

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЯРОСЛАВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



# **ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРАРНОМ КОМПЛЕКСЕ**

**Сборник научных трудов по материалам  
Национальной научно-практической конференции  
с международным участием**

04 декабря 2025 г., Ярославль

Ярославль  
Издательство ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»  
2026

© ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», 2026

© Авторы статей, 2026

ISBN 978-5-98914-297-2

DOI 10.35694/YARCX.2026.04.12.25

УДК 001.895:631.17

ББК 72:40.7

И62

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом  
инженерного факультета ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ».

**Инженерное обеспечение инновационных технологий в аграрном комплексе :**  
сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической  
конференции с международным участием 04 декабря 2025 г., Ярославль /  
И62 ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ». – Ярославль : Издательство ФГБОУ ВО  
«Ярославский ГАУ», 2026. – 99 с. – URL:  
[https://yaragrovuz.ru/images/nauch\\_chast/s/Inzh\\_obespech\\_innov\\_tehno1\\_v\\_APK\\_04.12.2025.pdf](https://yaragrovuz.ru/images/nauch_chast/s/Inzh_obespech_innov_tehno1_v_APK_04.12.2025.pdf). – ISBN 978-5-98914-297-2. – DOI 10.35694/YARCX.2026.04.12.2025.  
– Текст : электронный.

В настоящий сборник включены научные статьи, содержание которых было представлено авторами в докладах на Национальной научно-практической конференции с международным участием «Инженерное обеспечение инновационных технологий в аграрном комплексе» 04 декабря 2025 г. в ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ».

Сборник адресован ученым, преподавателям высших и средних специальных учебных заведений, студентам, аспирантам, магистрантам, бакалаврам, а также широкой научной общественности.

УДК 001.895:631.17

ББК 72:40.7

#### **Редакционно-издательский совет**

Шешунова Е.В. – редактор, декан инженерного факультета, заведующий кафедрой «Механизация сельскохозяйственного производства», канд. техн. наук, доцент;

Морозов В.В. – член совета, первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации, и.о. заведующего кафедрой «Электрификация», канд. физ.-мат. наук;

Соцкая И.М. – член совета, заведующий кафедрой «Технический сервис», канд. техн. наук, доцент;

Орлов П.С. – член совета, профессор кафедры «Электрификация», д-р техн. наук, доцент;

Шмигель В.В. – член совета, профессор кафедры «Электрификация», д-р техн. наук, профессор;

Ананьин Г.Е. – ответственный секретарь, специалист по учебно-методической работе деканата инженерного факультета, доцент кафедры «Электрификация» канд. пед. наук.

#### **Текстовое электронное сетевое издание**

Минимальные системные требования: процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше; оперативная память 256 Мб и более; операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7/10; разрешение экрана 1024x768 и выше; привод CD-ROM, мышь; дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

ISBN 978-5-98914-297-2

© ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», 2026

© Авторы статей, 2026

## ДЕЛЕНИЕ ВЕКТОРА НА ВЕКТОР И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭТОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

*К.п.н. Г.Е. Ананьин  
(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)*

Аннотация. В статье рассматривается альтернативный подход к моделированию электрических цепей переменного тока, не требующий применения комплексных чисел. Обосновывается, что для этого целесообразно рассматривать синусоидальное напряжение и ток как векторные величины, причем активное сопротивление будет соответствовать их скалярному делению, а реактивное – векторному делению.

Ключевые слова: вектор, деление, переменный ток, активное сопротивление, реактивное сопротивление

## DIVIDING A VECTOR BY A VECTOR AND USING THIS MATHEMATICAL OPERATION TO MODEL AC ELECTRICAL CIRCUITS

*Candidate of Pedagogical Sciences G.E. Ananjin  
(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)*

Abstract. The article discusses an alternative approach to modeling AC electrical circuits that does not require the use of complex numbers. It is proved that for this purpose it is advisable to consider the sinusoidal voltage and current as vector quantities, with the active resistance corresponding to their scalar division, and the reactive resistance corresponding to the vector division.

Keywords: vector, division, alternating current, active resistance, reactance

Если умножение векторов – скалярное и векторное – представляет собой широко используемую математическую операцию, то о делении вектора на вектор подобного сказать уже нельзя: в книгах, где излагаются основные вопросы векторной алгебры, подобное действие систематически игнорируется. Между тем оно дает довольно мощный инструмент для математического моделирования цепей переменного тока, и инструмент более наглядный, чем традиционное использование комплексных чисел. В данной статье мы постараемся обосновать это положение.

Сама процедура деления одного вектора на другой была достаточно подробно рассмотрена И.П. Поповым в его статье «Скалярное и векторное деление и дифференцирование векторов» (Курган, 2018 год) [1]. Сначала в этой статье вводится операция деления скаляра  $a$  на вектор  $\vec{b}$ :

$$c = \frac{a}{\bar{b}} = \frac{a}{\bar{b}} \cdot \frac{\bar{b}}{\bar{b}} = \frac{a\bar{b}}{\bar{b} \cdot \bar{b}} = \frac{a}{b^2} \bar{b} \quad (1)$$

В частности,

$$\frac{1}{\bar{b}} = \frac{\bar{b}}{b^2} \quad (2)$$

Если же числитель в формуле (1) представляет собою не скалярную, а векторную величину, то результат деления может, по аналогии с умножением векторов, быть как скаляром, так и вектором. Для первого случая имеем:

$$p = \frac{\bar{a}}{\bar{b}} = \bar{a} \cdot \frac{1}{\bar{b}} = \bar{a} \cdot \frac{\bar{b}}{b^2} = \frac{\bar{a} \cdot \bar{b}}{b^2} = \frac{a \cdot b}{b^2} \cos \varphi = \frac{a}{b} \cos \varphi \quad (3)$$

Для второго случая:

$$q = \bar{a} \div \bar{b} = \bar{a} \times \frac{1}{\bar{b}} = \bar{a} \times \frac{\bar{b}}{b^2} = \frac{\bar{a} \times \bar{b}}{b^2} = \frac{a \cdot b}{b^2} \bar{j} \sin \varphi = \frac{a}{b} \bar{j} \sin \varphi, \quad (4)$$

где  $\bar{j}$  – единичный вектор (орт).

То есть деление одного вектора на другой осуществляется совершенно так же, как их умножение, только в формулы вместо произведения входит частное.

Однако всего этого мало для решения поставленной перед нами задачи. Приведенные математические выкладки надлежит связать с реальным миром, продемонстрировать, какие явления в окружающей нас действительности могут быть описаны при помощи деления векторов. Подобное требование можно и нужно предъявить к любому теоретическому построению, поскольку без этого, по замечанию Л.И. Мандельштама, «теория иллюзорна, пуста» [2, с. 327]. Сам И.П. Попов в своей работе не затрагивал вопросов, связанных с электрическими явлениями: он занимался исключительно механикой. Поэтому в качестве следующего шага мы должны представить себе цепь переменного тока  $i(t)$ , на питающие клеммы которой подано синусоидальное напряжение  $u(t)$ . Пример такой цепи приведен на рисунке 1.

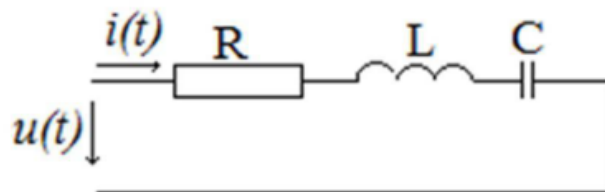


Рисунок 1 – Цепь переменного тока

Чтобы двигаться дальше, нам необходимо обосновать следующее: вместо функций  $u(t)$  и  $i(t)$  мы вправе рассматривать соответствующие им векторы  $\bar{u}$

и  $\vec{i}$ . Вообще чтобы считать какую-либо физическую величину векторной, предварительно следует убедиться, что соблюдены два условия. Во-первых, значение векторной величины должно определяться не одним числом, в отличие от скаляра, а тремя (в геометрии это – коэффициенты разложения вектора по ортам). В случае переменного тока это условие, очевидно, выполняется, поскольку от другого подобного ему тока он отличается значением амплитуды  $I$ , частоты  $\omega$  и начальной фазы  $\varphi$  (заметим, что на практике обычно приходится иметь дело лишь с изменением амплитуды и начальной фазы, так как частота остается постоянной). Второе условие заключается в том, что величина, которую мы хотим принять за вектор, должна складываться с аналогичной величиной по правилу параллелограмма. Но два переменных тока, генерируемые разными источниками, именно так себя и ведут (на этом, в частности, основан широко известный графический метод нахождения результирующего тока в электрической цепи [3, с. 45–46]). Разумеется, все рассуждения, приведенные выше, сохраняют свою силу и для переменного напряжения.

Перепишем теперь формулу (3), опустив все промежуточные выкладки, взяв вместо абстрактных величин  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  вполне конкретные векторы  $\vec{u}$  и  $\vec{i}$ , а результат скалярного деления обозначив как  $r$ :

$$r = \frac{u}{i} \cos \varphi \quad (5)$$

Здесь  $u$  и  $i$  – модули векторов напряжения и тока соответственно, то есть просто числа (скаляры), которые мы получаем при помощи вольтметра и амперметра. Отношение этих чисел есть не что иное, как полное сопротивление  $z$ , а вся формула (5) представляет собою известное выражение, по которому находится активное сопротивление  $r$  электроустановки: мы умножаем полное сопротивление на коэффициент мощности. Таким образом, скалярное деление векторов  $\vec{u}$  и  $\vec{i}$  приобретает вполне конкретный физический смысл активного сопротивления. Заметим здесь, что считать активное сопротивление скаляром вполне естественно, поскольку оно существует и в цепях постоянного тока и согласно закону Ома определяется как отношение двух скалярных величин.

Сделаем теперь с формулой (4) то же самое, что мы делали прежде с формулой (3), обозначив результат векторного деления как  $x$ . Получим:

$$x = \frac{u}{i} j \sin \varphi \quad (6)$$

Таким образом, величина  $x$  оказывается функцией угла  $\varphi$  между векторами  $\vec{u}$  и  $\vec{i}$ , и если соответствующий угол равен нулю, она обращается в ноль. Но точно таким свойством обладает реактивное сопротивление, поскольку оно возникает лишь тогда, когда наличествует сдвиг фаз – тот самый угол  $\varphi$ . Иными словами, результат векторного деления переменного напряжения на переменный ток есть ни что иное, как реактивное

сопротивление цепи – то, что обычно трактуют как мнимую часть электрического импеданса. При этом множитель  $\bar{j}$ , будучи вектором, может войти в формулу (6) как с положительным, так и с отрицательным знаком, и первый из этих случаев соответствует индуктивному сопротивлению, а второй – емкостному.

Если мы теперь возведем в квадрат правые части выражений (5) и (6), а затем найдем сумму этих квадратов, то получим:

$$\left(\frac{u}{i} \cos \varphi\right)^2 + \left(\frac{u}{i} \bar{j} \sin \varphi\right)^2 = \left(\frac{u}{i}\right)^2 \cdot (\cos^2 \varphi + \bar{j}^2 \sin^2 \varphi) = \left(\frac{u}{i}\right)^2 \quad (7)$$

Или же (в другой записи):

$$r^2 + x^2 = z^2 \quad (8)$$

То есть мы получили хорошо известное соотношение: полное, активное и реактивное сопротивление в цепи переменного тока соотносятся так же, как гипотенуза и катеты прямоугольного треугольника.

### Вывод

Таким образом, деление вектора на вектор позволяет математически корректно и непротиворечиво описать специфические для цепей переменного тока явления, связанные с существованием активной и реактивной нагрузки. Этот новый подход может использоваться или вместо традиционного метода, требующего представления напряжения и тока в комплексной форме, или наряду с ним.

### Список источников

1. Попов И.П. Скалярное и векторное деление и дифференцирование векторов // Прикладная математика и вопросы управления. Курганский государственный университет. 2018. № 2. С. 43–55.
2. Мандельштам Л.И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. М.: Наука, 1972. 440 с.
3. Нохрин А.Н. Электротехника и электроника. Курс лекций. Часть I. Электротехника. Череповец, Череповецкий государственный университет, 2005. 274 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

*Магистрант Н.С. Аниканов;  
к.т.н., доцент И.В. Кряклина  
(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)*

Аннотация. Проведен анализ работы молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) зерноуборочного комбайна на основе функциональной модели технологического процесса. Приведены и систематизированы агротехнические требования к процессу обмолота и сепарации для зерновых культур (пшеница, ячмень, рожь). Модель описывает взаимосвязь входных, выходных и управляющих параметров, а также возмущающих воздействий на качество работы МСУ. На основе анализа модели определены ключевые направления для конструктивного совершенствования МСУ с целью повышения эффективности и снижения потерь зерна.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, молотильный барабан, молотильно-сепарирующее устройство (МСУ), функциональная модель, агротехнические требования, эффективность обмолота, сепарация зерна, потери зерна

## **INCREASING OF THE EFFICIENCY OF THE THRESHING AND SEPARATING DEVICE OF THE COMBINE HARVESTER**

*Undergraduate N.S. Anikanov;  
Candidate of Technical Sciences, Docent I.V. Kryaklina  
(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)*

Abstract. An analysis of the operation of the threshing and separating device (TSD) of the combine harvester was carried out based on the functional model of the technological process. The agrotechnical requirements for the threshing and separation process for grain crops (wheat, barley, rye) are presented and systematized. The model describes the relationship between input, output and control parameters, as well as disturbing influences on the quality of the TSD. Based on the analysis of the model, key directions for the constructive improvement of the TSD are identified in order to improve efficiency and reduce grain losses.

Keywords: combine harvester, threshing drum, threshing and separating device (TSD), functional model, agrotechnical requirements, threshing efficiency, grain separation, grain losses

Зерноуборочный комбайн является центральным звеном в технологической цепочке уборки зерновых культур [1]. Качество его работы напрямую определяет конечный результат – валовый сбор и сохранность

урожая. Одним из важных компонентов комбайна является молотильно-сепарирующее устройство (МСУ), где происходит отделение зерна от колоса (обмолот) и его отделение от соломы и половы (сепарация) [2]. Эффективность этого процесса характеризуется такими показателями, как полнота обмолота, чистота зерна, величина суммарных потерь и степень повреждения зерна. Совершенствование конструкции МСУ, в частности молотильного барабана, остается актуальной задачей сельскохозяйственного машиностроения. Целью данного исследования является системный анализ работы МСУ на основе функционального моделирования для выявления ключевых направлений его усовершенствования.

### Методика

Для системного анализа работы МСУ и выявления проблемных мест в данном исследовании применяется метод функционального моделирования. Исследование включает следующие этапы:

- рассмотрение агротехнических требований к процессу обмолота основных зерновых культур;
- анализ функциональной модели технологического процесса работы МСУ, описывающей взаимосвязи между параметрами системы;
- определение на основе модели ключевых направлений для конструктивного совершенствования МСУ.

Качество работы комбайна регламентируется агротехническими требованиями. Основные из них, касающиеся МСУ, для ключевых зерновых культур представлены в таблице 1 [3]. Данные требования являются целевыми показателями для выходных параметров системы.

Таблица 1 – Агротехнические требования к работе молотильно-сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна

Показатель	Пшеница	Ячмень	Рожь	Соответствующий выходной параметр модели ( $Y_{\text{вых}}$ )
Суммарные потери зерна, %	$\leq 1,5$	$\leq 2,0$	$\leq 2,5$	$Y_2$ - потери зерна за молотильным аппаратом
Повреждение зерна, %	$\leq 1,0$	$\leq 2,0$	$\leq 1,5$	$Y_3$ - доля дробленого зерна
Степень вымолота, %	$\geq 99,5$	$\geq 99,0$	$\geq 99,2$	$Y_1$ - количество вымолоченного зерна
Засоренность зернового вороха, %	$\leq 2,0$	$\leq 3,0$	$\leq 2,5$	$Y_5$ - количество свободного зерна на очистку

Рассмотрим и проанализируем функциональную модель зерноуборочного комбайна для определения основных направлений повышения эффективности его работы. Схема функциональной модели представлена на рисунке 1.

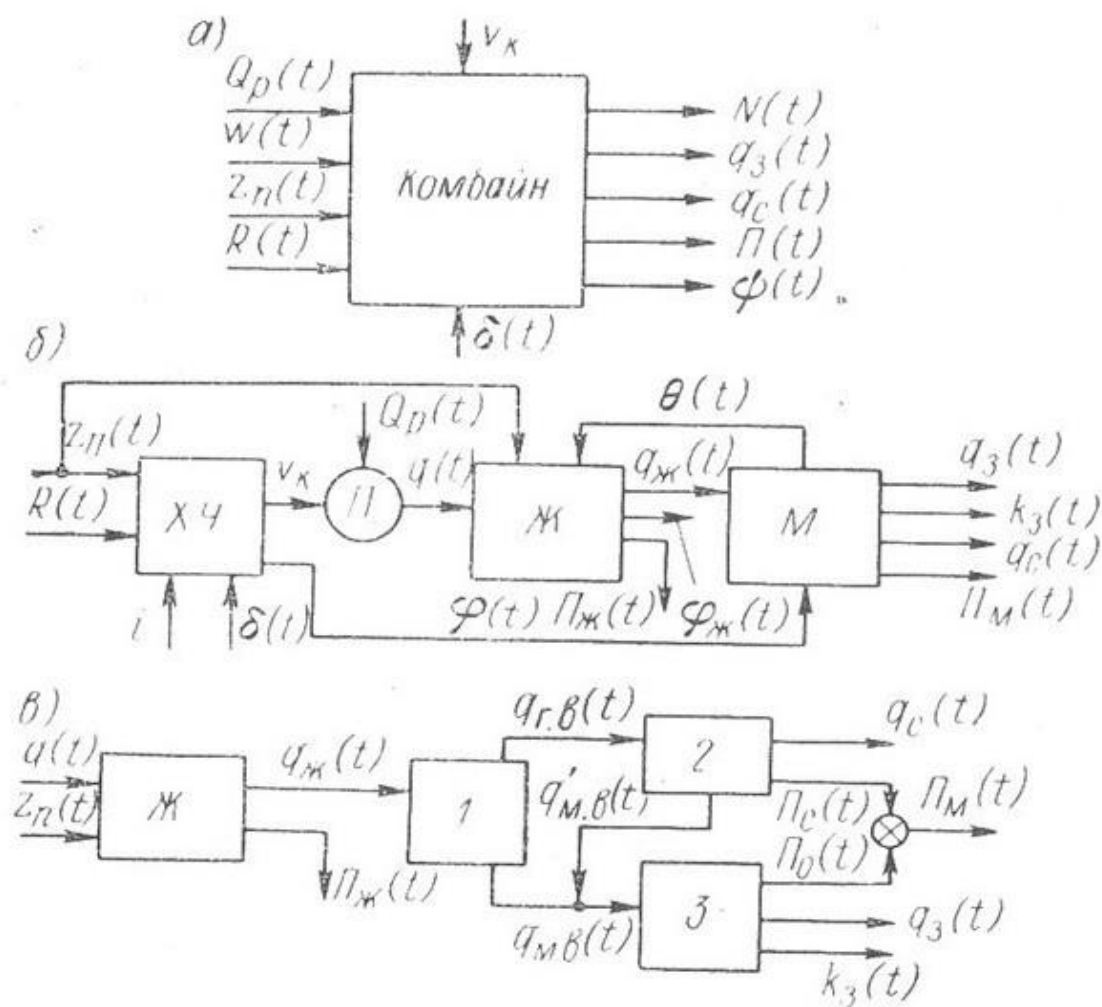


Рисунок 1 – Схема функциональной модели зерноуборочного комбайна

В общем случае зерноуборочный комбайн можно рассматривать как систему, на вход которой при постоянной скорости движения  $v_k$  поступает вектор условий функционирования, включающий следующие компоненты: (рисунок 1а) урожайность зерна и соломы  $Q_p(t)$ , состояние растительной массы  $\omega(t)$  (влажность, соотношение зерна и соломы, засоренность), профиль поверхности поля  $z_n(t)$ , сопротивление движению  $R(t)$ . Управляющим воздействием можно считать изменение положения  $\delta(t)$  направляющих колес. Выходными переменными могут быть мощность  $N(t)$ , количество зерна в бункере  $q_3(t)$ , количество соломы  $q_c(t)$ , потери зерна  $\Pi(t)$ , направление движения  $\varphi(t)$ .

Если рассматривать комбайн только с технологических позиций, то его функциональную модель можно представить (рисунок 1б) в виде трех элементов: ходовой части ХЧ, жатки Ж и молотильно-сепарирующего устройства М. Молотильно-сепарирующее устройство зерноуборочного комбайна рассмотрим как цепочку рабочих органов (рисунок 1в): молотильный аппарат 1, соломотряс 2, система очистки 3. Молотильный аппарат 1 имеет две выходных переменных: количество грубого вороха  $q_{г.в}(t)$ , поступающего на соломотряс 2, и количество мелкого вороха  $q_{м.в}(t)$ , прошедшего сквозь просветы

подбарабанья и поступающего в систему очистки 3. С соломотряса сходят солома в количестве  $q_c(t)$  и мелкий ворох в количестве  $q'_m(t)$ . Потери с соломой обозначены на схеме  $П_c(t)$ , а с мелким ворохом –  $П_o(t)$ , так что суммарные потери зерна молотилкой  $П_m(t) = П_c(t) + П_o(t)$ .

Все указанные переменные в условиях нормального функционирования являются случайными в вероятностно-статистическом смысле, поэтому возникает необходимость в установлении вероятностно-статистических связей процессов. Определяющей при оценке работы зерноуборочного комбайна является такая переменная величина, как подача растительной массы  $q(t)$ .

Математическая модель процесса обмолота в зерноуборочном комбайне может быть представлена зависимостью для определения пропускной способности. Пропускная способность комбайна определяется как количество растительной массы, которое может переработать комбайн в единицу времени:

$$q = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot Q_0, \quad (1)$$

где  $B$  — ширина захвата комбайна, м;  $v_0$  — скорость движения комбайна, км/ч;  $Q_0$  — количество срезаемой растительной массы, ц/га.

При работе зерноуборочного комбайна на подборе валка

$$q_p = Q_0 \cdot v_0, \quad (2)$$

где  $Q_0 = 0,01 \cdot Q \cdot B$  — масса 1 м валка, кг/м;  $B$  — ширина захвата валковой жатки, м;  $v_0$  — скорость комбайна при подборе валка, м/с.

В таблице 2 представлены статистические характеристики входных параметров, влияющих на работу зерноуборочного комбайна [4]. Плотность распределения  $\sigma$  и коэффициент вариации  $V$  показывают значительную изменчивость условий работы комбайна. Как видно из приведенных данных, процессы изменения урожайности имеют статистическую природу с существенными колебаниями.

Таблица 2 – Статистические характеристики изменения урожайности зерновых культур

Культура	Растительная масса			Зерно		
	$m$ , ц/га	$\sigma$ , ц/га	$V$ , ц/га	$m$ , ц/га	$\sigma$ , ц/га	$V$ , ц/га
Рожь	105	17	16	31,7	8	26
Ячмень	98	19	19	34	7	21
Овес	93	15,5	16,6	31,7	5,7	18

Анализ таблицы 2 показывает, что коэффициент вариации урожайности достигает  $V = 16 - 26\%$ , что свидетельствует о существенной нестабильности входного параметра — количества растительной массы, поступающей в МСУ.

Проведенный анализ на основе функционального моделирования и статистических данных подтвердил, что эффективность работы молотильно-сепарирующего устройства определяется сложным взаимодействием управляемых параметров и стохастических возмущающих воздействий.

### **Выводы**

На основе проведенного анализа функциональной модели зерноуборочного комбайна можно сформулировать следующие направления для повышения эффективности молотильно-сепарирующего устройства комбайна.

1. Разработка систем адаптивного регулирования. Учитывая значительную изменчивость входных параметров (коэффициент вариации урожайности 16-26%), необходимо создание систем автоматического регулирования зазора молотильного аппарата и скорости барабана в реальном времени.

2. Повышение сепарирующей способности устройства. Анализ статистических данных показывает, что при колебаниях урожайности от 40 до 167 ц/га по растительной массе, необходимо обеспечить стабильно высокое качество сепарации во всем диапазоне условий.

3. Оптимизация конструкции молотильного барабана. Для снижения повреждения зерна при сохранении высокой степени вымолота необходимо совершенствовать геометрию молотильных элементов и режимы работы барабана, особенно для культур с повышенной склонностью к повреждению (ячмень).

4. Стабилизация потока растительной массы. Разработка эффективных систем выравнивания потока растительной массы перед поступлением в МСУ для минимизации возмущающих воздействий, вызванных неравномерностью урожайности.

Выявленные направления совершенствования рабочего процесса зерноуборочного комбайна позволяют целенаправленно подходить к решению проблемы повышения эффективности работы в различных агротехнических условиях. Наибольший потенциал для улучшения показателей работы МСУ имеет разработка адаптивных систем управления, учитывающих значительную изменчивость условий уборки.

### **Список источников**

1. Скороходов, А.Н. Зерноуборочные комбайны: теория, конструкция, расчет / А.Н. Скороходов, В.П. Карпенко. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2010. 480 с.
2. Пат. 2483526 С2 РФ: МПК А01F 7/06, А01F 12/18. Аксиально-роторное молотильно-сепарирующее устройство зерноуборочного комбайна / Корсунов С.О., Евсеев А.В., Большаков В.В., Покотило С.А.; заявитель и патентообладатель ООО «КЗ «Ростсельмаш». – № 2010113646/13; заявл. 07.04.2010; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16. 7 с.

3. ГОСТ 33714-2015. Комбайны зерноуборочные. Общие технические условия. – Введ. 2016-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 25 с.
4. Статистические данные по урожайности зерновых культур Вологодской и Ростовской областей [Рукопись]. 2023. 15 с.

УДК 637.33.02

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТУННЕЛЬНОГО ПРЕССА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЫРА**

*Доцент М.Л. Борисова;  
студент Д.О. Беляков  
(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)*

Аннотация. Данная статья посвящена усовершенствованию конструкции туннельного пресса для производства сыра. В целях совершенствования работы туннельного пресса предлагаем провести следующие конструктивные усовершенствования: установить на пресс систему вибровозбудителей для каждого штока. Данная система позволит интенсифицировать процесс отделения сыворотки в момент деформации сырных зерен на первых этапах прессования до наступления момента закрытия поверхности головки сыра и образования коркового слоя. Это снизит вероятность запрессовывания сыворотки в продукт и даст возможность сократить продолжительность прессования сыра при небольших затратах электроэнергии.

Ключевые слова: туннельный пресс, прессование сыра, производство сыра, вибровозбудитель

## **IMPROVEMENT OF THE TUNNEL PRESS DESIGN FOR CHEESE PRODUCTION**

*Docent M.L. Borisova;  
student D.O. Belyakov  
(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)*

Abstract. This article is devoted to improving the design of a tunnel press for cheese making. To improve the operation of the tunnel press, the following constructive improvement can be made: install a vibration exciter system for each of the rods on the press. This system will allow to intensify the process of separating the whey at the time of deformation of the cheese grains at the first stages of pressing until the moment of closure of the surface of the cheese head and the formation of a crust layer. This will reduce the likelihood of pressing whey into the product, and will make it possible to shorten the duration of cheese pressing with low energy costs.

Keywords: tunnel press, cheese pressing, cheese making, vibration exciter

## **Введение**

Сыр – один из самых высококалорийных пищевых продуктов, получаемых из молока путем кислотной или ферментативной коагуляции белков, выделения сырной массы с последующей обработкой и созреванием. В его состав входят все необходимые для организма человека вещества: белки, жиры, углеводы, минеральные соли – причем эти элементы в составе сыра усваиваются организмом почти полностью [1].

В сыре содержатся все полезные элементы молока, но только в более высокой концентрации. Так, в молоке содержится в среднем 3,2% белка, а в сыре – не менее 20...25%. По энергетической ценности сыр превосходит даже мясо. Это уникальнейший продукт с диетической точки зрения. Технология приготовления сыра состоит из последовательных операций, одной из которых является прессование. Прессование сыра – это уплотнение сырной массы, удаление остатков свободной (межзерновой) сыворотки и образование замкнутого поверхностного слоя. При этом сырная масса приобретает требуемую геометрическую форму.

Сыры получают путем свертывания белков молока ферментами животного и микробного происхождения (сычужные сыры), а также осаждением их из молока кислотами (кисломолочные сыры). Виды сыров отличаются друг от друга по органолептическим показателям благодаря микрофлоре, которая участвует в созревании сыра. На них влияют также свойства молока, полученного от разных видов животных.

Общая технологическая схема производства сыров сводится к следующим операциям: приемка молока, определение сыропригодности молока, нормализация по белку и жиру, пастеризация, охлаждение до температуры свертывания, внесение бактериальной закваски, внесение солей кальция, свертывание сычужным или другими ферментами, получение сгустка и его обработка, постановка зерна, удаление части сыворотки, второе нагревание, перемешивание, определение готовности сырной массы, формование, самопрессование или принудительное прессование, маркировка, посолка, созревание в соответствующих камерах, упаковывание и реализация [2; 3].

## **Актуальность**

На качество и структурно-механические свойства сыра в значительной степени оказывают решающее влияние такие процессы, как прессование и созревание. Разработка и производство высокоэффективного современного оборудования для сыродельных предприятий является актуальной проблемой развития отрасли и находится в центре внимания научно-исследовательских и хозяйствующих организаций.

## **Цели и задачи**

Состоит в усовершенствовании работы туннельного пресса путем установки системы вибровозбудителя на каждый из штоков.

В соответствии с общей целью были поставлены следующие задачи:

1. Изучение технических характеристик и особенностей работы туннельного пресса.
2. Изучение принципов работы и возможностей систем вибровозбудителей.
3. Проектирование системы вибровозбудителей для каждого из штоков туннельного пресса.

### Методика и методика

Туннельный пресс марки ПТ–80 является одним звеном линии для производства сыра рисунок 1. Он предназначен для выпрессовки сыворотки из сгустка, находящегося в сырных формах, размещенных в тележке для сырных форм.

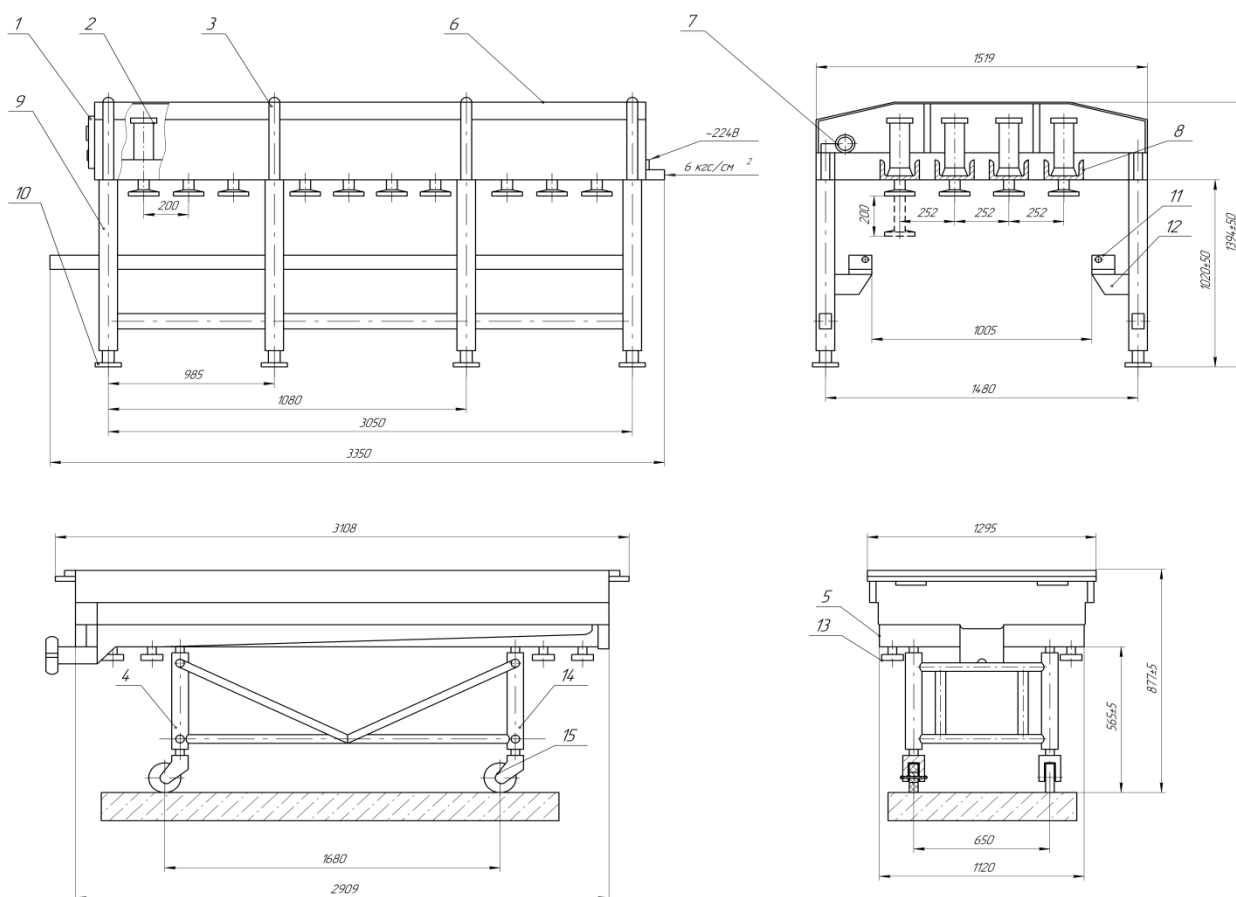


Рисунок 1 – Общий вид туннельного пресса марки ПТ–80

Прессовка осуществляется с помощью пневматических рабочих цилиндров, в зависимости от технологии изготовления сыра, время прессования в определённых пределах устанавливают заранее, после окончания времени, автоматически, с помощью реле времени, прекращается прессование [4].

Устройство туннельного пресса ПТ–80: пресс туннельного типа состоит из вертикальных стоек, сверху на стойках установлен корпус прямоугольной формы. Внутри – вертикальные пневмоцилиндры со штоками. По боковым сторонам – направляющие для направления тележки с упором и снятия нагрузки (во время прессования, тележка находится в подвешенном состоянии, чтобы не было нагрузки на колеса) [5, 6].

Передвижная тележка – прямоугольной формы из нержавеющей стали, в нижней части имеется патрубок для удаления сыворотки. На дне уложены съемные перфорированные пластины, а на них устанавливаются формы с сыром.



1 – коробка управления, 2 – цилиндры прессующие, 3 – рамы пресса, 4 – рамы тележки, 5 – корпус тележки, 6 – обшивка, 7 – бак буферный, 8 – швеллер, 9 – ножки, 10 – упоры, 11 – рельсы направляющие, 12 – патрубки, 13 – ножки тележки, 14 – колеса.

Рисунок 2 – Туннельный пресс марки ПТ–80

Формы – не имеют дна, вместо дна вставляют перфосетку с мелкими отверстиями, и сверху на сыр укладывают так же перфорированную сетку или пластмассовую крышку.

Прессование проводится в сырных формах приложением прессующей нагрузки к сырной массе от индивидуальных пневматических цилиндров.

Сыр в пневматический пресс необходимо закладывать при выключенной подаче воздуха в цилиндр. При неисправном золотнике пневматического пресса работа на нем воспрещается. Цилиндры пневматического пресса необходимо систематически смазывать. По окончании работы компрессор необходимо отключить от электросети и из ресивера выпустить воздух.

Электрическая часть состоит из реле времени, главного электрического клапана, нажимной кнопки горизонтального положения и сигнальной кнопки.

Функционирует она следующим образом: на реле времени устанавливается необходимое для прессования время, и затем при нажатии на нажимную кнопку благодаря контакту с датчиком времени магнитный вентиль, получая напряжение, срабатывает. Его работу показывает сигнальная лампа. После

истечения установленного времени датчик времени выключает магнитный клапан и процесс прессования прекращается. Во время работы часового устройства стрелка показывается всегда оставшееся время.

Работа самого пресса функционирует следующим образом: при включении магнитного клапана сжатый воздух через регулятор давления и дроссельный клапан поступает в буферный бак и верхнюю камеру рабочего цилиндра, в результате которого поршень опускается вниз и начинается процесс прессования. По мере увеличения давления в зависимости от времени в буферном баке открывается пневматический клапан управления и пропускает воздух, пока не достигается максимального давления. При этом воздух из нижней полости рабочего цилиндра уходит через магнитный клапан.

Если прессование хотят осуществлять без задержки давления, то есть только с конечным давлением, то клапан с рукояткой необходимо перевести в положение 2. Тогда воздух по всему сечению открывает клапан, и прессующие плиты сразу при достижении крышек сырных форм передают максимальное прессующее усилие.

### Результат

Рассмотренный туннельный пресс имеет следующие преимущества: прессование сырных головок различных форм и размеров; плавное регулирование давления и времени прессования; цифровая индикация времени прессования. Тем не менее, для совершенствования работы туннельного пресса можно сделать следующее конструктивное усовершенствование: установить на пресс систему вибровозбудителей на каждый шток. Данная система позволит интенсифицировать процесс отделения сыворотки в момент деформации сырных зерен на первых этапах прессования до наступления момента закрытия поверхности головки сыра и образования коркового слоя. Это снизит вероятность запрессовывания в продукт сыворотки, даст возможность сократить продолжительность прессования сыра при небольших затратах электроэнергии.

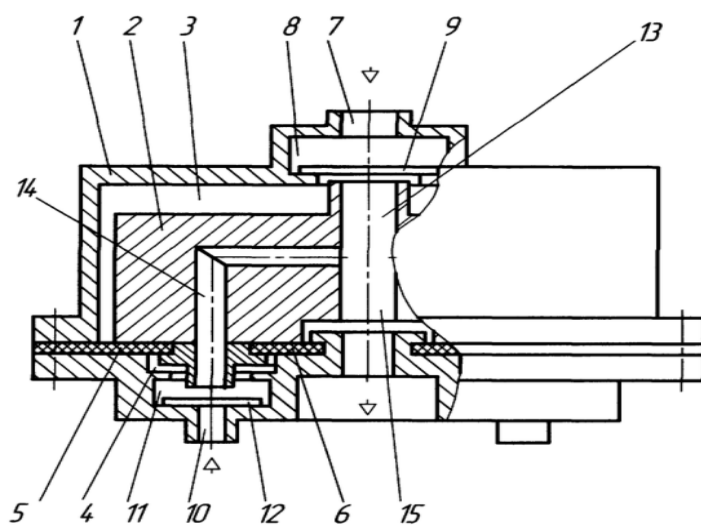
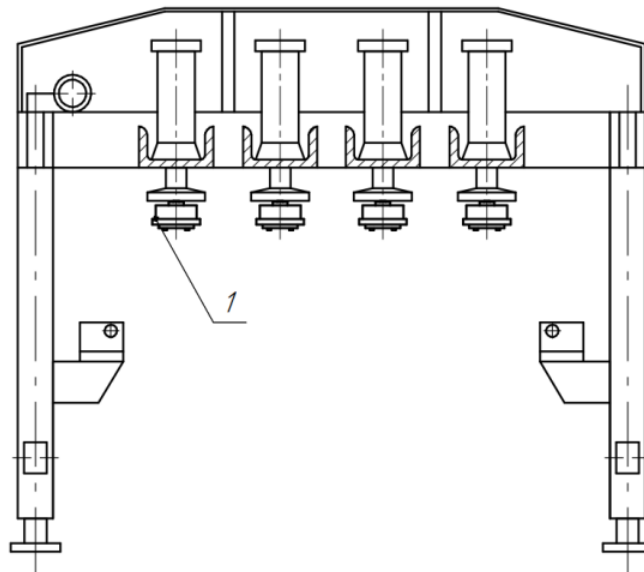


Рисунок 3 – Вибровозбудитель

Устройства вибровозбудителя: корпус 1 с установленным в нем ударником 2 с образованием оппозитных рабочих камер 3 и 4. Диафрагма 5, ограничивающая рабочую камеру 3, закреплена на корпусе 1 по внешнему и скреплена с ударником 2 по внутреннему контурам. Диафрагма 6, закрепленная на корпусе 1 по внутреннему и скрепленная с ударником по внешнему контурам, ограничивает совместно с диафрагмой 5 рабочую камеру 4. Канал впуска 7 с ограничителем 8 и клапаном 9 для рабочей камеры 3 размещен с одной стороны корпуса 1, а канал впуска 10 с ограничителем 11 и с клапаном 12 для рабочей камеры 4 размещен на противоположной стороне корпуса 1. Канал выпуска 13 для рабочей камеры 3 и канал выпуска 14 для рабочей камеры 4 расположены в ударнике 2 и соединены с атмосферой каналом 15.



1 – вибровозбудитель.

Рисунок 4 – Усовершенствование туннельного прессы ПТ–40

### Пневматический расчет

1. Изотермическое сжатие.

1.1. Работа сжатия.

$$L_{из} = P_1 \cdot V_1 \cdot \lg \cdot \beta,$$

$$L_{из} = 2,3 \lg \cdot \beta \cdot P_1 \cdot V_1, \text{ МДж/ч},$$

где  $\beta = P_2 / P_1$  – степень повышения давления в компрессоре;

$P_2$  и  $P_1$  – давление в начале  $P_1 = 0,6 \text{ МПа}$  и конце  $P_2 = 0,1 \text{ МПа}$  сжатия;

$V_1$  – объем воздуха,  $1 \text{ м}^3 / \text{ч}$ .

$$\beta = 0,6 / 0,1 = 6$$

$$L_{из} = 2,3 \lg 6 \cdot 0,6 \cdot 1 = 1,3 \text{ МДж}$$

$$L_{из} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ к Дж}$$

## 1.2. Изометрическое сжатие, кВт.

$$N_{\text{из}} = L_{\text{из}} / 3600$$

$$N_{\text{из}} = 1,3 \cdot 10^3 / 3600 = 0,36 \text{ кВт}$$

## 2. Адиабатное сжатие ( $N_{\text{аг}}$ )

### 2.1. Теоретическая мощность.

$$N_{\text{аг}} = K / K-1 \cdot P_1 \cdot V_1 (\beta^{(K-1/K)} - 1), \text{ кВт}$$

где  $P_1$  – давление в начале сжатия, 6 МПа;

$V_1$  – объем воздуха, 1 м<sup>3</sup>/с;

$K$  – показатель адиабаты  $K = 1 + LT$ ,  $L = 1/273$ .

$$V = 1 \text{ м}^3/\text{с} = 1 / (1000 \cdot 3600) = 0,027 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с.}$$

$$V = 0,027 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с.}$$

$$K = 1 + (1/273) \cdot 17 = 17,6$$

$T_1$  – температура сжатия, 17°C.

$$N_{\text{аг}} = (17,6/17,6 - 1) \cdot 0,6 \cdot 0,027 \cdot 10^{-4} (6^{17,6-1/17,6} - 1) = 7,58 \text{ кВт}$$

### 2.2. Температура в конце сжатия.

$$T = T_1 \cdot (\beta^{(K-1/K)})$$

$$T = 17 \cdot (6^{(17,6-1/17,6)}) = 96,7\text{К.}$$

## 3. Политропное сжатие.

### 3.1. Теоретическая мощность.

$$N_{\text{пол}} = (n/n-1) \cdot P_1 \cdot V_1 \cdot (\beta^{(n-1/n)} - 1), \text{ кВт,}$$

где  $P_1$  – давление в начале сжатия, 0,3 МПа;

$V_1$  – объем воздуха,  $0,027 \cdot 10^{-4}$ , кг/с;

$n$  – показатель политропы, 1,25;

$N$  – мощность, кВт.

$$N_{\text{пол}} = (1,25/1,25-1) \cdot 0,6 \cdot 0,027 \cdot 10^{-4} (6^{(1,25-1/1,25)} - 1) = 1,62 \text{ кВт.}$$

### 3.2. Температура в конце сжатия.

$$T_2 = T_1 \cdot V_1 \cdot (\beta \cdot (n-1/n) - 1)$$

$$T_2 = 17 \cdot 0,027 \cdot 10^{-4} \cdot (6^{(1,25-1/1,25)} - 1) = 91,8\text{К.}$$

Введение системы вибровозбуждения на туннельный пресс на каждый шток может дать следующие преимущества:

1. Интенсификация процесса отделения сыворотки: вибрационные движения будут способствовать более эффективному отделению сыворотки от сырных зерен на ранних этапах прессования. Это поможет ускорить процесс и снизить вероятность запрессовывания сыворотки в продукт.

2. Уменьшение продолжительности прессования: благодаря более интенсивному отделению сыворотки, время прессования сыра может быть сокращено. Это приведет к повышению производительности и экономии времени и ресурсов производства.

3. Сокращение затрат электроэнергии: система вибровозбудителя потребляет относительно небольшое количество электроэнергии, но при этом может значительно улучшить процесс прессования, что в целом позволит снизить затраты энергии на производство сыра.

### **Вывод**

По результатам проделанной исследовательской работы можно сделать следующие выводы:

1. Прессование является важнейшим технологическим процессом изготовления сыров, обеспечивающим получение продукта с заданными свойствами и товарным видом.

2. В настоящее время известно много разнообразных способов прессования сырной массы, отличающихся теми или иными особенностями. Основными из них являются: бессалфеточное прессование, прессование с применением вакуума и вибрации, крупноблочное прессование, центробежное прессование и другие.

Наиболее эффективным и востребованным в настоящее время является процесс бессалфеточного прессования сыра в перфорированных формах с отводом сыворотки перфорационными отверстиями, имеющимися на корпусе дренажного материала.

3. Прессы туннельного типа являются в настоящее время наиболее перспективными, позволяют повысить эффективность производства сыров. Основным преимуществом прессов туннельного типа является качество отпрессовки сыра, обусловленное тем, что на каждую головку сыра в форме воздействует соответствующий пневмоцилиндр. При использовании туннельного прессы затрачивается меньше времени на промежуточные технологические операции.

4. В исследовательской работе рассмотрено устройство и принцип действия универсального туннельного прессы ПТ–80, сделаны предложения по его конструктивному усовершенствованию.

### **Список источников**

1. Добровольский И.С., Табачников В.П. Некоторые технологические особенности процесса центробежного прессования сыра // Новые исследования в сыроделии. Сб. научн. тр. ВНИИМС. Углич, 1982. С. 98–103.

2. Елисеев О.М. Конахин А.В. Интенсификация прессования сыра регулируемой нагрузкой. Биотехнологические исследования и совершенствование технологии сыров: ВНИИМС. – Углич, 1985. С. 88–91.
3. Крусь Г.Н. Технология молока и других молочных продуктов / Г.Н. Крусь, И.М. Кулешова, Н.И. Дунченко; ред. Г. Н. Крусь. – М.: Колос, 1992. 320 с.
4. Драгилев А.И., Дроздов В.С. Технологические машины и аппараты пищевых производств. – М.: Колос, 1999. 376 с.
5. Голубева Л.В., Пономарев А.Н. Современные технологии и оборудование для производства питьевого молока. М.: ДеЛиПринт, 2004. – С. 55–61.
6. Раманаускас И.-Р. И., Майоров А. А., Мусина О. Н., Шингарева Т. И., Полищук Г. Е. Технология и оборудование для производства натурального сыра. 2023. С. 240–245.

УДК 632.954:633.2/.3"550.1":631.559

**ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ОБРАБОТКИ ГЕРБИЦИДОМ  
С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА  
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОДНОЛЕТНИХ ТРАВ В УСЛОВИЯХ  
ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Канд. с.-х. наук С.С. Иванова  
(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)*

Аннотация. В статье представлены данные о влиянии последействия гербицида с помощью беспилотного летательного аппарата на полевую всхожесть и густоту стояния однолетних трав. Наибольшая урожайность однолетних трав была получена с последействием гербицида с применением дрона и нормой расхода рабочей жидкости 16 л/га 422,4 ц/га.

Ключевые слова: однолетние травы, дрон, гербицид, полевая всхожесть, густота стояния, урожайность

**THE EFFECT OF THE AFTEREFFECT OF HERBICIDE TREATMENT  
USING AN UNMANNED AERIAL VEHICLE ON THE PRODUCTIVITY OF  
ANNUAL GRASSES IN THE YAROSLAVL REGION**

*Candidate of Agricultural Sciences S.S. Ivanova  
(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)*

Abstract. The article presents data on the effect of the aftereffect of the herbicide using an unmanned aerial vehicle on field germination and the density of annual grasses. The highest yield of annual grasses was obtained with the aftereffect of a drone herbicide and a working fluid consumption rate of 16 l/ha (422.4 c/ha).

Keywords: annual grasses, drone, herbicide, field germination, stand density, yield

Однолетние травы, как важная группа сельскохозяйственных растений, играют ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивом развитии аграрного сектора [1]. Продуктивность однолетних трав во многом зависит от различных агрономических факторов, среди которых особое место занимает применение гербицидов [2]. Актуальность исследования обусловлена возрастающей необходимостью оптимизации сельскохозяйственного производства в условиях развития устойчивого сельского хозяйства и внедрения в АПК беспилотных летательных аппаратов.

### Методика

Исследования выполнялись в 2024 году на опытном поле ФГБОУ «Ярославский» ГАУ. Опыт заложен методом расщепленных делянок с рандомизированным размещением вариантов в повторениях. Повторность опыта трехкратная. Все элементы технологии возделывания однолетних трав в опыте рекомендованные для региона. Минеральные удобрения применяли в опыте - Азофоска 60 кг/га. В 2023 году применялся гербицид Секатор Турбо в норме 0,06 л/га. Опрыскивание посевов в фазе кущения культуры. Обработку проводили беспилотным летательным (БПЛА) аппаратом DJI Agras T10 [3, 4].

Схема опыта: Обработка гербицидом.

1. Контроль без гербицидов – «К»;
2. Наземное опрыскивание – «НО»;
3. Дрон 8 – «D<sub>8</sub>»;
4. Дрон 16 – «D<sub>16</sub>».

В опыте использовали сорт вики яровой Льговская 22 и сорт овса Яков, посев в конце мая в соотношении 1:1, норма высева 250 кг/га. Способ посева рядовой. Категория семян элита. Предшественник – овес.

Метеорологические условия представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Метеорологические условия в 2024 г.

Год	Месяцы			В среднем за вегетацию температура и сумма атмосферных осадков
	Май	Июнь	Июль	
Температура воздуха				
Среднее многолетнее	11,2	16,5	17,7	13
2024	11	18,9	20,6	15,6
Отклонение	-0,2	2,4	2,9	2,6
Сумма атмосферных осадков, мм				
Среднее многолетнее	53	68	85	61,4
2024	8	206	119	86,4
Отклонение	-45	138	34	25

Метеорологические условия 2024 года в целом оказались благоприятными для роста и развития однолетних трав. Сочетание стабильных температур и оптимального распределения осадков создало благоприятные условия для формирования высокого урожая [5].

## Результаты

Влияние последействия гербицида на густоту стояния и полевую всхожесть растений представлены на рисунках 1, 2.

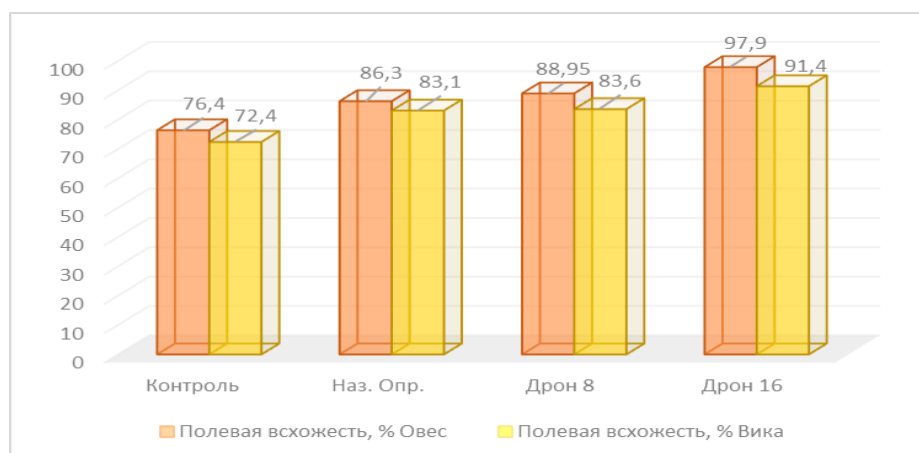


Рисунок 1 – Полевая всхожесть в зависимости от последействия гербицида

Наибольшая полевая всхожесть в зависимости от последействия гербицида была получена на варианте « $D_{16}$ », где показатели и вики и овса наибольшие (91,4% и 97,9%). При наземным опрыскиванием полевая всхожесть семян была несколько ниже: 86,3% овса и 83,1% вики, но он больше контроля на 9,9% по овсу и 10,7% вики.

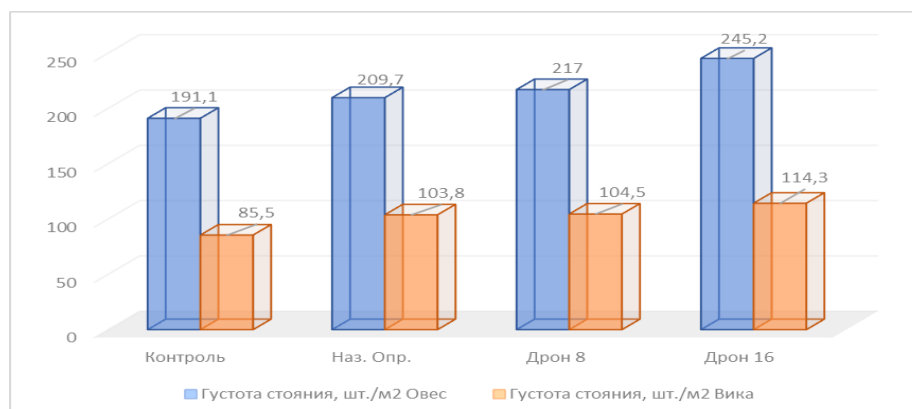


Рисунок 2 – Густота стояния растений в зависимости от последействия гербицида

Наибольший показатель густоты стояния растений так же наблюдается у варианта « $D_{16}$ »: овса – 245,2 шт/м<sup>2</sup> и вики – 114,3 шт/м<sup>2</sup>. Наименьший показатель у вариантов, где обработка гербицидом не использовалась.

На урожайность сельскохозяйственных культур влияет множество факторов, в том числе большое внимание уделяется выбору системы обработки защиты растений. Последействие гербицидов может быть проблемой, если гербицид сохраняется в почве слишком долго и влияет на развитие культуры. Показатели урожайности однолетних трав представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Урожайность однолетних трав в зависимости от последействия гербицида, ц/га

Вариант	Урожайность, ц/га
Контроль	371,8
Наземное опрыскивание	413,5
Дрон 8	398,3
Дрон 16	422,4
НСР05	21,2

Анализируя данные урожайности можно отметить, что последействие гербицида повлияло на урожайность растений на всех вариантах опыта. Максимальное значение было получено при применении дрона «D<sub>16</sub>» 422,4 ц/га и в меньшей степени на варианте «D<sub>8</sub>» - 398,3 ц/га.

Проведенные исследования подтверждают, что последействие гербицидов играет ключевую роль в формировании урожайности однолетних трав, обеспечивая эффективное подавление сорной растительности и создавая благоприятные условия для роста культурных растений.

### Выводы

В условиях Ярославской области на дерново-подзолистых глееватых среднесуглинистых почвах Центрального района Нечерноземной зоны России на посевах однолетних использовать последействие гербицида Секатор Турбо с помощью беспилотного летательного аппарата – Дрон с нормой расхода рабочей жидкости 16 л/га: полевая всхожесть 97,9% у овса и 91,4% у вики; густота стояния растений 245,2 шт./м<sup>2</sup> у овса и 114,3 2 шт./м<sup>2</sup> у вики. Максимальная урожайность однолетних трав на данном варианте составила 422,4 ц/га.

### Список источников

1. Мазиров, М.А. Современные технологии защиты кормовых травосмесей / М.А. Мазиров. М. : Росинформагротех, 2022. 215 с.
2. Труфанов, А.М. Морфобиологические реакции вико-овсяной смеси на гербициды разного механизма действия / А.М. Труфанов // Земледелие. – 2022. № 3. – С. 12–18.
3. Иванова, С.С. Экономическая эффективность возделывания однолетних трав при использовании беспилотного летательного аппарата / С. С. Иванова // Актуальные проблемы экономики, образования и общества : Сборник научных трудов по материалам V Национальной научно-практической конференции, Ярославль, 05 июня 2025 года. – Ярославль: Ярославский государственный аграрный университет, 2025. – С. 11-15. – EDN DMUWNU.
4. Иванова, С.С. Экономическая эффективность возделывания однолетних трав при использовании беспилотного летательного аппарата / С. С. Иванова // Актуальные проблемы экономики, образования и общества : Сборник научных трудов по материалам V Национальной научно-практической конференции, Ярославль, 05 июня 2025 года. – Ярославль: ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», 2025. С. 11–15.

5. Обзор агрометеорологических условий за 2023-2024 сельскохозяйственный год на территории Ярославской области / под ред. А.И. Петрова. Ярославль : ФГБУ «Ярославский ЦГМС», 2024. 45 с.

УДК 629.113.066

**ОПТИМИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЕЙ И ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ РЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «ЦКР ЛОГИСТИК+»**

*К.т.н., доцент Д.С. Карпов; доцент Р.Д. Адакин  
(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)*

Аннотация. Современные транспортные средства оснащены сложными электронными системами управления двигателем (ЭСУД), обеспечивающими оптимальную производительность, экономичность и соответствие экологическим нормам. Диагностика ЭСУД является критически важной для поддержания работоспособности автомобиля, особенно при наличии перемежающихся отказов, представляющих собой неисправности, возникающие спорадически и затрудняющие их выявление. Мотор-тестер является незаменимым инструментом для диагностики ЭСУД, позволяющим анализировать различные параметры работы двигателя в реальном времени. Он предоставляет данные о составе смеси, углах опережения зажигания, сигналах датчиков и исполнительных механизмов, что помогает выявить отклонения от нормы.

Ключевые слова: диагностика, мотор-тестер, осциллограф, оборудование для диагностики, автосканер, сап-шина, электронные системы управления двигателем

**OPTIMIZATION OF DIAGNOSTICS OF CARS AND ELECTRONIC CONTROL UNITS ON THE BASIS OF THE REPAIR ENTERPRISE LLC «TSKR LOGISTIC+»**

*Candidate of Technical Sciences, docent D.S. Karpov; docent R.D. Adakin  
(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)*

Abstract. Modern vehicles are equipped with sophisticated electronic engine management systems (ECMS), ensuring optimal performance, efficiency and compliance with environmental standards. ECM diagnostics is critically important for maintaining vehicle performance, especially in the presence of intermittent failures, which are malfunctions that occur sporadically and make it difficult to identify them. The motor tester is an indispensable tool for ECM diagnostics, allowing you to analyze various engine operation parameters in real time. It provides data on the composition of the mixture, ignition timing angles, sensor signals and actuators, which helps identify deviations from the norm.

Keywords: diagnostics, engine tester, oscilloscope, diagnostic equipment, auto scanner, can-bus, electronic engine management systems

## **Введение**

Эволюция управления двигателями внутреннего сгорания (ДВС) представляет собой увлекательную историю инженерного подхода, прошедшую путь от элементарных механических устройств до высокоразвитых электронных систем. На первых этапах функции зажигания и подачи топлива существовали независимо. Трамблер, также известный как прерыватель-распределитель, обеспечивал формирование и распределение искры по цилиндрам в нужные моменты. В то время как карбюратор, опираясь на принцип Вентури, смешивал воздух с топливом для создания горючей смеси. Тем не менее, такая архитектура имела множество недостатков. Зависимость от механических настроек, сложности в адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации и неточности в дозировании топлива приводили к снижению эффективности работы, росту выбросов и нестабильной работе двигателя.

Революционным прорывом стало внедрение электронных систем управления двигателем (ЭСУД). Первые экземпляры, появившиеся в конце 1960-х, были гибридными системами, в которых электронные компоненты контролировали отдельные функции, такие как подача топлива. С развитием микроэлектроники на рынок пришли полностью цифровые ЭСУД, основанные на электронных блоках управления (ЭБУ).

Современные автомобили уже не являются лишь механическими устройствами; они отличаются тем, что многие процессы, включая систему впрыска и систему зажигания, управляются электронными блоками. Таким образом, сегодня автомобили представляют собой сложные технические комплексы, где механизмы тесно переплетены с электроникой.

## **Методы и средства диагностики**

Техническая диагностика охватывает методы и средства для оценки технического состояния машин, механизмов и других объектов, а также выяснение причин неисправностей и рекомендации по их устранению.

ЭСУД, или электронная система управления двигателем — по сути, это компьютер, управляющий двигателем. Он получает информацию от контролирующих датчиков и передает команды на исполнительные механизмы, чтобы обеспечить оптимальную работу двигателя и соответствие нормам токсичности и расхода топлива.

Современная специализированная организация «ООО ЦКР Логистик+», предоставляющая услуги диагностики ЭСУД, оснащена не только сканерами, но и газоанализаторами, мотор-тестерами и другим передовым оборудованием. Квалифицированные сотрудники обладают глубокими навыками в электронике, механике и программном обеспечении. На практике диагностика занимает до 20% общего времени на ремонты.

Современный автомобильный двигатель представляет собой высокотехнологичный агрегат, чья работа полностью контролируется

электроникой. Эффективная диагностика неисправностей в таких системах требует комплексного подхода и использования широкого спектра инструментов, способных считывать коды ошибок (DTC) и отображать параметры работы двигателя в реальном времени.

Процесс диагностики обычно начинается со сканера — устройства для компьютерной диагностики основных систем современных автомобилей. После его подключения к диагностическому разъему, сканер считывает данные с датчиков, обрабатывает их и выводит результаты на экран самого устройства или смартфона. Кроме кодов ошибок, диагностические сканеры предоставляют информацию о параметрах работы двигателя в реальном времени, включая частоту вращения коленвала, температуру охлаждающей жидкости, давление в системе питания и многие другие показатели. Анализ этих данных позволяет выявить отклонения от нормы и определить возможные причины неисправностей. Умение интерпретировать эти данные требует опыта и глубокого понимания работы двигателя.

Пример данных, полученных сканером, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Поток данных со сканера

№	Параметры	Нормальный показатель
1	Обороты холостого хода 1200 об/мин	
2	Длительность импульса впрыска 3 мс	2,5–3,5 мс
3	Массовый расход воздуха 7 кг/час	(для 2 л двс) 0,6–2,4 кг/ч
4	Напряжение на датчике кислорода 0,2 В	0,1–1 В
5	Кратковременная коррекция топлива 25%	0 +/- 10 %
6	Долгосрочная коррекция топлива 10%	0 +/- 10 %
7	Температура охлаждающей жидкости 88 °С	
8	Разряжение во впуске 30 кПа	30 кПа норма
9	Датчик массового расхода воздуха 1,05 В	1–1,02 В

Из данных, полученных с помощью сканера (таблица 1), мы можем сделать выводы:

1. Отклонения от нормы по массовому расходу воздуха говорит нам о том, что в двигатель поступает воздуха больше, чем надо.

2. Отклонения кратковременной коррекции топлива в +25% показывает нам то, что топлива поступает также больше, чем надо.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что в двигателе присутствует подсос воздуха (неучтенный). Его поступает больше, чем надо. Топлива поступает также больше, чем необходимо, так как двигатель «пытается» обогатить бедную из-за подсоса воздуха смесь. Повышенное напряжение на датчике массового расхода топлива (ДМРВ) говорит нам о том, что датчик желательно заменить, так как он может подавать неверную информацию в ЭБУ. Когда автосканер работает в режиме потока данных, где

можно отследить параметры работы компонентов и получить их физические числовые данные, но бывает и приходится использовать набор стандартных приспособлений и инструмента, а общая проверка сводится к проверке мультиметром (рисунок 1а) или контрольным тестером (рисунок 1б) таких систем как блок предохранителей, различных реле или работоспособность генератора. Также к данной проверке относится и детектор проводки (рисунок 1в), с помощью которого можно гораздо проще проверить целостность проводки автомобиля.

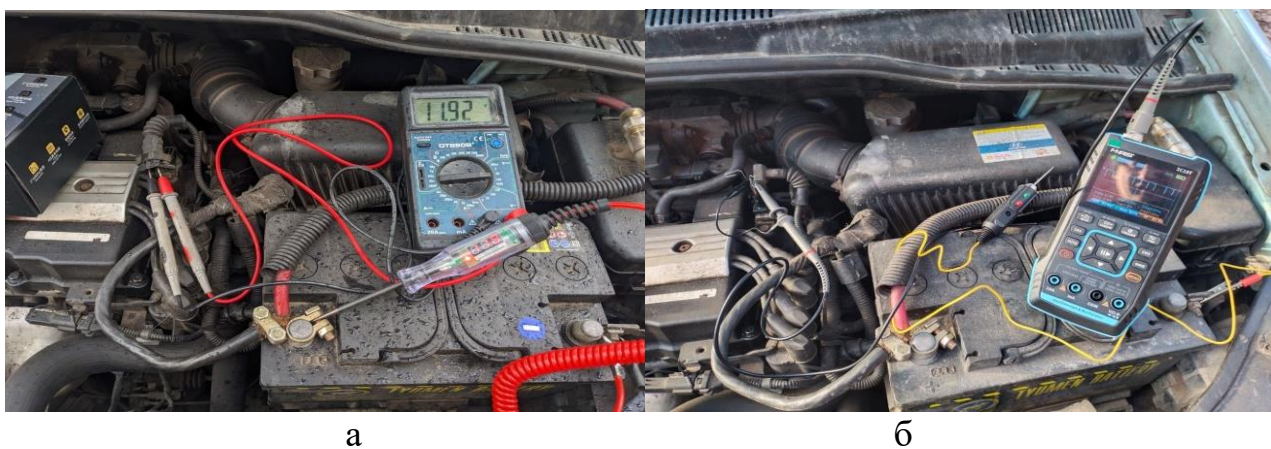


Рисунок 1 – Мультиметр, контрольный тестер и детектор проводки

Различные датчики автомобиля можно проверить двумя основными способами:

1. Проверка питания датчика (рисунок 2а). Мультиметром или "контролкой" мы можем проверить наличие питания на датчике. Его наличие может показать его исправность.

2. Осциллограмма работы датчика (рисунок 2б). С помощью осциллографа мы можем получить осциллограмму работы датчика. Её необходимо сравнить с "эталоном". Если есть различия, датчик работает неправильно, а следовательно, неисправен.



а – проверка питания датчика; б – проверка работы датчика осциллографом.  
Рисунок 2 – Проверка датчика положения распредвала

В арсенале диагноста ключевую роль играет мотор-тестер, инструмент, объединяющий в себе возможности осциллографа, мультиметра и анализатора данных. Мотор-тестер позволяет визуализировать электрические сигналы, измерять параметры и анализировать данные, поступающие от различных датчиков и исполнительных механизмов ЭСУД.

При диагностике перемежающихся отказов необходимо учитывать несколько факторов. Во-первых, важно провести тщательный осмотр проводки, разъемов и датчиков на предмет повреждений, окисления или плохого контакта. Во-вторых, необходимо использовать мотор-тестер для мониторинга параметров ЭСУД в различных режимах работы двигателя, чтобы зафиксировать моменты возникновения неисправности.

Особое внимание следует уделять анализу данных, полученных с помощью мотор-тестера. Необходимо сравнивать текущие значения параметров с эталонными, указанными в технической документации, и выявлять отклонения, которые могут указывать на неисправность.

Из-за распространения Can-шин и электронных систем управления двигателем, диагностика современного автомобиля значительно усложнилась и здесь мы, как практикующие авторы, хотели бы привести несколько примеров из практики, когда дело касается перемежающегося отказа.

К примеру, нет искры и питания на форсунках. Двигатель не заводится. Логично предположить, что причина незапуска кроется в цепи «Топливо-воздух-искра-компрессия», но после ее диагностики и проверки элементов системы установлено, что проблема не в данной системе, а её код неисправности как следствие, а на самом деле причина кроется в неисправности смежной системы.

Например, ЭБУ АКПП даёт разрешение на запуск двигателя только в случае, если селектор КПП стоит в положении parking. В случае, если ЭБУ коробки из-за какой-либо неисправности не может видеть положение селектора, он запрещает запуск двигателя. В данном случае проблема может быть либо в ЭБУ АКПП, либо в Can-шине.

#### Can-шина

Поэтому нельзя исключать из этапов диагностики электронные блоки управления различных систем и Can-шины. Ниже на рисунке приведена Сетевая архитектура электронных систем автомобилей AUDI.

Неисправность CAN-шины в 2026 году остается критической проблемой для современных автомобилей, так как она связывает основные электронные блоки управления (ЭБУ).

#### Основные последствия для двигателя и систем автомобиля:

Полный отказ различных систем: автомобиль может перестать заводиться или заглохнуть во время движения, так как блоки (двигателя, АКПП, ABS) теряют связь друг с другом.

Ограничение мощности: двигатель может перейти в режим ограниченной мощности. Это происходит из-за отсутствия данных от датчиков или других систем, необходимых для корректного расчета топливной смеси и момента зажигания.

Аварийная работа систем индикации: на приборной панели может загореться «гирлянда» ошибок (Check Engine, ABS, ESP), при этом показания тахометра или температуры могут стать недостоверными или пропасть вовсе.

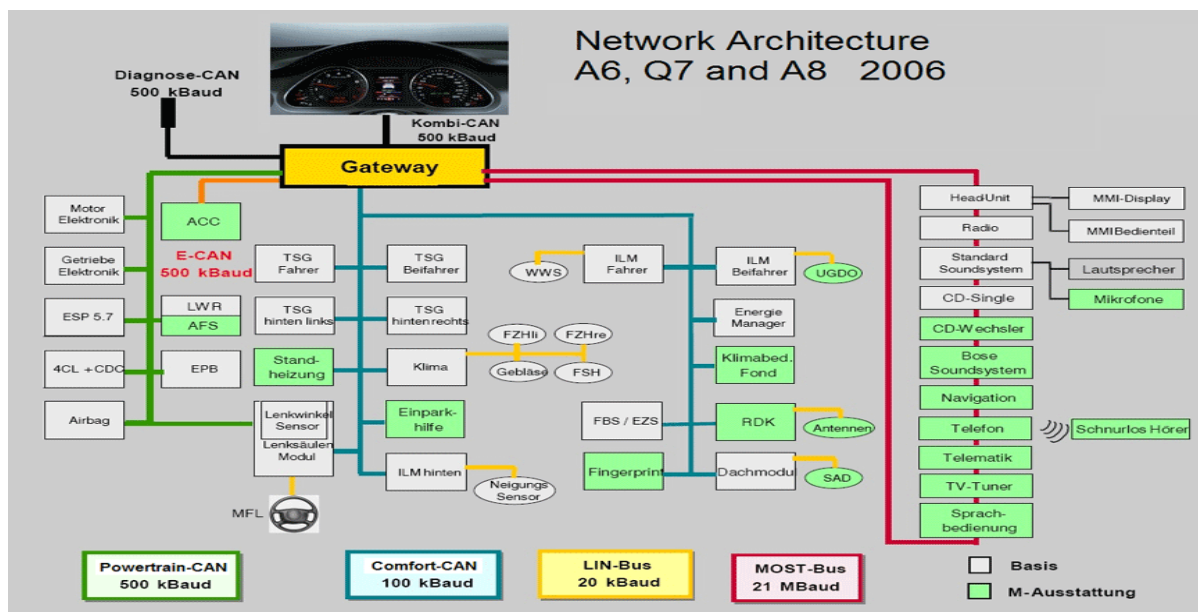


Рисунок 3 – Сетевая архитектура электронных систем автомобилей AUDI

Некорректная работа трансмиссии: двигатель может работать нестабильно в связке с трансмиссией, вызывая рывки или невозможность переключения передач, так как коробка не получает данных о крутящем моменте.

Потеря связи: при серьезном повреждении шины (замыкание или обрыв) диагностический сканер может не «видеть» блок управления двигателем, что затрудняет поиск причины неисправности.

Своевременное устранение неисправностей CAN-шины в 2026 году критически важно из-за высокой интеграции электронных систем в современных автомобилях. Шина является «нервной системой», и её повреждение ведет к деградации функций безопасности и управления.

Следующий пример из практики говорит о плотной взаимосвязи элементов системы ТС. На автомобиле возникла ошибка ESP, а именно ESP — это электронная система курсовой устойчивости (Electronic Stability Program), которая помогает водителю сохранять контроль над автомобилем в критических ситуациях, предотвращая занос и снос. Система делает это, корректируя траекторию движения, притормаживая отдельные колеса и уменьшая тягу двигателя. ESP работает на основе данных от различных датчиков, таких как датчики скорости колес, угла поворота руля и поперечного ускорения.

Как правило, в самой тесной взаимосвязи эта система находится с ABS, но при проведении диагностики сканером – ошибок по абс не установлено, а установлен отказ работы ESP. Причина крылась не в системе ESP, а в системе

VVTI. VVT-i — это интеллектуальная система изменения фаз газораспределения. Она позволяет плавно регулировать фазы открытия и закрытия клапанов двигателя в зависимости от условий работы, что улучшает его производительность, экономичность и экологичность.

Система VVT-i управляет поворотом распределительного вала впускных клапанов с помощью специальной муфты, которая меняет угол наклона в диапазоне 40-60 градусов, и в зависимости от скорости, нагрузки и других параметров, блок управления двигателем (ЭБУ) изменяет положение распределительного вала, чтобы оптимально использовать мощность и топливо. (исполнительный механизм (муфта) приводится в действие давлением моторного масла, которое подается к одной из сторон лопаток ротора).

Таким образом неправильная работы данной системы отразилось ошибкой ESP, а не системы VVT-i, а по факту требовалось установить причинно-следственную связь и отсечь лишнее и не разбираться с проблемами трансмиссии и подвески (как указывал сканер), а решать проблему по устранению неисправности системы ESP в системе изменения фаз газораспределения в двигателе.

Аналогичная ситуация была с автомобилем Рено Дастер, где на приборную панель выводилась индикация кода общей неисправности (так называемая пила) и код ошибки связанный с неисправностью ESP. По факту диагностики была выявлена причина в неисправном датчике задней скорости.

Подобные проблемы некорректной работы двигателя и элементы диагностики можно рассмотреть на практическом примере, когда автомобиль не заводился и сканер указывал на аварийный режим автоматической коробки передач, а проблема была в коррозировавшей проводке в разьеме привода управления дроссельным узлом (не было связи у дроссельной заслонки сапшиной и электронный блок управления (ЭБУ) не мог контролировать её положение, а следовательно, и управлять).

Автомобильный мотор-тестер, представляющий собой осциллограф, функционирует путём преобразования электрического сигнала в видимый график на экране. Для этого он усиливает исходный сигнал и, в случае использования цифрового осциллографа, преобразует его в цифровой формат с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Затем результат выводится на экран, где по вертикали отображается напряжение, а по горизонтали — время, формируя осциллограмму.

Кроме того, с помощью осциллографа можно проверить синхронизацию коленчатого и распределительного валов. Согласованная работа этих двух компонентов крайне важна для нормального функционирования двигателя. При рассинхронизации они могут привести к неправильной работе мотора или даже полной невозможности его запуска. Осциллограмма может показать наличие рассинхронизации. На осциллографе можно увидеть, что определенному значению верхней кривой, соответствует определенное значение нижней. На всем протяжении они симметричны, что показывает нам синхронность коленчатого и распределительного валов (рисунок 4).

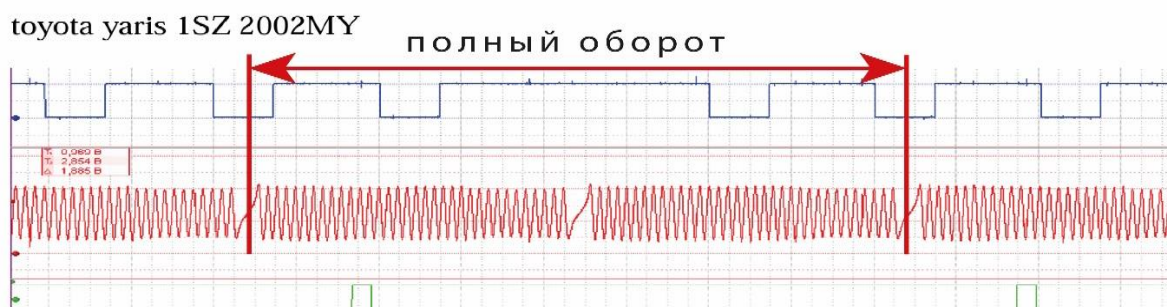


Рисунок 4 – Осциллограмма работы ДПРВ и ДПКВ

С помощью осциллограммы (анализируя осциллограммы снятые с компонентов ТС и номинальные (из базы осциллограмм [3]) можно сделать более точный вывод о работоспособности диагностируемого элемента, так как датчик например может быть исправен при диагностике мультиметром, а его осциллограмма может показать его работоспособное состояние, но не исправное (т.е. датчик рабочий – НЕ отказал совсем, но диапазон частот его работы выходит за рамки допустимых и из-за этого ТС или двигатель работает неправильно).

Например, на 4-цилиндровом двигателе сканером установлены пропуски зажигания в двух цилиндрах авто, далее в процессе диагностики установлено, что неисправны индивидуальные(на каждую свечу) катушки зажигания, но после их замены двигатель стал работать гораздо лучше, но не идеально. В данной ситуации только с помощью мотор-тестера удалось установить дефект в третьей из 4х катушек неисправности, которые не были не установлены с помощью сканера. Катушка давала искру на 60% своей мощности и этого было недостаточно для правильного сгорания топливовоздушной смеси. С помощью осциллограммы удалось установить правильно неисправный элемент.

### Заключение

Диагностика электронных систем управления двигателем (ЭСУД) становится всё более научно обоснованной. Наряду с традиционными методами, всё чаще применяются математическое моделирование и анализ данных. Это позволяет выявить закономерности в работе системы и предсказывать возможные неисправности.

Ключевым моментом является постоянное обучение и повышение квалификации специалистов. ЭСУД продолжают развиваться, появляются новые датчики, исполнительные механизмы и алгоритмы управления. Поэтому диагносты должны быть в курсе новейших достижений, чтобы эффективно использовать их в своей работе.

Для успешной диагностики случайных отказов необходимо применять современные методы, такие как запись и анализ данных в реальном времени. В этом контексте мотор-тестер становится незаменимым инструментом, позволяющим зафиксировать момент возникновения неисправности и выяснить её причину. Важно помнить, что перемежающиеся отказы часто связаны с внешними факторами, такими как температура, влажность и другие параметры.

Кроме того, все компоненты ЭСУД, включая CAN-шины, должны подвергаться комплексной диагностике.

Ремонтные предприятия, стремящиеся предоставлять качественные услуги по диагностике ЭСУД, должны инвестировать в современное оборудование и обучение персонала. Только так можно обеспечить надежную и эффективную работу системы управления двигателем.

### **Выводы**

1. Современный автомобиль обеспечен множеством электронных блоков управления (ЭБУ), призванных совершать управление системами автомобиля качественно и эффективно на основе анализа огромного количества вводных данных, поступающих от датчиков автомобиля.

2. ЭБУ различных систем обмениваются между собой данными с огромной скоростью, таким образом реализуется принцип безопасности, ведь электронная система выдает решения по управлению автомобилем гораздо быстрее и производительнее человека. На современный автомобиль добавляются новые системы, благодаря которым автомобиль способен совершать уже более продвинутые действия.

3. ЭБУ, как и любая электронная система выходит из строя, причинами могут быть: перетирание изоляции проводов в итоге замыкание; плохой контакт; попадание влаги на плату и опять же короткое замыкание; сбой программного обеспечения при крайне низком бортовом напряжении; и просто выход из строя датчиков и исполнительных механизмов.

4. При поиске неисправностей в первую очередь применяется сканер, для определения направления в котором стоит искать неисправность, и затем применяются уже дополнительные измерительные средства – это мультиметр умные контрольки, осциллограф, мотортестер, генератор сигналов, кабель-трекер.

5. Диагностика автомобильных систем – это отдельная профессия, которая позволяет специалисту грамотно построить план поиска неисправностей, используя все современные средства диагностики. Знание, опыт и измерительные средства вкупе обеспечивают сокращение времени диагностики автомобильных систем.

### **Список источников**

1. Впрыск. — Текст : электронный // Коммерсантъ : [сайт]. — URL: <https://www.kommersant.ru/doc/297118> (дата обращения: 19.01.2026).

2. Как работает электронная система управления двигателем? — URL: <https://dzen.ru/a/Z5EQF3ri-CvRAAmk> (дата обращения: 19.01.2026). — Текст : электронный.

3. Базы осциллограмм. — Текст : электронный // Rotkee : [сайт]. — URL: <https://rotkee.com/ru/waveform-library> (дата обращения: 19.01.2026).

УДК 621.3

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ**

*Д.т.н., доцент П.С. Орлов; к.т.н., доцент И.М. Соцкая  
(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)*

Аннотация. Проанализированы существующие способы производства энергии, пути совершенствования производства энергии и проведен анализ возможных вариантов использования энергии.

Ключевые слова: виды энергии, возобновляемые источники энергии

## **IMPROVING THE RELIABILITY OF ENERGY SUPPLY THROUGH TECHNICAL MEASURES**

*Doctor of Technical Sciences, Docent P.S. Orlov;  
Candidate of Technical Sciences, Docent I.M. Sotskaya  
(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)*

Abstract. The existing methods of energy production, ways to improve energy production are analyzed, and possible energy use options are analyzed.

Keywords: types of energy, renewable energy sources

### **Введение**

Человеческое общество необходимую энергию для своего существования получало (и до настоящего времени получает) за счет потребления минеральной, растительной и животной пищи, обработанной, (в случае необходимости), в высокотемпературном пламени. Люди приручили часть животных, научились земледелию, применили энергии воды, ветра и электромагнитную Солнца, а также овладели движением под парусами против ветра, научились перемещаться в воздухе, используя перемещающиеся воздушные потоки. Правда, обещавший в 1812 году создать воздушный корабль, сначала Наполеону, а затем и русскому императору немецкий инженер, получив требуемые суммы на создание воздухоплавательного аппарата, по проекту перемещавшегося в воздухе на веслах, не успел к Бородинскому сражению и был лишен дальнейшего финансирования. Венцом развития общества стало изобретение паровой машины двойного действия для откачки воды из угольных шахт в Великобритании Дж. Уаттом в 1774 г. Подобная машина была изобретена и на железодельном заводе в 1766 г. на Урале в Барнауле для привода воздуходувок доменных печей и другого оборудования металлургического производства. Одновременно для автоматизации работы паровой машины на Урале изобретают – регулятор уровня воды в котле, а в Англии – центробежный регулятор числа оборотов вала паровой машины.

Изобретение паровой машины в Англии привело его конструктора к разработке теории расчета предложенного устройства и введение единицы мощности – лошадиной силы [1].

Теплоносителем паровой машины вполне естественно стал водяной пар различной степени перегрева. В 1878 г француз К. Лаваль разработал паровую турбину, мощностью 500 л.с., совершающую 10 тысяч оборотов в минуту, работающей на том же теплоносителе.

Создание в 1800 г. итальянцем Александром Вольта «исходя из научных представлений» автора гальванического элемента, открытия в электротехнике и создание трехфазной системы передачи Доливо-Добровольским электрического тока в 1891 г. явилось началом прорыва электроэнергетики во все отрасли мирового хозяйства [1].

Все нововведения требуют все новых поступлений электроэнергии и в промышленность и в сельское хозяйство и в обеспечение жизнедеятельности человека и эксплуатацию машин и аппаратов и стимулируют развитие процессов производства как можно более дешевой электрической энергии.

Так как вода хотя, и достаточно дешевый теплоноситель, но одновременно и очень коррозионноопасный, для котельной стали время от времени рассматривалась возможность замены воды на более пассивный, по отношению к стали паровых котлов, теплоноситель. Кроме того, низкая теплоемкость воды требовала прокачивать через котел большое количество теплоносителя (водяного пара).

### **Возможные пути решения дефицита энергии**

В середине тридцатых годов в США в качестве теплоносителя для мощных энергетических котлов электростанций выбрали ртуть – инертную к стали и с приличной теплоемкостью. По прикидочным предварительным расчетам – как раз то, что требуется для выбранного теплоносителя. Несколько проектных компаний взялись за расчеты.

По некоторым данным как минимум два из экспериментальных котлов, спроектированных разными фирмами, вышли из строя вследствие перегрева труб и разрыва их в топках котлов. Данных о поражении ртутью оперативного персонала котельных в имеющихся в СССР американских источниках отсутствуют.

Американцы во второй половине XX в. вели исследования по снижению расходов на проведение своих операций (в том числе и военных) на территориях государств, обладающих серьезными запасами нефти. Они полагали что топливом боевых машин может служить гидразин  $N_2H_4$  – бесцветная жидкость кипящая при температуре 113,6 градусов по Цельсию (энергичный восстановитель), применявшийся и применяющийся в качестве топлива для реактивных двигателей (обычно применяется несимметричный диметилгидразин:  $N_2H_2 (CH_3)_2$ ) [2]. В настоящее время такое топливо для боевых машин американцы не применяют.

Введение новой техники в эксплуатацию без серьезных исследований возможностей ее безопасной эксплуатации не всегда проходит без вреда

здоровью обслуживающего эту технику персоналу. В начале 30-х годов XX в. на одной из Французских текстильных фабрик внедрили экономичное освещение, выполненное на ртутных осветительных лампах, которое пришлось демонтировать, так как за месяц работы рабочие получили ожог ультрафиолетовым облучением светильников глаз и лишились зрения.

В СССР в это время велось строительство Московского метро и советские ученые вели исследования по созданию низкотемпературных люминесцентных светильников. К моменту пуска в эксплуатацию первой очереди Московского метрополитена в 1935 году СССР уже обладал своими люминесцентными лампами. Для того, чтобы войти в содружество капиталистических государств СССР отказался от патентования этой своей разработки, чтобы ею могли пользоваться все страны мира, точно так же, как создатель радиосвязи Россиянин Попов в свое время отказался патентовать свое открытие, чтобы его изобретением могли пользоваться все государства мира для сохранения человеческих жизней, терпящих бедствия в морских пучинах.

Вместе с тем, следует заметить, что когда в английском научном журнале в 1939 году была опубликована статья немецкого физика о делении атомного ядра, Советское патентное ведомство не отказало двум советским инженерам, ознакомившимся с этой публикацией, и приняло к рассмотрению секретную заявку на патент об устройстве атомной бомбы.

Примерно в это самое время Нобелевский лауреат Гейзенберг сел писать программу создания немецкой атомной бомбы! В целях получения критической массы атомной бомбы Гейзенберг выбрал для своего реактора в качестве замедлителя тяжелую воду, которую для Германии получали на горных гидроэлектростанциях в Норвегии. Выработка критической массы урана производилась на ядерном реакторе вблизи центра немецкой культуры – города Дрездена, где в 1944 году произошел тепловой взрыв реактора, который после этого был перемещен в Альпы. Первое испытание наземного ядерного устройства немцы провели в конце 1944 года на Балтике на острове Рюген. Немецкий фильм о результатах действия взрыва на людей, которых не эвакуировали перед испытаниями, английская разведка продемонстрировала Черчиллю и американскому президенту Рузвельту. Второй взрыв нетранспортабельного из-за больших габаритных размеров немецкого ядерного устройства, был произведен в апреле 1945 года в Альпах. На третий день после испытаний американский и английский командующие экспедиционными войсками побывали на месте взрыва.

В сентябре 1945 года американцы сбросили атомные бомбы на Японию. Сразу после бомбардировки Японии атомными бомбами к начальнику разведки Красной армии в Китае прибыл начальник контрразведки Японии и попросил забрать третью американскую атомную бомбу, которая не взорвалась. Свою просьбу он объяснил необходимостью равновесия сил. Бомбу японцы доставили в Советское посольство в Японии и оттуда кораблем она была отправлена в СССР.

В 1946 году в Советском союзе патентной службой был выдан патент на устройство атомной бомбы одному из авторов заявки на патент 1939 года. Второй автор этого патента получить не смог, так как погиб во время войны.

Во второй половине XX в. в Советском союзе для атомных подводных ракетных крейсеров был разработан малогабаритный ядерный реактор на легкоплавком свинцово - висмутовом сплаве и спущены на воду два подводных ракетносца.

Был разработан проект установок такого реактора и на самые бесшумные советские подлодки и изготовлен отсек с таким реактором, но в серию эта «задумка» не прошла – в реакторе легкоплавкий сплав должен был поддерживаться в расплавленном (рабочем) состоянии и на стоянках. Но исследование этой проблемы продолжалось. В России подводный крейсер «Белгород» вооружен торпедами межконтинентальной дальности «Посейдон» с ядерным реактором торпеды, запускающимся сразу после выхода последней из торпедного аппарата. Мощность ядерного заряда от 200 до 2-х Мт. На стапелях судостроительного завода в Североморске монтируется подводный крейсер «Борей» с аналогичными торпедами диаметром чуть более 2-х м. Промышленность России выпускает крылатую ракету «Буревестник» с аналогичными тактико-техническими параметрами по дальности и мощности ядерного заряда.

Но вернемся к главному вопросу – энергообеспечению. В странах Запада забыли про главные источники энергии. У них это теперь возобновляемые источники: солнце и ветер. Забыли про уголь и атомные электростанции и получают эту энергию, выращивая различные масличные культуры. А нехватку естественных источников энергии получают в качестве природного американского дорогого сжиженного природного газа!!!

До настоящего времени в качестве теплоносителя на тепловых электростанциях применяют водяной пар, несмотря на низкую эффективность цикла, громоздкость применяемого оборудования и высокий уровень загрязнения окружающей среды.

В 1960 году ученый Миланского университета Г. Анджелино совместно с американцем Ф. Г. Фехером предложили в качестве теплоносителя на тепловых электростанциях использовать сверхкритическую жидкость  $\text{CO}_2$ , что позволит повысить эффективность тепловых процессов, снизить габариты используемого оборудования и загрязнение окружающей среды.

Сотрудниками Санкт-Петербургского политехнического университета разработана башенная установка, эксплуатирующая на сверхкритическом режиме работы теплоносителя  $\text{CO}_2$ , при критическом давлении 7,58 МПа и температуре 1025,15 К [3].

Нельзя забывать и про тепловые насосы, предложенные лордом Кельвином в 1852 году. Английский парламент уже более полутора веков отапливается топливными насосами из Темзы! В 1930 году был получен хладагент – фреон, который является и средством для тушения пожаров применяемом в закрытых помещениях при использовании изолирующих противогазов.

В Ярославском аграрном университете разработано устройство для восстановления полнофазного напряжения при утрате одной питающей фазы. В настоящее время идут исследования по разработке устройства по восстановлению полнофазного напряжения в сети при обрыве двух питающих фаз.

### **Выводы**

Как показывают публикации, опытные установки с предлагаемым теплоносителем CO<sub>2</sub> работают в разных странах мира. Существует надежда, что через некоторое время начнут выпускаться серийные установки, эксплуатирующиеся на закритических параметрах предлагаемого теплоносителя, и коэффициент полезного действия будущих тепловых машин будет находиться в пределах от 45 до 50 %.

Нельзя забывать и про атомные реакторы на быстрых нейтронах, производимых в России, которые могут утилизировать радиоактивные отходы обычных реакторов, которых накопилось достаточно много, вырабатывая электрическую энергию и снижая загрязнение окружающей среды.

Тепловые насосы уже лет пять достаточно широко применяют в торговле и в кондиционерах, в том числе и в помещениях ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ».

Есть надежда, что в ближайшее время будет создано устройство, позволяющее повысить надежность электроснабжения потребителей восстановлением полнофазного напряжения в электрических сетях при обрыве двух питающих фаз, не загрязняя окружающую среду.

### **Список источников**

1. Зайцев Г.Н., Федюкин В.К., Атрошенко С.А. История техники и технологий. Политехника. СПб., 2007. 415 с.
2. Глинка Н.Л. Общая химия. М.: Ленинград, 1966. 688 с.
3. Кортиков Н. Н. [и др.]. Газовая промышленность // Принципы создания турбоустановок малой и средней мощности на сверхкритическом диоксиде углерода. 2023. № 11. С. 42–51.
4. Орлов П.С., Шкрабак В.С., Морозов В.В., Шешунова Е.В., Бобков С.А., Круду О.Н. Устройство восстановления полнофазного напряжения в 4-проводной сети 0,4/0,23 кВ / Патент Р.Ф. № 2761430; 6 с. 08.12.2021 г. Н02J9/06. Бюл. № 34.2021 г.

УДК 631. 365: 51-74

## **ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СУШКИ ОРГАНИЧЕСКИХ СЕМЯН**

*Д-р техн. наук В.А. Смелик  
(ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный  
университет», Санкт-Петербург, Россия);  
Канд. техн. наук А.Н. Перекопский  
(ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия)*

Аннотация. Представлены результаты разработки цифрового двойника сушилки для тимopheевки луговой, основанного на экспериментальных данных. Были созданы дискретные модели процессов с использованием рекуррентных уравнений и корреляционных функций. Предложенная методика позволяет воспроизводить технологические процессы и моделировать условия работы для оптимизации энергетических затрат и экологической безопасности. Статистические характеристики смоделированного процесса совпадают с экспериментальными данными, что подтверждает возможность использования данной модели для создания цифрового двойника сушилки.

Ключевые слова: имитационное моделирование, сушка, технологический процесс, цифровой двойник

## **SIMULATION MODELING OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF DRYING ORGANIC TIMOTHY SEEDS**

*Doctor of Technical Sciences V.A. Smelik  
(FSBEI HE «Saint Petersburg SAU», Saint Petersburg, Russia);  
Candidate of Technical Sciences A.N. Perekopskiy  
(IAEP – branch of FSBSI FSC of VIM, Saint Petersburg, Russia)*

Abstract. The results of the development of a digital twin dryer for Timofeevka Lugovaya, based on experimental data, are presented. Discrete process models were created using correlation functions and recurrence equations. The proposed methodology allows reproducing technological processes and modeling working conditions to optimize energy costs and environmental safety. The statistical characteristics of the modeled process coincide with experimental data, which confirms the possibility of using this model to create a digital twin dryer.

Keywords: simulation, drying, technological process, digital twin

### **Актуальность**

Отличительной особенностью технологических процессов, выполняемых техническими средствами в агропромышленном комплексе, является их значительная вариабельность из-за влияния внешних условий и биологических особенностей культур. Это создает сложности в управлении такими

операциями, как послеуборочная обработка семян, где необходимо учитывать их физические свойства и требования к температурным режимам.

Использование цифровых двойников технологических процессов и имитационное моделирование позволяют в режиме реального времени анализировать данные с оборудования, моделировать различные сценарии работы и оперативно оптимизировать параметры сушильных установок для повышения эффективности всего процесса [1, 2].

При неблагоприятных погодных условиях в период уборки, полученные высоковлажные семена, особенно органические, требуют щадящей сушки для сохранения их качества. Управляя процессом сушки, можно добиться, чтобы недозревшие семена успели высохнуть, стать легче и впоследствии отделиться при сортировке. Проводить натурные эксперименты со всеми возможными условиями (вид топлива, культуры, влажность и т.д.) сложно, дорого и ограничено по времени [3, 4].

Альтернативой является имитационное моделирование, которое включает: разработку концепции и математической модели, создание программы-имитатора, ее проверку, проведение виртуальных экспериментов и анализ результатов. Исследования [5, 6] подтверждают, что такая модель может с достаточной достоверностью воспроизводить реальный технологический процесс.

Построение цифрового двойника процесса сушки семян значительно усложняет нестационарность его вероятностно-статистических характеристик. Разработка процедур и алгоритма получения цифрового двойника нестационарного процесса выполнялась на примере сушки органических семян тимopheевки с использованием методов статистической идентификации по результатам экспериментальных исследований [5, 6].

### **Цель и задачи исследований**

Цель исследований: разработка имитационной модели технологического процесса сушки семян и оценка сходимости результатов исследований.

Задачи исследований: разработать методику построения цифрового двойника, учитывающую нестационарность случайных (в вероятностно-статистическом смысле) процессов; получить уравнения моделирования процесс работы сушилки.

### **Материалы и методы**

Эксперимент проводился при сушке семян тимopheевки луговой сорта «Ленинградская 204» на экспериментальной универсальной сушилке. Семенной ворох для сушки был получен с полевого участка органического севооборота, на котором для оптимизации урожайности применялся полосный посев и удобрение «БИАГУМ», произведённое Институтом агроинженерных и экологических проблем сельского хозяйства (ИАЭП) – филиалом Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ». Внесение удобрения осуществлялось в дозе 40 кгДВN<sub>2</sub>/га.

Экспериментальная сушильная установка [4], аналогична по принципу действия запатентованному устройству [7] и предназначена для проведения исследований с варьированием внешних факторов в широком диапазоне и обработки семян различных сельскохозяйственных культур. Сушильная камера экспериментальной установки представляет собой куб с сетчатым дном, в котором можно исследовать процесс сушки семян с различной толщиной слоя до 0,75 м. В сушильную камеру предварительно нагретый воздух подаётся вентилятором через систему воздуховодов. Управление режимами сушки, включая активацию калориферов и регулировку частоты вращения вентилятора и потока теплоносителя, осуществляется с помощью блока управления и частотного регулятора LS 600. Выгрузка материала производится через регулируемую заслонку с использованием подъемного механизма.

Измерения температуры теплоносителя и влажности семян в ходе опытов проводились с помощью комплекса на базе влагомера «Фауна-ПМДР», включающий в себя первичный преобразователь на основе датчика погружного типа, блок индикации и интерфейсный преобразователь RS485/USB, обеспечивающий возможность подключения к регистрирующему устройству.

Технологический процесс сушки семян как объект экспериментальных исследований представлен в виде системы двух моделей – калорифера с оператором модели  $A_1$  и сушильной камеры с оператором  $A_2$  (рис. 1). Калорифер  $A_1$  образует теплоноситель, с параметрами, характеризующимися выходным вектором  $T_{AC}$  с учетом состояния окружающего воздуха  $B_0$  и характеристик источника теплоты  $Q_T$ . Для сушильной камеры  $A_2$  входными возмущающими воздействиями, влияющими на процесс сушки семян, будут: параметры теплоносителя  $T_{AC}$ , окружающего воздуха  $B_0$  и исходного состояния семян  $Z_H$ . Выходы модели сушильной камеры  $A_2$ , а, следовательно, всей сушилки  $A_C$  будут векторы, характеризующие состояние семян после сушки  $Z_K$  и конечное состояние отработанного теплоносителя  $T_{TC}$ . Векторы  $H_T$ ,  $H_0$  и  $H_C$  характеризуют настройку калорифера и сушильной камеры на заданные режимы.

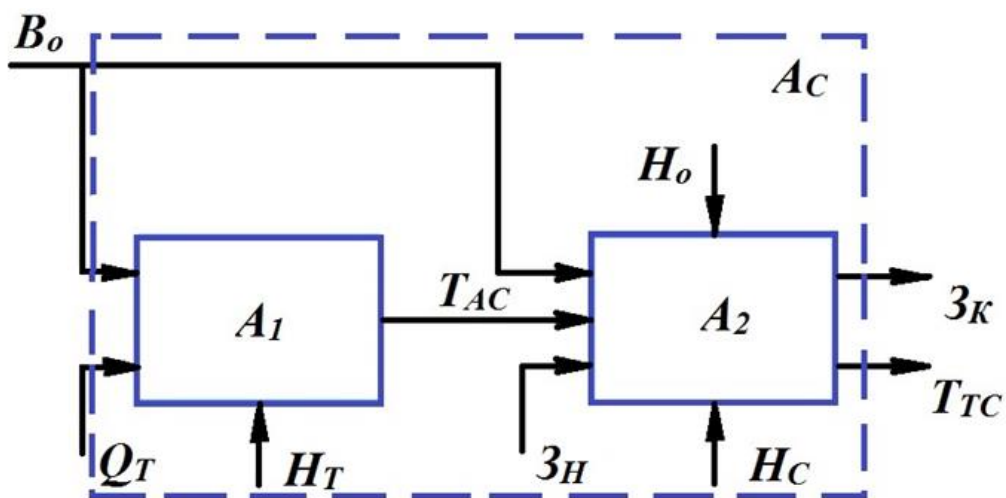


Рисунок 1 – Расчетная схема сушилки семян [5]

Используя методику, изложенную в работах [5, 6], суть построения математических моделей заключается в идентификации оптимальных операторов на основе синхронных экспериментальных данных о входных и выходных параметрах системы.

### Результаты исследований

Особенностью сушки семян, осложняющей статистическую обработку данных, является нестационарность процесса. Например, график изменения влажности  $w_{зк}(t)$  для семян тимофеевки (рис. 2) демонстрирует это свойство. Согласно исследованиям [5, 6], данную проблему решают, разделяя процесс на низкочастотную  $w_{зк}(t)_{(1)}$  и высокочастотную  $w_{зк}(t)_{(2)}$  компоненты, что позволяет перейти к анализу стационарного сигнала:

$$\ll w_{зк}(t) = w_{зк}(t)_{(1)} + w_{зк}(t)_{(2)} \quad (1)$$

где  $w_{зк}(t)$  – изменение влажности семян при сушке,  $w_{зк}(t)_{(1)}$  – низкочастотная составляющая процесса,  $w_{зк}(t)_{(2)}$  – высокочастотная составляющая процесса» [5].

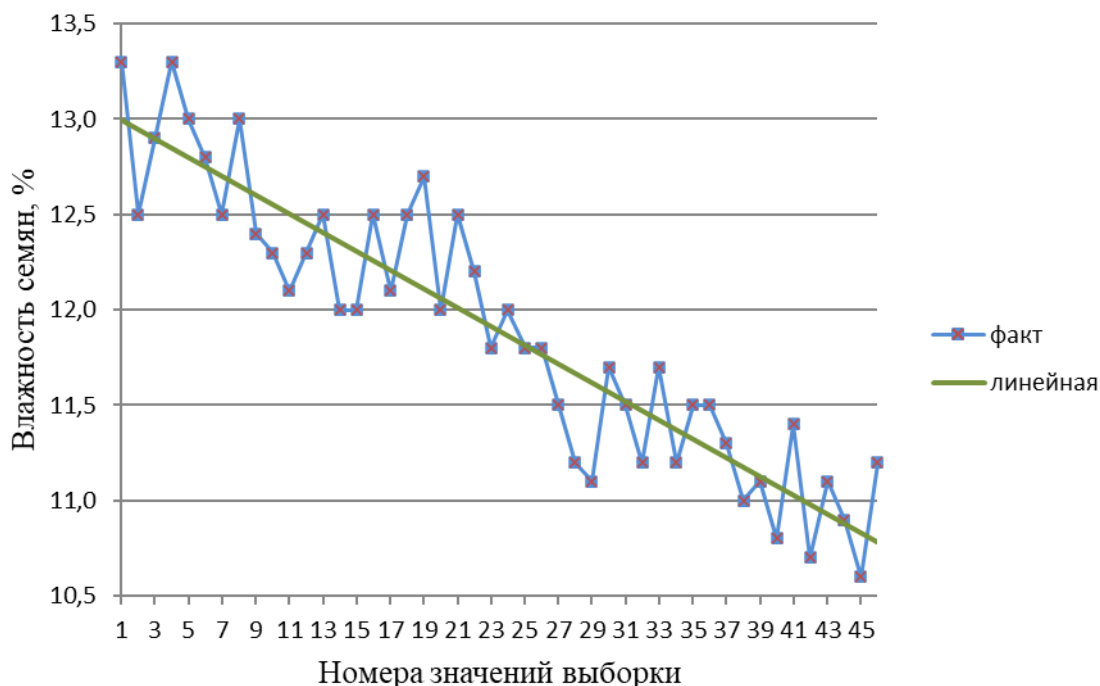


Рисунок 2 – Фактический и расчетный (линейный) тренд влажности семян

Расчетный (линейный) тренд сушки в виде прямой описывается выражением:

$$w_{зк}(t)_{(1)} = -0,0492x + 13,048, R^2 = 0,849 \quad (2)$$

где  $x$  – номер значения выборки.

Разработанные математические модели репрезентуют собой цифровые двойники процесса сушки семян тимофеевки. Они формируют вычислительное

ядро для нейросетевых систем ИИ, обеспечивающих полностью автоматизированный контроль и управление в производственном цикле.

### Выводы

В основе исследования лежали информационные модели типа «вход-выход», где в качестве входных параметров выступали условия проведения процесса сушки семян, а в качестве выходных — его результирующие показатели. Для анализа нестационарные случайные процессы были преобразованы в стационарные путём разделения на низкочастотную и высокочастотную компоненты. Данный подход позволяет методами имитационного моделирования генерировать сколь угодно длительные реализации процессов, аналогичные исходным. Полученные таким образом уравнения представляют собой цифровые двойники реального процесса сушки семян и могут быть использованы для решения задач его оптимизации, контроля и управления.

### Список источников

1. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Результаты научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве // Техника и оборудование для села. 2022. №4. С. 2-8.
2. Дорохов А.С., Павкин Д.Ю., Юрочка С.С. Технология цифровых двойников в сельском хозяйстве: перспективы применения // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 4. С. 14-25.
3. Smelik V.A., Perekopskiy A.N., Dobrinov A.V., Chugunov S.V. Study of the efficiency of drying grass seeds for forage crops on a rotary dryer / E3S Web of Conferences 262, 01037 (2021), 01037. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201037>
4. Чугунов С.В. Специальная камера к универсальной сушилке // Сельский механизатор. 2010. № 9. С. 26.
5. Смелик В.А., Валиев А.Р., Добринов А.В., Перекопский А.Н. К методике формирования цифрового двойника технологического процесса сушки органических семян тимофеевки // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 19, № 3(75). – С. 75-83. – DOI 10.12737/2073-0462-2024-75-83.
6. Ширяев А.С. Повышение эффективности сушки урожая зерновых, кормовых культур и их грубоизмельченной массы в установках с неподвижным слоем сушимого материала за счет совершенствования сушильной камеры. Дис. ... канд.техн.наук, Ярославль, 2002, 183 с.
7. Патент № 2259527 С2 Российская Федерация, МПК F26В 17/10. Аэрожелоб для сушки сыпучих материалов: № 2003116218/06: заявл. 02.06.2003: опубл. 27.08.2005 / Л. В. Дианов, В. А. Смелик, П. А. Юнкин, Д. А. Карповский; заявитель Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. – EDN SPBKPR.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В ЯРОСЛАВСКОМ ФИЛИАЛЕ  
ООО «СЕЛЬТА»**

*К.т.н., доцент И.М. Соцкая; к.т.н., доцент А.С. Угловский  
(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)*

Аннотация. В условиях растущей конкуренции на рынке грузоперевозок ключевым фактором экономической устойчивости транспортного предприятия является эффективность управления подвижным составом. Для Ярославского филиала ООО «Сельта», обладающего крупным парком грузовых автомобилей, минимизация эксплуатационных издержек, исключение нецелевого использования техники и контроль расхода горюче-смазочных материалов (ГСМ) представляют собой первоочередные задачи. Существующие методы дискретного контроля не всегда обеспечивают оперативность и полноту данных, что обуславливает необходимость внедрения автоматизированных цифровых систем мониторинга. Цель исследования заключается в повышении эффективности эксплуатации грузового автотранспорта путем разработки и внедрения специализированного программного обеспечения для комплексного мониторинга и сбора телематических данных.

Ключевые слова: мониторинг транспорта, эксплуатация грузовых автомобилей, программный комплекс, контроль расхода топлива, телематика, безопасность перевозок

**IMPROVING TRUCK OPERATION MONITORING AT THE YAROSLAVL  
BRANCH OF SELTA LLC**

*Candidate of Technical Sciences, Docent I.M. Sotskaya;  
Candidate of Technical Sciences, Docent A.S. Uglovskiy  
(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)*

Abstract. In the face of increasing competition in the freight transportation market, efficient fleet management is a key factor in the economic sustainability of a transport company. For the Yaroslavl branch of Selta LLC, which has a large fleet of trucks, minimizing operating costs, eliminating improper use of equipment, and monitoring fuel and lubricant consumption are top priorities. Existing discrete monitoring methods do not always ensure timely and complete data, necessitating the implementation of automated digital monitoring systems. The objective of this study is to improve the operational efficiency of freight vehicles by developing and implementing specialized software for integrated monitoring and telematics data collection.

Keywords: vehicle monitoring, truck operation, software suite, fuel consumption monitoring, telematics, transportation safety

## Введение

ООО «Сельта» (распределительный центр «Магнит») является транспортной компанией, крупный филиал располагается по адресу: 150521, Ярославская обл., Ярославский р-н, деревня Корюково, стр 37А. В г. Ярославле находится более 160 магазинов «Магнит», в которые необходимо поставлять не только продукты, но и бытовую химию, косметику и другую необходимую продукцию постоянного требования. Также доставка продукции выполняется по Ярославской, Ивановской, Костромской, Архангельской, Вологодской и Мурманской областям.

Основными видами деятельности компании являются:

- а) доставка продукции;
- б) ремонт и техническое обслуживание подвижного состава.

Численность работников филиала на 2025 год согласно штатному расписанию составляет 458 человек.

На территории предприятия расположена мастерская, предназначенная для технического обслуживания и ремонта имеющихся на предприятии грузовых автомобилей.

В составе предприятия имеется отдел логистики, обеспечивающий стабильную работу транспорта.

Компания имеет в хозяйственном ведении 270 грузовых автомобиля MAN (рисунок 1) и 100 автомобилей SITRAK. Ежедневно для выполнения поставленной задачи по доставке продукции в магазины «Магнит» требуется около 100-120 автомобилей. Среднегодовая наработка одного автомобиля MAN составляет  $V_r = 98000$  км.

Количество перевозимого груза каждый день составляет примерно 6-7 тысяч тонн.

Для стабильной работы предприятия необходимо анализировать показатели работы подвижного состава и всего предприятия в целом. Основными показателями работы подвижного состава являются, коэффициент технической готовности, коэффициент выпуска автомобиля на линию, время в наряде.



Рисунок 1 – Грузовой автомобиль MAN

Коэффициент технической готовности определяет долю календарного времени, в течение которого автомобиль находится в работоспособном состоянии и может осуществлять транспортную работу. Значение коэффициента

технической готовности определяется по отчетным данным о работе и состоянии подвижного состава. За рассматриваемый отчетный период коэффициент технической готовности постоянно повышается, это объясняется тем, что произошло обновление подвижного состава, а также сократилось время простоя автомобиля в ТО и ТР в результате регулярного и качественного выполнения технического обслуживания, внедрение агрегатного метода ремонта автомобилей, а также повысилась потребность населения в грузоперевозках.

Проанализированы показатели, свидетельствующие о техническом состоянии автомобилей: коэффициент технической готовности, коэффициент выпуска автомобиля на линию.

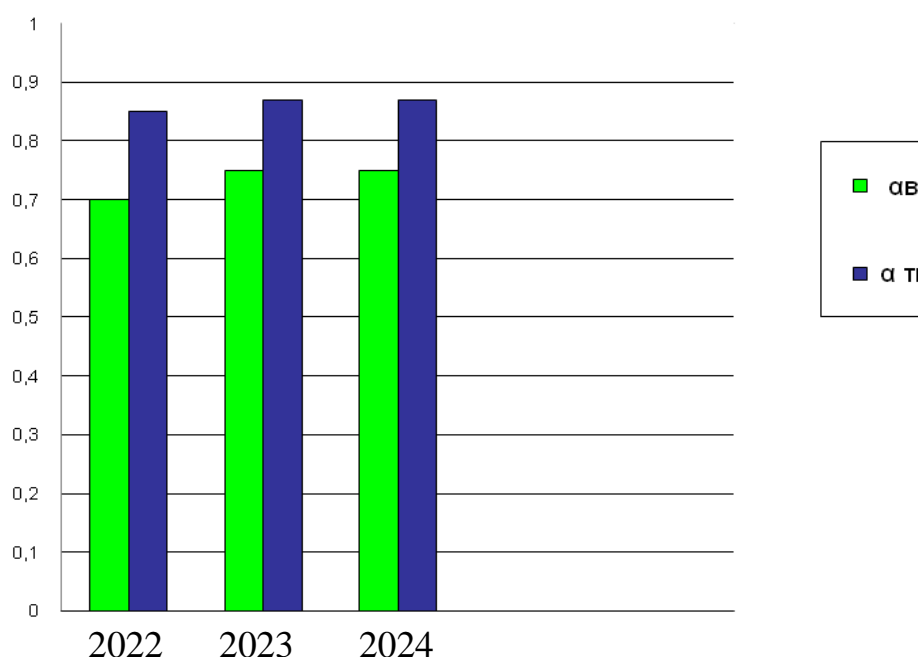


Рисунок 2 – Коэффициент технической готовности, коэффициент выпуска автомобиля на линию

Время нахождения автомобиля в наряде отображено на рисунке 3.

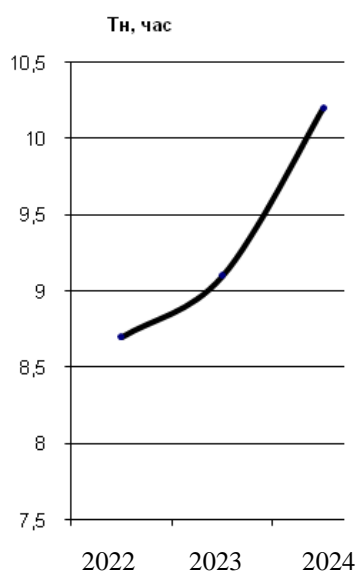


Рисунок 3 – Время нахождения автомобиля в наряде

Данный показатель говорит о продолжительности работы подвижного состава на линии. Время в наряде находится в прямой зависимости от эксплуатационной скорости подвижного состава. Согласно представленным данным, время нахождения автомобиля в наряде увеличивается. По основным показателям работы предприятия приведённым выше видно, что они увеличиваются, а значит, увеличивается эксплуатация автомобилей. В связи с этим возрастает потребность в увеличении количества и качества обслуживаний и ремонта автомобилей. Операции по обслуживанию и ремонту подвижного состава очень трудоёмки. В целях сокращения трудоёмкости и сроков работ требуется совершенствование производственно-технической базы. Необходимо постоянно совершенствовать и обновлять техническое оборудование, а также улучшать технологический процесс ремонта грузовых автомобилей. Постоянное обновление автопарка, уменьшение сроков поставки продукции к заданной точке, поиск и открытие новых маршрутов – вот основные показатели успеха для предприятия.

С появлением и широким распространением систем сотовой связи появилась возможность изготовления и производства различных приборов, включающих в себя устройства определения географических координат и устройства передачи информации – передавать на расстоянии координаты различных объектов транспорта, таких как автомобили, теплоходы, самолеты. Устройства получили названия трекеры (от англ. *to track* – проследживать, оставлять след, намечать курс).

Постепенно, с развитием микроэлектроники и программного обеспечения, а также с увеличением покрытия систем сотовой связи, через трекеры стала возможным не только передача информация о географических координатах объектов, но и ряд другой информации:

- вычислять собственное местоположение, скорость и направление движения на основании сигналов спутников Систем глобального позиционирования GPS или ГЛОНАСС;

- подключать внешние датчики через аналоговые или цифровые входы;

- считывать данные с бортового оборудования, имеющего последовательный порт или более специализированный интерфейс CAN;

- хранить некоторый объем данных во внутренней памяти на период отсутствия связи;

- передавать полученные данные на серверный центр, где происходит их обработка. Для получения дополнительной информации на транспортное средство устанавливаются дополнительные датчики, подключаемые к GPS или ГЛОНАСС контроллеру, например:

- датчик расхода топлива;

- датчик нагрузки на оси ТС;

- датчик уровня топлива в баке;

- датчик температуры в рефрижераторе;

- датчики, фиксирующие факт работы или простоя спецмеханизмов (поворот стрелы крана, работы бетономесителя), факт открывания двери или капота, факт наличия пассажира (такси) [1, 3-6].

Ранее авторами проведена работа по разработке программы «Технический сервис», работающая совместно с системой ГЛОНАСС. На компьютере был установлен MS SQL Server, на котором развернута база данных. База данных в SQL Server состоит из коллекции таблиц, в которой хранится особый набор структурированных данных. Таблица содержит коллекцию строк (называемых записями, или кортежами) и столбцов (атрибутов). Каждый столбец в таблице предназначен для хранения конкретного типа данных, например, дат, имён, скорости, пробега или чисел [5]. SQL Server – специальная программа с инструментами по созданию запросов, проведения некоторых вычислений, предоставления выборок при обращении к базам данных. База данных может иметь множество таблиц с различными настройками, числом столбцов, форматом данных. На каждую единицу техники в базе данных приходится по две таблицы: в одну записываются данные с системы ГЛОНАСС, в другую – корректировочные данные с программы скада «Технический сервис». Для обеспечения обмена информацией программы «Технический сервис» с базой данных были введены процедуры. В процедурах описано на языке программирования, в какую базу, таблицу и в какие колонки записывается или откуда читается информация [2].

### **Материалы и методы**

Разработка программного комплекса для мониторинга эксплуатации грузового автотранспорта проводилась в рамках совместной научно-исследовательской работы кафедр «Электрификация» и «Технический сервис». Основной целью являлось создание кроссплатформенного, масштабируемого решения для автоматизации контроля логистических процессов в Ярославском филиале ООО «Сельта».

В качестве инструментальной среды разработки был выбран язык программирования Python, что обусловлено его широкими возможностями в области обработки данных и наличием обширных библиотек. Графический интерфейс пользователя (GUI) реализован с использованием фреймворка PyQt6, который обеспечивает высокую отзывчивость системы и нативную поддержку различных операционных систем.

Архитектура программного обеспечения построена по модульному принципу и включает в себя следующие компонент MockData.

Класс MockData отображает работу бортовых телематических контроллеров, генерируя потоки данных от различных датчиков (GPS-координаты, уровень топлива, температура двигателя, состояние рефрижератора). В реальных условиях данный модуль замещается интерфейсом API для приема пакетов данных с CAN-шины автомобилей.

Программа реализована с помощью библиотек QtCharts (для построения динамических графиков расхода топлива и скорости) и QtWebEngine (для интеграции с картографическим сервисом OpenStreetMap для отображения геопозиции).

Для обеспечения целостности и сохранности исторической информации используется реляционная база данных под управлением СУБД SQL (в текущей

реализации использована библиотека sqlite3). Структура базы данных, описанная в классе Database Manager, включает таблицы для хранения реестра автомобилей (trucks), журналов показаний датчиков (sensor\_data) и записей о техническом обслуживании.

### Результаты исследований

В ходе работы был спроектирован интерфейс автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера. Анализ разработанного функционала, представленного на скриншотах программы, позволяет выделить ключевые возможности системы.

На рисунке 4 представлено главное окно программного комплекса, которое разделено на три функциональные зоны:

1) Реестр транспортных средств (слева) отображает список активных автомобилей с их идентификаторами (VIN, госномер) и текущим статусом («В пути», «Ожидание», «Отдых»). Цветовая индикация и иконки позволяют диспетчеру мгновенно оценивать состояние автопарка.

2) Картографический модуль (центр) визуализирует текущее местоположение выбранного грузовика на карте, что позволяет контролировать соблюдение маршрута движения и оперативно выявлять несанкционированные отклонения.

3) Секция состояния разделена на два блока – состояние водителя и сохранность груза.

4) Графический блок демонстрирует динамику расхода топлива и изменения скорости. Анализ графика уровня топлива позволяет выявлять факты резкого падения уровня (потенциальные сливы) или повышенного расхода, что напрямую влияет на экономическую эффективность перевозок.

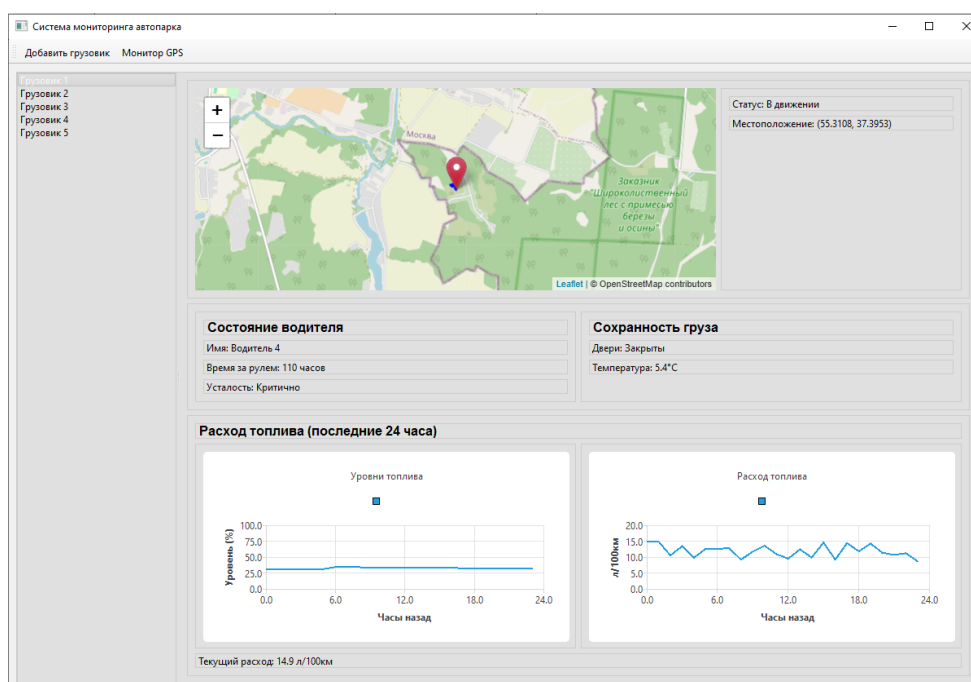


Рисунок 4 – Главное окно программного комплекса «Система мониторинга автопарка»

На рисунке 5 представлен интерфейс добавления нового транспортного средства в систему мониторинга. Данная форма демонстрирует гибкость настройки конфигурации оборудования. Для каждого автомобиля предусмотрена возможность выбора комплекта подключенных датчиков:

- 1) GPS трекинг для контроля геопозиции;
- 2) Датчик расхода топлива (ДРТ) для контроля заправок и сливов;
- 3) Датчик нагрузки на оси: для предотвращения перегруза и штрафов;
- 4) Датчик температуры рефрижератора, критически важен при перевозке скоропортящихся продуктов (контроль холодовой цепи);
- 5) Датчики открытия дверей и работы механизмов: для обеспечения безопасности груза.

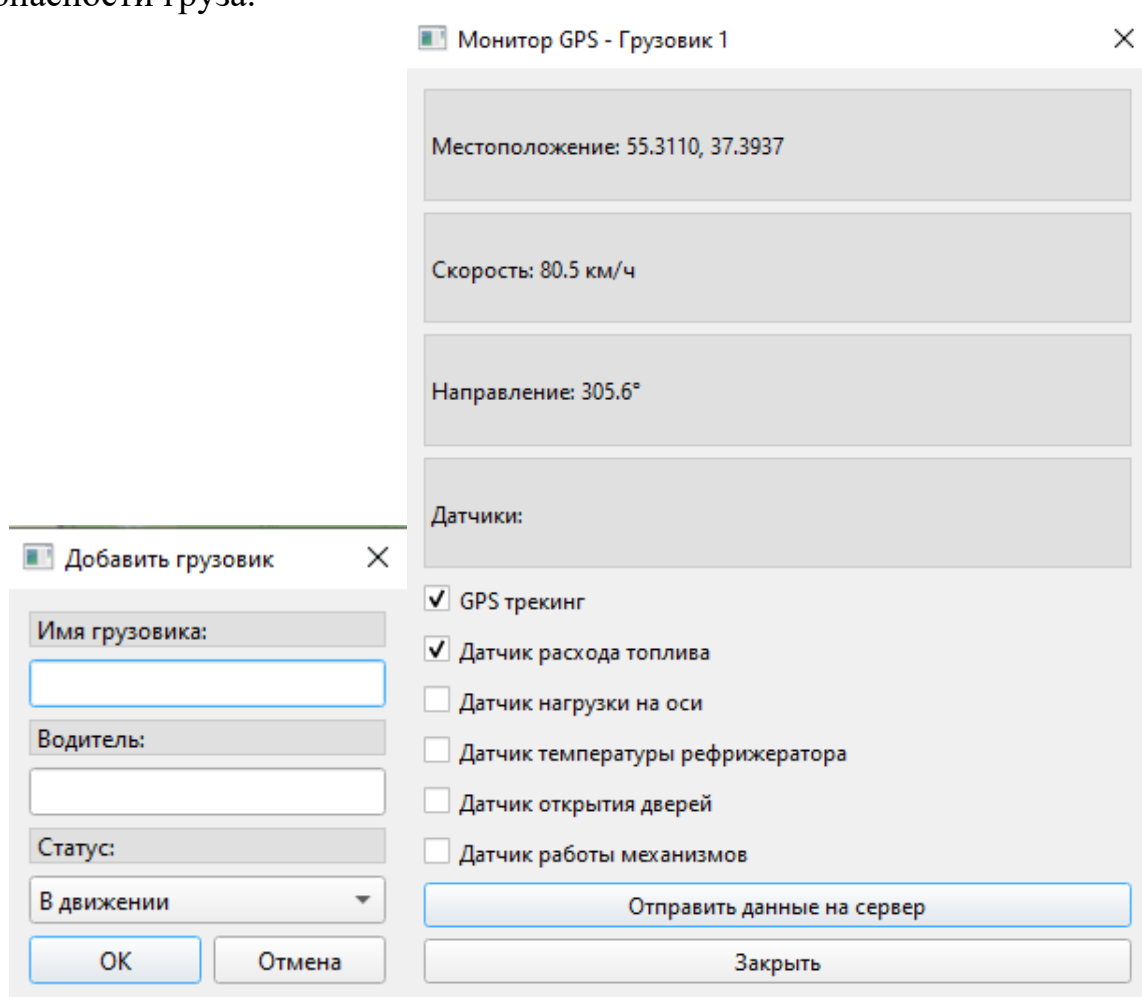


Рисунок 5 – Интерфейс добавления нового транспортного средства и системы мониторинга

Разработанная система авторами статьи осуществляет циклический опрос параметров (с использованием QTimer) и автоматически сохраняет все поступающие значения в SQL-базу данных, что обеспечивает возможность анализа рейсов, построения отчетов за выбранный период и разбора спорных ситуаций с водителями.

## Выводы

Разработанный кафедрами «Электрификация» и «Технический сервис» программный комплекс на базе PyQt и SQL представляет собой эффективный инструмент для цифровизации процессов управления автопарком.

Внедрение данной системы мониторинга в Ярославском филиале ООО «Сельта» позволяет перейти от дискретного контроля к непрерывному мониторингу состояния транспортных средств.

Визуализация данных в режиме реального времени (графики топлива, карта маршрута) обеспечивает снижение эксплуатационных расходов за счет выявления фактов нецелевого использования транспорта и хищения ГСМ.

Модульная структура подключения датчиков позволяет адаптировать систему под различные типы грузоперевозок, включая рефрижераторные, обеспечивая сохранность груза путем контроля температурного режима.

Использование SQL-базы данных гарантирует надежное хранение истории эксплуатации, что создает базу для предиктивной аналитики и планирования технического обслуживания автомобилей.

## Список источников

1. Бахтеев О.А. Анализ современных систем онлайн-мониторинга транспорта / О.А. Бахтеев, А.А. Короткий. – Текст: электронный // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры подъемно-транспортных машин и роботов (Екатеринбург, 6 декабря 2019 г.). – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2020. С. 103–105.
2. Адакин Р.Д., Соцкая И.М. Разработка программы «Технический сервис» для предприятий, работающих с системой ГЛОНАСС и содержащих большой автопарк // Вестник АПК Верхневолжья. 2021. № 2 (54). С. 17–21. DOI 10.35694/YARCX.2021.54.2.015
3. Соцкая И.М. Разработка системы обслуживания электробусов / И. М. Соцкая, А. С. Угловский // Цифровизация и технические инновации в АПК : сборник научных трудов по материалам национальной научно-практической конференции, Ярославль, 28 ноября 2024 года. – Ярославль: ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», 2025. С. 63–72.
4. Сизиков А.В. Методы мониторинга транспортных средств при разработке геоинформационной системы мониторинга транспорта / А. В. Сизиков, А. Г. Барлиани // Научные студенческие чтения – 2024 : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 04 июля 2024 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2024. – С. 49–56. – EDN NGHLOY.
5. Жданов А.Д. Математическое и информационное обеспечение систем экологического мониторинга на транспорте : специальность 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Жданов Андрей Дмитриевич. – Москва, 2006. 145 с.

6. Киселев, А.А. Контроль расхода топлива автомобилями в спутниковых системах мониторинга транспорта / А. А. Киселев // Автоматизация в промышленности. 2010. № 10. С. 18–21.

УДК 621.313

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И КАЛИБРОВКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРОВ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

*К.т.н., доцент А.С. Угловский  
(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)*

Аннотация. В работе рассматривается проблема настройки и анализа систем управления электродвигателями, работающими на базе ПИД-регуляторов. Существующие проприетарные решения часто ограничены конкретным аппаратным обеспечением или не обладают гибкостью для глубокого анализа динамики. Автором разработан универсальный кроссплатформенный программный комплекс «Motor Control Studio» на языке Python с использованием библиотеки PyQt5. Инструмент объединяет функции настройки коэффициентов регулятора, визуального программирования логики управления, математического моделирования BLDC-двигателей и сбора данных в реальном времени. В статье описана архитектура приложения, реализация коммуникационных протоколов (UART, CANopen) и модуля интеллектуальной настройки. Результаты показывают эффективность инструмента для сокращения времени пусконаладки электромеханических систем.

Ключевые слова: ПИД-регулятор, электропривод, визуальное программирование, идентификация параметров, CANopen, симуляция

## **DEVELOPMENT OF A SOFTWARE TOOL FOR ANALYZING DYNAMIC CHARACTERISTICS AND CALIBRATING PID CONTROLLERS IN ELECTROMECHANICAL SYSTEMS**

*Candidate of Technical Sciences, Docent A.S. Uglovskiy  
(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)*

Abstract. This paper addresses the problem of tuning and analyzing control systems for electric motors operating based on PID controllers. Existing proprietary solutions are often limited to specific hardware or lack the flexibility for in-depth dynamics analysis. The author has developed a universal cross-platform software package «Motor Control Studio» in Python using the PyQt5 library. The tool combines the functions of setting controller coefficients, visual programming of control logic, mathematical modeling of BLDC motors, and real-time data acquisition. The article describes in detail the application architecture, the implementation of communication protocols (UART, CANopen), and the intelligent

tuning module. The results demonstrate the effectiveness of the tool in reducing the commissioning time of electromechanical systems.

Keywords: PID controller, electric drive, visual programming, parameter identification, CANopen, simulation

## Введение

Современные электромеханические системы, от робототехники до станков с ЧПУ, требуют высокой точности управления, которая обеспечивается корректной настройкой контуров регулирования (тока, скорости, положения). Вопросы повышения точности управления сервоприводами и линейными двигателями в технологических процессах остаются крайне актуальными [4, 5].

Классический ПИД-регулятор остается доминирующим алгоритмом управления благодаря своей надежности. Однако процесс подбора коэффициентов ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ) часто является трудоемким и требует анализа переходных процессов в реальном времени [4].

Большинство производителей драйверов двигателей предоставляют собственное ПО, которое имеет ряд недостатков: закрытый исходный код, отсутствие возможности интеграции со сторонними математическими пакетами (например, Matlab/Simulink), которые необходимы для полноценного компьютерного моделирования систем управления [1]. Кроме того, в закрытых средах зачастую невозможна реализация пользовательских алгоритмов, таких как сложные системы управления движением или планирование пути с использованием искусственных потенциальных полей, без трудоемкой перепрошивки контроллера [2, 3]. Целью данной работы является разработка универсального программного инструмента, позволяющего не только калибровать регуляторы, но и моделировать поведение двигателя, создавать логику управления через визуальный интерфейс и анализировать данные с различных типов контроллеров (Solo, Roboclaw, Adafruit).

## Материалы и методы

### 1.1. Программная архитектура

Разработка велась на языке программирования Python 3. В качестве графического фреймворка выбрана библиотека PyQt5, обеспечивающая высокую производительность и нативность интерфейса. Для реализации научной визуализации использована библиотека Matplotlib.

### 1.2. Реализованные алгоритмы и протоколы

Программа поддерживает работу с несколькими аппаратными платформами, включая контроллеры Roboclaw и Solo, а также платы Adafruit Motor Shield. Обмен данными реализован через абстракцию AdafruitComm и специализированные классы для других контроллеров.

Особое внимание уделено реализации среды визуального программирования, что позволяет пользователю создавать алгоритмы управления, соединяя функциональные блоки (узлы) без написания текстового кода. Узлы включают логические операции, математические функции, таймеры и блоки прямого управления двигателем.

Для хранения настроек и логов телеметрии используется СУБД SQLite и формат JSON, что обеспечивает переносимость данных конфигурации.

## Результаты и обсуждение

### 2.1. Интерфейс настройки ПИД-регулятора

Разработанный графический интерфейс предоставляет доступ к глубокой настройке контуров управления. В отличие от стандартных решений, инструмент позволяет отдельно настраивать параметры для управления скоростью и положением.

Реализованы поля ввода для:

- 1) Пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ).
- 2) Ограничений интегратора ( $I_{\max}$ ) для предотвращения эффекта насыщения.
- 3) Настройки «мертвых зон» и лимитов ошибки позиционирования.

Данные параметры могут быть отправлены на контроллер в реальном времени, что позволяет оператору мгновенно оценивать реакцию системы на графиках переходных процессов.

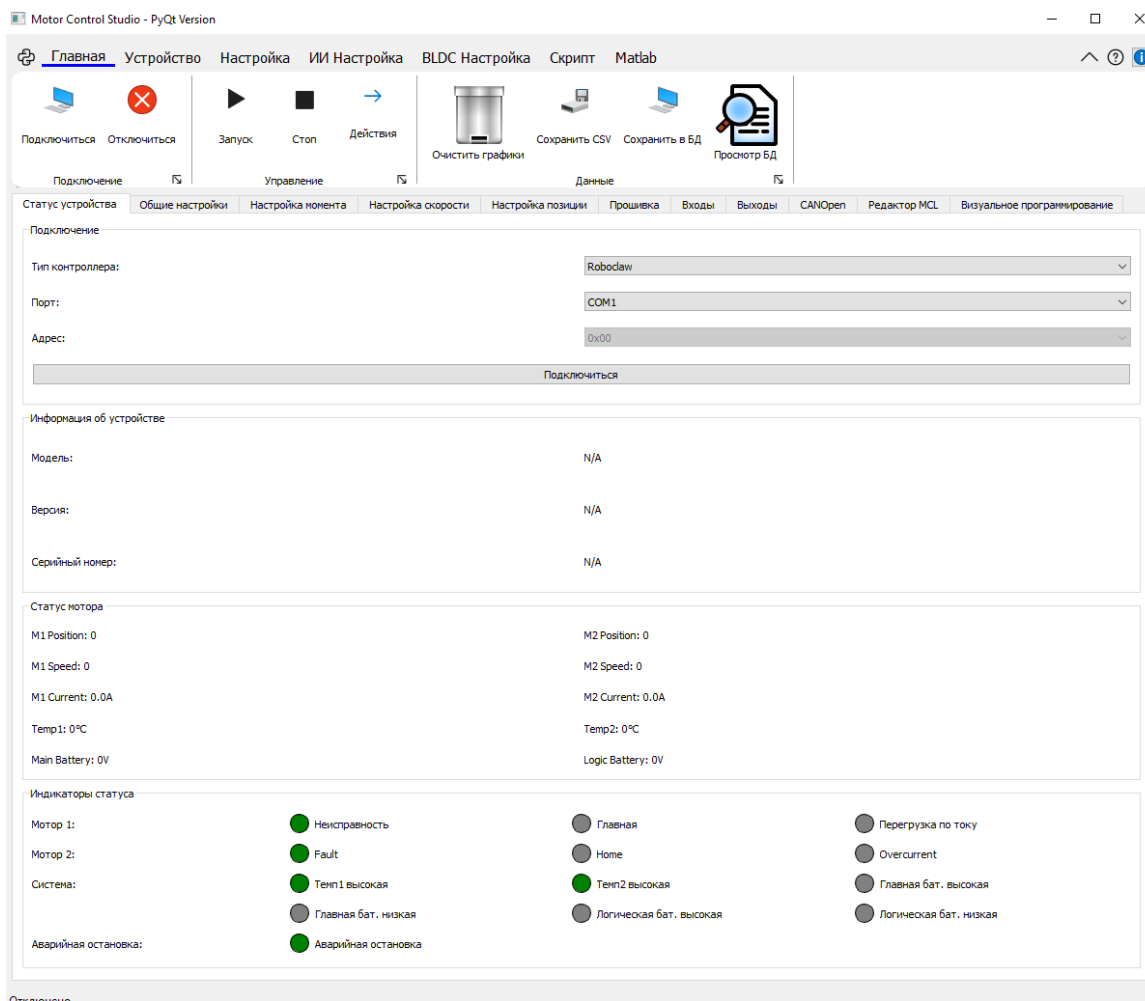


Рисунок 1 – Главное окно программы, подключение и мониторинг состояния оборудования

На рисунке 1 представлен основной интерфейс приложения «Motor Control Studio» (вкладка «Статус устройства»). В верхней части расположены панели инструментов для подключения к контроллеру (выбор порта и адреса) и управления (Запуск/Стоп). Отображается информация о подключенном устройстве (модель, серийный номер) и телеметрия в реальном времени: позиция, скорость, ток моторов и температура.

## 2.2. Подсистема симуляции и моделирования

Важной особенностью комплекса является встроенный симулятор BLDC двигателей. Пользователь может задать физические параметры виртуального мотора:

- 1) Сопротивление фазы (R) и индуктивность (L).
- 2) Постоянную противо-ЭДС ( $K_e$ ) и количество пар полюсов (P).
- 3) Момент инерции (J) и коэффициент вязкого трения (B).

Система поддерживает переключение между режимами коммутации: 6-шаговая (трапецеидальная) и векторное управление. Это позволяет проводить предварительную настройку регулятора на цифровом двойнике перед работой с реальным объектом, что снижает риск повреждения оборудования.

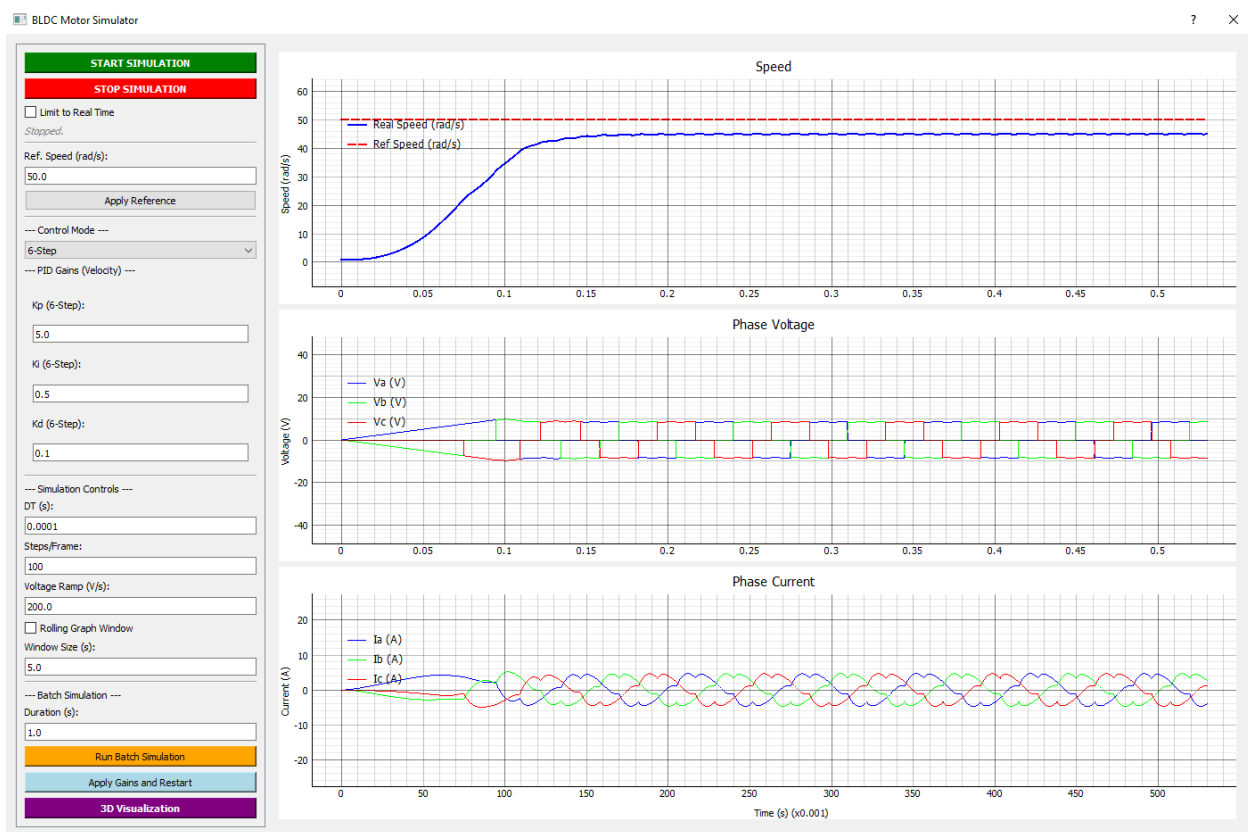


Рисунок 2 – Интерфейс симулятора BLDC-двигателя. Окно встроенной подсистемы моделирования и симуляции

В данном окне на рисунке 2 представлены графики переходных процессов: скорость (сравнение заданной и реальной), фазные напряжения и токи в обмотках.

Инструмент позволяет проводить предварительную настройку регулятора на цифровой модели перед работой с реальным оборудованием.

### 2.3. Визуальное программирование логики

Внедренный модуль визуального программирования представляет собой среду разработки, где логика строится через соединение «узлов» или блоков. Пользователь может добавлять узлы, такие как «Solo Motor Controller», «Condition» (Условие), «PID Controller», и связывать их виртуальными проводами.

Например, можно создать сценарий: «Если температура датчика  $> 50^{\circ}\text{C}$  -> Остановить мотор», используя только графические блоки. Это существенно снижает порог входа для операторов, не владеющих языками программирования. На рисунке 3 изображен пример логической цепочки: блок условия («Condition»), проверяющий параметры, соединен с таймером («Timer»), что иллюстрирует возможность создания сценариев управления через графический интерфейс.

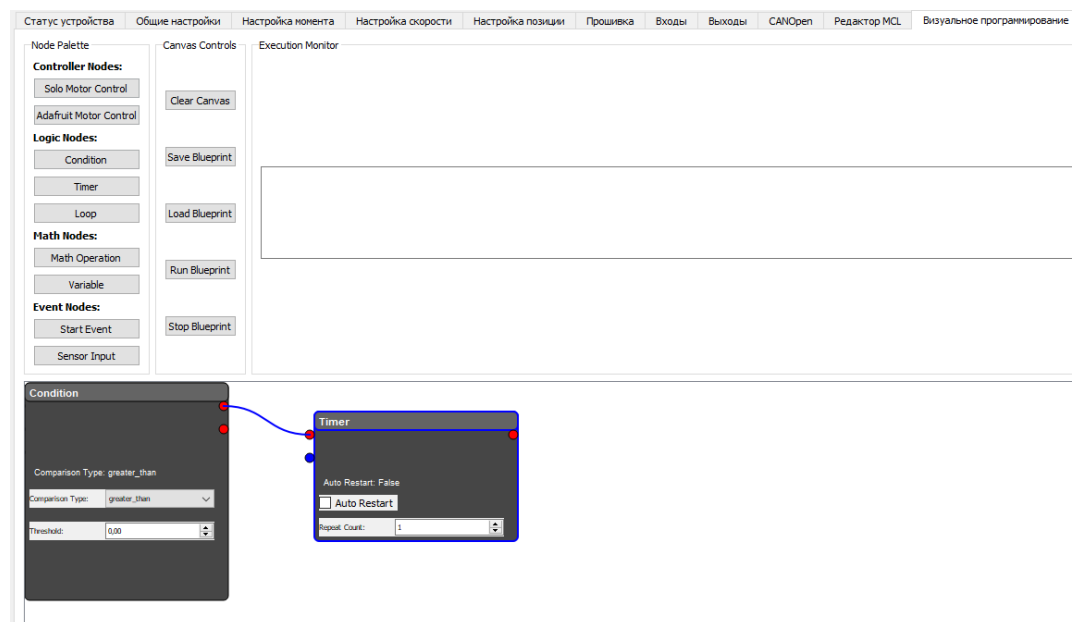


Рисунок 3 – Среда визуального программирования логики управления

### 2.4. Интеллектуальная настройка и анализ данных

В состав ПО включен модуль AIMotorTuner и AsyncTuner, предназначенные для автоматизированного подбора коэффициентов. Также реализована интеграция с MATLAB (MatlabConnector), позволяющая экспортировать накопленные массивы данных (ток, скорость, ШИМ) для глубокого офлайн-анализа или идентификации системы.

Мониторинг состояния устройства вынесен в отдельную вкладку, отображающую напряжения батарей (логической и силовой), температуру и флаги ошибок, что критически важно для диагностики.

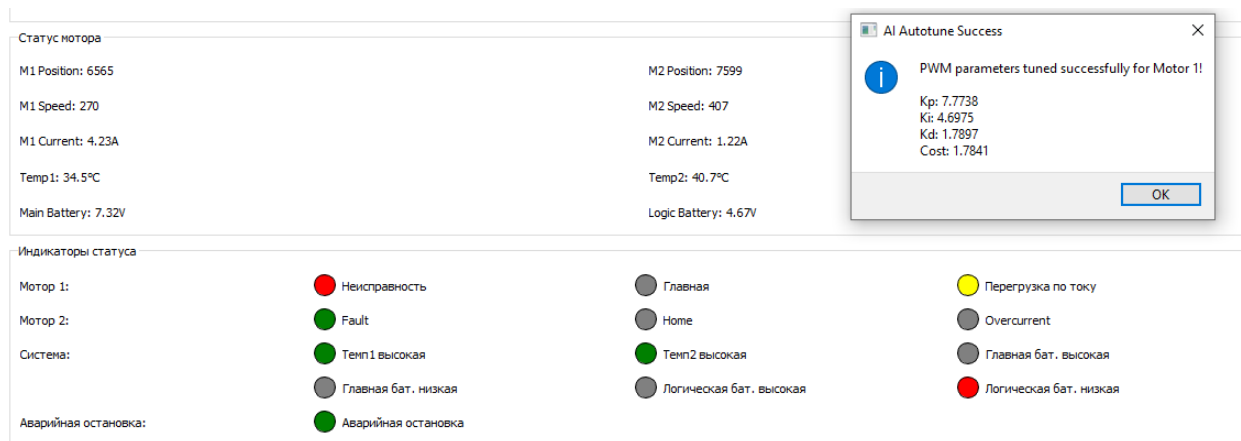


Рисунок 4 – Результаты интеллектуальной автокалибровки и диагностика

Всплывающее окно «AI Autotune Success» демонстрирует успешно подобранные параметры регулятора ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ) после завершения работы алгоритма.

### Выводы

1. Разработанный программный комплекс «Motor Control Studio» представляет собой мощный инструмент для инженеров-разработчиков электропривода.

2. Интеграция инструментов настройки, симуляции и визуального программирования в одном приложении значительно повышает эффективность разработки.

3. Использование Python и Qt обеспечивает кроссплатформенность и возможность легкого расширения функционала.

4. Поддержка различных протоколов (UART, CANopen) делает инструмент универсальным для широкого спектра оборудования.

5. Наличие встроенного симулятора позволяет проводить безопасное обучение и предварительную калибровку систем.

6. Дальнейшее развитие проекта предполагает расширение библиотеки поддерживаемых контроллеров и углубление возможностей модуля ИИ-настройки с использованием методов машинного обучения.

### Список источников

1. Угловский, А. С. Компьютерное моделирование системы управления четырёхколёсным мобильным роботом в пакете Simulink / А. С. Угловский, Н. Ю. Семеренко // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. № 1(65). С. 128–135.
2. Угловский, А. С. Система управления движением мобильного робота / А. С. Угловский // Вестник АПК Верхневолжья. – 2024. – № 2(66). – С. 98-108. – DOI 10.35694/YARCX.2024.66.2.013. – EDN WFPSEJ.
3. Угловский, А. С. Исследование планирования пути мобильного робота с искусственным потенциальным полем / А. С. Угловский // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. № 3(67). С. 107–116.

4. Boikhanov, Z. U. Research on a method for increasing the accuracy of servomotor electrical drive control and control signal / Z. U. Boikhanov, S. S. A'zamov // Экономика и социум. 2025. № 5-2(132). P. 1058–1063.

5. Горожанкин, А. И. Модели и методы автоматического управления линейными двигателями для технологических процессов / А. И. Горожанкин, И. И. Безукладников // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2020. № 6. С. 59–66.

УДК 662.998

## **ИНТЕНСИВНАЯ ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ**

*Аспирант Р.И. Хасанов  
(ФГБОУ ВО Казанский ГАУ, Казань, Россия)*

Аннотация. В статье проводится комплексный анализ современных инженерных решений и методов организации подачи и подготовки сырья для биогазовых установок. Представлены данные по структуре, функционалу основных технологических агрегатов, а также по автоматизации цикла с использованием ПЛК и интеллектуальных датчиков. Рассматриваются вопросы интенсивной подготовки сырья с применением ультразвуковой и гидродинамической кавитации, алгоритмы управления и мониторинга, опыт внедрения инновационных схем организации потоков сырья. Иллюстрированы схемы и внешний вид оборудования, приведён обзор эксплуатационных режимов, а также анализа эффектов обеззараживания, экологической и энергетической эффективности. Системно представлены ключевые современные источники.

Ключевые слова: биотехнология, биогазовая установка, подготовка сырья, кавитация, автоматизация, ПЛК, контроль качества, энергоэффективность, переработка отходов, фильтр, очистка, биогаз, метан, топливо

## **INTENSIVE RAW MATERIAL PREPARATION USING ULTRASONIC AND HYDRODYNAMIC CAVITATION**

*Postgraduate student R.I. Khasanov  
(FSBEI HE Kazan SAU, Kazan, Russia)*

Abstract. The article provides a comprehensive analysis of modern engineering solutions and methods for organizing the supply and preparation of manure for biogas plants. Data are presented on the structure and functionality of the main technological units, as well as on automation of the process cycle using PLCs and intelligent sensors. The issues of intensive raw material preparation using ultrasonic and hydrodynamic cavitation are considered, along with control and monitoring

algorithms and the experience of implementing innovative substrate flow organization schemes. The article illustrates flow diagrams and equipment appearance, provides an overview of operating modes, and analyzes disinfection effects, as well as environmental and energy efficiency. Key contemporary sources are systematically presented.

Keywords: biotechnology, biogas plant, manure, substrate preparation, cavitation, automation, PLC, quality control, energy efficiency, waste processing, filter, purification, biogas, methane, fuel

### Введение

Современное сельское хозяйство все больше сталкивается с проблемой рационального использования и утилизации органических отходов. Комплексы биогазовых установок являются эффективным решением: перерабатывают отходы животноводства в топливо и высококачественные органические удобрения. Ключевой этап эффективности всего процесса – тщательная подготовка и строго регламентированная подача навоза. Автоматизация и тщательная подготовка сырья – одни из основных задач последних лет, которые решаются ведущими отечественными и зарубежными специалистами [1].

### Литературный обзор и история развития вопроса

Первые биогазовые установки были внедрены в странах Европы еще в двадцатом веке. В России и СНГ развитие биогазовых технологий началось в начале 2000-х годов. Современные тенденции – внедрение новых методов деструкции органического материала, снижение энергозатрат на этапах подготовки, гигиенизация сырья на основе инноваций в кавитационной обработке. В последние годы особое внимание уделяется интеграции цифровых технологий, интеллектуальных систем контроля и дистанционному мониторингу.

Система начинается с бункера-накопителя (рисунок 1), снабжённого мешалками и ресиверными клапанами. Оборудование обеспечивает гомогенизацию массы, исключает образование застойных зон, работает с сырьем различной фазы и влажности. Подача организована с учётом регулирования объёма и кратности.

#### *Тепловой блок*

Оптимальная температура обеспечивает интенсивное развитие микроорганизмов-метанобразователей. Предусмотрены системы водяного подогрева с программируемым регулированием температуры, автоматическими клапанами безопасности и аварийными термостатами [2].

#### *Кавитационная и гидродинамическая обработка*

Уникальность современных российских биогазовых комплексов — многоступенчатая активация органического субстрата ультразвуковой и гидродинамической кавитацией. Такие схемы доказали свою высокую эффективность как на экспериментальных объектах, так и в серийных установках. Многоуровневая обработка обеспечивает деградацию

сложноразлагаемых полисахаридов, гигиенизацию, увеличение выхода биогаза до 45% относительно традиционных решений.

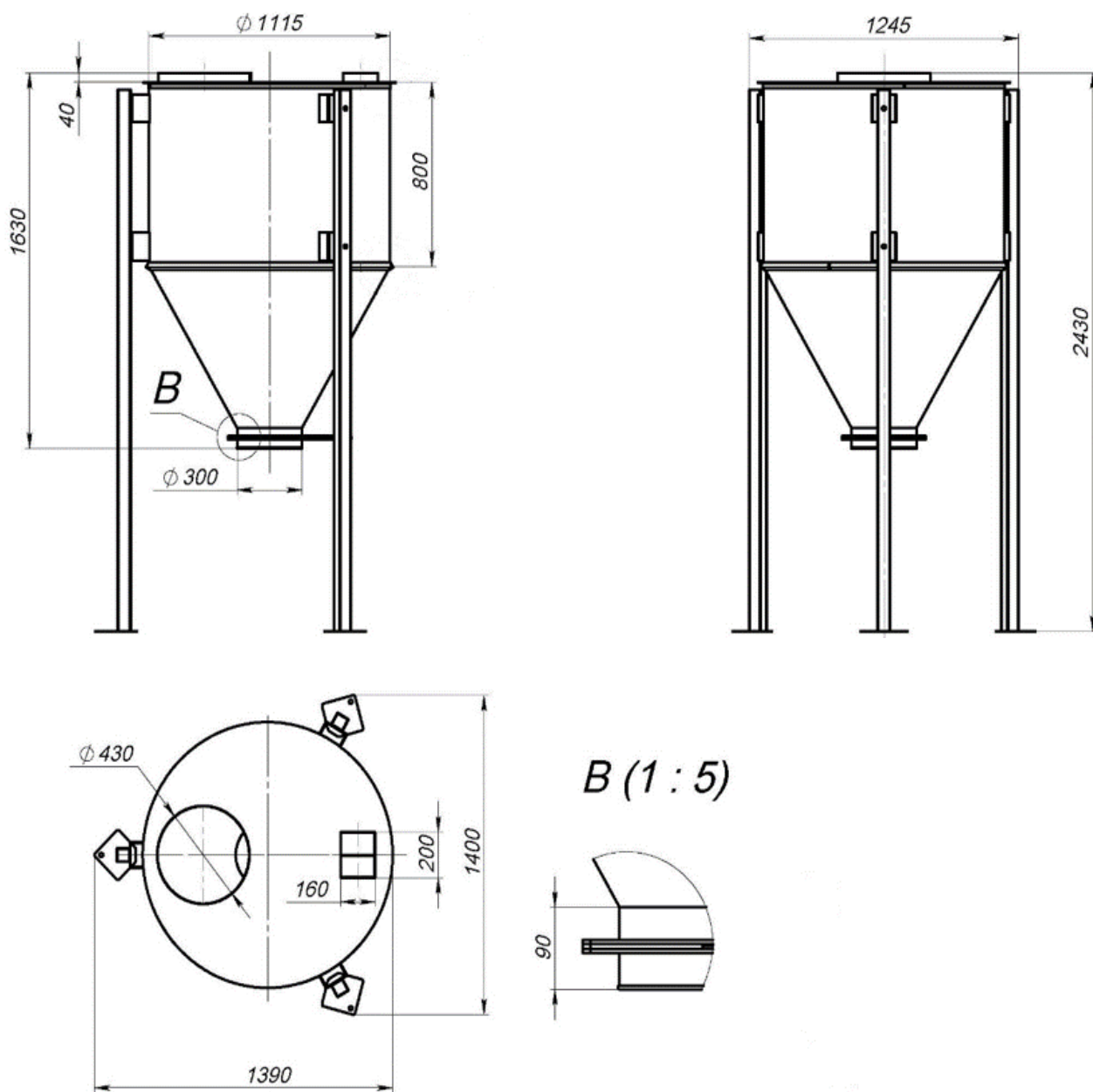


Рисунок 1 – Бункер-накопитель

#### Система датчиков и контроль качества

Комплекс интегрированных датчиков обеспечивает:

- контроль температуры (точность  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ );
- контроль уровня (по гидростатическому или ультразвуковому принципу);
- мониторинг pH, Redox-потенциала (на этапах смешения и подачи);
- комплекс химических анализаторов ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ , общее содержание сухих веществ) с передачей данных в ПЛК;
- данные собираются и обрабатываются в единой SCADA-системе с возможностью удалённого доступа.

### *Автоматизация и алгоритмы управления ПЛК*

Центральное звено линии - программируемый логический контроллер (ПЛК). ПЛК реализует автоматические сценарии по циклам загрузки, подогрева, смешивания, активации кавитационных модулей и транспортировке массы в газгольдер. Встроенные средства защиты позволяют минимизировать человеческий фактор, оптимизировать расход энергоресурсов, предотвратить нештатные ситуации, снизить вероятность остановок оборудования [4].

### *Комплексные результаты и эффективность решений*

За счет автоматизации и кавитационной подготовки удаётся сократить полный цикл ферментации с 180 суток до 10–15. Многоступенчатая активация органического сырья ультразвуковой и гидродинамической кавитацией обеспечивает деградацию сложноразлагаемых полисахаридов, гигиенизацию и увеличивает выход биогаза до 45% по сравнению с традиционными методами [5].

Автоматизация с применением ПЛК и интеллектуальных датчиков (температура, уровень, рН, химический состав) позволяет оптимизировать циклы загрузки, подогрева, смешивания, активации, и транспортировки субстрата, минимизировать человеческий фактор и нештатные ситуации. Эти меры в совокупности значительно сокращают время ферментации

Экспериментальные данные ряда российских и зарубежных хозяйств (Татарстан, Московская область, Беларусь) подтверждают повышение энергетической отдачи на 25–45% и достижение санитарной безопасности удобрений (патогены <1 КОЕ/г) [6].

Опыт эксплуатации биогазовых станций малой и средней мощности с участием российских разработчиков свидетельствует о высокой экономической отдаче инвестиций и положительном влиянии на микроклимат сельскохозяйственных предприятий.

### *Экологические, экономические и социальные аспекты*

Утилизация навоза через биогазовый комплекс позволяет не только существенно экономить на традиционных источниках энергии и минеральных удобрениях, но и предотвращает загрязнение почв и вод. Производимые дигестаты используются в качестве экологически чистого органического удобрения, способного замещать до 65% минерального азота в севообороте. Немаловажно и социальное значение внедрения — создание новых рабочих мест, обучение персонала, интеграция цифровых и инженерных компетенций на селе [7].

### *Перспективы развития и новые направления*

Перспективные направления развития:

- внедрение искусственного интеллекта для предиктивного обслуживания и оптимизации алгоритмов ПЛК-комплексов;
- биотехнологии смешенного сырья (кукурузный силос, птичий помет, свиной навоз и др.);
- создание мобильных и модульных биогазовых установок малой мощности для фермерских хозяйств;

- развитие «замкнутых циклов» на агропредприятиях с повторным использованием водных и энергетических ресурсов.

### **Вывод**

Система подачи навоза в современных биогазовых установках – это технологически сложный, интегрированный комплекс, сочетающий механизированные, тепловые, физико-химические, аналитические и программные решения. Опыт и научные разработки ведущих специалистов подтверждают эффективность многоступенчатой автоматизации, модульной технологии подготовки сырья и динамического управления всеми этапами процесса, что обеспечивает комплексную экологическую, энергетическую и экономическую отдачу.

### **Список источников**

1. Зиганшин Б.Г., Гайфуллин И.Х. Эффективность биогазовых технологий // Материалы международной научно-практической конференции. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2016. С. 57–60.
2. Гайфуллин И.Х., Зиганшин Б.Г. Влияние температуры на нагрев субстрата // Материалы VIII международной научно-практической конференции. USA: North Charleston, 2016. С. 82–86.
3. Кашапов И.И., Зиганшин Б.Г. Обзор существующих технологий энергосбережения // V Global Science and Innovation, Чикаго, 2015. С. 348.
4. Фиапшев Б.А., Исследование тепловых процессов в биогазовой установке // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2024. №4(46). С. 120–126.
5. Хафизов И.Ф. Кавитационно-вихревые аппараты для процессов подготовки нефти, газа и продуктов их переработки : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 2016. 48 с.
6. Павлов К.В., Гавриш В.И., Ниценко В.С. Биогазовые комплексы: анализ их использования в различных регионах и странах мира // Экономика и финансы. 2015. № 9. С. 41–58.
7. Использование куриного помета в органическом земледелии / Сибагатуллин Ф.С., Ганиев А.С., Халиуллина З.М., Гайфуллин И.Х. // Агрехимический вестник. 2023. № 3. С. 50–53.

**К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ МАШИНЫ  
ДЛЯ ПРЕДПОСАДОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ  
В ПОЛЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА**

*Д.т.н., профессор В.В. Шмигель; аспирант И.М. Кузнецов  
(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)*

Аннотация. В статье рассматриваются методы электростимуляции картофеля для повышения урожайности и качества. Анализируются существующие технологии и описана разработка новой установки с улучшенной подачей клубней и безопасным воздействием электрического поля.

Ключевые слова: картофель, электростимуляция, импульсное электрическое поле, ИНЭП, PEF, урожайность, экологичность

**ON THE DEVELOPMENT OF A MACHINE  
FOR PRE-PLANTING TREATMENT OF POTATO TUBERS  
IN A CORONA DISCHARGE FIELD**

*Doctor of Technical Sciences, Professor V.V. Shmigel;  
Postgraduate student I.M. Kuznetsov  
(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)*

Abstract. The article discusses methods of electrostimulation of potatoes to increase yield and quality. Existing technologies are analyzed and the development of a new installation with improved tuber feeding and safe electric field exposure is described.

Keywords: potato, electrical stimulation, pulsed electric field, INEP, PEF, yield, environmental friendliness

**Введение**

Картофель в народе называют «вторым хлебом», и он является одной из ключевых культур мирового сельского хозяйства, требующей эффективных технологий для повышения урожайности и устойчивости к неблагоприятным факторам. Картофель – источник незаменимых пищевых и физиологически активных веществ таких как витамины (из жирорастворимых витаминов в картофеле присутствуют бета-каротин, Е и К; из водорастворимых – витамины С, В1, В2, В3 (РР), В4, В5, В6 и В9) [1], макро-, микроэлементы (калий, фосфор, магний, железо), аминокислоты (серин, теронин, цистин, лейцин, глицин, аланин, тирозин), углеводы и многие другие [1, 2, 3]. Для повышения урожайности и качества используются различные методы стимуляции, включая электрическую обработку. Электрическое поле вызывает возбуждение клеток, приводя к биохимическим изменениям: поляризации молекул, образованию перекисей и активации ферментов. Это позволяет реализовать генетический

потенциал растения без химикатов, загрязняющих окружающую среду и продукцию.

Электрическая стимуляция безопасна для экологии и здоровья, в отличие от пестицидов и гербицидов. Она повышает устойчивость к болезням, улучшает всхожесть и увеличивает урожай на 8,7–58%.

### **Принципы воздействия электрического поля**

Электрическая обработка вызывает первичные изменения: раздражение клеток, поляризацию и химические реакции (образование озона, окиси азота). Вторичные эффекты включают активацию физиологических процессов, изменение ферментативной активности и стимуляцию роста. В клубнях картофеля, состоящих из диэлектрической кожуры и полупроводниковой паренхимы, поле перераспределяется, ориентируя полярные молекулы и влияя на прорастание.

Процесс делится на три стадии: возбуждение, физиологические реакции и морфологические изменения [4]. Электричество повышает эффективность агротехнологий, позволяя выращивать растения в контролируемых условиях без химии.

Одна из технологий стимуляции – импульсное низкочастотное электрическое поле (ИНЭП), разработанное ВНИИФ. Технология проста, экономична и экологична, позволяет обрабатывать большие объемы. Эксперименты показали повышение устойчивости к фитофторозу, снижение больших клубней и прибавку урожая до 14,4 т/га. Технология испытана в России и Канаде, с средней прибавкой 6 т/га [5].

Другая технология – импульсное электрическое поле (PEF) – основана на электропорации. Короткие импульсы высокого напряжения образуют поры в мембранах, не повреждая витамины и минералы. Это смягчает ткань, улучшает резку и массоперенос в пищевой промышленности, но также применяется для предпосадочной обработки.

Электромагнитная обработка активизирует ферменты, повышает устойчивость к стрессам и болезням, увеличивает содержание крахмала на 3–4% и снижает нитраты на 6%. Низкочастотное поле безопасно, не вызывает мутаций.

### **Машины для электростимуляции**

Для улучшения предпосадочной подготовки В.Н. Шмигель и В.Г. Григорьев предложили электроклубнеобрабатывающие машины для сортировки и предпосевной обработки в электрическом поле. На рисунке 1 показаны схемы предложенных ими машин.

а) КМ-ТБ: Электроклубнеобрабатывающая машина транспортерно-бортового типа (рисунок 1а). Содержит осадительный электрод в виде металлизированной транспортерной ленты с электроприводом, обортовкой, загрузочным и выгрузным бункерами, потенциальный электрод из диэлектрической пластины с коронирующими струнами и обручем для подключения высокого напряжения [6].

б) ЭКМ-Б: Электроклубнеобрабатывающая машина барабанного типа (рисунок 1 б). Состоит из загрузочного и выгрузного устройств, подающего транспортера, потенциального электрода в виде барабана с иглами и съемником клубней (диэлектрической пластиной с выступами), осадительного электрода в виде пластины [7].

Несмотря на свою полезность, данные устройства имеют недостатки: КМ-ТБ неспособна обеспечить равномерную обработку всех клубней картофеля в электрическом поле, поскольку размеры клубней различны, а ростки разной длины. Кроме того, клубни могут находиться на транспортёрной ленте в двух или более рядах. Неравномерное распределение клубней приводит к рассеянию энергии электрического поля коронного разряда в свободное пространство, поэтому происходит высокий расход электроэнергии в холостую.

ЭКМ-Б имеет следующие отрицательные стороны. Во-первых, у данной машины сложная конструкция, что ведет к дополнительным изготовительным затратам. Следующий аспект, на который следует обратить внимание, – клубни подаются неравномерно к зоне игл, и, вследствие неравномерного накалывания, картофель может не закрепиться на электроде игле и разрушиться при проворачивании барабана.

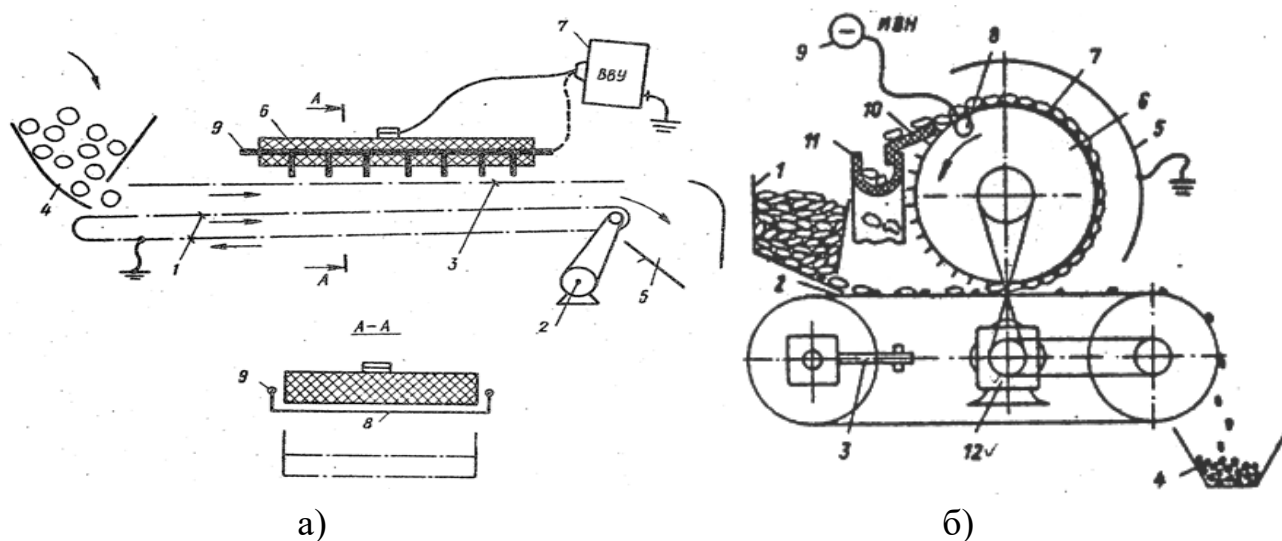


Рисунок 1 – Изобретения В.Н. Шмигеля и В.Г. Григорьева

Также существует другая установка, разработанная Николаем Николаевичем Кучумовым и его коллегами – устройство для обеззараживания и стимуляции посадочного картофеля (рисунок 2). Содержит диэлектрическую емкость со слоем картофеля между электродами, подключенными к источнику высокого напряжения с коронатором и заземлением. Пропускает ток 2–3 мин с переключением полярности для устранения инфекций [8].

Недостатком данного устройства является невысокая производительность, что может привести к снижению объема простимулированных клубней, а также пробой межэлектродного пространства из-за возможного попадания влажных клубней. Пробои опасны, так как они

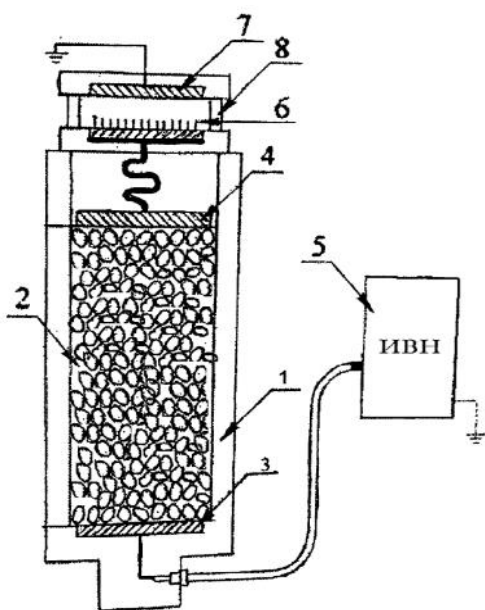


Рисунок 2 – Устройство для обеззараживания и стимуляции посадочного картофеля

будет иметь отрицательный заряд. Тем самым обеспечивая более тщательную обработку клубней, и получении высокого урожая по сравнению с прототипом.

Стимуляция происходит следующим образом. При введении игольчатого электрода в тело клубня картофеля поступает концентрированное поле коронного разряда и оно вызывает во всем объеме клубня ориентацию полярных молекул веществ, входящих в протоплазму клеток, что отражается на ускорении протекания биохимических процессов в клубне, а именно: роста, развития, регенерации и интенсивности фотосинтеза [7].

Также стоит отметить, что производительность стимуляции клубней составит 6 тонн в час.

могут привести к серьёзным последствиям, включая выход устройства из строя и сбои в работе аппаратуры.

### Разработка

Исходя из анализа существующих способов стимуляции клубней картофеля, выявили, что устройство ЭКМ-Б является прототипом для будущего изобретения. В стенах лаборатории кафедры электрификации ФГБОУ ВО ЯрГАУ разработана следующая установка, которая имеет положительные стороны по сравнению с образцом (рисунок 3). А именно, для стимуляции появляется возможность подать на изогнутый электрод, выполненный в виде пластины, выпрямленное напряжение, с положительным потенциалом, в 70 кВ. Барабан с иглами при этом заземлен и он



Рисунок 3 – Разработанная машина для предпосадочной обработки клубней картофеля в поле коронного разряда на кафедре электрификации

## Выводы

Электрическое поле – перспективный метод стимуляции картофеля, повышающий урожайность и экологичность. Технологии ИНЭП и РЕФ доказали эффективность в экспериментах. Развитие машин, таких как ЭКМ-Б, позволит внедрить в сельскохозяйственные производства удобную, эффективную и экономичную электротехнологию по электростимуляции картофеля за счет электрического поля.

### Список источников

1. FitAudit. – URL: <https://fitaudit.ru/food/121505> (дата обращения: 27.09.2025).
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations – URL: <https://www.fao.org/4/i0500r/i0500r02.pdf> (дата обращения: 27.09.2025).
3. Орлов А.Н., Володькин А.А. Аминокислотный состав клубней картофеля в зависимости от применения регуляторов роста // Достижения науки и техники АПК. 2008. №1. С. 32–34.
4. Блок электрика. – URL: <https://tok.prprel.ru/vliyaniye-elektricheskogo-toka-rasteniya/> (дата обращения: 30.09.2025).
5. Стацюк Н.В. Влияние предпосадочной обработки клубней импульсным низкочастотным электрическим полем на развитие растений картофеля // Вестник ОрелГАУ. 2015. №4. С. 93–98.
6. Пантеон патентов. – URL: <https://patenton.ru/patent/SU656571A1?ysclid=mgwamggz54758607643> (дата обращения: 30.09.2025).
7. Авторское свидетельство № 1134127 А1 СССР, МПК А01С 1/00. Машина для предпосадочной обработки клубней картофеля в электрическом поле : № 3636651 : заявл. 25.08.1983 : опубл. 15.01.1985 / В. Н. Шмигель, В. Г. Григорьев; заявитель Ижевский сельскохозяйственный институт. – EDN АОСОНУ.
8. Google patents. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2494604C1/ru> (дата обращения: 30.09.2025).

УДК63.635-133

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПРЫСКИВАНИЯ РАСТЕНИЙ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ

*Д.т.н., профессор М.М. Юрков; аспирант Ш.Н. Гусейнов  
(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)*

Аннотация. В статье рассматриваются современные технологии применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве. Представлен анализ технических характеристик агродронов, принципов работы и экономической эффективности. Исследованы параметры оптимального применения технологии, перспективы развития и требования к эксплуатации. Приведены результаты полевых испытаний на примере озимой пшеницы.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, агродроны, опрыскивание растений, ультра малообъемное внесение удобрений, сельскохозяйственная техника, цифровизация

## **MODERN TECHNOLOGIES OF PLANT SPRAYING DURING THE VEGETATION PERIOD**

*Doctor of Technical Sciences, Professor M.M. Yurkov;  
Postgraduate student Sh.N. Guseinov  
(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)*

**Abstract.** The article discusses modern technologies of using unmanned aerial vehicles in agriculture. The analysis of technical characteristics of agro-drones, principles of operation and economic efficiency is presented. The parameters of optimal application of technology, development prospects, and operational requirements have been studied. The results of field tests using winter wheat as an example are presented.

**Keywords:** unmanned aerial vehicles, agro-drones, plant spraying, ultra-small-volume application, agricultural machinery, digitalization

### **Введение**

В контексте глобальной продовольственной безопасности и устойчивого развития сельского хозяйства особую актуальность приобретает оптимизация агротехнологических приёмов, направленных на повышение продуктивности агроэкосистем при минимизации антропогенной нагрузки. Одним из перспективных направлений является применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для точечного внесения агрохимикатов в период вегетации сельскохозяйственных культур.

### **Технологические основы беспилотного опрыскивания**

Современные агродроны представляют собой сложные технические системы, включающие платформенную основу с грузоподъёмностью от 5 до 40 килограммов. Система распыления состоит из резервуара, насоса высокого давления, форсунок и распределительных трубок. Навигационный комплекс базируется на системах GPS/ГЛОНАСС с точностью позиционирования до 2,5 сантиметров. Сенсорный блок оснащён лидарами, ультразвуковыми датчиками и камерами технического зрения. Бортовой компьютер управляет автоматическим планированием маршрута и контролем параметров опрыскивания.

Принцип работы основан на ультрамалообъёмном опрыскивании, которое обеспечивает формирование монодисперсных капель диаметром 50–150 микрометров. Турбулентные потоки, создаваемые винтами дрона, обеспечивают равномерное покрытие листовой поверхности. Оптимизация соотношения диаметра капель и скорости ветра минимизирует снос препарата [3].

Таблица 1 – Сравнительная эффективность методов опрыскивания

Показатель	Наземный опрыскиватель	Авиаобработка	БПЛА
Расход рабочей жидкости, л/га	200–300	50–100	5–10
Производительность, га/ч	15–25	50–100	8–16
Уплотнение почвы	Высокое	Отсутствует	Отсутствует
Точность обработки	Средняя	Низкая	Высокая
Стоимость обработки, руб./га	800–1200	600–900	400–700

### Экономическая эффективность

Сравнительный анализ применения БПЛА демонстрирует существенные преимущества перед традиционными методами опрыскивания. Рассмотрим ключевые показатели на примере обработки площади 100 га. Снижение расхода пестицидов на 30–50 % достигается благодаря точечному внесению препарата только в зоны поражения, минимизации перекрытия проходов (20–30 % против 50–70 % у наземной техники) и отсутствию пропусков и двойных обработок. Сокращение вымывания активных веществ до 3–5 % (против 15–20 % при наземном опрыскивании) обусловлено оптимальным размером капель, которые не скатываются с листьев, равномерным распределением раствора по листовой поверхности и возможностью обработки в утренние или вечерние часы при низкой испаряемости.

Экономия топлива в 16–60 раз (0,2–0,5 л/га против 8–12 л/га) объясняется отсутствием необходимости в тяжелой технике, высокой скоростью обработки (8–16 га/ч одним дроном) и минимальным временем на переезды между полями.

Снижение трудозатрат в 3–6 раз (0,1–0,2 чел.-ч/га против 0,4–0,6 чел.-ч/га) связано с автоматизацией процессов (один оператор управляет 2–3 дронами), сокращением времени на подготовку и заправку, а также отсутствием необходимости в дополнительном персонале для контроля качества обработки.

Минимизация потерь урожая (с 2–4 % до < 0,1 %) достигается за счёт отсутствия механического повреждения растений, сокращения периода ожидания до сбора урожая на 2–4 дня и своевременного реагирования на очаги болезней.

### Параметры эффективного применения

Для достижения максимальной эффективности опрыскивания с помощью БПЛА необходимо соблюдать комплекс параметров. Высота полёта (1,5–3 м над посевами) имеет принципиальное значение: при высоте ниже 1,5 м возрастает риск столкновения с растительностью, а при высоте выше 3 м увеличивается снос капель ветром и снижается точность внесения.

Скорость движения (4–8 м/с) также требует строгого контроля: при скорости менее 4 м/с возникает избыточное накопление препарата на отдельных участках, а при скорости более 8 м/с наблюдается недостаточное покрытие и пропуски.

Перекрытие проходов (20–30 %) обеспечивает равномерность обработки без перерасхода препарата и компенсирует возможные отклонения от маршрута.

Температурный режим (+12...+25 °С) влияет на эффективность следующим образом: при температуре ниже +12 °С замедляется поглощение препаратов растениями, а при температуре выше +25 °С усиливается испарение и снижается эффективность.

Влажность воздуха (60–80 %) также критична: при влажности ниже 60 % ускоряется высыхание капель и снижается проникновение, а при влажности выше 80 % возникает риск стекания препарата с листьев.

Скорость ветра (< 3 м/с) — ещё один ключевой параметр: при ветре более 3 м/с происходит значительный снос капель и неравномерное распределение, а в условиях штиля (0 м/с) возможен риск образования застойных зон [1].

### **Перспективы развития технологии**

Развитие технологий опрыскивания с применением БПЛА идёт по двум ключевым направлениям: автоматизация процессов с внедрением искусственного интеллекта и совершенствование аппаратной части дронов [2].

В сфере автоматизации и искусственного интеллекта активно разрабатываются: системы компьютерного зрения на основе свёрточных нейронных сетей (CNN), способные идентифицировать болезни и вредителей с точностью свыше 95 %, определять степень поражения посевов и автоматически выделять зоны для точечной обработки; алгоритмы маршрутизации, учитывающие микрзоны урожайности (по данным NDVI), рельеф и уклоны местности, расположение препятствий (ЛЭП, деревья, постройки) и метеоусловия в реальном времени; облачные платформы для управления флотилиями дронов, обеспечивающие централизованный мониторинг всех аппаратов, синхронизацию маршрутов и дозаправки, а также анализ эффективности обработки в режиме онлайн.

Совершенствование аппаратной части сосредоточено на следующих направлениях: увеличение ёмкости аккумуляторов (свыше 10 кВт·ч) для продления времени полёта до 40–60 минут и сокращения перерывов на перезарядку; разработка форсунок с регулируемым размером капель (50–300 мкм) для адаптации к различным препаратам и культурам, а также оптимизации расхода в зависимости от метеоусловий; интеграция гиперспектральных камер (диапазон 400–1000 нм) для ранней диагностики стрессовых состояний растений, выявления дефицита питательных веществ и оценки эффективности обработок; внедрение систем машинного обучения для прогнозирования оптимальных сроков обработки, адаптивного изменения параметров опрыскивания и самообучения на основе накопленных данных [4].

## Выводы

Проведенное исследование убедительно демонстрирует, что использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве является революционным решением, способным кардинально изменить подход к обработке полей. Технология доказала свою эффективность как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Главным достижением стало подтверждение возможности существенной оптимизации расходов при сохранении высокой эффективности обработки. Экономический эффект достигает 16 800 рублей с гектара благодаря снижению затрат на пестициды на 30-50%, сокращению расхода топлива в 16-60 раз и уменьшению трудозатрат в 3-6 раз.

Важным преимуществом является значительное повышение точности внесения препаратов при полном отсутствии уплотнения почвы. Практические испытания на озимой пшенице показали урожайность 6,3 тонны с гектара при биологической эффективности 92%.

Перспективность технологии подтверждается активным развитием направления: внедрением искусственного интеллекта, совершенствованием технологических характеристик и интеграцией с системами точного земледелия. Прогнозируется, что в ближайшие годы доля беспилотных опрыскивания достигнет 25-30% от общего объема агрохимических работ.

Таким образом, технология беспилотного опрыскивания полностью готова к масштабному внедрению и способна стать ключевым элементом современного сельскохозяйственного производства, обеспечивая повышение эффективности при минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

## Список источников

1. Минсельхоз РФ. Методические рекомендации по использованию БАС в растениеводстве. 2024.
2. Воронков И. Рынок агробеспилотников: тенденции и перспективы // Агробизнес. 2023. № 4. С. 45–52.
3. Желонкин И. Ультрамалообъемное опрыскивание: преимущества и ограничения // Сельхозтехника. 2022. № 3. С. 28–35.
4. Васюков Д. Цифровые технологии в АПК: новые горизонты // Агроинновации. 2023. № 2. С. 12–20.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ

*Д.т.н., профессор М.М. Юрков; к.т.н., доцент Е.В. Шешунова  
(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)*

Аннотация. Предложена оценка средств контроля качества механизированных работ в полеводстве, определена структурная схема и состав системы средств.

Ключевые слова: качество, средства контроля, механизированные работы, оценка, факторы качества, обобщающий показатель

## QUALITY ASSESSMENT IN THE DESIGN OF MECHANIZED WORK

*Doctor of Technical Sciences M.M. Yurkov;  
Candidate of Technical Sciences, Docent E.V. Sheshunova  
(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)*

Abstract. The article proposes an assessment of the quality control tools for mechanized fieldwork, and defines the structure and composition of the system of tools.

Keywords: Quality, control tools, mechanized work, assessment, quality factors, summary indicator

Руководители хозяйств, специалисты (инженер, агроном) контролируют полевые механизированные работы в основном без каких-либо средств измерения и без документации, то есть «на глазок» [1]. Нет действенного контроля составляющих механизированного процесса. Часто остаются бесконтрольными механизатор, МТА, обработанное поле.

Отсутствие должного контроля даже в хозяйствах, в которых имеется все необходимое для выращивания высоких урожаев, ведет к потерям и снижению урожайности.

### Методика

Простое присутствие специалистов, без проведения контролирующих измерений и ведения документации пользы не приносит, не выявляются недостатки механизированного процесса, и они не устраняются оперативно, нарушаются агротехнические требования. Такое управление полевыми работами не допустимо. Сеялки имели неправильную расстановку сошников на заданную ширину междурядий, высев отдельными высевающими аппаратами значительно различается. Имелись и другие недостатки. На других технологических операциях также имелись проблемы. В результате урожайность яровой пшеницы на этом поле составила всего лишь 12 ц/га с

площади около 300 гектар, когда, для сравнения, озимая 210 пшеница дала в этом хозяйстве более 40 ц/га. Можно было достичь урожайности яровой пшеницы на этом поле и более 20 ц/га, если бы был налажен контроль работ и эффективное управление. Вот где огромные экономические потери. В хозяйствах у специалистов нет практически никаких средств контроля, нет четких, полных инструкций с перечнем требований для контроля, нет документации. А всю нужную информацию запомнить специалист и не может, да и не следует в век компьютеров. В учебных заведениях будущих специалистов не обучают контролю всех элементов механизированного процесса, для обучения нет ни учебников по этой теме, ни системы средств контроля. А нужны ли измерения специалистам? Если нет измерений, нет объективных данных, нет объективной картины, если вы ничего не измеряете, то никакого опыта не накапливаете. Измерения - это неотъемлемая часть всякого производства [2]. Так вот, если бы люди вдруг лишились средств измерения, на производстве начался бы хаос. Измерения в конечном итоге есть одно из необходимых условий нормального хода всей нашей жизни. Ведь на долю измерений, регулирования, настройки, испытаний и контроля процессов и изделий приходится более десяти процентов общественного труда в таких отраслях промышленности, как радиоэлектроника, приборостроение, вычислительная техника, на выполнение этих операций расходуется почти половина всех трудовых затрат [3]. А в сельском хозяйстве практически нет достойного контроля. И не умеют – не обучили, и нечем проверять, а иногда и не хотят.

### **Результаты**

Основная задача контроля качества – не допустить появления брака. Поэтому в ходе контроля проводится постоянный анализ заданных отклонений параметров элементов процесса от установленных требований. В том случае, если параметры процесса не соответствуют заданным показателям качества, система контроля качества поможет специалистам оперативно выявить наиболее вероятные причины несоответствия и устранить их [4]. В сельском хозяйстве, даже если специалисты иногда и применяют линейку, шнур, рамку, то уровень такого контроля не отвечает требованиям современного производства. Наряду с оснащением хозяйств тракторами и сельхозмашинами, необходимо обеспечить их и соответствующими техническими средствами контроля качества механизированных работ, эффективными, надежными, простыми в эксплуатации, документацией, обучить специалистов. Необходима комплексная система средств контроля качества механизированных работ. Разработана принципиальная структурная схема системы средств контроля качества механизированных работ в полеводстве, которая включает группы технических средств для контроля окружающей среды, оператора, предмета труда, средств труда, продукта труда. Разработанная система технических средств контроля качества механизированных работ в полеводстве реализована практически. Изготовлены, например, комплекты приборов, оборудования, инструмента и приспособлений для контроля сельхозмашин; для почвы; для

зерна; для разбивки поля на загоны, для контроля продукта механизированных работ, для контроля окружающей среды.

Качество механизированных работ при севе с.-х. культур определяет урожайность. Определяется линейкой (глубиной заделки семян, частотой и междурядьем) непосредственно после прохода сеялки. Оператор посевного агрегата при севе не имеет информации. При проектировании показателям качества также не уделяется внимания и не рассматриваются факторы его определяющие. Все это не прибавляет в качестве работ.

Качество механизированных работ при севе с.-х. культур определяет урожайность. Определяется линейкой (глубиной заделки семян, частотой и междурядьем) непосредственно после прохода сеялки. Оператор посевного агрегата при севе не имеет информации.

Качество механизированных работ необходимо обеспечивать в процессе их проектирования. Заблаговременное оснащение оборудованием для текущего контроля качество позволит избежать потерь и повысить точность земледелия. С этой целью можно предложить методику оценки показателей качества. В таблице 1 приведены факторы качества, оценочные баллы, условия и средства контроля. Оценка может осуществляться субъективным и объективным способом. Результирующий показатель в процентах определяется по формуле [3].

Уровень качества механизированных работ

$$Z = \frac{1}{m \cdot n} \cdot \sum_{i=1}^{n=1} (m - F_i) \cdot 100\% = \frac{1}{9 \cdot 4} \cdot 21 \cdot 100 = 58,3 \%, (\text{НОРМА } 67\%)$$

где  $m$  – количество баллов оценки;  $n$  – количество факторов;  $F_i$  – текущее значение  $i$ -го фактора в баллах.

Таблица 1 – Оценка качества механизированных работ

Факторы	Нормально			Вредно			Опасно			Условия
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Почва							■			Влажность 25%, уклон 1%, без комков, плотность
Глубина					■					Линейка, электронный зонд
Строка					■					автомат, электронный зонд
Междурядье	■									Наличие маркера, вешки, ГЛОНАС

В комплектах использованы приборы и оборудование, выпускаемые промышленностью, а также собственной разработки и изготовления.

Средства контроля окружающей среды подразделяются на следующие виды: контроля метеорологической среды, производственной и технической. В технические средства контроля метеосреды входят: термометр, барометр, измерители скорости ветра, теплового излучения, освещенности, осадкомер, влагомер воздуха, газоанализатор, устройство определения запыленности

воздуха. Для контроля производственной среды дополнительно включены измерители шума, вибраций, ускорений, излучений.



Рисунок 1 – Классификационная схема комплексной системы средств контроля качества механизированных работ в полеводстве

При оценке технической среды определяют степень соответствия средств контроля и управления требованиям с точки зрения условий работы оператора. Для этого использованы устройства контроля обзорности, расположения средств контроля и управления, измерителя сил и количества воздействий при управлении. Средства контроля оператора применяются при оценке квалификации, физиологического, морально-психологического состояния и режимов его работы. В их число входят тренажно-опрашивающие устройства, приборы контроля физиологического состояния (температура тела,

артериального давления, частоты пульса и дыхания, скорости реакции оператора, частота и амплитуда дрожания рук, кистевое усилие, контроль состава выдыхаемого воздуха).

Режимы работы оператора контролируются с помощью устройств измерения частоты, количества, сил и энергии воздействия оператора на органы управления, тахографов – для непрерывной регистрации пройденного пути, скорости движения, а также времени работы и отдыха оператора.

Средства труда при выполнении механизированных работ в полеводстве – машинно-тракторные агрегаты контролируются по эксплуатационно-технологическому состоянию с использованием комплектов приборов, оборудования и инструмента [1].

Средства подразделяются на следующие группы:

1. Документация.
2. Регулировочные площадки.
3. Разметочные средства.
4. Приспособления.
5. Инструмент измерительный.
6. Устройства для настройки, приборы.

1. Документация включает в себя:

1.1. Инструкции по эксплуатации машин.

1.2. Карты (таблицы) нормативных эксплуатационно-технологических показателей и технических средств контроля состояния и настройки сельскохозяйственных машин, тракторов и комбайнов.

1.3. Справочные принадлежности.

1.4. Плакаты по устройству и регулировкам машин.

1.5. Бланки форм учетной документации для регистрации соответствия состояния настройки МТА требованиям.

1.6. Электронный вариант указанных документов в переносной ПЭВМ.

2. Регулировочные площадки для технологической настройки

3. Разметочные средства могут быть следующими:

3.1. Доски разметочные для расстановки сошников сеялок, лап культиваторов и др.

3.2. Трафареты (плиты контрольные) для расстановки рабочих органов: корпусов плугов, сошников сеялок, лап культиваторов и др.

3.3. Шаблоны для проверки формы, размеров лемехов, полевых досок, сошников, лап культиваторов, зубьев борон и др. Шаблоны (калибры) для контроля толщины лезвий рабочих органов.

4. Приспособления для технологической настройки МТА

4.1. Подкладки для установки рабочих органов на заданную глубину обработки (универсальный набор).

4.2. Подставки под машины при их настройке.

4.3. Шнур длиной 8...10 м.

4.4. Мешочки или коробочки для сбора семян (удобрений) из семяпроводов при настройке сеялок.

4.5. Брезент 5x10 м для сбора зерна при выявлении утечек из зерноуборочного комбайна.

4.6. Набор слесарных инструментов.

5. Измерительные инструменты:

5.1. Штангенциркуль.

5.2. Штангенглубиномер.

5.3. Линейки металлические 0,5 м и 1 м.

5.4. Рулетки 10 м и 50 м.

5.5. Угломер.

5.6. Уровень.

5.7. Отвес.

5.8. Угольник.

5.9. Щупы

5.10. Мерные емкости.

6. Устройства для технологической настройки МТА:

6.1. Для контроля настройки предохранительных муфт сельскохозяйственной техники [9, 10, 11].

6.2. Для измерения силы воздействия пружин на рабочие органы.

6.3. Для контроля натяжения цепей и ремней сельхозмашин.

6.4. Для прокручивания высевающих аппаратов сеялок.

6.5. Весы.

6.6. Ключ динамометрический.

6.7. Домкрат.

6.8. Манометр шинный.

6.9. Компрессор для накачивания шин или насос.

6.10. Тахометр.

6.11. Секундомер.

6.12. Динамометр.

6.13. Индикатор часового типа с зажимом.

6.14. Съёмник универсальный.

Режимы работы сельхозмашин контролируются с помощью устанавливаемых приборов контроля, как например, устройств для сеялок (сигнализация о забивании сошников, об остановке высевающих аппаратов, глубине хода рабочих органов), уборочных машин (указатели потерь зерна).

Средства контроля предметов труда при выполнении механизированных работ в полеводстве подразделяются на группы: для почвы, растений, снега, воды, поля, удобрений, зерна, плодов. Почва контролируется с помощью: твердомера, термометра почвенного липкомера, устройства для измерения удельного сопротивления почвы, измерителя объемного веса почвенного пласта, сита, влагомера почвы, прибора для определения коэффициента трения материалов.

Для разбивки поля на загоны при выполнении механизированных работ в систему технических средств включен набор устройств: эккер, угломер, эклиметр, путемер, двухметровка, вешки.

Для контроля зерна комплект содержит: термометр зерновой, набор лабораторных решет, измеритель объемного веса зерна, штатив с набором луп, измерители твердости зерна и сыпучести, прибор для определения аэродинамических характеристик.

При контроле растений необходимы: приборы для определения влажности, инструмент для определения размеров, устройство для определения удельной мощности резания, для зерновых культур - классификатор обмолачиваемости. Для валка дополнительно необходимы измерители веса валка, его прочности. Для удобрений: влагомер, приборы для определения сыпучести, объемного веса, липкости, сита. Обработанная почва контролируется с помощью бороздомера, линейки, рамки, угольника, шнура, рулетки, профиломера, сит. Качество сева определяется с использованием координатомера, линейки, рамки, шнура.

При контроле внесения удобрений применяются сборники из пленки, пластмассы. Измерения при уборке урожая выполняются линейками, рулетками, весами, установками повторного обмолота, рамками.

### **Выводы**

Система средств контроля качества механизированных работ позволяет вести поэлементный контроль составляющих механизированного процесса в полном объеме, что обеспечивает объективное определение показателей состояния и режимов работы элементов с целью их совершенствования для повышения качества механизированных работ. Управление механизированными работами должно быть на основе точного, своевременного контроля, с применением комплексной системы средств контроля. Только такое эффективное управление обеспечит повышение качества полевых работ для получения высоких урожаев и роста производительности труда в полеводстве.

### **Список источников**

1. Гаранин Г.В. Средства для технологического контроля и настройки МТА на качество и эффективность работы // Тракторы и сельхозмашины. 2009. №6. С. 54–55.
2. Организация и технология механизированных работ в растениеводстве / Н.И. Верещагин, А. Г. Левшин, А. Н. Скороходов. – М. : Академия, 2013. – 416 с.
3. Юрков М.М. Оценка уровня условий труда оператора машинно-тракторного агрегата. – Ярославль : ЯГСХА, 2003. – 190 с.
4. Организация и технология механизированных работ в растениеводстве: учеб. пособие для нач. проф. образования / Н. И. Верещагин, А. Г. Левшин, А. Н. Скороходов и др. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр "Академия", 2013. – 412 с.
5. Гаранин Г.В. Система технических средств контроля качества механизированных работ в полеводстве. Повышение энергетической и временной загрузки машинно-тракторного парка. Ульяновск: Ульяновский сельскохозяйственный институт, 1984. С. 117–121.
6. <http://www.tarantiko.ru/razvitie-nauki-i-tehniki>.
7. <http://www.mianie-system.org/>

8. <http://www.dist-cons.ru/modules/qualmanage/section3.html>
9. Гаранин Г.В. Методы настройки предохранительных муфт в эксплуатационных условиях // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1990. №5. С. 209–214.
10. Гаранин Г.В. Контроль настройки всех предохранительных муфт комбайна через передачи привода // Тракторы и сельхозмашины. 2009. №7. С. 52–53.
11. Гаранин Г.В. Контроль настройки предохранительных муфт зерноуборочного комбайна // Тракторы и сельхозмашины. 2011. №1. С. 52–53.

УДК 636.018

## **ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ АПК**

*Магистрант К.А. Юрченко  
(ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия)*

Аннотация. В статье подробно рассматриваются современные цифровые технологии, применяемые для контроля качества продукции агропромышленного комплекса (АПК). Проанализированы системы автоматизации, робототехника, ЕГАИС, CALS-технологии, ERP-системы и перспективы их развития с использованием искусственного интеллекта и больших данных. Особое внимание уделено роли цифровизации в повышении точности, прозрачности и эффективности контроля качества продукции, а также адаптации предприятий АПК к современным требованиям рынка и нормативам.

Ключевые слова: цифровые технологии, контроль качества, агропромышленный комплекс, автоматизация, ЕГАИС, CALS, робототехника, ERP-системы, искусственный интеллект

## **IMPLEMENTATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR QUALITY CONTROL OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX PRODUCTS**

*Undergraduate K.A. Yurchenko  
(Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russia)*

Abstract. The article provides a detailed analysis of modern digital technologies used for quality control of agro-industrial complex (AIC) products. Automation systems, robotics, Unified State Automated Information System (EGAIS), CALS-technologies, ERP systems, and prospects for development with artificial intelligence and big data applications are discussed. Particular attention is paid to the role of digitalization in improving accuracy, transparency, and efficiency of quality control, as well as the adaptation of AIC enterprises to modern market demands and regulations.

Keywords: digital technologies, quality control, agro-industrial complex, automation, EGAIS, CALS, robotics, ERP systems, artificial intelligence

### **Методика**

Агропромышленный комплекс Российской Федерации является одним из ключевых секторов экономики, обеспечивающим продовольственную безопасность и развитие сельских территорий. В современных условиях усиления конкуренции на внутреннем и внешних рынках, а также повышения требований к качеству продукции, цифровизация становится необходимым инструментом для повышения эффективности и прозрачности производства.

Цифровые технологии в АПК позволяют не только повысить качество и безопасность продукции, но и оптимизировать производственные процессы, минимизировать потери и риски, связанные с человеческим фактором. Использование автоматизированных систем контроля качества, робототехники, а также интеграция информационных систем обеспечивают оперативное принятие решений и полное отслеживание качества на всех этапах жизненного цикла продукции [8].

Особое значение приобретает интеграция таких систем с государственными платформами, например, ЕГАИС для контроля алкогольной продукции, что способствует усилению контроля и борьбе с фальсификацией. Внедрение CALS-технологий и ERP-систем обеспечивает комплексное управление всеми этапами производства с учетом требований к качеству и безопасности [1, 2].

### **Результаты**

Цифровые технологии включают совокупность методов и средств сбора, обработки и анализа данных с использованием информационных систем, автоматизированных контролирующих устройств и современных коммуникационных технологий. В АПК они применяются для мониторинга параметров почвы, состояния посевов, контроля за условиями хранения и транспортировки продукции, а также для анализа показателей качества готовой продукции.

Применение сенсорных технологий и Интернета вещей (IoT) позволяет в режиме реального времени получать информацию о температуре, влажности, составе газовой среды в помещениях для хранения кормов и продукции. Эти данные интегрируются в централизованные системы, что позволяет оперативно корректировать условия хранения и переработки [1].

Дальнейшее развитие получили технологии машинного обучения и искусственного интеллекта, которые на основе больших объемов данных прогнозируют изменения качества продукции и выявляют отклонения от норм. Это позволяет не только реагировать на проблемы, но и предотвращать их возникновение [3].

Автоматизированные системы контроля качества представляют собой комплексы программно-аппаратных средств, способных самостоятельно собирать и анализировать данные, а также формировать отчеты и

рекомендации. Например, автоматические линии для отбора проб и определения качества зерна, молока или мясной продукции значительно повышают точность и скорость анализа по сравнению с традиционными методами.

Кроме того, автоматизация снижает влияние субъективных факторов и человеческих ошибок, обеспечивает стандартизацию процедур контроля и улучшает учет качества на всех этапах производства [4].

Внедрение робототехники в агропромышленный комплекс охватывает как сельскохозяйственные работы, так и этапы переработки и упаковки продукции. Роботы оснащаются современными сенсорными системами, которые способны выявлять дефекты продукции, определять степень зрелости плодов, качество кормов и многое другое.

Примером могут служить автоматизированные линии сортировки овощей и фруктов с использованием камер высокого разрешения и алгоритмов компьютерного зрения. Такие системы способны проводить анализ цветности, размера, формы и других параметров, которые влияют на качество продукции [5].

Единая государственная автоматизированная информационная система (ЕГАИС) играет ключевую роль в контроле качества алкогольной продукции, производимой в агропромышленном комплексе. Система обеспечивает учет производства, оборота и реализации алкогольной продукции, что способствует повышению прозрачности рынка и снижению уровня фальсификата.

Внедрение ЕГАИС также позволяет интегрировать данные с другими системами контроля качества, что обеспечивает комплексный мониторинг и повышает уровень безопасности продукции [1, 6].

CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support) – технологии, направленные на информационную поддержку жизненного цикла продукции. В агропромышленном комплексе они используются для оптимизации процессов производства, контроля качества, логистики и маркетинга продукции.

Использование CALS-технологий позволяет сократить время от момента посева до реализации готовой продукции, повысить точность технологических процессов и обеспечить необходимую документацию для подтверждения качества [2, 3].

Цифровые платформы и ERP-системы интегрируют различные бизнес-процессы, включая производство, управление качеством, учет и логистику. В АПК это способствует единому информационному пространству, где данные о качестве продукции доступны всем заинтересованным сторонам в режиме реального времени.

Такой подход повышает уровень контроля, снижает издержки и обеспечивает быстрое реагирование на любые отклонения от заданных стандартов [4, 7].

В последние годы российские агрохолдинги и фермерские хозяйства активно внедряют цифровые решения. Например, использование дронов и спутникового мониторинга для оценки состояния посевов позволяет оперативно выявлять болезни и вредителей, корректировать агротехнологии и снижать потери урожая.

Другие компании внедряют системы автоматизированного учета кормов и контроля здоровья животных с помощью носимых датчиков и биометрических систем, что повышает продуктивность и качество продукции животноводства [1, 3, 5].

Дальнейшее развитие цифровых технологий в агропромышленном комплексе связано с интеграцией искусственного интеллекта, блокчейн-технологий и больших данных. AI позволит прогнозировать качество продукции с высокой точностью, блокчейн обеспечит прозрачность и защищенность данных, а аналитика больших данных оптимизирует производство.

Также ожидается развитие технологий умного фермерства, которые объединяют робототехнику, IoT и облачные сервисы, создавая высокоавтоматизированные, устойчивые к климатическим и экономическим вызовам агропредприятия [2, 7].

В таблице 1 приведены примеры цифровых технологий и их применение в АПК.

Таблица 1 – Цифровые технологии и их применение в АПК

Технология	Применение	Преимущества
Робототехника	Сортировка, упаковка, мониторинг	Высокая точность, автоматизация
ЕГАИС	Контроль алкогольной продукции	Борьба с контрафактом, прозрачность
CALS-технологии	Управление жизненным циклом	Непрерывная поддержка, эффективность
ERP-системы	Интеграция процессов	Повышение прозрачности и контроля
Искусственный интеллект	Прогнозирование качества и управление рисками	Высокая точность, своевременное реагирование

В таблице 2 представлен анализ влияния цифровизации на эффективность контроля качества.

Таблица 2 – Влияние цифровизации на эффективность контроля качества

Показатель	Традиционные методы	С цифровыми технологиями
Точность контроля (%)	75-85	95-99
Время обработки данных (часы)	4-6	0,5-1
Человеческий фактор	Высокий	Минимальный
Уровень прозрачности	Низкий	Высокий
Стоимость контроля	Высокая	Оптимизированная

## Выводы

Внедрение цифровых технологий в агропромышленном комплексе представляет собой ключевой вектор развития отрасли. Автоматизация и роботизация производства, интеграция информационных систем и платформ, а также применение современных методов анализа данных значительно повышают качество и безопасность продукции. Эти процессы способствуют адаптации российских предприятий к современным требованиям рынка, повышают конкурентоспособность и устойчивость к внешним вызовам.

Дальнейшее развитие цифровизации связано с активным внедрением искусственного интеллекта, блокчейна и аналитики больших данных, что создаст новые возможности для эффективного управления производством и контроля качества продукции в АПК.

## Список источников

1. Зинич Л.В., Асташова Е.А. и др. Модель внедрения цифровых технологий в деятельность предприятий агропромышленного комплекса // Вопросы инновационной экономики. 2025. № 1. С. 2–5.
2. Бартнева А.П., Радионова В. А. Цифровые технологии в агропромышленном комплексе и их стратегическое развитие до 2030 года // Главный агроном. – 2025. № 3. С. 5–6
3. Шуганов С. В. Современное состояние и перспективы повышения производства органической растениеводческой продукции в России на основе применения цифровых и умных технологий // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. С. 18–22.
4. Мударисов С.Г. Совершенствование конструкции, технологий и средств технического сервиса топливopодающих систем дизельных двигателей автомобилей, тракторов и мобильной техники // Научная деятельность. 2024. С. 8–12.
5. Семин А.Н. Адаптация сельхозтоваропроизводителей к рыночным условиям хозяйствования // Научная деятельность. 2024. С. 23–24.
6. Неговора А. В. Совершенствование конструкции, технологий и средств технического сервиса топливopодающих систем дизельных двигателей автомобилей, тракторов и мобильной техники // Научная деятельность. 2024. С. 6-9.
7. Безносков Г.А., Скворцов Е.А., Холманских М. В. Перспективы развития сельского хозяйства в контексте применения технологии «Блокчейн» // Московский экономический журнал. 2019. №8. С. 23–24.
8. Анисимова Е.В. Повышение качества и обеспечение безопасности сельскохозяйственной продукции сырья и основных видов продовольствия / Е.В. Анисимова, Е.Н. Юрченко // Университетская наука в решении задач национальной безопасности и технологического суверенитета: Материалы региональной (межвузовской) студенческой научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения С.И. Манякина, Омск, 2 ноября 2023 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2023. С. 195–201.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ В КОРМЛЕНИИ И УХОДЕ ЗА КРУПНЫМ РОГАТЫМ СКОТОМ**

*Магистрант К.А. Юрченко  
(ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия)*

Аннотация. Статья посвящена современным тенденциям внедрения роботизированных систем в молочном скотоводстве, с акцентом на кормление и уход за крупным рогатым скотом. Анализируются роботизированные доильные установки, системы мониторинга здоровья животных и автоматизированные кормовые комплексы. Рассматриваются исследования Омского государственного аграрного университета, а также экономическая эффективность роботизации, её влияние на продуктивность и качество молока. Приводятся примеры внедрения технологий в Омской области, а также прогнозы их развития с использованием искусственного интеллекта.

Ключевые слова: роботизированные системы, кормление, уход, крупный рогатый скот, автоматизация, Омский ГАУ, молочное животноводство, технологии, эффективность, искусственный интеллект

## **PROSPECTS OF ROBOTIC SYSTEMS APPLICATION IN FEEDING AND CARE OF CATTLE**

*Undergraduate K.A. Yurchenko  
(Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russia)*

Abstract. The article examines modern trends in the implementation of robotic systems in dairy farming, focusing on feeding and care of cattle. Robotic milking installations, animal health monitoring systems, and automated feeding complexes are analyzed. Research results from Omsk State Agrarian University are discussed, along with the economic efficiency of automation, its impact on productivity, and milk quality. Examples of implementation in the Omsk region are provided, and future perspectives using artificial intelligence are considered.

Keywords: robotic systems, feeding, care, cattle, automation, Omsk SAU, dairy farming, technologies, efficiency, artificial intelligence

### **Методика**

Современное молочное животноводство сталкивается с рядом вызовов: необходимость повышения продуктивности животных, улучшения условий содержания, снижения трудозатрат и оптимизации кормовых расходов. Традиционные методы ручного ухода и кормления все чаще оказываются недостаточно эффективными для обеспечения стабильной производительности.

Одним из ключевых решений является внедрение роботизированных систем, позволяющих автоматизировать процессы кормления, доения и мониторинга состояния животных. В условиях Омской области внедрение

таких технологий уже показало положительные результаты, включая повышение удоев, улучшение качества молока, снижение трудозатрат и увеличение рентабельности хозяйств. Особое значение имеют исследования Омского государственного аграрного университета, которые демонстрируют эффективность использования автоматизированных систем в местных климатических и экономических условиях [1].

### Результаты

Роботизированные доильные установки представляют собой комплекс оборудования, который автоматически управляет процессом доения, отслеживает состояние вымени и молочной продукции, а также хранит данные о каждом животном.

Преимущества роботизированных доильных установок:

- снижение потребности в ручном труде;
- повышение гигиеничности процесса доения;
- возможность индивидуального подхода к каждому животному;
- автоматизированный контроль над удоями и качеством молока.

Исследования ученых Омского ГАУ показывают, что использование РДУ позволяет увеличить удои на 10–15% и сократить затраты на трудозатраты до 50% [2]. Сравнение показателей молочной продуктивности при ручном и роботизированном доении приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение показателей молочной продуктивности при ручном и роботизированном доении

Показатель	Ручное доение	Роботизированное доение	Изменение, %
Средний удой, л/сутки	22	25	+13,6
Трудозатраты, чел./сутки	6	3	-50
Средняя температура молока, °С	38,5	38,3	-0,5

Современные системы мониторинга включают датчики движения, биометрические датчики, термометры и программное обеспечение для анализа данных. Они позволяют:

- выявлять заболевания на ранних стадиях;
- контролировать активность и поведение животных;
- регулировать кормление в зависимости от физиологического состояния;
- формировать отчеты о состоянии стада в режиме реального времени.

Применение таких систем в Омской области на молочных фермах показало, что раннее выявление заболеваний позволяет сократить расходы на лечение до 20% и снизить риск падежа животных [3]. Эффект от применения систем мониторинга здоровья продемонстрирован в таблице 2.

Таблица 2 – Эффект применения систем мониторинга здоровья

Показатель	До внедрения	После внедрения	Изменение, %
Заболееваемость коров, %	12	9	-25
Среднее время выявления, дни	7	2	-71,4
Расходы на лечение, тыс. Р	100	80	-20

Автоматизированные кормовые комплексы обеспечивают точную дозировку и подачу кормов, оптимизацию рациона и сокращение потерь.

Преимущества:

- уменьшение перерасхода кормов до 15–20%;
- контроль индивидуального рациона;
- автоматизация смешивания и раздачи кормов;
- интеграция с системами мониторинга здоровья.

По данным исследований ученых Омского ГАУ (таблица 3), внедрение таких комплексов повышает продуктивность коров на 10–12% и снижает затраты на корм на 5–8% [1, 4].

Таблица 3 – Сравнение показателей кормления до и после внедрения автоматизированных комплексов

Показатель	До внедрения	После внедрения	Изменение, %
Средний расход корма, кг/сутки	25	21	-16
Прирост массы, кг/мес.	120	135	+12,5
Стоимость кормов, тыс. Р/мес.	50	46	-8

Роботизация в животноводстве играет ключевую роль в повышении эффективности производства, улучшении качества продукции и снижении себестоимости молока. Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами позволяет не только сократить долю ручного труда, но и обеспечить стабильность производственных показателей, минимизировать влияние человеческого фактора и создать комфортные условия для содержания животных.

К основным преимуществам роботизации относятся:

– Сокращение численности персонала. Использование доильных роботов, автоматических кормораздатчиков и систем мониторинга здоровья животных снижает потребность в ручном труде и позволяет перераспределить кадровые ресурсы на более квалифицированные виды деятельности.

– Снижение перерасхода кормов. Интеллектуальные системы дозирования обеспечивают точную норму кормления каждого животного, что способствует экономии ресурсов и повышению продуктивности скота.

– Снижение затрат на лечение животных. Системы автоматического контроля состояния здоровья позволяют своевременно выявлять отклонения, проводить профилактические мероприятия и предотвращать развитие заболеваний, снижая ветеринарные расходы.

– Повышение рентабельности хозяйства. Совокупный эффект от внедрения роботизированных технологий выражается в росте производительности труда, улучшении качества молока, уменьшении эксплуатационных затрат и, как следствие, в увеличении прибыли предприятия.

Таким образом, роботизация выступает важным направлением инновационного развития животноводства, обеспечивая устойчивость и конкурентоспособность аграрных хозяйств в современных экономических условиях.

В ближайшие 5–10 лет в животноводстве прогнозируется активное развитие и внедрение передовых технологий, что позволит значительно повысить эффективность хозяйств и качество продукции. Среди ключевых тенденций ожидается:

– Интеграция искусственного интеллекта для прогнозирования продуктивности и здоровья животных. Алгоритмы машинного обучения смогут анализировать большие массивы данных о состоянии скота, условиях содержания, кормления и поведении животных. Это позволит своевременно выявлять потенциальные проблемы со здоровьем, оптимизировать рацион и предсказывать уровни молочной продуктивности, минимизируя убытки.

– Совершенствование роботизированных доильных и кормовых систем для крупных стад. Новые поколения автоматизированного оборудования будут способны обслуживать большие группы животных с минимальным вмешательством человека, обеспечивая более точное дозирование кормов, соблюдение санитарных норм и повышение комфортности содержания скота.

– Расширение возможностей анализа данных в реальном времени. Современные сенсорные и IoT-системы позволят непрерывно мониторить ключевые показатели здоровья, продуктивности и поведения животных. Это обеспечит оперативное принятие решений, своевременное вмешательство в производственный процесс и снижение рисков, связанных с потерей продуктивности.

– Интеграция с внешними сервисами, включая логистику и снабжение кормами. Автоматизированные системы будут не только управлять внутренними процессами хозяйства, но и взаимодействовать с внешними поставщиками кормов, сервисами доставки и распределения продукции. Это создаст условия для оптимизации цепочек поставок, сокращения издержек и повышения общей эффективности производства.

## **Выводы**

Таким образом, интеграция современных цифровых технологий и роботизации создаст в животноводстве условия для устойчивого развития,

повышения рентабельности хозяйств и формирования высокотехнологичных агропромышленных комплексов будущего.

Роботизированные системы в кормлении и уходе за крупным рогатым скотом являются ключевым фактором повышения продуктивности и экономической эффективности молочного скотоводства. Исследования ОмГАУ подтверждают значительный положительный эффект от внедрения таких технологий в Омской области.

#### Список источников

1. Косенчук О.В., Юрк Н.А., Динер Ю.А. Цифровые решения в животноводстве: анализ тенденций и использование в молочном скотоводстве Омской области // Продовольственная политика и безопасность. 2022. № 3. С. 16–18.
2. Киселев Л. Ю., Камалов Р. А., Борисов М. Ю., Федосеева Н. А., Санова З. С. Современные технологии роботизированного доения коров // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 5. С. 45–49.
3. Годжаев З.А., Гришин А.П., Гришин А.А. Перспективы развития роботизированных технологий в растениеводстве // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 12. С. 42–45.
4. Цой Ю.А., Фокин А.И., Толоконников Г.К. Моделирование и оценка производительности доильных установок с параллельно-проходными станками // Техника и технологии в животноводстве. 2016. № 3 (23). С. 42–43.

УДК 631.3

### **РОБОТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ И ЖИВОТНОВОДСТВЕ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Магистрант К.А. Юрченко  
(ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия)*

Аннотация. Статья посвящена анализу современных тенденций и перспектив роботизации и автоматизации процессов в растениеводстве и животноводстве. Рассматриваются ключевые направления внедрения роботизированных технологий, их влияние на эффективность сельскохозяйственного производства, а также вызовы и возможности, связанные с их интеграцией в аграрный сектор. Особое внимание уделено исследованиям и разработкам Омского государственного аграрного университета в данной области.

Ключевые слова: роботизация, автоматизация, растениеводство, животноводство, сельское хозяйство, Омский ГАУ, инновационные технологии, аграрный сектор

# ROBOTICS AND AUTOMATION IN CROP AND LIVESTOCK PRODUCTION: TRENDS AND PROSPECTS

*Undergraduate K.A. Yurchenko*

*(Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russia)*

**Abstract.** The article analyzes current trends and prospects of robotics and automation in crop and livestock production. It discusses key areas of implementing robotic technologies, their impact on agricultural efficiency, as well as challenges and opportunities associated with their integration into the agricultural sector. Special attention is given to the research and developments of Omsk State Agrarian University in this field.

**Keywords:** robotics, automation, crop production, livestock production, agriculture, Omsk State Agrarian University, innovative technologies, agricultural sector

## **Методика**

Современное сельское хозяйство испытывает возрастающие требования по повышению продуктивности, устойчивости и экологической безопасности производства. Рост мирового населения, изменения климата, а также дефицит квалифицированных кадров заставляют аграрный сектор искать новые решения. Роботизация и автоматизация представляют собой ключевые направления развития, позволяющие снизить трудозатраты, повысить точность и эффективность технологических процессов, а также минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. На территории Омской области, с её уникальными почвенно-климатическими условиями, успешное внедрение таких технологий требует научного подхода и адаптации, что активно изучается специалистами Омского государственного аграрного университета (Омский ГАУ).

## **Результаты**

Растениеводство традиционно связано с трудоемкими и сезонными работами, где точность и своевременность операций напрямую влияют на урожайность и качество продукции. Роботизированные системы здесь находят применение на всех этапах технологического процесса.

Одним из основных направлений является использование автономных тракторов и посевных комплексов с GPS-навигацией и системами точного земледелия. Такие машины способны выполнять работы с минимальным вмешательством человека, обеспечивая оптимальную глубину посева, равномерное распределение семян и удобрений. Это позволяет повысить продуктивность при одновременном снижении расхода ресурсов и минимизации уплотнения почвы.

В Омской области специалисты Омского ГАУ проводят исследования по оптимизации систем основной обработки почвы с учетом зональных

особенностей региона. Научные данные показывают, что внедрение инновационных методов обработки способствует улучшению агрофизических свойств почвы, снижению эрозии и повышению биогенности, что позитивно сказывается на урожайности [1].

Дальнейшим этапом является использование роботизированных систем мониторинга. Дроны и наземные роботы, оснащённые камерами и спектральными датчиками, способны в реальном времени отслеживать состояние посевов, выявлять очаги заболеваний и вредителей, а также контролировать уровень увлажнения и питательных веществ в почве. Такие данные позволяют фермерам оперативно принимать решения и проводить прицельное внесение удобрений и пестицидов, что снижает экологическую нагрузку и повышает экономическую эффективность.

Важной инновацией также является использование биотехнологий в сочетании с автоматизацией, например, внедрение биопрепаратов для борьбы с болезнями растений и улучшения состояния почвы. Это направление активно исследуется в ОмГАУ и способствует снижению химической нагрузки на агроэкосистему [2].

Животноводство – отрасль, в которой автоматизация и роботизация значительно меняют традиционные методы работы, способствуя улучшению условий содержания животных и повышению эффективности производства [4].

Одной из ключевых технологий является внедрение автоматизированных доильных систем. Роботы-дояры способны работать круглосуточно, обеспечивая более бережное и равномерное доение, что положительно влияет на здоровье животных и качество молока. Омский ГАУ проводит исследования по адаптации таких систем к климатическим условиям региона и особенностям пород местных животных [3].

Кроме того, автоматизация процессов кормления и уборки навоза значительно снижает трудозатраты и улучшает санитарные условия в помещениях для содержания животных. Современные кормораздатчики позволяют точно дозировать рацион, учитывая индивидуальные потребности животных, что способствует оптимальному росту и снижению затрат на корм.

Роботизированные системы мониторинга здоровья животных с помощью датчиков и видеонаблюдения позволяют в режиме реального времени отслеживать поведение и физиологическое состояние скота. Выявление ранних признаков заболеваний или стресса способствует быстрому реагированию и снижению потерь в поголовье.

Также в Омской области развивается направление использования робототехники для биологической безопасности, например, автоматические системы дезинфекции и контроля доступа, что снижает риск распространения инфекционных заболеваний.

Для лучшего понимания практического применения роботизации и автоматизации в сельском хозяйстве Омской области приведём несколько конкретных проектов, реализуемых учёными Омского ГАУ. Они представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Проекты, реализуемые учеными Омского ГАУ в сфере роботизации и автоматизации сельского хозяйства

№	Название проекта	Краткое описание	Результаты и перспективы
1	Роботизированные системы мониторинга состояния посевов	Использование беспилотных летательных аппаратов (дронов) и сенсорных систем для наблюдения за посевами	Своевременное выявление болезней и вредителей, снижение химического воздействия, оптимизация внесения удобрений [2]
2	Точное земледелие с применением автономных тракторов	Внедрение GPS-навигаторов и систем управления техникой для повышения точности обработки почвы и посева	Снижение расхода ресурсов, повышение урожайности на 10–15%, уменьшение эрозии почв [1]
3	Автоматизация кормления и ухода за животными	Разработка автоматизированных кормораздатчиков и систем мониторинга здоровья скота	Улучшение контроля рациона, снижение заболеваемости, повышение продуктивности [3]

Описание проектов:

– Мониторинг посевов с помощью дронов – использование дронов, оснащённых мультиспектральными камерами и датчиками влажности, позволяет получать высокоточные данные о состоянии сельхозкультур в режиме реального времени. Это даёт возможность точечного применения удобрений и средств защиты растений, что снижает химическую нагрузку и улучшает экологическую ситуацию.

– Точное земледелие с автономной техникой – Автономные тракторы и посевные комплексы, используемые в опытах Омского ГАУ, демонстрируют высокую эффективность при проведении весенних и осенних полевых работ. Технология позволяет оптимизировать агротехнические операции и улучшить качество обработки почвы.

– Автоматизация кормления – системы автоматического кормления, разрабатываемые специалистами ОмГАУ, интегрированы с датчиками веса и здоровья животных, что позволяет индивидуально корректировать рацион и своевременно выявлять проблемы в состоянии скота.

Внедрение роботизированных технологий в сельское хозяйство Омской области уже демонстрирует положительные экономические эффекты. Снижение затрат на ручной труд и расходные материалы сочетается с повышением производительности и качества продукции. Автоматизация позволяет уменьшить количество ошибок и повысить точность выполнения технологических операций.

С экологической точки зрения роботизация способствует снижению использования химических веществ, уменьшению эрозии почв и загрязнения водных ресурсов. Точное земледелие, основанное на данных, получаемых с помощью роботов и сенсоров, позволяет минимизировать избыточное внесение удобрений и пестицидов, что положительно сказывается на биоразнообразии и состоянии экосистемы.

При этом важным фактором остается социальный аспект – обучение кадров и изменение традиционных моделей работы. Омский ГАУ реализует образовательные программы, направленные на подготовку специалистов, способных эффективно работать с новыми технологиями, что является важным условием успешного развития роботизации в аграрном секторе.

Перспективы внедрения роботизации и автоматизации в растениеводстве и животноводстве Омской области связаны с дальнейшим развитием технологий и адаптацией их к региональным особенностям. Важной задачей является снижение стоимости оборудования и обеспечение его доступности для фермеров всех масштабов.

Дальнейшие исследования и инновации будут направлены на интеграцию различных систем в единую платформу управления хозяйством, что позволит оптимизировать использование ресурсов и повысить устойчивость производства.

Также перспективным является развитие мобильных и децентрализованных систем, способных работать в отдаленных районах с минимальным техническим обслуживанием.

Обеспечение взаимодействия науки, бизнеса и государственных структур станет ключевым фактором успешной реализации стратегий роботизации в регионе.

### **Выводы**

Роботизация и автоматизация процессов в растениеводстве и животноводстве представляют собой фундаментальные изменения, способствующие модернизации сельского хозяйства. На примере Омской области видно, что внедрение инновационных технологий улучшает производительность, экологическую устойчивость и экономическую эффективность аграрного производства. Роль Омского государственного аграрного университета в исследованиях и подготовке кадров является ключевой для успешной реализации данных процессов и создания устойчивой модели развития сельского хозяйства региона.

### **Список источников**

1. Шумакова О.В., Епанчинцев В.Ю. Информационно-консультационная поддержка на разных стадиях жизненного цикла субъектов малого аграрного бизнеса // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2. С. 173–182.
2. Долматова О.Н., Щерба В.Н. Информационное обеспечение эффективного сельскохозяйственного землепользования // Омский научный вестник. 2022. Т. 7. № 3. С. 142–147.

3. Погребцова Е.А. Стратегия развития научно-производственных предприятий: виды и особенности // Омский научный вестник. 2022. Т. 7. № 3. С. 148–154.
4. Методика комплексной оценки эффективности применения цифровых технологий в молочном животноводстве / О.В. Косенчук, И.П. Иванова, Е.Н. Юрченко [и др.] // Каталог научных и инновационных разработок ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина». – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2021. С. 4–6.

УДК 636.018

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ КОРМЛЕНИЯ И УХОДА ЗА ЖИВОТНЫМИ: ВНЕДРЕНИЕ IOT И AI В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ**

*Магистрант К.А. Юрченко  
(ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия)*

Аннотация. Статья посвящена внедрению цифровых технологий, таких как Интернет вещей (IoT) и искусственный интеллект (AI), в процессы кормления и ухода за животными в молочном скотоводстве. Анализируются современные тенденции и примеры применения этих технологий в Омской области, а также рассматриваются преимущества, риски и вызовы цифровизации в агропромышленном комплексе. Особое внимание уделено разработке отечественных решений для автоматизации управления агробизнесом и мониторинга здоровья животных. Рассматриваются экономические и экологические аспекты внедрения цифровых технологий на фермах, примеры успешных проектов и перспективы дальнейшего развития.

Ключевые слова: цифровизация, Интернет вещей, искусственный интеллект, молочное скотоводство, кормление, уход за животными, Омская область, агробизнес, автоматизация, мониторинг здоровья, экотехнологии

## **DIGITALIZATION OF FEEDING AND ANIMAL CARE PROCESSES: IMPLEMENTATION OF IOT AND AI IN DAIRY CATTLE FARMING**

*Undergraduate K.A. Yurchenko  
(Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russia)*

Abstract. The article is dedicated to the implementation of digital technologies, such as the Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI), in feeding and animal care processes in dairy cattle farming. It analyzes current trends and examples of applying these technologies in the Omsk region, discussing advantages, risks, and challenges of digitalization in the agro-industrial complex. Special attention is given to domestic solutions for automating agribusiness management and monitoring animal health. Economic and ecological impacts of implementing digital technologies on farms are also considered. Examples of successful projects and prospects for future development are provided.

Keywords: digitalization, Internet of Things, Artificial Intelligence, dairy cattle farming, feeding, animal care, Omsk region, agribusiness, automation, health monitoring, ecotechnologies

### Методика

Цифровизация агропромышленного комплекса России является одной из ключевых стратегий повышения эффективности и устойчивости сельского хозяйства. Молочное скотоводство, как один из важнейших секторов АПК, сталкивается с проблемами снижения продуктивности, необходимости контроля качества молока и сокращения затрат на кормление и уход за животными. Внедрение современных технологий, таких как IoT и AI, открывает новые возможности для решения этих задач.

Цифровые системы позволяют собирать и анализировать большие объемы данных о поведении, питании и здоровье животных, а также о состоянии окружающей среды (температура, влажность, освещённость). Такая интеграция данных способствует принятию более точных управленческих решений и снижает человеческий фактор, который часто приводит к ошибкам в уходе за животными.

### Результаты

#### *Интернет вещей (IoT)*

IoT-технологии позволяют интегрировать сенсоры, автоматические кормушки, системы вентиляции и доения в единый цифровой комплекс. С помощью датчиков можно измерять температуру тела коров, активность, качество молока и потребление корма.

Примеры использования IoT:

- Системы автоматического доения DeLaval VMS. Датчики отслеживают состояние вымени и уровень молочной продуктивности каждой коровы.
- Кормовые роботы Lely Vector. Позволяют управлять количеством и качеством кормления, учитывая индивидуальные потребности животных.
- Мониторинг здоровья с помощью носимых датчиков. Например, ошейники и браслеты фиксируют активность, сердечный ритм, температуру тела и выявляют первые признаки заболеваний.

В Омской области внедрение таких систем позволило сократить время ручного контроля и снизить потери молока на 5–7% в среднем по хозяйствам [1].

#### *Искусственный интеллект (AI)*

AI используется для анализа данных, полученных от IoT-устройств, а также для прогнозирования состояния животных и оптимизации процессов ухода. Основные направления применения:

- Прогнозирование лактации и молочной продуктивности. AI-модели на основе данных о кормлении, температуре и активности животных могут предсказывать продуктивность коров с точностью до 95%.
- Цифровые двойники животных. Создание виртуальных моделей каждой коровы позволяет отслеживать состояние здоровья и предсказывать поведение, облегчая своевременное вмешательство.

– Оптимизация рациона. AI анализирует данные о питательных веществах, потребляемых животными, и формирует персонализированные рекомендации по кормлению, снижая затраты на корма до 10–15% [2].

Омская область активно развивает проекты по цифровизации молочного скотоводства. Например, хозяйства используют интегрированные системы IoT+AI для мониторинга крупного рогатого скота. Анализ данных позволил:

- Повысить среднюю молочную продуктивность на 8–12%;
- Снизить заболеваемость животных на 15%;
- Сократить расходы на электроэнергию и корм на 5–7% за счет оптимизации процессов.

Исследования ученых Омского ГАУ подтверждают, что цифровизация позволяет не только повысить экономическую эффективность, но и улучшить экологические показатели фермы: снижение отходов кормов, оптимизация потребления воды и энергии, уменьшение выбросов парниковых газов [3].

*Преимущества:*

- Повышение продуктивности молока и качества продукции;
- Снижение затрат на кормление и уход;
- Своевременное выявление заболеваний;
- Автоматизация процессов и снижение влияния человеческого фактора;
- Экологическая устойчивость за счет оптимизации ресурсов.

*Вызовы:*

- Высокая стоимость внедрения;
- Необходимость обучения персонала и изменение организационной культуры;
- Проблемы интеграции новых систем в существующую инфраструктуру;
- Отсутствие стандартизации и совместимости между различными устройствами;
- Риск киберугроз при использовании облачных платформ и IoT-сетей.

Примеры успешного внедрения цифровых технологий в России

*Татарстан: искусственный интеллект на молочных фермах*

В Республике Татарстан порядка 20 молочных ферм начали внедрять AI для контроля за доением и здоровьем поголовья. Технология позволяет выявлять хромоту на ранней стадии и своевременно лечить животных, что повышает продуктивность и снижает потери [4].

*Омская область: цифровизация на базе Омского ГАУ*

Хозяйства Омской области используют системы IoT+AI для мониторинга крупного рогатого скота. Повышение продуктивности на 8–12%, снижение заболеваемости на 15% и сокращение расходов на электроэнергию и корм на 5–7% стали результатами внедрения технологий [3].

*Казанский ИИ-ассистент «СауБозау»*

ИИ-ассистент «СауБозау» успешно протестирован в Казанской академии ветеринарной медицины. Он решает задачи по кормлению, содержанию и

диагностике заболеваний, демонстрируя высокую компетентность в молочном скотоводстве [5].

*Экономические преимущества:*

- Снижение затрат на кормление до 10–15%;
- Повышение продуктивности на 8–12%;
- Снижение расходов на энергию на 5–7%.

*Экологические преимущества:*

- Снижение выбросов парниковых газов до 27%;
- Оптимизация потребления воды и энергии;
- Снижение отходов кормов.

*Перспективы развития*

- Создание отечественных решений, учитывающих особенности российского АПК;
- Развитие подготовки специалистов по агротехнологиям и цифровым системам;
- Внедрение блокчейн-технологий для прозрачного учета качества и происхождения молока;
- Расширение аналитики больших данных для прогнозирования экономических и экологических показателей.

## **Выводы**

Цифровизация процессов кормления и ухода за животными в молочном скотоводстве с использованием IoT и AI открывает новые возможности для повышения эффективности, экономической устойчивости и экологической безопасности ферм. Примеры успешного внедрения технологий в Омской области и Татарстане демонстрируют значительный потенциал цифровизации для российской агропромышленной отрасли. Основными вызовами остаются высокая стоимость внедрения, необходимость обучения персонала и обеспечение совместимости систем, но перспективы развития отечественных решений и расширение аналитических инструментов создают благоприятные условия для дальнейшей трансформации молочного скотоводства.

## **Список источников**

1. Косенчук О.В., Юрк Н.А., Динер Ю.А. Цифровые решения в животноводстве: анализ тенденций и использование в молочном скотоводстве Омской области // КиберЛенинка. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-resheniya-v-zhivotnovodstve-analiz-tendentsiy-i-ispolzovanie-v-molochnom-skotovodstve-omskoy-oblasti>
2. Косенчук О.В. Цифровые технологии для эффективного ведения молочного и мясного агробизнеса // Продовольственная политика и безопасность. – 2024. – № 4. С. 997–1018.
3. Овсянко Л.А., Майер Р.В. Концепция повышения эффективности производства молока на основе цифровизации // Продовольственная политика и безопасность. – 2024. – № 4. – С. 16–19.

4. Татарстанские фермы внедряют AI для контроля за доением и здоровьем скота // РБК. – 2024. – URL: [https://rt.rbc.ru/tatarstan/freenews/6811d9d49a79474d9feba197?utm\\_source=chatgpt.com](https://rt.rbc.ru/tatarstan/freenews/6811d9d49a79474d9feba197?utm_source=chatgpt.com)
5. В Казани протестировали ИИ-ассистент по молочному скотоводству // Татаринформ. – 2025. – URL: [https://www.tatar-inform.ru/news/v-kazani-protestirovali-ii-assistent-po-molocnomu-skotovodstvu-5980520?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.tatar-inform.ru/news/v-kazani-protestirovali-ii-assistent-po-molocnomu-skotovodstvu-5980520?utm_source=chatgpt.com)

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Ананьин Г.Е.**

(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)

Деление вектора на вектор и использование этой математической операции для моделирования электрических цепей переменного тока ..... [3](#)

### **Аниканов Н.С., Кряклина И.В.**

(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)

Повышение эффективности молотильно-сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна ..... [7](#)

### **Борисова М.Л., Беляков Д.О.**

(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)

Усовершенствование конструкции туннельного пресса для изготовления сыра ..... [12](#)

### **Иванова С.С.**

(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)

Влияние последствия обработки гербицидом с помощью беспилотного летательного аппарата на продуктивность однолетних трав в условиях Ярославской области ..... [20](#)

### **Карпов Д.С., Адакин Р.Д.**

(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)

Оптимизация диагностики автомобилей и электронных блоков управления на базе ремонтного предприятия ООО «ЦКР Логистик+» ..... [24](#)

### **Орлов П.С., Соцкая И.М.**

(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)

Повышение надежности энергоснабжения за счет технических мероприятий ..... [33](#)

### **Смелик В.А.<sup>1</sup>, Перекопский А.Н.<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия)

Подходы к формированию цифрового двойника технологического процесса сушки органических семян ..... [38](#)

### **Соцкая И.М., Угловский А.С.**

(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)

Совершенствование мониторинга эксплуатации грузовых автомобилей в ярославском филиале ООО «Сельта» ..... [43](#)

<b>Угловский А.С.</b> (ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия) Разработка программного инструмента для анализа динамических характеристик и калибровки ПИД-регуляторов в электромеханических системах .....	<a href="#">51</a>
<b>Хасанов Р.И.</b> (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ, Казань, Россия) Интенсивная подготовка сырья с применением ультразвуковой и гидродинамической кавитации .....	<a href="#">57</a>
<b>Шмигель В.В., Кузнецов И.М.</b> (ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия) К вопросу о разработке машины для предпосадочной обработки клубней картофеля в поле коронного разряда .....	<a href="#">62</a>
<b>Юрков М.М., Гусейнов Ш.Н.</b> (ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия) Современные технологии опрыскивания растений в период вегетации .....	<a href="#">66</a>
<b>Юрков М.М., Шешунова Е.В.</b> (ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия) Оценка качества при проектировании механизированных работ .....	<a href="#">71</a>
<b>Юрченко К.А.</b> (ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия) Внедрение цифровых технологий для контроля качества продукции АПК .....	<a href="#">78</a>
<b>Юрченко К.А.</b> (ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия) Перспективы применения роботизированных систем в кормлении и уходе за крупным рогатым скотом .....	<a href="#">83</a>
<b>Юрченко К.А.</b> (ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия) Роботизация и автоматизация процессов в растениеводстве и животноводстве: тенденции и перспективы.....	<a href="#">87</a>
<b>Юрченко К.А.</b> (ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия) Цифровизация процессов кормления и ухода за животными: внедрение IoT и AI в молочном скотоводстве .....	<a href="#">92</a>

Научное издание

## **ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРАРНОМ КОМПЛЕКСЕ**

**Сборник научных трудов по материалам  
Национальной научно-практической конференции  
с международным участием**

04 декабря 2025 г., Ярославль

**Текстовое электронное сетевое издание**

Статьи публикуются в авторской редакции.  
Авторы несут ответственность за содержание публикаций.

Подписано к использованию 15.03.2026 г.

Минимальные системные требования: процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше;  
оперативная память 256 Мб и более; операционная система  
Microsoft Windows XP/Vista/7/10; разрешение экрана 1024x768 и выше; привод CD-ROM,  
мышь; дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

Издательство ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ».  
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.  
<http://www.yaragrovuz.ru/>