



ISSN 2078-7138 (Print)  
ISSN 2078-7146 (Online)  
DOI: 10.56619/2078-7138-2026-174-2

# АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

**№ 2**  
**апрель**  
**2026**

**В номере:**

*Моделирование движения закрученных течений в аэродезинтеграторе*

*Эколого-экономическое и технологическое обоснование применения грунтозамещающих смесей для повышения эффективности заземляющих устройств*

*Анализ пульсаций давления и обратной связи в 6-контактных инжекторах Denso G4S с технологией i-ART*

*Трансформация мер государственной поддержки сельского хозяйства Республики Беларусь*



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И  
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ФАКУЛЬТЕТ «ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК»**

**РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«БЕЛАГРОСЕРВИС»**

***Уважаемые коллеги!***

***Приглашаем Вас принять участие в работе  
Международной научно-практической конференции***

***«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ  
И ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК»***,

***которая состоится в Белорусском государственном  
аграрном техническом университете***

***3 - 4 июня 2026 г.***

***Основные направления работы конференции:***

- Современные тенденции развития технического сервиса в АПК***
- Инновации в проектировании и производстве машин и оборудования для АПК***
- Охрана труда, защита населения и окружающей среды***
- Духовное и физическое развитие современной молодежи в контексте образовательного процесса***

***г. Минск, пр-т Независимости, 99, корпус 1***

***Контактные телефоны:***

***(+375-17) 323-44-64; 272-12-54; 373-83-74; 272-81-15***

***E-mail: [dekanat.fts@bsatu.by](mailto:dekanat.fts@bsatu.by)***

***www: [bsatu.by](http://bsatu.by)***

# АГРОПАНОРАМА 2 (174) апрель 2026

Издается с апреля 1997 г.

Научно-технический журнал  
для работников  
агропромышленного комплекса.  
Зарегистрирован в Министерстве  
информации Республики Беларусь  
21 апреля 2010 года.  
Регистрационный номер 1324

*Учредитель*

*Белорусский государственный  
аграрный технический университет*

Главный редактор

Николай Николаевич Романюк

Заместитель главного редактора  
Михаил Александрович Прищепов

Редакционная коллегия:

Л.С. Герасимович	И.С. Крук
П.П. Казакевич	А.С. Сайганов
В.М. Капцевич	В.Н. Тимошенко
А.Н. Каргашевич	Н.К. Толочко
Н.В. Киреенко	В.П. Чеботарёв
И.П. Козловская	Н.С. Яковчик

Е.В. Сенчуров – ответственный секретарь  
Н.И. Цындрин – редактор

*Компьютерная верстка  
В.Г. Леван*

Адрес редакции:

БГАТУ, пр-т Независимости, 99/1, к. 220  
220012, г. Минск, Республика Беларусь,  
Тел. (+375 17) 272-47-71  
Тел./факс (+375 17) 258-41-16

Прием статей и работа с авторами:

г. Минск, пр-т Независимости, 99/5, к. 602, 608  
Тел. (+375 17) 385-91-02, 355-22-14  
E-mail: [AgroP@bsatu.by](mailto:AgroP@bsatu.by)

БГАТУ, 2026.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 28.04.2026 г. Зак. № 228 от 27.04.2026 г.

Дата выхода в свет 30.04.2026 г.

Печать офсетная. Тираж 60 экз.

Статьи рецензируются.

Отпечатано в ИПЦ БГАТУ по адресу: г. Минск, пр-т Независимости, 99/2

ЛП № 02330/316 от 30.10.2020 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Стоимость подписки на журнал на 1-е п/г 2026 г.:

для индивидуальных подписчиков - 61,68 руб.;

ведомственная - 63,63 руб.;

При перепечатке или использовании публикаций согласование с редакцией и ссылка на журнал обязательны.

Ответственность за достоверность рекламных материалов несет рекламодатель.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

Е.С. Шмелев, А.П. Ахрамович, В.Д. Тютюма,  
К.В. Гаркуша

Моделирование движения закрученных течений в  
аэродезинтеграторе.....2

### Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

А.В. Козырь, Е.В. Таразевич

Сравнительная характеристика интерьерных признаков и  
химического состава мяса клариевого сома, выращенного  
при различных технологических условиях.....9

### Энергетика. Транспорт

И.А. Павлович, С.М. Барайшук

Эколого-экономическое и технологическое обоснование  
применения грунтозамещающих смесей для повышения  
эффективности заземляющих устройств.....13

### Технический сервис в АПК. Экономика

В.К. Корнеева, В.М. Капцевич

Методы оценки экспериментальных результатов экспресс-  
тестирования моторных масел, основанные на использовании  
программного комплекса *IMAGEJ*.  
Часть 7. Цифровизация балльных шкал *Motorcheckup* для  
автоматизированной диагностики состояния моторного масла  
дизельных двигателей.....19

О.О. Мухля, Д.А. Жданко

Анализ пульсаций давления и обратной связи в 6-контактных  
инжекторах *Denso G4S* с технологией *i-ART*.....25

Н.В. Киреенко, Т.В. Гусарова

Инновационный рост в экономике АПК: теоретические и  
методические аспекты.....31

И.А. Войтко

Трансформация мер государственной поддержки сельского  
хозяйства Республики Беларусь.....38

С.С. Рябова

Конвенциональный подход к управлению государственными  
активами в Республике Беларусь.....44

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗАКРУЧЕННЫХ ТЕЧЕНИЙ В АЭРОДЕЗИНТЕГРАТОРЕ

**Е.С. Шмелев,**

*ученый секретарь Института энергетики НАН Беларуси, канд. техн. наук*

**А.П. Ахрамович,**

*вед. науч. сотр. Института энергетики НАН Беларуси, канд. техн. наук*

**В.Д. Тютюма,**

*вед. науч. сотр. Института энергетики НАН Беларуси, канд. техн. наук*

**К.В. Гаркуша,**

*ст. преподаватель каф. энергетики БГАТУ*

*В статье описан подход к особенностям моделирования процесса измельчения обрабатываемого материала в закрученном потоке без наличия движущихся механических элементов в устройстве для измельчения. Установлены основные параметры и закономерности, характеризующие движение воздуха в дезинтеграторе при ламинарном и турбулентном течениях.*

*Ключевые слова: измельчение материала, аэродезинтегратор, закрученный поток, измельчение, термодинамические параметры.*

*An approach to the features of modeling the grinding process of the processed material in a swirling flow without moving mechanical elements in the grinding device is described. The main parameters and patterns characterizing air movement in a disintegrator in laminar and turbulent flows are established.*

*Keywords: material grinding, aerodisintegrator, swirling flow, grinding, thermodynamic parameters.*

### Введение

Аэродезинтегратор относится к вихревым аппаратам, в которых силовое воздействие на измельчаемый материал оказывает закрученный поток рабочего тела, в качестве последнего в большинстве случаев используется воздух.

Аэродезинтегратор может использоваться в сельском хозяйстве для измельчения зерновых культур (пшеница, кукуруза, ячмень, овес) в приготовлении комбикормов, что улучшает их усвояемость животными, а также в процессах обеззараживания навоза и приготовления органоминеральных смесей.

В традиционных вихревых мельницах помол осуществляется за счет соударения частиц в турбулентных потоках газа при больших скоростях. В отличие от этих устройств в дезинтеграторе скорости соударения невелики. С помощью специальных конструктивных элементов в помольной камере образуется неоднородное поле массовых (центробежных) сил, которое изменяет траекторию частиц, заставляя ее перемещаться в район наиболее сильного воздействия турбулентных струй. Разрушение частицы происходит за доли секунды в потоке воздуха.

При использовании традиционных помольных устройств происходит изменение реакционной способности твердых веществ под действием механических сил. При этом выделяется теплота, вызывающая

разогрев измельчаемого материала и пластические деформации, происходит разрыв его сплошности. В результате нарушаются химические связи, что приводит, в конечном счете, к перестройке кристаллической решетки, аморфизации вещества с изменением всех его термодинамических характеристик и реакционной способности.

В аэродезинтеграторе большинство этих нежелательных эффектов отсутствует. Здесь не происходит излишняя активация новой образующейся поверхности и разогрев измельчаемого материала. Более того, при подаче холодного воздуха материал может даже охлаждаться. Таким образом, это устройство пригодно для измельчения растительных форм и термопластичных полимеров. Исследованиями, посвященными этому вопросу, занимались Р.Р. Турубаев, А.В. Шваб, И.В. Маликов и другие.

Целью данной работы является исследование подходов к изучению вихревых потоков в процессе измельчения обрабатываемого материала в аэродезинтеграторе.

### Основная часть

Аэродезинтегратор (рис. 1) представляет собой полый цилиндр 3, сверху и снизу закрытый торцевыми крышками 2, 4. В стенке цилиндра прорезаны под углом к радиусу плоские щели, высотой, равной высоте цилиндра, к которым подсоединены входной и

выходной патрубки. В верхней крышке по центру имеется конусообразное отверстие 1. В боковой стенке выполнены каверны 5, сообщающиеся с внутренней полостью цилиндра, для искажения траектории движения измельчаемых частиц.

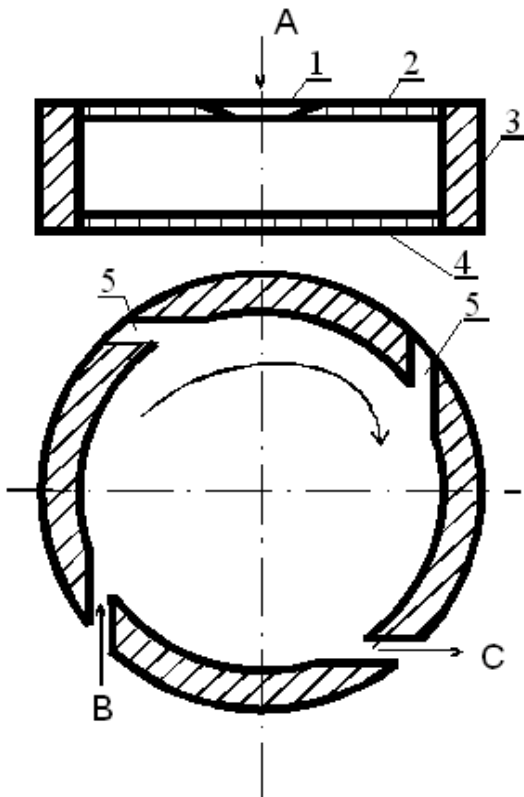


Рисунок 1. Схема аэродезинтегратора:  
1 – конусное отверстие; 2 – верхняя торцевая крышка; 3 – цилиндр; 4 – нижняя торцевая крышка; 5 – каверны; А – ввод измельчаемого материала; В – ввод воздуха; С – вывод воздуха с измельченным материалом

Рабочее тело (воздух) под давлением через входной патрубок тангенциально входит внутрь цилиндра, где образует закрученный поток. Измельчаемый материал подается через центральное отверстие внутрь цилиндра, там он подхватывается потоком воздуха и совершает вместе с ним круговое вихревое движение. Измельченные частицы, достигшие некоторого достаточно малого размера, выводятся из аэродезинтегратора вместе с воздухом (часть через выходной патрубок (С), а часть через воздушный кольцевой зазор между внутренней поверхностью центрального отверстия и наружной поверхностью вращающегося воздуха в центре цилиндра).

Благодаря закрутке потока, внутри цилиндра возникает центробежное поле, которое прижимает вводимые частицы к внутренней поверхности стенки. Каверны играют роль локальных источников искажения поля массовых (центробежных) сил. Вблизи них частицы отбрасываются от стенки, меняют траекторию своего движения и приобретают дополнительный ускоряющий импульс.

Аэродезинтегратор по принципу воздействия на измельчаемый материал близок к вихревым мельницам, в которых силовое поле также оказывает закрученный поток рабочего тела. Результаты исследований газодинамики вихревых камер в определенной мере могут быть применимы и для аэродезинтегратора.

До некоторого времени процесс измельчения в вихревых камерах объяснялся простым механическим ударом частиц, разогнанных центробежным полем до больших скоростей, о внутреннюю поверхность стенок. При ударе частица раскалывается на несколько осколков, которые продолжают двигаться по своим орбитам внутри камеры, ударяясь о стенки и делясь на еще более мелкие части. Разрушение осуществляется за счет создания в частицах напряжений, превышающих предельно допустимую величину.

Если процесс измельчения хрупких твердых веществ с большой плотностью еще можно было бы объяснить с помощью ударного действия, то для бумаги или пластмасс такой механизм неприемлем. К тому же исследования движения воздуха в вихревых мельницах показали, что скорости потока не столь велики, чтобы энергия удара частиц о стенку была достаточной для их разрушения. В работе [1] приведены данные экспериментальных измерений: при давлении воздуха на входе в мельницу 0,15-0,3 МПа скорость частиц составляла всего 15-20 м/с.

Ранее отмечено [2, 3], что движение частицы в вихревой камере характеризуется двумя определяющими свойствами: частица сильно отстает от потока воздуха и, скачкообразно перемещаясь, совершает многократные удары о стенки.

Математическая модель движения двухкомпонентной среды в камере измельчения с учетом вихреакустического воздействия на процесс измельчения приведена в работе [4]. Поведение частицы описывалось уравнением движения с переменной массой во вращающемся потоке под действием центробежной силы и силы газодинамического сопротивления

$$\bar{u} \frac{dm}{d\tau} + m \frac{d\bar{u}}{d\tau} = \xi \frac{\pi d^2}{4} \frac{\rho (\bar{U} - \bar{u})^2}{2} - k_m \bar{N}, \quad (1)$$

где  $\tau$  – время, с;

$\bar{u}$ ,  $\bar{U}$  – векторы скорости частицы и газового потока, м/с;

$m$  – масса, кг;

$d$  – диаметр частицы, м;

$\rho$  – плотность газовой среды, кг/м<sup>3</sup>;

$\xi$  – коэффициент газодинамического сопротивления;

$k_m$  – коэффициент трения частицы о стенки камеры;

$\bar{N}$  – центробежная сила, Н.

Измельчение частиц предполагалось вследствие истирания при взаимодействии со стенками и друг с другом. Для управления турбулентными параметрами течения в качестве акустического диспергатора использовались цилиндрические резонаторы.

Установлено, что низкочастотное акустическое воздействие усиливает перемешивание частиц, а, следовательно, и их измельчение, а высокочастотное – напротив ухудшает условия диспергирования. Регулировать амплитуду и частоту возмущений можно за счет формы резонаторов и рабочей поверхности полой камеры.

В работах [1; 3] для пояснения физики процесса был введен термин «каскадное измельчение», который подразумевает образование осколков, вначале от одной частицы, потом деление каждого из них, и так до достижения размера частиц достаточной малости, чтобы они были удалены из камеры. Для количественной оценки процесса измельчения была разработана упрощенная математическая модель, в которой приняты следующие допущения:

- на каждые  $k$  соударений приходится одно деление на  $q$  одинаковых осколков вплоть до предельного размера  $d_N = d_0/q^{N/3}$ ;
- каждое деление происходит при сохранении постоянства суммарного объема;
- частица, достигшая минимального размера, перестает делиться;
- поверхность на каждой стадии деления определяется как сумма поверхностей всех образовавшихся частиц, причем коэффициент формы у них одинаков.

В работе [5] данный подход получил развитие с учетом пластических свойств измельчаемых материалов и введено понятие «псевдоохрупчивание». При ударе частицы в ее объеме образуются микродефекты. Характерным свойством всех веществ является то, что повреждения всегда окружены сравнительно большими зонами с выраженными пластическими свойствами, которые препятствуют быстрому росту дефектов и последующему разрушению частицы. При многократных ударах с частотой, свыше 1 Гц, пластичные зоны малы, либо вовсе не образуются. В этом случае возникает эффект псевдоохрупчивания, и вещество, довольно пластичное, при таком процессе ведет себя как очень хрупкое. Этот эффект объясняется инерционностью молекул и атомов вещества, с одной стороны, и нарушением характеристик колебания атома в кристаллических решетках, с другой.

К тому же при увеличении частоты ударов получаемая частицей энергия не успевает полностью рассеяться и происходит ее накопление. Таким образом, при многократных ударах с большой частотой, во-первых, частица начинает вести себя как «хрупкое» вещество, и ее предел прочности снижается на 20-30 %, а во-вторых, она становится перенапряженной. По достижении упругой энергии критического значения частица разрушается на части. Дальнейшее измельчение осколков происходит по такому же механизму.

В объяснениях механизма разрушения частиц в вихревых мельницах имеется еще множество неясностей, недостаточно проверенных предположений и допущений. Исследования в этом направлении по-прежнему актуальны, хотя бы для увеличения эффективности процесса измельчения. Для этого, в первую очередь, необходим анализ существующих моделей

закрученных потоков с точки зрения применения их к аэродезинтегратору и поиска наиболее выгодного использования этого перспективного устройства.

Для инженерных методов расчета термогидродинамических параметров в вихревой камере обычно используются интегральные характеристики в приближении осевой симметрии течения. В большинстве случаев при обработке экспериментальных данных интенсивность закрутки в произвольном сечении канала представляют через интегральные величины. Наибольшее распространение получил безразмерный параметр интенсивности закрутки Хигира-Бэра

$$\Phi = \frac{M}{KR} \quad (2)$$

или

$$\Phi_* = \frac{M}{K_*R}, \quad (3)$$

где  $M$  – осевая составляющая потока момента количества движения, Н·м

$$M = 2\pi \int_0^R \rho u w r^2 dr, \quad (4)$$

$K$  – осевая составляющая полного потока количества движения, Н·м

$$K = 2\pi \int_0^R (p + \rho w^2) r dr, \quad (5)$$

$K_*$  – осевая составляющая потока количества движения, Н·м

$$K_* = 2\pi \int_0^R \rho w^2 r dr, \quad (6)$$

где  $R$  – радиус канала, м;  
 $r$  – текущий радиус, м;  
 $p$  – давление в рассматриваемом сечении, Па;  
 $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  
 $u$  и  $w$  – вращательная и осевая составляющие скорости потока, м/с.

Интегральный параметр закрутки  $\Phi$  характеризует отношение вращательного количества движения к осевой проекции полного количества движения потока в масштабе  $R$ . Он обычно используется для характеристики неограниченных закрученных струй.

Интегральный параметр закрутки  $\Phi_*$ , представляющий собой отношение вращательного количества движения к осевому в масштабе  $R$ , используется для характеристики аэродинамики внутренних закрученных потоков.

Величина  $\Phi_*$  должна рассчитываться по известным радиальным распределениям  $p(r)$ ,  $u(r)$ ,  $w(r)$ , которые заранее, как правило, неизвестны. В инженер-

ной практике параметр  $\Phi_*$  рассчитывается с помощью приближенных формул по геометрическим размерам и типу закручивающего устройства. При этом делается предположение об однородном профиле осевой скорости на выходе из завихрителя, отсутствии азимутальной асимметрии и полном соответствии профиля вращательной скорости геометрии закручивающего устройства.

Действительные значения интегрального параметра интенсивности закрутки  $\Phi_{*BX}$  могут отличаться в ту или иную сторону от расчетного параметра закрутки  $\Phi_{*BX,T}$ . На основе аппроксимации опытных данных получена формула

$$\Phi_{*BX} = 0,56B_{*BX,T}^{0,65} \quad (7)$$

Для частично закрученных потоков более точно действительные значения параметра закрутки на входе в канал описываются формулой

$$\Phi_{*BX} = 0,56B_{*BX,T}^{0,75} \quad (8)$$

Закрученные течения характеризуются распределением вращательного движения по радиусу потока в плоскости, перпендикулярной его оси (закон закрутки) и интенсивностью вращательного движения (интенсивность закрутки). При этом предполагается, что течение осесимметричное. Радиальная  $v$  и осевая  $w$  компоненты вектора скорости равны нулю, а окружная (тангенциальная) составляющая  $u$  зависит только от радиальной координаты  $r$ .

Для описания закона закрутки используются следующие функции:

1. Радиальное распределение тангенциальной скорости  $u(r) = f(r)$ .

2. Завихренность  $\omega$ , которая выражается через  $z$  – компоненту ротора от вектора скорости

$$w(r) = \frac{1}{2} (\text{rot} \vec{V})_z = \frac{1}{2r} \frac{\partial(ru)}{\partial r}.$$

3. Циркуляция вдоль концентрических траекторий вращательного движения ( $\text{м}^2/\text{с}$ )

$$\Gamma(r) = 2\pi ru(r).$$

4. Угловая скорость относительно оси симметрии потока (рад/с)

$$\Omega(r) = \frac{1}{r} u(r).$$

Основные законы закрутки – вынужденный вихрь, свободный вихрь и вихрь Рэнкина.

1. Вынужденный вихрь характеризуется квазитвердым вращением потока по закону твердого тела с линейным профилем окружной скорости  $u(r) = \omega_0 r$ . При этом завихренность  $\omega = \omega_0$ , циркуляция  $\Gamma(r) = 2\pi\omega_0 r^2$  и угловая скорость вращения относительно оси  $\Omega = \omega_0$ .

2. Квазипотенциальное или безвихревое вращение характеризуется тем, что окружная скорость  $u(r)$  обратно пропорциональна радиальной координате  $r$ . Такой тип течения называется свободным вихрем.

Характеристики закрутки для него имеют следующий вид:  $u(r) = C/r$ ;  $\omega = 0$ ;  $\Gamma = 2\pi C = \text{const}$ ;  $\Omega = C/r^2$ .

3. Составной вихрь Рэнкина характеризуется наличием нейтрального приосевого ядра с течением, близким к вынужденному вихрю, и периферийного свободного вихря с течением, близким к квазипотенциальному вращению. При этом максимум окружной скорости достигается на некотором радиусе, разделяющем области с вынужденным и свободным вихрями. Основные характеристики закрутки для вихря Рэнкина:

$$u(r) = \frac{C_m}{r} \left[ 1 - \exp(-r^2 / r_m^2) \right];$$

$$\omega(r) = \frac{2C_m}{r_m^2} \exp(-r^2 / r_m^2);$$

$$\Gamma(r) = 2\pi C_m \left[ 1 - \exp(-r^2 / r_m^2) \right];$$

$$C_m = \frac{e}{e-1} u_m r_m = 1,582 u_m r_m$$

Для более полного описания профиля тангенциальной скорости в вихревой камере необходимо наряду с тангенциальным течением учитывать отбор или присоединение массы, а также обеспечивать более гладкое сопряжение вынужденного и периферийного вихрей, требуя непрерывности не только тангенциальной составляющей скорости, но и ее первой производной по радиусу. Вихревое движение в этом случае представляет собой не просто вращение потока, а систему взаимодействующих между собой вихресточка и вынужденного вихря [7-8].

Рассмотрим плоское движение вязкого сжимаемого газа, подчиняющегося уравнению состояния Менделеева–Клапейрона. Примем течение осесимметричным, а искомые функции – зависящими только от одной радиальной координаты. Полная система уравнений Навье–Стокса неразрывности и энергии в этом случае может быть записана в виде:

$$\rho \left( V_r \frac{dV_r}{dr} - \frac{V_\phi^2}{r} \right) = -\frac{dP}{dr} + \frac{4}{3} \mu \left( \frac{d^2 V_r}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dV_r}{dr} - \frac{V_r}{r^2} \right); \quad (9)$$

$$\rho \left( V_r \frac{dV_\phi}{dr} - \frac{V_r V_\phi}{r} \right) = \mu \left( \frac{d^2 V_\phi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dV_\phi}{dr} - \frac{V_\phi}{r^2} \right); \quad (10)$$

$$\frac{d(rpV_r)}{dr} = 0 \quad (11)$$

$$\rho c_p V_r \frac{dT}{dr} = \lambda \left( \frac{d^2 T}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dT}{dr} \right) + V_r \frac{dP}{dr} + \mu \Phi; \quad (12)$$

$$\Phi = 2 \left[ \left( \frac{dV_r}{dr} \right)^2 + \left( \frac{V_r}{r} \right)^2 \right] + \left( \frac{dV_\phi}{dr} - \frac{V_\phi}{r} \right)^2 - \frac{2}{3} \left( \frac{dV_r}{dr} + \frac{V_r}{r} \right)^2; \quad (13)$$

$$P = \rho RT. \quad (14)$$

Интегрируя уравнение сохранения массы (13), получаем

$$rpV_r = (rpV_r)_1 = \text{const}, \quad (15)$$

где  $V_{r1}$  – радиальная составляющая скорости, м/с;  $\rho_1$  – плотность на внешней границе вихря радиуса  $r_1$ , кг/м<sup>3</sup>.

Из этого соотношения следует, что радиальная скорость в осесимметричном вихре при приближении к оси должна неограниченно возрастать. Однако максимальная скорость движения газовой среды зависит от температуры торможения и всегда ограничена. Следовательно, физически могут реализоваться только такие течения, для которых в окрестности оси вращения радиальная скорость равна нулю.

Условимся, что радиальное движение присутствует только в области вихря от  $r_2$  до  $r_1$ , а в приосевой зоне  $V_r = 0$ ;  $0 < r < r_2$  (рис. 2). Тем самым приближенно реальный вихрь заменяется вихрестокком с

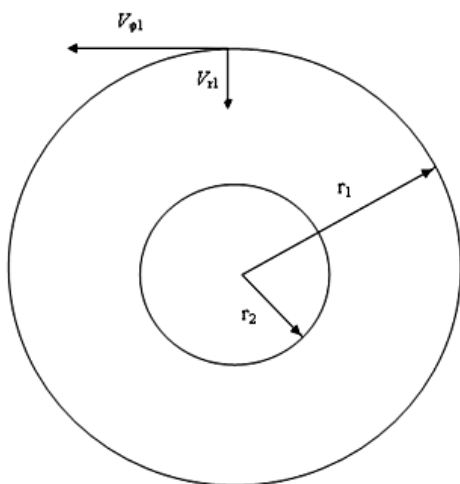


Рисунок 2. Схема вихревого течения

равномерно распределенными вдоль окружности радиуса  $r_2$  стоками массы, суммарная интенсивность которых равна расходу газа в радиальном направлении. Такая картина течения в общих чертах соответствует реальной физической ситуации в вихревой камере в зоне тангенциального сопла, когда отбор холодного газа осуществляется через отверстие диафрагмы с эффективным радиусом отбора массы  $r_2$ .

Граничные условия сводятся к заданию радиальной и тангенциальной составляющих скорости по периферии вихря

$$V_r(r_1) = V_{r1}; V_\phi(r_1) = V_{\phi1} \quad (16)$$

введя число Рейнольдса  $Re = \frac{r_1 \rho_1 |V_{r1}|}{\mu}$ , уравне-

ние (10) с учетом (14) в зоне, где присутствует радиальное течение, можно представить в виде:

$$\frac{d^2 V_\phi}{dr^2} + (1 - R) \frac{dV_\phi}{dr} - (1 + R) \frac{V_\phi}{r^2} = 0; \quad (17)$$

$$r_2 \leq r \leq r_1,$$

где  $R = \frac{V_{r1} Re}{|V_{r1}|}$  – алгебраическая величина, при-

нимающая как положительные, так и отрицательные значения; знак ее совпадает со знаком радиальной составляющей скорости.

В зоне чисто вихревого движения, где  $V_r = 0$ , уравнение импульсов (10) для тангенциальной составляющей принимает простой вид:

$$\frac{d^2 V_\phi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dV_\phi}{dr} - \frac{V_\phi}{r^2} = 0; 0 \leq r \leq r_2, \quad (18)$$

Решая совместно уравнения (17) и (18), кроме ограниченности скорости и удовлетворения граничным условиям (16), потребуем, чтобы на границе раздела двух вихревых зон при  $r = r_2$  тангенциальная составляющая и ее первая производная были непрерывными функциями. В результате находим решение:

$$\frac{V_\phi}{V_{\phi1}} = \begin{cases} \left[ 1 + \frac{R}{2} (r_2 / r_1)^{R+2} \right]^{-1} \times \\ \times \left[ (r / r_1)^{R+1} + \frac{R}{2} (r_2 / r_1)^{R+2} \right]; r_2 \leq r \leq r_1; \\ (1 + R/2) (r_2 / r_1)^R \times \\ \times \left[ 1 + \frac{R}{2} (r_2 / r_1)^{R+2} \right]^{-1} \frac{r}{r_1}; 0 \leq r \leq r_2. \end{cases} \quad (19)$$

Из соотношения (19) следует, что профиль вращательной составляющей скорости зависит от двух параметров:  $R_1$  и отношения  $r_2/r_1$ . Первый параметр характеризуется числом Рейнольдса радиального течения на выходе из сопла и задает характерную скорость радиального течения в вихрестоке. Именно от этого параметра зависит выпуклость профиля скорости по отношению к линейному профилю квазитвердого вращения при  $R_1 = 0$ . Второй параметр определяется отношением радиуса отбора массы к радиусу вихря. Результаты расчетов показывают [7, 8], что максимумы вращательной скорости в вихре при одинаковых значениях  $R_1$  приблизительно обратно пропорциональны величинам относительных радиусов  $r_2/r_1$ . На рисунке 3 представлены результаты сравнения теоретических расчетов профиля скорости по формуле (19) с экспериментальными данными, приведенными в источнике [9]. Как видно из представленных графиков, расчеты обеспечивают достаточно хорошее совпадение для весьма широкого спектра вращательных движений в вихревой камере.

Интегральные соотношения выводятся из уравнений Рейнольдса, записанных в цилиндрической системе координат с учетом осевой симметрии локальных параметров. С использованием выражений для касательных и нормальных составляющих напряжения трения уравнения Рейнольдса для вращающегося потока могут быть записаны в виде:

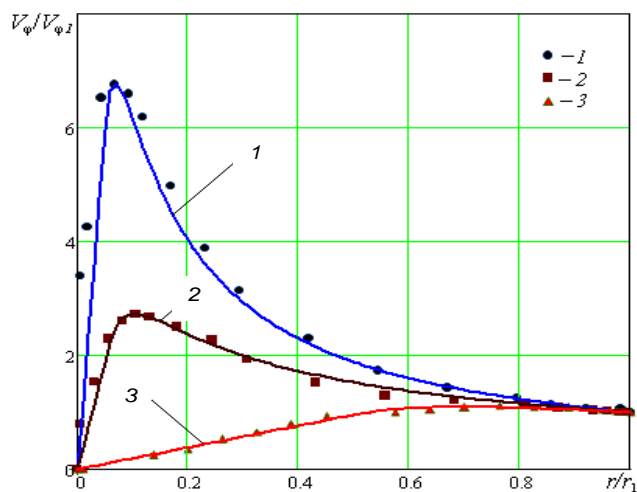


Рисунок 3. Графики тангенциальной скорости в поперечном сечении вихревой камеры  $z/L=0,5$ : Эксперимент: 1 –  $r_1=80$  мм;  $r_2=15$  мм;  $L=200$  мм;  $G=14,4$  г/с; 2 –  $r_1=80$  мм;  $r_2=30$  мм;  $L=40$  мм;  $G=6,25$  г/с; 3 –  $r_1=80$  мм;  $r_2=60$  мм;  $L=200$  мм;  $G=43,2$  г/с.

Расчет по формуле (19): 4 –  $Re=2,76$ ;  $r_2/r_1=0,05$ ; 5 –  $Re=1,9$ ;  $r_2/r_1=0,06$ ; 6 –  $Re=2,7$ ;  $r_2/r_1=0,5$

$$\frac{\partial(rpvw)}{\partial r} + \frac{\partial(rpw^2)}{\partial x} = -\frac{\partial(rP)}{\partial x} + \frac{\partial(r\sigma_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(r\tau_{rx})}{\partial r}; \quad (20)$$

$$\frac{\partial(r^2\rho uv)}{\partial r} + \frac{\partial(r^2\rho uw)}{\partial x} = \frac{\partial(r^2\tau_{\phi x})}{\partial x} + \frac{\partial(r^2\tau_{r\phi})}{\partial r}; \quad (21)$$

$$\frac{\partial(rpv^2)}{\partial r} + \frac{\partial(rpvw)}{\partial x} - \rho u^2 = -r \frac{\partial P}{\partial r} + \frac{\partial(r\tau_{rx})}{\partial x} + \frac{\partial(r\sigma_{rr})}{\partial r} - \sigma_{\phi\phi}, \quad (22)$$

где  $v, u, w$  – радиальная, вращательная и осевая составляющие осредненной скорости соответственно.

Касательные ( $\tau_{ij}$ ) и нормальные ( $\sigma_{ij}$ ) составляющие тензора напряжений представляют собой сумму вязких и турбулентных (рейнольдсовых) напряжений и записываются в виде:

$$\tau_{rx} = \mu \left( \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) - \overline{\rho v'w'}; \quad \sigma_{rr} = 2\mu \frac{\partial v}{\partial x} - \overline{\rho v'^2} \quad (23)$$

$$\tau_{r\phi} = \mu \left( \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r} \right) - \overline{\rho v'u'}; \quad \sigma_{\phi\phi} = 2\mu \frac{v}{r} - \overline{\rho u'^2}; \quad (24)$$

$$\tau_{\phi x} = \mu \frac{\partial v}{\partial x} - \overline{\rho u'w'}; \quad \sigma_{xx} = 2\mu \frac{\partial w}{\partial x} - \overline{\rho w'^2}. \quad (25)$$

Уравнение неразрывности для турбулентного движения не изменяется и имеет вид:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial(rpv)}{\partial r} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial x}, \quad (26)$$

а уравнение энергии можно записать как

$$\frac{\partial(rpv c_p T)}{\partial r} + \frac{\partial(rpw c_p T)}{\partial x} = \frac{\partial(rq_r)}{\partial r} + \frac{\partial(rq_x)}{\partial x}, \quad (27)$$

где составляющие плотности теплового потока ( $Вт/м^3$ ) равны

$$q_r = \lambda \frac{\partial T}{\partial r} - c_p \overline{v'(\rho T)'}; \quad q_x = \lambda \frac{\partial T}{\partial x} - c_p \overline{w'(\rho T)'},$$

где  $c_p$  – изобарная теплоемкость, Дж/кг·К

При больших значениях числа Рейнольдса вязкие напряжения и перенос теплоты молекулярной теплопроводностью по сравнению с турбулентными малы и могут не учитываться.

Для замыкания системы уравнений движения, тепло- и массообмена при турбулентном движении закрученного потока необходимо связать осредненные и пульсационные характеристики. Эти соотношения могут быть найдены на основе гипотез полуэмпирического характера.

Интегральные соотношения для закрученного потока получают интегрированием уравнений (22), (23) по переменной  $r$  в интервале  $(0, R)$ . Выведенные таким путем соотношения имеют вид [6]:

$$\frac{d}{dx} \int_0^R (P + \rho w^2) r dr = -R\tau_{xw};$$

$$\frac{d}{dx} \int_0^R \rho u w r^2 dr = R^2 \tau_{\varphi w}, \quad (28)$$

где  $\tau_{xw}$  и  $\tau_{\varphi w}$  – касательные напряжения трения на поверхности канала в направлениях  $x$  и  $\varphi$ , Па.

Приведенные интегральные уравнения выражают первую и вторую теоремы Эйлера для закрученного течения в трубе. С учетом уравнения (1) и формулы (2) они могут быть преобразованы к виду:

$$\frac{d}{d\bar{x}} \left( \frac{\Phi_*}{\Phi} \int_0^R (P + \rho w^2) r dr \right) = -R\tau_{xw};$$

$$\frac{d}{d\bar{x}} \left( \Phi_* \int_0^R \rho w^2 r dr \right) = -2R\tau_{\varphi w}, \quad (29)$$

где  $\bar{x} = x / 2R$  – относительное расстояние от источника закрутки.

С учетом формул для  $K$  и  $M$  эти выражения преобразуются к форме:

$$\frac{dK}{d\bar{x}} = -2\pi R^2 \tau_{xw}; \quad \frac{dM}{d\bar{x}} = -2\pi R^3 \tau_{\varphi w}. \quad (30)$$

Из этих полученных уравнений видно, что напряжения трения на поверхности канала зависят от  $M$ ,  $K$  и радиуса канала  $R$ . Поэтому параметр закрутки используется в качестве критерия подобия, отражающего влияние закрутки потока на трение и процессы тепло- и массопереноса.

### Заключение

На основе анализа исследований газодинамики вихревых камер, к которым относится и аэродезинтегратор, установлено, что существует ряд моделей газодинамики закрученных потоков при различных способах закрутки в ламинарном и турбулентном ре-

жимах течения. Основными характеристиками закрученного течения в аэродезинтеграторе являются: радиальное распределение тангенциальной скорости; завихренность; циркуляция вдоль концентрических траекторий; угловая скорость относительно оси симметрии потока. Интегральные модели позволяют получить выражения для инженерных расчетов параметров течения и энергетических потерь применительно к аэродезинтегратору.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правдина, М.Х. Моделирование аэродинамики и измельчения в вихревой камере: дис. ... докт. техн. наук: 01.02.05 / Правдина Маргарита Хаймовна; Институт теплофизики СО РАН. – Новосибирск, 1994. – 170 с.
2. Гольдштик, М.А. О движении частиц в вихревой камере / М.А. Гольдштик, В.Н. Сорокин // Прикладная механика и техническая физика. – 1968. – № 6. – С. 149-152.
3. Аман, С.О. Низкоскоростное ударное измельчение / С.О. Аман, М.А. Гольдштик, А.В. Лебедев, М.Х. Правдина // Известия СО АН СССР. – 1989. – Серия технических наук. – Вып. 6. – С. 51-57.
4. Горлов, А.С. Вихре-акустический диспергатор комплексного воздействия на частицы измельчаемого материала: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13 / Горлов Александр Семенович; Белгородский ГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2006. – 22 с.
5. Устройство для измельчения материалов: пат. 2014136 РФ: В02 С19/06 / А.П. Ахрамович, В.П. Колос, А.А. Малышев, В.Н. Сорокин; опубл. 15.06.1994.
6. Шукин, В.К. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах / В.К. Шукин, А.А. Халатов. – М.: Машиностроение, 1982. – 200 с.
7. Тютюма, В.Д. О механизме эффекта Ранка-Хилша / В.Д. Тютюма // Инженерно-физический журнал. – 2011. – Т. 84, № 3. – С. 565-570.
8. Тютюма, В.Д. Эффективность энергоразделения вихресточка / В.Д. Тютюма // Инженерно-физический журнал. – 2016. – Т. 89, № 2. – С. 412-416.
9. Смульский, И.И. Аэродинамика и процессы в вихревых камерах / И.И. Смульский. – Новосибирск: Наука, 1992. – 301 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 16.04.2026

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТЕРЬЕРНЫХ ПРИЗНАКОВ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЯСА КЛАРИЕВОГО СОМА, ВЫРАЩЕННОГО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

А.В. Козырь,

ст. преподаватель Полесского государственного университета

Е.В. Таразевич,

профессор каф. технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ, докт. с.-х. наук, профессор

*В статье представлены рыбохозяйственные показатели выращивания клариевого сома в различных установках замкнутого водообеспечения – классической (по схеме И.В. Проскуренко) и новой разработанной системой интенсификации технологических процессов, состоящей из электрофлотационного модуля, безреагентного рН-корректора и фитомодуля. Дана сравнительная характеристика интерьерных признаков товарного сома и химического состава мяса.*

*Ключевые слова: клариевый сом, рыбохозяйственные показатели, интерьерные признаки, химический состав мяса.*

*This article presents the fishery performance indicators of *Clarias gariepinus* rearing in various recirculating aquaculture systems: a classic system (based on I.V. Proskurenko's design) and a newly developed process intensification system consisting of an electroflotation module, a reagent-free pH corrector, and a phytomodule. A comparative analysis of the interior characteristics of commercial catfish and the chemical composition of their meat is provided.*

*Keywords: *Clarias gariepinus*, fishery performance indicators, interior characteristics, chemical composition of their meat.*

### Введение

В настоящее время ежегодный рост аквакультуры в мире составляет около 6 % (106 млн т). По темпам роста аквакультура обогнала все прочие системы производства продовольствия. Она является динамично развивающимся направлением. В течение последних двух десятилетий аквакультура Азии давала примерно 89 % мирового производства рыбы для употребления в пищу. К странам – лидерам по производству продукции аквакультуры относятся Китай и страны ЕС. Наиболее быстрыми темпами роста аквакультуры характеризуются страны Африки.

При анализе видовой структуры выращиваемых рыб в Беларуси установлено 15 видов, 75-76 % из которых составляет карп, на долю ценных видов (лососевых, осетровых, сомовых) приходится менее 2 %. Производство сомовых составляет всего 0,4 %, то есть менее 20 тонн. Эти показатели подтверждают необходимость увеличения объемов выращивания семейства сомовых на рыбоводных предприятиях Республики Беларусь. Наиболее перспективным объектом семейства сомовых является клариевый сом (*Clarias gariepinus*). Технология его выращивания основана на использовании установки замкнутого водообеспечения (УЗВ). Одной из основных проблем для увеличения

количества выращивания товарного сома является недостаток посадочного материала. В настоящее время он завозится из-за рубежа (России, Украины, Израиля, Египета) и имеет высокую себестоимость (1,5-2,0 руб. за 1 экз. среднештучной массой 10-15 г).

Воспроизводство и выращивание посадочного материала клариевого сома является сложным технологическим процессом и зависит от многих факторов, влияющих на выживаемость и темп массонакопления [1]. Учеными-рыбоводами учреждения образования «Полесский государственный университет» (В.В. Ярмош, А.В. Астренков, Л.С. Цвирко, А.В. Козырь) усовершенствована разработанная установка замкнутого водообеспечения [2]. Данная установка позволяет обеспечить:

- создание благоприятного гидрохимического и температурного режима для преднерестового содержания производителей (самок и самцов);
- получение половых продуктов (икры и спермы);
- проведение инкубации икры и выдерживание предличинок и личинок;
- выращивание посадочного материала до массы 1 г и до стандартной среднештучной массы – 25-30 г.

Особенно существенные новшества были внесены в конструкцию инкубационного аппарата гори-

зонтального типа и аппарата для подрощивания молоди клариевого сома до жизнестойких стадий. Молодь массой 0,2-0,5 г может питаться искусственными кормами и ее выживаемость на этой стадии достигает 80-90 %. При достижении массы 10 г молодь клариевого сома обладает наибольшей стрессоустойчивостью и жизнестойкостью. Начиная с этой стадии роста, молодь сома переводят на кормление продукционными кормами с малым диаметром гранул, и выращивание приближается к условиям товарного выращивания и формирования ремонтно-маточного стада. Производительность получения товарной продукции с 1 м<sup>3</sup> рыбоводных емкостей в таких системах может достигать 800–900 кг в год при выращивании клариевого сома. В настоящее время выход товарной продукции с 1 м<sup>3</sup> рыбоводных емкостей не превышает 380-400 кг. В мире ведутся исследования по разработке различных технологий интенсивного выращивания товарного клариевого сома в установках замкнутого водообеспечения [3].

Целью настоящей работы является проведение сравнительной оценки рыбохозяйственных признаков и химических показателей мяса товарного клариевого сома, выращенного в условиях УЗВ классического типа, и с использованием разработанной системы интенсификации технологических процессов.

**Основная часть**

На базе аквариальной Полесского государственного университета были смонтированы две установки замкнутого водообеспечения: опытная и контрольная. Контрольная УЗВ была разработана на основе схемы, предложенной И.В. Проскуренко [4, 5], которая считается классической и широко применяется в индустриальной аквакультуре при выращивании ценных видов рыб и гидробионтов в России, Беларуси и странах дальнего зарубежья.

Согласно плану проведения исследований, УЗВ были предварительно смонтированы из физических модулей, гидравлически отлажены и запущены. Их технологические схемы представлены на рисунке 1. Каждая УЗВ имела 4 цилиндрические рыбоводные емкости, изготовленные из полипропилена, систему механической фильтрации, представленную барабанным фильтром, систему биологической фильтрации с подвижной биоагрузкой полезной площадью 750 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

В опытную установку была включена новая разработанная система интенсификации технологи-

ческих процессов, состоящая из электрофлотационного модуля, позволяющего удалять микровзвеси и производить первичную деструкцию органических соединений; безреагентного рН-корректора, позволяющего производить разделение оборотных вод на католит и анолит с возможностью направления оборотных вод с различными значениями рН на технологические процессы, требующие дифференцированных показателей; фитомодуля, являющегося способом удаления нитратов из системы, позволяющего получать дополнительную фитопroduкцию.

Внедрение данных технологических новшеств потенциально позволяет эффективно использовать уже функционирующие УЗВ, а также повышать плотность посадки клариевого сома для товарного выращивания.

С учетом особенностей технологии выращивания клариевого сома весь технологический процесс был разделен на этапы, необходимые для контроля процессов массонакопления и сортировки. Проведение тотальной сортировки по массе товарного сома на

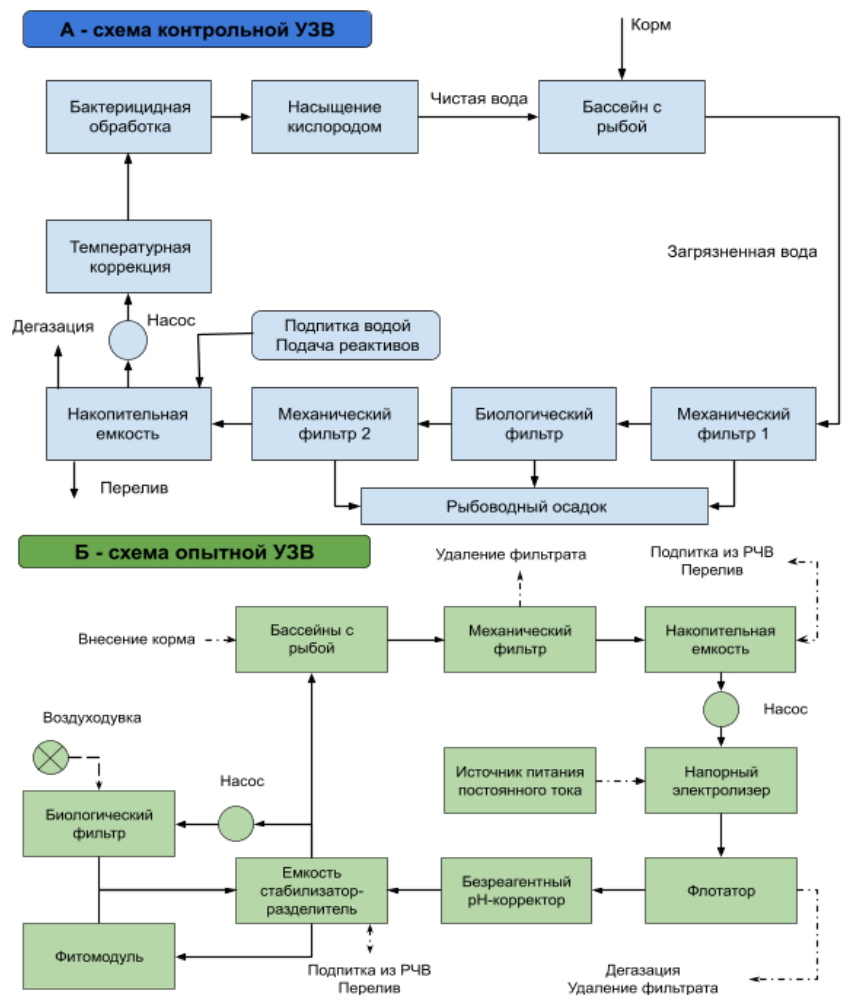


Рисунок 1. Технологические схемы контрольной и опытной УЗВ: А – контрольная (И.В. Проскуренко); Б – опытная (авторская разработка)

каждом цикле выращивания позволяет максимально бороться с каннибализмом, а при отсутствии стресса и сбалансированном кормлении – практически избежать его и после достижения массы 250-350 г [6, 7].

На каждом цикле выращивания в обеих системах были сформированы выборки по 50 особей, примерно равных среднештучных масс для определения ростовых показателей. Их значения представлены в таблице 1.

Согласно полученным результатам, в среднем за весь период выращивания (в течение 50 суток) клариевый сом в опытной установке рос на 5,74 процентных пункта или на 19,2 % быстрее, чем в контроле. На протяжении всего производственного цикла клариевый сом в опыте в среднем ежедневно рос на 1,05 г быстрее. Это обеспечило кумулятивное преимущество в массе к концу каждого этапа. За весь производственный этап клариевый сом в опытной группе имел большую упитанность, что подтверждается увеличением коэффициента упитанности (КУ) на 0,10 ед. Наибольшая разница наблюдается на 2 цикле выращивания (КУ в опытной группе выше на 8,1 %). С возрастом наблюдается снижение относительного прироста и скорости роста. В опытной системе относительный прирост сома от 1-го к 4-му циклу упал более чем в 2,9 раза (с 48,84 % до 16,62 %). В контрольной системе снижение составило с 39,4 9% до 14,92 % (2,6 раза). Эти данные свидетельствуют о лучшем половом созревании старших возрастных особей сома.

Наряду с повышением продуктивности немаловажное значение приобретает товарное качество выращиваемой рыбы, которое определяет в конечном счете ее конкурентоспособность. Важным показателем для оценки продуктивности рыбы является его пищевая ценность, которая зависит от соотношения съедобных и несъедобных частей тела и его химического состава. Чем выше выход съедобной части тела (тушки), тем больше пищевая ценность.

Соотношение съедобных и несъедобных частей тела является одним из основных интерьерных показателей, характеризующих потребительские качества выращиваемой рыбы [8]. С целью определения товарных качеств клариевого сома, выращиваемого в различных технологических условиях, была проведена оценка его интерьерных признаков и химического состава (рис. 2); (табл. 2).

В зависимости от используемой системы выращивания не обнаружено достоверных различий в изменении массового состава клариевого сома. Значения выхода филе, головы и костей соответствуют данным, представленным в [9]. Однако у сома, выращиваемого в контрольной системе, было обнаружено значительное количество висцерального жира у всех исследуемых особей, в то время как в контроле его количество находилось в норме.

Согласно результатам анализов, в опыте клариевый сом имеет лучшие показатели индекса белок/жир: для 3-го цикла выращивания данный показатель равен 2,20 в опыте и 2,07 – в контроле, для 4-го цикла – 1,95 и 1,89 соответственно. Данный факт говорит о том, что мясо в опытной группе содержит больше белка на единицу жира, что повышает его питательную ценность и технологическую привлекательность для переработки, а также мясо в опытной группе имеет меньшую влажность [10-12].

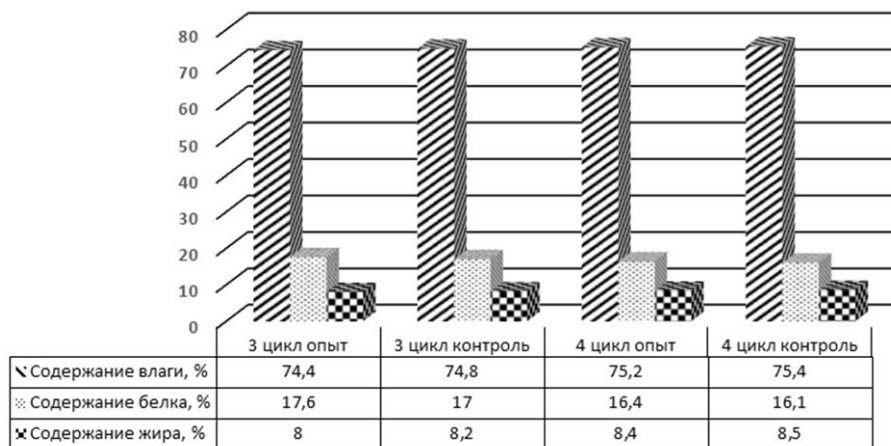


Рисунок 2. Химический состав образцов мяса клариевого сома на товарных стадиях выращивания

Таблица 1. Рыбохозяйственные показатели клариевого сома на разных циклах товарного выращивания в разных системах УЗВ

Показатель	1 цикл		2 цикл		3 цикл		4 цикл	
	Опыт	Контр.	Опыт	Контр.	Опыт	Контр.	Опыт	Контр.
Биомасса посадочного материала, кг	350	350	390	390	450	450	490	490
Среднештучная масса, г	350	350	500	500	750	750	1000	1000
Плотность зарыбления, экз./м <sup>3</sup>	1000	1000	780	780	600	600	470	470
Относительный прирост, %	48,84	39,49	43,10	38,57	33,69	26,30	16,62	14,92
Абсолютный прирост, кг	0,168	0,139	0,225	0,189	0,250	0,201	0,169	0,148
Среднесуточный прирост, г	5,60	4,63	7,20	6,30	8,33	6,70	5,63	4,93
Коэффициент упитанности по Фультону (КУ),	2,33	2,18	2,28	2,11	2,13	2,07	1,79	1,77
Индекс прогонистости (КВ)	5,41	5,44	5,49	5,56	5,56	5,59	5,89	5,93
Индекс относительной толщины тела (КТ), %	0,23	0,22	0,23	0,22	0,22	0,21	0,22	0,21
Индекс большеголовости (КБ), %	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,26	0,26	0,26
Индекс компактности (КС), %	0,47	0,46	0,47	0,46	0,46	0,45	0,43	0,43

**Таблица 2. Интерьерные показатели товарного клариевого сома, выращенного в опытной и классической УЗВ**

Часть тела	Опыт масса, г	% от общей массы	Контроль масса, г	% от общей массы
Целая рыба	1177,20 ± 48,38	100,00	1160,10 ± 47,65	100,00
Тушка	796,20 ± 39,18	67,64	770,00 ± 38,21	66,36
Филе	593,40 ± 28,96	50,42	574,20 ± 29,17	49,49
Икра	33,40 ± 2,14	2,84	32,70 ± 2,27	2,82
Голова	227,40 ± 11,15	19,32	221,40 ± 11,64	19,09
Плавники	24,30 ± 1,19	2,06	23,80 ± 1,17	2,05
Кости	60,70 ± 3,01	5,16	59,40 ± 2,96	5,12
Внутренности	41,80 ± 3,57	3,55	42,60 ± 4,54	3,67

### Заключение

1. Использование системы интенсификационных методов технологии выращивания товарного клариевого сома обеспечивает значительный прирост продукции. Клариевый сом в опытной установке рос на 19,2 % быстрее, чем в контроле. На протяжении всего производственного цикла клариевый сом в опыте в среднем ежедневно рос на 1,05 г быстрее. Это обеспечило кумулятивное преимущество в массе к концу каждого этапа. За весь производственный этап клариевый сом в опытной группе имел большую упитанность, что подтверждается увеличением КУ на 0,10 ед.

2. Существенных различий по интерьерным признакам у товарного клариевого сома, выращенного в опытной и классической УЗВ, не установлено. Выход тушки в опытной партии составляет 67,64 %, в экспериментальной – 66,36 %, выход филейной части – 50,49 % и 49,49 % соответственно.

3. Мясо товарного сома, выращенного в экспериментальной УЗВ, содержит больше белка на единицу жира и имеет меньшую влажность, что повышает его питательную ценность и технологическую привлекательность сырья для переработки.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ярмош, В.В. Клариевый сом – перспективный объект индустриального рыбоводства: монография / В.В. Ярмош [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2020. – 203 с.

2. Ярмош, В.В. Изменение темпа роста клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в зависимости от стадии полового созревания / В.В. Ярмош, А.В. Козырь, Т.В. Масайло // Научный потенциал молодежи – будущее Беларуси: материалы XII междунар. молодежной науч.-практ. конф.: в 3-х ч., Пинск, 6 апреля 2018 г. / Полес. гос. ун-т; редкол.: К.К. Шебеко [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2018. – Ч. 2. – С. 206-208.

3. Ярмош, В.В. Влияние сортировки на темп роста и проявление каннибализма при выращивании клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / В.В. Ярмош, А.В. Козырь // Научный потенциал молодежи – будущее Беларуси: материалы XII междунар. молодеж-

ной науч.-практ. конф.: в 3-х ч., Пинск, 7 апреля 2017 г. / Полес. гос. ун-т; редкол.: К.К. Шебеко [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2020. – Ч. 3. – С. 122-124.

4. Томеди, Э.М. Проблемы выращивания африканского сомика (*Clarias gariepinus*) в индустриальных условиях в Камеруне / Э.М. Томеди // Вестник Астраханского. гос. техн. ун-та. Сер. Рыбное хозяйство. – 2000. – С. 123-128.

5. Проскуренко, И.В. Замкнутые рыбоводные установки / И.В. Проскуренко. – М.: ВНИРО, 2003. – 152 с.

6. Власов, В.А. Воспроизводство и выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в установках с замкнутым водообеспечением (УЗВ) / В.А. Власов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2012. – №7. – С. 26-35.

7. Никифоров, А.И. Сом (*Clarias gariepinus*) – строение тела и морфологические особенности мускулатуры / А.И. Никифоров, А.В. Майлкова // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 2008. – № 24. – С. 170-173.

8. Никифоров, А.И. Морфологические и товарные качества промышленно выращиваемого клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / А.И. Никифоров, А.В. Майлкова // Современное состояние водных биоресурсов: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 70-летию С.М. Коновалова. – Владивосток: Тихоокеанский науч.-исслед. рыбохозяйственный центр, 2008. – С. 763-765.

9. Власов, В.А. Влияние разноразмерных особей *Clarias gariepinus* в популяции на результаты их выращивания / В.А. Власов, В.В. Дернаков // Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов: материалы междунар. науч.-практ. конф., пос. Борок, 17-20 июля 2007 г. / Ин-т биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина; редкол.: А.В. Крылов. – М., 2007. – С.127-132.

10. Ярмош, В.В. Методика морфометрических исследований рыбохозяйственных показателей клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / В.В. Ярмош, А.В. Козырь // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. – 2022. – № 2. – С. 74-81.

11. Басова, Е.В. Технохимическая характеристика клариевого сома / Е.В. Басова, Е.Е. Иванова, В.Я. Скляр // Известия вузов. – 2013. – № 5. – С. 18-20.

12. Иванов, А.А. Физиология рыб / А.А. Иванов. – 2-е изд. – СПб.: Лань, 2011. – 288 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 17.04.2026

## ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГРУНТОЗАМЕЩАЮЩИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

**И.А. Павлович,**

*ст. преподаватель каф. практической подготовки студентов БГАТУ*

**С.М. Барайшук,**

*зав. каф. практической подготовки студентов БГАТУ, канд. физ.-мат. наук, доцент*

*В статье обоснована экономическая и экологическая эффективность применения композиционной грунтозамещающей смеси для заземляющих устройств сельскохозяйственных электроустановок. Использование смеси на основе глины, графита и гидрогеля обеспечивает соблюдение нормируемого сопротивления  $R \leq 4$  Ом согласно ТКП 339-2022 при сокращении количества вертикальных электродов и снижении капитальных затрат. Технологическое решение исключает применение химически агрессивных реагентов и обеспечивает стабильность параметров заземления в течение года.*

*Ключевые слова: заземляющее устройство, грунтозамещающая смесь, экономическая эффективность, экологическая безопасность, металлоемкость, выбросы  $CO_2$ .*

*The article substantiates the economic and environmental efficiency of using a composite soil-replacing mixture for grounding devices of agricultural electrical installations. The use of mixture based on clay, graphite, and hydrogel ensures compliance with the normalized resistance of  $R \leq 4$  Ohm according to TKP 339-2022 while reducing the number of vertical electrodes and reducing the capital cost. The technological solution eliminates the use of chemically aggressive reagents and ensures the stability of grounding parameters throughout the year.*

*Keywords: grounding device, soil-replacing mixture, economic efficiency, environmental safety, metal consumption,  $CO_2$  emissions.*

### Введение

Обеспечение стабильного сопротивления заземляющих устройств (ЗУ) представляет серьезную техническую проблему, особенно для грунтов с высоким удельным сопротивлением и значительными сезонными колебаниями влажности [1]. Ключевой сложностью является сильная зависимость удельного сопротивления грунта от температурно-влажностных условий [2], что создает риски временного превышения нормативных значений сопротивления ЗУ и угрозу электробезопасности [3]. Решение этих проблем неизбежно приводит к увеличению затрат.

Применяют различные методы снижения сопротивления заземляющего устройства, каждый из которых имеет свои особенности. Стабилизация влажности грунта посредством искусственного увлажнения или применения дренажных систем позволяет минимизировать сезонные колебания сопротивления [4]. Установка глубинных заземлителей ниже зоны промерзания грунта снижает их зависимость от температурных колебаний [5, 6], однако такие решения значительно дороже традиционного увеличения количества электродов [7].

Эффективным решением является химическая обработка грунта, хотя и требует регулярного обновления из-за вымывания реагентов [8]. Используются также заземлители в бетонной оболочке, которые демонстрируют повышенную проводимость и коррозионную стойкость, однако они требуют точного расчета состава бетонной смеси [9]. Ранее было установлено [10], что одним из перспективных способов является оптимизация электрофизических параметров заземляющих устройств при помощи грунтозамещающих композиционных смесей, обеспечивающих стабильность электрофизических параметров при температурно-влажностных колебаниях [7; 11]. Применение таких смесей требует учета возможного влияния на природные свойства грунтов [12], их техническая и экологическая эффективность зависит от влажностного режима [3; 13], а затраты на материалы и монтаж требуют экономического обоснования.

Проблемы эффективности заземляющих устройств и обеспечения электробезопасности освещены в работах Е.А. Дерюгиной, А. И. Якобс, Л. М. Веденеевой, А.В. Чудинова, Д.Е. Кучеренко, Д.Н. Грищенко, В.А. Михайловой, В.Г. Андруша, А.И. Федорчука, М.А. Короткевича.

Целью данной статьи является обоснование эколого-экономической и технологической эффективности композиционной грунтозамещающей смеси на основе проводящих и влагостабилизирующих компонентов.

### Основная часть

Для сельскохозяйственных электроустановок напряжением до 1000 В, питающихся от сетей с глухозаземленной нейтралью (система TN-C-S), нормирование сопротивления защитного заземления осуществляется в соответствии с требованиями пунктов 4.3.8.2 и 4.3.8.4 ТКП 339-2022 [14].

Согласно пункту 4.3.8.2, сопротивление заземляющего устройства, к которому непосредственно присоединена нейтраль трансформатора (основной заземлитель), в любое время года должно быть не более 2, 4 или 8 Ом при линейных напряжениях 690, 400 и 230 В соответственно. Таким образом, для сельских электрических сетей стандартным является линейное напряжение 400 В, для которого нормируемое сопротивление основного заземляющего устройства составляет 4 Ом.

На основе рекомендованных методик [15] был проведен расчет сопротивления заземляющего устройства без применения грунтозамещающей смеси для среднего удельного сопротивления грунта в Республике Беларусь.

Требуемое количество вертикальных стержней  $n$  для группового заземлителя (без учета коэффициента использования и сопротивления полосы) находится как [15, 16]:

$$n = \frac{R_B}{R_U} = \frac{160,6}{4} = 40,18 \approx 40 \text{ шт.}, \quad (1)$$

где  $R_B$  – сопротивление вертикального стержня, полученное экспериментальным путем, Ом

$R_U$  – допустимое сопротивление контура заземления, Ом

Если за конфигурацию группового заземлителя принять контур, длина горизонтальной полосы  $l_T$  определяется по формуле (10.19), приведенной в [16], причем расстояние между вертикальными электродамиратно одной длине вертикального электрода,  $a=3$  м:

$$l_T = 117 \text{ м.} \quad (2)$$

Для заданных условий, согласно первоначальному расчету по методике [16], для контура из 40 вертикальных электродов длиной 3 м, соединенных горизонтальной полосой длиной 117 м, получено значение сопротивления  $R_{гр} \approx 4,5$  Ом. Данная величина превышает нормируемое значение, установленное ТКП 339-2022 для основного заземляющего устройства в сети с глухозаземленной нейтралью при линейном напряжении 380 В [14].

Для обеспечения требуемого уровня электробезопасности и соблюдения условия  $R_{гр} \leq R_U$  потребовалось увеличить количество вертикальных электродов. Расчет показал, что при доведении числа стержней до  $n=46$  и соответствующем увеличении длины горизонтальной

связи до 138 м сопротивление контура снижается до  $R_{гр} \approx 3,92$  Ом, что укладывается в допустимый предел.

Таким образом, защитное заземление представляет собой защитный контур, состоящий из 46 вертикальных электродов, установленных на расстоянии 3 м, соединенных между собой горизонтальной полосой, смонтированной на глубине 0,5 м.

При применении околоэлектродных смесей необходимо использовать эквивалентное значение удельного сопротивления грунта с учетом замещения. Для определения эквивалентного удельного сопротивления грунта с учетом замещения части грунта смесью используем формулу, полученную на основе экспериментальных данных для однослойного грунта [10]:

$$\rho_{экр} = \rho_3 \cdot 0,98^{\frac{d_{смеси}}{d_3}} \cdot \left( \frac{\rho_{смеси}}{\rho_3} \right)^{\frac{1}{3\pi}}, \quad (3)$$

где  $\rho_{экр}$  – искомое расчетное удельное сопротивление, Ом · м;

$\rho_3$  – удельное сопротивление грунта, Ом · м;

$d_{смеси}$  – эквивалентный диаметр заземлителя, м;

$d_3$  – диаметр заземлителя, м;

$\rho_{смеси}$  – удельное сопротивление смеси, Ом · м.

В расчете были использованы те же нормативы удельного сопротивления грунта  $\rho_3$ .

Определяем сопротивление растеканию одиночного вертикального электрода  $R_B$  по формуле (4) из [15]:

$$R_B = 112,3 \text{ Ом}$$

В расчете будем использовать такие же параметры заземляющего устройства, что и для контрольного контура. Приближенное количество вертикальных стержней  $n$  при требуемом сопротивлении искусственного заземлителя

$$R_U = 4 \text{ Ом: } n \approx 28 \text{ шт.}$$

Определяем соответствующую длину горизонтальной полосы из [16]:

$$l_T = 81 \text{ м.}$$

Тогда сопротивление растеканию одиночного горизонтального заземлителя  $R_T$  и сопротивление всего контура  $R_{гр}$ :

$$R_T = 16,5 \text{ Ом,}$$

$$R_{гр} = 3,99 \text{ Ом.}$$

Полученное сопротивление растеканию тока группового заземлителя в обоих случаях находится в пределах, обозначенных в [1; 14; 16]

$$0,8 R_U \leq R_{гр} \leq R_U \quad (4)$$

Из расчетов следует, что при использовании смеси для оптимизации электрофизических параметров заземляющего устройства в качестве засыпки для замены грунта в околоэлектродном пространстве возможно упрощение монтажа контура заземления и уменьшение количества электродов на 30 %.

Расчет стоимости заземляющего устройства был проведен с учетом рыночной цены комплектующих. В таблице 1 приведена стоимость комплектующих элементов заземляющего устройства используемого типа без применения грунтозамещающей смеси (вариант 1) и с ее применением (вариант 2).

Произведем расчет экономической эффективности использования заземляющего устройства:

Экономия на капитальных затратах=3374,66 руб.

Как видно из таблицы 1, при монтаже контура заземления с использованием предлагаемой смеси возникает существенная экономия денежных средств.

Аналогичным образом произведем расчет еще нескольких объектов (табл. 2).

На представленных на рисунке 1 графиках показаны сравнения количества использованных электродов.

Как видно из графика, наибольшая экономия достигается при наибольшем удельном сопротивлении грунта на объекте монтажа.

Помимо прямой экономии материальных и трудовых ресурсов, применение грунтозамещающих смесей открывает возможность для оптимизации геометрических параметров заземляющего устройства. В условиях плотной застройки или дефицита свободной

территории актуальной становится задача минимизации площади, отводимой под контур заземления, при безусловном соблюдении нормативных требований по сопротивлению.

Для формализации данной задачи введем следующие обозначения:

$n$  – количество вертикальных электродов в контуре (целое число,  $n \geq 4$ );

$a$  – расстояние между соседними вертикальными электродами, м;

$L_v$  – длина вертикального электрода, м;

$V_{см}$  – объем грунтозамещающей смеси, засыпаемой вокруг одного вертикального электрода, м<sup>3</sup>;

$R_{гр}$  – сопротивление группового заземлителя, Ом;

$R_{норм}$  – нормируемое значение сопротивления.

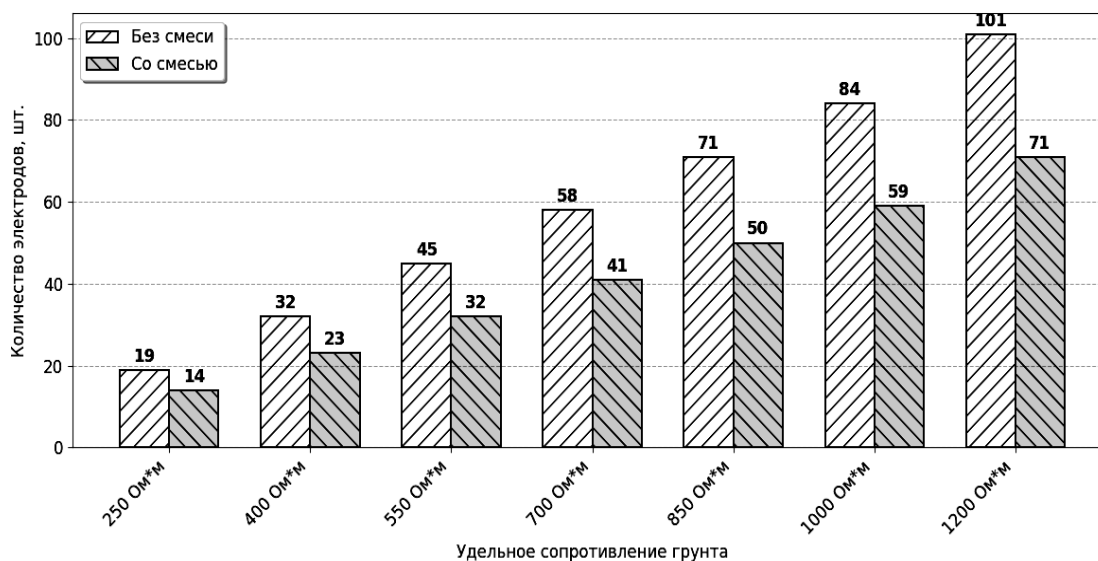
Целевой функцией выступает площадь  $S$ , занимаемая контуром заземления. При равномерном размещении электродов по периметру квадрата его площадь выражается через периметр ( $n \cdot a$ ):

$$S = \left( \frac{n \cdot a}{4} \right)^2. \quad (5)$$

Таким образом, задача оптимизации формулируется следующим образом:

**Таблица 1. Стоимость монтажа контура заземления**

Наименование товара	Стоимость с НДС, руб.	Вариант 1		Вариант 2	
		Количество, шт	Стоимость, руб	Количество, шт	Стоимость, руб
Вертикальный заземлитель 16 мм (1,5 м)	57,20	92	5262,4	56	3203,2
Муфта	21,89	46	1006,9	28	612,92
Наконечник	17,65	46	811,9	28	494,2
Забивочник	10,46	46	481,2	28	292,88
Зажим	30,59	46	1407,1	28	856,52
Полоса 40x4 (1,0 м)	14,08	138	1943,0	81	1140,48
Глина (1кг)	0,36	0	0	257,04	257,04
Гидрогель (1кг)	36	0	0	302,4	302,4
Графит (1кг)	3	0	0	378	378
<b>Итого</b>			<b>10 912,5</b>		<b>7537,64</b>



**Рисунок 1. Сравнение количества электродов**

**Таблица 2. Результаты расчетов**

Исходное $\rho$ грунта, Ом·м	Без смеси		С применением смеси		Экономический эффект	
	Кол-во электро- дов, шт.	Стоимость, руб.	Кол-во элек- тродов, шт.	Стоимость, руб.	Экономия, руб.	Снижение затрат, %
250	20	4 162	14	3 048	1 114	26.8%
400	32	7 011	23	5 006	2 005	28.6%
550	45	9 860	32	6 965	2 895	29.4%
700	58	12 709	41	8 923	3 786	29.8%
850	71	15 558	50	10 881	4 677	30.1%
1000	84	18 407	59	12 840	5 567	30.2%
1200	101	22 132	71	15 438	6 694	30.2%

Минимизировать  $S = \left(\frac{n \cdot a}{4}\right)^2$  при ограничениях:

$$R_{гр}(n, a, L_b, V_{см}) \leq R_{норм}. \quad (6)$$

Сопротивление группового заземлителя  $R_{гр}$  рассчитывается по методике, изложенной в [15, 16], с учетом эквивалентного удельного сопротивления грунта  $\rho_{экв}$  при частичном замещении смесью согласно формуле (3).

Поскольку  $n$  – целочисленная переменная, а зависимости носят нелинейный характер, то для решения задачи использовался комбинированный метод: сначала непрерывная релаксация с последующим уточнением дискретных значений. На первом этапе  $L_b$  и  $V_{см}$  фиксируются исходя из условия максимальной эффективности (минимума  $R_b$ ). Затем из условий Куна–Таккера для непрерывных переменных  $n$  и  $a$  получается система двух нелинейных уравнений, которая решается численно. Найденное непрерывное значение  $n$  округляется до ближайших четных целых, после чего для каждого из них решением уравнения  $R_{гр} = R_{норм}$  находится соответствующее  $a$  и выбирается вариант с минимальной площадью  $S$ .

Поскольку в точке минимума площади ограничение по сопротивлению будет активным (иначе можно было бы уменьшить  $n$  или  $a$ ), заменим неравенство (6) равенством:

$$R_{гр}(n, a) = R_{норм} \quad (7)$$

$$L = \left(\frac{na}{4}\right)^2 + \lambda(R_{гр}(n, a) - R_{норм}) \quad (8)$$

Необходимые условия экстремума:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial n} = \frac{n^2 a}{8} + \lambda \frac{\partial R_{гр}}{\partial n}$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial a} = \frac{n^2 a}{8} + \lambda \frac{\partial R_{гр}}{\partial a} = 0$$

$$R_{гр}(n, a) = R_{норм}$$

Исключая  $\lambda$  из первых двух уравнений, получаем:

$$\frac{\partial R_{гр} / \partial a}{\partial R_{гр} / \partial n} = \frac{n}{a} \quad (9)$$

Таким образом, для нахождения оптимальных  $n$  и  $a$  необходимо решить систему двух нелинейных уравнений (7) и (8).

Следует отметить, что приоритет площади перед стоимостью может приводить к несколько увеличенному объему смеси или длинам электродов по сравнению со стоимостной оптимизацией, однако для стесненных условий такой компромисс является оправданным. Совместное применение разработанной смеси и методов математической оптимизации обеспечивает гибкость проектирования и позволяет в каждом конкретном случае выбирать наилучшее решение в зависимости от доступного пространства и бюджета.

Применение грунтозамещающей смеси позволяет оптимизировать конструкцию заземляющего устройства и снизить его металлоемкость. Проведенный анализ показывает, что данная технология обеспечивает сокращение расхода металла на 30 % по сравнению с традиционными решениями.

Для количественной оценки экологического эффекта был проведен расчет сокращения выбросов парниковых газов, в первую очередь диоксида углерода ( $CO_2$ ), образующихся на стадии производства металла.

За основу принято значение удельных выбросов  $CO_2$  при производстве одной тонны стали, составляющее в среднем 1,85 тонны  $CO_2$ -эквивалента по данным Всемирной ассоциации стали (WSA) [17, 18].

Расчет предотвращенных выбросов  $CO_2$  для одного заземляющего устройства производится по формуле:

$$\Delta E = M \cdot K \cdot UE, \quad (10)$$

где  $\Delta E$  – сокращение выбросов  $CO_2$ , т;

$M$  – исходная масса металла в заземляющем устройстве, т;

$K$  – коэффициент снижения металлоемкости (0,3);

$UE$  – удельные выбросы  $CO_2$  при производстве 1 тонны стали (1,85 т  $CO_2$ /т стали).

$$\Delta E = 0.37 \cdot 0,3 \cdot 1,85 = 0,204 \text{ т.}$$

Таким образом, для одного заземляющего устройства сокращение выбросов  $CO_2$  составит 0,204 тонны. Данная оценка наглядно демонстрирует вклад предлагаемого технологического решения в снижение углеродного следа и соответствует глобальным целям по смягчению антропогенного воздействия на климат [19].

Графит является природным минералом и абсолютно безопасным для окружающей среды. Он не растворяется в воде и не вступает в реакции, которые могли бы привести к образованию вредных для экосистемы соединений. Гидрогель (на основе полиакрилатов калия) представляет собой нетоксичный полимер, широко применяемый в сельском хозяйстве в

качестве влагоудерживающей добавки. Он биологически инертен, не разлагается в почве на опасные компоненты и не оказывает негативного воздействия на почвенную микрофлору и фауну [20, 21].

Традиционные методы химической обработки грунта, такие как использование солей (хлоридов, сульфатов), связаны с рисками вымывания реагентов, коррозии металлических элементов заземления и загрязнения почв и грунтовых вод. Предложенная смесь связывает соли в грунте в полусухой электролит. Это особенно критично в сельскохозяйственных регионах, где чистота почвы и воды напрямую влияет на качество продукции и экологическое равновесие.

Данное технологическое решение особенно актуально для объектов агропромышленного комплекса, расположенных в непосредственной близости от природных экосистем, водоохраных зон и источников водоснабжения, и вносит вклад в сохранение экологического баланса территорий.

### Заключение

Выполненные исследования подтверждают, что применение композиционной грунтозамещающей смеси на основе проводящих и влагостабилизирующих компонентов обеспечивает достижение нормируемого сопротивления заземляющего устройства ( $R \leq 4$  Ом) в соответствии с требованиями [1; 15] при одновременном снижении металлоемкости конструкции. Для средних грунтовых условий Республики Беларусь требуемое количество вертикальных электродов сокращается с 46 до 28 шт., что эквивалентно уменьшению расхода стали на 40 % и экономии капитальных затрат на 3375 руб. (31 %) на одно заземляющее устройство. Экологический эффект выражается в сокращении выбросов  $CO_2$  на 0,204 т за счет снижения потребления металла.

Данное технологическое решение исключает применение коррозионно-активных реагентов и обеспечивает стабильность электрических параметров заземления в течение года, что особенно актуально для объектов агропромышленного комплекса, расположенных вблизи природных экосистем. Полученные результаты демонстрируют экономическую и экологическую целесообразность внедрения разработанной смеси в практику проектирования заземляющих устройств сельскохозяйственных электроустановок.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (Грант № T25УЗБ-024).

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловых и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний: ТКП 339-2022 (33240). – Введен 20.12.2022. – Минск: Министерство энергетики Республики Беларусь, 2022. – 593 с.

2. Глушко, В.И. Влияние сезонных измерений параметров верхних слоев земли на электрические характеристики заземляющих устройств электроустановок / В.И. Глушко, О.Е. Ямный, Э.П. Ковалев // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2001. – № 2. – С. 60-68.

3. Герасимович, Д.А. Метод расчета электромагнитных характеристик уединенного стержневого заземлителя при стекании переменного тока промышленной частоты / Д.А. Герасимович, Е.А. Дерюгина // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2009. – № 5. – С. 22-33.

4. Vilson, L.C. The influence of seasonal soil moisture on the behavior of soil resistivity and power distribution grounding systems / L. Coelho Vilson, A. Piantini, A.D. Almaguer Hugo [et al.] // Electric Power Systems Research. – 2015. – Vol. 118. – P. 76-82.

5. Vedeneeva, L.M. Investigation of the influence of basic soil properties on the resistance of grounding devices / L.M. Vedeneeva, A.V. Chudinov // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil and gas and mining. – 2017. – Vol. 16, № 1. – P. 89-100.

6. Datsios, Z.G. Laboratory characterization and modeling of DC electrical resistivity of sandy soil with variable water resistivity and content / Z.G. Datsios, P.N. Mikropoulos, I. Karakousis // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. – 2017. – Vol. 24, № 5. – P. 3063-3072.

7. Datsios, Z.G. Laboratory Measurement of the Impulse Characteristics of Wet Sand / Z.G. Datsios, P.N. Mikropoulos, E.T. Staikos, T.E. Tsovilis, D. Vlachopoulos, S. Ganatsios // 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe): proceedings, Madrid, Spain, June 9-12, 2020. – P. 1-6.

8. Драко, М.А. Перспективные направления развития практики проектирования заземляющих устройств электроустановок белорусской энергосистемы / М.А. Драко, С.М. Барайшук, В.Л. Ерусланов // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: международный научный семинар им. Ю. Н. Рудеенко: в 3 кн. – Кн. 3: Надежность энергоснабжения потребителей в условиях их цифровизации. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2020. – Вып. 71. – С. 144-153.

9. Бохан, Н.В. Применение глубинных вертикальных заземлителей для снижения входного сопротивления заземляющего устройства / Н.В. Бохан // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 7-й междунар. науч.-технич. конференции: в 3 т. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: Б.М. Хрусталева, Ф.А. Романюк, А.С. Калиниченко. – Минск: БНТУ, 2009. – Т. 1. – С. 20.

10. Павлович, И.А. Экспериментальное обоснование применения композиционной смеси для улучшения

шения характеристик заземляющих устройств / И.А. Павлович // Агропанорама. – 2025. – № 4. – С. 21-27.

11. Веденева, Л.М. Исследование влияния влажности и пористости грунтов на величину их проводимости / Л.М. Веденева, А.В. Чудинов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Безопасность и управленческие риски. – 2016. – № 5. – С. 119-130.

12. Драко, М.А. Коррозия заземлителей электроустановок / М.А. Драко // Энергетическая стратегия. – 2019. – № 6. – С. 44- 48.

13. Сухарь Г.А. Вопросы обеспечения электробезопасности при проектировании военных зданий и сооружений различного назначения на основе действующих стандартов / Г.А. Сухарь, О.Е. Белов, А.В. Вязников // Военный инженер. – 2021. – № 2 (20). – С. 12-18.

14. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей: ТКП 181-2023 (33240). – Введен 28.02.2025. – Минск: Министерство энергетики Республики Беларусь, 2022. – 344 с.

15. Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций: СП 4.04.05-2023. – Введен 15.02.2024. – Минск: СТРОЙТЕХНОРМ, 2023. – 28 с.

16. Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций: СН 4.04.03-2020. – Введен 21.04.2021. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2020. – 161 с.

17. World Steel Association [сайт]. – 2003 – 2025. – URL: [http:// https://worldsteel.org/](http://https://worldsteel.org/) (дата обращения: 01.11.2025).

18. Recycling Today [сайт]. – 2003 – 2025. – URL: <https://www.recyclingtoday.com/news/worldsteel-co2-report> (дата обращения: 01.11.2025).

19. European Parliament [сайт]. – 2003 – 2025. – URL: <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20180305STO99003/reducing-carbon-emissions-eu-targets-and-policies> (дата обращения: 01.11.2025).

20. Ревенко, В.Ю. Использование гидрогелей в растениеводстве / В.Ю. Ревенко, О.М. Агафонов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 11 – С. 59-65.

21. Шеркузиев, Д.Ш. Технология получения новых гидрогелей комплексного действия для сельского хозяйства / Д.Ш. Шеркузиев [и др.] // Universum: технические науки. – 2020. – № 4 (73). – С.39-44.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 22.04.2026

## Навесной оборотный плуг ПНО-3-40/55



Плуг навесной оборотный ПНО-3-40/50 предназначен для гладкой вспашки старопахотных не засоренных камнями почв с удельным сопротивлением до 0,09 МПа. Плуг агрегируется с тракторами класса 2,0 («Беларус 1221»).

Преимущества разработки:

- регулируемая ширина захвата;
- цена на 30-40% ниже зарубежных аналогов.

гов.

*Производство плугов освоено на ДП «Минийтовский ремонтный завод».*

*В 2010 году на сельскохозяйственной выставке в г. Москве плуг удостоен золотой медали.*

### Основные технические данные

Тип.....	навесной
Тип корпуса.....	полувинтовой
Производительность за 1 ч сменного времени, га.....	0,65...1,14
Конструкционная ширина захвата корпуса, мм.....	400/450/500/550
Рабочая скорость движения на основных операциях, км/ч.....	7...9
Масса плуга конструкционная, кг.....	не более 1150
Конструкционная ширина захвата плуга, м.....	1,20/1,35/1,50/1,65

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПРЕСС-ТЕСТИРОВАНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ, ОСНОВАННЫЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА *IMAGEJ*.

### ЧАСТЬ 7. ЦИФРОВИЗАЦИЯ БАЛЛЬНЫХ ШКАЛ *MOTORCHECKUP* ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

**В.К. Корнеева,**

*доцент каф. технологии металлов БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**В.М. Капцевич,**

*зав. каф. технологии металлов БГАТУ, докт. техн. наук, профессор*

*В статье решена задача цифровизации балльных шкал *MOTORcheckUP*, используемых при экспресс-диагностике состояния моторного масла дизельных двигателей методом капельной пробы. Для повышения объективности оценки хроматограмм масляных пятен предложен подход, основанный на цифровом анализе изображений шкал и хроматограмм. С использованием программного комплекса *ImageJ* и плагина *Color Inspector 3D* определены цветовые координаты балльных шкал ядра и диффузионной зоны в цветовом пространстве *RGB* и сформированы их цифровые аналоги. На основе полученных данных установлены функциональные зависимости между интенсивностью окрашивания зон хроматограммы и соответствующей балльной оценкой. Для автоматизации обработки разработан макрос *OilSpotAnalyzer* в среде *ImageJ*, позволяющий автоматически определять радиус ядра, среднюю интенсивность окрашивания зон и соответствующие балльные показатели. Апробация метода на хроматограммах моторного масла Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой подтвердила возможность объективной количественной оценки состояния масла и повышения воспроизводимости экспресс-диагностики.*

*Ключевые слова: моторное масло, дизельный двигатель, капельная проба, хроматограмма, балльная оценка, цифровизация, *ImageJ*, макрос *OilSpotAnalyzer*, компьютерное зрение, экспресс-диагностика, *MOTORcheckUP*.*

*The problem of digitalizing the *MOTORcheckUP* rating scales used for express diagnostics of diesel engine oil condition using the Blotter Spot method is solved in the article. To improve the objectivity of oil slick chromatogram evaluation, an approach based on digital analysis of scale images and chromatograms is proposed. Using *ImageJ* software and the *Color Inspector 3D* plugin, the color coordinates of the core and diffusion zone rating scales in the *RGB* color space were determined and their digital counterparts were generated. Based on the obtained data, functional relationships were established between the color intensity of chromatogram zones and the corresponding rating. To automate the processing, the *OilSpotAnalyzer* macro was developed in *ImageJ*, allowing automatic determination of the core radius, average zone color intensity, and corresponding ratings. Testing the method on chromatograms of Lukoil Avangard 10W40 engine oil with varying mileage confirmed the feasibility of an objective quantitative assessment of oil condition and improved reproducibility of express diagnostics.*

*Keywords: motor oil, diesel engine, Blotter Spot method, chromatogram, scoring, digitalization, *ImageJ*, *OilSpotAnalyzer* macro, computer vision, express diagnostics, *MOTORcheckUP*.*

#### Введение

В условиях интенсивной эксплуатации дизельных двигателей внутреннего сгорания своевременная диагностика состояния моторного масла имеет важное значение для обеспечения надежности работы двига-

теля, снижения износа его деталей и предупреждения отказов. В процессе эксплуатации в моторном масле накапливаются продукты неполного сгорания топлива, частицы износа деталей, пыль, вода и продукты окисления, что приводит к ухудшению его смазывающих,

моюще-диспергирующих и защитных свойств [1]. Несвоевременное выявление изменений в составе и свойствах масла может привести к ускоренному износу цилиндро-поршневой группы, повышению расхода топлива и снижению ресурса двигателя.

Для оценки состояния моторных масел широко применяются лабораторные методы анализа, такие как спектрометрический анализ продуктов износа, определение вязкости, кислотного и щелочного числа, а также анализ содержания воды и топлива в масле. Однако данные методы требуют специализированного оборудования, значительных временных и материальных затрат и, как правило, выполняются в лабораторных условиях, что ограничивает возможность их применения для оперативной диагностики техники непосредственно в процессе эксплуатации [2].

В связи с этим широкое распространение получили методы экспресс-диагностики состояния масла, одним из которых является метод «капельной пробы» [3-5]. Несмотря на простоту и доступность, основным недостатком данного метода является субъективность визуальной оценки результатов, зависящая от опыта и квалификации оператора, условий освещения и качества изображения хроматограммы. Это может приводить к значительным расхождениям в результатах диагностики и снижению достоверности оценки технического состояния двигателя.

Одним из перспективных направлений повышения объективности и воспроизводимости экспресс-диагностики является использование методов цифровой обработки изображений и компьютерного зрения, применяемых при решении различного вида технических задач. Так, ранее в работах [6, 7] авторами предложены различные варианты цифровой обработки хроматограмм для анализа состояния моторного масла с использованием программного комплекса *ImageJ* [8]:

- метод «свечения границ» (*Glow Edges*);
- метод трехмерной визуализации поверхности (*Interactive 3D Surface Plot*);
- метод диаметальной денситометрии (*Diametral Densitometry Method*);
- бесприборный метод оценки свойств моторного масла согласно *ASTM D 7899*.

Данные методы позволяют перейти от субъективной визуальной интерпретации к количественной оценке цветовых и структурных характеристик хроматограмм масляных пятен, что открывает возможности для автоматизации процесса диагностики и интеграции его в системы мониторинга технического состояния машин.

В то же время в последние годы широкое распространение получил метод «капельной пробы», предложенный Г. Хортсмейером [4] и реализованный в системе *MOTORcheckUP* [5]. Метод основан на визуальной оцен-

ке интенсивности окрашивания кольцевых зон масляного пятна по девятибалльным шкалам. Шкала ядра отражает содержание твердых загрязнений, а диффузионная зона – диспергирующую способность моторного масла.

Целью настоящей работы является цифровизация балльных шкал *MOTORcheckUP* и разработка метода автоматизированной балльной оценки состояния моторного масла дизельных двигателей по интенсивности окрашивания кольцевых зон хроматограммы масляного пятна.

### Методика исследования

Цифровизацию балльных шкал *MOTORcheckUP* и анализ хроматограмм масляных пятен выполняли с использованием программного комплекса *ImageJ*. Определение цветовых координат изображений шкал проводили с помощью плагина *Color Inspector 3D* в цветовом пространстве *RGB*. Для анализа хроматограмм моторного масла применяли плагин *Radial Profile*, позволяющий получать радиальное распределение интенсивности окрашивания масляного пятна. Полученные табличные значения радиуса и интенсивности окрашивания обрабатывались с использованием разработанного макроса *OilSpotAnalyzer* в среде *ImageJ*, который автоматически определял радиус ядра, среднюю интенсивность окрашивания ядра и диффузионной зоны, а также соответствующие балльные оценки.

### Основная часть

Для установления цветовых координат балльных шкал ядра и диффузионной зоны воспользуемся данными справочного руководства *MOTORcheckUP* [5], в котором представлены их изображения (рис. 1) и карта оперативной диагностики дизельного двигателя (табл. 1).

Определение цветовых координат балльных шкал осуществляли с использованием программного комплекса *ImageJ* и его плагина *Color Inspector 3D* [9-11]. Процесс цифровизации изображений балльных шкал проводили по следующей схеме. Изображения балльных шкал *MOTORcheckUP* (рис. 1) открывали в программе *ImageJ* и проводили их корректировку для удаления шума применением фильтра *Median* с радиусом *radius = 5 pixel*. Изображения шкал, подготовленных к цифровизации, представлены на рисунке 2.

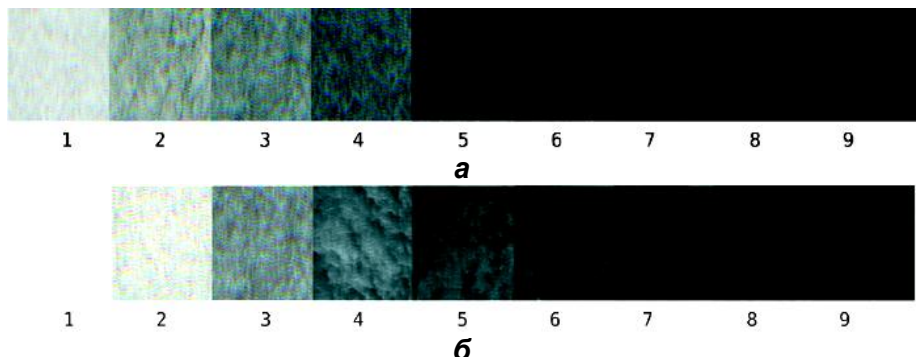


Рисунок 1. Изображения балльных шкал *MOTORcheckUP*: а – ядра; б – диффузионной зоны [5]

**Таблица 1. Карта оперативной диагностики дизельного двигателя [5]**

Балл	Состояние моторного масла	Рекомендации по эксплуатации ДВС
<i>Ядро</i>		
1...3	Сажа, частицы металла, пыль и грязь не содержатся или содержатся в очень малом количестве	Можно продолжать эксплуатацию двигателя. Рекомендуется повторно воспользоваться экспресс-тестом после 4000...5000 км пробега
4...6	Обнаружено повышенное содержание сажи, частиц металла, пыли и грязи. Возможны неполадки двигателя	Допустимо продолжение эксплуатации двигателя; рекомендуется в ближайшее время посетить специализированный автосервис для проведения подробной диагностики двигателя
7...9	Высокое содержание механических примесей. Причины: неполное сгорание топлива, неисправности систем питания и зажигания, загрязнение магистральных фильтров, дефекты выхлопной системы	Дальнейшая эксплуатация не рекомендуется. Возможны: нарастание сажи и нагара на клапанах и поршнях, ухудшение теплообмена, повышенный износ, повышение расхода топлива, ухудшение компрессии. Рекомендуется немедленно обратиться в автосервис для диагностики и ремонта
<i>Диффузионная зона</i>		
1...3	Масло находится в хорошем состоянии. Степень старения и окисления масла невелика	Можно продолжать эксплуатацию двигателя. Рекомендуется повторно воспользоваться Экспресс-тестом после 4000...5000 км пробега
4...6	Обнаружены первые признаки старения масла. Причины: использование некачественного топлива	Допустимо продолжение эксплуатации двигателя. Появление признаков старения масла в течение 6 000...7 000 км пробега указывает на возможность наличия дефектов
7...9	Высокая степень старения и окисления масла. Причины: слишком большой пробег или слишком редкая смена масла, перегрев двигателя, неверный выбор марки и типа масла, высокое содержание серы в топливе	Дальнейшая эксплуатация не рекомендуется. Возможны: повышенный износ поршневой группы и других деталей, повышение расхода топлива, падение мощности. Необходимы замена масла и повторный экспресс-тест после 1000 км пробега

Для непосредственного определения цветowych координат использовали плагин «Color Inspector 3D». Этот плагин позволяет визуализировать цифровое изображение в 14 различных трехмерных цветowych пространствах, определять цветowych координаты для каждого из них, представлять модели в различных видах отображения, ограничивать количество цветов и др.

На рисунке 3 представлены интерфейсы результатов представления шкал MOTORcheckUP в плагине Color Inspector 3D в цветовой пространстве RGB с выбором количества цветов (Color), соответствующего количеству баллов и равного 9. При нажатии кнопки «LUT» плагин выдает значения цветowych координат в отдельном одноименном окне.

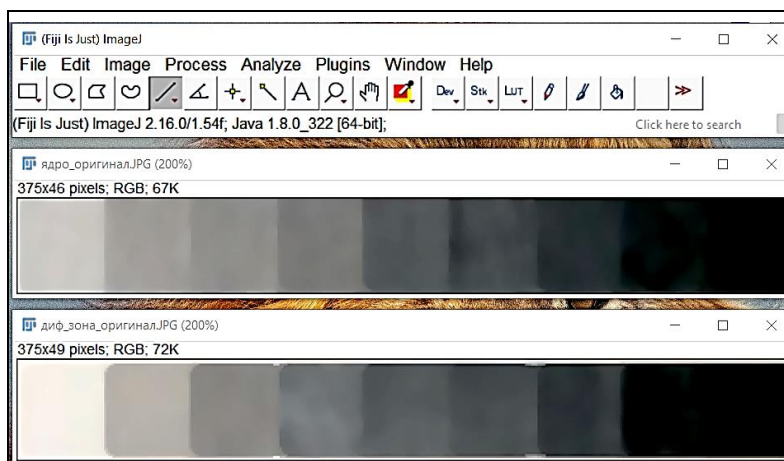
Полученные при помощи плагина Color Inspector 3D значения цветowych координат в пространстве RGB для шкал ядра и диффузионной зоны представлены в таблице 2.

По данным таблицы 2 были получены цифровые изображения шкал ядра и диффузионной зоны, представленные на рисунке 4.

Для установления функциональных зависимостей балльных оценок шкал ядра и зоны диффузии от интенсивностей окрашивания этих зон использовали методику, описанную в работе [12]. Полученные функциональные зависимости имеют вид:

– для ядра

$$B_{\text{я}} = 9,05 - 0,04I_{\text{я}}; \quad (1)$$



**Рисунок 2. Изображения балльных шкал MOTORcheckUP ядра и диффузионной зоны после предварительной обработки фильтром Median**

– для диффузионной зоны

$$B_{\text{диф.з}} = 9,37 - 0,06I_{\text{диф.з}} + (8,47 \cdot 10^{-5})I_{\text{диф.з}}^2, \quad (2)$$

где  $B_{\text{я}}$  и  $B_{\text{диф.з}}$  – значения интенсивности окрашивания в баллах ядра и диффузионной зоны, соответственно;

$I_{\text{я}}$  и  $I_{\text{диф.з}}$  – средние значения интенсивности окрашивания ядра и диффузионной зоны, соответственно.

Графические представления зависимостей балльных оценок шкал ядра и зоны диффузии приведены на рисунке 5.

В качестве объекта исследований выбраны цифровые изображения хроматограмм моторных масел марки Лукойл Авангард 10W40 с наработкой 0; 33; 88; 135; 185 и 250 ч (рис. 1) [6].

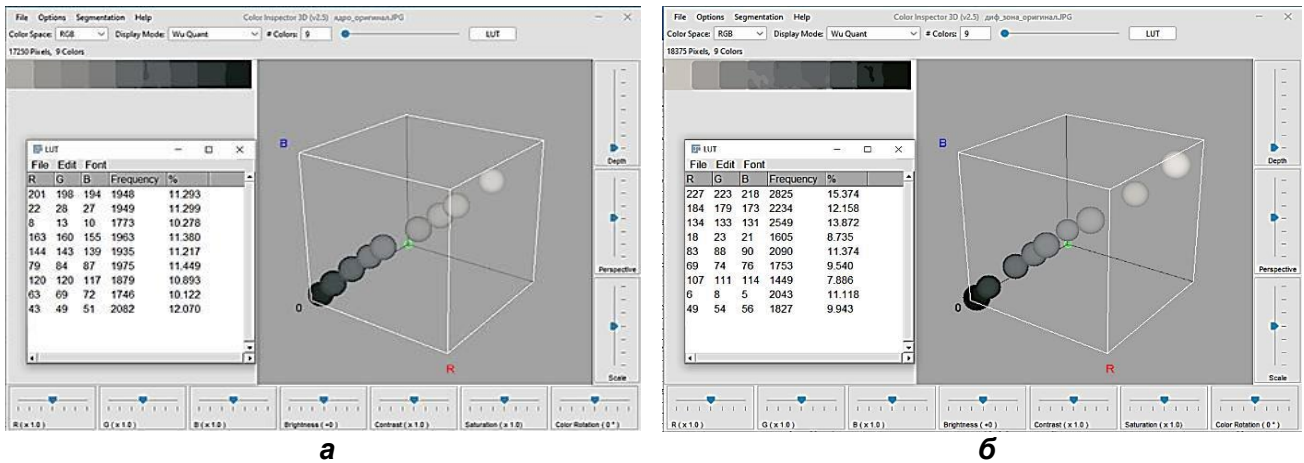


Рисунок 3. Определение цветовых координат балльных шкал MOTORcheckUP в плагине Color Inspector 3D в цветовом пространстве RGB: а – шкала ядра; б – шкала диффузионной зоны

**Таблица 2. Значения цветовых координат в пространстве RGB для шкал ядра и диффузионной зоны**

Балл	Ядро			Диффузионная зона		
	R (красный)	G (зеленый)	B (синий)	R (красный)	G (зеленый)	B (синий)
1	201	198	194	227	223	218
2	163	160	155	184	179	173
3	144	143	139	134	133	131
4	120	120	117	107	111	114
5	79	84	87	83	88	90
6	63	69	72	69	74	76
7	43	49	51	49	54	56
8	22	28	27	18	23	21
9	8	13	10	6	8	5

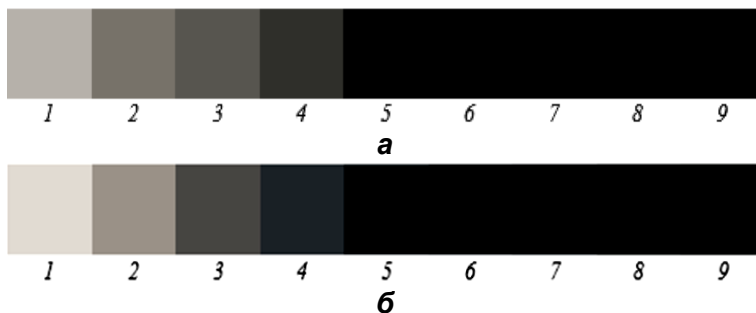


Рисунок 4. Цифровые изображения балльных шкал MOTORcheckUP, сформированные на основе полученных цветовых координат: а – шкала ядра; б – шкала диффузионной зоны

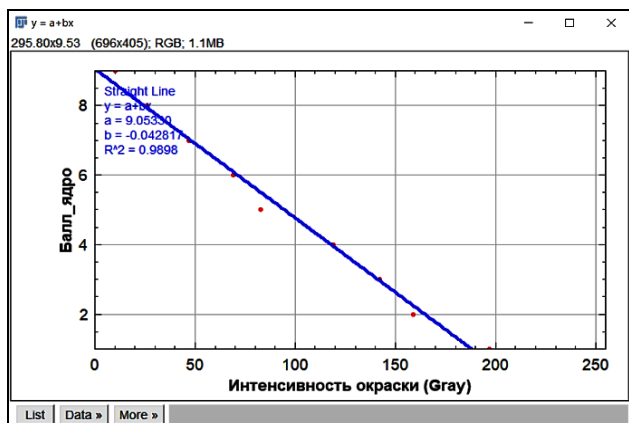
Для установления балльной оценки ядра и диффузионной зоны рассматриваемых масел был разработан макрос *OilSpotAnalyzer* в среде *ImageJ* (рис. 6), позволяющий автоматически определять эти значения, используя табличные данные, полученные с помощью плагина *Radial Profile* [7]. Макрос позволяет автоматически определять минимальное значение интенсивности окрашивания и соответствующее ему значение радиуса, который является радиусом ядра  $r_{я}$ , а затем в диапазоне  $0...r_{я}$  находить среднее значение интенсивности окрашивания  $I_d$  и по функциональной зависимости (1) рассчитывать соответствующее значения этой

интенсивности в баллах  $B_{я}$ . Аналогичным образом в диапазоне  $r_{я}...r_{диф.з}$  ( $r_{диф.з}$  – радиус окружности, соответствующий радиусу наружной границе диффузионной зоны) определяется среднее значение интенсивности окрашивания  $I_{диф.з}$  и по функциональной зависимости (2) рассчитываются значения интенсивности ее окрашивания в баллах  $B_{диф.з}$ . Также макрос позволяет определять среднее значение  $B_{ср}$  ядра и диффузионной зоны в баллах.

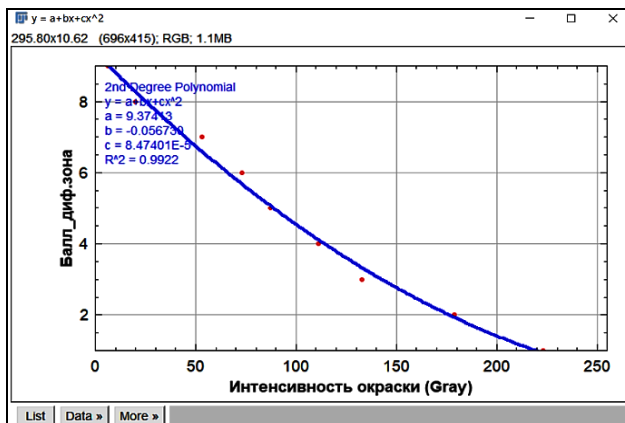
Разработанный программный алгоритм обеспечивает полную автоматизацию процедуры балльной оценки хроматограммы и исключает влияние субъективного фактора оператора при интерпретации результатов диагностики.

В качестве примера на рисунке 7 представлен результат автоматизированной балльной оценки с использованием составленного макроса для моторного масла с наработкой 0 ч (свежее масло).

Для рассматриваемых хроматограмм моторных масел в таблице 3 представлены автоматически определенные размеры ядра и диффузионной зоны, соответствующие им значения интенсивности окрашивания и ее балльная оценка.



а



б

Рисунок 5. Графические зависимости балльных оценок шкал MOTORcheckUP от интенсивностей окрашивания зон хроматограммы: а – шкала ядра; б – шкала диффузионной зоны

```

1 // ImageJ макрос для балльной оценки ядра и диффузионной зоны масла
2 // Диффузионная зона: от границы ядра до максимального радиуса в таблице
3
4 // Функция для получения минимальной интенсивности и её радиуса
5 function getMinIntensityAndRadius(intensities, radii) {
6     minIntensity = intensities[0];
7     minRadius = radii[0];
8     for (i = 0; i < intensities.length; i++) {
9         if (intensities[i] < minIntensity) {
10            minIntensity = intensities[i];
11            minRadius = radii[i];
12        }
13    }
14    resultArray = newArray(2);
15    resultArray[0] = minIntensity;
16    resultArray[1] = minRadius;
17    return resultArray;
18 }
19
20 // Функция для получения максимального радиуса
21 function getMaxRadius(radii) {
22     maxRadius = radii[0];
23     for (i = 1; i < radii.length; i++) {
24         if (radii[i] > maxRadius) {
25             maxRadius = radii[i];
26         }
27     }
28     return maxRadius;
29 }
30
31 // Функция для вычисления среднего значения в диапазоне
32 function getAverageInRange(intensities, radii, r_start, r_end) {
33     sum = 0;
34     count = 0;
35     for (i = 0; i < intensities.length; i++) {
36         if (radii[i] >= r_start && radii[i] <= r_end) {

```

Рисунок 6. Фрагмент программного кода макроса OilSpotAnalyzer в среде ImageJ для автоматизированного определения балльной оценки ядра и диффузионной зоны хроматограммы масляного пятна

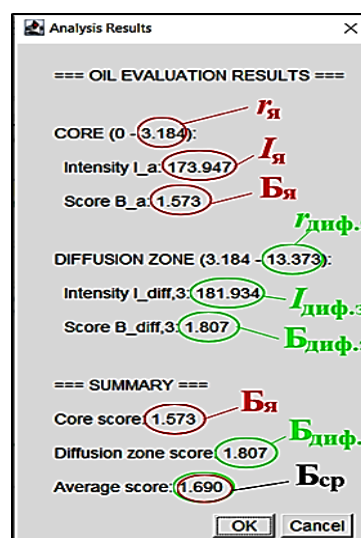


Рисунок 7. Результат автоматизированной балльной оценки хроматограммы свежего моторного масла (наработка 0 ч) с использованием разработанного макроса OilSpotAnalyzer

Для оценки работоспособности разработанного алгоритма автоматизированной балльной оценки были обработаны цифровые изображения хроматограмм моторного масла Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой. Для каждой хроматограммы с использованием разработанного макроса OilSpotAnalyzer были автоматически определены радиус ядра и радиус диффузионной зоны, рассчитаны средние значения интенсивности их окрашивания, а также соответствующие балльные оценки в соответствии с полученными ранее функциональными зависимостями. Результаты автоматизированной обработки изображений хроматограмм и соответствующие диагностические показатели представлены в таблице 3.

Анализ данных, представленных в таблице 3, показывает закономерное изменение диагностических параметров хроматограммы масляного пятна по мере

увеличения наработки двигателя. Так, с ростом времени эксплуатации моторного масла наблюдается устойчивое увеличение балльной оценки ядра хроматограммы с 1,6 до 5,9 балла. Данная тенденция обусловлена накоплением в масле твердых загрязнений, включая частицы износа деталей цилиндро-поршневой группы, продукты неполного сгорания топлива и сажевые образования. Увеличение концентрации этих частиц приводит к усилению окрашивания центральной зоны хроматограммы и, как следствие, к росту ее балльной оценки.

Одновременно наблюдается постепенное увеличение балльной оценки диффузионной зоны с 1,8 до 4,5 балла, что свидетельствует о снижении диспергирующей способности масла. Это связано с деградацией моюще-диспергирующих присадок и накоплением продуктов окисления и термического разложения

**Таблица 3. Автоматически определенные размеры ядра и диффузионной зоны и их балльная оценка**

Наработка, ч	Ядро			Диффузионная зона		
	Радиус, мм	Интенсивность окрашивания	Балл	Радиус, мм	Интенсивность окрашивания	Балл
0	3,2	173,9	1,6	13,4	182,0	1,8
33	3,9	123,3	3,8	10,3	138,8	3,1
88	3,9	84,8	5,4	12,1	117,1	3,9
135	4,3	81,2	5,6	11,5	109,3	4,2
185	4,5	77,5	5,7	11,9	102,3	4,4
250	3,9	74,0	5,9	12,1	101,2	4,5

масла, которые ухудшают способность масла удерживать твердые загрязнения во взвешенном состоянии. В результате происходит изменение структуры диффузионной зоны хроматограммы и увеличение интенсивности ее окрашивания.

Следует отметить, что на протяжении первых этапов эксплуатации (до 88-135 ч наработки) изменение диагностических показателей происходит относительно плавно и соответствует нормальному процессу эксплуатационного старения масла. Однако при дальнейшем увеличении наработки до 185-250 ч наблюдается приближение балльных оценок к границе диагностически допустимых значений, что свидетельствует о существенном накоплении продуктов износа и деградации эксплуатационных свойств масла. Полученные результаты согласуются с известными закономерностями изменения состава и свойств моторных масел в процессе эксплуатации и подтверждают диагностическую информативность предложенного метода цифровой обработки хроматограмм масляных пятен.

Таким образом, полученные результаты демонстрируют высокую чувствительность предложенного алгоритма к изменениям состояния моторного масла и подтверждают возможность использования цифровой обработки изображений хроматограмм для объективной и воспроизводимой экспресс-диагностики дизельных двигателей.

### Заключение

В результате выполненных исследований разработан метод цифровизации балльных шкал *MOTORcheckUP*, применяемых для экспресс-диагностики состояния моторного масла дизельных двигателей методом капельной пробы. С использованием программного комплекса *ImageJ* и плагина *Color Inspector 3D* определены цветовые координаты шкал ядра и диффузионной зоны в цветовом пространстве *RGB* и сформированы их цифровые изображения, соответствующие девятибалльной системе оценки.

На основе анализа цветовых характеристик получены функциональные зависимости, связывающие интенсивность окрашивания зон хроматограммы масляного пятна с балльной оценкой состояния масла. Для автоматизации диагностической процедуры разработан макрос *OilSpotAnalyzer* в среде *ImageJ*, позволяющий по данным радиального профиля автоматически определять радиус ядра, интенсивность окрашивания кольцевых зон и соответствующие балльные показатели ядра и диффузионной зоны.

Апробация предложенного алгоритма на цифровых изображениях хроматограмм моторного масла Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой показала закономерное увеличение балльных оценок по мере накопления продуктов износа, сажи и продуктов окисления в масле. Полученные результаты свидетельствуют о возможности объективной количественной интерпретации хроматограмм масляных пятен и перехода от субъективной визуальной оценки к автоматизированной компьютерной диагностике.

Научная новизна работы заключается в разработке метода цифрового представления балльных шкал *MOTORcheckUP* и установлении аналитических зависимостей между интенсивностью окрашивания зон хроматограммы и их балльной оценкой. Практическая значимость состоит в возможности автоматизации экспресс-диагностики состояния моторного масла и использовании разработанного алгоритма в системах мониторинга технического состояния автотракторной техники на предприятиях агропромышленного комплекса.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Венцель, С.В. Применение смазочных материалов в двигателях внутреннего сгорания / С.В. Венцель. – Москва: Химия, 1979. – 240 с.
2. Капцевич, В.М. Экспресс-методы контроля свойств моторного масла автотракторных двигателей внутреннего сгорания в условиях организаций агропромышленного комплекса / В.М. Капцевич [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2023. – 120 с.
3. Standard Test Method for Measuring the Merit of Dispersancy of In-Service Engine Oils with Blotter Spot Method: ASTM D7899-19. – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019. – 7 p.
4. Патент RU 2 649 095/ Способ и устройство для анализа масел и технических рабочих жидкостей и для квалифицированной оценки рабочих состояний элементов / Г. Хорстмейер. – Оpubл. 29.03.2018.
5. Экспресс-тесты *MOTORcheckUP* и *FLUIDcheckUP*: справочн. руководство. – URL: <https://www.alkom.su/files/pdf/motorcheckup2.pdf> (дата обращения: 24.02.2026).
6. Корнеева, В.К. Методы оценки экспериментальных результатов экспресс-тестирования моторных масел, основанные на использовании программного комплекса *ImageJ*. Часть 5. Цифровая обработка

хроматограмм моторного масла, полученных методом капельной пробы / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич // Агропанорама. – 2025. – № 6. – С. 20-27.

7. Корнеева, В.К. Методы оценки экспериментальных результатов экспресс-тестирования моторных масел, основанные на использовании программного комплекса *ImageJ*. Часть 6. Альтернативная бесприборная методика оценки свойств моторного масла согласно ASTM D7899 / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич // Агропанорама. – 2026. – № 1. – С. 28-33.

8. Ferreira, T. *ImageJ user guide / Fiji 1.46* / T. Ferreira, W. Rasband. – 2012. – 198 p.

9. Barthel, K.U. 3D-Data Representation with *ImageJ* / K.U. Barthel // *ImageJ Conference, 2006.* – Luxembourg: Luxembourg Institute of Science and Technology, 2006. – 215458973.

10. Muljosumarto, C.A Case Study Color as a Visual Language: Focused on TV Commercial / C.A. Muljosumarto // *NIRMANA.* – 2017. – Vol. 17, № 1 (Januari). – P. 1-9.

11. Medina, J.J. A rapid and cost-effective pipeline for digitization of museum specimens with 3D photogrammetry / J.J. Medina [et al.] // *PLoS ONE.* – 2020. – № 15 (8). – P. 1-14.

12. Корнеева, В.К. Методы оценки экспериментальных результатов экспресс-тестирования моторных масел, основанные на использовании программного комплекса *ImageJ*. Часть 1. Колориметрические методы / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич // Агропанорама. – 2024. – № 6. – С. 29-36.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 23.03.2026

УДК 621.436

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2026-174-2-25-30>

## АНАЛИЗ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ И ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В 6-КОНТАКТНЫХ ИНЖЕКТОРАХ *DENSO G4S* С ТЕХНОЛОГИЕЙ *I-ART*

О.О. Мухля,

аспирант каф. технологий и организации технического сервиса БГАТУ

Д.А. Жданко,

начальник отдела ЗАО «Струнные технологии» (*Unitisky String Technologies Inc*), канд. техн. наук, доцент

*В статье представлен всесторонний анализ топливного инжектора DENSO G4S с технологией i-ART (intelligent-Accuracy Refinement Technology) и системным давлением, рассчитанным более чем на 250 МПа. На основе оригинальных исследований, включающих разбор инжектора, анализ пульсаций давления и снятие сигнала с датчика, рассматривается эволюция топливopодающей аппаратуры от механических систем к интеллектуальным устройствам с обратной связью. Особое внимание уделяется физическому принципу работы i-ART, внутреннему устройству компонентов и корреляции между сигналами давления и производительностью инжектора.*

*Ключевые слова:* дизельный инжектор, технология i-ART, замкнутый цикл, анализ пульсаций, сигнал датчика давления, давление топлива более 250 МПа.

*The article presents a comprehensive analysis of the DENSO fuel injector with i-ART (intelligent-Accuracy Refinement Technology) technology and a system pressure of more than 250 Mpa. Based on original research, including injector disassembly, pressure pulsation analysis, and sensor signal acquisition, the evolution of fuel injection systems from mechanical systems to intelligent feedback devices is examined. Special attention is given to the physical operating principle of i-ART, the internal structure of components, and the correlation between pressure signals and injector performance.*

*Keywords:* diesel injector, i-ART technology, closed cycle, pulsation analysis, pressure sensor signal, fuel pressure of more than 250 MPa.

### Введение

С момента появления системы *Common Rail* в 1995 году компания *DENSO* постоянно стремилась к повышению точности впрыска топлива. Первое поколение систем полагалось на жесткие калибровки по впрыску топлива в цилиндры, заложенные в электронный блок управления (ЭБУ). Они работали по принципу разомкнутого контура (*open-loop*), но ужесточение экологи-

ческих норм *Euro 5* и *Euro 6* потребовало принципиально нового подхода [1].

Таким подходом стала технология замкнутого контура (*closed-loop*) – *i-ART* (рис. 1), впервые представленная в 2012 году и ставшая стандартом для четвертого поколения инжекторов *G4S Common Rail*.

Главное отличие *i-ART* от предыдущих систем – наличие миниатюрного датчика давления и температуры (комбинированный сенсор) с микропроцес-



Рисунок 1. Инжектор DENSO G4S с технологией i-ART

сором, интегрированным непосредственно в корпус инжектора. Перемещение главного элемента управления (электромагнита или пьезопакета) в нижнюю часть инжектора (рис. 2) привело к еще большему быстродействию инжектора за счет уменьшенного расстояния между главными компонентами.

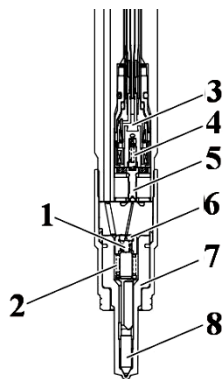


Рисунок 2. Устройство гидравлической части инжектора:

- 1 – возвратная пружина иглы распылителя;
- 2 – направляющая втулка иглы распылителя;
- 3 – электромагнит; 4 – возвратная пружина управляющего клапана; 5 – управляющий клапан;
- 6 – управляющая пластина; 7 – корпус распылителя;
- 8 – игла распылителя

В традиционной системе (без *i-ART*) ЭБУ подает команду на открытие инжектора, рассчитывая время впрыска на основе теоретической модели и показаний одного общего датчика давления в топливном рейле. Однако реальность всегда отличается от модели из-за износа, допусков изготовления или изменения характеристик топлива.

Физической основой работы любого инжектора является истечение жидкости через отверстия распылителя. Объемный расход топлива (мм<sup>3</sup>/с) описывается уравнением:

$$\dot{V} = \mu A \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}, \quad (1)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода (учитывает гидравлические потери);

$A$  – суммарная площадь проходных сечений распылителя, мм<sup>2</sup>;

$\Delta P$  – перепад давления на игле, МПа;

$\rho$  – плотность топлива, кг/м<sup>3</sup>.

Технология *i-ART* превращает инжектор из пассивного исполнительного устройства в активный элемент с собственной системой сбора данных (рис. 3).

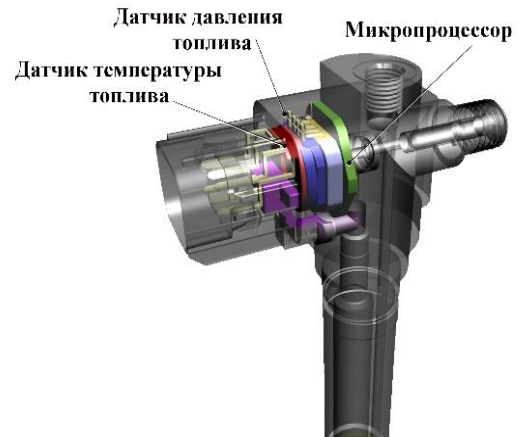


Рисунок 3. Устройство инжектора

В момент впрыска топлива датчик измеряет реальное падение давления и передает эти данные в микропроцессор, который по сети *LIN* поддерживает постоянный обмен данными с ЭБУ (рис. 4). Система сравнивает фактическую «характеристику впрыска» с эталонной и корректирует управляющий сигнал для последующих циклов. Это позволяет компенсировать износ и обеспечивать стабильную дозировку топлива на протяжении всего срока службы с точностью коррекции момента впрыска до 10 микросекунд.

Вопросы проектирования, расчета и методы иссле-

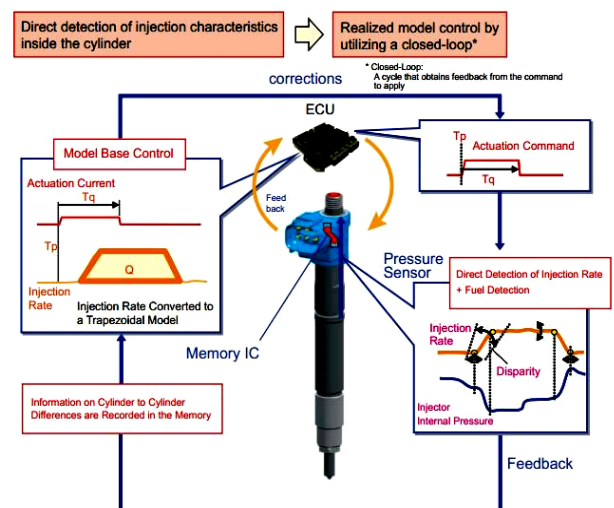


Рисунок 4. Технология работы инжектора с замкнутым циклом

дования процессов топливоподачи современных аккумуляторных систем рассматривались в научных трудах ученых МГТУ им. Баумана, МАДИ, МАМИ, БНТУ, БГАТУ, БашГАУ, Южно-Уральского ГУ, Владимирского ГУ, ХНАДУ, концернами «ЯЗДА», «АЗПИ», Bosch, Denso, Delphi, Siemens, Caterpillar и многих других. Это нашло отражение в работах Р.М. Баширова, А.Н. Врублевского, И.И. Габитова, Л.В. Грехова, Л.Н. Голубкова, П.В. Душкина, М.В. Мазинга, А.В. Неговора, Ф.И. Пинского, Ю.Д. Погуляева, Г.Г. Тер-Мкртчяна, А.А. Прохоренко, П.В. Курманова, N. Cavina, P. Beirer, L. Guzzella, F. Payri, J. Wang, A. Takamura, S. Fukushima, Yong-Kwam Kim, Y. Hayakawa и других [1-9].

Цель данной статьи – анализ пульсаций давления и обратной связи в 6-контактных инжекторах *DENSO G4S* с технологией *i-ART*.

Объектом исследования является топливная система *COMMON RAIL* дизельного двигателя с инжектором *DENSO G4S*.

### Основная часть

В рамках нашей работы был разобран инжектор *DENSO G4S i-ART* четвертого поколения. Визуальный и структурный анализ позволил выделить ключевые зоны, отвечающие за «интеллектуальность» системы.

В верхней части инжектора обнаружен миниатюрный блок (рис. 5), объединяющий сенсор давления и микропроцессор (*memory IC*). Наличие памяти критически важно, так как именно туда записываются данные о корректировках, что делает инжектор уникальным устройством, которое может быть переустановлено на другой цилиндр без потери калибровочных данных.

Конструкция гидравлической части сохраняет классические элементы: управляющий элемент (соленоидный или пьезоэлектрический), гидравлический клапан, проставки и распылитель с иглой (рис. 6). Однако геометрия каналов, подвода топлива к датчику оптимизированы для минимизации демпфирования сигнала.

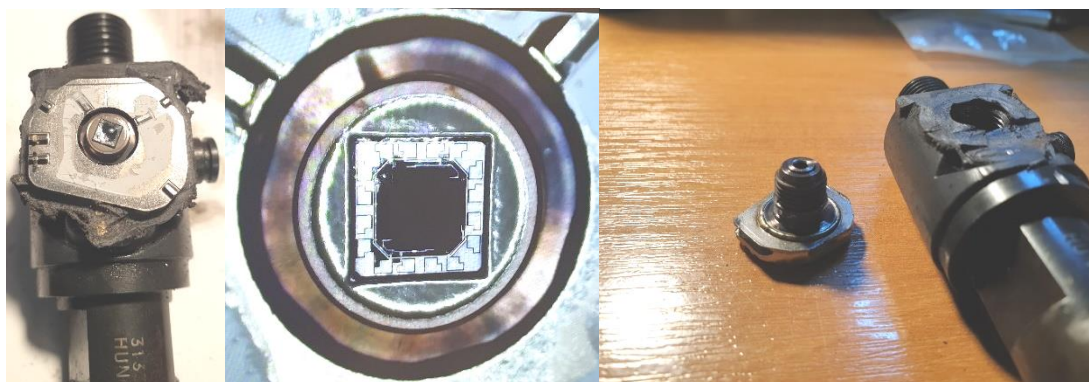
На рисунке 7 приведено устройство нижней части инжектора, в том числе с 200-кратным увеличением под микроскопом, элементы износа



Рисунок 6. Элементная база инжектора

подвижных сопрягаемых деталей, шарик запорного клапана с изношенным посадочным местом.

Так как основная цель исследования заключалась в получении экспериментальных данных на диагностическом стенде, исследования инжектора были проведены в динамике. Для анализа использовались осциллограммы, снятые с датчиков давления, расположенных в рейле и в инжекторе. Измерения проводились при системном давлении – 170 МПа и длительности управляющего импульса – 1080 мкс.



а

б

в

Рисунок 5. Устройство верхней части инжектора:  
а – общий вид; б – 200-кратное увеличение под микроскопом микропроцессора;  
в – резьбовое соединение датчика в корпусе для высокого давления

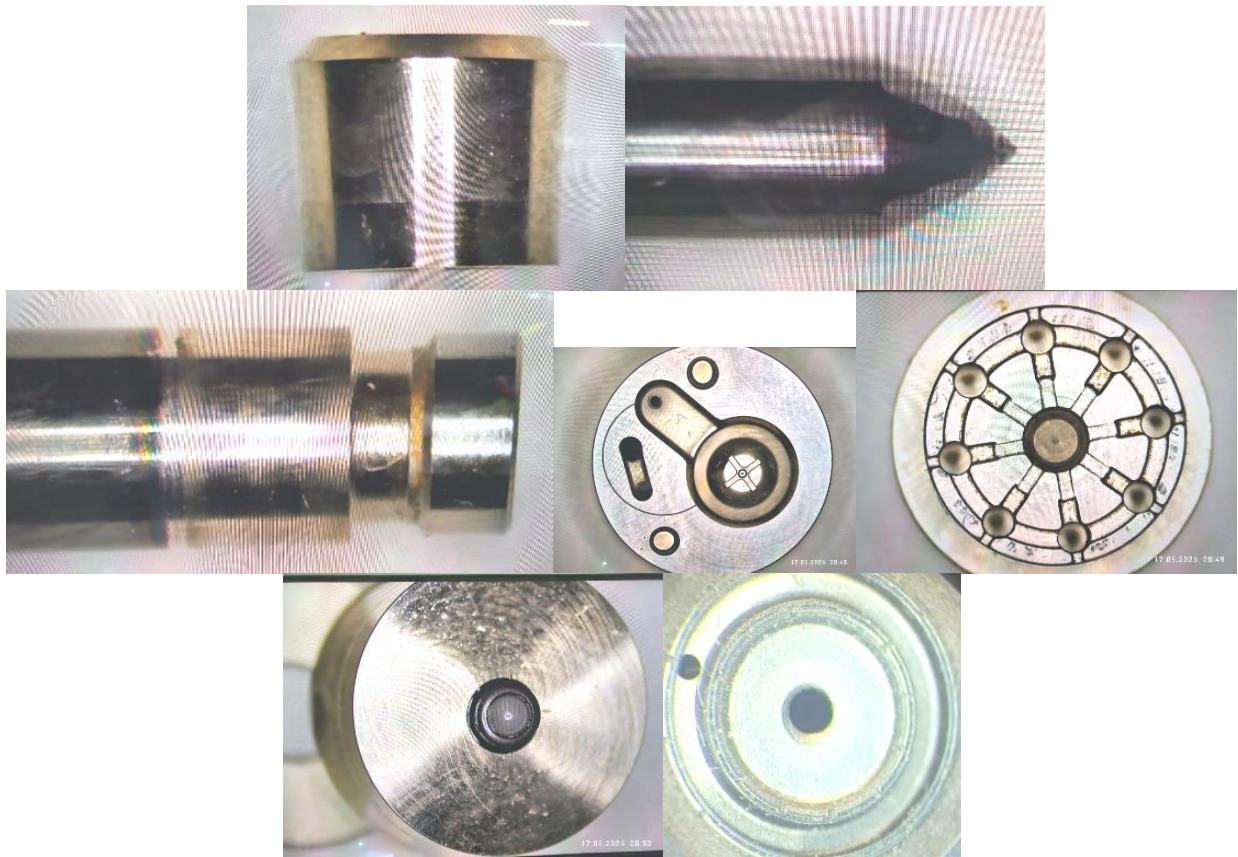


Рисунок 7. Устройство нижней части инжектора, в том числе с 200-кратным увеличением под микроскопом

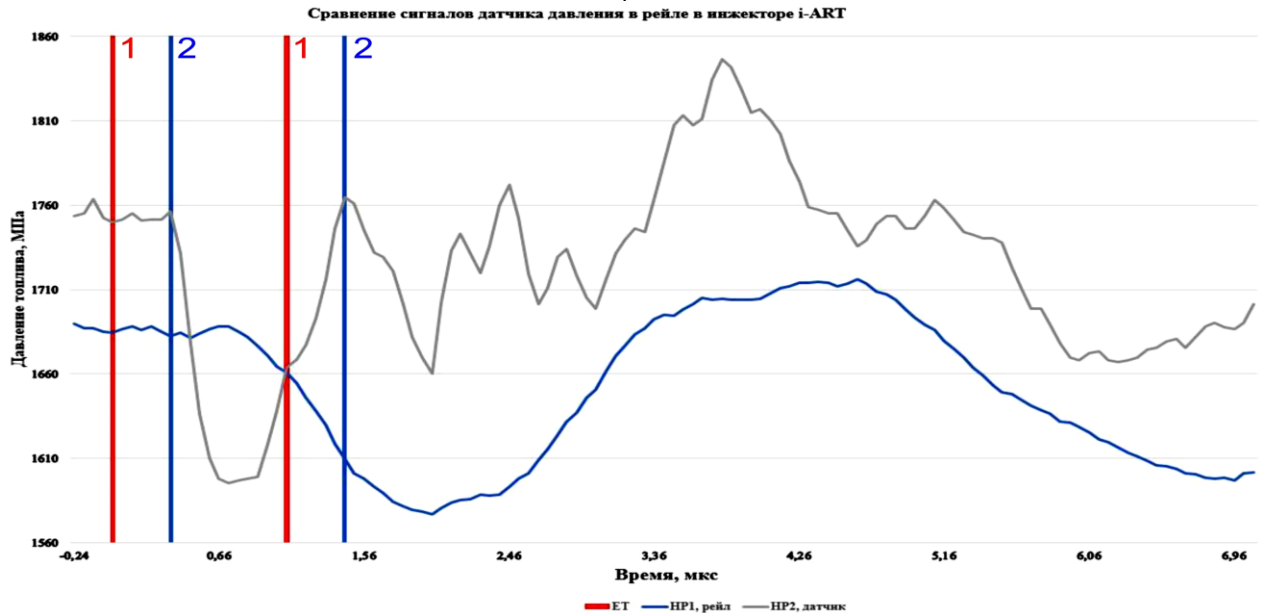


Рисунок 8. Осциллограммы давления в рейле и в датчике:  
 ET – время впрыска; HP1 – давление в рейле; HP2 – давление в датчике; 1-1 – начало и окончание впрыска;  
 2-2 – начало и окончание физического впрыска в топливopриемную камеру стенда

На рисунке 8 приведены сравнительные осциллограммы с датчика давления в рейле и с датчика давления в инжекторе. Длительность впрыска (ET)

составляет 1080 мкс, системное давление – 170 МПа. Начало впрыска определялось по сработке датчика впрыска (RT) стенда.

Как видно из осциллограмм, датчик давления впрыска в инжекторе показывает просадку давления, обусловленную поднятием иглы распылителя, гораздо быстрее, чем датчик, размещенный в топливном рейле. По его показаниям можно не только определить начало и окончание впрыска, но и рассчитать количество топлива практически для каждого впрыска. Имея микропроцессор в инжекторе, можно вносить корректировки в режиме реального времени (в следующем цикле впрыска) в длительность и момент впрыска. Это позволяет более быстро и точно оптимизировать работу инжектора.

Цикловая подача топлива инжектором ( $\text{мм}^3/\text{такт}$ ) рассчитывается по формуле:

$$V_{inj} = \frac{V_0}{E} \Delta P_{drop} \sqrt{\frac{P_{rail}}{P_0}}, \quad (2)$$

где  $V_0$  – объем полости высокого давления в инжекторе,  $\text{мм}^3$ ;

$E$  – модуль объемной упругости топлива, МПа;

$\Delta P_{drop}$  – амплитуда провала давления, МПа;

$P_{rail}$  – давление в рейле, МПа;

$P_0$  – эталонное давление (обычно 100 МПа).

Также была получена кривая характеристики впрыска инжектора на давлении 200 МПа, изменяя длительность впрыска от 50 до 1250 мкс. Показания датчика быстродействия впрыска  $RT$ , установленного в приемной камере инжектора на стенде, фиксировались. Построена линия тренда линейной функции с формулой и определен коэффициент детерминации (рис. 9) [10].

Построенная кривая впрыска почти не имеет отклонений согласно линии тренда. Коэффициент детерминации  $R^2=0,9977$ . Уравнение линии тренда  $y=4,4915x-4,8792$ .

Так как кривая впрыска практически не имеет отклонений, то это дает возможность более точно оценивать состояние инжектора в текущем моменте и прогнозировать состояние с учетом дальнейшего износа.

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9977$  свидетельствует о высокой степени линейности характеристики впрыска во всем исследованном диапазоне, что подтверждает эффективность замкнутого контура управления инжектора.

Коэффициент детерминации рассчитывается по формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad (3)$$

где  $y_i$  – экспериментальные значения цикловой подачи;

$\hat{y}_i$  – расчетные значения по линии тренда ( $y = 4,4915x - 4,8792$ );

$\bar{y}$  – среднее арифметическое экспериментальных значений;

$n$  – количество измерений.

Понимание физики работы технологии  $i$ -ART крайне важно для специалистов по ремонту дизельной аппаратуры. Хотя компания *DENSO* заявляет о неремонтопригодности инжекторов четвертого поко-

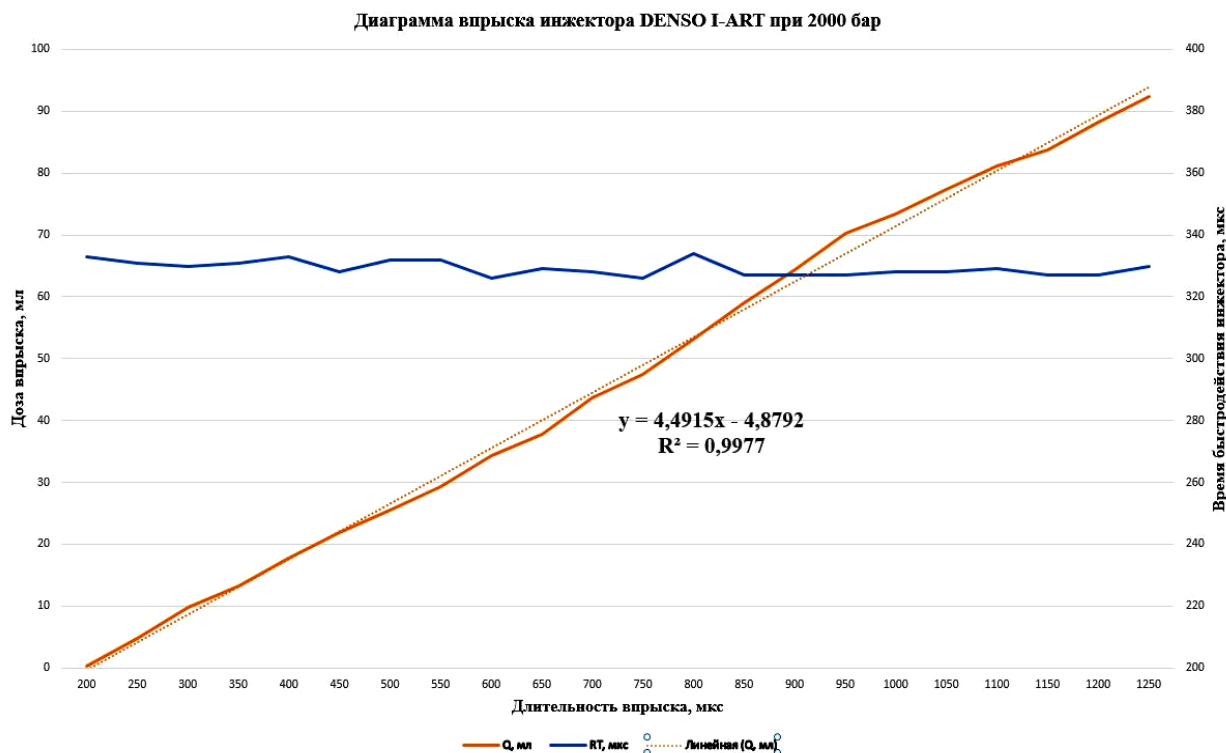


Рисунок 9. Диаграмма впрыска инжектора при давлении – 2000 бар

ления, однако на рынке появляются решения для их восстановления.

### **Заключение**

Результаты проведенных исследований показывают, что при замене механических частей (распылитель, управляющий клапан) критически важно сохранить исходные данные в памяти датчика или иметь возможность их перезаписи. Игнорирование этого приводит к рассогласованию между реальной механикой и «прошитыми» в память характеристиками, что сводит на нет преимущества замкнутого цикла.

Инжектор является сложной мехатронной системой, превращающей двигатель внутреннего сгорания в объект с функциями самодиагностики. Исследования пульсаций и производительности наглядно демонстрируют, что сигнал давления несет в себе исчерпывающую информацию о происходящих в нем микропроцессах.

Дальнейшее развитие данных систем будет идти по пути увеличения скорости обработки данных и использования алгоритмов машинного обучения для предиктивной аналитики, что позволит прогнозировать отказ элементов топливной системы задолго до появления первых симптомов неисправностей.

Полученные результаты могут использоваться при разработке методики прогнозирования остаточного ресурса инжекторов и технологии их восстановления.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Common Rail System (CRS) Service Manual / Issued: April 2015. – Service Division, DENSO CORPORATION 1-1 Showa-cho, Kariya-shi, Aichi-ken, 448-8661, Japan. – 63 с.
2. SERVICE BULLETIN, FUEL INJECTION PUMP NEW PRODUCT, TOYOTA 4th Generation i-ART Common Rail System / Issued: April 2015, – Ser-

vice Division, DENSO CORPORATION 1-1 Showa-cho, Kariya-shi, Aichi-ken, 448-8661, Japan. – 63 P.

3. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: учебник для вузов / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. – М.: ЗАО «Легион-Автодата», 2004. – С. 44

4. Тышкевич, Л.Н. Анализ методов и средств для диагностирования форсунок системы питания «COMMON RAIL» / Л.Н. Тышкевич, Б.В. Журавский // NovaInfo.Ru. – 2017. – № 65. – С. 22-26.

5. Электронное управление дизельными двигателями: учеб. пособие. (перевод с английского). – ЗАО «Легион-Автодата». М.: 2010. – 96 с.

6. Хаширов, Ю.М. Улучшение показателей работы дизелей сельскохозяйственного назначения путем создания и внедрения системы эталонирования дизельной топливной аппаратуры в ремонтно-обслуживающем производстве: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / Хаширов Юрий Мусарбиевич. – Нальчик, 1998. – 350 с.

7. Bosch Dianostics Soft. ESI [tronic] Automotive. Diagnosis and Technics: A, C, D, E, F, K, M, P, W. – Robert Bosch GmbH. Bosch Automotive Aftermarket. D-76225 Karlsruhe, 2005.

8. Жданко, Д.А. Оценка технического состояния форсунок топливной системы COMMON RAIL на примере трактора «БЕЛАРУС» с двигателем Д-243.5S3B / Д.А. Жданко, О.О. Мухля // Агропанорама. – 2021. – № 5 (147). – С. 34-39.

9. Управление надежностью сельскохозяйственной техники методами диагностики и триботехники: монография / В.П. Миклуш [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2019. – 392 с.

10. Курицкий, Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Exel 7.0. / Б.Я. Курицкий. – СПб.: BHV, 1997. – 384 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 08.04.2026

**“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.**

**Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).**

**Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.**

**Стоимость подписки на 1-е полугодие 2026 года: для индивидуальных подписчиков - 61,68 руб., ведомственная подписка - 63,63 руб.**

## ИННОВАЦИОННЫЙ РОСТ В ЭКОНОМИКЕ АПК: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

**Н.В. Киреенко,**

*зав. каф. экономической теории и права БГАТУ, докт. экон. наук, профессор*

**Т.В. Гусарова,**

*ст. преподаватель БГСХА, магистр экон. наук*

*В статье на основе эволюционного анализа неоклассических моделей экономического роста и теорий инноваций систематизированы подходы к определению сущности категорий «рост», «развитие», «инновации», «инновационный рост». Уточнено авторское определение «инновационный рост в АПК», учитывающее сбалансированность качественных изменений показателей эффективности использования ресурсов, отраслевые особенности агропромышленного производства, социально-экономическую необходимость обеспечения продовольственной безопасности. Обоснованы методические подходы и предложена авторская система показателей оценки уровня инновационного развития организаций АПК по этапам производственно-сбытовой цепочки.*

*Ключевые слова: инновационный рост, экономика АПК, сбалансированность, производственно-сбытовая цепочка, продовольственная безопасность, эффективность.*

*The article systematizes approaches to defining the essence of the categories «growth», «development», «innovation», and «innovative growth» based on the evolutionary analysis of neoclassical models of economic growth and theories of innovation. The author's definition of «innovative growth in the agro-industrial complex» is specified, taking into account the balanced qualitative changes in resource efficiency indicators, the sectoral characteristics of agro-industrial production, and the socioeconomic need to ensure food security. Methodological approaches are substantiated, and a system of indicators for assessing the level of agro-industrial organizations innovative development in the stages of production and distribution chain is proposed.*

*Keywords: innovative growth, agro-industrial complex economy, balance, value chain, food security, efficiency.*

### Введение

Развитие мировой и национальной аграрной экономики показало, что даже в условиях рынка необходимо обеспечение определенных пропорций, поддерживающих сбалансированность экономических и инновационных систем. Неравномерность их развития, диспропорции в отдельных видах экономической деятельности приводят к дисбалансу системы субъектов хозяйствования, снижению доступности социальных и экономических благ. В этой связи ключевой задачей становится обеспечение инновационного роста, способствующего реализации макро-, мезо- и микро-экономических целей.

Начиная с 1940–60-х гг. XX в. в рамках неоклассических подходов к построению моделей роста (классическая, кейнсианская, монетаристская, др.) наряду с основными производственными факторами важную роль стал играть научно-технологический прогресс (НТП), что позволило выделить категорию «инновационный рост» [1-8]. Однако до настоящего времени не выработана единая точка зрения относительно трактовки сущности данной категории. Одни авторы рассматривают инновационный рост как частную производную экономического роста [1-3],

другие – как тесно связанную с экономическим ростом категорию [5; 8], третьи – как самостоятельную экономическую категорию [4; 6, 7].

Целью исследования является теоретико-методическое обоснование инновационного роста в экономике АПК, включающее уточнение понятийного аппарата, обоснование методических подходов и разработку системы показателей оценки уровня инновационного развития организаций АПК по этапам производственно-сбытовой цепочки.

### Материалы и методы

Теоретические и методические аспекты исследования основывались на результатах обобщения и систематизации научных трудов отечественных и зарубежных ученых, основных положениях принятых нормативно-правовых и программных документов Республики Беларусь. Исследование проводилось на основе использования общенаучных методов и приемов теоретического познания, таких как теоретико-методологический анализ и синтез, историко-экономический подход, сравнительный и системный анализ, абстрактно-логический метод, методы группировки и классификации.

**Основная часть**

Согласно словарю русского языка, «рост» трактуется как процесс увеличения какого-либо качества со временем (в экономике – отношение величины экономического показателя в данное время к его исходному значению, принятому за базу отсчета), а «развитие» – как тип движения и изменения в природе и обществе, связанный с переходом от одного качества, состояния к другому, от старого к новому [9, 10]. Данные аспекты положены в основу исследования.

Родоначальники теории экономического роста (Р. Харрод, Е. Домар) в своих моделях исходили из фиксированного отношения между трудом и капиталом, не учитывая технологический прогресс [11, 12]. Еще в 1912 г. Й. А. Шумпетер указал на роль инноваций в экономическом росте [13]. Предшественниками идеи инноваций были меркантилисты (А. Серра, И. Посошков и др.), экономист-физиократ Ф. Кэне (выделивший «бесплодный класс») [14], А. Смит (связавший инновации с разделением труда) [15], Д. Рикардо (указавший на роль редкости товара) [16], Ж.Б. Сей (определивший предпринимателя как агента прогресса) [17]. К. Маркс и Ф. Энгельс, выделившие капиталосберегающие и трудосберегающие инновации [18]. К. Менгер рассматривал инновации как экономическое благо, ценное для общества [19].

Н. Д. Кондратьев разработал концепцию долгосрочных колебаний в экономике («длинные волны Кондратьева») [20]. Й. А. Шумпетер трактовал инновации как любое возможное изменение вследствие коммерческого использования новых или усовершенствованных решений технического, технологического, организационного характера в процессах производства, снабжения, сбыта продукции [13].

К настоящему времени сложилось три научно-

методических подхода к сущности инноваций:

- 1) предмет (результат, продукт, объект) [21, 22, 23];
- 2) процесс [24, 25];
- 3) эффективный инструмент управления бизнесом [26-28].

Повышение роли инноваций легло в основу понятия «инновационное развитие», которое рассматривают как:

- а) новый этап экономического развития [29-31];
- б) необходимый элемент экономического роста [32-34];
- в) обязательный элемент экономического развития [36-38].

Проведенный сравнительный анализ определенных «инновационный рост» позволил обосновать три теоретико-методических подхода (табл. 1).

Обобщая данные таблицы 1, можно отметить, что инновационный экономический рост представляет собой многогранную категорию, которая в рамках процессного подхода трактуется как долгосрочное увеличение потенциального ВВП и структурные сдвиги за счет нововведений (Г.А. Сызранцев [6], А.С. Горда, О.С. Горда [2], И.М. Теняков [7]), в рамках системного – как интенсивный тип роста, основанный на НТП и интеллектуализации всех видов экономической деятельности, развитии предпринимательской инициативы (Е.Э. Головчанская [1], Я.П. Довгялло [3], Л. Ф. Махмудова [4], А. С. Сафронов [5]), а в рамках комплексного – как устойчивое эволюционное развитие с ресурсосбережением и цифровой трансформацией (И.В. Филимоненко [38], И.М. Теняков [7]).

Выделение современных подходов к определению термина «инновационный рост» и обобщение моделей теории, показало, что одновременно такой рост может привести к дестабилизации экономики в целом, поэтому

**Таблица 1. Теоретико-методические подходы, определяющие сущность категории «инновационный рост»**

Подходы	Сущность	Автор, источник
Процессный	Процесс качественного изменения организации за счет нововведений, не влекущий больших финансовых вложений (за исключением реновации)	Г. А. Сызранцев [6, с.214]
	Потоковый рост инноваций в сферах производства и экспорта, определяющий рост международной конкурентоспособности	А.С. Горда, О.С. Горда [2, с. 59]
	Процесс долгосрочного увеличения потенциального ВВП, порождающий структурные сдвиги в экономике, связанные с появлением принципиально новых товаров	И.М. Теняков [7, с. 24]
Системный	Интенсивный тип экономического роста, основанный на НТП и интеллектуализации	Е. Э. Головчанская [1, с.184]
	Систематическое использование научно-технических достижений во всех видах экономической деятельности	Я. П. Довгялло [3, с.135]
	Увеличение объема национального производства за счет внедрения инноваций	Л. Ф. Махмудова [4, с.93]
	Рост, базирующийся на развитии предпринимательской инициативы	А. С. Сафронов [5, с.6]
Комплексный	Устойчивый инновационный рост – эволюционное развитие экономики, сопровождающееся увеличением прибавочной стоимости при сокращении ресурсов, минимизации отходов и загрязнения окружающей среды	И. В. Филимоненко [38, с.65]
	Инновационный экономический рост в цифровой экономике, опирающийся на развитие микроэлектроники и цифровой инфраструктуры	И. М. Теняков [8, с.27]
Примечание. Собственная разработка на основе [2-8; 38].		

важно, чтобы он являлся сбалансированным.

Анализ категории «сбалансированность» показал, что она трактуется как «соотношение» [38], «соответствие» [39, 40], «устойчивость» [41], «пропорциональность» системы [24]. В экономической теории понятие «сбалансированность» тесно связано с экономическим и инновационным ростом. Поддержание состояния соответствия между взаимосвязанными элементами системы субъекта хозяйствования не позволяет говорить о расширенном развитии, поэтому для нормального функционирования национальной экономики важно обеспечивать ее рост.

В контексте эффективности используются категории «сбалансированный рост» и «сбалансированное развитие», базирующиеся на различных методических подходах. Целесообразно отметить, что данные определения используются как равновесные понятия. Различия в определениях обусловлены лишь предметной областью исследования: одни авторы используют частные показатели для отдельных видов деятельности, другие – обобщенные, однако, в целом, подходы между собой схожи. При этом сбалансированность определяется как обеспечение баланса между запланированной и текущей ситуацией, а также соблюдение установленных пропорций.

На основе проведенного анализа понятийного аппарата предлагаем категорию «инновационный рост в АПК» рассматривать как процесс обеспечения сбалансированного качественного изменения показателей эффективности использования ресурсов в агропромышленном производстве за счет внедрения комплекса инноваций, формирующих долгосрочные конкурентные преимущества субъектов хозяйствования для поддержания продовольственной безопасности и повышения экспортного потенциала. Предложенное определение отличается от существующих тем, что базируется на сбалансированном подходе; учитывает качественные изменения и достижение положительной динамики основных результатов субъекта; определяет виды субъектов (организации, вид экономической деятельности, регион, страна) и длительность анализируемого периода; ориентирует на обеспечение ключевых конкурентных преимуществ в заданных экономических условиях на внутреннем и внешнем рынке.

В развитие вышеуказанного концептуального направления обоснованы теоретические основы инновационного роста в контексте экономики АПК, предусматривающие его критерии и основные характеристики (рис. 1).

В совокупности выделенные характеристики и отраслевые особенности агропромышленного производства определяют основные направления его инновационного развития, обеспечивающие сбалансированность производственно-экономических и сбытовых отношений.

Выполненные исследования показывают, что в зарубежной и отечественной практике существуют различные методические подходы к определению уровня инновационного развития страны, региона и организаций.

К наиболее распространенным методическим подходам первой группы, проводимым по принципу межстранового сравнения, относятся рейтинги, основанные на индексном подходе:

а) Глобальный индекс инноваций (Global Innovation Index) [42];

б) рейтинг готовности бизнес-среды страны (Business Ready) [43];

в) Европейское инновационное обследование (European Innovation Scoreboard) [42].

Вторая группа методических подходов к определению уровня инновационного развития, ориентированная на оценку региона (страны) включает:

а) методику Руководства Осло [44];

б) сводный индекс инновационного развития (PII, Portfolio innovation index) [45];

в) региональный инновационный индекс (RIS) [46];

г) российские методики: методика Центра исследований и статистики науки Российской Федерации; карта российского инновационного пространства; рейтинг инновационных регионов Ассоциации инновационных регионов России [45; 47].

Третья группа методических подходов предусматривает оценку уровня инновационного развития организаций АПК, которые, как показали исследования отечественных и зарубежных ученых, базируются на:

1) нормированных показателях;

2) методе скользящих средних;

3) стандартизированных нормативных индикаторах [48-55].

На основе выявленных недостатков существующих методик авторами предложена система показателей оценки уровня инновационного развития организаций АПК по всем этапам производственно-сбытовой цепочки (ПСЦ) (рис. 2).

Научная новизна предлагаемого подхода заключается в формировании показателей по основным производителям (сельскохозяйственные организации, агрохолдинги и агрокомбинаты, пищевые организации).

Применение рассмотренных показателей позволит провести всестороннюю оценку эффективности организаций АПК на каждом этапе ПСЦ, определить резервы для инновационного развития, обосновать стратегические меры по их внедрению с учетом имеющихся собственных финансовых средств, а также возможность получения государственной поддержки в целях обеспечения продовольственной безопасности.

### Заключение

В результате проведенного исследования получены следующие научные результаты:

– уточнено понятие «инновационный рост в АПК» как процесс обеспечения сбалансированного качественного изменения показателей эффективности использования ресурсов в агропромышленном производстве за счет внедрения комплекса инноваций, формирующих долгосрочные конкурентные преимущества субъектов хозяйствования для поддержания продовольственной безопасности и повышения экспортного потенциала. В отличие от существующих,

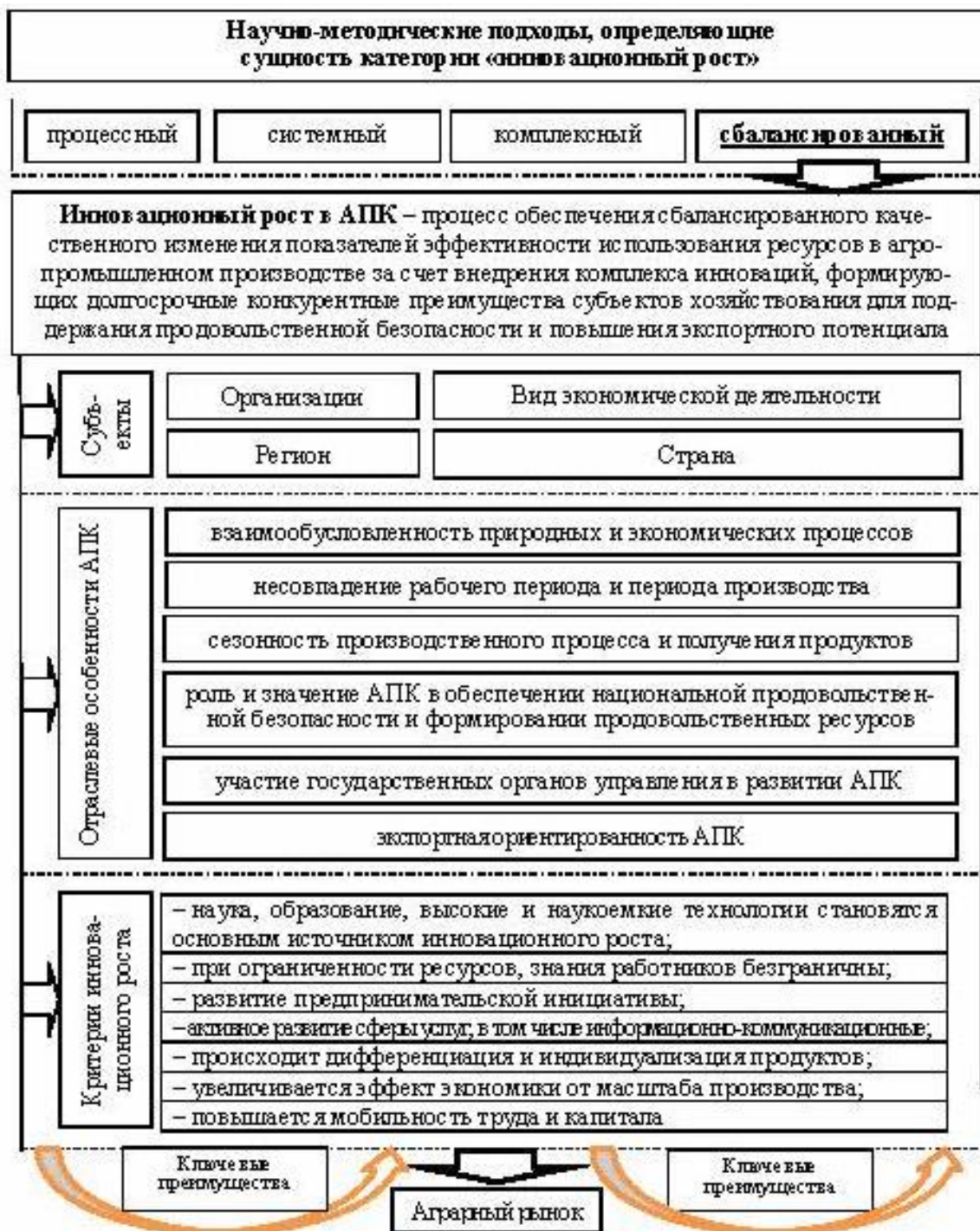


Рисунок 1. Теоретические основы инновационного роста в контексте экономики АПК  
Примечание. Собственная разработка.

данная трактовка учитывает отраслевые особенности АПК, ориентирована на достижение положительной динамики и выделяет различные уровни анализа развития на микро-, мезо- и макроуровнях;

– обоснованы методические подходы к определению уровня инновационного развития на страновом, региональном и организационном уровнях. Предложена комплексная система показателей оцен-

ки по этапам ПСЦ (ресурсное обеспечение, производство (переработка), хранение, транспортировка, сбыт (торговля)), что позволяет получить объективную и достоверную оценку инновационного развития организаций АПК, и может служить инструментом для принятия управленческих решений по выработке инновационной стратегии.

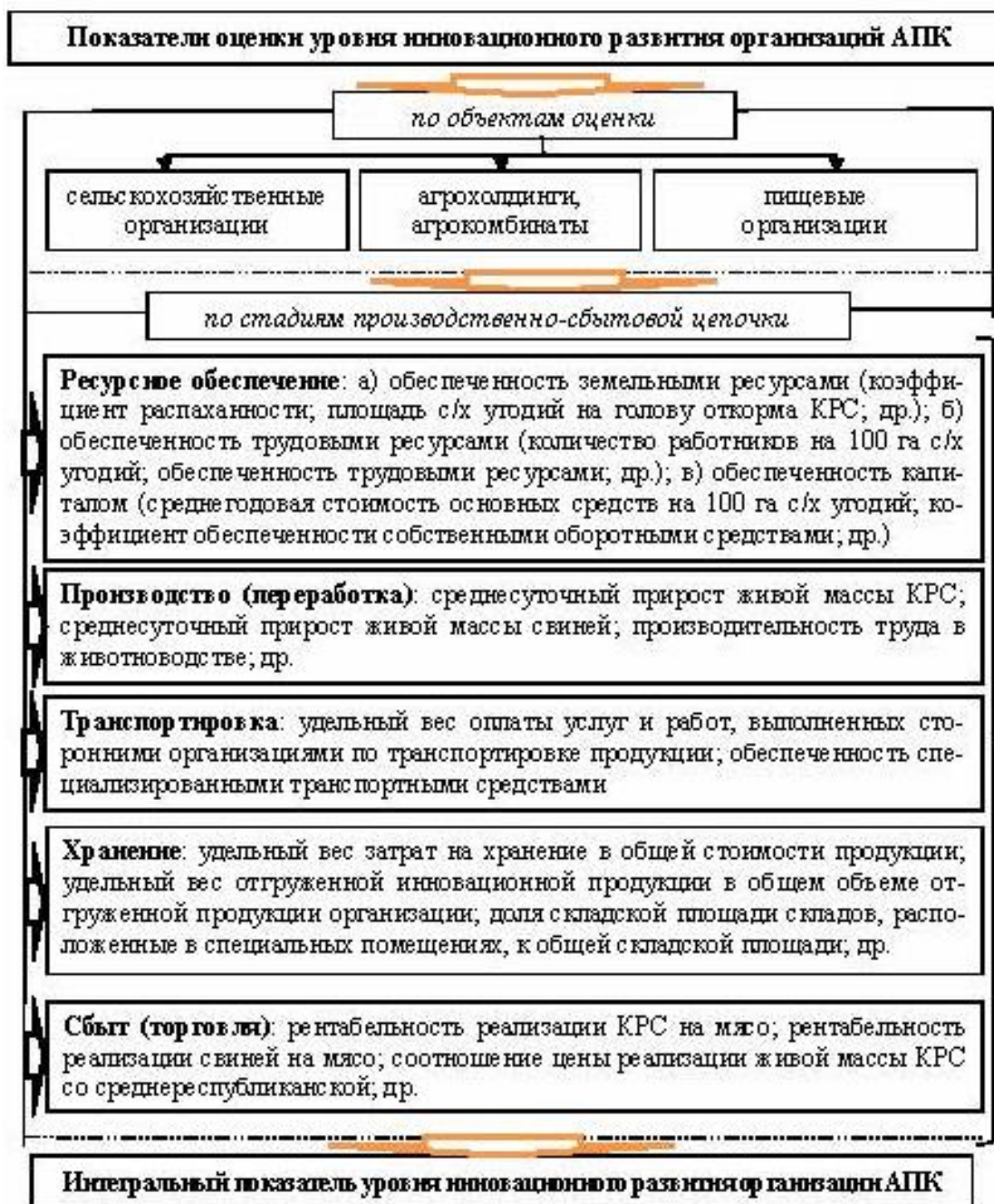


Рисунок 2. Предлагаемая система показателей оценки уровня инновационного развития организаций АПК (авторский подход)

Примечание. Собственная разработка.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Головчанская, Е.Э. Интеллектуальные ресурсы как фактор инновационного экономического роста национальной экономики / Е. Э. Головчанская // Вестник Пермского национального исследователь-

ского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2019. – № 3. – С. 183-194.

2. Горда, А.С. Стратегии экономического роста стран в условиях глобальной неустойчивости мировой экономики / А.С. Горда, О.С. Горда // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Экономика и управление. – 2020. – Т. 6 (72), № 3. – С. 57-67.

3. Довгялло, Я.П. Определение сущности инновационного типа экономического роста / Я.П. Довгялло // Экономика Таджикистана. – 2025. – № 3. – С. 131-137.
4. Махмудова, Л.Ф. Оценка роли информационно-коммуникационных технологий в обеспечении инновационного экономического роста в Азербайджане / Л.Ф. Махмудова // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2022. – № 2 (40). – С. 92-100.
5. Сафронов, А.С. Моделирование инновационного роста: учеб. пособие / А.С. Сафронов. – 2-е изд. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 64 с.
6. Сызранцев, Г.А. Классификация факторов инновационного роста, определение типа инновационного роста и присущих ему форм / Г.А. Сызранцев // Вестник МГСУ. – 2011. – № 6. – С. 214-218.
7. Теняков, И.М. Специфика инновационного экономического роста в условиях четвертой промышленной революции и цифровизации / И.М. Теняков, Ж.А. Абдуллаева // Проблемы современной экономики. – 2021. – № 2 (78). – С. 24-27.
8. Фирсов, Д.В. Понятие инновации в разрезе национального экономического развития / Д.В. Фирсов // Вестник экономической безопасности. – 2022. – № 1. – С. 307-309.
9. Борисов, А.Б. Большой экономический словарь. – М.: Книжный мир, 1999. – 895 с.
10. Райзберг, Б.А. Словарь современных экономических терминов / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский. – 4-е изд. – М.: Айрис-пресс, 2008. – 480 с.
11. Domar, E.D. Capital Expansion, Rate of Growth and Employment / E.D. Domar // *Econometrica*. – 1946. – Vol. 14 (№ 2). – P. 137-147.
12. Harrod, R.F. An Essay in Dynamic Theory / R.F. Harrod // *The Economic Journal*. – 1939. – Vol. 49 (№ 193). – P. 14-33.
13. Шумпетер, Й.А. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия / Й.А. Шумпетер; [предисл. В.С. Автономова; пер. с нем. В.С. Автономова, М.С. Любского, А.Ю. Чепуренко; пер. с англ. В.С. Автономов и др.]. – М.: Эксмо, 2007. – 864 с.
14. Кенэ, Ф. Избранные экономические произведения / Ф. Кенэ. – М.: Соцэргиз, 1960. – 572 с.
15. Смит, А. Исследование о природе и причинах богатства народов / А. Смит; пер. с англ. П. Клюкина. – М.: Эксмо, 2022. – 1056 с.
16. Рикардо, Д. Начала политической экономии и налогового обложения Principles of political economy and taxation: избранное / Д. Рикардо; пер. с англ.; пред. П.Н. Клюкина. – М.: Эксмо, 2007. – 953 с.
17. Say, J.B. A Treatise on Political Economy, or the Production, Distribution, and Consumption of Wealth / Jean-Baptiste Say; transl. from the 4th ed. of the French by C. R. Prinsep. – London: Longman, Hurst, Rees, Orme, and Brown, 1821. – 2 vol. // *Econlib*. – URL://www.econlib.org/library/Say/sayT.html (дата обращения: 20.04.2026).
18. Маркс, К. «Капитал» Карла Маркса / К. Маркс: 4 тома в изложении Г. Девиля, К. Каутского, В. Гиршфельда [и др.] со вступ. Очерками Н. Ленина и Карла Каутского и прил. статьи Р. Гильфердинга; сост.: Г. Литвин-Молотов. – Ростов-на-Дону; Краснодар: Буревестник, 1924. – Т. XXIV. – 373 с.
19. Менгер, К. Основания политической экономии / К. Менгер // Австрийская школа в политической экономии: сб. / пер. с нем. В. Г. Сорокина; под общ. ред. А.В. Куряева. – М.: Экономика, 1992. – С. 49-55.
20. Кондратьев, Н.Д. Основные проблемы экономической статистики и динамики: предварительный эскиз / Н.Д. Кондратьев; изд. подгот.: В. В. Иванов, М. С. Ковалева. – М.: Наука, 1991. – 569 с.
21. Byrski, V. Procesy innowacyjne w przemyśle / V. Byrski. – Krakow: Akademia Ekonomiczna w Krakowie, 1986. – 55 p.
22. Poznanski, K. Innowacje w gospodarce kapitalistycznej / K. Poznanski. – Warszawa: Państwowe Wydawn. Naukowe, 1979. – 32 p.
23. Шадиева, Д. Анализ мировых тенденций финансирования инновационной деятельности / Д. Шадиева // Мировое и национальное хозяйство. – 2016. – № 2 (37). – С. 120-127.
24. Малышев, Ю.А. Территориальная сбалансированность структуры воспроизводственных процессов / Ю.А. Малышев, О.Н. Казмалова // Вестник Пермского ун-та. Сер. 1: Экономика. – 2012. – № 4 (15). – С. 107-114.
25. Официальный сайт Центра стратегических разработок «Северо-Запад». – URL: <https://csr-nw.ru> (дата обращения: 20.04.2026).
26. Батрутдинов, А.С. Методологические проблемы стратегического управления воспроизводством основных фондов крупного промышленного предприятия на инновационной основе: автореф. дис. ... докт-ра экон. наук: 08.00.05 / Батрутдинов Асхат Салихович; Санкт-Петербургский гос. инженерно-экономический ун-т. – СПб., 2009. – 37 с.
27. Санто, Б. Инновация как средство экономического развития / Б. Санто; пер. с венг. – М.: Прогресс, 1990. – 296 с.
28. Твисс, Б. Управление научно-техническими нововведениями / Б. Твисс; пер. с англ. – М.: Экономика, 1989. – 271 с.
29. Бармута, К.А. Анализ развития инновационной деятельности в современных российских организациях / К.А. Бармута, И.А. Долгов // Естественно-гуманитарные исследования. – 2022. – № 39. – С. 53-59.
30. Богдан, Н.И. Национальная инновационная система 2.0 – новые задачи / Н.И. Богдан // Экономика Беларуси: рост, инновации, безопасность: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 15 мая 2025 г. / Бел. гос. экон. ун-т; редкол.: А. А. Быков (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУИР, 2025. – С. 93-94.
31. Румянцева, С.Ю. Этапы становления и развития понятия «инновации» / С.Ю. Румянцева, Е.М. Коростышевская, И.О. Самылов // Инновации. – 2018. – № 3. – С. 36-46.
32. Баринова, В.А. Факторы развития инновационных компаний на ранних стадиях / В.А. Баринова,

В.А. Еремкин, С.П. Земцов // Государственное управление (электронный вестник). – 2015. – № 49. – С. 27-51.

33. Кажуро, Н.Я. Экономический рост на основе инновационного развития – основа макроэкономической стабилизации и устойчивости национальной экономики / Н.Я. Кажуро // Наука и техника. – 2017. – Т. 16, № 6. – С. 515-525.

34. Коржак, В.А. Оценка влияния интеллектуального капитала на экономический рост / В.А. Коржак // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – Т. 129, № 3. – С. 143-149.

35. Багдасарян, Н.А. «Инновационное развитие»: анализ понятия и уточнение определения / Н.А. Багдасарян // Бюллетень науки и практики. – 2017. – № 7. – С. 93-100.

36. Полетаев, С.А. Комплексный подход к инновационному развитию в Республике Беларусь / С.А. Полетаев // Современная наука и инновации. – 2024. – № 3. – С. 114–118.

37. Филимоненко, И.В. Определение условий перехода экономики Красноярского края на путь устойчивого инновационного роста / И.В. Филимоненко // π-Economy. – 2011. – № 1 (114). – С.64-71.

38. Семенова, Е.В. Формирование стратегии сбалансированного развития промышленного холдинга на основе комплексной оценки его экономической деятельности: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Семенова Елена Владимировна; Самар. гос. экон. ун-т. – Самара. 2012. – 24 с.

39. Мякшин, В.Н. Сбалансированность и пропорциональность социально-экономического развития региона как реализация регулирующей функции управления / В.Н. Мякшин, Т.Н. Песьякова, Р.В. Мякшина // Региональная экономика: теория и практика. – 2015. – № 22. – 31-41.

40. Смолеев, С.В. Сбалансированное и комплексное развитие региона / С.В. Смолеев // Социально-экономические явления и процессы. – 2013. – № 8 (054). – С.92-96.

41. Васильева, Л.П. Управление сбалансированным социально-экономическим развитием региона: теоретические и практические аспекты / Л. П. Васильева // Вестник Белгородского ун-та. кооперации, экономики и права. – 2013. – № 2. – С. 258-261.

42. Global Innovation Index 2025 // Wipo. – URL: <http://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2025/en/index.html> (date of access: 20.04.2026).

43. Business Ready (B-READY). – 2025 // The World Bank. – URL: <http://www.worldbank.org/en/businessready> (date of access: 20.04.2026).

44. Кулыгина, А.С. Руководство Осло как источник «инновационной» терминологии // Вестник магистратуры. – 2019. – № 3-2 (90). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rukovodstvo-oslo-akk>

istochnik-innovatsionnoy-terminologii (дата обращения: 20.04.2026).

45. Иванова, Н.В. Обзор методик оценки потенциала региональных инновационных систем / Н.В. Иванова // ЭФО: Экономика. Финансы. Общество. – 2022. – № 3. – С.50-58.

46. European Innovation Scoreboard // European Commission. – URL: [://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_en) (date of access: 20.04.2026).

47. Официальный сайт Ассоциации инновационных регионов России. – URL: <http://i-regions.org> (дата обращения: 28.01.2026).

48. Аитова, Ю.С. Оценка развития социальной инфраструктуры в регионах Российской Федерации с позиции воспроизводства человеческого капитала / Ю.С. Аитова // Вестник Евразийской науки. – 2020. – Т. 12, № 4. – С. 25. – URL: <https://esj.today/PDF/35ECVN420.pdf> (дата обращения: 20.04.2026).

49. Демченко, И.Е. Оценка уровня развития потребительского рынка экономики Северо-Западного федерального округа / И.Е. Демченко // Вопросы территориального развития. – 2021. – Т. 9, № 3. – С.1-14.

50. Иванова, Т.В. Методика оценки темпов воспроизводства социальной инфраструктуры в сельском хозяйстве Российской Федерации / Т.В. Иванова, В.В. Павлова, Н.А. Ефимова, А.А. Иванова, Е.А. Ладькова // Управление в современных системах. – 2023. – № 2. – С.3-16.

51. Киреенко, Н.В. Развитие экспортного потенциала агропродовольственной сферы Республики Беларусь / Н.В. Киреенко, К.Г. Мелешко. – Минск: БГАТУ, 2025. – 212 с.

52. Ковзунова, Е.С. Роль инфраструктурных факторов в вопросе обеспечения продовольственной безопасности макрорегиона / Е.С. Ковзунова // Продовольственная политика и безопасность. – 2022. – Т. 9, № 3. – С. 245-260.

53. Крячкова, Л.И. Оценка развития инфраструктуры Курской области / Л.И. Крячкова, А.К. Крутиков, О.И. Мохова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 6. – С.161-167.

54. Научные основы развития инфраструктуры товаропроводящей сети агропродовольственного рынка / А.Н.Д. Магомедов, А.И. Белан, О.В. Бехчанова [и др.]. – М.: ИП Насирдинова В.В., 2012. – 144 с.

55. Механизмы устойчивого инновационного развития аграрного бизнеса Республики Беларусь / Н.В. Киреенко [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2024. – 204 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 22.04.2026

УДК 339.187:63-021.66

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2026-174-2-38-43>

## ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕР ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

И.А. Войтко,

доцент каф. экономической теории и права БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

*В статье рассмотрены применяемые в настоящее время механизмы поддержки производителей сельскохозяйственной продукции. Установлено, что наибольшая часть предоставляемых мер поддержки сельского хозяйства осуществляется в рамках реализации отраслевой программы развития АПК. Сравнение объемов бюджетного финансирования с достигнутыми экономическими и производственными показателями в динамике за ряд лет свидетельствует о том, что сложившиеся в сельском хозяйстве тенденции оперативно учитываются при формировании аграрной политики, что отражается в корректировке объемов и направлений бюджетной поддержки.*

*Ключевые слова: государственная поддержка, кредит, страхование, государственная программа, субсидии, сельское хозяйство, эффективность.*

*The article examines the currently used mechanisms for supporting agricultural producers. It is established that most of the measures provided to support agriculture are carried out within the framework of the implementation of the sectoral program for the development of agro-industrial complex. A comparison of budget funding volumes with achieved economic and production indicators in dynamics over a number of years indicate that current trends in agriculture are promptly taken into account when forming agricultural policy, which is reflected in adjustments to the volumes and directions of budget support.*

*Keywords: state support, credit, insurance, state program, subsidies, agriculture, efficiency.*

### Введение

Поддержка сельского хозяйства традиционно является инструментом проводимой государственной аграрной политики, что обусловлено рядом объективных причин. Прежде всего, это необходимость обеспечения национальной продовольственной безопасности страны в условиях высокой зависимости результатов деятельности субъектов хозяйствования от природно-климатических и погодных условий. Для снижения рисков потерь вследствие наступления неблагоприятных условий применяются программы агрострахования, субсидируется за счет средств бюджетов стоимость основных и оборотных средств, применяемых в производстве. При этом для оценки эффективности использования бюджетных средств на эти цели в программах развития предусматривается установление целевых индикаторов, достижение (недостижение) которых свидетельствует также об эффективности реализации документа в целом. Кроме того, в программе определены прогнозные показатели объемов производства продукции по видам, выполнение которых и обеспечивает получение сельским хозяйством результатов на уровне запланированных программой целевых индикаторов.

Вопросам обоснования приоритетных направлений государственной поддержки сельского хозяйства уделяется большое внимание в научных трудах зару-

бежных (С.И. Киселев, Н.М. Светлов, С.К. Сеитов, И.Г. Ушачев) [1-3] и отечественных (В.И. Бельский, В.Г. Гусаков, Н.В. Киреенко, И.А. Войтко, И.М. Лазаревич, Л.В. Шабуня) [4-9] экономистов-исследователей. Авторы рассматривают и дают оценку механизмам оказания государственной поддержки сельского хозяйства по объемам и направлениям на национальном и наднациональном уровнях. Кроме того, приводятся подходы по оценке эффективности применения мер поддержки.

В то же время, постоянно меняющиеся организационные и экономические условия ведения аграрного бизнеса, требующие повсеместного внедрения инновационного и цифрового развития, вызывают необходимость постоянного мониторинга и пересмотра мер государственной поддержки сельского хозяйства и выработки наиболее действенных механизмов их реализации.

В этой связи комплексное изучение актуальных тенденций трансформации мер государственной поддержки сельского хозяйства Республики Беларусь и определяет цель данной научной статьи.

### Материалы и методы

В ходе исследования изучены научные труды отечественных и зарубежных ученых в части государственной поддержки сельского хозяйства, нормативно-правовая база, регулирующая вопросы государственной аграрной политики в Республике Беларусь. Использова-

ны методы: системного и сравнительного анализа, расчетно-конструктивный, монографический

### Основная часть

В Республике Беларусь механизмы оказания государственной поддержки сельскому хозяйству Беларуси отражены в Указе Президента Республики Беларусь № 347 «О государственной аграрной политике». Утверждение конкретных объемов и направлений осуществляется в рамках реализации пятилетних государственных программ аграрного бизнеса. В 2025 г. завершила свою реализацию государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021-2025 гг. и с января 2026 г. действует новая государственная программа – «АПК будущего» на 2026-2030 гг. [10]. В настоящее время предусмотрено как продолжение выделения ранее определенных мер поддержки, а также имеются нововведения, одним из которых можно назвать введение Указом Президента Республики Беларусь № 375 от 20 октября 2025 г. такой меры поддержки, как закрепление сырьевых зон за перерабатывающими предприятиями.

В рамках государственной программы «АПК будущего» на 2026-2030 гг. сохранилось разделение на подпрограммы, которых стало 10 (в предыдущей программе их было 9). Структура финансирования сельского хозяйства приведена в таблице 1.

Анализ таблицы показал, что наибольший удельный вес (74,45 %) в общих объемах финансирования по программе занимает подпрограмма 10, направленная на формирование общих условий устойчивого развития АПК. В целом на реализацию

мероприятий предусмотрено выделение средств из республиканского и местных бюджетов, кредитов коммерческих банков, а также банка развития Республики Беларусь и собственных средств. Такие источники финансирования сохранились из предыдущих программ. В то же время их структура претерпела некоторые изменения (табл. 2).

Наиболее заметно снижение доли финансирования за счет собственных средств, удельный вес которых снизился с 77,36 % до 17,54 %. Это привело к увеличению доли других источников. Так, значение кредитов банка возросло с 16,51 % до 56,97 %, республиканского и местных бюджетов – до 11,83 %, 11,85 % соответственно. На перспективу сохранилось льготное кредитование, хотя его объемы снижаются.

Согласно основным положениям Указа Президента Республики Беларусь № 347, ежегодно осуществляется кредитование сельского хозяйства, в том числе на льготных условиях, реализация государственных программ в АПК, включая осуществление текущей деятельности, в размере, не менее 10 % от валовой стоимости сельскохозяйственной продукции [12]. Компенсация потерь банков при выдаче льготных кредитов субъектам, осуществляющим деятельность в области агропромышленного производства, в целях реализации государственных программ и мероприятий в АПК, а также ОАО «Банк развития Республики Беларусь», осуществляется за счет средств республиканского и (или) местных бюджетов. Кредитование на 2026-2030 гг. предусмотрено в рамках реализации пяти подпрограмм (табл. 3).

**Таблица 1. Объем и структура финансирования мероприятий Государственной программы «АПК будущего» на 2026-2030 гг. по подпрограммам, %**

Подпрограмма	Объем финансирования, млн руб.	Структура, %
1 «Эффективное растениеводство»	4358,2	3,66
2 «Интенсивное животноводство»	3869,7	3,25
3 «Развитие аквакультуры и рыболовного хозяйства»	163,9	0,14
4 «Противоаварийная защита сельскохозяйственных земель»	10,2	0,009
5 «Мелиорация земель»	3782,0	3,18
6 «Развитие перерабатывающей промышленности»	1986,4	1,67
7 «Преодоление последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС в АПК»	1256,4	1,06
8 «Малые формы хозяйствования»	73,9	0,06
9 «Цифровизация АПК, в том числе точное земледелие»	22,6	0,02
10 «Устойчивое развитие АПК»	88627,9	74,45

*Примечание. Составлена автором на основе данных источника [10]*

**Таблица 2. Основные источники финансирования мероприятий государственных программ развития АПК на 2021-2030 гг.**

Источники финансирования	Государственная программа «Аграрный бизнес» (в редакции от 22 декабря 2025 г.)		Государственная программа «АПК будущего» на 2026-2030 гг.	
	млн руб.	%	млн руб.	%
Республиканский бюджет	6 843	2,18	14078	11,83
Местные бюджеты	10 984	3,50	14107	11,85
Кредиты банков	51 773	16,51	67811	56,97
в том числе на льготных условиях	2 192	0,70	315	0,26
Кредиты ОАО «Банк развития Республики Беларусь»	1 382	0,44	2167	1,82
Собственные средства	242 571	77,36	20876	17,54
Итого: финансирование по программе	313 553	100	119039	100

*Примечание. Составлена автором на основе данных источников [10, 11]*

**Таблица 3. Кредитование реализации мероприятий по государственной программе «АПК будущего» на 2026-2030 гг. по подпрограммам, млн руб.**

Подпрограмма	Всего	Год				
		2026	2027	2028	2029	2030
1 «Эффективное растениеводство»	70	42	28	0	0	0
2 «Интенсивное животноводство»	1125	518	157	150	150	150
из них кредиты на льготных условиях	315	315	0	0	0	0
3 «Развитие аквакультуры и рыболовного хозяйства»	56	12	12	12	10	11
6 «Развитие перерабатывающей промышленности»	1146	311	237	265	165	170
10 «Устойчивое развитие АПК»	65414	11838	12430	13052	13704	14389
Кредиты банков – всего	67811	12721	12863	13478	14030	14720

Примечание. Таблица составлена автором на основе данных источника [10]

Принимая во внимание то, что наибольшие объемы финансирования в целом по программе предусмотрены на реализацию подпрограммы 10, поэтому наибольшие суммы выделяемых кредитов на создание условий для устойчивого развития АПК также выглядят обоснованными. Выделение последних планируется только на реализацию подпрограммы 2 «Интенсивное животноводство» и только на 2026 г. В то же время практика показывает, что в первоначальной редакции государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021-2025 гг. льготные кредиты также предусматривались только в первый год. Однако в течение пятилетнего срока проводилась корректировка финансирования реализации мероприятий по объемам и направлениям, что привело к изменению именно размеров льготного кредитования (табл. 4).

Как видно из таблицы 4, объем выделяемых сельскому хозяйству кредитов в течение всего срока реализации государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021-2025 гг. увеличился почти в 19 раз. Это свидетельствует о повышении роли кредитования в обеспечении устойчивого развития АПК Республики Беларусь (рис. 1).

Приведенные показатели свидетельствуют о том, что наибольшие объемы выделяемых субсидий на уплату процентов за пользование кредитами предусмотрены в республиканском бюджете и их размер на перспективу не уменьшается.

Немаловажным фактором необходимости оказания государственной поддержки сельскому хозяйству является высокая зависимость результатов производства от погодных условий и, как следствие, высокие риски возникновения потерь. При этом традиционная форма имущественного страхования, применяемая в таких случаях, для аграрной сферы не всегда приемлема. Так, высокая вероятность наступления страхового случая делает страхование более дорогим, а в условиях невысокой эффективности, в ряде случаев, невозможным. Поэтому многие страны, в том числе Республика Беларусь, применяют программы агрострахования с государственной поддержкой. Так, ежегодно принимается Указ Президента Республики Беларусь «О страховании урожая сельскохозяйственных культур, скота и птицы», где устанавливается перечень культур, скота и птицы, подлежащих обязательному страхованию, а также определяются страховые тарифы по культурам, скоту и областям (табл. 5).

Как видно из таблицы 5, страховые тарифы по областям варьируют в зависимости от возделываемых культур, а тарифы по страхованию животных остаются одинаковыми. При этом их величина ежегодно пересматривается в зависимости от вероятности наступления страхового случая, которая определяется на основе фактически сложившихся погодных условий в предыдущие периоды (табл. 6).

Размер страховых тарифов может отличаться до-

**Таблица 4. Финансирование мероприятий реализации Государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021-2025 гг., млн руб.**

Показатель	В редакции		Прирост (снижение)	
	от 01.02.2021 г.	от 22.12.2025 г.	млн руб.	%
Объем финансирования по программе – всего,	284 135	313 553	29 418	110,4
в том числе				
средства республиканского бюджета	3 975	6 843	2 868	172,1
средства местных бюджетов	4 697	10 984	6 287	233,9
кредиты банков	32 165	51 773	19 608	161,0
кредиты на льготных условиях	<b>116</b>	<b>2 192</b>	<b>2 076</b>	<b>18,9 раз</b>
кредиты открытого акционерного общества «Банк развития Республики Беларусь»	755,9	1 382	626	182,8
собственные средства субъектов, осуществляющих деятельность в области агропромышленного производства	242 543	242 546	3	100,0
Доля собственных средств в общем объеме финансирования, %	85,4	77,4	-8	-8,0 п. п.
Доля льготных кредитов банков в общем объеме финансирования, %	0,041	0,535	x	0,49 п. п.

Примечание. Составлена автором на основе данных источника [11]

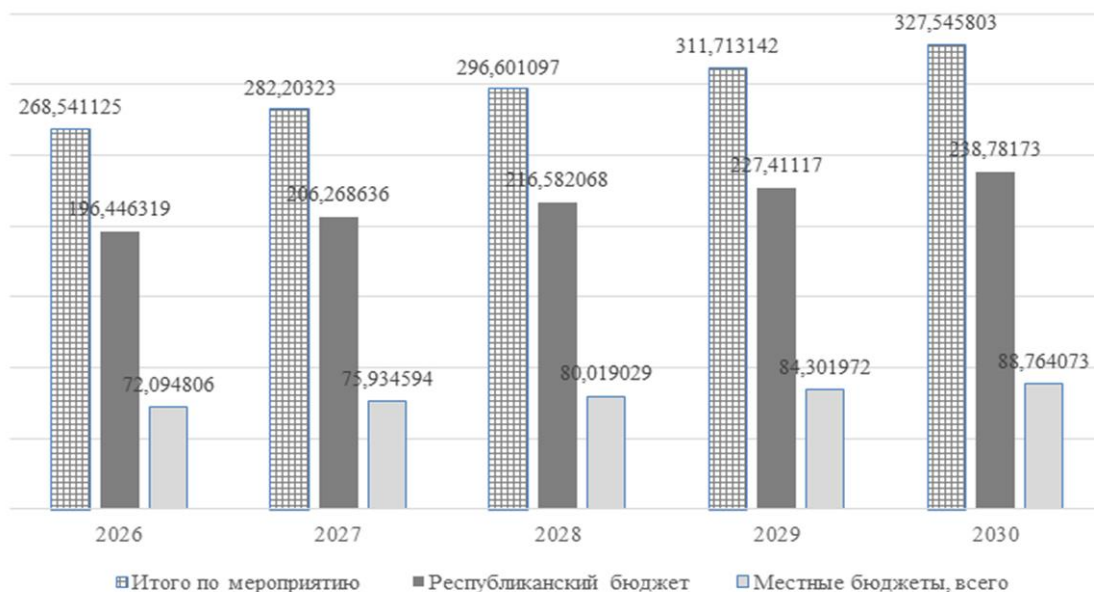


Рисунок 1. Предоставление субъектам, осуществляющим деятельность в области агропромышленного производства, и иным организациям субсидий на уплату процентов (части процентов) за пользование кредитами (мероприятие 85 государственной программы «АПК будущего» на 2026-2030 гг.), млн руб.

Примечание. Выполнен автором на основе данных источника [10].

**Таблица 5. Страховые тарифы по обязательному страхованию с государственной поддержкой урожая сельскохозяйственных культур, скота и птицы на 2026 г. (в процентах от страховой суммы)**

Наименование сельскохозяйственной продукции	Области					
	Брест-ская	Витеб-ская	Го-мель-ская	Грод-нен-ская	Мин-ская	Могилевская
Озимый рапс	0,19	2,17	2,23	0,06	0,31	1,12
Лен-долгунец	0,02	0,0	0,03	0,02	0,28	0,33
Сахарная свекла	0,1	0,13	0,07	0,03	0,07	0,17
Гречиха	0,25	0,25	0,44	0,06	0,18	0,12
Озимый ячмень	0,25	0,22	0,18	0,14	0,17	0,07
Племенное маточное поголовье:						
крупного рогатого скота (племенные коровы и племенные быки) субъектов племенного животноводства	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
свиней (племенные свиноматки и племенные хряки) субъектов племенного животноводства и основных свиноматок	2,057	2,057	2,057	2,057	2,057	2,057
Родительское и прародительское стада племенных кур в племенных хозяйствах	2,409	2,409	2,409	2,409	2,409	2,409

Примечание. Составлена автором на основе данных Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

волю значительно, как по годам, так и по областям. Так, страхование озимого рапса в Брестской области в 2021 г. осуществлялось при тарифе 5,06, в Витебской – 10,38. В то же время в 2026 г. эти показатели снизились до уровня 0,19 и 2,17 соответственно.

Динамика страховых взносов и выплат по всем видам страхования представлена на рисунке 2.

Изучение доли страхового возмещения в страховых взносах по видам страхования в динамике показало, что страхование с государственной поддержкой

урожая сельскохозяйственных культур, скота и птицы является наименее предсказуемым и поддающимся прогнозированию. Так, если в среднем по всем видам страхования доля страхового возмещения в страховых взносах по годам варьирует от 50 до 67 %, то в сельском хозяйстве этот диапазон составляет от 16,2 до 154 %. При этом превышение размера страхового возмещения над взносами означает, что страховая компания несет убытки по этому виду страхования и

**Таблица 6. Страховые тарифы (в процентах от страховой суммы) по обязательному страхованию с государственной поддержкой урожая сельскохозяйственных культур**

Наименование сельскохозяйственной продукции	Годы					
	2021	2022	2023	2024	2025	2026
<b>Брестская область</b>						
Озимый рапс	5,06	1,87	1,86	0,26	1,72	0,19
Лен-долгунец	2,35	0,9	1,21	0,19	1,17	0,02
Сахарная свекла	-	-	1,48	0,20	1,19	0,1
Гречиха	-	-	4,85	0,75	3,52	0,25
Озимый ячмень	-	-	0,42	0,06	0,19	0,25
<b>Витебская область</b>						
Озимый рапс	10,38	6,81	6,79	2,09	12,12	2,17
Лен-долгунец	3,57	2,19	2,90	0,39	3,05	0,20
Сахарная свекла	-	-	0,62	0,20	0,68	0,13
Гречиха	-	-	0,82	0,75	2,36	0,25
Озимый ячмень	-	-	0,36	0,03	0,43	0,22

*Примечание. Составлена автором на основе данных Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.*



**Рисунок 2. Доля страхового возмещения в страховых взносах, %**  
Примечание. Выполнен автором на основе данных Министерства финансов Республики Беларусь

свидетельствует о сложностях в планировании величины страховых тарифов.

**Заключение**

Таким образом, происходящая трансформация мер государственной поддержки сельского хозяйства Республики Беларусь позволила сделать следующие выводы:

1. Развитие АПК Республики Беларусь осуществляется в рамках реализации пятилетних программ. С

1 января 2026 г. начала реализовываться государственная программа «АПК Будущего» на 2026-2030 гг., включающая мероприятия по десяти подпрограммам. Источниками финансирования, как и в предыдущие годы, стали средства республиканского и местных бюджетов, кредитов банков, ОАО «Банк развития» Республики Беларусь, собственных средств. Установлено, что в структуре источников финансирования снизилась доля собственных средств, что потребовало

увеличения роли бюджетов различного уровня, а также кредитования сельского хозяйства.

2. В соответствии с новой программой сохранилась возможность получения организациями АПК кредитов на льготной основе по одной подпрограмме в 2026 г. Однако практика показывает, что роль кредитования в деятельности субъектов аграрного бизнеса не снижается. Так, за время реализации государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021-2025 гг. сумма выделяемых льготных кредитов была скорректирована в сторону увеличения, которое составило почти 19 раз. Кроме того, предусмотрено выделение субсидий на уплату процентов (части процентов) за пользование кредитами. Так, в рамках реализации мероприятия 85-й государственной программы «АПК будущего» на 2026-2030 гг. планируется выделить порядка 1,5 млрд руб. на эти цели.

3. Важным направлением государственной поддержки АПК является развитие агрострахования. В Республике Беларусь осуществляется обязательное страхование с государственной поддержкой урожая сельскохозяйственных культур, скота и птицы, для чего ежегодно принимается Указ Президента Республики Беларусь «О страховании урожая сельскохозяйственных культур, скота и птицы». Документом закрепляются виды культур, скота и птицы, подлежащие обязательному страхованию, а также устанавливаются страховые тарифы. При этом, как показали исследования, страховые тарифы варьируют по областям и в динамике. В то же время сравнение размеров страховых взносов и страхового возмещения по годам показало, что диапазон такого сравнения довольно велик. Так, в период с 2018 по 2021 гг. доля страхового возмещения в страховых выплатах не превышала 28 %, в то время как в 2023 г. она превысила 150 %, а в 2025 г. составила свыше 145 %. Это может свидетельствовать о необходимости пересмотра действующих подходов к организации обязательного страхования с государственной поддержкой в сельском хозяйстве в сторону более гибкого учета погодных условий и реагирования на возникающие изменения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральные государственные информационные системы в сельском хозяйстве России: проблемы использования и возможные решения / С.В. Киселев, И.В. Филимонов, С.К. Сеитов [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3. – С. 167-186.

2. Светлов, Н.М. Влияние инструментов агропродовольственной политики на инвестиционную привлекательность сельского хозяйства / Н. Светлов, В. Маслов, Н. Зарук // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2023. – № 11. – С. 128-139.

3. Ушачев, И.Г. Приоритетные направления развития АПК на современном этапе / И.Г. Ушачев, А.В. Колесников, В.В. Маслова // АПК: Экономика, управление. – 2025. – № 1. – С. 3-13.

4. Бельский, В.И. Механизм сбалансированного развития внешней торговли агропродовольственными товарами Беларуси в рамках ЕАЭС / В.И. Бельский, Н.В. Карпович. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2019. – 199 с.

5. Гусаков, В.Г. Факторы и методы эффективного хозяйствования / В.Г. Гусаков. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 56 с.

6. Войтко, И.А. Изучение основных методических подходов к формированию системы прямого бюджетного субсидирования АПК в условиях международной интеграции / И.А. Войтко, Л.В. Шабуня // Механизмы эффективного регулирования развития АПК в современных условиях: вопросы теории и методологии. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2019. – С.85-95.

7. Войтко, И.А. Прямое бюджетное субсидирование как фактор устойчивого развития сельскохозяйственного производства Республики Беларусь / И.А. Войтко // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2023. – Т. 61, № 2. – С. 95-108.

8. Киреенко, Н.В. Диверсификация государственной поддержки сельского хозяйства в Беларуси с учетом международных требований и обязательств / Н.В. Киреенко, И.А. Казакевич // Белорусский экономический журнал. – 2018. – № 4. – С. 65-76.

9. Лазаревич И.М. Совершенствование механизма продуктово-специфической поддержки в сельском хозяйстве Республики Беларусь в условиях международной экономической интеграции / И.М. Лазаревич; под науч. ред. И.А. Войтко. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2021. – 141 с.

10. О Государственной программе «АПК будущего» на 2026–2030 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 31 декабря 2025 г. № 814 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22500814> (дата обращения: 29.03.2026).

11. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021-2025 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 1 февраля 2021 г. № 59 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100059> (дата обращения: 29.03.2026).

12. О государственной аграрной политике: Указ Президента Республики Беларусь от 17 июля 2014 г. № 347 // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P31400347> (дата обращения: 29.03.2026).

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 30.03. 2026

УДК 330.1: 351.711: 316.34

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2026-174-2-44-48>

## КОНВЕНЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ГОСУДАРСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

С.С. Рябова,

доцент каф. государственной экономической политики Академии управления при  
Президенте Республики Беларусь, канд. экон. наук, доцент

*В статье рассмотрены основные положения теории конвенций применительно к управлению государственными активами в Республике Беларусь, в том числе и для организаций АПК. Проанализированы институциональные подсистемы и способы их координации (рыночная, индустриальная, традиционная, гражданская, экологическая, общественного мнения, творческой деятельности), а также виды соглашений в зонах пересечения. Обоснованы цели, объекты и процедуры координации при управлении государственными активами в Республике Беларусь.*

*Ключевые слова: аграрный бизнес, государственные активы, теория конвенций, институциональные подсистемы, координация, соглашения, субъекты управления.*

*The article examines the fundamental principles of convention theory to state asset management in the Republic of Belarus, including for agro-industrial complex organizations. The institutional subsystems and methods of their coordination (market, industrial, traditional, civil, environmental, public opinion, and creative activity), as well as the types of agreements in the areas of intersection are analyzed. The objectives, objects, and procedures of coordination in state asset management in the Republic of Belarus are substantiated.*

*Keywords: agrarian business, state assets, convention theory, institutional subsystems, coordination, agreements, governmental entities.*

### Введение

Аграрный бизнес является приоритетным видом экономической деятельности в национальной экономике Республики Беларусь, значительная часть организаций которого имеет долю государства. При этом для повышения эффективности управления государственными активами необходимо вырабатывать новые подходы, обеспечивающие решение производственных, экономических и социальных задач общества и трудовых коллективов.

Следует отметить, что государство, используя государственные активы в предпринимательской деятельности, становится равноправным участником рыночных отношений. Выполненный анализ научных трудов зарубежных и отечественных авторов (Л. Болтански, В.В. Волков, О.Б. Ионова, А.Н. Олейник, С.М. Пястолов, Г. Россинская, В.В. Радаев, В.В. Разумова, Ф. Эймар-Дюверне, О. Фаверо, А. Орлеан, Р. Сале, Л. Тевено) показал, что особое значение в современном обществе имеют социальные проблемы и понимание справедливости в рыночной экономике [1-10]. В рамках нового французского институционализма (Л. Болтански, В.В. Волков, О.Б. Ионова, А.Н. Олейник, О. Фаверо, А. Орлеан, Р. Сале, Л. Тевено, Ф. Эймар-Дюверне) рыночная экономика как подсистема общества, имеющая в своей структуре разные системы координации, которые могут выступать социальными двигателями повышения эффективности [1-4; 9, 10].

В свою очередь, институциональный подход базируется на положениях и нормах институционализма (неоинституционализма) для развития теоретико-методических основ управления государственными активами как института.

В данном контексте цель статьи состоит в изучении экономической теории конвенций как направления институционализма применительно к управлению государственными активами.

### Материалы и методы

Научное исследование базировалось на изучении, систематизации и обобщении методических подходов отечественных и зарубежных авторов в области институционализма. В процессе проведения научного исследования использованы сравнительный анализ, метод обобщения и синтез, метод диалектической логики и познания объективной действительности.

### Основная часть

Аграрная экономика вносит значительный вклад в социально-экономическое развитие Республики Беларусь, обеспечивая национальную продовольственную безопасность и экспортный потенциал страны. Анализ показал, что темп производства продукции сельского хозяйства за пятилетку составил 104,2 % к уровню 2020 г. Непосредственно в 2025 г. производство продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий составило 40,1 млрд руб. (в текущих ценах), в том

числе в сельскохозяйственных организациях (фермерских хозяйствах) – 33,3 млрд руб. Данные результаты обеспечены за счет роста валового сбора зерновых и зернобобовых культур (9,1 млн т), сахарной свеклы (5,9 млн т), льноволокна (58,3 тыс. т) [11]. В 2025 г. надой на одну корову составил 6 577 кг, что на 379 кг (на 6,1 %) больше, чем в 2024 г.

В 2025 г. отмечается улучшение финансовых результатов деятельности организаций сельского хозяйства. Так, рост выручки от реализации продукции, товаров, работ, услуг составил 111,2 %, прибыли от реализации продукции – 126,6 %, чистой прибыли – 124,6 %, рентабельности продаж – 1,0 п. п. Количество убыточных организаций находилось на уровне 62, что на 29 субъектов меньше, чем в 2024 г. [11].

Для дальнейшего устойчивого развития и сохранения достигнутых результатов необходимо расширение мер и механизмов, направленных на повышение эффективности функционирования государственных активов. Институт управления государственными активами включает институт государственного управления (макро-, мезоуровень) и институт корпоративного управления (микроуровень), которые создают ограничения поведения и формируются в рамках определенной системы координации. На первый план в институциональном подходе к управлению выходит координация как «согласованное взаимодействие всех элементов предметной сферы управления в пространстве и во времени» [12, с. 124]. В таком контексте взаимодействия субъектов управления государственными активами на разных уровнях характеризуются определенными типами соглашений, а, следовательно, должны иметь различные способы координации. Координация действий должна быть, во-первых, между исполнительным органом и наблюдательным советом (согласование интересов), а, во-вторых, между субъектами разных уровней (макро- и мезо-) в системе государственного управления.

Проблему множественной координации исследовали Л. Болтански, Л. Тевено, идеи которых легли в основу экономики конвенций [1; 9, 10]. Так, Л. Тевено пишет, что «в некоторых критических ситуациях рыночный механизм не способен установить равновесие, существуют «провалы рынка». Возникает концепция множественной координации, суть которой сводится к тому, что в разных ситуациях (разных мирах), которые конструируются объектами взаимодействия, люди руководствуются разными мотивами и разной рациональностью, соответственно в каждой ситуации равновесие устанавливается иными, нерыночными механизмами» [10, с. 78].

В развитие этого данные авторы признают координирующую роль рынка, но при этом выделяют и формы координации, обеспечивающие взаимодействия [1]. «Плюрализм способов координации не совпадает с границами организованных или институционально зафиксированных видов деятельности. Конкретный вид экономической деятельности, даже четко определенный, может осуществляться на основе

различных форм координации, которые разнятся еще в зависимости от фирмы. Проблема координации в таком плюралистическом мире заключается в соотношении различных принципов оценки или неодинаковых способностей к ней, которые имеют различные люди» [13, с. 94-95].

Систематизируя сложный и неоднозначный терминологический аппарат экономики конвенций, Л. Тевено и Л. Болтански предложили термин «мир» [1; 10], которые в российской научной литературе В.В. Разумова определяет как «институциональные подсистемы» [8], А.Н. Олейник – соглашения [4], О.Б. Ионова – «социальный порядок» [3]. А.Н. Олейник определила, что соглашения регулируют «деятельность индивидов в различных сферах» [4, с. 49]. Это предполагает отождествление «соглашение» и «координация».

Каждая институциональная подсистема или «мир» характеризуется определенным способом координации – «соглашения» и «нормы», которые позволяют достичь специфической цели данной подсистемы [14, 15]. В экономике соглашений А.Н. Олейник выделяет семь типов соглашений: рыночный, индустриальный, традиционный, гражданский, экологический, общественного мнения, творческой деятельности [4, с. 50]. Соглашения, включая нормы, обеспечивают порядок во взаимодействиях между людьми. Таким образом, с одной стороны, они координируют взаимоотношения внутри институциональной системы, а с другой – институциональные системы определяются нормами, которые обеспечивают достижение равновесия и компромисса между институциональными системами [16, с. 157].

По мнению А.Н. Олейник, к элементам соглашений относят нормы поведения, предметный мир («совокупность материальных объектов, по поводу которых осуществляется взаимодействие»), источник информации, вектор времени (настоящее, будущее, прошлое), «примеры сферы деятельности, на основе которых лежит то или иное соглашение» [4, с. 49].

Каждый способ координации имеет свою логику. При этом логика одного из способов может войти в конфликт с логикой другого способа координации. В соответствии с экономикой конвенций, например, любой организации присущи как минимум два способа координации – рыночная и индустриальная [10]. Первый вид основан на получении прибыли в краткосрочном периоде, гибкости и изменчивости, второй – направлен на будущее, планирование долгосрочных инвестиций и стабильности. Между двумя этими логиками возникает конфликтная ситуация [17].

У каждой институциональной подсистемы («мира») есть своя зона действия. При этом в масштабах функционирования всего социума есть их пересечение между собой, на границах которых возникает неопределенность. В таких случаях предусмотрены определенные варианты соглашений (способы координации), такие как «экспансия – взаимодействие на основе одних норм в пересекающихся системах координации; касание – взаимодействие на основе взаи-

моисключающих норм; компромисс – взаимодействие на основании норм, удовлетворяющих требованиям пересекающимся системам координации» [4, с. 51-52]. Способы координации дают возможность устранить противоречия институциональных подсистем за счет компромисса и установления границ рационального поведения.

В данном исследовании будем применять термин «институциональная подсистема» как пространство, имеющее свой способ координации. При этом координация основана на соглашениях – «совокупности неформальных норм, составляющих «правила игры»» [4, с. 48]. Таким образом, особое значение в экономике конвенций приобретают нормы, которые приняты как нормы социального поведения субъектов в соответствующем институциональном механизме. То есть институт эффективен, если он является не столько фактором принуждения и контроля, а «функционирует в рамках «доверительного поля» тех субъектов, для которых декларируемые нормы становятся фактом повседневной практики» [3, с. 161]. Таким образом, для обеспечения экономического роста необходимы социальные двигатели [2].

Нормами, координирующими институциональные подсистемы, являются: доверие, эмпатия, утилитаризм и интерпретативная рациональность [18]. В управлении государственными активами участвуют индивиды (государственные служащие, работающие по гражданско-правовому договору, представители государства, менеджеры, независимые члены наблюдательного совета, работники организации). Институт управления государственными активами имеет формальные и неформальные нормы, обеспечивающие его координацию. Управление является неоднородным и включает как административно-нормативное управление, так и корпоративное. Права собственности не всегда имеют четкую спецификацию, что обуславливает использование неформальных правил в управлении государственными активами.

В развитие этого автором представлена классификация институциональных подсистем и набор характеристик применительно к управлению государственными активами (табл. 1).

Управление государственными активами характеризуется институциональным оформлением и отношениями, складывающимися между государственными служащими, представителем государства, менеджментом, в том числе в рамках агентских отношений. Это обуславливает учет человеческого фактора и отведение социальным отношениям определяющей роли в управлении государственными активами. При этом в каждой институциональной подсистеме субъекты выстраивают взаимодействия, которые реализуются во взаимоотношениях между людьми – государственными служащими, представителем государства, руководителем организации, членами органов управления, что предполагает учитывать социальные отношения.

Для учета социальных отношений автором использован конвенциональный подход, на основе ко-

торого институциональная система управления состоит из подсистем (рыночная, индустриальная, традиционная, гражданская, экологическая, общественное мнение, творческая деятельность). Каждый способ координации имеет свои объекты, процедуры, цели и источники информации, а также нормы социального поведения, позволяющие достичь высокого уровня результативности управления.

### Заключение

На основании проведенного исследования получены следующие результаты:

1. Аграрный бизнес как стратегическая отрасль Республики Беларусь обеспечивает национальную продовольственную безопасность. Эффективное его функционирование зависит от рациональных управленческих решений, в том числе и государственными активами. Это обусловлено тем, что особую роль в управлении организаций АПК занимают системы координации, позволяющие использовать разные нормы социального поведения работников.

2. Определено, что конвенциональный подход базируется на координации хозяйственных взаимодействий субъектов бизнеса, нивелируя потерю рациональности. Суть множественной координации заключается в том, что при разных ситуациях (в разных институциональных подсистемах) равновесие может достигаться нерыночными механизмами и зависеть от мотивов и рациональности индивидов при их взаимодействии. В настоящее время в мировой практике выделяются институциональные подсистемы, каждая из которых характеризуется целью, задачами и направлениями функционирования (рыночная, индустриальная, традиционная, гражданская, экологическая, общественное мнение, творческая деятельность).

3. Управление государственными активами как институт может включать в себя институциональные подсистемы с разными системами координации. Иерархическая цепь их взаимодействий позволила классифицировать способы координации, включая объекты и процедуры на макро- и микроуровнях. В данном контексте управление государственными активами предполагает достижение конвенции между менеджментом организаций с участием государства и представителями государства от органов владельческого надзора. При этом возможно смягчение формальных правил со стороны органов владельческого надзора, что позволяет повысить рациональность в принятии управленческих решений в отношении государственных активов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Болтански, Л. Критика и обоснование справедливости: очерки теории графов / Л. Болтански, Л. Тевено; пер. с фр. О.В. Ковеновой; предисл. Н.Е. Копосова. – М.: Новое лит. обозрение, 2013. – 572 с. (Библиотека журнала «Неприкосновенный запас»).

**Таблица 1. Классификация институциональных подсистем и координации института управления государственными активами**

Институциональные подсистемы	Процедуры координации	Объект координации	Источник информации	Цели	Пример сферы деятельности
Рыночное	Подчинение коммерческим интересам, конкуренция, снижение транзакционных издержек	Прибыль, конкурентоспособность	Финансовая отчетность, отчет представителя государства	Рост прибыли, расширение рынков сбыта	Классический рынок
Индустриальное	Модернизация, стратегическое планирование, стандартизация, Профессионализм, компетентность	Инвестиции, экономическая безопасность	Стандарты, прогнозы развития, инвестиционные бизнес-планы, бизнес-планы развития	Повышение производительности труда, эффективности, обеспечение платежеспособности	Организация с участием государства
Традиционное	Неформальные связи, авторитет, иерархия, преемственность традиций, взаимодоверие, личные отношения	Регламенты поведения, Вознаграждение	Корпоративная культура, традиции	Организация деятельности органов управления, эффективного корпоративного управления, мотивация менеджмента	Наблюдательный совет, общее собрание акционеров (участников), исполнительный орган
Гражданское	Подчинение стратегическим и социальным интересам, воспроизводство норм принуждения, общественное согласие, коллективизм, равенство, солидарность	Целевые показатели, неналоговые доходы бюджета	Закон, государственные программы	Разработка стратегических планов, государственных программ, повышение неналоговых доходов бюджета	Органы государственного управления, органы владельческого надзора
Экологическое	Обеспечение устойчивого развития и реализации ЦУР, ESG-принципы	Цели устойчивого развития, ESG-практики	Отчет о реализации ЦУР, нефинансовая отчетность	Внедрение ЦУР в деятельность организации, ESG-трансформация	Деятельность по реализации Национальной стратегии устойчивого развития
Общественное мнение	Репутация, престиж	Бренды, торговые марки	Потребительские ожидания	Повышение стоимости ценных бумаг, стоимости чистых активов	Фондовый рынок
Творческая деятельность	Инновационность, научность, инновационные программы, внедрение нового	Изобретения, инновации	Научно-техническая продукция	Разработка и внедрение инноваций	Научная и инновационная деятельность

*Примечание. Составлена автором на основе источников [1; 5; 6; 19].*

2. Волков, В.В. Теория практик / В.В. Волков, О.В. Хархордин. – СПб.: Европ. ун-т в СПб., 2008. – 297 с. (Прагматичный поворот, вып. 2).

3. Ионова, О.Б. Социальное партнерство: опыт социального анализа / О.Б. Ионова. – М.: МАКС Пресс, 2004. – 292 с.

4. Олейник, А.Н. Институциональная экономика: учеб. пособие (высшее образование – бакалавриат) / А.Н. Олейник. – М.: Инфра-М, 2023. – 414 с.

5. Пястолов, С.М. Конвенциональный подход к решению задач мобилизации наукоемких произ-

водств / С.М. Пястолов // Научно-исследовательские исследования. – 2022. – № 2. – С. 108-129.

6. Россинская, Г. Теория соглашений (конвенций) как методологическая основа исследования поведения индивидов в сфере денежных отношений / Г. Россинская, И. Коцегулова // Экономика и управление. – 2018. – № 5. – С. 21-25.

7. Радаев, В.В. Современные экономико-социологические концепции рынка / В.В. Радаев // Экономическая социология. – 2008. – № 1. – Т. 9. – С. 20-50.

8. Неинституциональная экономическая теория:

учеб. пособие / под ред. В.В. Разумова. – М.: Финансовая акад. при Правительстве Рос. Федерации, 2005. – 338 с.

9. Eymard-Duverany, F., Favereau, O., Orlean, A., Salais, R., Thévenot, L. Pluralist Integration in the Economic and Social Sciences: The Economy of Conventions / F. Eymard-Duverany, O. Favereau, A. Orlean, R. Salais, L. Thévenot // Post-Autistic Economic Review. – 2005. – № 34. – P. 1-15. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/285090297\\_Pluralist\\_integration\\_in\\_the\\_economic\\_and\\_social\\_sciences\\_The\\_economy\\_of\\_conventions](https://www.researchgate.net/publication/285090297_Pluralist_integration_in_the_economic_and_social_sciences_The_economy_of_conventions). (date of access: 15.02.2026).

10. Тевено, Л. Множественность способов координации: равновесие и рациональность в сложном мире / Л. Тевено // Вопросы экономики. – 1997. – № 10. – С. 69-84.

11. Социально-экономическое положение Республики Беларусь за январь-декабрь 2025 г. // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – URL: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_bulletin/index\\_161186/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_bulletin/index_161186/) (дата обращения: 25.02.2026).

12. Клейнер, Г.Б. Институциональное управление, институты управления, управление институтами / Г.Б. Клейнер // Институциональная экономика: развитие, преподавание, приложения: материалы III Междунар. конф., Москва, 19–20 нояб. 2013 г. / Гос. ун-т упр.; под ред. Г.Б. Клейнера. – М., 2013. – С. 122-127.

13. Тевено, Л. Ценности, координация и рациональность: экономика соглашений или эпоха сближения экономических, социальных и политических наук / Л. Тевено; при участии Ф. Эймар-Дюверне [и др.] // Ин-

ституциональная экономика / А. Олейник, Р. Нуреев, В. Андреев [и др.]; под общ. ред. А. Олейника. – М., 2009. – С. 76-112.

14. Малкина, М.Ю. Институциональная экономика: учеб. пособие / М.Ю. Малкина, Т.П. Логинова, Е.В. Лядова. – Н. Новгород: Нижегород. гос. ун-т, 2015. – 258 с.

15. Скоробогатов, А.С. Макроэкономическая роль институтов: от онтологической неопределенности к концепции делового цикла / А.С. Скоробогатов // Экономический вестник Ростовского государственного университета. – 2005. – Т. 3, № 2. – С. 83-95.

16. Тевено, Л. Рациональность или социальные нормы: преодоленное противоречие / Л. Тевено // Экономическая социология. – 2001. – Т. 2, № 1. – С. 88-122. – URL: <https://ecsoc.hse.ru/2001-2-1/26594965.html> (дата обращения: 11.11.2025).

17. Тевено, Л. Организованная комплексность: конвенции координации и структура экономических преобразований / Л. Тевено // Экономическая социология: новые подходы к институциональному и сетевому анализу / Моск. высш. шк. соц. и экон. наук; сост. и науч. ред. В.В. Радаев. – М., 2002. – С. 19-46.

18. Олейник, А. Издержки и перспективы реформ в России: институциональный подход / А.Н. Олейник // Мировая экономика и международные отношения. – 1997. – № 12. – С. 25-36.

19. Ковенева, О.В. Французская прагматическая социология: от модели «градов» к теории «множественных режимов вовлеченности» / О.В. Ковенева // Социологический журнал. – 2008. – № 1. – С. 5-21.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.03.2026

**Система микропроцессорного автоматизированного регулирования положения распределительной штанги относительно обрабатываемой поверхности**

*Предназначена* для повышения равномерности внесения рабочего раствора пестицидов штанговыми опрыскивателями, снижения времени на подготовку агрегата к работе и его регулировки в процессе работы.

Система обеспечивает соблюдение постоянства расстояния между распылителями и обрабатываемой поверхностью в процессе работы опрыскивателя, как на склонах, так и на равнинной местности.



**Основные технические данные**

Тип механизма изменения угла наклона штанги	Гидравлический
Тип системы	Микропроцессорная
Тип датчиков	Ультразвуковые
Диапазон измерения, м	0,4 – 2,0
Погрешность измерения расстояния между штангой и обрабатываемым объектом, м	0,040
Время готовности системы к работе, мин.	до 1
Напряжение питающей сети, В	=12 ± 2,5
Продолжительность постоянного измерительного сигнала, после которого вырабатывается управляющее воздействие на исполнительный привод, с	2
Масса, кг, не более	40

# Правила для авторов

1. Журнал «Агропанорама» помещает достоверные и обоснованные материалы, которые имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной, способствуют повышению экономической эффективности агропромышленного производства, носят законченный характер. Статьи публикуются на русском языке.

Приказом ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 (в редакции приказа ВАК от 2.02.2011 г. № 26) журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным (зоотехния) наукам.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять, как правило, не менее 0,35 авторского листа (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), что соответствует 8 стр. текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 стр. в случае печати через 1,5 интервала).

Рукопись статьи, представляемая в редакцию, должна удовлетворять основным требованиям современной компьютерной верстки. К набору текста и формул предъявляется ряд требований:

1) рукопись, подготовленная в электронном виде, должна быть набрана в текстовом редакторе Word версии 6.0 или более поздней. Файл сохраняется в формате «doc»;

2) текст следует сформатировать без переносов и выравнивания правого края текста, для набора использовать один из самых распространенных шрифтов типа Times (например, Times New Roman Cyr, Times ET);

3) знаки препинания (.,!?:;...) не отделяются пробелом от слова, за которым следуют, но после них пробел обязателен. Кавычки и скобки не отделяются пробелом от слова или выражения внутри них. Следует различать дефис«-» и длинное тире «—». Длинное тире набирается в редакторе Word комбинацией клавиш: Ctrl+Shift+«-». От соседних участков текста оно отделяется единичными пробелами. Исключение: длинное тире не отделяется пробелами между цифрами или числами: 1991-1996;

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

а) формулы набираются только в редакторе формул Microsoft Equation. Размер шрифта 12. При длине формулы более 8,5 см желательнее продолжение перенести на следующую строчку;

б) буквы латинского алфавита, обозначающие переменные, постоянные, коэффициенты, индексы и т.д., набираются курсивом;

в) элементы, обозначаемые буквами греческого и русского алфавитов, набираются шрифтом прямого начертания;

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, использованные при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.

ж) пронумерованные формулы пишутся в отдельной от текста строке, а номер формулы ставится у правого края.

Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки в тексте.

3. Рисунки, графики, диаграммы необходимо выполнять с использованием электронных редакторов и вставлять в файл документа Word. Изображение должно быть четким, толщина линий более 0,5 пт, размер рисунка по ширине: 5,6 см, 11,5 см, 17,5 см и 8,5 см.

4. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер (если таблиц несколько). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт. В оформлении таблиц и

графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

Фотографии и рисунки должны быть представлены в электронном виде в отдельных файлах формата \*.tif или \*.jpg с разрешением 300 dpi.

Научные статьи, публикуемые в изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, должны включать:

индекс УДК;

название статьи;

фамилию и инициалы, должность, ученую степень и звание автора (авторов) статьи;

аннотацию на русском и английском языках;

ключевые слова на русском и английском языках;

введение;

основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

список цитированных источников;

дату поступления статьи в редакцию.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных авторами.

В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Дополнительно в структуру статьи может быть включен перечень принятых обозначений и сокращений.

5. Литература должна быть представлена общим списком в конце статьи. Библиографические записи располагаются в алфавитном порядке на языке оригинала или в порядке цитирования. Ссылки в тексте обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

6. Статьи из научно-исследовательских или высших учебных заведений направляются вместе с сопроводительным письмом, подписанным директором и приложенной экспертной справкой по установленной форме.

7. Статьи принимаются в электронном виде с распечаткой в одном экземпляре. Распечатанный текст статьи должен быть подписан всеми авторами. В конце статьи необходимо указать полное название учреждения образования, организации, предприятия, ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.

8. Авторы несут ответственность за направление в редакцию статей, опубликованных ранее или принятых к печати другими изданиями.

9. Плата за опубликование научных статей не взимается.

10. Право первоочередного опубликования статей предоставляется лицам, осуществляющим послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство), в год завершения обучения.

*Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу:*

*220012, г. Минск, пр-т Независимости, 99, корп. 5, к. 602; 608. БГАТУ*

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И  
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
И ПЕРЕПОДГОТОВКИ КАДРОВ АПК**

***Уважаемые коллеги!***

**Приглашаем Вас принять участие в работе  
III Международной научно-практической  
конференции**

***«Агропромышленный комплекс  
в условиях инновационного развития:  
наука, технологии, кадровое обеспечение»,  
которая состоится в Белорусском государственном  
аграрном техническом университете в рамках  
ежегодной Международной специализированной  
выставки «БЕЛАГРО»***

***4 - 5 июня 2026 г.***

***Основные направления работы конференции:***

- Инновации и цифровые решения в технологиях, организации и управлении сельскохозяйственным производством. Научные подходы к повышению устойчивости развития агропромышленного комплекса***
- Развитие системы кадрового обеспечения инновационного аграрного производства через совершенствование социального, экономического и образовательного аспектов***

***г. Минск, пр-т Независимости, 99, корпус 1***

***Контактные телефоны:  
(+375-17) 272-61-55; 367-91-20***

***E-mail: [noio.ipk@bsatu.by](mailto:noio.ipk@bsatu.by)  
[www.bsatu.by](http://www.bsatu.by)***

