

Научная статья

УДК 631.354

EDN GVJUQF

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0633-0-197-204>

**К методике проведения исследований
по системе воздушно-решетной очистки комбайна**

Владимир Александрович Сахаров¹, старший научный сотрудник
Александр Васильевич Липкань², старший научный сотрудник
Алексей Алексеевич Кувшинов³, кандидат технических наук, старший
научный сотрудник

^{1, 2, 3} Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ sva@vniisou.ru, ² lav-blg@mail.ru, ³ kyaa@vniisou.ru

Аннотация. В рамках разработки алгоритма автоматической работы воздушно-решетной очистки комбайна необходимо исследовать характер и количественные характеристики создаваемого вентилятором воздушного потока, воздействующего на соево-зерновой ворох. Приведены методические аспекты проведения исследований работы воздушно-решетной очистки зерноуборочного комбайна и представлен комплект лабораторного оборудования.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, воздушно-решетная очистка, соево-зерновой ворох

Для цитирования: Сахаров В. А., Липкань А. В., Кувшинов А. А. К методике проведения исследований по системе воздушно-решетной очистки комбайна // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 18–19 апреля 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 197–204.

Original article

**On the methodology of conducting research
on the air-sieve cleaning system of the combine**

Vladimir A. Sakharov¹, Senior Researcher

Alexander V. Lipkan², Senior Researcher

Alexey A. Kuvshinov³, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

^{1, 2, 3} All-Russian Scientific Research Institute of Soybean

Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹ sva@vniisou.ru, ² lav-blg@mail.ru, ³ kyaa@vniisou.ru

Abstract. As part of the development of an algorithm for the automatic operation of the air-sieve cleaning of the combine, it is necessary to investigate the nature and quantitative characteristics of the airflow created by the fan acting on the soy-grain pile. The methodological aspects of conducting research on the operation of air-sieve cleaning of a combine harvester are presented and a set of laboratory equipment is presented.

Keywords: combine harvester, air-sieve cleaning, soy-grain pile

For citation: Sakharov V. A., Lipkan A. V., Kuvshinov A. A. On the methodology of conducting research on the air-sieve cleaning system of the combine. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (Blagoveshchensk, 18–19 aprelya 2024 g.)* (PP. 197–204), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2024 (in Russ.).

Одним из вариантов решения проблемы снижения затрат на послеуборочную обработку товарного и семенного зерна можно считать получение очищенного зерна непосредственно после зерноуборочного комбайна. Данное решение возможно при использовании автоматизированного управления системой очистки комбайна с использованием обучаемых систем, а также машинного зрения. Многочисленные исследования показывают, что качество очистки зернового материала, прежде всего, зависит от регулирования скорости вращения вентилятора и скорости подачи материала, и, как следствие, скорости воздушного потока в системе очистки зерноуборочного комбайна [1, 2].

Для разработки алгоритма автоматической работы воздушно-решетной очистки комбайна установлены пределы регулирования режимов работы вентилятора. Точное управление оборотами вентилятора комбайна можно осуществлять с помощью электродвигателя, подключенного к частотному преобразователю или к микроконтроллеру. Частотное управление позволяет плавно регулировать скорость вращения вентилятора, однако при этом возникают большие потери мощности в виде тепла. Для микроконтроллерного управления регулирование осуществляется ступенчато с использованием момента инерции ротора электродвигателя. В связи с этим определены оптимальные

условия регулирования частоты вращения вентилятора системы воздушно-решетной очистки комбайна с помощью частотного преобразователя совместно с микроконтроллером.

Исследования проводятся на лабораторной установке (рис. 1). В качестве основного управляющего блока используется частотный преобразователь ПЧВЗ с микроконтроллером ПР200-200.1 и твердотельным реле (рис. 2, а). Передача сигнала осуществляется по протоколу RS480.



Рисунок 1 – Установка для проведения поисковых опытов по оценке количественных и качественных характеристик вентилятора очистки

Для определения скорости воздушного потока используется цифровой термоанемометр МЕГЕОН 11001. Для получения нагрузочной характеристики применяется мультиметр ИМС-Ф1, подключенный через трансформатор тока ТОП-066 У3 с коэффициентом трансформации 50/5, а также цифровой тахометр DT6236В (рис. 2, б).

В качестве исходной характеристики вентилятора принимается среднее значение скорости воздушного потока на выходе диффузора вентилятора для всей совокупности точек измерения $n = 1, \dots, i, \dots, 49$. Исследование скорости воздушного потока по сечению диффузора вентилятора проводится по методу однофакторного эксперимента. Диапазон изменения числа оборотов вентилятора составляет 400–1 165 мин⁻¹. Измерения проводятся для семи значений

числа оборотов вентилятора n_v . Исследования выполняются при отсутствии направителя воздушного потока в диффузоре вентилятора.



Рисунок 2 – Комплекты управления (а) и измерения (б)

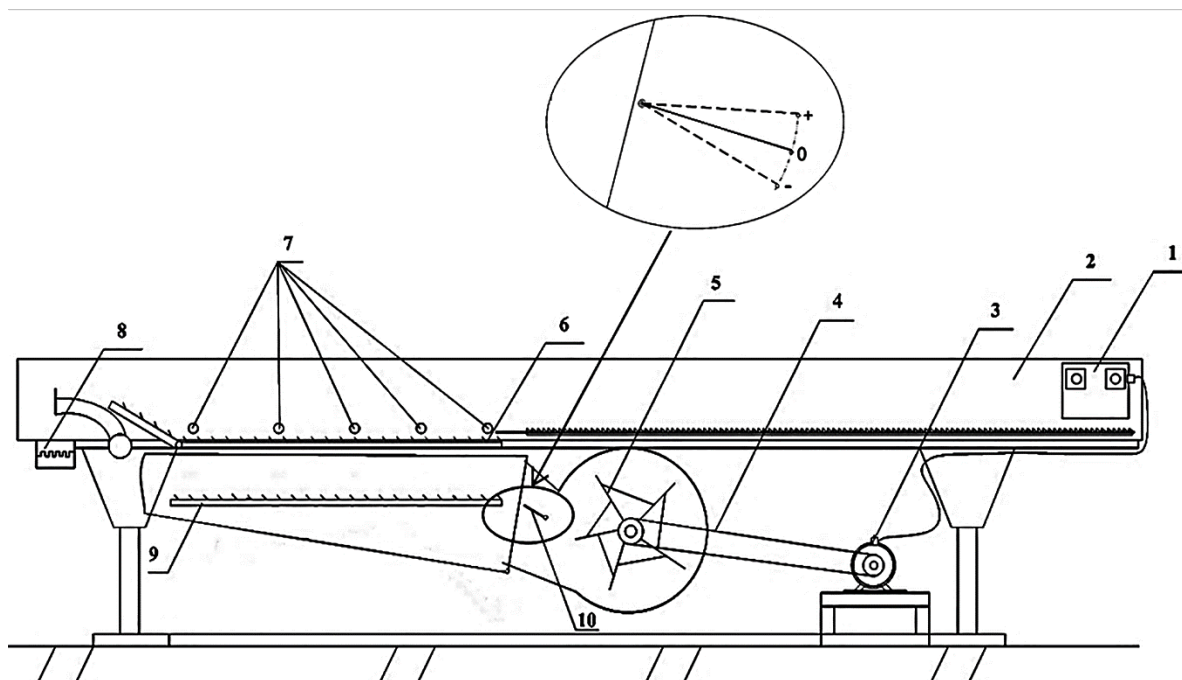
По результатам измерений определяется зависимость скорости воздушного потока от числа оборотов вентилятора. Качество воздушного потока характеризуется эпюрой скоростей C в выходном диффузоре вентилятора.

На основании формулы Клосса и методики расчета характеристик асинхронных двигателей на основании критических точек проводится расчет механической характеристики асинхронного двигателя с учетом момента инерции ротора двигателя.

Исследования по влиянию режимных параметров экспериментальной системы воздушно-решетной очистки комбайна на распределение скорости воздушного потока проводятся в лабораторных условиях на экспериментальном стенде (рис. 3).

Изучаемые режимные параметры системы воздушно-решетной очистки и уровни их варьирования представлены в таблице 1.

Постоянным фактором является положение удлинителя верхнего решета, составляющее 15 град, раствор лепестков его жалюзи – 16–18 мм.



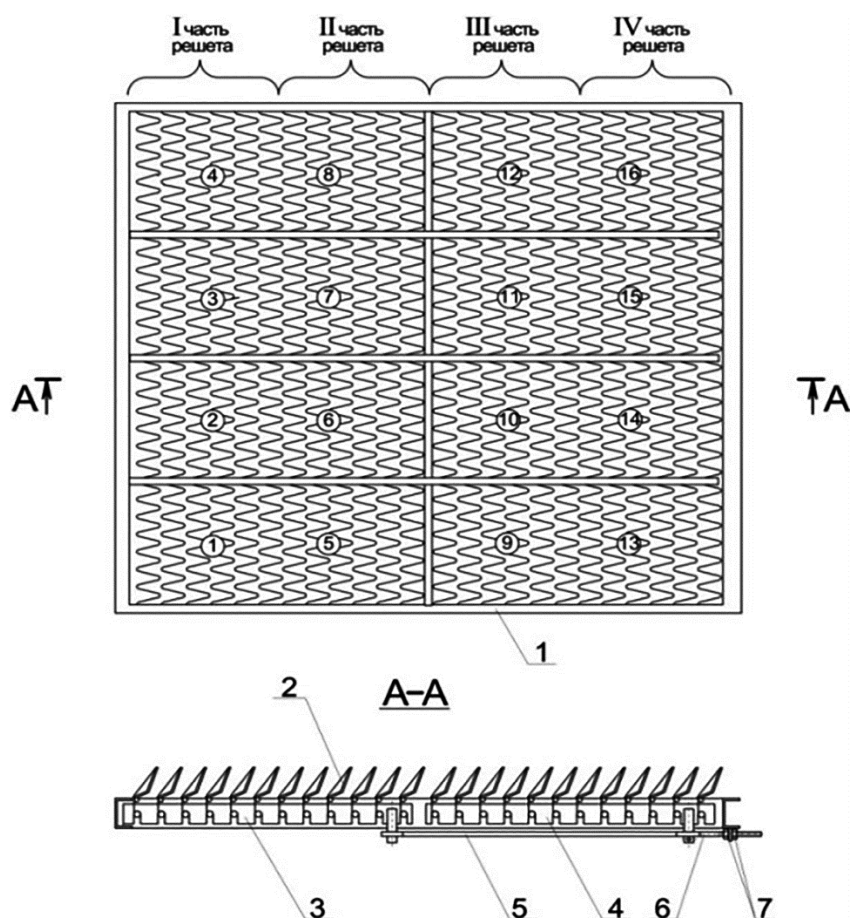
1 – электропитание управления; 2 – рама установки; 3 – электродвигатель с ведущим шкивом; 4 – клиноременная передача; 5 – вентилятор; 6 – верхнее жалюзийное решето; 7 – отверстия для замера скорости воздушного потока на верхнем решете; 8 – регулятор наклона лепестков жалюзийных решет; 9 – нижнее жалюзийное решето; 10 – направлятель воздушного потока

Рисунок 3 – Лабораторный стенд для исследования параметров воздушного потока очистки комбайна

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования

Уровень варьирования	Факторы				
	раствор планок жалюзи I половины верхнего решета, X_1 мм (b)	раствор планок жалюзи II половины верхнего решета, X_2 мм (c)	раствор планок жалюзи нижнего решета, X_3 мм (d)	угол наклона направлятеля воздушного потока, X_4 град (a)	средняя скорость воздуха в диффузоре вентилятора, X_5 м/с (v)
-1	6	6	6	-15	8
0	8	8	10	0	10,25
+1	12	12	14	15	12,5
Интервал варьирования	6	6	4	15	2,25
-1,596	2	2	2	-24	6,66
+1,596	23	23	16	24	13,84

На рисунке 4 представлена схема расположения точек замера скоростей воздушного потока (вид сверху).



- 1 – рама верхнего решета; 2 – лепестки; 3 – регулировочная планка I половины решета;
4 – регулировочная планка II половины решета; 5, 6 – тяги планок;
7 – регулировочные гайки угла раствора лепестков

**Рисунок 4 – Расположение точек для замера скоростей
воздушного потока на верхнем решете и узлы регулировки
I и II половин верхнего решета лабораторного стенда**

Замеры проводятся в плоскости просвета рядов лепестков у вершины лепестка с помощью термоанемометра DT-8880.

Всего необходимо провести 43 опыта в трех повторностях согласно матрицы многофакторного эксперимента, представленной в таблице 2.

Математическая обработка полученных данных и проверка на адекватность полученных уравнений регрессии выполняется согласно методическим указаниям Ю. П. Адлера [3].

В результате будут получены 4 уравнения регрессии следующего вида:

$$y_i = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{li} x_i^2 \quad (1)$$

где u_i – средняя скорость воздушного потока на i -ой части решета.

Таблица 2 – Матрица композиционного плана многофакторного эксперимента

Номер	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Номер	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	-1	-1	-1	-1	-1	23	-1	1	1	-1	1
2	1	-1	-1	-1	-1	24	1	1	1	-1	1
3	-1	1	-1	-1	-1	25	-1	-1	-1	1	1
4	1	1	-1	-1	-1	26	1	-1	-1	1	1
5	-1	-1	1	-1	-1	27	-1	1	-1	1	1
6	1	-1	1	-1	-1	28	1	1	-1	1	1
7	-1	1	1	-1	-1	29	-1	-1	1	1	1
8	1	1	1	-1	-1	30	1	-1	1	1	1
9	-1	-1	-1	1	-1	31	-1	1	1	1	1
10	1	-1	-1	1	-1	32	1	1	1	1	1
11	-1	1	-1	1	-1	33	-1,596	0	0	0	0
12	1	1	-1	1	-1	34	1,596	0	0	0	0
13	-1	-1	1	1	-1	35	0	-1,596	0	0	0
14	1	-1	1	1	-1	36	0	1,596	0	0	0
15	-1	1	1	1	-1	37	0	0	-1,596	0	0
16	1	1	1	1	-1	38	0	0	1,596	0	0
17	-1	-1	-1	-1	1	39	0	0	0	-1,596	0
18	1	-1	-1	-1	1	40	0	0	0	1,596	0
19	-1	1	-1	-1	1	41	0	0	0	0	-1,596
20	1	1	-1	-1	1	42	0	0	0	0	1,596
21	-1	-1	1	-1	1	43	0	0	0	0	0
22	1	-1	1	-1	1	-	-	-	-	-	-

Закключение. *Использование данной методики и комплекта лабораторного оборудования позволит получить данные по количественным показателям воздушного потока и особенностям его распределения в зависимости от регулировок элементов воздушно-решетной системы.*

Список источников

1. Zhan Zhao, Yaoming Li, Jin Chen, Jiaojiao Xu. Grain separation loss monitoring system in combine harvester // Computers and Electronics in Agriculture. 2011. Vol. 76. Issue 2. PP. 183–188.
2. Myhan R., Jachimeczyk E. Grain separation in a straw walker unit of a combine harvester: Process model // Biosystems Engineering. 2016. Vol. 145. PP. 93–107.
3. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий. М. : Наука, 1976. 139 с.

References

1. Zhan Zhao, Yaoming Li, Jin Chen, Jiaojiao Xu. Grain separation loss monitoring system in combine harvester. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2011;76;2:183–188.
2. Myhan R., Jachimczyk E. Grain separation in a straw walker unit of a combine harvester: Process model. *Biosystems Engineering*, 2016;145:93–107.
3. Adler Yu. P., Markova E. V., Granovsky Yu. V. *Planning experiments in the search for optimal conditions*, Moscow, Nauka, 1976, 139 p. (in Russ.).

© Сахаров В. А., Липкань А. В., Кувшинов А. А., 2024

Статья поступила в редакцию 29.03.2024; одобрена после рецензирования 07.05.2024; принята к публикации 07.06.2024.

The article was submitted 29.03.2024; approved after reviewing 07.05.2024; accepted for publication 07.06.2024.