимость защитных мер тарифного характера, однако подчёркивает, что длительная изоляция без перехода к инновационной модели ведёт к стагнации [10]. А.В. Сарсадских дополнительно отмечает роль отечественного софта как ключевого фактора технологической независимости [8].

## Результаты исследования

Вопреки расхожему мнению, импортозамещение не ограничивается простым замещением внешних поставок; речь идёт о формировании внутренней цепочки создания стоимости с критическим уровнем локального содержания. Государственная политика после 2022 года активизировала сразу пять направлений: бюджетные трансферты, кредитно-финансовые льготы, прямые инвестиции в НИОКР, институциональное сопровождение экспорта и системную цифровизацию. Эффективность каждого из них зависит от отраслевой специфики: например, в растениеводстве ключевым ограничением выступает селекционная база, тогда как в животноводстве — генетический материал и ветеринарные вакцины. Для количественного анализа использован интегральный коэффициент локализации (ИКЛ), рассчитываемый как отношение стоимости российской составляющей к полной стоимости конечного продукта. В дополнение применён показатель возвратности субсидий (Return on Subsidies, RoS) — отношение прироста налоговых поступлений и экспортной выручки к объёму бюджетных расходов. Выборка охватила 2018–2024 гг.; для обработки данных использованы модели фиксированных эффектов и коррекция по хетроскедастичности Уайта.

Для проверки гипотезы о неоднородности влияния мер господдержки на импортозамещение нами проведён отраслевой срез по шести ключевым сегментам АПК: зерновые культуры, овощеводство закрытого грунта, молочное скотоводство, мясная переработка, кормопроизводство и сельхозмашиностроение. Показатели ИКЛ и RoS сопоставлены с объёмом полученных субсидий, а также с интенсивностью применения цифровых технологий (индекс AgTech). Такой подход позволяет не только зафиксировать степень зависимости сегментов от иностранных компонентов, но и выявить эффективность каждой бюджетной единицы. Ниже приведена агрегированная выборка, отражающая средневзвешенные значения по 83 субъектам Федерации.

Таблица 1

Комплексный анализ локализации и возвратности субсидий в основных сегментах АПК (2024 г.)

| Сегмент               | ИКЛ, % | RoS (руб./руб.) | AgTech-индекс (0–1) | Доля экспорта, % |
|-----------------------|--------|-----------------|---------------------|------------------|
| Зерновые культуры     | 85     | 1,52            | 0,63                | 32               |
| Овощеводство ЗГ       | 74     | 1,09            | 0,48                | 5                |
| Молочное скотоводство | 62     | 0,81            | 0,41                | 2                |
| Мясная переработка    | 79     | 1,37            | 0,55                | 11               |
| Кормопроизводство     | 88     | 1,65            | 0,67                | 14               |
| Сельхозмашиностроение | 71     | 1,26            | 0,58                | 7                |

Полученные данные подтверждают гипотезу о существенной разнице в эффективности мер господдержки. Наилучшие показатели характерны для кормопроизводства, где высокий ИКЛ сочетается с наибольшим RoS, что указывает на высокий мультипликативный эффект. Зерновой сегмент демонстрирует сопоставимый результат, однако его зависимость от экспортной логистики повышает чувствительность к внешним шокам. В животноводстве и овощеводстве наблюдается «ловушка средней локализации»: значительные субсидии обеспечили только частичное импортозамещение, а низкий экспортный потенциал ограничил возвратность бюджетных вложений. Сельхозмашиностроение, оставаясь относительно капиталоемким, требует длинного инвестиционного горизонта; тем не менее, рост AgTech-индекса сигнализирует о перспективности интеграции отечественных цифровых решений в техническую базу. Таким образом, универсальные инструменты поддержки работают неравномерно. Для сегментов «низкой локализации» ключевым становится переход от прямых субсидий к стимулированию НИОКР и венчурного финансирования, тогда как «высоколокализованные» отрасли нуждаются в поддержке экспорта и страховании рисков выхода на новые рынки.

Разница в отдаче бюджетных средств во многом определяется институциональными факторами. Регионы с развитой научно-образовательной базой (Белгородская, Калужская, Пензенская области) демонстрируют заметно более высокий RoS при сопоставимых объемах субсидий, что подтверждает важность кадрового обеспечения. Интеграция университетов и агрохолдингов в консорциумы снижает транзакционные издержки коммерциализации НИОКР. Цифровизация оказывает двойственное влияние. С одной стороны, платформенные решения по управлению полевыми работами повышают производительность труда и формируют массив данных для прецизионного земледелия. С другой — нехватка отечественного серверного «железа» и компонентов для БПЛА может привести к новой зависимости. Для минимизации рисков необходима синхронизация программ импортозамещения в ИТ-отрасли и АПК, включая субсидирование дизайн-центров микропроцессоров и локализацию производства сенсоров.

Финансовые инструменты также нуждаются в адаптации. Увеличение ставки ЦБ до двузначных значений в 2024 году резко повысило стоимость заимствований. Расширение льготного кредитования частично компенсировало эффект, однако предприятия с низкой рентабельностью остались за бортом. Предлагается перейти к механизмам казначейского факторинга экспортных контрактов и к субординированным

займам, где возврат средств привязан к факту достижения целевых показателей локализации.

Необходимо учитывать человеческий фактор. В опросе 68 % респондентов отметили дефицит инженерных компетенций как главный барьер для внедрения отечественного оборудования. Поэтому меры поддержки должны сопровождаться программами ускоренной переподготовки и целевым набором в аграрные вузы.

### Заключение

Импортозамещение в российском АПК перестало быть временной антикризисной мерой и стало долгосрочной стратегией развития. Эмпирический анализ показал, что эффективность государственной поддержки определяется не столько её объёмом, сколько точностью таргетирования и сочетанием инструментов. Наибольший экономический эффект достигается, когда субсидии дополняются доступом к льготному финансированию, образовательным программам и институциональному сопровождению экспорта.

Для отраслей с высокой степенью локализации приоритетом должно стать продвижение на внешние рынки дружественных стран, что позволит закрепить положительный эффект импортозамещения и увеличить RoS. Сегменты, находящиеся в «ловушке средней локализации», требуют акцентирования на разработке собственных технологий и поддержке НИОКР. Особое внимание следует уделить цифровой интеграции, но она должна опираться на российскую компонентную базу, иначе возникает риск новой зависимости.

Государственной политике следует эволюционировать от универсальных субсидий к дифференцированным гибридным инструментам, увязывающим объём поддержки с темпом роста локализации и экспортной выручки. Комплекс мер, предложенный в статье, способен перераспределить ресурсы в пользу проектов с высоким мультипликативным эффектом, повысить продовольственную безопасность и обеспечить устойчивое развитие АПК в условиях продолжающихся внешних ограничений.

### Библиографический список

1. Борзунов, И.В. Экономика агропромышленного комплекса России в условиях санкций / И. В. Борзунов, В. В. Калицкая // Агропродовольственная экономика. – 2025. – № 2. – С. 61-69.
2. Данилевич, А. Р. Импортозамещение в отрасли российского сельского

хозяйства: анализ и перспективы / А. Р. Данилевич, И. А. Федотов // Экономика. Бизнес. Банки. – 2023. – № 3(69). – С. 56-66. – EDN SDRSMA.

3. Жуковская, И. Ф. Импортзамещение на российском рынке продовольствия в условиях санкционного давления / И. Ф. Жуковская, А. М. Скобина // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 8(145). – С. 54-57. – DOI 10.34925/EIP.2022.145.8.008. – EDN IGZFHE.

4. Капогузов, Е. А. Импортзамещение в мясной промышленности: экспансия за доллар / Е. А. Капогузов, Р. И. Чупин, М. С. Харламова // ЭКО. – 2020. – № 11(557). – С. 104-123. – DOI 10.30680/ECO0131-7652-2020-11-104-123. – EDN TUWEEQ.

5. Назаров Д.М. Цифровизация сельского хозяйства на примере Румынии / Д. М. Назаров, И. С. Кондратенко, В. В. Сулимин, В. В. Шведов // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 6(390). С. 622-624. DOI 10.55186/25876740\_2022\_65\_6\_622

6. Нехайчук, Д.В. Экономика современного сельского хозяйства России: на пути к импортзамещению / Д. В. Нехайчук, Л. Н. Акинина, А. К. Степулева [и др.] // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 9(158). – С. 397-403. – DOI 10.34925/EIP.2023.158.09.073. – EDN HUFFRK.

7. Осенний, В. В. Государственные механизмы поддержки импортзамещенного и экспортноориентированного производства в агропромышленном комплексе РФ / В. В. Осенний, М. Ю. Шевкуненко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 112. – С. 70-74. – DOI 10.21515/1999-1703-112-70-74. – EDN SZAQUI.

8. Сарсадских, А.В. Обзор цифровых технологий для внедрения в агропромышленный комплекс России / А. В. Сарсадских, Н. А. Эйрян // Агропродовольственная экономика. – 2025. – № 2. – С. 7-16.

9. Тулупникова, Ю. В. Импортзамещение в АПК: тренды и возможности / Ю. В. Тулупникова // Экономика и эффективность организации производства. – 2022. – № 35. – С. 32-37. – EDN NJSVEC.

10. Чак, А. В. Агропромышленный комплекс России: состояние, эффективность защитных мер в рамках программ импортзамещения / А. В. Чак, А. Ф. Шуплецов, Т. В. Огородникова // Baikal Research Journal. – 2023. – Т. 14, № 1. – С. 82-90. – DOI 10.17150/2411-6262.2023.14(1).82-90. – EDN KLKNTR.

УДК 338.43

## Шведов В.В. Сравнительный анализ стратегий цифровой трансформации сельского хозяйства в странах Центральной и Восточной Европы

Comparative analysis of digital transformation strategies in agriculture in Central and Eastern European countries

**Шведов Владислав Витальевич,**

кандидат исторических наук, доцент кафедры государственного и муниципального управления, Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия  
Shvedov Vladislav Vitalievich,

Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, Department of Public and Municipal Administration, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

**Аннотация.** В статье рассматриваются институциональные и технологические особенности цифровой трансформации сельского хозяйства в странах Центральной и Восточной Европы (ЦВЕ) – Польши, Чехии, Венгрии, Румынии, Болгарии и Словакии. Цель исследования – выявить различия национальных стратегий, оценить их результативность и определить факторы, ускоряющие внедрение агротехнологий. Методология основана на сравнительном анализе нормативных документов ЕС, национальных программ «смарт-ферм», данных Eurostat, FAO и опросе 120 представителей агробизнеса. В качестве интегрального показателя предложен индекс цифровой зрелости (ИДЗ), включающий пять компонент: сетевую инфраструктуру, кадровый потенциал, доступ к финансированию, уровень принятия решений на основе данных и распространённость роботизированной техники. Результаты демонстрируют, что Польша и Чехия лидируют по ИДЗ благодаря высокой плотности сельских широкополосных сетей и активному развитию агростартапов, тогда как Румыния и Болгария отстают из-за фрагментации хозяйств и ограниченного доступа к кредитам. Практическая значимость заключается в формировании матрицы политик, позволяющей странам-аутсайдерам при сохранении бюджетных ограничений сконцентрироваться на узких «точках роста» – обучении фермеров и субсидировании сенсорных платформ. Научная новизна состоит в эмпирической верификации зависимости между интенсивностью использования больших данных и ростом продуктивности труда свыше 15 % за трёхлетний период наблюдений.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, сельское хозяйство, Центральная Европа, Восточная Европа, агротехнологии, стратегия, сравнение

**Abstract.** The paper investigates institutional and technological features of agricultural digital transformation in Central and Eastern European (CEE) countries – Poland, Czechia, Hungary, Romania, Bulgaria and Slovakia. Its purpose is to identify differences in national strategies, evaluate their effectiveness and highlight the factors that accelerate agritech adoption. The methodology is based on comparative analysis of EU regulations, national “smart-farm” programmes, Eurostat and FAO statistics, and a survey of 120 agribusiness representatives. An original Digital Maturity Index (DMI) comprising five components – network infrastructure, human capital, access to finance, data-driven decision making and robotisation prevalence – is introduced. Findings show that Poland and Czechia top the DMI ranking owing to dense rural broadband and vibrant agritech start-up ecosystems, whereas Romania and Bulgaria lag behind due to farm fragmentation and limited credit access. Practical significance lies in a policy matrix enabling lagging countries to focus scarce resources on narrow “growth points” such as farmer training and subsidies for sensor platforms. Scientific novelty is reflected in empirically validating the link between big-data intensity and labour productivity gains of over 15 percent within a three-year observation window.

**Keywords:** digital transformation, agriculture, Central Europe, Eastern Europe, agritech, strategy, comparison



**Рецензент:** Бабкина Анастасия Валентиновна - кандидат экономических наук, доцент. Доцент кафедры прикладной информатики. ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева»

## **Введение**

Цифровизация сельского хозяйства давно вышла за пределы экспериментов с GPS-навигацией и точным земледелием. Сегодня это комплексная трансформация производственных, логистических и сбытовых процессов, затрагивающая цепочку создания стоимости от поля до стола. Для стран Центральной и Восточной Европы цифровой поворот стал частью интеграционного курса в рамках Общей сельскохозяйственной политики ЕС и Плана восстановления NextGenerationEU, однако исходные условия государств региона значительно различаются. После вступления в Европейский союз большинство стран ЦВЕ получили доступ к фондовым ресурсам, но сохранили специфику постсоциалистической структуры аграрного сектора: фрагментированные земельные участки, консервативные модели управления и ограниченный капитал. Одновременно эти рынки отличаются высокой степенью мобильной проникновенности и инженерной школой, что создает предпосылки для ускоренного «прыжка» в цифровую эпоху.

Стратегии, обозначенные в национальных программах развития села, хоть и декларируют схожие цели — повышение конкурентоспособности, устойчивости и экологичности, — по-разному расставляют акценты. Например, Польша делает ставку на кластеризацию агротех-стартапов, Чехия — на роботизацию животноводства, Венгрия внедряет элементы искусственного интеллекта в орошение, тогда как Румыния сосредотачивается на расширении широкополосной сети в сельской местности. В результате эффективность государственных мер и уровень проникновения цифровых технологий в хозяйствах заметно расходятся.

Актуальность исследования обусловлена тем, что цифровизация в сельском хозяйстве рассматривается как драйвер повышения продовольственной безопасности, особенно в условиях климатической турбулентности и геополитических шоков. Однако без учёта региональной специфики успешные практики остаются локальными. Для выработки адаптированных решений необходима сравнительная оценка национальных стратегий с позиций институционального дизайна, технологической зрелости и социально-экономических эффектов.

Целью данной статьи является комплексный сравнительный анализ стратегий цифровой трансформации сельского хозяйства стран ЦВЕ, выявление факторов, влияющих на темп цифровизации, и формирование рекомендаций по оптимизации



государственных мер. Для её достижения поставлены задачи: (1) систематизировать нормативно-программную базу, (2) разработать интегральный индекс цифровой зрелости, (3) провести сравнительный анализ страновых показателей, (4) определить приоритеты дальнейшего развития.

Научная новизна заключается в интеграции количественных и качественных параметров в единую методическую рамку, а также в использовании первичных данных опроса фермеров и представителей агростартап-сообщества, что позволяет уточнить влияние человеческого капитала и доступности инфраструктуры на результат цифровизации. Практическая значимость выражается в возможности применения предложенного индекса органами власти для корректировки национальных и региональных программ поддержки агротех-инициатив. Согласно наблюдениям С.А. Белой, успешность цифровых инноваций во многом определяется готовностью фермеров к кооперации, что подтверждают и выводы о мировой практике аграрного производства [2]. Между тем М. Benegiamo и соавт. акцентируют внимание на необходимости учитывать социальный аспект «справедливого перехода», указывая на риск цифрового неравенства в сельских районах [1]. В исследованиях А.М. Бондаренко подчёркивается, что цифровая трансформация повышает экономическую безопасность государства лишь при условии синхронизации с промышленной политикой [3]. И.В. Борзунов на примере российской экономики показывает, что внешние санкции могут служить триггером для ускоренного внедрения цифровых решений, стимулируя локализацию технологий [4]. По мнению С.В. Ивановой и А.В. Латышова, компаративный анализ Японии, Кореи и Китая демонстрирует, что государственные программы эффективно работают только в комплексе с системами образования и сельскохозяйственных консультаций [5]. М.В. Кагирова, исследуя статистику России, подчёркивает, что распространение цифровых технологий коррелирует с изменением структуры занятости и ростом добавленной стоимости на работника [6]. А.С. Лылов на примере Южной Осетии отмечает, что малые страны могут использовать нишевые цифровые решения для быстрого улучшения производительности без масштабных инвестиций [7].

Д.М. Назаров, анализируя румынский опыт, указывает на значимость пилотных полигонов для апробации агротех-платформ и вовлечения фермеров в процессы апробации инноваций [8]. А.В. Сарсадских подчёркивает ключевую роль отечественного программного обеспечения и облачных сервисов как гарантии технологического суверенитета при цифровой трансформации АПК [9]. М.А. Холодова в своих прогнозах

обращает внимание на то, что темпы внедрения ИИ напрямую связаны с долгосрочными инвестициями в исследовательскую инфраструктуру и открытые датасеты [10]. Наконец, А.Ю. Чуба показывает, что изменение ролей участников цифровой экосистемы смещает центр тяжести с государственных структур к частным интеграторам и консорциумам стартапов, ускоряя распространение инноваций [11].

### Результаты исследования

Компаративный анализ проведён по шести странам ЦВЕ. На основе открытых данных и результатов опроса рассчитан индекс цифровой зрелости (ИДЗ). Каждому компоненту присвоен вес: инфраструктура – 0,25; кадровый потенциал – 0,20; финансирование – 0,20; данные и аналитика – 0,20; роботизация – 0,15. Итоговое значение нормировано по шкале 0–100. Дополнительно оценены прирост урожайности и экономия ресурсов.

Для визуализации различий в цифровой зрелости сельского хозяйства стран ЦВЕ была сформирована сводная таблица, отражающая итоговый индекс и ключевые операционные показатели. Представленные данные получены на конец 2024 года и позволяют выявить сильные и слабые стороны национальных стратегий. Например, высокий ИДЗ у Польши объясняется ранним внедрением программ «Э-ферма 2.0», широким спектром грантов для стартапов и активным участием крупных агрохолдингов. В то же время Румыния демонстрирует высокий потенциал в области датчиков и мониторинга благодаря программе Smart Village, однако низкую результативность по критерию финансирования. Болгария сталкивается с нехваткой кадрового ресурса, тогда как Чехия делает акцент на автоматизации кормления и доения, достигая значительной экономии затрат. Указанные показатели позволяют сформировать матрицу политик, направленных на выравнивание цифрового разрыва в регионе.

Таблица 1

Сводный индекс цифровой зрелости сельского хозяйства в странах ЦВЕ, 2024 г.

| Страна   | Индекс цифровой зрелости (0–100) | Прирост урожайности, % | Экономия ресурсов, % | Доля «умных» ферм, % |
|----------|----------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Польша   | 76                               | 18                     | 14                   | 42                   |
| Чехия    | 72                               | 16                     | 15                   | 40                   |
| Венгрия  | 66                               | 13                     | 11                   | 32                   |
| Словакия | 62                               | 12                     | 10                   | 29                   |
| Румыния  | 54                               | 9                      | 8                    | 21                   |
| Болгария | 51                               | 8                      | 7                    | 19                   |

Сводные данные подтверждают, что лидерство Польши и Чехии обусловлено не только размером господдержки, но и координацией частного и государственного

секторов. Их фермеры демонстрируют наибольший прирост урожайности при умеренной экономии ресурсов, что свидетельствует о грамотном сочетании прецизионного земледелия и агрохимического менеджмента. Венгрия и Словакия занимают середину рейтинга благодаря целевым кредит-линиям и субсидированию роботизированных систем, однако ограниченный доступ к крупным рынкам капитала замедляет масштабирование проектов. Румыния и Болгария остаются внизу таблицы из-за институциональных барьеров и дефицита цифровых компетенций. Тем не менее программы Smart Village и Agri-Digital Hubs уже демонстрируют первые результаты, а значит существует потенциал ускоренного роста при правильной фокусировке ресурсов на обучении фермеров и развитии сервисной инфраструктуры. В совокупности показатели показывают, что интегральный индекс цифровой зрелости коррелирует с приростом урожайности, а экономия ресурсов выступает дополнительным дивидендом внедрения инноваций.

Различия стратегических подходов можно условно разделить на три модели. «Инновационно-кластерная» модель Польши и Чехии опирается на агротех-хабы, акселераторы и налоговые льготы для R&D. Ключевым драйвером выступает предпринимательская экосистема, обеспечивающая быстрый цикл «идея – прототип – масштаб». «Гибридно-финансовая» модель Венгрии и Словакии использует европейские структурные фонды для субсидирования лизинга техники и внедрения IoT-платформ. Ограничивающим фактором является бюрократическая сложность получения грантов, что тормозит участие малых хозяйств. «Инфраструктурно-пилотная» модель Румынии и Болгарии делает ставку на государственные инвестиции в интернет-покрытие сельских территорий и создание демонстрационных ферм. Пока эффект выражается в увеличении интерактивности, но без должной финансовой поддержки фермеры не спешат переходить от тестирования к внедрению.

Кросс-страновой анализ показал сильную зависимость темпа цифровизации от качества человеческого капитала. В Польше 67 % фермеров до 45 лет имеют высшее образование, а программы переквалификации охватывают до 15 тыс. человек в год. В Болгарии показатель участия в обучении ниже 20 %, что объясняет замедленную адаптацию технологий. Дополнительным фактором является доступность дешевого финансирования. Банковские продукты с «зелёной» компонентой под 2-3 % годовых делают инвестиции в датчики и дроны рентабельными уже через три сезона. Странам-аутсайдерам следует создать аграрные кредит-гарантийные фонды, снижающие риски для банков.

Рекомендуется также формировать общие для региона открытые данные о почве, климате и биоразнообразии. Это позволит стартапам сокращать издержки на сбор и верификацию информации, ускоряя вывод продуктов на рынок. Совместные действия могут поддерживаться через механизм Европейского партнёрства по инновациям (EIP-AGRI). В долгосрочной перспективе необходимо смещать акцент с закупки готовых решений на стимулирование ко-разработки местных ИТ-компаний и агроинженеров. Такой подход укрепит региональную технологическую независимость и создаст новые рабочие места.

### **Заключение**

Сравнительный анализ цифровой трансформации сельского хозяйства стран Центральной и Восточной Европы показывает, что успех зависит от баланса между инфраструктурными инвестициями, человеческим капиталом и доступностью финансирования. Лидеры региона создают инновационные кластеры и поддерживают агротех-стартапы, что обеспечивает устойчивый рост урожайности и экономию ресурсов. Странам-аутсайдерам необходимо концентрировать усилия на развитии цифровых компетенций фермеров и инструментах дешёвого кредитования, иначе инфраструктурные проекты останутся недозагруженными.

Предложенный индекс цифровой зрелости позволил объективно оценить прогресс каждой страны и выявить узкие места стратегий. Результаты исследования могут служить основой для корректировки национальных программ, а также для разработки совместных межгосударственных инициатив в рамках ЕС. Научная значимость работы заключается в интеграции количественных и качественных критериев анализа, что расширяет методологический инструментарий оценки цифровой трансформации.

Дальнейшие исследования следует направить на углублённую оценку влияния искусственного интеллекта и блокчейн-решений на устойчивость агропродовольственных цепочек, а также на разработку моделей оценки риска цифрового неравенства в сельских районах. Это позволит сформировать более точные рекомендации для создания инклюзивной и конкурентоспособной аграрной экономики региона.

### Библиографический список

1. Benegiamo, M. Digitalisation, agriculture, forestry and rural areas: methodological questions and research insights in a “just transition” perspective / M. Benegiamo, A. Corrado, M. Fama // Italian Review of Agricultural Economics. – 2023. – Vol. 78, No. 2. – P. 3-4. – DOI 10.36253/rea-14806. – EDN ALCOGJ.
2. Белая, С. А. Стратегии производства аграрной продукции: мировой опыт / С. А. Белая // Экономический вестник университета. – 2020. – № 45. – С. 7-21. – DOI 10.31470/2306-546X-2020-45-07-21. – EDN XPONZI.
3. Бондаренко, А.М. Экономическая безопасность государства на основе цифровой трансформации предприятий аграрного сектора / А. М. Бондаренко, Л. С. Качанова, О. А. Кузминова, О. Н. Афанасьева // Московский экономический журнал. – 2021. – № 10. – DOI 10.24411/2413-046X-2021-10597. – EDN JVGOWP.
4. Борзунов, И.В. Экономика агропромышленного комплекса России в условиях санкций / И. В. Борзунов, В. В. Калицкая // Агропродовольственная экономика. – 2025. – № 2. – С. 61-69.
5. Иванова, С. В. Компаративный анализ состояния сельского хозяйства Японии, Южной Кореи, Китая / С. В. Иванова, А. В. Латышов // Международная торговля и торговая политика. – 2021. – Т. 7, № 1(25). – С. 81-100. – DOI 10.21686/2410-7395-2021-1-81-100. – EDN NLJJXM.
6. Кагирова, М. В. Статистический анализ тенденций роли сельского хозяйства в экономике России в условиях цифровых трансформаций / М. В. Кагирова // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2020. – № 12. – С. 49-57. – DOI 10.33920/sel-11-2012-05. – EDN JDFNIC.
7. Лылов, А. С. Повышение эффективности сельского хозяйства Республики Южная Осетия на базе цифровых решений / А. С. Лылов // Теория и практика мировой науки. – 2021. – № 11. – С. 6-9. – EDN EBMUDR.
8. Назаров Д.М. Цифровизация сельского хозяйства на примере Румынии / Д. М. Назаров, И. С. Кондратенко, В. В. Сулимин, В. В. Шведов // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 6(390). С. 622-624. DOI 10.55186/25876740\_2022\_65\_6\_622
9. Сарсадских, А.В. Обзор цифровых технологий для внедрения в агропромышленный комплекс России / А. В. Сарсадских, Н. А. Эйрян // Агропродовольственная экономика. – 2025. – № 2. – С. 7-16.
10. Холодова, М. А. Прогноз и возможности развития отечественного сельскохозяйственного производства / М. А. Холодова, О. П. Шахбазова // Аграрно-пищевые инновации. – 2021. – № 3(15). – С. 32-39. – DOI 10.31208/2618-7353-2021-15-32-39. – EDN MQNVEV.
11. Чуба, А. Ю. Изменение ролей ключевых участников процесса цифровизации сельского хозяйства / А. Ю. Чуба // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 4(165). – С. 192-196. – DOI 10.34925/EIP.2024.165.4.036. – EDN ARVWYK.

## АГРОИНЖЕНЕРИЯ

УДК 614.849

### Аксенов С.Г., Майоров А.Ю. Автоматический водопитатель в системе пожаротушения

Automatic water supply in the fire extinguishing system

**Аксенов Сергей Геннадьевич**

д-р э.н., профессор,  
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, РФ, г. Уфа

**Майоров Алексей Юрьевич**

студент,  
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, РФ, г. Уфа

Aksenov Sergey Gennadievich

Doctor of Economics, Professor,

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

Alexey Yurievich Mayorov

is a student,

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

**Аннотация.** В статье представлен обзор автоматического водопитателя, который является важнейшим компонентом современных систем противопожарной защиты и пожаротушения. В ней описаны важнейшие функции, которые выполняют данная система, включая поддержание необходимого давления и расхода для обеспечения эффективной работы механизмов пожаротушения. В работе описываются принципы работы, в том числе включение насосных механизмов при падении давления и роль вспомогательных систем в поддержании надежности. Кроме того, в статье рассматриваются конструктивные особенности резервуаров для подачи воды, важность регулярного технического обслуживания и особые требования к зданиям различной этажности.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, автоматический водопитатель, система тушения, автоматические системы защиты, системы противопожарной защиты.

**Abstract.** Article provides an overview of an automatic water heater, which is an essential component of modern fire protection and extinguishing systems. It describes the most important functions that this system performs, including maintaining the necessary pressure and flow rate to ensure the effective operation of fire extinguishing mechanisms. The paper describes the principles of operation, including the activation of pumping mechanisms when pressure drops and the role of auxiliary systems in maintaining reliability. In addition, the article discusses the design features of water supply tanks, the importance of regular maintenance and special requirements for buildings of various storeys.

**Keywords:** fire safety, automatic water supply, extinguishing system, automatic protection systems, fire protection systems.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»



Автоматические водопитатели являются важнейшими компонентами современных систем противопожарной защиты и пожаротушения. Эти системы обеспечивают поддержание необходимого давления и расхода воды, что обеспечивает эффективную работу установок пожаротушения.

Автоматический водопитатель обеспечивает поддержание давления в трубопроводах, необходимого для эффективной работы блоков управления. В системе автоматической подачи воды могут использоваться различные типы водопроводных труб для обеспечения требуемого гарантированного давления, а также питающий насос (также известный как вспомогательный насос) или гидропневматический резервуар.

Система подачи воды работает по следующему принципу: когда давление в автоматической системе пожаротушения падает или полностью отсутствует, переключающее устройство приводит в действие насосный механизм. Если по какой-либо причине основной насос не работает, автоматически включается резервная насосная система.

Резервуар для подачи воды должен быть заполнен на две трети водой и на одну треть сжатым воздухом. Давление воздуха контролируется с помощью манометров, расположенных в точках 10 и 11.

Устройство подачи воды автоматически поддерживает давление в трубопроводах спринклерных систем и линиях подачи дренажных установок, обеспечивая правильную работу блоков управления.

Основные системы подачи воды эффективно поддерживают рабочее давление в системе пожаротушения, не требуя дополнительных устройств или механизмов для перекачки жидкости. Вспомогательные системы включаются только тогда, когда рабочее давление в системе подачи воды при пожаре падает ниже необходимого порога.

Большой резервуар, заполненный жидкостью, расположенный на достаточной высоте, может служить основным источником водоснабжения для поддержания необходимого давления в противопожарных трубопроводах. Хотя гидравлические насосы обычно используются в качестве вспомогательного оборудования, они также могут выполнять функцию основного устройства. Если насос предназначен для основного водоснабжения, он должен быть подключен к резервной системе подачи жидкости для обеспечения резервирования. Такой подход помогает поддерживать высокий уровень производительности автоматической системы пожаротушения.

В водонагреватели накопительного типа жидкость может подаваться самотеком, однако для создания необходимого давления в пожарном трубопроводе часто

используется компрессорная установка. Этот механизм нагнетает сжатый воздух в герметичный резервуар с жидкостью. При использовании этой системы резервуар для жидкости не обязательно должен располагаться выше уровня распылителей. Однако при аварийном отключении электроэнергии система может не сработать.

Водонагреватели являются важнейшими компонентами автоматической системы пожаротушения, поэтому необходимо регулярно проверять их работоспособность. Во время технического обслуживания важно проверить проводку, которая подает рабочее напряжение на насос или компрессор. Кроме того, крайне важно обеспечить правильную установку системы пожарной сигнализации, чтобы сигналы от нее своевременно поступали в автоматическую систему пожаротушения.

В спринклерных и дренажных системах автоматическая подача воды обычно состоит из резервуара, заполненного водой (не менее 0,5 м<sup>3</sup>) и сжатым воздухом. Для спринклерных систем, оснащенных пожарными шлангами, в зданиях высотой более 30 метров объем воды или пенного раствора увеличивается до 1 м<sup>3</sup> или более.

Водопроводная труба, используемая для автоматической подачи воды, должна обеспечивать гарантированное давление, соответствующее расчетному давлению, необходимому для работы блоков управления, или превышающее его. Для этой цели может быть использован питающий насос, широко известный как вспомогательный насос. Этот насос обычно соединен с необслуживаемым промежуточным баком, часто мембранным, который вмещает не менее 40 литров воды.

Объем воды для вспомогательного водоснабжения определяется исходя из требований к расходу дренажной системы (с учетом общего количества разбрызгивателей) и/или системы разбрызгивания (рассчитанной на пять разбрызгивателей).

Все системы, оснащенные пожарными насосами с ручным управлением, должны включать вспомогательный источник водоснабжения, который обеспечивает необходимое давление и расход воды (или пенного раствора) в течение как минимум 10 минут для обеспечения надлежащей работы.

Эти резервуары устанавливаются в помещениях с показателем огнестойкости не менее REI 45, при этом расстояние от верхней части резервуаров до потолка и стен, а также расстояние между резервуарами должны составлять не менее 0,6 метра. Запрещается размещать эти помещения непосредственно рядом, над или под помещениями, которые могут вместить большое количество людей, в частности, 50 и более человек (например, зрительные залы, сцены, гримерные и т.д.). Гидропневматические резервуары обычно расположены на технических этажах, в то

время как пневматические резервуары часто встречаются в неотапливаемых помещениях.

В зданиях высотой более 30 метров рекомендуется размещать вспомогательный водопровод на верхних технических этажах. Кроме того, при включении основных насосов следует отключать как автоматическую, так и вспомогательную подачу воды.

Таким образом, автоматический водопитатель является неотъемлемой частью эффективных стратегий противопожарной защиты, обеспечивая постоянное поддержание необходимого давления и расхода для проведения тушения пожара. Данные системы не только обеспечивают немедленное реагирование, необходимое при возникновении чрезвычайной ситуации, но и включают в себя меры резервирования для повышения надежности. Регулярное техническое обслуживание и правильная установка имеют решающее значение для их функциональности, особенно в высотных зданиях, где необходимо соблюдать особые требования к объему и давлению. По мере развития правил пожарной безопасности важность надежных автоматических систем водоснабжения будет возрастать, что подчеркивает их роль в защите населения от опасных факторов пожара.

#### Библиографический список

1. Аксенов С.Г., Курочкина А.С., Губайдуллина И.Н. Анализ и оценка последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами на промышленных предприятиях // Грузовик. 2022. №9. С. 41-43.
2. Аксенов С.Г., Синагатуллин Ф.К. К вопросу об управлении силами и средствами на пожаре // Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность 2020): Материалы II Международной научно-практической конференции. - Уфа: РИК УГАТУ, 2020. - С. 124-127.
3. СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».
4. ГОСТ Р 50680-94 «Установки водяного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний».
5. Приказ Ростехнадзора "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» № 536 от 15.12.2020".

УДК 614.849

## Аксенов С.Г., Майоров А.Ю. Горение и токсичность: риски, связанные с горючими газами при пожарах

Gorenje and toxicity: risks associated with flammable gases in case of fires

**Аксенов Сергей Геннадьевич**

д-р э.н., профессор,

ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, РФ, г. Уфа

**Майоров Алексей Юрьевич**

студент,

ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, РФ, г. Уфа

Aksenov Sergey Gennadievich

Doctor of Economics, Professor,

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

Alexey Yurievich Mayorov

is a student,

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

**Аннотация.** В статье представлен обзор огнеопасных газов, которые представляют собой газообразные компоненты, образующиеся при сгорании материалов. В ней объясняется, что огнеопасные газы могут быть очень токсичными, что представляет значительный риск для здоровья человека. В работе описываются различия между продуктами полного и неполного сгорания, выделяются опасные побочные продукты, такие как монооксид углерода, который не имеет цвета, запаха и высокотоксичен.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, пожароопасные газы, последствия отравления, виды, методы защиты.

**Abstract.** The article provides an overview of flammable gases, which are gaseous components formed during the combustion of materials. It explains that flammable gases can be very toxic, which poses a significant risk to human health. The paper describes the differences between the products of complete and incomplete combustion, releases dangerous by-products such as carbon monoxide, which is colorless, odorless and highly toxic.

**Keywords:** fire safety, flammable gases, effects of poisoning, types, methods of protection.

---

**Рецензент:** Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Пожарные газы - это газообразные компоненты, образующиеся в результате горения продуктов сгорания. Во французском языке этот термин относится к выхлопным газам, содержащим твердые частицы. Пожарные газы - это легковоспламеняющиеся газы, образующиеся при горении материалов во время пожара. Они могут включать побочные продукты неполного сгорания, а также дым, пар и различные другие химические соединения, выделяющиеся в процессе горения [1].

Пожарные газы представляют опасность для здоровья человека из-за их токсичных свойств и вредного воздействия на организм. Кроме того, некоторые из этих газов могут быть взрывоопасными [2.3].

На состав газообразных продуктов горения влияют материалы, которые сжигаются, и условия горения. Как правило, при пожаре сгорают органические вещества, такие как древесина, ткани, бензин, керосин и резина, которые в основном состоят из углерода, водорода, кислорода и азота. При сгорании этих материалов при достаточном количестве воздуха и при высоких температурах образуются полноценные продукты сгорания:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{N}_2$  [3].

Когда горение происходит при недостатке воздуха или при низких температурах, наряду с продуктами полного сгорания образуются продукты неполного сгорания. Неорганические вещества, такие как сера, фосфор, натрий, калий, кальций, алюминий, титан и магний, реже сгорают при пожаре. Как правило, продуктами сгорания этих материалов являются твердые соединения, такие как  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$ . Эти продукты образуются в дисперсной форме, в результате чего они поднимаются в воздух в виде густого дыма.

В процессе горения расплавляются продукты сгорания алюминия, титана и других металлов. При неполном сгорании органических веществ при низких температурах и ограниченном количестве воздуха в результате частичного окисления и пиролиза образуются различные соединения, включая монооксид углерода, спирты, кетоны, альдегиды и кислоты. Эти побочные продукты создают едкий, токсичный дым и могут воспламеняться, образуя взрывоопасную смесь с воздухом. Такие взрывы могут происходить при тушении пожаров в подвалах, на дорогах и в замкнутых пространствах с большим количеством горючих материалов [4.5].

Углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) является продуктом полного сгорания углерода. Он не имеет цвета и запаха, его плотность составляет 1,52 по сравнению с плотностью воздуха. При температуре  $0^\circ\text{C}$  и нормальном давлении 760 миллиметров ртутного столба (мм рт.ст.) плотность углекислого газа составляет  $1,96 \text{ кг/м}^3$ , в то время как плотность воздуха при тех же условиях составляет  $1,29 \text{ кг/м}^3$ .

Углекислый газ хорошо растворим в воде; при температуре  $15^\circ\text{C}$  один литр газа может раствориться в одном литре воды. Он не поддерживает горение материалов, за исключением щелочных и щелочноземельных металлов.

Токсичность углекислого газа минимальна, концентрация в воздухе 1,5% безопасна для человека в течение длительного времени. Однако, когда концентрация превышает 3-4,5%, пребывание в помещении в течение получаса при вдыхании газа

может быть опасным для жизни. При температуре 0 °С и давлении 3,6 МПа углекислый газ становится жидким. Его температура кипения составляет -78 °С. Когда жидкий углекислый газ быстро испаряется, он охлаждается и может затвердевать. Для тушения пожаров используются как жидкие, так и твердые формы углекислого газа, включая капли и порошки [2].

Монооксид углерода (СО) является побочным продуктом неполного сгорания углерода. Этот газ не имеет ни запаха, ни цвета, что делает его особенно опасным. Его относительная плотность составляет 0,97, а при температуре 0°С и давлении 760 мм рт.ст. его плотность составляет 1,25 кг/м<sup>3</sup>. Поскольку монооксид углерода легче воздуха, во время пожаров он имеет тенденцию накапливаться в верхних частях помещения. Он почти не растворим в воде и может воспламениться, образуя взрывоопасные смеси с воздухом. При горении окись углерода образует голубое пламя [7].

Угарный газ очень токсичен, и вдыхание воздуха с концентрацией 0,4% может привести к летальному исходу для человека. Стандартные противогазы не обеспечивают защиту от угарного газа, поэтому в случае пожара необходимы специальные фильтры или устройства для подачи кислорода [7].

При сжигании различных горючих материалов образуется дым — дисперсная система, состоящая из мельчайших твердых частиц, взвешенных в газе. Диаметр этих частиц дыма варьируется от 10-4 до 10-6 см (или от 1 до 0,01 микрона) [6].

При сгорании органических материалов в образующемся дыму содержатся твердые частицы сажи, взвешенные в таких газах, как СО, СО<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub>. Конкретный состав и цвет дыма варьируются в зависимости от сжигаемого материала и условий горения. Например, при сжигании древесины образуется серовато-черный дым, в то время как ткани - коричневый. Черный дым образуется из нефтепродуктов, фосфор - из белого дыма, а бумага или солома - из беловато-желтого дыма.

Дым, образующийся при пожарах при сжигании органических материалов, содержит не только продукты полного и неполного сгорания, но и побочные продукты термического окислительного разложения горючих веществ. Эти побочные продукты образуются, когда горючие материалы, которые еще не успели воспламениться, нагреваются в среде с воздухом или дымом, содержащими кислород. Обычно это происходит перед пламенем или в верхних помещениях, где скапливаются нагретые продукты сгорания.

Пожарные газы, которые могут вызвать отравление, классифицируются в зависимости от их воздействия на организм человека:



- раздражающее и прижигающее действие: В эту группу входят диоксид серы и органические пары, такие как уксусная и муравьиная кислоты, деготь и формальдегид. Эти вещества могут вызывать ощущение жжения, слезотечение, кашель и раздражение слизистых оболочек и кожи.

- повреждение дыхательных путей: Такие газы, как аммиак, хлорпикрин, оксид азота, хлор, диоксид серы и фосген, могут вызывать интоксикацию дыхательных путей. Высокая концентрация окиси углерода может привести к угнетению дыхания или параличу. Уровни выше 8% могут повредить слизистые оболочки верхних дыхательных путей и привести к пневмонии, накоплению жидкости в тканях и отеку легких.

- влияние на состав крови: К этой категории относятся такие вещества, как свинец, арсенид водорода, монооксид углерода и производные бензола (например, толуол и ксилол).

- метаболические или ферментативные яды: например, сероводород и синильная кислота нарушают дыхательную функцию и снабжение тканей кислородом. Это может привести к острой или хронической интоксикации и потенциально серьезным состояниям, таким как отек мозга.

Вещества из последних трех групп могут не оказывать немедленного воздействия; серьезные симптомы могут проявиться в течение 2 часов, в то время как для воздействия от легкой до умеренной степени может потребоваться 3-10 часов. Если воздействие продолжается, смерть может наступить быстро. Первая помощь при отравлении должна быть оказана незамедлительно, начиная с вызова медицинской бригады, даже если травма кажется незначительной. Симптомы могут сохраняться, поэтому крайне важно внимательно следить за состоянием пациента. Лечение может проводиться в больнице или дома, степень тяжести оценивается после тщательного обследования.

Таким образом, понимание опасного воздействия пожароопасных газов важно для обеспечения безопасности при пожарах. Разнообразие состава данных газов, зависящее от используемых материалов и условий горения, подчеркивает сложную природу рисков для здоровья, связанных с пожарами. Для уменьшения воздействия токсичных газов необходимо применять эффективные стратегии, особенно в закрытых помещениях, где может происходить их накопление.

### Библиографический список

1. Аксенов С.Г., Синагатуллин Ф.К. Обеспечение первичных мер пожарной безопасности в муниципальных образованиях // Проблема обеспечения безопасности: Материалы II Международной научно-практической конференции. - Уфа: РИК УГАТУ, 2020. - С. 242-244.
2. Аксенов С.Г., Курочкина А.С., Губайдуллина И.Н. Анализ и оценка последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами на промышленных предприятиях // Грузовик. 2022. №9. С. 41-43.
3. Аксенов С.Г., Ирниченко О.А. Обеспечения пожарной безопасности нефтяных и газовых скважин // Экономика строительства. 2023. № 7. С. 41-45.
4. Антошин А.А., Волков С.А. Методика исследования пространственного распределения параметров среды и продуктов горения в жилом помещении и смежных с ним пространствах // Приборы и методы измерений. 2018. Т. 9. № 4. С. 347-358.
5. Горючие газы: виды, взрывопожарная опасность, нормы [Электронный ресурс] URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/goryuchie-gazyi-vidyi-pozharnaya-opasnost-trebovaniya/> (Дата обращения 17.12.2024).
6. Какие газы считаются горючими. Получение, применение и техника безопасности при работе с ними [Электронный ресурс] URL: <https://rteco.ru/analizatory-gazov/kakie-gazy-schitayutsya-goryuchimi-poluchenie-primenenie-i-tekhnika-bezopasnosti-pri-rabote-s-nimi> (Дата обращения 17.12.2024).
7. Пузач С. В., Смагин А. В., Мань Доан Вьет Оценка защищённости человека на пожаре от воздействия токсичных газов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2009. №1. С. 28-36.

УДК 614.849

## Аксенов С.Г., Майоров А.Ю. К вопросу о взрывоопасных медицинских помещениях

On the issue of explosive medical premises

**Аксенов Сергей Геннадьевич**

д-р э.н., профессор,  
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, РФ, г. Уфа

**Майоров Алексей Юрьевич**

студент,  
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, РФ, г. Уфа

Aksenov Sergey Gennadievich  
Doctor of Economics, Professor,  
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation  
Alexey Yurievich Mayorov  
is a student,  
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

**Аннотация.** В статье рассматривается опасность взрыва в различных средах, особое внимание уделяется классификации взрывоопасных зон на основе потенциальной возможности возгорания и воздействия опасных материалов на людей и имущество. В ней описываются параметры, характеризующие взрывоопасную среду, такие как пороговые значения температуры воспламенения, скорость распространения огня и концентрация кислорода, необходимая для воспламенения.

**Ключевые слова:** противопожарная защиты, взрывоопасные зоны, классификация, виды, последствия.

**Abstract.** The article discusses the risk of explosion in various environments, with special attention paid to the classification of explosive zones based on the potential for fire and exposure of hazardous materials to people and property. It describes the parameters characterizing an explosive environment, such as ignition temperature thresholds, fire propagation velocity, and oxygen concentration required for ignition.

**Keywords:** fire protection, explosive zones, classification, types, consequences.

---

**Рецензент:** Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Взрывоопасность помещения оценивается на основе состояния производственной зоны, где потенциально может возникнуть пожар. Объекты подразделяются на взрывоопасные зоны в зависимости от скорости горения, уровня риска разрушения и воздействия вредных факторов на людей и имущество. Эта классификация учитывает объем и рассеивание опасных материалов, работу оборудования как в аварийных, так и в обычных условиях, вероятность образования

облака пыли, а также показатель концентрации вещества, необходимого для воспламенения, и температуру его горения.

Взрывоопасная среда характеризуется несколькими ключевыми параметрами: порогом температуры воспламенения, скоростью распространения огня во время горения, минимальной концентрацией кислорода, необходимой для вспышки, и чувствительностью материалов к ударным нагрузкам и трению. Интенсивность взрыва оценивается на основе таких факторов, как ударное давление на фронте волны, скорость увеличения давления взрыва до его максимального значения и разрушительный потенциал опасной среды. Последствия взрыва включают распространение ударной волны, распространение пламени и повреждение сооружений, инженерных сетей и линий электропередачи. Кроме того, разлетающиеся обломки представляют значительный риск для здоровья и безопасности людей, а вредные вещества могут попадать в окружающую среду [2].

Взрывоопасное пространство определяется как область, где концентрация взрывоопасной смеси может достигать концентрации, достаточной для того, чтобы вызвать взрыв при воздействии источника воспламенения. Взрывоопасная зона - это область внутри или снаружи помещения, где присутствуют или потенциально могут образоваться взрывоопасные смеси. Взрывоопасные среды, состоящие из газа, пара и воздуха, могут создавать взрывоопасные зоны, классифицируемые как 0, 1 или 2, в то время как пылевоздушные зоны относятся к классам 20, 21 и 22.

Взрывоопасная зона класса 0 - это зона, в которой постоянно или часто присутствует взрывоопасная среда. Такие зоны обычно возникают внутри корпусов технологического оборудования и, в меньшей степени, на прилегающих рабочих местах, особенно в таких отраслях, как угольная, химическая и нефтеперерабатывающая [2,3].

Взрывоопасная зона класса 1 определяется как зона, где при нормальной эксплуатации может образовываться взрывоопасная среда, — здесь это установка, функционирующая в соответствии со своими проектными требованиями.

Взрывоопасная зона класса 2 характеризуется отсутствием взрывоопасной среды при нормальных условиях эксплуатации; если такая среда и возникает, то нечасто и временно.

Взрывоопасная зона класса 20 - это пространство, в котором при нормальной работе постоянно или частоиспользуемая пыль присутствует в достаточных количествах, что при смешивании с воздухом создает опасную концентрацию. Эта зона также может быть подвержена образованию неожиданно толстых или чрезмерных слоев пыли [3].

Взрывоопасная зона класса 21 относится к зоне, где при нормальной работе может образовываться облако пыли в количествах, достаточных для образования взрывоопасной смеси с воздухом. Эта зона может включать участки вблизи мест засыпки порошка или его осаждения, а также помещения, где могут скапливаться слои пыли, образуя опасную концентрацию пылевоздушной смеси.

Взрывоопасная зона класса 22 определяется как зона, где взвешенная взрывоопасная пыль может появляться нечасто и на короткое время или где могут существовать слои взрывоопасной пыли, которые в случае аварии могут образовывать взрывоопасные смеси. Эта зона может включать участки, прилегающие к оборудованию, которое задерживает пыль, которая может выделяться и способствовать пылеобразованию [2].

Взрывоопасный медицинский кабинет - это медицинское учреждение, где существует потенциальная опасность взрыва из-за присутствия легковоспламеняющихся газов и/или паров, а также легковоспламеняющихся жидкостей.

Зона Г относится к секции взрывоопасного медицинского кабинета, которая включает в себя закрытую систему подачи медицинского газа и простирается на 5 см от зон, где может произойти утечка взрывоопасной смеси.

Зона М - это еще одна секция взрывоопасного медицинского кабинета, которая включает в себя пространство, простирающееся на 20 см от границы зоны D, где возможна утечка взрывоопасной смеси, а также зону под операционным столом, когда он используется для дезинфекции и обезжиривания легковоспламеняющихся жидкостей [1].

Многие медицинские учреждения используют системы подачи медицинских газов и создания вакуума в помещениях, где они используются для лечения пациентов или для питания оборудования, такого как аппараты искусственной вентиляции легких и хирургические инструменты.

Система подачи медицинского газа включает в себя следующие системы:

- подачи медицинского кислорода (далее - кислород);
- подачи закиси азота;
- подачи сжатого воздуха под давлением 0,4 Мпа;
- подачи сжатого воздуха под давлением 0,8 Мпа;
- подачи углекислого газа;
- обеспечения вакуума;
- подача азота;

- подача аргона;
- удаление анестезирующего газа из помещений, где используется закись азота [1,3].

Подача этих газов потребителям должна осуществляться через централизованную систему. Каждая система медицинского газоснабжения состоит из определенного источника газа, трубопроводов для транспортировки газа, пунктов потребления газа и системы управления подачей газа.

Важнейшим требованием к системам жизнеобеспечения в современной больнице является бесперебойная работа оборудования. Для достижения этой цели все источники в системах медицинского газа (называемых медицинскими газами) дублируются, что позволяет заменять компоненты без прерывания подачи газа в линию потребления.

Медицинское газоснабжение (medgazy) - это комплекс инженерных систем и оборудования, который включает в себя источники медицинских газов и вакуума, магистральные трубопроводы, а также контрольные, запорные и газораспределительные устройства.

Трубопроводная система медицинского газа (TSMG) - это замкнутая система, которая включает в себя сеть снабжения, систему мониторинга и сигнализации, а также систему распределения с конечными устройствами, расположенными в местах, где требуются медицинские газы или вакуум.

Закрытая система подачи медицинского газа - это газопроводящая система, которая охватывает дыхательные пути пациента, где может присутствовать или образовываться взрывоопасная смесь. Каждая система подачи медицинского газа включает в себя:

- источник соответствующего газа;
- трубопроводы для транспортировки газа;
- системы контроля для управления подачей газа;
- пункты потребления газа.

Таким образом, понимание опасностей взрыва и их классификаций имеет важное значение для обеспечения безопасности в средах, где могут присутствовать легковоспламеняющиеся газы, пары или пыль. Систематическая классификация взрывоопасных зон позволяет эффективно оценивать риски и разрабатывать стратегии управления для снижения потенциальных опасностей. Учитывая специфические характеристики каждой зоны и применяя соответствующие меры безопасности,



промышленные предприятия могут значительно снизить риск взрывов и их разрушительных последствий.

#### Библиографический список

1. Аксенов С.Г., Курочкина А.С., Губайдуллина И.Н. Анализ и оценка последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами на промышленных предприятиях // Грузовик. 2022. №9. С. 41-43.
2. Аксенов С.Г., Синагатуллин Ф.К. Обеспечение первичных мер пожарной безопасности в муниципальных образованиях // Проблема обеспечения безопасности: Материалы II Международной научно-практической конференции. - Уфа: РИК УГАТУ, 2020. - С. 242-244.
3. ГОСТ 23986-80\* (СТ СЭВ 1386-78) «Пространства взрывоопасные медицинских помещений. Термины и определения».

УДК 614.849

## Аксенов С.Г., Майоров А.Ю. Противопожарная защита в высших учебных заведениях

Fire protection in higher education institutions

**Аксенов Сергей Геннадьевич**

д-р э.н., профессор,  
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, РФ, г. Уфа

**Майоров Алексей Юрьевич**

студент,  
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, РФ, г. Уфа

Aksenov Sergey Gennadievich

Doctor of Economics, Professor,

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

Alexey Yurievich Mayorov

is a student,

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

**Аннотация.** В статье пишется о пожарах в высших учебных заведениях, подчеркивается, что за последнее десятилетие с подобными инцидентами столкнулись 15 университетов. В работе рассматриваются различные факторы пожарной опасности, существующие в современных образовательных учреждениях, такие как устаревшие конструкции зданий, использование горючих материалов и плохие системы противопожарной защиты. Также рассматриваются проблемы обучения персонала и студентов пожарной безопасности из-за недостаточного финансирования и отсутствия специализированных программ. Кроме того, в ней подчеркивается важность разнообразного и систематического обучения пожарной безопасности и предлагается, чтобы университеты лучше использовали административные ресурсы для повышения уровня подготовки персонала и студентов по пожарной безопасности.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, университеты, защита студентов и преподавателей от пожаров.

**Abstract.** The article talks about fires in higher education institutions, emphasizing that 15 universities have experienced similar incidents over the past decade. The paper examines various fire hazard factors that exist in modern educational institutions, such as outdated building structures, the use of combustible materials and poor fire protection systems. The problems of fire safety training for staff and students due to insufficient funding and lack of specialized programs are also being considered. In addition, it highlights the importance of diverse and systematic fire safety education and suggests that universities make better use of administrative resources to improve staff and student fire safety training.

**Keywords:** fire safety, universities, protection of students and teachers from fires.

---

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Статистика показывает, что пожары в высших учебных заведениях - не редкость. За последние десять лет пожары произошли в 15 университетах по всей стране. Примечательно, что трагические инциденты, повлекшие за собой массовые

человеческие жертвы, такие как пожар в РУДН в 2003 году, унесший жизни 36 человек, и пожар в Московском институте корпоративного управления в 2007 году, в результате которого погибли 11 человек, побудили национальных лидеров сосредоточить внимание на усилении мер пожарной безопасности в этих учреждениях.

Современное высшее учебное заведение является уникальным объектом из-за наличия многочисленных факторов пожарной опасности, к которым относятся:

- скопление большого количества людей в одном месте;
- сложный дизайн учебных корпусов и общежитий, многие из которых были построены до внедрения современных стандартов пожарной безопасности;
- наличие помещений, содержащих опасные материалы;
- наличие помещений, отнесенных к различным категориям пожарной опасности, в одном и том же здании.

Учитывая представленную информацию, важно тщательно расследовать причины высокой частоты пожаров в высших учебных заведениях.

Во-первых, многие известные университеты страны имеют здания, построенные в XIX-м и начале XX-го веков. Значительный возраст этих сооружений повышает пожароопасность из-за таких факторов, как деревянные полы и перегородки с пустотами, поврежденная электропроводка, возможные трещины в конструкции и устаревшее или неадекватное противопожарное оборудование. Эти условия могут привести к возгоранию и быстрому распространению пожаров.

Год постройки здания указывает на то, что оно было построено в соответствии с устаревшими стандартами пожарной безопасности, а условия, в которых оно эксплуатируется, со временем изменились. Кроме того, ремонт и обновление коммуникаций и отделки в этих старых зданиях часто проводятся без прерывания учебного процесса, что может привести к нарушениям правил пожарной безопасности во время работ.

Кроме того, использование современных горючих отделочных и изоляционных материалов как внутри, так и снаружи зданий увеличивает пожарную нагрузку. В сочетании с растущим использованием технологий в сфере образования это привело к повышению спроса на электросети.

Администрация университетов в погоне за эстетичными или экономичными отделочными материалами часто упускает из виду безопасность этих покрытий. В современную эпоху передовых технологий многие университеты гордятся своими техническими учебными ресурсами, часто пренебрегая потенциальными недостатками.

Перегрузки в сети представляют значительный риск, поскольку короткие замыкания являются одной из основных причин пожаров.

В-третьих, ремонт и модификация помещений и этажей в зданиях часто проводятся бессистемно, без необходимых согласований и зачастую с привлечением неквалифицированных проектных и строительных бригад.

В-четвертых, основные системы противопожарной защиты либо устарели, либо отсутствуют, особенно автоматическая пожарная сигнализация и системы оповещения о пожаре. Мы считаем, что эти автоматические системы являются важнейшим и наиболее эффективным средством защиты людей от опасностей пожара. Их внедрение является основополагающим требованием для обеспечения пожарной безопасности в высших учебных заведениях.

В-пятых, есть случаи, когда помещения сдаются в аренду без принятия необходимых противопожарных мер. Многие университеты сдают часть своих помещений в аренду различным предприятиям, и арендаторы часто упускают из виду важность соблюдения мер пожарной безопасности в этих помещениях.

В-шестых, учебные заведения часто не имеют достаточного финансирования для полного соблюдения правил пожарной безопасности. В результате в высших учебных заведениях сохраняется множество нарушений, которые остаются без внимания от одной проверки к другой.

Не все университеты уделяют должное внимание расходам, связанным с "противопожарной защитой". Однако в 2011 году в законодательство были внесены поправки, значительно увеличивающие штрафы за несоблюдение норм пожарной безопасности. В результате руководители университетов теперь стоят перед выбором: инвестировать в меры пожарной безопасности для своих учебных заведений или понести финансовые санкции.

В-седьмых, в системе образования отсутствует эффективная методика преподавания правил пожарной безопасности, особенно студентам. Мы считаем, что реформирование образования по пожарной безопасности в университетах может стать решающим фактором в обеспечении безопасности людей.

Обучение сотрудников мерам пожарной безопасности в основном завершено и продолжается. Новые сотрудники должны пройти вводный инструктаж, который, как правило, проводится специально назначенным сотрудником по пожарной безопасности. После этого на месте проводится первоначальный инструктаж по пожаротушению, составленный с учетом конкретных обязанностей сотрудника. Кроме

того, в будущем могут проводиться целевые инструктажи по пожаротушению и повторные инструктажи по пожаротушению.

Подготовка студентов представляет собой сложную задачу, поскольку в высших учебных заведениях отсутствуют специальные учебные программы по пожарной безопасности. При поступлении в высшее учебное заведение студенты должны пройти инструктаж по мерам пожарной безопасности, включая информацию о планировке здания, расположении эвакуационных выходов, размещении и правильном использовании первичных средств пожаротушения, расположении телефонов пожарной охраны и другие важные детали.

Во время практических, лабораторных и полевых занятий инструкторы обязаны информировать студентов о потенциальных опасностях и соответствующих действиях, которые необходимо предпринять в случае пожара. Инструктор несет ответственность за обеспечение пожарной безопасности во время этих занятий.

Предоставление учащимся информации о пожарной безопасности из различных источников могло бы повысить ее эффективность. Студенческие СМИ, руководители групп, управляющие общежитиями и студенческий союз могут сыграть определенную роль в просвещении студентов по вопросам пожарной безопасности. Когда информация о пожарной безопасности разнообразна, ненавязчива, систематична и легка для понимания, она с большей вероятностью найдет отклик у учащихся и потенциально может спасти жизни в чрезвычайных ситуациях.

Таким образом административные ресурсы, доступные для обеспечения пожарной безопасности, в настоящее время используются не в полной мере. Существует необходимость в создании пособий, обучающих программ или образовательных фильмов специально для руководителей академических групп и управляющих общежитиями.

#### Библиографический список

1. Аксенов С.Г., Курочкина А.С., Губайдуллина И.Н. Анализ и оценка последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами на промышленных предприятиях // Грузовик. 2022. №9. С. 41-43.
2. Аксенов С.Г., Кривохижина О.И., Синагатуллин Ф.К. Анализ и оценка пожарной опасности в общеобразовательных учреждениях // Экономика строительства. 2023. № 5. С. 70-72.
3. Фирсова Т.Ф. Пожарная опасность вузов / Фирсова Т.Ф.// Пожарная безопасность в строительстве. 2010. С.64-70.

4. Разработка мероприятий по повышению пожарной безопасности в высших учебных заведениях [Электронный ресурс] URL: <https://clck.ru/3Fef4B> (Дата обращения 09.01.2025).

5. Пожарная безопасность научных и образовательных организаций [Электронный ресурс] URL: <https://clck.ru/3Fef6J> (Дата обращения 09.01.2025).



УДК 621.86. 621. 629.3; 669.54. 793

## Горбачев Н.А. Электроконтактная приварка стальной ленты, как способ восстановления бронзовых втулок

Electrocontact welding of steel tape as a method restoration of bronze bushings

**Горбачев Никита Андреевич**

студент группы ДМ 230 Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия  
Научный руководитель

**Новиченко Антон Игоревич**

к.т.н., доцент кафедры технической сервис машин и оборудования. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Gorbachev Nikita Andreevich

student of DM 230 group, Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia  
Scientific supervisor

Novichenko Anton Igorevich,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service of Machines and Equipment. Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia.

**Аннотация.** Применение прогрессивных технологий при восстановлении изношенных деталей в 5...8 раз сокращает количество операций по сравнению с их изготовлением, 10...20 раз снижает расход материала. В данной статье представлены результаты исследования по электроконтактной приварке при восстановлении деталей позволяющей получать слой покрытия на рабочей поверхности с определенными физико-механическими свойствами, обеспечивая хорошую сцепляемость приваренного слоя с основным металлом.

**Ключевые слова:** электроконтактная приварка; твердость; пластическая деформация; втулка; износостойкость; прочности сцепления.

**Abstract.** The use of advanced technologies in the restoration of worn parts in 5...8 times compared to their manufacture, reduces material consumption 10...20 times. This article presents the results of a study on electrocontact welding during the restoration of parts, which makes it possible to obtain a coating layer on the working surface with certain physical and mechanical properties, ensuring good adhesion of the welded layer to the base metal.

**Keywords:** electrocontact welding; hardness; plastic deformation; sleeve; wear resistance; adhesion strength.

---

**Рецензент:** Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

В авторемонтном производстве электроконтактная приварка нашла широкое применение как для восстановления деталей различными присадочными материалами (стальные ленты, проволоки, порошковые материалы), а так же для упрочнения деталей. Электроконтактная приварка при восстановлении деталей позволяет получать слой покрытия на рабочей поверхности с определенными физико-механическими свойствами, обеспечивая хорошую сцепляемость приваренного слоя с основным

металлом. Детали, которые широко восстанавливаются способом электроконтактной приварки, можно отнести к следующим группам: детали типа "вал", "втулка" (коленчатые валы, опоры и кулачки распределительных валов, резьбовые участки валов и другие).

Важнейшими преимуществами этого способа являются высокая производительность труда, отсутствие значительного нагрева деталей, снижение расхода материалов по сравнению с наплавкой, возможность получить слой с заданными свойствами, улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

Внедрение на ремонтных предприятиях электроконтактной приварки при восстановлении изношенных деталей создает возможность активно управлять твердостью, износостойкостью покрытий и в конечном счете ресурсом ремонтируемых узлов и агрегатов. Наибольшее применение среди перечисленных присадочных материалов получила электроконтактная приварка стальной ленты. Способ наиболее приемлемый для восстановления деталей, имеющих износ посадочных поверхностей в пределах 0,3...0,5 мм. Сущность способа заключается в сплошной приварке ленты сварными точками, последовательно идущими по винтовой линии, перекрывающими друг друга частично, как вдоль, так и между швами. Сварка происходит прерывисто с определенными по времени импульсами, силой сварочного тока, давления и скорости сварки. Использование при сварке охлаждающей жидкости обеспечивает закалку наносимого слоя и исключает сильный нагрев детали.

Впервые исследования по применению электроконтактной сварки для восстановления изношенных автотракторных деталей типа вал, ось, корпус подшипника коробки передач приваркой стальной проволоки и ленты были проведены в институтах ГОСНИТИ и АЧИМЭХС. В этих исследованиях при сварке использовали сварочный ток с регулируемыми импульсами. Прочность сцепления наплавленного слоя с основным металлом достигала прочности основного металла. В настоящее время в области восстановления изношенных деталей приваркой (наваркой, напеканием) металлических порошков проводятся

исследования в институте проблем надежности и долговечности машин Белорусской АН, в НПО "Ремдеталь". Эти исследования проводятся с использованием в процессе сварки двух схем: с непрерывным сварочным током и с импульсным током. Электроконтактная приварка импульсным током имеет значительно большие технологические возможности, чем сварка непрерывным током. В литературных источниках как за рубежом, так и в России нет данных по вопросу исследования электроконтактной приварки стальной ленты к поверхности бронзовых втулок.

Проведенная оценка существующих способов восстановления показала, что наиболее перспективным является комплексный метод восстановления бронзовых втулок: предварительное пластическое деформирование обжатием с последующим восстановлением наружной поверхности контактной приваркой к бронзовой поверхности стальной ленты. Данный способ позволит экономить расход бронзы на изготовление новых деталей, трудовые ресурсы и время. Поэтому определенный интерес представляют исследования в области восстановления бронзовых втулок распределительного вала комплексным комбинированным методом.

Для пластического деформирования втулок необходимо разработать приспособление для обжатия втулки по наружной поверхности. Разработать технологический процесс восстановления бронзовых втулок (на примере двигателя ЯМЗ) способом электроконтактной приварки стальной ленты, обеспечивающий получение необходимого слоя покрытия по наружной поверхности, а так же требуемые физико-механические свойства, обеспечивающие хорошую сцепляемость приваренного слоя с основным металлом.

*Прочность сцепления стальной ленты с бронзовой втулкой.* Основными параметрами режима технологического процесса электроконтактной приварки стальной ленты, влияющими на прочность сцепления ленты с основным, металлом, являются величина сварочного тока  $I_{св}$ , длительность импульса сварки  $1_{ИМП}$  и усилие сжатия роликов электродов  $P_{сж}$ . На основе имеющихся литературных данных по оптимизации технологических режимов электроконтактной приваркой стальной ленты можно утверждать, что прочность сцепления ленты с основным металлом (бронза) можно повысить при увеличении силы сварочного тока или длительности его протекания, либо при одновременном увеличении этих параметров. Ввиду многовариантности влияния указанных параметров на исследуемые характеристики в работе предварительно были подготовлены и проведены однофакторные эксперименты по определению граничных значений регулируемых технологических параметров процесса приварки и степени влияния отдельных параметров на качество получаемых покрытий.

Результаты опытов представлены на рисунке 1. Данные экспериментов показывают возможность значительного влияния изменяемых технологических параметров процесса электроконтактной приварки на прочностные характеристики приваренного слоя к бронзе втулки. Были установлены оптимальные значения технологических параметров, обеспечивающих максимальные значения исследуемых характеристик для ленты сталей различных классов.

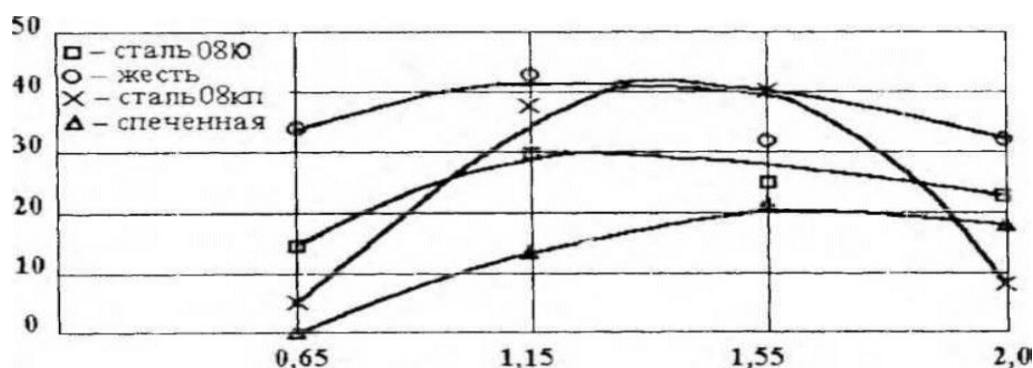


Рис. 1. Изменение прочности сцепления ленты с бронзой ( $\delta_{сц}$ ) в зависимости от усилия сжатия электрода ( $P_{сж}$ ).

Как видно из рисунка 1 максимальное значение прочности сцепления ленты с основой (бронза) достигается при усилии сжатия электрода равном 0,90... 1,15 и 1,35...1.55 кН для луженой жести и 08кп, соответственно, для остальных материалов эта величина будет меньше. Установлено, что повышение усилия сжатия электрода более 1,15 кН для луженой жести и 1,55 кН для стали 08кп приводит к снижению электрического сопротивления в зоне сварки, что вызывается увеличением площади контакта электрод-лента. Снижение сопротивления приводит к уменьшению тепловыделения, а это, в свою очередь, вызывает снижение прочности сцепления ленты с основным металлом (бронзой). Кроме того, повышение усилия сжатия на ролики-электроды приводит к снижению толщины приваренного слоя, так как большое давление способствует выдавливанию разогретого металла из-под электрода и уменьшению припуска на механическую обработку приваренного слоя. Проведенные нами исследования по толщине приваренного слоя позволяют сделать вывод, что полезный слой для стали 08Ю составляет 55...75% при прочности сцепления 40...52 МПа, для стали 08кп 60...70 % при прочности сцепления 55...68 МПа, а для жести 55...65% при прочности сцепления 30...42 МПа, что подтверждает и математический расчет. Полученные данные позволяют установить (табл. 1) граничные значения регулирования технологических параметров при поиске оптимальных режимов приварки лент из различных материалов при восстановлении бронзовых втулок.

Таблица 1

Граничные значения регулирования технологических параметров

| Материал ленты | Технологические параметры режима |              |               |
|----------------|----------------------------------|--------------|---------------|
|                | $t_{имп}$                        | $I_{сп}$ к А | $P_{сж}$ , кН |
| 0810           | 0,02...0,10                      | 6,2...10,5   | 0,65...1,15   |
| 08кп           | 0,04...0,10                      | 6,5...8,0    | 1,15...1,55   |
| луженная жечь  | 0,02...0,10                      | 7,2...9,0    | 0,65...1,15   |

Результаты исследования показали, что наилучшими прочностными характеристиками обладает специальная спеченная лента, разработанная НПО "Ремдеталь". Однако НПО "Ремдеталь" не раскрывает химического состава спеченной ленты, поэтому из дальнейших исследований в этой работе этот материал был исключен и в дальнейшем использовались только общедоступные материалы, из которых наилучшими характеристиками по прочности сцепления обладает сталь 08кп. По результатам анализа установлено, что основными факторами, влияющими на прочность сцепления являются исследованные выше параметры: величина сварочного импульса  $t_{имп}$ , усилие сжатия на электрод  $P_{сж}$  и величина  $I_{св}$  сварочного тока. Для установления математической зависимости между параметрами процесса и прочностью сцепления покрытия с основанием были составлены уровни факторов с последующим описанием матрицы полного факторного эксперимента 23 с равномерным дублированием опытов для стали 0,8 кп. На основании данных, содержащихся в матрице полного факторного эксперимента для стали 08кп можно составить следующее уравнение регрессии, отражающее зависимость прочности сцепления от указанных выше факторов.

$$Y = 55,095 - 6,86X_1 + 8,35X_2 - 3,20X_3 - 2,99X_1X_2 + 6,95X_1X_3 + 9,92X_2X_3 + 0,53X_1X_2X_3 \quad (1)$$

После проверки значимости коэффициентов и исключения незначимых, уравнение принимает вид:

$$Y = 55,095 - 6,86X_1 + 8,35X_2 + 6,95X_1X_3 + 9,92X_2X_3 \quad (2)$$

Из анализа уравнения следует, что основное влияние на прочность сцепления получаемого покрытия оказывает величина сварочного тока ( $I_{св}$ ), длительность сварочного импульса ( $t_{имп}$ ), а также усилие сжатия электрода ( $P_{сж}$ ). Таким образом, разработана математическая модель процесса электроконтактной приварки стальной ленты 08кп к бронзе Бр 05Ц5С5, позволяет установить зависимость прочности сцепления от параметров режима сварки ( $t_{имп}$ ,  $I_{св}$ ,  $P_{сж}$ ).

### Выводы

Технология восстановления методом электроконтактной приварки ленты относится к малостадийным и ресурсосберегающим технологиям, позволяющим

получить износостойкие покрытия с высокими физико-химическими свойствами. Однако вопросы, связанные с электроконтактной приваркой стальной ленты на поверхности бронзовых втулок до настоящего времени не изучены.

#### Библиографический список

1. Агафонов А. О. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники электроконтактной приваркой твердосплавных покрытий. /Автореф. дис. канд. тех. наук. Балашиха, 1990. - 22 с.
2. Андреев А.А., Апатенко А.С., Гусев С.С. Ресурсосбережение в АПК при эксплуатации автотракторной техники. / В сборнике: Чтения академика В. Н. Болтинского. 2022. С. 157-163.
3. Гусев С.С. Физико-химическая очистка отработанных минеральных масел с помощью полимерных материалов. / Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2006. № 6. С. 4.
4. Новиков А.А., Михальченкова М.А., Рыжик В.Н. Влияние наплавки заглабляющей части восстановленных лемехов на их работоспособность. / Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 126. С. 189-192.
5. Карапетян М.А., Мочунова Н.А., Выбрик Е.И. Деформационные и прочностные свойства почв. / Вестник международной общественной академии экологической безопасности и природопользования (см. в книгах). 2009. № 7 (14). С. 116-119.
6. Гусев С.С. Восстановление качества отработанных нефтяных масел с помощью ПГС-полимеров на сельскохозяйственных предприятиях. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва, 2006.
7. Карапетян М.А., Шипанцов А.М. От предпосадочной подготовки почвы зависит производительность картофелеуборочного комбайна и качество уборки клубней. / Картофель и овощи. 2012. № 4. С. 7.
8. Карапетян М.А., Пряхин В.Н. Совершенствование технологий и управление технологическими процессами сельскохозяйственного производства. / Учебное пособие. Изд: Компания Спутник+. Москва. 2005. С. 161.
9. Тойгамбаев С.К., Ногай А.С., Нукушев С.О. Проводимость почвенного слоя в Акмолинской области. / Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2008. № 1 (26). С. 86-89.



10. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ–21614. / Тех-ника и технология. 2013. № 3. С. 15-188.
11. Шмонин В.А., Теловов Н.К., Тойгамбаев С.К. Комбинированное орудие для глубокого рыхления почвы с внесением удобрений. / Патент на изобретение RU 2500092 С1, 10.12.2013. Заявка № 2012126854/13 от 27.06.2012.
12. Теловов Н.К., Тойгамбаев С.К. Обработка почвы нечерноземных земель РФ глубокорыхлителем - удобрителем для увеличения производства сельскохозяйственных культур. / Агропродовольственная экономика. 2019. № 10. С. 7-16.
13. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Исследования по оптимизации и эффективности использования машинно-тракторного парка предприятия. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. № 5. С. 28-33.
14. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Обработка результатов информации по надежности транспортных и технологических машин методом математической статистики. / Методическое указание. Изд. «Мегаполис» Москва, 2020. С. 25.е указание. Изд. «Мегаполис» Москва, 2020. С. 25.
15. Niyazbekova S., Troyanskaya M., Toygambayev S., Rozhkov V., Zhukov A., Aksenova E., Ivanova O. Instruments for financing and investing the "green" economy in the country's environmental projects. / В сборнике: E3S Web of Conferences. 22. Сер. "22nd International Scientific Conference on Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies, Emmft 2020" 2021.C.10054.



УДК 621.86. 621. 629.3; 669.54. 793

## Казаненков Н.Э. Анализ характера изнашивания рабочих органов

Analysis of the wear pattern of the working organs

**Казаненков Никита Эдуардович**

студент группы ДМ 230 Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия  
Научный руководитель

**Карапетян Мартик Аршалуйсович**

д.т.н., профессор кафедры технической сервис машин и оборудования. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Kazanenkov Nikita Eduardovich

student of DM 230 group, Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia  
Scientific supervisor

Martik Arshaluisovich Karapetyan

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Service of Machinery and Equipment, K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia

**Аннотация.** Хорошо известно, что применение прогрессивных технологий при восстановлении изношенных деталей в 5...8 раз сокращает количество операций по сравнению с их изготовлением, 10...20 раз снижает расход материала. В данной статье представлены анализ износов монометаллических режущих элементов почвообрабатывающих орудий.

**Ключевые слова:** твердость; износостойкость; самозатачивание лезвия; режущей кромки; лапа; плотности почвы; машины.

**Abstract.** It is well known that the use of advanced technologies in the restoration of worn parts in 5...Reduces the number of operations 8 times compared to their manufacture, reduces material consumption 10...20 times. This article presents an analysis of the wear of monometallic cutting elements of tillage tools.

**Keywords:** hardness; wear resistance; self-sharpening of the blade; cutting edge; paw; soil density; machinery.

---

**Рецензент:** Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

Основными параметрами формоизменения режущих элементов почвообрабатывающих и им подобных (землеройных, строительных, горных и т.д.) машин в процессе изнашивания, критические значения которых являются основанием к выбраковке, являются укорочение лезвия и затупление режущей кромки рис.1.

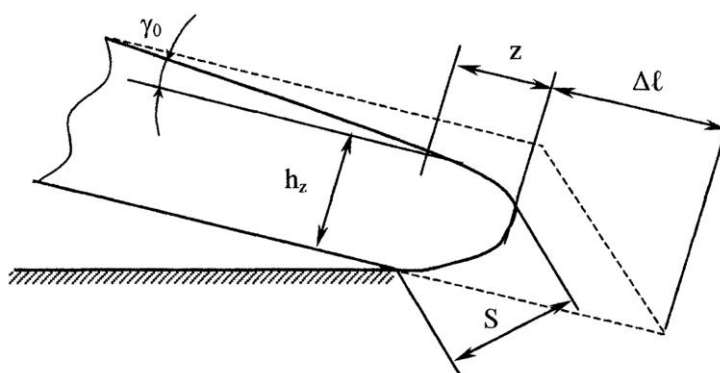


Рис. 1. Схема износа однородного лезвия

Укорочение лезвия  $\Delta l$  является легко контролируемым параметром и достаточно объективным критерием оценки износостойкости металла режущего элемента применительно к конкретным условиям эксплуатации. Однако в большинстве случаев выбраковка режущих элементов происходит за счет затупления режущей кромки до недопустимых пределов. Контрольными параметрами степени затупления однородных лезвий являются ширина затылочной фаски  $S$  и толщина  $h_z$  режущей кромки на расстоянии  $z$ . Параметром, характеризующим характер износа передней грани лезвия, является угол клина  $\gamma_0$ . На рисунке 2. показано изменение интенсивности износа плоскорежущих лап культиваторов на различных почвах. Из него следует, что после периода приработки, характеризующегося образованием затылочной фаски, интенсивность укорочения уменьшается и стабилизируется. Качественно характер изменения линейных размеров для широкого класса почв подобен, однако количественные характеристики резко отличаются рисунке 3. Режущая кромка плоскорежущих лап также изнашивается неравномерно. Наиболее активный износ наблюдается в месте перегиба лапы, которое выполняет функцию «носки». Здесь лапа испытывает наибольшую нагрузку. На рисунке 4. показана типичная конфигурация изношенного лезвия плоскорежущей лапы в двух сечениях. В месте перегиба лапы (рис. 4.а), выполняющем роль носка, лезвие имеет более заостренную конфигурацию по сравнению со средней и хвостовой частью и в процессе работы практически самозатачивается. В то же время в средней части и на конце пера лапы кромка лезвия приобретает скругленную форму (рис. 4.б). Это объясняется повышенным давлением на боковые поверхности лезвия плоскорежущей лапы,

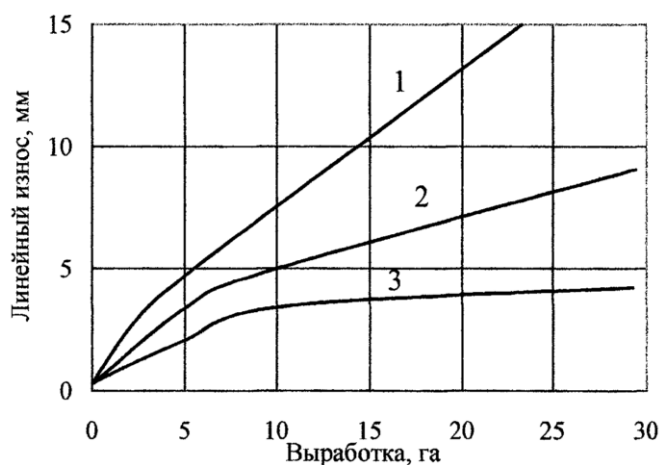


Рис. 2. Линейный износ плоскорежущих лап  
1- тяжелые суглинистые почвы; 2 - выщелоченные глинистые черноземы;  
3 - подзолистые глинисто иловатые почвы

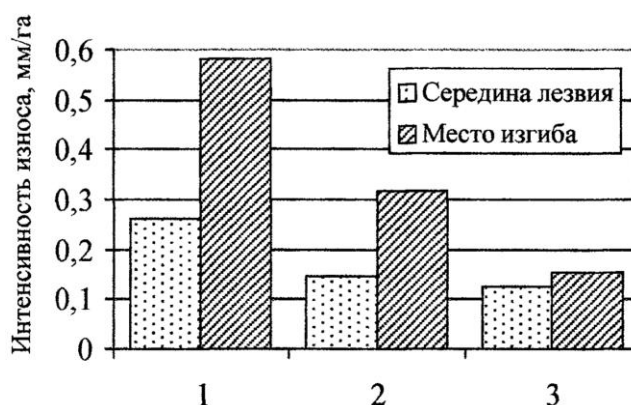


Рис. 3. Интенсивность износа плоскорежущих лап  
1- тяжелые суглинистые почвы; 2 - выщелоченные глинистые черноземы;  
3 - подзолистые глинисто- иловатые почвы

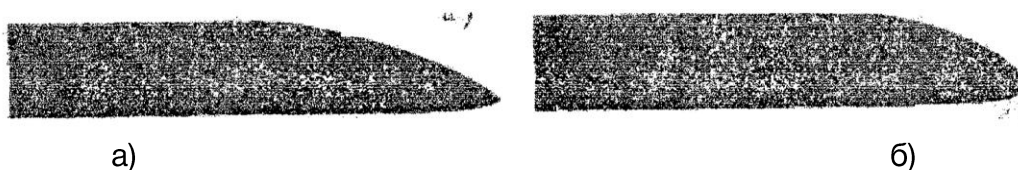


Рис. 4. Конфигурация лезвия изношенной плоскорежущей лапы  
а) - в месте перегиба, б) - прямая часть

Самозатачивание носка лезвия, по-видимому, объясняется повышенным давлением на боковые поверхности лезвия при направленном встречном движении

абразивной массы. В отличие от носка режущая кромка пера лапы, расположенная к оси движения под углом  $30^\circ$ , помимо встречного сопротивления испытывает влияние абразивных частиц, скользящих вдоль лезвия. В результате этого радиус затупления режущей кромки значительно увеличивается. При увеличении угла лапы в плане скольжение вдоль кромки может быть устранено и форма лезвия по всей длине будет одинаковой. Если сравнить профили лезвий лап культиваторов, изношенных в различных почвенных условиях, то нетрудно заметить, что в большинстве случаев режущая кромка имеет скругленную форму. Это можно объяснить тем, что производят культивацию рыхлой и комковатой почвы на небольшую глубину (10-15 мм). В этих условиях ударение комков почвы о режущую кромку и скольжение ее частиц вдоль лезвия способствуют затуплению режущей кромки.

Характер износа лап культиваторов в большой степени зависит от влажности почвы, которая в течении сезона изменяется гораздо больше, чем при пахоте. С уменьшением влажности верхняя грань режущей кромки лапы изнашивается активнее. При высокой влажности (22-28%) общий износ лапы значительно снижается, так как почва становится рыхлой. Интенсивность износа лезвия возрастает по мере увеличения плотности почвы. Так, лапа установленная по оси движения колеса культиватора, имеет интенсивность износа примерно в 1,5 раза большую, чем соседняя. При этом затылочная фаска лезвия в результате увеличения плотности выделяется отчетливее. При работе на легких песчаных и супесчаных почвах режущая кромка лезвия остается более работоспособной, хотя интенсивность линейного износа лезвия может быть довольно высокой.

Затылочная фаска, образующаяся на лезвиях, в зависимости от состава почвы может быть наклонена к горизонту под различными углами. В общем случае угол наклона этой фаски возрастает по мере увеличения содержания в почве физической глины. Таким образом, основные геометрические параметры изношенного лезвия лемеха-передняя и затылочная фаски, а также радиус затупления изменяются с возрастанием связности почвы.

На износ большое влияние оказывает характер распределения плотности почвы по глубине. При резком изменении плотности по глубине режущая кромка изнашивается в основном снизу, и затылочная фаска располагается параллельно дну борозды. Измерения плотности почвы в различных горизонтах, что твердость нарастает по плавной кривой.

Полевые испытания показали, что твердость материала лезвий, как правило, не оказывает влияния на характер износа. Исключение случай незакаленного лезвия

связанные со значительной пластической деформацией режущей кромки. В зоне пластической деформации наблюдаются белые слои толщиной до 0,1 мм.

Изучение износа рабочих органов показало, что выбор для них марок сталей в ряде случаев производится без достаточного обоснования. Необоснован также режим термообработки лезвий. Наблюдения показывают, что разница в износостойкости сырых и закаленных на мартенсит рабочих органов при обработке почвы составляет 60-70%. Если рабочие органы в соответствии с техническими условиями подвергаются среднетемпературному отпуску, то разница в износостойкости сырых и закаленных лезвий снижается до 20-25%. Поэтому после первой оттяжки лап культиватора они направляются в дальнейшую эксплуатацию в «сыром» виде. Таким образом, применяющейся до настоящего времени промышленный метод упрочнения рабочих органов путем объемной закалки не обеспечивает значительного увеличения их срока службы за счет быстрого затупления.

*Изнашивание самозатачиваемых лезвий.* Предотвращение преждевременного затупления режущих кромок возможно при использовании принципа самозатачивания, запатентованного в СССР в 1927 году. Его сущность заключается в избирательном изнашивании неоднородного по сечению лезвия, при котором сохраняется необходимая форма режущей части. Для реализации принципа самозатачивания I рода упрочняется задняя поверхность лезвия (рис. 5.а), II рода - передняя (рис. 5, б). При самозатачивании II рода в лучшем случае может быть получена задняя фаска, параллельная дну борозды. Самозатачивание в ограниченной степени достигается лишь при работе на песчаных и супесчаных почвах при влажности более 10%. (Рис. 5, б). Поэтому в дальнейшем самозатачивание II рода рассматриваться не будет.

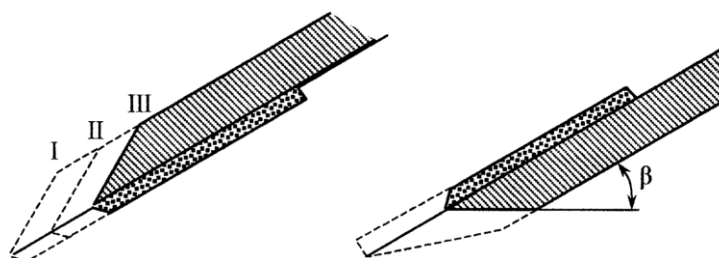


Рис. 5. Схема реализации принципа самозатачивания  
а) - самозатачивание I рода; б) - II рода

Согласно теории самозатачивания I рода соотношение интенсивностей изнашивания  $J_0$  основного металла (несущего слоя) и упрочненного слоя двухслойного самозатачивающегося лезвия  $J_T$  остается постоянным.

$$J_0 / J_T = K_j > 1 \quad (1)$$

Если величина  $K_j$  будет иметь оптимальное значение  $K_j^*$ , то контур режущей кромки останется неизменным (сечения I - III на рис. 4, а).

При  $K_j > K_j^*$  наступает пере затачивание лезвия с опережающим изнашиванием несущего слоя и высокой вероятностью обламывания оголенного участка упрочняющего слоя длиной  $l$  (рис. 6.а).

Если  $K_j < K_j^*$ , то наступает быстрое затупление лезвия (рис. 6. б) с последующей выбраковкой, несмотря на значительный объем оставшегося неиношенкпым упрочняющего слоя.

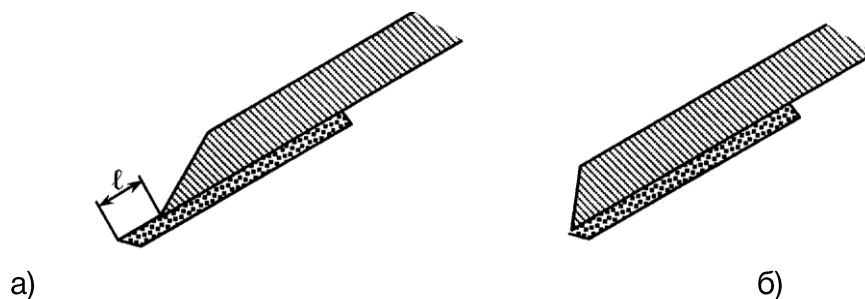


Рис. 6. Отклонения от оптимальной формы лезвия  
а) - перезатачивание при  $K_j > K_j^*$ ; б) - затупление при  $K_j < K_j^*$

Получение оптимальных значений  $K_j$  возможно путем соответствующего выбора износостойкого металла. В первом приближении рекомендуется соблюдение условия

$$HV_T / HV_o = K_{HV} = (3 \div 5) \quad (2)$$

где  $HV_T$  и  $HV_o$  - твердость по Виккерсу соответственно у твердого слоя и основного металла.

Однако твердость не является однозначным критерием износостойкости металлов. При ужесточении условий абразивного изнашивания (переход от многократного пластического деформирования к микрорезанию, повышение контактных нагрузок и степени закрепленности абразивных частиц, возрастание степени динамичности нагружения) происходит сближение интенсивностей изнашивания различных металлов, а также инверсия в ряду износостойкости сплавов.

Для одних и тех же почв значения  $K_j$  могут изменяться в широких пределах за счет изменения влажности, плотности и т.п., что нарушает нормальное течение процесса самозатачивания. На практике нормальное самозатачивание для конкретного материала, используемого для упрочнения режущих органов почвообрабатывающих машин, наблюдается только в узком интервале изменения свойств почв. С учетом вышесказанного был сделан вывод о необходимости расширения диапазона



применимости принципа самозатачивания для более широкого класса почв с изменяющимися свойствами. Возможны следующие пути решения этой задачи:

1. Увеличение прочности твердого сплава на изгиб. В этом случае вполне допускается наличие некоторого обнажения твердого сплава I (рис. 5, б) и расширяется допустимый предел изменения  $K$ ; в большую сторону. Опасность перезатачивания уменьшается.

2. Увеличение износостойкости основного металла. В этом случае  $K_L$  и, следовательно, опасность перезатачивания уменьшается. Попутно увеличивается износостойкость лезвия в целом.

3. Использование для упрочняющих покрытий сплавов, способных упрочняться при ужесточении условий абразивного изнашивания. В этом случае представляется возможным предотвратить затупление за счет сдерживания падения величины  $K_L$ , имеющем место при уменьшении влажности и увеличении связности почвы.

### Выводы

1. Основным показанием к выбраковке широкого класса монометаллических режущих элементов почвообрабатывающих машин является преждевременное затупление лезвия, наступление которого ускоряется с возрастанием связности почвы и увеличением содержания физической глины. Увеличение твердости металла не изменяет картины процесса нарастания степени затупления.

2. Упрочнение одной из рабочих поверхностей лезвия тонким слоем твердого сплава теоретически позволяет получить эффект самозатачивания, заключающегося в избирательном изнашивании неоднородного по сечению лезвия, при котором сохраняется требуемая степень остроты режущей части.

3. На практике нормальное самозатачивание наблюдается только в узком интервале изменения свойств почв. При уменьшении давления на переднюю грань наблюдается перезатачивание лезвия с обламыванием твердых участков, при увеличении - затупление режущей кромки. Возникает необходимость расширения диапазона применимости принципа самозатачивания для более широкого класса почв с изменяющимися свойствами.

### Библиографический список

1. Агафонов А. О. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники электроконтактной приваркой твердосплавных покрытий. /Автореф. дис. канд. тех. наук. Балашиха, 1990. - 22 с.



2. Андреев А.А., Апатенко А.С., Гусев С.С. Ресурсосбережение в АПК при эксплуатации автотракторной техники. / В сборнике: Чтения академика В. Н. Болтинского. 2022. С. 157-163.
3. Гусев С.С. Физико-химическая очистка отработанных минеральных масел с помощью полимерных материалов. / Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2006. № 6. С. 4.
4. Новиков А.А., Михальченкова М.А., Рыжик В.Н. Влияние наплавки заглубляющей части восстановленных лемехов на их работоспособность. / Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 126. С. 189-192.
5. Карапетян М.А., Мочунова Н.А., Выбрик Е.И. Деформационные и прочностные свойства почв. / Вестник международной общественной академии экологической безопасности и природопользования (см. в книгах). 2009. № 7 (14). С. 116-119.
6. Гусев С.С. Восстановление качества отработанных нефтяных масел с помощью ПГС-полимеров на сельскохозяйственных предприятиях. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва, 2006.
7. Карапетян М.А., Шипанцов А.М. От предпосадочной подготовки почвы зависит производительность картофелеуборочного комбайна и качество уборки клубней. / Картофель и овощи. 2012. № 4. С. 7.
8. Карапетян М.А., Пряхин В.Н. Совершенствование технологий и управление технологическими процессами сельскохозяйственного производства. / Учебное пособие. Изд: Компания Спутник+. Москва. 2005. С. 161.
9. Тойгамбаев С.К., Ногай А.С., Нукушев С.О. Проводимость почвенного слоя в Акмолинской области. / Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2008. № 1 (26). С. 86-89.
10. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ-21614. / Тех-ника и технология. 2013. № 3. С. 15-188.
11. Шмонин В.А., Теловов Н.К., Тойгамбаев С.К. Комбинированное орудие для глубокого рыхления почвы с внесением удобрений. / Патент на изобретение RU 2500092 С1, 10.12.2013. Заявка № 2012126854/13 от 27.06.2012.
12. Теловов Н.К., Тойгамбаев С.К. Обработка почвы нечерноземных земель РФ глубокорыхлителем - удобрителем для увеличения производства сельскохозяйственных культур. / Агропродовольственная экономика. 2019. № 10. С. 7-16.

13. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Исследования по оптимизации и эффективности использования машинно-тракторного парка предприятия. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. № 5. С. 28-33.

14. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Обработка результатов информации по надежности транспортных и технологических машин методом математической статистики. / Методическое указание. Изд. «Мегаполис» Москва, 2020. С. 25.е указание. Изд. «Мегаполис» Москва, 2020. С. 25.

15. Niyazbekova S., Troyanskaya M., Toygambayev S., Rozhkov V., Zhukov A., Aksenova E., Ivanova O. Instruments for financing and investing the "green" economy in the country's environmental projects. / В сборнике: E3S Web of Conferences. 22. Сер. "22nd International Scientific Conference on Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies, Emmft 2020" 2021. С.10054.

УДК 621.86. 621. 629.3; 669.54. 793

## Каиролла Д. С. Плазмотрона для наплавки порошков при восстановлении работоспособности деталей машин

Plasma torch for surfacing powders when restoring the functionality of machine parts

**Каиролла Диана Саматкызы**

учащийся отделения Автоматика телемеханика управления движением  
на железнодорожном транспорте. Колледж Бурабай  
г. Кокчетав.

Научный руководитель

**Тойгамбаев С.К.**

д.т.н., профессор кафедры технический сервис машин и оборудования.  
Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева,  
г. Москва, Россия.

Cairolla Diana Samatkyzy

is a student of the department of Automation and telemechanics of traffic control in railway  
transport. Burabai College, Kokchetav.

Scientific supervisor

Toygambayev S.K.,

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical service of Machinery and  
Equipment. K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia.

**Аннотация.** Существующие плазмотроны имеют определенные преимущества и недостатки. Основным недостатком является выход из строя плазмообразующего сопла из-за нарушения наплавки - замыкания плазмотрона на деталь. Так же подгорание или большая эрозия вольфрамового электрода. В данной работе предлагается конструктивная схема плазмотрона с упрощенной конструкцией, повышающая характеристики и обеспечивающая возможности регулирования мощности в процессе работы.

**Ключевые слова:** плазматрон; технологический процесс; наплавка; технологическое оборудование; токоподвод; дуговой канал; расчетный период.

**Abstract:** Existing plasma torches have certain advantages and disadvantages. The main disadvantage is the failure of the plasma-forming nozzle due to a violation of the surfacing - the closure of the plasma torch to the part. There is also a burning or large erosion of the tungsten electrode. In this paper, a constructive scheme of a plasma torch with a simplified design is proposed, which increases the characteristics and provides power control capabilities during operation.

**Keywords:** plasmatron; technological process; surfacing; technological equipment; current supply; arc channel; calculation period.

---

**Рецензент:** Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

Бурное развитие электроплазменных процессов предъявляет и плазматронам новые высокие требования. Для каждого технологического процесса применима одна вполне определенная конструкция плазмотрона, дающая высокий технико-

экономический эффект. Поэтому весьма перспективным являются плазматроны с распределенной дугой, в которых ресурс работы сопла анода значительно увеличивается, при одновременном повышении мощности плазменной струи, при умеренных токах. В систему охлаждения плазматрона входит кольцевой канал, образованный наружной поверхностью электрода и внутренней поверхностью корпуса и соединительным с полостью электрода перепускным радиальными каналами, а также отводящий канал, отличающийся тем, что он снабжен двумя изоляционными втулками. Исходя из анализа патентных исследований можно сделать вывод, что наиболее целесообразно разрабатывать плазматроны с большим ресурсам работы сопел и электродов.

*Устройство плазматрона и принцип работы.* Разработанный плазмотрон предназначен для наплавки износостойких, фрикционных и других специальных покрытий на поверхность деталей методом наплавки порошковых материалов. Плазмотрон (рис. 1) представляет собой конструкцию из двух изолированных узлов катодный 1 (верхний) и анодный 2 (нижний), вмонтированные в рукоятку. Дуговой канал 3 этих плазматронов образован катодом 4 с вольфрамовой вставкой 5 заделанный в обойму, формирующим соплом 6, секциями межэлектродной вставки 7 и медным анодом 8. Токоподвод осуществляется с помощью проводов 9 к каждой межэлектродной вставке и к входному аноду, а к выходному аноду через трубку, подающую воду 10. Изоляция между корпусами достигается при помощи текстолитовой пластины, имеющей канал для прохождения воды 12 и одновременно поддерживающий при помощи 3-х шпилек 13 нижнюю часть анодного узла, т.е. межэлектродные вставки и выходное сопло. В верхнем катодном узле имеются корпус катод, а соединенный токопроводом одновременно отводящим воду из плазматрона; формирователь газа и электрод. Водяная магистраль плазматрона герметична за счет применения специальных разъемов и уплотнений. Изоляторы, верхний и нижний корпуса скрепляются между собой четырьмя стальными винтами.

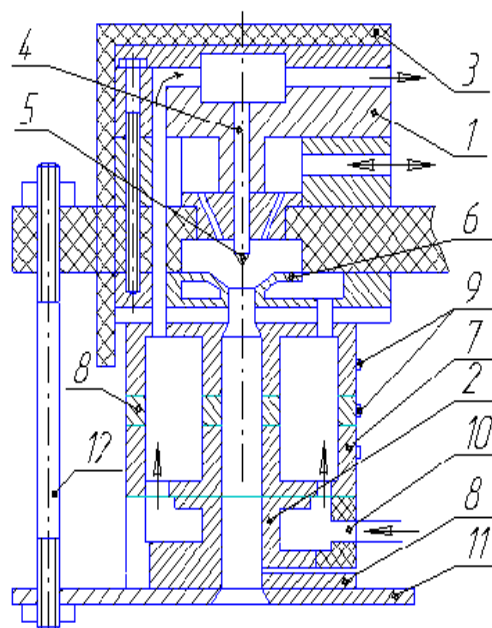


Рис. 1. Схема разработанного плазмотрона

1 - катодный узел; 2- анодный узел; 3-рукоятка; 4- катод; 5- вольфрамовый электрод; 6- входное сопло; 7- межэлектродная вставка; 8- медный анод; 9- токопровод; 10- водяная трубка; 11- пластина; 12- шпильки;

Катодный узел плазмотрона содержащий водоохлаждающий корпус, в котором закреплен вольфрамовый электрод с лантанированной вставкой, хорошо обеспечивающий эмиссионные свойства, является на ряду с анодом основным элементом плазмотрона, определяющим его ресурс работы. Корпус катода выполнен из меди и имеет отверстия для подачи рабочего газа. Газоформирователь, обеспечивающий аксиальное течение газа, служит для разделения его равномерной подачи в приэлектродный участок и способствует хорошей стабилизации разряда. Газоформирователь из тугоплавкого и теплопроводного материала. Выходное сопло, как и входное, является самой теплонапряженной деталью и служит для формирования плазменной струи. Сопло имеет специальное отверстие для ввертывания штуцера подачи порошков на срез сопла. Секция межэлектродных вставок выполняется тоже из меди и служит для увеличения фиксации дуги в плазмотроне, а так же формирования потока.

Фиксация длины дуги значительно уменьшает пульсации потока, частота которых соизмерима со временем нахождения частиц в зоне нагрева. Это положительно влияет на качество нанесения покрытия. Кроме того увеличение длины дуги приводит к

увеличению температуры и скорости плазменной струи, позволяет повысить производительность процесса. В плазматронах с межэлектродными вставками применяется многоступенчатая схема возбуждения дугового разряда (рис.2.). Она включает поджигающее устройства, или осциллятор и систему последовательного включения и отключения секций межэлектродных вставок. Сначала электрическая дуга зажигается между катодом и входным соплом, а далее при последовательном включении сначала первой секции вставок далее с последующими секциями. После зажигания основной дуги между электродом и соплом, дуга проходит под давлением рабочего газа, подаваемого в камеру. Анодное пятно дуги перемещается по оси анодного узла, и столб дуги оказывается сбалансированным и фиксированным.

*Расчет параметров плазматрона. 1. Геометрический расчет.* Настоящее время нет единой методики расчета плазматронов, тем более плазматронов с межэлектродными вставками, поэтому некоторые размеры будем брать из расчетов аналогичных плазматронов. Все рассчитываемые и принимаемые геометрические показатели на рисунке 3.

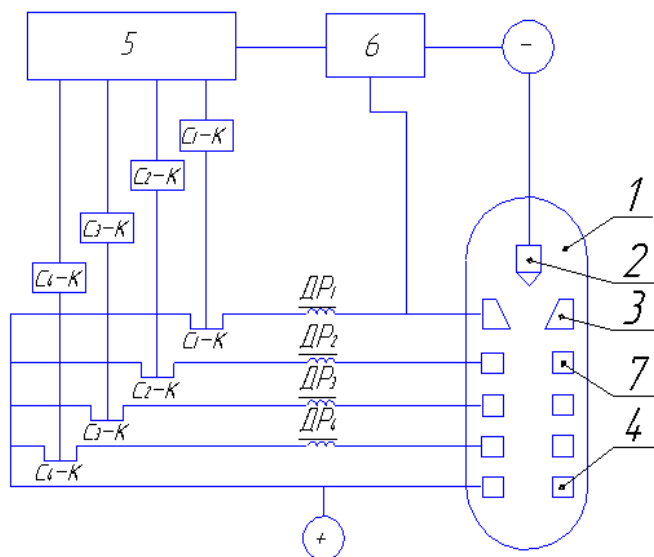


Рис. 2. Схема зажигания дуги

1-плазматрон; 2-катод; 3- входное сопло; 4- выходное сопло; 5-блок управления;  
6- осциллятор; 7- секция МЭВ; ДР-дросель; С-К- контакторы

Выберем диаметр электрода из диапазона диаметров плазматронов с межэлектродными вставками,  $d = 6$  мм. Принимаем минимальный диаметр, так как нужен менее мощный плазматрон или известный ( $d_э = 0,6$ см) применяемый в промышленности плазматрон. Определяем диаметр выходного сопла по соотношению



## 70

$$d_{BC} = 1,25 d_{\text{э}}, \text{ см} \quad (1)$$

$$d_{BC} = 1,25 \cdot 0,6 = 0,8 \text{ см}$$

Исходя из баланса мощности плазмотрона, следует:

$$d_{BC}/l_d(1+2/s_{BC}/d_{BC}) = 0,105 Q_B \quad (2)$$

где  $s_c$  – толщина стенки или сопла, см;  $Q_B$  – расход охлаждающей воды в плазмотроне, л/мин.

В известных плазматронах расход воды обычно составляет  $Q_B = 8 \dots 12$  л/мин.

Рассчитаем толщину стенки для  $Q_B = 10$  л/мин преобразовав формулу (2)

$$s_c = 1/2 \cdot d_{BC} (10/d_{BC} / 0,15 - 1); \text{ см.}, \quad \text{поставив значения, получим}$$

$$s = 1/2 \cdot 0,8 (10/0,8 / 12 \cdot 0,15 - 1) = 0,52 \text{ см} = 0,052 \text{ м.}$$

расстояние от вершины электрода до верхнего среза цилиндрического участка сопла:

$$l = 0,432 \cdot d_{BC}, \text{ см} \quad (3)$$

$$l = 0,432 \cdot 0,8 = 0,34 \text{ см} = 0,0034 \text{ м.}$$

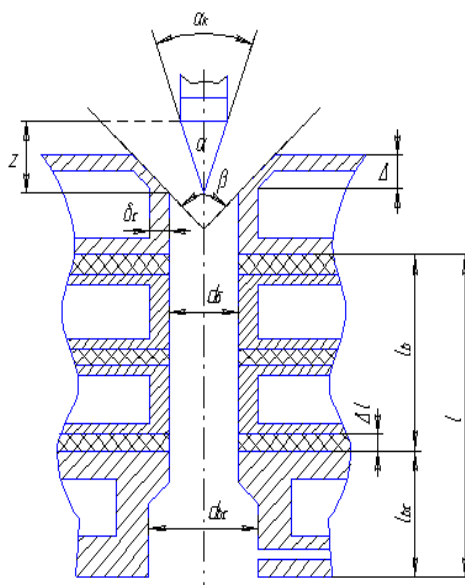


Рис. 3. Схема геометрических параметров плазмотрона

Высоту заточки вольфрамового электрода определяем по формуле

$$Z_o = (\text{tg } \alpha / 2) / (d_{\text{э}} / 2), \text{ см.} \quad (4)$$

где  $\alpha$  – угол заточки вольфрамового электрода, принимаем  $\alpha = 90^\circ$

$$Z_o = \text{tg} 30^\circ / 0,3 = 1,2 \text{ см} = 0,012 \text{ м}$$

Угол сужения входной части канала примем  $\alpha = 90^\circ$ .

Определим диаметр входного сопла и канала:

$$d_c = 0,75 \cdot d_{BC}, \text{ см} \quad (5)$$

Рассчитаем длину межэлектродной вставки:

$$l_{в1} = l_{в} / n, \text{ см} \quad (6)$$

где,  $n$ - число межэлектродных вставок;  $l_{в}$  – длина секции из межэлектродных вставок.

$$l_{в} = l - l_{вс} - \Delta l, \text{ см} \quad (7)$$

где  $l$  -общая длина канала, см;  $\Delta l$  -толщина изоляции между вставками, см;  $l_{вс}$  – длина выходного сопла, см.

В предыдущей работе приведен расчет плазматронов с межэлектродными вставками, отсюда примем:  $l = 8$  см;  $l_{вс} = 2,5$  см;  $\Delta l = 0,1$  см ;  $n = 5$

$$l_{в} = 8 - 2,5 - 0,1 \cdot 6 = 4,9 \text{ см, отсюда } l_{в1} = 4,9 / 5 = 0,98 \text{ см.}$$

Направление ввода материала примем перпендикулярное осевой линии канала, то есть угол ввода материала  $\alpha = 90^0$ .

*2. Расчет деталей на прочность.* На рисунке 4 приведена расчетная схема шпилек стягивающих верхнюю и нижние части плазмотрона и обеспечивающие герметичность в канале для охлаждения плазмотрона.

Условия прочности на растяжение:

$$\sigma_p = F_a / A_{ш} \leq [\sigma_p] \quad (8)$$

где,  $F_a$  - осевая нагрузка, действующая на одну шпильку, кг.;  $[\sigma_p]$  - допустимое напряжение на растяжение кг/ мм<sup>2</sup>,  $[\sigma_p] = 30$  кг/мм<sup>2</sup>;  $A_{ш}$ - площадь поперечного сечения шпилек , мм<sup>2</sup>.

Определим осевую нагрузку на шпильки.

$$F_a = P \cdot S, \text{ н} \quad (9)$$

где  $P$  -давление действующее на нижнюю полость канала, кг/см<sup>2</sup>;  $S$ - площадь поперечного сечения, мм<sup>2</sup>;  $P = 8$  кг/см<sup>2</sup> по техническим условиям плазматронов.  $D = 14$  мм,  $d = 8$  мм.

тогда

$$S = \pi D^2 / 4 - \pi d^2 / 4 = 1/4 \pi (D^2 - d^2) \quad (10)$$

Подставив значение найдем

$$S = 1/4 \cdot 3,14 \cdot (14^2 - 8^2) = 103,6 \text{ мм}^2, \text{ отсюда } F_a = 0,08 \cdot 103,6 = 8,28 \text{ н.}$$

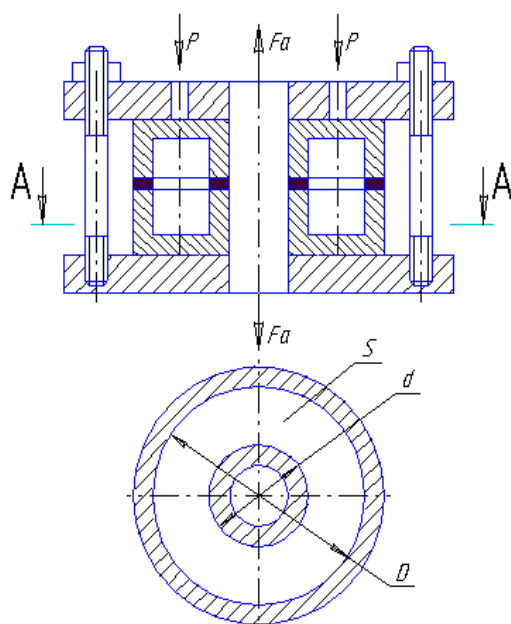


Рис. 4. Схема расчета шпилек

Из формулы (8) выразим площадь шпилек:

$$A_{ш} = F_a / [\sigma] ; \text{мм}^2, \quad (11)$$

$$A_{ш} = 8,28 / 30 = 0,276 \text{ мм}^2 = 0,00276 \text{ м}^2$$

В конструкции плазмотрона предусмотрены 3 шпильки:

$$A_{ш,} = A_{ш}/n, \text{мм}^2 \quad (12)$$

где  $n$  – число шпилек;  $A_{ш,}$  – сечение одной шпильки,  $A_{ш} = 0,092 \text{ мм}^2$

Диаметр одной шпильки:

$$d_{ш,} = 4A_{ш,} / \Pi, \text{мм} \quad (13)$$

$$d_{ш,} = 4 \cdot 0,092 / 3,14 = 0,35 \text{ мм} = 0,0035 \text{ м}$$

Примем шпильку наименьшим диаметром по ГОСТ с учетом коэффициента запаса  $d_m = (2 \dots 5) \cdot d_{ш,}$ ;  $d_m = (2 \cdot 5) \cdot 0,35 = 5 \text{ мм}$

3. *Расчет охлаждения плазмотрона.* Система охлаждения в плазмотроне необходима для принудительного отвода тепла от горячих деталей. Исходная величина для расчета системы охлаждения, количество теплоты необходимое отвести от плазмотрона в охлаждающую среду. Тепловые потери для различных длин межэлектродных вставок определяется по формуле:

$$Q = Q_a + Q_k + Q_{вс} \cdot \text{Дж} \quad (14)$$

где  $Q_a$  – потери тепла через анод, Дж;  $Q_k$  – потери тепла через катод, Дж;  $Q_{вс}$  – потери тепла через вставки, Дж.

Будем считать, что все потери тепла отводятся водой, т.е.

$$Q = Q_{охл}, \text{Дж} \quad (15)$$

При длине вставок  $l_{bc} = 4,5$  см, тепловые потери составляют

$$Q_a = 21,3 \cdot 10^6 \text{ Дж}; \quad Q_k = 6,1 \cdot 10^6 \text{ Дж}; \quad Q_b = 7,4 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$Q = 21,3 \cdot 10^6 + 6,1 \cdot 10^6 + 7,4 \cdot 10^6 = 34,8 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Определяем массовую подачу воды насосом:

$$Q_b = Q_{охл} / C_b (T_{вх} - T_{вых}), \text{ кг/ч} \quad (16)$$

где  $C_b$  – удельная теплоемкость воды Дж/кг/К;  $C_b = 4,178$  Дж/кг/К;

$T_{вх}$  – температура входа воды, °К;  $T_{вых}$  – температура выхода воды, °К.

$$T_{вх} = 288^\circ\text{К}, \quad T_{вых} = 308^\circ\text{К},$$

$$\text{тогда } Q_b = 34,8 \cdot 10^6 / 4,178 \cdot (308 - 288) = 610 \text{ кг/ч} = 10,2 \text{ л/мин}$$

4. Расчет и обоснование параметров характеризующих режим работы плазмотрона. В плазмотронах с межэлектродными вставками время прохождения частиц газа увеличивается, тем самым температуру достаточную для расплавления частиц можно достичь при меньших токах. Мощность плазменной струи зависит от длины канала, это можно выразить формулой;

$$q_{ст} = T \cdot k \cdot L_k^{МЭВ} / V_n; \text{ кВт} \quad (18)$$

где  $T$  – температура плазмы, С0;  $k$  – коэффициент теплопередачи, Дж/м²;

$L_k$  – длина активной зоны, м;  $V_n$  – скорость плазменной струи, м/с.

Существует формула для вычисления мощности плазменной струи в зависимости от тока дуги:

$$q_{ст} = 6,38 G_r \cdot J_d \cdot L_k^{1,07} \cdot e^{0,088 L_k} \quad (19)$$

где  $G_r$  – расход газа, м³/ч;  $J_d$  – ток дуги, А.

Выразим ток дуги из формулы (18) и получаем выражение;

$$J_d = T \cdot L_k / V_n \cdot 6,38 \cdot G_r \cdot L_k^{1,07} \cdot e^{0,088 L_k}, \quad \text{А} \quad (20)$$

расход газа примем из условия;

$$3 < G < 5, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (21)$$

принимаем  $G = 4$  м³/ч;  $L_k = 0,08$  м (см. расчет конструкции);  $k = 6 \dots 8,5$  Дж/м², примем  $k = 7,2$  Дж/м²;  $T = (12 \dots 14) \cdot 10^3$ , °С;  $V_n = (3 \dots) \cdot 10^2$ , м/с.  
е – экспонента

Подставив значения найдем:

$$J_d = 13 \cdot 10^3 \cdot 7,2 \cdot 10^3 \cdot 0,08 / 3,5 \cdot 10^2 \cdot 6,38 \cdot 4 \cdot 0,08^{1,07} \cdot e^{0,088 \cdot 0,08} = 126 \text{ А}$$

Для этого значения определим напряжение дуги по обобщенной формуле

$$U_d = J_d / d \cdot 2,77 (J_d^2 / G_d)^{-0,38} \cdot (G/d)^{-0,27} \cdot (L_k/d)^{0,63}, \quad \text{В} \quad (22)$$

$$U_d = 126 / 0,008 \cdot 2,77 (126^2 / 4 \cdot 0,008)^{-0,38} \cdot (4 / 0,008)^{-0,27} \cdot (0,08 / 0,008)^{0,63} = 192,7 \text{ В}.$$

Мощность плазмотрона равняется:

$$P_{пр} = J_d \cdot U_d, \quad \text{кВт} \quad (23)$$

$$P_{\text{пр}} = 126 \cdot 192,7 = 24192 \text{ Вт} = 24,2 \text{ кВт}$$

Определим КПД плазмотрона

$$\eta = (P_{\text{потр}} - \Delta P) / P_{\text{потр}} \cdot 100, \% \quad (24)$$

где  $\Delta P$  – потеря мощности

$$\Delta P = 34,8 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 34,8 \cdot 10^6 \cdot 0,27 = 9,4 \text{ кВт}$$

$$\eta = (24,2 - 9,4) / 24,2 \cdot 100 = 61 \%$$

### Выводы

Весьма перспективными являются плазматроны с распределенной дугой, в которых ресурс работы сопла анода значительно увеличивается, при одновременном повышении мощности плазменной струи, при умеренных токах. В таких плазмотронах, кроме того, удастся фиксировать длину дуги при помощи межэлектродных выставок. Эти плазматроны обладают высокой энергетической эффективностью преобразования электрической энергии в тепловую и возможностью получения максимального КПД технологического процесса. Разработка плазмотрона позволит расширить номенклатуру восстанавливаемых деталей и более полно использовать возможности плазменной установки.

### Библиографический список

1. Агафонов А. О. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники электроконтактной приваркой твердосплавных покрытий. /Автореф. дис. канд. тех. наук. Балашиха, 1990. - 22 с.
2. Гвоздев А.А. Ремонт и восстановление деталей типа вал-втулка'' металлополимер-ными композициями. Совершенствование средств механизации и технологических процессов в сельском хозяйстве. Сб. научн. тр. С. -ПГАУ-ИСХИ. С. - П.:2001. с.12-18.
3. Волков П.Н. Математические методы в экспериментальных исследованиях. М., 2000.
4. Поляченко Л. В. Восстановление и упрочнение деталей контактной приваркой покрытий (технология, оборудование, перспективы). / Тезисы докладов на научно-технической конференции стран-членов СЭВ "Ремдеталь-88". Пятигорск, Ставропольского края, М., 1988.
5. Соколов К.О. Восстановление бронзовых подшипниковых втулок центробежным электродуговым напеканием бронзовых порошков. / Дисс. канд. техн. наук. — М., 1989. - 175 с.

6. Тойгамбаев С.К. Плазмотрон для наплавки износостойких, фрикционных и других специальных покрытий на поверхность деталей методом наплавки порошковых материалов. / Хабаршы. 2018. № 2 (29). С. 28-34.

7. Тоигамбаев С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации. / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва, 20006.

8. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ-21614. / Техника и технология. 2013. № 3. С. 15-18

9. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.

10. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Применение электродугового нагрева и центробежной заливки при ремонте деталей машин. / International Journal of Professional Science. 2019. № 10. С. 89-97.

11. Шнырев А.П., Тойгамбаев С.К. Устройство для восстановления бронзовых втулок. / В сборнике: Природоохранное обустройство территорий. Материалы научно-технической конференции. 2002. С. 153-154.

12. Чепурин А.В., Корнеев В.М., Кушнарев С.Л., Чепурина Е.Л., Кравченко И.Н., Орлов А.М. Надежность технических систем. / Учебник / Москва, 2017. Тойгамбаев Серик Кокибаевич

УДК 621.86. 621. 629.3; 669.54. 793

## Нимиткин Р.А. Оптимизация режимов плазменной наплавки кулачков распределительных валов двигателей

Optimization of plasma surfacing modes for engine camshaft cams

**Нимиткин Р.А.**

учащийся отделения Автоматики телемеханика управления движением на железнодорожном транспорте. Колледж Бурабай, г. Кокчетав.  
Научный руководитель

**Тойгамбаев С.К.**

д.т.н., профессор кафедры технической сервис машин и оборудования. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Nimitkin R.A.,

a student of the department of Automation and telemechanics of traffic control in railway transport. Burabay College, Kokchetav.

Scientific supervisor

Toygambayev S.K.,

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical service of Machinery and Equipment. K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia.

**Аннотация.** В качестве источника теплоты при плазменной наплавке используется плазменная струя. Она представляет собой высокоинтенсивный источник теплоты, максимальная температура которого может превышать 2000K, что позволяет расплавить различные тугоплавкие материалы. В данной работе представлена методика выбора схемы и оптимизаций режимов плазменной наплавки при ремонте кулачков распределительных валов двигателей внутреннего сгорания.

**Ключевые слова:** плазматрон; технологический процесс; наплавка; кулачок распределительного вала; проплавка; валик; двигатель; дуговой канал.

**Abstract.** A plasma jet is used as a heat source during plasma surfacing. It is a high-intensity heat source, the maximum temperature of which can exceed 2000 K, which allows you to melt various refractory materials. This paper presents a method for selecting the scheme and optimizing the modes of plasma surfacing during the repair of camshafts of internal combustion engines.

**Keywords:** plasmatron; technological process; surfacing; camshaft cam; melting; roller; motor; arc channel.

**Рецензент:** Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

Механизированное восстановление кулачков распределительных валов на ремонтных предприятиях осуществлялся с использованием копировальных устройств, принцип действия которых основан на изменении положения распределительного вала в пространстве при неподвижной наплавочной головке.

Применение сжатой дуги и наплавочных порошков для восстановления кулачков



распределительных валов за счет мобильности плазмотрона позволяет изменить традиционную схему копирования. В настоящее время научно-исследовательскими институтами (ГОСНИТИ, НПП «Гиперон», НПО «Техноплазма» и др.) разработан ряд копировальных устройств, принцип действия которых основан на вращении распределительного вала и согласованного с ним перемещения в пространстве плазмотрона.

Распределительные валы. Основными дефектами распределительных валов могут быть: изгиб, износ кулачков, опорных шеек и посадочных мест рис. 1. Валы изготавливают главным образом из сталей 40, 45 и специальных чугунов. Наиболее трудоемким и сложным является восстановление кулачков. При износах, не вышедших за пределы допустимых, кулачки перешлифовывают на копировально-шлифовальном станке, сохраняя их предельно допустимую общую высоту. Вторично кулачки, как правило, не перешлифовывают, поскольку износ превысит допустимый. В этом случае их восстанавливают нанесением слоя покрытий.

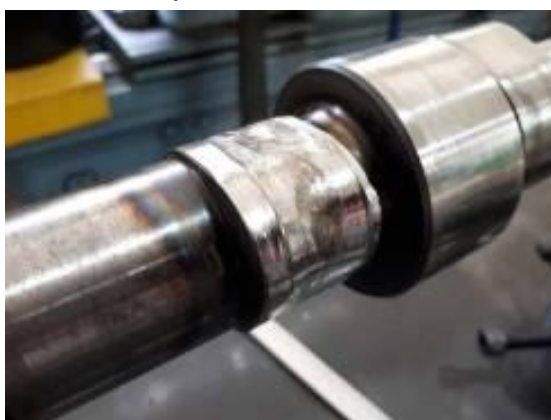


Рис. 1. Износ кулачка распределительного вала.

Распределительные валы (рис. 2) работают в условиях знакопеременных нагрузок. Для их восстановления наиболее рационально применять порошковые твердые сплавы. Для большинства кулачков требуется наплавить только верхушку. Однако при значительных износах кулачки наплавляют по профилю и затем шлифуют под номинальный размер. Наплавку выполняют с помощью копировального устройства, смонтированного на токарном станке. Для плавного регулирования скорости наплавки станок приводится в движение от источника постоянного тока. В качестве наплавочных материалов для наплавки кулачков стальных распределительных валов используются порошковые сплавы ПГ-СР4 + 3% Al, ПГ-ФБХ6-2 + 6% Al, ПГ-С1 + 6% Al. Кулачки чугунных валов наиболее целесообразно наплавлять порошковым сплавом ПГ-СР4+5% Al.



Рис. 2. Распределительный вал.

Экспериментальные исследования, проведенные с целью изучения процесса наплавки фасонных поверхностей, показали, что с изменением угла наклона изменяется глубина проплавления, плотность тока, коэффициент формы шва. Изменение этих параметров обусловлено неодинаковыми условиями теплопроводности от дуги к исследуемому образцу. В случае, когда между наплавленной поверхностью и осью плазмотрона острый угол, в зоне наплавки образуется слой расплавленного присадочного материала с температурой около  $1400^{\circ}\text{C}$ , а в этих условиях металл имеет низкую теплопроводность. Соответственно, снижается глубина проплавления и увеличивается ширина валика. При этом, когда наклон поверхности более  $90^{\circ}$ , происходит непосредственное плавление основного металла, способствующее увеличению глубины проплавления и снижению ширины валика. С учетом вышеизложенного поставлена задача провести экспериментальные исследования, целью которых является выбор и оптимизация режимов плазменной наплавки для восстановления распределительных валов двигателей ЯМЗ-7511.

**Выбор схемы и устройств наплавки.** Схему наплавки кулачков выбирали из трех вариантов. По первой схеме производили наплавку всего профиля по винтовой линии без колебаний плазмотрона. Во втором случае наплавку осуществляли за один проход с колебаниями плазмотрона на ширину кулачка с началом процесса на вершине и окончанием на этом же участке. По третьей схеме наплавку производили за два прохода с колебаниями плазмотрона. Начало процесса на вершине, а окончание – на противоположном участке цилиндрической части. Второй проход осуществляется аналогично первому, но с перекрытием наплавленных слоев. Качество наплавленных слоев при обработке по первой схеме удовлетворительное. Недостатком является оплавление торца кулачка (особенно вершины), на котором завершается процесс наплавки. По второй схеме наплавки торцы кулачка оплавляются значительно меньше, но не удовлетворительно качество наплавленного слоя, полученного при переходе плазмотрона от наплавки цилиндрической части к вершине кулачка. Лучшие результаты были получены при наплавке по третьей схеме, ее использовали для оптимизации

режимов наплавки кулачков. В результате поисковых исследований установлено, что наплавку кулачков необходимо проводить с регулированием трех параметров: - силы тока наплавки; - скорости; - и расхода порошка. Изменение этих параметров обусловлено сложностью профиля. Установлено также, что другие параметры существенного влияния на процесс не оказывают.

С целью оптимизации режимов наплавки вершины и цилиндрической части кулачков распределительных валов двигателей ЯМЗ-7511, поставлен полный факторный эксперимент (ПФЭ)  $2^3$  с равномерным дублированием опытов. В качестве независимых переменных выбраны: сила тока наплавки ( $I$ , А), скорость ( $V$ , мм/с), расход порошка ( $Q$ , кг/ч). Параметр оптимизации – толщина наплавленного слоя ( $h$ , мм). По результатам предварительных исследований (см. рис. 1 и 2) выбраны интервалы и уровни варьирования факторов (табл. 1). Следует отметить, что уровни варьирования силы тока наплавки не могут быть расширены вследствие оплавления торцов кулачка, либо плохого формирования наплавленного слоя в случае снижения силы тока.

В полном факторном эксперименте постоянными оставались следующие параметры:

1. Напряжение сжатой дуги – 35 В;
2. Диаметр плазмообразующего сопла –  $4,0 \cdot 10^{-3}$  м;
3. Расход плазмообразующего газа (аргона) – 1,5.. 2 л/мин;
4. Расход защитного газа (аргона) – 6...8 л/мин;
5. Расстояние от сопла плазмотрона до детали –  $(8...10) \cdot 10^{-3}$  м;
6. Амплитуда колебаний –  $(15...16) \cdot 10^{-3}$  м;
7. Частота колебаний – 30...40 мин<sup>-1</sup>.

Эксперименты проводили на кулачках распределительных валов. В качестве наплавочного материала использовали порошковую смесь ПГ-ФБХ6-2+2...5% алюминия. В соответствии с выбранным планом каждый опыт повторяли три раза.

Таблица 1

Уровни варьирования факторов

| Наплавляемый участок | Наименование фактора | Обозначение фактора | Единица измерения   | Интервал варьирования | Уровни |      |      |
|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|--------|------|------|
|                      |                      |                     |                     |                       | -      | 0    | +    |
| Вершина кулачка      | Ток                  | $X_1$               | А                   | 15                    | 150    | 165  | 180  |
|                      | Скорость             | $X_2$               | $\cdot 10^{-3}$ м/с | 0,25                  | 1,07   | 1,32 | 1,57 |
|                      | Расход порошка       | $X_3$               | кг/ч                | 0,12                  | 0,48   | 0,60 | 0,72 |
| Цилиндрическая часть | Ток                  | $X_1$               | А                   | 15                    | 170    | 185  | 200  |
|                      | Скорость             | $X_2$               | $\cdot 10^{-3}$ м/с | 0,18                  | 1,26   | 1,44 | 1,62 |
|                      | Расход порошка       | $X_3$               | кг/ч                | 0,12                  | 0,36   | 0,48 | 0,60 |

Результаты экспериментов представлены в табл. 2. Обработка результатов проведена в известной последовательности:

1. Рассчитана дисперсия опыта, проверена однородность ряда дисперсий.
2. Рассчитаны коэффициенты регрессии.
3. Проведена проверка статистической значимости коэффициентов регрессии.
4. Проведена проверка адекватности модели.

Уравнения регрессии адекватно описывают исследуемый процесс и имеют вид:

- для вершины кулачка:

$$Y = 1,66 + 0,09X_1 - 0,13X_2 + 0,14X_3 + 0,08X_2X_3; \quad (1)$$

- для цилиндрической части:

$$Y = 1,06 + 0,114X_1 - 0,326X_2 + 0,211X_3. \quad (2)$$

Анализируя уравнения (3 и 4), можно отметить, что наибольшее влияние на толщину наплавленного слоя в выбранных интервалах варьирования оказывают скорость наплавки и расход порошка. В меньшей степени влияют ток наплавки и совместное действие скорости и расхода порошка. В уравнении регрессии для цилиндрической части коэффициент от совместного действия этих факторов статистически незначим. Наиболее оптимальными являются режимы в 7-й строке табл. 2 как для вершины кулачка, так и для цилиндрической части.

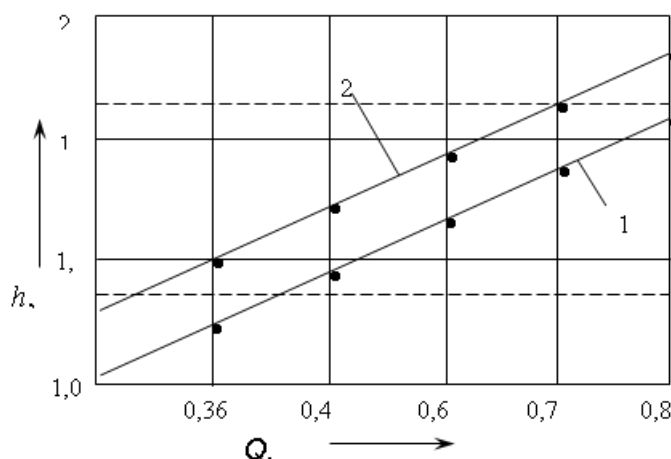


Рис. 3. Зависимость толщины наплавленного слоя на вершине кулачка от расхода порошка. Скорость наплавки  $1,4 \cdot 10^{-3}$  м/с; 1 –  $I=150$  А; 2 –  $I=180$  А.

Для практических расчетов уравнение регрессии более удобно в преобразованном виде. Переход от кодированных значений к натуральным осуществляется по следующим формулам:

$$X_1 = (I - I_0) / \Delta I; \quad (3)$$

$$X_2 = (V - V_0) / \Delta V; \quad (4)$$

$$X_3 = (Q - Q_0) / \Delta Q, \quad (5)$$

где  $I_0$ ,  $V_0$ ,  $Q_0$  – натуральные значения независимых переменных на основных уровнях;  $\Delta I$ ,  $\Delta V$ ,  $\Delta Q$  – значение интервалов варьирования.

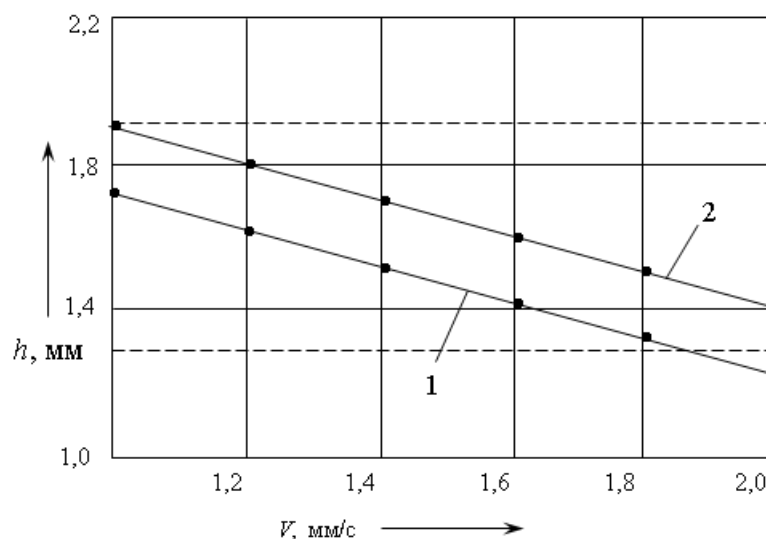


Рис. 4. Зависимость толщины наплавленного слоя на вершине кулачка от скорости наплавки.

Расход порошка 0,6 кг/ч; 1 –  $I=150$  А; 2 –  $I=180$  А

Таблица 2

План и результаты полного факторного эксперимента  $2^3$

| № опыта | Уровень фактора |       |       | Для вершины кулачка                                |                              |                                                       | Для цилиндрической части                           |                              |                                                       |
|---------|-----------------|-------|-------|----------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------|
|         | $X_1$           | $X_2$ | $X_3$ | Среднее значение параметра оптимизации $\bar{Y}_i$ | Дисперсия средняя $S_{yi}^2$ | Расчетное значение параметра оптимизации $y_i^{расч}$ | Среднее значение параметра оптимизации $\bar{Y}_i$ | Дисперсия средняя $S_{yi}^2$ | Расчетное значение параметра оптимизации $y_i^{расч}$ |
| 1       | -               | -     | -     | 1,65                                               | 0,0028                       | 1,64                                                  | 1,03                                               | 0,0108                       | 1,06                                                  |
| 2       | +               | -     | -     | 1,78                                               | 0,0039                       | 1,82                                                  | 1,20                                               | 0,0202                       | 1,29                                                  |
| 3       | -               | +     | -     | 1,23                                               | 0,0028                       | 1,22                                                  | 0,39                                               | 0,0458                       | 0,41                                                  |
| 4       | +               | +     | -     | 1,40                                               | 0,0038                       | 1,40                                                  | 0,77                                               | 0,0187                       | 0,64                                                  |
| 5       | -               | -     | +     | 1,77                                               | 0,0013                       | 1,76                                                  | 1,56                                               | 0,0051                       | 1,48                                                  |
| 6       | +               | -     | +     | 1,92                                               | 0,0063                       | 1,94                                                  | 1,75                                               | 0,0469                       | 1,71                                                  |
| 7       | -               | +     | +     | 1,60                                               | 0,0112                       | 1,66                                                  | 0,80                                               | 0,0039                       | 0,83                                                  |
| 8       | +               | +     | +     | 1,89                                               | 0,0111                       | 1,84                                                  | 0,97                                               | 0,0101                       | 1,06                                                  |

В результате экспериментальных исследований получена математическая модель оптимизации ( $h \rightarrow h_{опт}$ ) режимов плазменной наплавки фасонных поверхностей вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} h = 2,768 + 0,006I - 2,12V + 0,314Q, [\text{мм}] - \text{для вершины кулачков} \\ h = 1,418 + 0,0076I - 1,811V + 1,758Q, [\text{мм}] - \text{для цилиндрической части} \end{array} \right. \quad (6)$$

### Выводы:

1. Данная математическая модель (см. формулу 6) позволяет решать прямые и обратные задачи – определять (находить) значения критерия оптимизации (толщины наплавляемого слоя) по выбранным факторам или факторы по выбранным другим параметрам и заданному критерию оптимизации.
2. Полученные зависимости дают возможность оценить технологическую эффективность процесса плазменной наплавки и управлять выходными параметрами для получения износостойких покрытий.

### Библиографический список

1. Голубев И.Г., Севрюгина Н.С., Апатенко А.С., Фомин А.Ю. Модернизация технологических машин как механизм продления назначенных ресурса и срока службы. / Вестник машиностроения. 2023. № 1. С. 36-41.
2. Волков П.Н. Математические методы в экспериментальных исследованиях. М., 2000.
3. Поляченко Л. В. Восстановление и упрочнение деталей контактной при-варкой покрытий (технология, оборудование, перспективы). / Тезисы докладов на научно-технической конференции стран-членов СЭВ "Ремдеталь-88". Пяти-горск, Ставропольского края, М., 1988.
4. Дидманидзе О.Н. Метод наплавки порошковых материалов с применением плазмотрона для наплавки износостойких материалов. / Агропродовольственная экономика. 2020. № 3. С. 26-34.3.
5. Евграфов В.А., Орлов Б.Н., Апатенко А.С., Новиченко А.И., Орлов Н.Б. Учет надежности при формировании технологических комплексов машин и оборудования в природообустройстве. / Учебное пособие. Рекомендовано УМО вузов РФ. Москва, 2014.
6. Тойгамбаев С.К. Плазмотрон для наплавки износостойких, фрикционных и других специальных покрытий на поверхность деталей методом наплавки порошковых материалов. / Хабаршы. 2018. № 2 (29). С. 28-34.
7. Тоигамбаев С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации./ Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / РГАУ- МСХА им. К.А. Тимирязева. Москва, 2000.

8. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.

9. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Применение электродугового нагрева и центробежной заливки при ремонте деталей машин. / International Journal of Professional Science. 2019. № 10. С. 89-97.

10. Шнырев А.П., Тойгамбаев С.К. Устройство для восстановления бронзовых втулок. / В сборнике: Природоохранное обустройство территорий. Материалы научно-технической конференции. 2002. С. 153-154.

11. Чепурин А.В., Корнеев В.М., Кушнарев С.Л., Чепурина Е.Л., Кравченко И.Н., Орлов А.М. Надежность технических систем. / Учебник / Москва, 2017.



УДК 621.86. 621. 629.3; 669.54. 793

## Тойгамбаев С.К., Локтионов С.А. Совершенствование основных параметров процесса подачи газа в двигатель, конвертируемого из дизеля в газодизель

Improving the basic parameters of the process of supplying gas to the engine, converted from diesel to gas diesel

**Тойгамбаев С. К.**

д.т.н., профессор кафедры технический сервис машин и оборудования. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

**Локтионов С.А.**

аспирант кафедры технический сервис машин и оборудования. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Toygambayev Serik Kokibaevich,  
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Service of Machinery and Equipment. Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia.

Loktionov S.A.

Postgraduate student of the Department of Technical service of machinery and Equipment.  
Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia.

**Аннотация.** Для совершенствования системы подачи топлива в двигатель необходимо определить зависимость между потребляемым объемом топлива и вырабатываемой двигателем мощностью. В данной статье представлены результаты расчетов изменения некоторых параметров работы простого двигателя, при переводе работы двигателя на газо – дизельный режим подачи топлива.

**Ключевые слова:** газ; двигатель; топливная система; плотность газа; рабочая камера; дизельное топливо.

**Abstract.** To improve the fuel supply system to the engine, it is necessary to determine the relationship between the amount of fuel consumed and the engine's output power. This article presents the results of calculations of changes in some parameters of the operation of a simple engine, when switching the engine to a gas – diesel fuel supply mode.

**Keywords:** gas; engine; fuel system; gas density; working capacity; diesel fuel.

**Рецензент:** Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

На рисунке 1 приведена схема возможного изменения некоторых параметров работы простого двигателя (О-1) и разработанного двигателя с инжекционной системой (О-Г). Рассмотрим, согласно рисунка, такт всасывания.

- поршень находится в верхней мертвой точке ВМТ (угол поворота 0°), скорость поршня равна нулю по модулю, скорость воздушного потока минимальна, т.к. открыты впускной и выпускной клапаны, и происходит вентиляция рабочей камеры за счет инерционного воздушного потока.

- при повороте кривошипа коленчатого вала от угла  $0^\circ$  к углу  $45^\circ$ , выпускной клапан закрывается, и поток топливоздушной смеси отсекается от выпускного коллектора. Поршень начинает перемещаться, увеличивается разрежение. Воздушный поток начинает заполнять увеличивающуюся рабочую камеру под воздействием перепада давления, образованного разрежением. Но, так как выпускной коллектор имеет сопротивление воздушному потоку, то разрежение в рабочей камере будет расти.

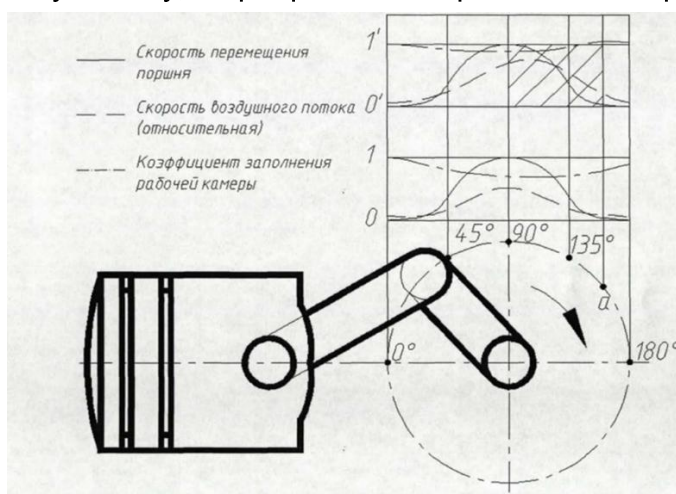


Рис. 1. Анализ такта всасывания.

- при повороте кривошипа коленчатого вала от угла  $45^\circ$  к углу  $90^\circ$ , скорость перемещения поршня увеличивается по тригонометрической функции, и стремится к своему максимуму. Скорость воздушного потока также будет увеличиваться, с увеличением разрежения в рабочей камере.

- при угле поворота  $90^\circ$  скорость поршня перемещения достигается своего наибольшего значения, при этом скорость воздушного потока продолжает увеличиваться т.к. разрежение также начинает приближаться к своему наибольшему значению.

- при повороте кривошипа коленчатого вала от угла  $90^\circ$  к углу  $135^\circ$ , скорость перемещения поршня начинает уменьшаться, разрежение достигает своего наибольшего значения, вслед за ним своего наибольшего значения достигает и скорость воздушного потока, далее разрежение начинает уменьшаться.

- при повороте кривошипа коленчатого вала от угла  $135^\circ$  к углу  $180^\circ$  скорость перемещения поршня стремится к нулю, но, при высоком числовом значении разрежения, скорость воздушного потока продолжает оставаться достаточно высокой.

- при угле поворота  $180^\circ$  (положение нижней мертвой точки НМТ) скорость перемещения поршня равна нулю, воздушного потока до заполняет рабочую камеру повышая коэффициент наполнения ( $\eta_v$ ), который обратно пропорционален числовому

значению разряжения. Чтобы повысить коэффициент наполнения (г/с) впускной клапан закрывают с опозданием  $-4^{\circ}$   $-8^{\circ}$  угла после прохождения кривошипом НМТ.

Для увеличения коэффициента наполнения предлагается следующая система с алгоритмом работы по такту всасывания, описанным ниже. Работа цилиндра двигателя, оснащенного инжекционной системой подачи газа, по такту всасывания - при повороте кривошипа коленчатого вала угла  $0^{\circ}$  к углу  $45^{\circ}$ , выпускной клапан закрывается, и поток топливовоздушной смеси отсекается от выпускного коллектора.

Поршень начинает перемещаться, увеличивая объем рабочей камеры, следовательно, в нем начинает увеличиваться разряжение. Воздушный поток начинает заполнять увеличивающуюся рабочую камеру под воздействием перепада давления образованного разряжением. Но в момент закрытия выпускного клапана начинается подача природного газа в газовый смеситель под избыточным давлением. Газ, смешиваясь с воздухом увеличивает скорость потока газозвушной смеси, следовательно, разряжение будет расти медленнее, чем в предыдущем случае, при повороте коленчатого вала от угла  $45^{\circ}$  к углу  $90^{\circ}$ , скорость перемещения поршня увеличивается по тригонометрической функции, и стремится к своему максимуму. Скорость воздушного потока также увеличиваться, с увеличением разряжения в рабочей камере и с продолжением подачи газа, при угле поворота  $90^{\circ}$  скорость перемещения поршня достигает своего наибольшего значения, при этом скорость воздушного потока продолжает увеличиваться т.к. разряжение также начинает приближаться к своему наибольшему значению - при повороте коленчатого вала от угла  $135^{\circ}$  к углу  $180^{\circ}$ , скорость перемещения поршня стремится к нулю. В положении кривошипа с углом  $\alpha$  к положению нижней мертвой точке подача газа прекращается. Угол,  $\alpha$  зависит от угла положения кривошипа при закрытии впускного клапана и от частоты вращения коленвала и необходим для возможности попадания полной порции газа в цилиндр, с учетом невозможности обратного оттока газозвушной смеси из цилиндра под воздействием избыточного давления внутри рабочей камеры. Таким образом, увеличивая коэффициент наполнения (г), мы увеличиваем один из самых главных эксплуатационных показателей, мощность – которая напрямую зависит от коэффициента наполнения.

Граничные условия в расчете процессов газообмена выражены системой уравнения для расчета расходов газа через впускные и выпускные органы. Расчеты расходов газов выполняется квазистационарным методом. В докритической области течения расход газов определяется по параметрам сечения идеального потоков в минимальном поперечном сечении из управления.

Расчет количества газ, необходимого для одного цилиндра, вычисляется через уравнение:

$$V_{\text{цикл}} = V_{rbc} = (\xi \cdot A) + (100 - \xi) \cdot B, \quad (1)$$

где  $V_{rbc}$ - газо-воздушной смеси необходимой для полного сгорания топлива в цилиндре, см<sup>3</sup>;  $\xi$ - процент запального дизельного топлива, %;

$A$  - объем воздух, необходимого для сжигания запального дизельного топлива см<sup>3</sup> формуле:

$$A = \theta \cdot X, \quad (2)$$

где  $\theta$  – стехиометрическое массовое число природного газа,  $X$  - промежуточная размерная объемная единица, дм<sup>3</sup>;  $B$  - объем газо-воздушной смеси необходимой для сжигания основного топлива, см<sup>3</sup>, формула:

$$B = (\theta \cdot a + 1) \quad (3)$$

где,  $\theta$  - стехиометрическое массовое число природного газа;  $A$  - коэффициент избытка воздуха, (для дизелей с неразделительными камерами сгорания 1,5-1,8) или определяется по формуле:

$$G_{\text{газ}} = \frac{\tau \cdot n_{\text{двиг}} \cdot V \cdot n_{\text{пил}}}{2} \quad (4)$$

где  $G_{\text{газ}}$  расход газа, потребляемого двигателем, дм<sup>3</sup>/мин;  $n_{\text{двиг}}$  - частота вращения коленвала двигателя, мин<sup>-1</sup>;  $n_{\text{пил}}$  - количество цилиндров двигателя;

$\tau$  - коэффициент наполнения рабочей камеры двигателя.

Площадь седла регулятора определяется по формуле:

$$F = \frac{G \sqrt{P_{\text{газ}}}}{157 \Psi p}, \quad (5)$$

где  $F$ - площадь седла регулятора седла регулятора, см<sup>2</sup>;  $p$  - давление газа перед регулятором, кг/см<sup>2</sup>;  $\Psi$ - коэффициент зависимости от показателя адиабаты  $K$ , (для природного газа  $K=1,32$ ,  $\Psi=0,475$ )

Диаметр седла регулятора определяется по формуле:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}}, \quad (6)$$

где:  $d$  – диаметр седла регулятора, см;  $\pi=3,14$ .

По результатам проведенных расчетов были построены графики теоретической зависимости расхода и дизельного топлива, показанные на рисунках 2-5.

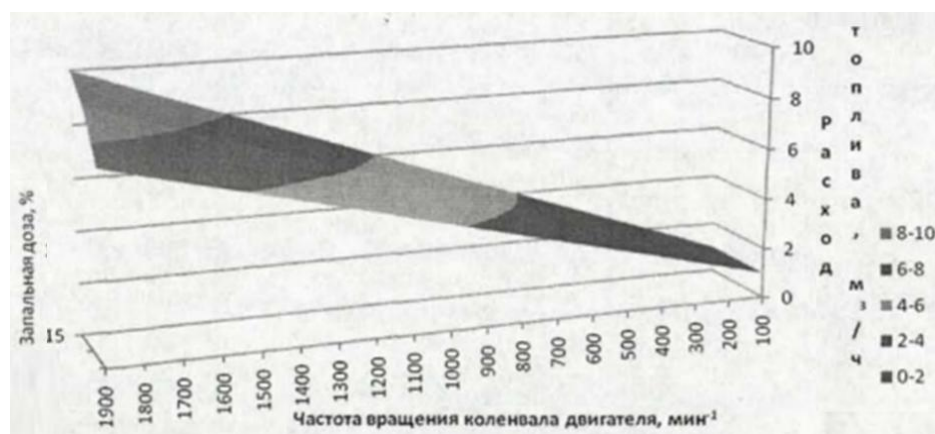


Рис. 2. Расход газообразного топлива.

Из анализа графика, приведенного на рисунке 2 видно, что с увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя потребление газообразного топлива возрастает, причем потребление топлива в зависимости от частоты вращения возрастает линейно, это говорит о прямой зависимости между ними, а с увеличением запальной дозы потребление газообразного топлива уменьшается с квадратичной зависимостью, эту закономерность объясняет различные в стехиометрических отношениях газообразного и дизельного топлива.

Из анализа графика приведённого на рисунке 3, видно что с увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя потребление топлива в зависимости от частоты вращения возрастает линейного, это говорит о прямой зависимости между ними, а с увеличением запальной дозы потребление дизельного топлива увеличивается с квадратичной зависимостью, эту закономерность также объясняет различие в стехиометрических отношениях газообразного и дизельного топлива.

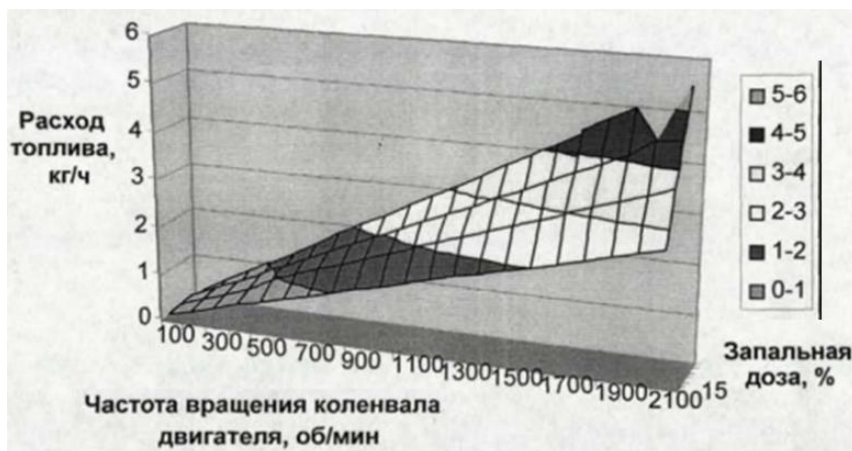


Рис. 3. Расход дизельного топлива.



Представленный на рисунке 4 график показал, что с увеличением коэффициента избытка воздуха, т.е. при работе двигателя с увеличением нагрузки, а также с уменьшением количества запальной дозы потребление газообразного топлива возрастает.

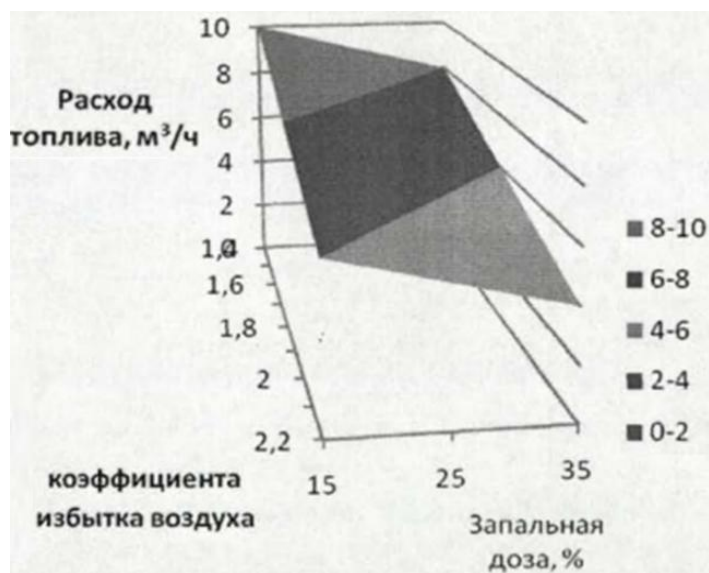


Рис. 4. Расход газообразного топлива при частоты вращения коленвала 2100 мин-1.

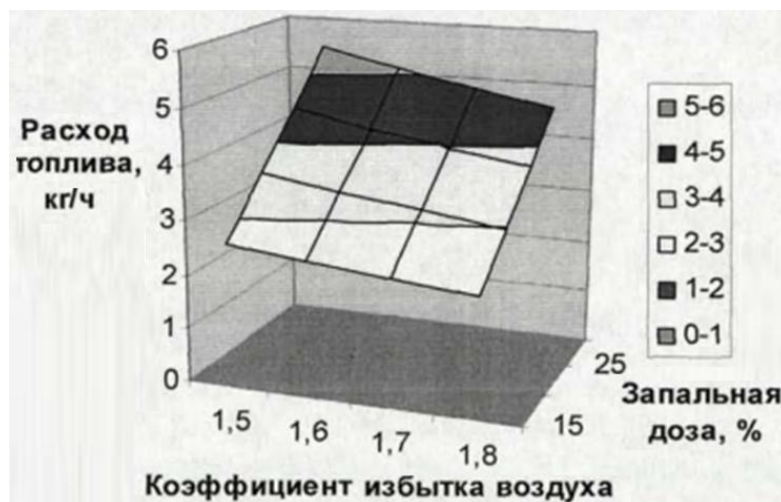


Рис. 5. Расход газообразного топлива при частоте вращения коленвала 2100 мин-1.

Из данного графика видно что, с увеличением коэффициента избытка воздуха, т.е. при работе двигателя с увеличением нагрузки, потребление дизельного топлива возрастает, причем потребление топлива в зависимости от нагрузки возрастает линейно, эту закономерность объясняет прямой характер зависимости между ними.

### Выводы:

1. Существующие методы расчета позволяют с высокой точностью рассчитывать расход дизельного топлива, но они не позволяют рассчитать расход газообразного топлива при применении газодизельного режима работы двигателя. 2. Получение аналитические зависимости позволяют спрогнозировать работу двигателя на различных режимах работы, зависящих от условий эксплуатации.

### Библиографический список

1. Андреев А.А., Апатенко А.С., Гусев С.С. Ресурсосбережение в АПК при эксплуатации автотракторной техники. / В сборнике: Чтения академика В. Н. Болтинского. 2022. С. 157-163.
2. Гусев С.С. Восстановление качества отработанных нефтяных масел с помощью ПГС-полимеров на сельскохозяйственных предприятиях. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва, 2006.
3. Гусев С.С. Физико-химическая очистка отработанных минеральных масел с помощью полимерных материалов. / Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2006. № 6. С. 4.
4. Дидманидзе О.Н., Афанасьев А.С., Хакимов Р.Т. Исследования показателей тепловыделения газовых двигателей. /Записки Горного института. 2018. Т. 229. С. 50-55.
5. Коваленко В.П., Литовченко А.В., Улюкина Е.А., Гусев С.С. Резервуар для жидкостей. / Патент на полезную модель RU 47335 U1, 27.08.2005. Заявка № 2005103727/22 от 14.02.2005.
6. Тургиев А.К., Карапетян М.А., Мочунова Н.А. К вопросу определения буксования ведущих колес трактора. / Естественные и технические науки. 2010. № 5 (48). С. 570-572.
7. Карапетян М.А., Пряхин В.Н. Совершенствование технологий и управление технологическими процессами сельскохозяйственного производства. / Учебное пособие. Изд: Компания Спутник+. Москва. 2005. С. 161.
8. Тойгамбаев С.К., Ногай А.С., Нукушев С.О. Проводимость почвенного слоя в Акмолинской области. / Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2008. № 1 (26). С. 86-89.
9. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ-21614. / Тех-ника и технология. 2013. № 3. С. 15-188.



10. Шмонин В.А., Теловов Н.К., Тойгамбаев С.К. Комбинированное орудие для глубокого рыхления почвы с внесением удобрений. / Патент на изобретение RU 2500092 С1, 10.12.2013. Заявка № 2012126854/13 от 27.06.2012.

11. Теловов Н.К., Тойгамбаев С.К. Обработка почвы нечерноземных земель РФ глубокорыхлителем - удобрителем для увеличения производства сельскохозяйственных культур. / Агропродовольственная экономика. 2019. № 10. С. 7-16.

12. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Исследования по оптимизации и эффективности использования машинно-тракторного парка предприятия. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. № 5. С. 28-33.

13. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Обработка результатов информации по надежности транспортных и технологических машин методом математической статистики. / Методическое указание. Изд. «Мегаполис» Москва, 2020. С. 25.е указание. Изд. «Мегаполис» Москва, 2020. С. 25.

14. Niyazbekova S., Troyanskaya M., Toygambayev S., Rozhkov V., Zhukov A., Aksenova E., Ivanova O. Instruments for financing and investing the "green" economy in the country's environmental projects. / В сборнике: E3S Web of Conferences. 22. Сер. "22nd International Scientific Conference on Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies, Emmft 2020" 2021.C.10054.

УДК 621.86. 621. 629.3; 669.54. 793

## Черных И.Д. Исследование физико - механических свойств диффузионных покрытий

Investigation of the physico-mechanical properties of diffusion coatings

**Черных Игорь Дмитриевич**

студент группы ДМ 230 Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия  
Научный руководитель

**Тойгамбаев С.К.**

д.т.н., профессор кафедры технической сервис машин и оборудования. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Chernykh Igor Dmitrievich,

student of DM 230 group, Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia

Scientific supervisor

Toygambaev S.K.,

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Service of Machinery and Equipment, K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia

**Аннотация.** В настоящее время разработка новых технологий ремонта изношенных деталей или совершенствование существующих восстановительных операций становится ещё более актуальным, так как стоимость новых машин такова, что во многих случаях эксплуатирующие организации не имеют, зачастую, возможности их приобретения. Хорошо известно, что применение прогрессивных технологий при восстановлении изношенных деталей в 5...8 раз сокращает количество операций по сравнению с их изготовлением, 10...20 раз снижает расход материала. В данной статье представлены результаты исследования на износостойкость восстановленных бронзовых подшипников скольжения.

**Ключевые слова:** подшипник скольжения; термодиффузия; термоциклический процесс; бронзовая втулка; металлизация; сопряжения.

**Abstract.** Currently, the development of new technologies for repairing worn-out parts or improving existing repair operations is becoming even more urgent, since the cost of new machines is such that in many cases operating organizations often do not have the opportunity to purchase them. It is well known that the use of advanced technologies in the restoration of worn parts in 5...Reduces the number of operations 8 times compared to their manufacture, reduces material consumption 10...20 times. This article presents the results of a study on the wear resistance of refurbished bronze plain bearings.

**Keywords:** sliding bearing; thermodiffusion; thermocyclic process; bronze sleeve; metallization; interfaces.

**Рецензент:** Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

Анализ деталей из цветных металлов, предложенных для восстановления их методом термодиффузионной металлизации, показывает, что основными марками материала восстанавливаемых деталей являются оловянистые и алюмини- железистые бронзы. Наиболее распространенные из них - марки Бр.05Ц5С5, Бр.ОСЮ - 2 и бронза

Бр.АЖ9 - 4. Поэтому для наших экспериментов были выбраны данные марки материала деталей. Химический состав данных сплавов приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав бронзовых сплавов.

| Марки<br>Бронз | Содержание элементов, % |           |            |           |            |        | Твердость,<br>Мн/м <sup>2</sup> | ГОСТ    |
|----------------|-------------------------|-----------|------------|-----------|------------|--------|---------------------------------|---------|
|                | Sn                      | Zn        | Al         | Fe        | Pb         | Cu     |                                 |         |
| Бр.05Ц5С5      | 4,0...6,0               | 4,0...6,0 | --         | --        | 4,0...6,0  | Осталь | 600                             | 613.79  |
| Бр.ОС10-10     | 9,0...11,0              | --        | --         | --        | 9,0...11,0 | Осталь | 550                             | 5017-74 |
| Бр.АЖ 9-4      | --                      | --        | 8,0...10,0 | 2,0...4,0 | --         | Осталь | 1100                            | --      |

Для основных экспериментов была выбрана втулки опорных катков экскаваторов, чертёж которой показан на рис. 1 и втулки верхней головки шатунов двигателя СМД 60 с внутренним диаметром  $45^{+0,041}_{+0,025}$  мм и наружным диаметром  $51^{+0,133}_{+0,087}$  мм. Выбор диффузионных смесей. Исследованию подвергались две группы деталей (втулки верхней головки шатунов и втулки ходовой тележки экскаватора). Данные детали существенно отличались по величине износа:

- 90...95 % втулок верхней головки шатунов имели износ в пределах 0,05...0,07 мм и максимальный и з н о с - д о 0,11 мм; - втулки ходовой тележки экскаваторов имели среднюю величину износа 1,20 мм и максимальный износ до 2,2 мм.

Среди известных ремонтных технологий по восстановлению данных дета- лей наибольший интерес представляют технологии, в которых использованы следующие диффузионные смеси : а) для термодиффузионной металлизации втулок верхней головки шатуна : -ферротитан марки ФТиЗОА или ФТи65-40% -фтористый кальций - 4 % -хлористый цинк -7 % -порошковый цинк -2 % -оксид алюминия - 47 % б) для термодиффузионной металлизации втулок ходовой тележки экскаваторов: - хлористый цинк - 3 % ; - оксид алюминия - 25 %; -композиционный порошковый сплав марки ПР-Х18Н9-50%; - порошковый цинк-22%.

Химический состав композиционного порошкового сплава в ПР-Х18Н9%:

- хром -8...20%; - никель - 8 ... 11 %; - углерод-не более 0,12%; - кремний - не более 0,8 %; - марганец-не более 1,0%; - железо - остальное.

Для анализа эффективности применения состава диффузионной смеси при оценке интенсивности линейного приращения диффузионного слоя изношенной поверхности введем понятие «коэффициента относительной эффективности диффузионного процесса ( $K_{э.д.п.}$ )». Данный коэффициент есть отношение величины линейного приращения диффузионного слоя изношенной поверхности к толщине диффузионного слоя во внутрь материала детали от изношенной поверхности (подложки) т.е. к относительно бесполезному диффузионному слою детали, который не входит в зону

износа поверхностного слоя. С этой целью были построены диаграммы на данных диаграммах были показаны величины приращения линейных размеров и глубина диффузионного слоя при применении диффузионных смесей при термодиффузионной металлизации втулок верхних головок шатунов и втулок опорного катка экскаватора ЭО 5146. Одновременно на данных диаграммах показаны изменения коэффициента относительной эффективности линейного приращения диффузионного слоя в процессе диффузии  $K_{э.д.п.}$ .

Чем больше данный коэффициент, тем более эффективно идет процесс линейного приращения размера изношенной поверхности за счет роста толщины диффузионного слоя «подложки». Таким образом, приведенный анализ диаграмм и коэффициента относительной эффективности диффузионного процесса показывает, что необходимо подобрать такой состав диффузионных смесей и технологических режимов термодиффузионной металлизации, которые позволили бы более интенсивно создавать диффузионный слой для приращения линейного размера изношенной поверхности детали, а не упрочнять слои детали, не подвергающихся износу. Контроль качества диффузионных покрытий проводился после извлечения деталей из контейнера и их очистки от остатков порошка. Данный контроль включал в себя следующие операции:

- визуальный осмотр диффузионной поверхности; - измерение линейных размеров детали; - определение глубины диффузионного слоя.

Гладкая поверхность детали свидетельствовала о нормальном прошедшем процессе. Наличие различных пятен, пор, раковин, спекания порошка указывало на неправильно выбранные режимы диффузионного процесса.

Для контроля наружных размеров детали до и после термодиффузионной металлизации использовался вертикальный оптиметр модели ВТ - 2 с точностью измерительной головки, обеспечивающей точность измерения 0,005 мм. Контроль внутренних размеров осуществлялся нутромером модели 109 с измерительной головкой 2Р1Г с точностью измерения 0,005 мм. Для исследования глубины диффузионного слоя применялся металло-микроскоп МИМ -8 и микротвердомер ПМТ-3М. с помощью шлифов, изготавливаемых по стандартной методике.

В исследовании физико-механических свойств диффузионных покрытий входило:

- определение поверхностной твердости диффузионного слоя;
- определение микротвердости по глубине диффузионного слоя;
- определение плотности восстановленной поверхности;
- определение износостойкости восстановленной поверхности.

Поверхностная твёрдость диффузионного слоя определялась по методу Роквелла (ГОСТ 2297775 - 78) на твердомере ТКС - 1 М (ГОСТ 12165 - 66) путём вдавливания алмазного конуса при нагрузке 147Н. Значение твёрдости - по показаниям шкалы «А». Для определения поверхностной твёрдости внутренней поверхности детали деталь разрезалась на сектора. Микротвёрдость по глубине диффузионного слоя измерялась на микро- твердомере ПМТ-3М в соответствии с методикой, утверждённой ГОСТом 9459 - 79.

Плотность - одна из основных характеристик, определяющая эксплуатационные свойства покрытия, полученного при диффузионном процессе. Пониженная плотность (менее 90%) по сравнению с плотностью компактных материалов приводит к значительному снижению прочности, пластичности и других свойств поверхностного слоя. Плотность поверхностного слоя восстановленной детали, полученного при термодиффузионной металлизации, зависит от объёма приращенного диффузионного слоя и параметров режима диффузии. Плотность приращенного диффузионного слоя есть отношение массы данного слоя к его объёму:

$$\gamma_{\text{сл}} = \frac{M_{\text{сл}}}{V_{\text{сл}}}, \quad \text{г/см}^3 \quad (1)$$

Если массу приращенного диффузионного слоя достаточно легко рассчитать, то определение объёма этого слоя представляет большие трудности. Наиболее точно объём приращённого диффузионного слоя можно определить по методике, основанной на гидростатическом взвешивании деталей до диффузионного процесса и после. Точность определения плотности повышается с уменьшением примесей жидкости, используемой для взвешивания. Поэтому при гидростатическом взвешивании используется дистиллированная вода.

Взвешивание деталей с точностью  $\pm 1 \times 10^{-5} \text{ кгс}$  производилось на весах модели АВД - 200, переоборудованных для гидростатического взвешивания рис. 1. Деталь 4 подвешивается на тонкой проволочке 2. Масса правой чаши весов уравнивается массой гирек 1, учитывая массу проволочки 2. Взвешивание детали производится в сосуде 3.

Масса детали до диффузии определяется взвешиванием его на воздухе, а объём детали - гидростатическим взвешиванием. Поскольку разница в массе детали, полученной при взвешивании на воздухе и в погруженном состоянии, пропорциональна объёму детали, то объём детали  $V_{\text{дет.}}$  будет равен;

$$V_{\text{дет.}} = \frac{M-Q}{\gamma_b}, \quad \text{см}^3 \quad (2)$$

где: М - масса детали на воздухе, гр ; Q - масса детали в воде, гр;

$\gamma_b$  - плотность дистиллированной воды, г / см<sup>3</sup>.

Таким образом, объём детали до диффузионного процесса определяется из выражения:

$$V_1 = \frac{M_1 - Q_1}{\gamma_b}, \quad \text{см}^3 \quad (3)$$

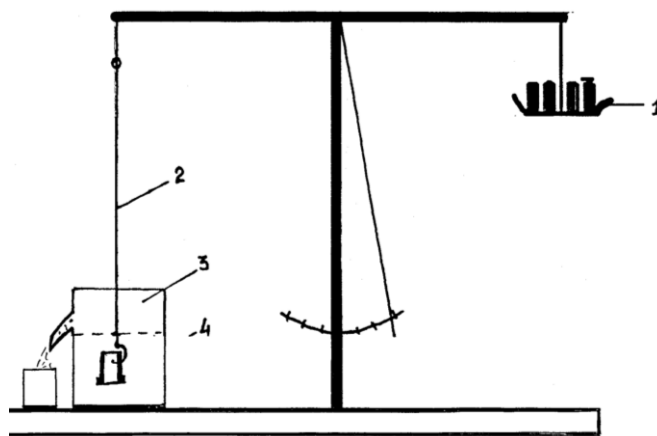


Рис. 1. Схема установки определения плотности напеченного слоя:

1 - гирька, 2 - проволока, 3 - сосуд с жидкостью,  
4 – образец - детали после диффузии:

$$V_2 = \frac{M_2 - Q_2}{\gamma_b}, \quad \text{см}^3 \quad (3)$$

Масса приращенного диффузионного слоя определяется как разность масс , полученных взвешиванием на воздухе после диффузионного процесса ( $M_2$ ) и до процесса ( $M_1$ ), т.е.

$$M_{\text{сл}} = M_2 - M_1, \quad (\text{кгс}) \quad (4)$$

Масса приращенного диффузионного слоя в воде определяется как:

$$Q = Q_2 - Q_1 \quad (5)$$

Объём приращенного диффузионного слоя  $V_{\text{сл}}$  находится из выражения:

$$V_{\text{сл}} = \frac{M_{\text{сл}} - \Delta Q}{\gamma_b}, \quad \text{см}^3 \quad (6)$$

После преобразования формулы 6 получаем:

$$V_{\text{сл}} = \frac{\gamma_b}{1 - \frac{\Delta Q}{M_{\text{сл}}}}, \quad (7)$$

Из технической документации известно , что плотность бронз составляет:

Бр. 05Ц5С5 --8,8 4 г/см<sup>3</sup>; Бр.ОЦ10-2 --8,78 г/см<sup>3</sup>; Бр.АЖ-9-4 --7,5 г/см<sup>3</sup>.

Таким образом, отправной точкой сравнения плотности диффузионного слоя восстановленной бронзовой детали являются вышеприведенные данные

В соответствии с ГОСТом 23.224 - 86 «Методы оценки износостойкости

восстановленных деталей» была принята группа А методов испытаний.

Испытания, сущность которых состоит в определении соотношения интенсивностей изнашивания исследуемой (восстановленной) и эталонной поверхностей, испытываемых при заранее установленных идентичных условиях.

Был выбран метод испытания восстановленных поверхностей на износостойкость при трении о не жёстко закреплённые абразивные частицы (ГОСТ 23.208-79 ).

Сущность метода состоит в том, что при одинаковых условиях производят трение исследуемых образцов об абразивные частицы, подаваемые в зону трения и прижимаемые к образцу вращающим резиновым роликом. Износ образца определялся весовым методом. Схема испытательной установки приведена на рис. 2. Установка имеет привод 4, обеспечивающий вращение втулки 1 и отдельный привод 5, вращающий резиновый ролик 2. С помощью тарированной пружины 6 регулируется усилие прижатия резинового ролика к внутренней поверхности втулки. По лоткам 7 абразивный материал поступает в зону контакта втулки с резиновым роликом. Диаметр резинового ролика составлял 0,7...0,8 номинального внутреннего диаметра восстановленной поверхности втулки. Внутренний диаметр восстановленной втулки после термодиффузионного процесса растачивался до номинального размера по чертежу. Расточка производилась расточным резцом с пластиной твердого сплава ВК4. Механическая обработка диффузионного слоя обеспечивала шероховатость поверхности в пределах 1,2...0,8 мкм. , которая определялась с помощью профилометра - профилографа модели 202 завода «Калибр» Угловая скорость втулки и резинового ролика отличались друг от друга в пределах 15...20 %. Вращение встречное. Частота вращения втулки составляла 120 об. /мин. Предварительные эксперименты показали, что частота вращения сопрягаемой пары практически не влияет на результаты исследований, поэтому данная частота принята, исходя из удобства проведения экспериментов.

Абразивный материал - электрокорунд белый зернистостью 10 П по ГОСТ 3647-88. Повторное использование абразивного материала не допускалась.

Износ испытываемых образцов - деталей определяли путём взвешивания до и после испытаний с погрешностью не более 0,1 мг. Испытания проводили по каждому исследуемому режиму 3-х кратной повторности. По результатам взвешивания образцов до и после испытаний определяют



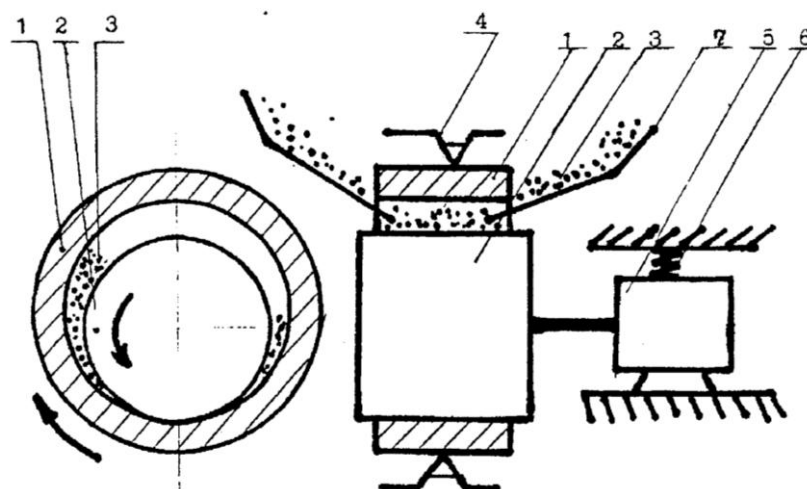


Рис. 2. Схема установки на износостойкость.

1- втулка, 2- резиновый ролик, 3- абразив, 4- крепеж,  
5- привод (электродеталь), 6- прижимная пружина, 7- лоток.

среднее арифметическое значение ( $q_U$  потери массы образцов исследуемых покрытий по формуле:

$$q_U = \frac{\sum_{i=1}^m q_{Ui}}{m}, \quad (8)$$

где:  $q_U$  - значение потерь массы диффузионного слоя при исследовании образцов - деталей, полученных при соответствующих термоциклической диффузии;  $m$  - количество исследуемых образцов.

В связи с применением хрома в диффузионной смеси можно ожидать, что данный элемент и его соединения в диффузионном слое вызовут более интенсивный износ сопрягаемого вала. Для проверки этой гипотезы были проведены испытания износостойкости восстановленных бронзовых втулок на машине трения С М Ц - 2 по схеме «диск - колодка» (рис. 3). Материал диска - сталь 40Х, которая применяется в сопряжении с бронзовыми втулками в опорных катках экскаватора. Образцы - колодки (рис.3.) были изготовлены из бронзы Бр.05Ц5С5 и Бр.АЖ9-4 как из исходного материала, так и с наращенным диффузионным слоем. Толщина диффузионного слоя выдерживалась в пределах  $1,0 \pm 0,02$  мм на сторону, при получении после термоциклической диффузии толщины  $1,2 \dots 1,3$  мм. Окончательный размер ( $1,0 \pm 0,02$  мм) достигался расточкой. Поверхностная твердость исходных материалов составляла: Бр.05Ц5С5 - 1400 МПа, Бр.АЖ9-4 - 2100 МПа. Поверхностная твердость восстановленной втулки из бронзы Бр.05Ц5С5 была 3800 МПа, у бронзы Бр.АЖ9-4 - 4150 МПа. Твердость материала диска (рис.8.3.) составила 42...45 HRC.

Рабочая площадь контакта колодки с диском составляла  $2 \text{ см}^2$ . Перед испытанием

машина трения была протарирована по нагрузке и моменту трения. Приработка образцов проходила при последовательном нагружении удельными нагрузками 2,5; 5,0; 7,5 Мн /м<sup>2</sup>. Окончание приработки определялась по стабилизации момента трения. Приработанные образцы промывались в бензине и просушивались на воздухе. Испытания на износ проводились при удельном давлении 3 МПа / м<sup>2</sup> и частоте вращения образца  $n = 300 \text{ мин}^{-1}$ . В качестве смазочной среды использовалось дизельное масло М8Б. Для ускорения процесса изнашивания в дизельное масло добавлялась кварцевая пыль (ГОСТ 8002-89) в количестве 5% с удельной поверхностью 5600 см<sup>2</sup> / г. Для поддержания абразива во взвешенном состоянии и предотвращения его оседания на дно ванны масло постоянно перемешивалось. Испытания проводились при граничном трении, что обеспечивалось подачей смазки в зону трения со скоростью 1 капля на 500 м пути трения. Величина износа определялась весовым методом. За сравнимую величину износа была принята относительная износостойкость, выраженная в процентах:

$$E = \frac{\Delta Q}{\Delta Q_0} \cdot 100\% , \quad (9)$$

где:  $\Delta Q_0$  - вес образца или контр образца до испытаний, мг;  $\Delta Q$  - вес образца или контр образца после испытаний, мг.

Потеря массы образцов и контр образцов определялась на аналитических весах модели АД-200. (рис. 4). Повторность экспериментов была 3-х кратная.

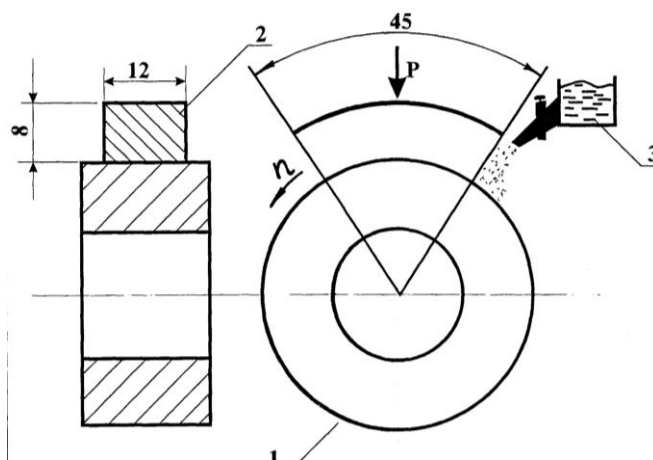


Рис. 3. Схема испытания образцов на износостойкость:  
1- диск (контробразец); 2-колодка (образец); 3- резервуар с дозирующим краном.

100

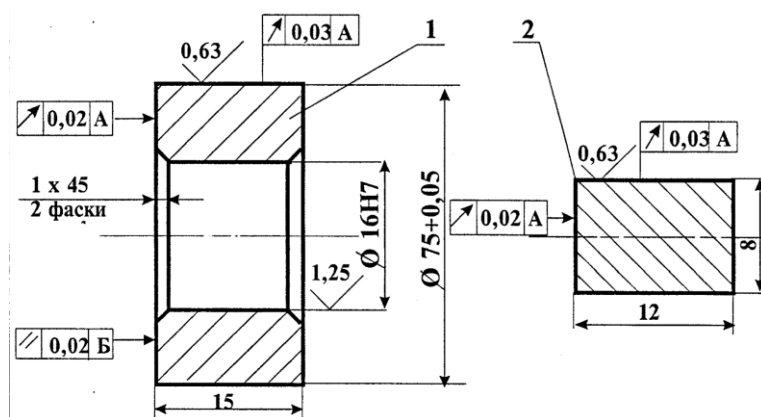


Рис. 4. Рабочий чертёж стального диска и образца: 1-диск, 2-образец.

### Выводы:

Применение диффузионной смеси, в состав которой входит железо - никелевый порошок ПР-Х18Н9 предпочтительно для восстановления деталей, имеющих износ только более 1,0 мм. Для величин износа деталей до 1,0 мм, естественно, его можно использовать, но, при этом, не будет повышение износостойкости восстановленной поверхности. Если эта задача не стоит, то данную диффузионную смесь можно успешно применять для ремонта цветных деталей.

### Библиографический список

1. Агафонов А. О. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники электроконтактной приваркой твердосплавных покрытий. /Автореф. дис. канд. тех. наук. Балашиха, 1990. - 22 с.
2. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика - М. Изд. «Наука» 1969. -824с.
3. Бобров Г.В., Ильин А.А. Нанесение неорганических покрытий. М.: Интер-мет Инжиниринг, 2004. – 624 с., ил.
4. Богоявленский К.Н., Жолобов В.В., Ландилов А.Д., Постников Н.Н. Обработка цветных металлов и сплавов давлением. - М.: Металлургия, 1973.- 470 с.
5. Коваленко В.П., Лесной К.Я., Гусев С.С., Леонов И.Н. Использование ПГС – полимеров для очистки жидкостей в сельскохозяйственном производстве. / Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2003. № 1. С. 10.
6. Полухин П.И. Технология процессов обработки металлов давлением. М.: Металлургия, 1988. 408 с.

7. Соколов К.О. Восстановление бронзовых подшипниковых втулок центробежным электродуговым напеканием бронзовых порошков. / Дисс. канд. техн. наук. - М., 1989. - 175 с.
8. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.
9. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ-21614. / Тех-ника и технология. 2013. № 3. С. 15-188.
10. Тойгамбаев С.К. Технология производства транспортных и технологических машин природообустройства. / Учебник / Москва. 2020. 484с.
11. Тойгамбаев С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации. / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва, 2000. С. 136.
12. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Исследования по оптимизации и эффективности использования машинно-тракторного парка предприятия. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. № 5. С. 28-33.
13. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Обработка результатов информации по надежности транспортных и технологических машин методом математической статистики. / Методическое указание. Изд. «Мегаполис» Москва, 2020. С. 25.е указание. Изд. «Мегаполис» Москва, 2020. С. 25.

## ИНВЕСТИЦИИ И ИННОВАЦИИ В АПК

УДК 657.004

### Рыкалина О.А. Цифровые технологии в оптимизации финансового учета предприятий агропромышленного комплекса

Digital technologies for optimizing financial accounting in agribusiness enterprises

**Рыкалина Ольга Анатольевна,**

кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики социальной сферы,  
Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия  
Rykalina Olga Anatolyevna,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics of the  
Social Sphere, Ural State Economic University, Ekaterinburg, Russia

**Аннотация.** Современные условия хозяйствования в агропромышленном комплексе требуют непрерывного совершенствования методов финансового учета и контроля. Цифровые технологии позволяют оптимизировать учетные процессы, сокращая затраты времени, повышая точность финансовых операций и формируя прозрачную информационную среду для принятия обоснованных управленческих решений. Интеграция программных продуктов для автоматизированного сбора и анализа данных обеспечивает более эффективное взаимодействие с контрагентами, своевременное выявление финансовых рисков и корректировку стратегических планов. В данной статье рассматривается роль цифровизации в перестройке традиционных механизмов бухгалтерского учета и управления финансовыми ресурсами на предприятиях агропромышленного комплекса. Анализируются потенциальные выгоды и риски, связанные с внедрением электронных систем отчетности, облачных платформ, технологий больших данных и машинного обучения. Особое внимание уделено комплексному подходу к автоматизации, который включает адаптацию нормативно-правовой базы, обеспечение кибербезопасности и формирование компетенций сотрудников в области цифровых инструментов.

**Ключевые слова:** цифровизация, финансы, учет, оптимизация, агробизнес, автоматизация, инновации

**Abstract.** Modern operating conditions in the agribusiness sector call for continuous improvement in financial accounting and control methods. Digital technologies facilitate the optimization of accounting processes by reducing time expenditures, increasing the accuracy of financial operations, and creating a transparent information environment for well-founded managerial decisions. The integration of software solutions for automated data collection and analysis enables more efficient interaction with partners, timely identification of financial risks, and adjustments to strategic plans. This article examines the role of digitalization in restructuring traditional mechanisms of financial accounting and resource management in agribusiness enterprises. It analyzes the potential benefits and risks associated with the implementation of electronic reporting systems, cloud platforms, big data technologies, and machine learning. Special attention is paid to a comprehensive approach to automation, which includes adapting the regulatory framework, ensuring cybersecurity, and building staff competencies in the use of digital tools.

**Keywords:** digitalization, finance, accounting, optimization, agribusiness, automation, innovation

**Рецензент:** Бабкина Анастасия Валентиновна - кандидат экономических наук, доцент. Доцент кафедры прикладной информатики. ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева»

## Введение

Стремительное развитие современных технологий оказывает все более заметное влияние на способы организации и ведения бизнеса в различных секторах экономики, включая агропромышленный комплекс. Традиционные методы управления и бухгалтерского учета, которые еще недавно считались эффективными, сегодня уже не всегда позволяют адекватно реагировать на вызовы рыночной среды. Рост конкуренции и сложность производственно-сбытовых процессов стимулируют поиск новых инструментов, способных обеспечить прозрачность и оперативность финансового контроля. В условиях цифровизации аграрного сектора особую роль играют комплексные решения, интегрирующие электронные системы учета, аналитические платформы и специализированные программные модули. Практика показывает, что цифровые технологии позволяют расширять спектр аналитических возможностей бухгалтерского учета. Внедрение электронных баз данных, автоматизированных алгоритмов обработки информации, онлайн-платежных сервисов и облачных хранилищ предоставляет предприятиям агропромышленного комплекса современные механизмы для оптимизации затрат, а также для повышения точности и скорости принятия решений. Таким образом, финансовые потоки становятся более прозрачными, что способствует своевременному выявлению рисков и их эффективному контролю.

Одним из ключевых факторов успешной цифровой трансформации является комплексная модернизация учетной системы: начиная с правовых и нормативных аспектов и заканчивая организационными изменениями внутри компаний. В агропромышленном комплексе немалую сложность в этом плане представляют разнородные виды деятельности: выращивание, переработка, логистика, реализация конечной продукции. Каждая из стадий требует детализированного учета, что затрудняет внедрение универсальных систем без глубокого анализа специфики производства. Именно поэтому персонал, ответственный за финансовый учет и планирование, должен обладать не только базовыми бухгалтерскими навыками, но и пониманием принципов работы современных цифровых инструментов. Цифровая трансформация финансового учета в агробизнесе тесно связана с концепцией интеллектуальных систем управления, объединяющих в себе возможности интернета вещей, искусственного интеллекта и больших данных. Накопленные массивы информации о расходах, доходах, поставках и продажах дают возможность формировать прогнозы спроса, планировать закупки ресурсов и оценивать потенциальные риски. Это, в свою очередь, усиливает конкурентные преимущества



предприятий, поскольку позволяет им быстрее реагировать на изменения конъюнктуры и корректировать стратегию развития.

Вместе с тем, внедрение цифровых технологий в финучет нельзя рассматривать только как технический апгрейд. Необходимо учитывать человеческий фактор, в частности компетенции персонала и уровень его готовности к работе в электронной среде. Отсутствие соответствующих знаний и навыков может свести на нет усилия по автоматизации, поскольку неправильная настройка программных продуктов или неверная интерпретация данных могут привести к искажению финансовой отчетности. Именно поэтому важна системная подготовка специалистов, охватывающая не только сугубо бухгалтерские аспекты, но и особенности IT-решений. Дополнительным драйвером цифровизации является глобальный тренд на повышение уровня безопасности и прозрачности хозяйственных операций. Электронные системы учета позволяют формировать детализированные цифровые следы, упрощающие аудит и контроль. Предприятия, которые активно внедряют такие инструменты, нередко пользуются доверием не только со стороны партнеров и инвесторов, но и со стороны потребителей, для которых становится важной фактором репутация поставщика.

Одной из серьезных проблем цифровой трансформации в агропромышленном комплексе остается необходимость существенных финансовых вложений в инфраструктуру и программное обеспечение. Крупные предприятия могут позволить себе такие инвестиции, в то время как небольшие хозяйства зачастую сталкиваются с недостатком ресурсов. Ситуация усугубляется и тем, что программные решения для агропромышленного сектора должны учитывать отраслевые особенности – это приводит к росту затрат на разработку или кастомизацию стандартных учетных платформ. Кроме того, важное значение имеет вопрос кибербезопасности. Любая система, собирающая и обрабатывающая критичные финансовые данные, рискует столкнуться с внешними и внутренними угрозами. Утечка конфиденциальной информации может повлечь за собой серьезные репутационные потери и финансовые убытки. Поэтому предприятиям АПК при внедрении цифровых технологий важно уделять особое внимание защите данных, созданию резервных копий и обучению персонала основам безопасной работы в сети.

Таким образом, процесс цифровизации финансового учета в аграрной сфере представляет собой многоаспектную задачу, требующую комплексного подхода и учета специфики сектора. С одной стороны, появление современных инструментов открывает перед предприятиями новые возможности для оптимизации учета и повышения эффективности. С другой стороны, существенные затраты на внедрение и поддержку,



а также необходимость развития кадровых компетенций и обеспечения кибербезопасности требуют выверенной стратегии и координации усилий всех заинтересованных сторон. Исследование, представленное в данной статье, направлено на систематизацию основных направлений цифровизации финансового учета и анализ ключевых факторов, влияющих на успешность этого процесса. Рассмотрены теоретические предпосылки внедрения инновационных технологий, а также практические аспекты перехода на электронные формы отчетности и управления финансами. Полученные результаты могут служить основой для дальнейшего совершенствования учетной политики агропромышленных предприятий и формирования рекомендаций по повышению их конкурентоспособности.

Некоторые исследователи подчеркивают, что формирование цифровых технологий в аграрном секторе открывает новые возможности для учета и контроля, способствуя более эффективному распределению ресурсов [9]. В то же время другие авторы отмечают, что экономика агропромышленного комплекса в условиях санкций вынуждена искать инновационные решения, позволяющие оптимизировать финансовые операции [4], [13], [7]. Ряд работ посвящен вопросам использования машинного обучения для оптимального размещения сельскохозяйственного бизнеса, где подчеркивается важность внедрения алгоритмов, снижающих трудозатраты в финансовом учете [5]. При этом современные подходы к формированию методологии учетно-аналитической системы с использованием цифровых технологий рассматриваются как фактор повышения прозрачности и достоверности данных [12].

Исследования показывают, что теоретические основы информационных технологий в финансово-экономической деятельности предприятий требуют уточнения применительно к агропромышленным организациям [2]. Внедрение инновационных систем управления в сельском хозяйстве формирует предпосылки для цифровой трансформации учетных процессов [3], а финансирование таких изменений рассматривается как определяющее условие их успешности [16]. Согласно некоторым авторам, цифровизация финансового учета требует согласования с требованиями законодательства и адаптации к возможностям бизнеса [8]. Одновременно подчеркивается значение роли самого бухгалтерского подхода к составу собственного капитала, который должен быть переосмыслен в свете новых технологий [10].

Часть работ выделяет тенденцию к появлению электронных платформ в агропромышленном комплексе, позволяющих эффективно использовать данные о состоянии и движении оборотного капитала [11], а также совершенствовать процессы управления производством [6]. Отдельные исследования указывают на важность

развития финансовых технологий, ориентированных на особенности сельского хозяйства [15]. Опыт зарубежных коллег свидетельствует о том, что использование цифровых технологий повышает качество информационной поддержки аграрных предприятий, делая финансовый учет точнее и прозрачнее [1]. В то же время отмечается, что трансформация отраслей мировой экономики под воздействием цифровых решений также влияет на агропромышленный сектор, повышая конкурентоспособность за счет более оперативного анализа финансовой отчетности [14]. Существуют примеры, когда цифровые решения помогают качественно изменить подходы к оптимизации структуры затрат в производственном цикле [5], [8]. В целом, исследования подтверждают, что внедрение облачных сервисов и цифровых платформ в агропромышленном комплексе способно существенно повысить результативность финансового контроля и упростить процедуру составления отчетности [7].

### Результаты исследования

Цифровая трансформация в сфере бухгалтерского учета предприятий агропромышленного комплекса обусловлена потребностью в упрощении и ускорении учета, повышении прозрачности финансовых операций и оперативности обработки данных. Ключевым направлением такой оптимизации выступает автоматизация рутинных процедур, связанных с вводом первичной документации, формированием отчетных форм и расчетом налоговых обязательств. Благодаря специальным программным продуктам бухгалтеры могут освободиться от значительной части монотонной работы и сконцентрироваться на аналитической деятельности, требующей профессиональных знаний. Еще одним важным аспектом является интеграция финансовых процессов с производственными и логистическими системами. В агропромышленном комплексе любая задержка в расчетах или ошибки при оформлении документов способны привести к сбоям в поставках сырья или отправке готовой продукции, что негативно сказывается на общем уровне конкурентоспособности. Цифровые платформы, объединяющие учетный, складской и логистический контуры предприятия, позволяют наладить прозрачный документооборот, синхронизировать операции в режиме реального времени и мгновенно отслеживать финансовые транзакции.

Кроме того, серьезную роль играет использование аналитических инструментов на базе больших данных. С их помощью можно выявлять закономерности в расходах и доходах, прогнозировать динамику цен на сельскохозяйственное сырье и продукцию, а также оценивать финансовые риски. Такие методы позволяют руководителям более

взвешенно принимать решения о распределении ресурсов, инвестировании в развитие или корректировке бизнес-стратегии. Неотъемлемой частью цифровой оптимизации становится облачное хранение данных и применение SaaS-решений (Software as a Service). Этот подход облегчает доступ к системе учета из любой точки, сокращает затраты на покупку и обслуживание серверного оборудования, а также повышает надежность хранения информации. Однако использование облачных сервисов требует тщательного соблюдения мер кибербезопасности и выбора надежных провайдеров услуг.

Отдельно следует отметить значимость электронного документооборота, который в аграрном секторе приобретает особую актуальность из-за большого объема первичных документов. Цифровые подписи и сканирование бумажных форм сокращают временные затраты и повышают уровень контроля за перемещением документов. В результате бухгалтера и финансовые менеджеры могут уделять больше внимания аналитике и стратегическому планированию, а не обработке бесконечного потока бумаг. Перспективным направлением считается внедрение технологий блокчейн для обеспечения прозрачности и неизменности учетных записей. В агропромышленном комплексе, где большое значение имеют факторы качества и прослеживаемости продукции, технология распределенного реестра способна повысить доверие контрагентов и конечных потребителей. Хотя блокчейн пока не стал массовым решением, его потенциал в финансовом учете и логистике уже активно обсуждается экспертным сообществом.

Перед рассмотрением конкретных показателей и результатов внедрения цифровых инструментов в финансовый учет агропромышленных предприятий целесообразно систематизировать основные направления их применения и оценить влияние на ключевые аспекты хозяйственной деятельности. В этом контексте важно выделить факторы, определяющие уровень эффективности цифровой трансформации, такие как скорость обработки данных, степень снижения ошибок, экономия ресурсов и повышение прозрачности учетных операций.

Предлагаемая таблица 1 отражает совокупность направлений и возможных результатов, которые достигаются при использовании современных цифровых технологий в аграрном секторе.

Таблица 1

Анализ направлений цифровой трансформации финансового учета в АПК

| Направление                              | Краткое описание                                                                                         | Влияние на показатели                                                                    |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Автоматизация рутинных операций          | Внедрение ПО для ускоренной обработки счетов, накладных, актов и расчета налогов                         | Сокращение времени обработки, снижение риска ошибок, повышение производительности        |
| Интеграция с производственными системами | Связь учетных процессов с логистикой, складскими запасами и планированием производства                   | Упорядоченность финансовых потоков, повышение точности данных, оперативная корректировка |
| Применение больших данных и аналитики    | Использование Data Mining и прогностических моделей для изучения динамики расходов и доходов             | Глубокий анализ трендов, оптимизация расходов, более точный прогноз ликвидности          |
| Облачные сервисы и SaaS-решения          | Хранение и обработка данных на удаленных серверах, доступ к системе учета через интернет                 | Сокращение расходов на IT-инфраструктуру, удобство мобильного доступа, масштабируемость  |
| Электронный документооборот              | Цифровая передача и подписывание договоров, актов, счетов-фактур                                         | Ускорение согласований, прозрачность операций, экономия на бумаге                        |
| Кибербезопасность и защита данных        | Меры по шифрованию, аутентификации, резервному копированию и мониторингу сетевой активности              | Сохранность конфиденциальных финансовых сведений, снижение рисков взлома и утечек        |
| Использование блокчейн-технологий        | Распределенный реестр для записи транзакций, проверки подлинности и контроля качества в цепочке поставок | Гарантия неизменности записей, прослеживаемость операций, повышение доверия партнеров    |

Суммируя результаты, представленные в таблице, можно отметить, что современные цифровые технологии существенно расширяют возможности финансового учета в агропромышленном комплексе, предлагая новые подходы к обработке и анализу данных, а также к управлению рисками. Автоматизация рутинных операций ведет к значительному сокращению временных затрат и снижению вероятности ошибок, повышая качество учетной информации. Интеграция с производственными системами и использование аналитических инструментов на базе больших данных позволяют выявлять скрытые закономерности и принимать более обоснованные управленческие решения. Облачные сервисы и SaaS-решения освобождают предприятия от необходимости содержать собственную IT-инфраструктуру, что, в свою очередь, снижает операционные издержки и открывает доступ к современным программным платформам.

Также важно подчеркнуть значимость электронного документооборота, упрощающего взаимодействие с контрагентами и контролирующими органами, а применение блокчейн-технологий формирует основу для прозрачности и

достоверности учетной документации. Наряду с этим, повышенное внимание необходимо уделять вопросам кибербезопасности, так как защищенность финансовых данных во многом определяет репутацию и стабильность работы предприятия.

Таким образом, комплексный подход к внедрению и развитию цифровых технологий предоставляет агропромышленным организациям ощутимые конкурентные преимущества, формируя базу для более устойчивого и эффективного финансового управления.

Цифровизация предприятий агропромышленного комплекса в области финансового учета знаменует собой качественный скачок в управлении ресурсами и принятии решений. Сокращение времени на обработку учетных документов, автоматизированный анализ данных и интеграция учетных функций с производственными и логистическими процессами позволяют существенно повысить эффективность управления. Основным преимуществом цифрового подхода становится оперативность, которая необходима в условиях растущей конкуренции и постоянных изменений на рынке сельскохозяйственной продукции. Однако, помимо очевидных выгод, связанный с цифровизацией переход не лишен вызовов. Внедрение новых технологий требует значительных финансовых вложений, которые не всегда доступны небольшим хозяйствам. Кроме того, персонал, не обладающий соответствующими компетенциями в области IT и современных бухгалтерских методик, может испытывать трудности в освоении и эффективном использовании новых инструментов. В результате возможны ошибки или некорректная интерпретация финансовых данных, что может отрицательно сказаться на конечных результатах.

Дальнейшее развитие цифровых технологий, таких как большие данные, блокчейн и искусственный интеллект, в перспективе будет расширять возможности финансового учета в АПК, делая его еще более точным, гибким и прозрачным. Вместе с тем, успех в данном направлении во многом зависит от способности руководителей предприятий формировать среду, благоприятствующую обмену знаниями и постоянному обучению специалистов. Не менее важным фактором становится государственная поддержка, направленная на стимулирование инноваций и формирование нормативной базы, обеспечивающей безопасность и эффективность электронного документооборота и хранения данных.

### Библиографический список

1. Eremina I., Yudin A., Tarabukina T., Oblizov A. The Use of Digital Technologies to Improve the Information Support of Agricultural Enterprises // International Journal of Technology. – 2022. – Vol. 13, No. 7. – P. 1393. – DOI 10.14716/ijtech.v13i7.6184. – EDN JZZRKR.
2. Ulyanich, Yu. V., Dyachenko, M. O. Theoretical basics of information technologies of the financial and economic activities of enterprises // Collected Works of Uman National University of Horticulture. – 2023. – Vol. 2, No. 103. – P. 57-62. – DOI 10.32782/2415-8240-2023-103-2-57-62. – EDN LUATMF.
3. Беликова, И. П., Сергиенко, Е. Г. Роль инновационных систем управления в сельском // Вестник Института дружбы народов Кавказа (Теория экономики и управления народным хозяйством). Экономические науки. – 2022. – № 3(63). – С. 122-128. – EDN LEUITS.
4. Борзунов, И. В., Калицкая, В. В., Рыкалина, О. А. Экономика агропромышленного комплекса России в условиях санкций // Агропродовольственная экономика. – 2025. – № 2. – С. 61-69. – EDN LHLKDW.
5. Воронин, Е. А., Семкин, А. Г. Использование технологий машинного обучения в управлении при оптимальном размещении и специализации сельскохозяйственного бизнеса // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2020. – № 8(65). – С. 17-22. – DOI 10.33938/208-17. – EDN HUXMIP.
6. Гайдукова, М. О., Челноков, В. В., Аверина, Ю. М. Исследования состояния информационного обеспечения наукоемких производств для принятия управленческих решений в сфере агропромышленного комплекса // Инженерные технологии. – 2023. – № 2(2). – С. 15-22. – EDN OUZFJA.
7. Жигулина, Е. С., Макунина, И. В., Грушко, Е. С., МIRONЦЕВА, А. В. Влияние цифровой трансформации (автоматизации) на бухгалтерский учет в организациях АПК // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2020. – № 4(52). – С. 41-52. – DOI 10.26456/2219-1453/2020.4.041-052. – EDN AEKLRJ.
8. Калицкая, В. В., Рыкалина, О. А., Степанова, Л. А., Моисеенко, С. Л. Цифровизация финансового учета. Требования законодательства и возможности бизнеса // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2022. – № 9-2. – С. 212-221. – DOI 10.17513/vaael.2413. – EDN OWUNGK.
9. Курлыков, О. И. Формирование цифровых технологий в аграрном секторе // Самара АгроВектор. – 2023. – Т. 3, № 1. – С. 16-25. – DOI 10.55170/29493536\_2023\_3\_1\_16. – EDN NUTXTQ.



10. Кыштымова, Е. А. Бухгалтерский подход к составу собственного капитала в системе управления интегрированным агропромышленным формированием // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 1(100). – С. 129-136. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.1.129. – EDN PBDBTG.
11. Лытнева, Н. А., Кыштымова, Е. А., Парушина, Н. В., Петрова, Ю. М. Цифровые технологии как инструмент повышения информативности использования оборотного капитала в управлении интегрированным агропромышленным формированием // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 2(101). – С. 124-133. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.2.124. – EDN DZKGKF.
12. Моисеенко, С. Л., Малышева, Н. П., Мустафина, О. В. [и др.] Современный подход к формированию методологии учетно-аналитической системы коммерческой организации с использованием цифровых технологий. – Екатеринбург : Уральский государственный экономический университет, 2022. – 298 с. – ISBN 978-5-9656-0328-2. – EDN EKNYWQ.
13. Пономарченко, А. Е. Цифровизация экономики и финансовые технологии // Актуальные вопросы учета и управления в условиях информационной экономики. – 2022. – № 4. – С. 399-403. – EDN GNZJNH.
14. Столярова, Е. В. Трансформация отраслей мировой экономики под воздействием цифровых технологий // Журнал международного права и международных отношений. – 2021. – № 1(96). – С. 44-52. – EDN QVIRAU.
15. Углицких, О. Н., Клишина, Ю. Е. Финансовые технологии для сельского хозяйства // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – № 4. – С. 18-23. – DOI 10.32651/204-18. – EDN QBTWGB.
16. Шарапова, Н. В., Ялунина, Е. Н., Шарапова, В. М. Финансирование сельского хозяйства для внедрения цифровых технологий // Фундаментальные исследования. – 2023. – № 8. – С. 50-56. – DOI



Электронное научное издание

# АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ ЭКОНОМИКА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ  
ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 4/2025

По вопросам и замечаниям к изданию, а также предложениям к сотрудничеству обращаться по  
электронной почте [mail@scipro.ru](mailto:mail@scipro.ru)

Подготовлено с авторских оригиналов

ISSN 2412-2521

Усл. печ. л. 5,5

Объем издания 8.6 МВ

Издание: Международный научно-практический электронный журнал Агропродовольственная экономика  
(Agro production and economics journal)

Учредитель, главный редактор: Краснова Н.А.

Издательство Индивидуальный предприниматель Краснова Наталья Александровна

Адрес редакции: Россия, 603186, г. Нижний Новгород, ул. Ломоносова 9, офис 309, Тел.: +79625087402

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и  
массовых коммуникаций (Роскомнадзор) за номером ЭЛ № ФС 77 — 67047