

Научная статья
УДК 631.362:681.5
EDN AXYTJU

**Разработка автоматизированной системы управления
технологическими процессами зерноуборочного комбайна
(на примере Енисей-1200Н)**

Дмитрий Станиславович Котенко¹, аспирант
Алексей Иванович Зубенко², студент магистратуры
Олеся Александровна Пустовая³, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
^{1, 2, 3} Дальневосточный государственный аграрный университет
Амурская область, Благовещенск, Россия
¹ diman-99-sport@mail.ru, ² zubenko.18.18@mail.ru, ³ pus14@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрен набор используемых датчиков, представлен обзор патентов для разработки автоматизированной системы контроля и управления различными технологическими процессами при уборке зерновых культур зерноуборочный комбайном.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, датчики, автоматизированная система управления технологическими процессами

Для цитирования: Котенко Д. С., Зубенко А. И., Пустовая О. А. Разработка автоматизированной системы управления технологическими процессами зерноуборочного комбайна (на примере Енисей-1200Н) // Актуальные вопросы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 19 декабря 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 33–39.

Original article

**Development of an automated process control system
for a combine harvester (using the example of the Yenisei-1200N)**

Dmitry S. Kotenko¹, Postgraduate Student
Alexey I. Zubenko², Master's Degree Student
Olesya A. Pustovaya³, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
^{1, 2, 3} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia
¹ diman-99-sport@mail.ru, ² zubenko.18.18@mail.ru, ³ pus14@yandex.ru

Abstract. The article examines the set of sensors used, provides an overview of patents for the development of an automated system for monitoring and controlling various technological processes during harvesting crops with a combine harvester.

Keywords: combine harvester, sensors, automated process control system

For citation: Kotenko D. S., Zubenko A. I., Pustovaya O. A. Development of an automated process control system for a combine harvester (using the example of the Yenisei-1200N). Proceedings from Current issues of energy in the agro-industrial complex: Vserossiiskaya (natsional'naya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya. (PP. 33–39), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2025 (in Russ.).

В большей степени проблемами зерноуборочных комбайнов являются травмирование зерна, его потери и адаптация режимов работы под различные факторы. Для обеспечения максимальной эффективности работы и минимизации потерь зерноуборочные комбайны оснащены разнообразными датчиками для контроля и управления процессами уборки. Основные датчики, которые можно встретить в зерноуборочных комбайнах, включают:

Датчики урожайности. Используются для измерения количества собранного зерна в режиме реального времени. Эти датчики анализируют массу зерна, проходящего через систему, и помогают оператору контролировать производительность комбайна.

Датчики влажности. Измеряют уровень влажности собранного зерна.

Датчики скорости. Измеряют скорость движения комбайна и его различных компонентов (жатка, очистительная система). Это позволяет регулировать скорость работы для достижения оптимальной производительности.

Датчики положения. Используются для определения угла наклона жатки, что помогает в регулировании высоты среза и адаптации к различным условиям поля.

Оптические датчики. Обеспечивают мониторинг состояния растений и определяют плотность посева. Это помогает в принятии решений относительно оптимальной стратегии уборки.

Датчики температуры. Контролируют температуру в различных частях машины, например, в двигателе и системе охлаждения, чтобы предотвратить перегрев и сбои в работе.

Датчики давления. Оценка давления в гидравлических системах и других механизмах комбайна позволяет следить за состоянием основных узлов и избегать поломок.

Датчики на наличие (отсутствие) зерна. Эти датчики устанавливаются в бункере для проверки уровня степени его наполненности, что помогает оператору своевременно опустошить бункер и предотвратить переполнение.

Датчики контроля чистоты. Позволяют контролировать уровень загрязненности зерна, что важно для улучшения качества конечного продукта.

GPS-датчики. Используются для навигации и точного определения местоположения комбайна на поле, а также для сбора данных о посевных площадях и урожайности.

Перечисленные датчики интегрированы в системы управления комбайна, что позволяет не только автоматизировать процессы, но и обеспечивать оператору актуальную информацию о состоянии работы машины и о качестве собранного урожая.

И. П. Скворцовым разработана новая *система контроля процесса повторного обмолота*, позволяющая повысить качество работы молотильно-сепарирующего устройства, увеличить фактическую пропускную способность за счет снижения влияния повторного обмолота на потери за молотилкой.

Данная система состоит из блока индикации качества колосовой фракции, усилителя-формирователя (УФИ-2) и пьезоэлектрических датчиков качества колосовой фракции за нижним решетом и за распределительным шнеком домолачивающего устройства. Датчики потерь зерна пьезоэлектрические предназначены для преобразования энергии механического удара зерна о поверхность датчика в эквивалентный электрический сигнал. Блок индикации качества состоит из двух шкал, каждая из которых включает три сектора (верхнего красного, среднего зеленого и нижнего красного). Левая шкала фиксирует ко-

личество свободного зерна, поступившего в колосовой шнек, правая – сошедшего с домолачивающего устройства. Использование предлагаемой конструкции позволит контролировать количество свободного зерна, поступающего на домолот и сходящего с него; снизить потери зерна за молотилкой, а также увеличить пропускную способность комбайна.

При этом доказывается повышение качества контроля процесса повторного обмолота у комбайна с новой конструкцией системы контроля процесса повторного обмолота по сравнению с серийной системой индикации изменения потерь зерна.

Д. Г. Шевчуком разработана *комплексная многопараметрическая система объекта управления, а именно зерноуборочного комбайна*, так как отечественные и зарубежные системы движения комбайна преимущественно относятся к отдельным подсистемам. Реализация многопараметрической мехатронной системы адаптивного управления движением зерноуборочного комбайна на базе нечеткой логики позволит увеличить точность движения машины по траектории ориентации более чем на 50 %, обеспечив ошибку позиционирования, не превышающую ± 10 см; стабилизировать загрузку двигателя и рабочих органов; снизить обобщенные потери продукта на 25 %; увеличить фактическую производительность машины в среднем на 15 % и повысить качество выполнения уборочных работ в целом.

В патенте № 2824794 представлена *автоматическая система контроля и управления ветро-решетной очистки зерноуборочного комбайна*. За счет работы системы автоматически регулируются зазоры между гребенками верхнего и нижнего решет, изменяется частота вращения вентилятора ветро-решетной очистки, обеспечивается взаимосвязанная работа устройств, зависящая от сигналов, получаемых с датчиков качества колосовой фракции [1].

В патенте № 2821901 представлена *автоматическая система контроля*

загрузки наклонной камеры зерноуборочного комбайна. Она состоит из пьезоэлектрических датчиков, датчиков неровной дороги, усилителя-формирователя, компараторов, блока управления, дисплея, электрических проводов. Особенность системы позволит учитывать неровности агрофона при контроле подачи хлебной массы к молотильно-сепарирующему устройству зерноуборочного комбайна [2].

В патенте № 2819208 представлена *система картирования урожайности.* Она представляет аппаратно-программный комплекс, устанавливаемый на уборочную технику и позволяющий фиксировать количество собранной сельскохозяйственной продукции за промежутки времени в 2–4 секунды. В результате использования таких систем создаются карты урожайности, позволяющие выявить неоднородность уровня урожайности в пределах одного поля. Техническим результатом данного изобретения является устранение следующих недостатков: упрощение существующих систем, привязка значений урожайности и выгрузок зерновой массы из бункера комбайна к географическим координатам, повышение точности вычисления текущей урожайности и исключение человеческого фактора за счет автоматической калибровки системы, корректировка значений урожайности при частичном или полном наезде комбайна на уже убранный участок [3].

Патент № 2786925 предлагает *способ модернизации техники, осуществляющей сбор и транспортировку зерна.* В зерновом элеваторе размещают устройство измерения объема зерновой смеси таким образом, чтобы лопатки элеватора попадали в кадр цифровой камеры устройства, а лазерный модуль устройства накладывает на горку зерновой смеси, размещенной на лопатках элеватора, лазерную сетку. Выполняют калибровку указанного устройства с учетом анализа изображений, полученных от цифровой камеры. Способ модернизации характеризуется тем, что ко входу устройства измерения объема зерновой смеси подводят электропитание от зерноуборочной техники [4].

Патент № 2752907 представляет датчик забивания пространства над сепаратором грубого вороха. Задачами заявляемого изобретения являются снижение скопления пожнивных остатков на поверхности площадки каркаса, снижение риска возгорания комбайна, увеличение рабочего пространства на площадке каркаса для обслуживания комбайна, снижение риска получения травмы оператором при перемещении по площадке каркаса, а также повышение надежности работы датчика [5].

Список источников

1. Патент № 2824794 Российская Федерация. Автоматическая система контроля и управления ветро-решетной очистки зерноуборочного комбайна : № 2024109149 : заявл. 04.04.2024 : опубл. 13.08.2024 / Ряднов А. И., Скворцов И. П., Скворцов И. И., Скворцова А. И. Бюл. № 23. 8 с.

2. Патент № 2821901 Российская Федерация. Автоматическая система контроля загрузки наклонной камеры зерноуборочного комбайна : № 2024103077 : заявл. 07.02.2024 : опубл. 27.06.2024 / Ряднов А. И., Тронеv С. В., Скворцов И. П., Шарипов Р. В., Дугин Ю. А., Семченко А. В. Бюл. № 18. 5 с.

3. Патент № 2819208 Российская Федерация. Система картирования урожайности : № 2024105941 : заявл. 05.03.2024 : опубл. 15.05.2024 / Королев П. Н. Бюл. № 14. 10 с.

4. Патент № 2786925 Российская Федерация. Способ модернизации техники, осуществляющей сбор и транспортировку зерна : № 2022117881 : заявл. 30.06.2022 : опубл. 26.12.2022 / Алпатов И. А., Петров Д. А., Филимонов А. Н. Бюл. № 36. 12 с.

5. Патент № 2752907 Российская Федерация. Датчик забивания пространства над сепаратором грубого вороха : № 2020129705 : заявл. 08.09.2020 : опубл. 11.08.2021 / Ожеред С. Г., Иванов Н. Ю., Попок П. С. Бюл. № 23. 12 с.

References

1. Ryadnov A. I., Skvortsov I. P., Skvortsov I. I., Skvortsova A. I. Automatic system of monitoring and control of wind-shear cleaning of a combine harvester. *Patent RF, No. 2824794 patents.google.com 2024* Retrieved from <https://patents.google.com/patent/RU2824794C1/ru> (Accessed 10 October 2024) (in Russ.).

2. Ryadnov A. I., Tronev S. V., Skvortsov I. P., Sharipov R. V., Dugin Yu. A., Semchenko A. V. Automatic system of control of loading of the inclined chamber

of the combine harvester. *Patent RF, No. 2821901 patents.google.com* 2024 Retrieved from <https://patents.google.com/patent/RU2821901C1/ru> (Accessed 10 October 2024) (in Russ.).

3. Korolev P. N. Yield mapping system. *Patent RF, No. 2819208 patents.google.com* 2024 Retrieved from <https://patents.google.com/patent/RU2819208C1/ru> (Accessed 10 October 2024) (in Russ.).

4. Alpatikov I. A., Petrov D. A., Filimonov A. N. Method of modernization of machinery for collecting and transporting grain. *Patent RF, No. 2786925 patents.google.com* 2022 Retrieved from <https://patents.google.com/patent/RU2786925C1/ru> (Accessed 10 October 2024) (in Russ.).

5. Ozhered S. G., Ivanov N. Yu., Popok P. S. Sensor for clogging of the space above the coarse grain separator. *Patent RF, No. 2752907 yandex.ru/patents* 2021 Retrieved from https://yandex.ru/patents/doc/RU2752907C1_20210811 (Accessed 10 October 2024) (in Russ.).

© Котенко Д. С., Зубенко А. И., Пустовая О. А., 2025

Статья поступила в редакцию 10.12.2024; одобрена после рецензирования 19.12.2024; принята к публикации 30.01.2025.

The article was submitted 10.12.2024; approved after reviewing 19.12.2024; accepted for publication 30.01.2025.