

Научная статья

УДК 631.354.2

EDN DDVYIF

DOI: 10.22450/19996837_2023_3_88

Применение отработавших газов для снижения влажности зерна во время уборки

**Александр Александрович Крючков¹, Ирина Александровна Лонцева²,
Алексей Александрович Кислов³, Юрий Борисович Курков⁴,
Екатерина Ивановна Решетник⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ kaa4401_bl@mail.ru, ² largoil@mail.ru, ³ alekkislov@mail.ru, ⁴ kurkov1@mail.ru

Аннотация. В статье проведен краткий анализ технологии уборки зерновых культур. Установлено, что в силу природно-климатических причин и особенностей возделываемых сортов влажность зерна в бункере превышает кондиционную. Это приводит к снижению экономической эффективности процесса уборки. Такое зерно необходимо в кратчайшие сроки подвергнуть дополнительной обработке, направленной на снижение влажности, иначе происходящие в нем сложные биохимические процессы приведут к потере товарных, семенных, посевных качеств. Использование сушилок различного типа в составе зерноочистительно-сушильных комплексов не всегда способно обеспечить оперативное снижение влажности зерна, в силу этого неизбежны большие потери. В этой связи предложена схема зерноуборочного комбайна, в которой тепло, отводимое от двигателя внутреннего сгорания, используется на нагрев зерна, движущегося по зерновому элеватору. Приведена подробная схема движения отработавших газов с учетом допустимых температур и времени воздействия на поток зерна. После нагрева зерно теряет часть влаги, что улучшает его качества. Определена удельная теплоемкость, позволяющая установить необходимое количество теплоты для снижения влажности зерна на один процент. Также определены показатели усушки и изменения массы зерна после его нагрева.

Ключевые слова: влажность зерна, зерноуборочный комбайн, двигатель внутреннего сгорания, предварительная сушка, схема движения газов

Для цитирования: Крючков А. А., Лонцева И. А., Кислов А. А., Курков Ю. Б., Решетник Е. И. Применение отработавших газов для снижения влажности зерна во время уборки // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 88–96. doi: 10.22450/19996837_2023_3_88.

Original article

The use of exhaust gases to reduce grain moisture during harvesting

**Aleksandr A. Kryuchkov¹, Irina A. Lontseva²,
Aleksey A. Kislov³, Yurii B. Kurkov⁴, Ekaterina I. Reshetnik⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹ kaa4401_bl@mail.ru, ² largoil@mail.ru, ³ alekkislov@mail.ru, ⁴ kurkov1@mail.ru

Abstract. The article provides a brief analysis of the technology for harvesting grain crops. It has been established that, due to natural and climatic reasons and the characteristics of the cultivated varieties, the moisture content of the grain in the bunker exceeds the standard level. This leads to a decrease in the economic efficiency of the process harvesting. Such grain must be subjected to additional processing as soon as possible, aimed at reducing moisture; otherwise the complex biochemical processes occurring in it will lead to the loss of marketable, seed and sowing qualities. The use of dryers of various types as part of grain cleaning and drying complexes is not always

able to ensure a rapid reduction in grain moisture content; therefore, large losses are inevitable. In this regard, a scheme for a grain harvester has been proposed, in which the heat removed from the internal combustion engine is used to heat the grain moving through the grain elevator. A detailed diagram of the movement of exhaust gases is given, taking into account permissible temperatures and time of exposure to the grain flow. After heating, the grain loses some of its moisture, which improves its quality. The specific heat capacity has been determined, which makes it possible to determine the required amount of heat to reduce grain moisture by one percent. Indicators of shrinkage and changes in grain mass after heating have also been established.

Keywords: grain moisture, grain harvester, internal combustion engine, pre-drying, gas movement pattern

For citation: Kryuchkov A. A., Lontseva I. A., Kislov A. A., Kurkov Yu. B., Reshetnik E. I. *Primenenie otrabotavshikh gazov dlya snizheniya vlazhnosti zerna vo vremya uborki* [The use of exhaust gases to reduce grain moisture during harvesting]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2023; 17; 3: 88–96. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837_2023_3_88.

Введение. Технология снижения влажности зерна – самый важный и в то же время затратный этап подготовки зерна, направленный на сохранение свойств, минимизацию травмирования и обеспечение его высокого качества.

По агротехническим требованиям, согласно ГОСТ 27186–86 «Зерно заготовляемое и поставляемое. Термины и определения», кондиционная влажность зерна таких культур как ячмень, пшеница, овес должна составлять 13–14 %, а уборку можно начинать при влажности 16–18 %. Это значит, что для хранения и дальнейшей переработки зерна необходимо снизить его влажность.

Для осуществления сушки в Амурской области используются сушилки шахтного типа СЗШ, производительностью 20–40 тонн в час, в основном работающие на твердом топливе (угле). Но, зачастую, производительности зерносушильных комплексов недостаточно, чтобы все зерно, убранное за смену группой комбайнов, отправить на доработку. Во влажном зерне происходят биологические процессы дыхания, выделения тепла, прорастания, развития микрофлоры, что приводит к потере его качеств [1–3].

В двигателях внутреннего сгорания (ДВС), установленных на самоходных зерноуборочных комбайнах, большая часть тепла, образуемая в результате сгорания горючей смеси, уходит в атмосферу, не выполнив полезной работы. Предлагаем использовать часть образуемого в результате работы ДВС тепла и направить его на снижение влажности зерна непо-

средственно в комбайне при выполнении технологического процесса [4, 5].

Цель исследований – предложить схему отвода разогретых газов от двигателя внутреннего сгорания к частям комбайна, по которым происходит движение зерна, для предварительной сушки зерновых культур во время уборки.

Материалы и методы исследований. Для большинства почв Амурской области характерно длительное переувлажнение, обусловленное избыточным количеством осадков летом, продолжительной сезонной мерзлотой, тяжелым механическим составом почв и их водно-физическими свойствами [6, 7].

В условиях большой влажности зерновые колосовые культуры, как правило, созревают неравномерно. Способы и средства уборки традиционны и не отличаются от применяемых в других регионах страны. Для уборки используются самоходные зерноуборочные комбайны, выполняющие срез-подбор, обмолот, сепарацию и накопление зерна в бункере.

Зерно повышенной влажности труднее вымолачивается. В этом случае для более качественного обмолота и сепарации рекомендуется использовать зерноуборочные комбайны роторного типа или с комбинированной системой.

Зерноуборочные комбайны роторного типа имеют высокую стоимость, что останавливает сельхозтоваропроизводителей при выборе таких моделей.

Комбайны с комбинированной системой устроены следующим образом: для обмолота зерна используется класси-

ческая система обмолота с молотильным барабаном, а для отделения оставшегося зерна из соломы – роторная часть.

Урожайность зерновых культур в Амурской области равна 1,5–3,0 т/га. Такой показатель является средним. При этом влажность зерна достигает более 15,5 %, что позволяет считать такое зерно влажным [8, 9], и для его хранения необходимы мероприятия по снижению влажности.

Для обеспечения оптимальной работы с максимальной экономической эффективностью целесообразно применять зерноуборочные комбайны с пропускной способностью 5–6 кг/с и шириной захвата жатки 6–7 м, а для качественного обмолота влажной массы – комбинированную молотильно-сепарирующую систему. Наиболее эффективным для данных условий является зерноуборочный комбайн Claas Dominator 370, поставляемый в Амурскую область из КНР. Установка дополнительного оборудования для снижения влажности поступающего в бункер зерна позволит использовать комбайн с максимальной эффективностью [10].

При обработке зерна с целью снижения его влажности происходит процесс испарения влаги, выделяющейся из зерна, и, соответственно, оно теряет в весе. Для этого необходимо определенное количество теплоты.

При выборе параметров температуры и напора воздуха следует учитывать удельную теплоемкость зерна. Этот показатель характеризуется количеством теплоты, необходимой для нагревания одного килограмма зерна на один градус Цельсия.

Удельная теплоемкость зерна определяется выражением (1) [4]:

$$c = c_{\text{сух}} \cdot \frac{100 - W}{100} + c_{\text{вл}} \cdot \frac{W}{100} \quad (1)$$

где $c_{\text{сух}}$, $c_{\text{вл}}$ – удельные теплоемкости соответственно абсолютно сухого вещества зерна и воды, кДж/(кг·К);

W – влажность зерна, %.

Процентное отношение снижения массы зерна (X) определяется выражением (2):

$$X = \frac{100 \cdot (W_1 - W_2)}{100 - W_2} \quad (2)$$

где W_1 , W_2 – исходная и конечная влажность зерна, %.

Заполнение бункера заданного объема происходит с учетом объемной массы зерна (γ), которая зависит от влажности. Чем меньше влажность зерна, тем больше объемная масса.

Значение массы зерна после предварительного снижения влажности составит:

$$M_2 = M_1 - \frac{M_1 \cdot X}{100} \quad (3)$$

где M_1 , M_2 – масса зерна исходная и после прохождения через агент сушки.

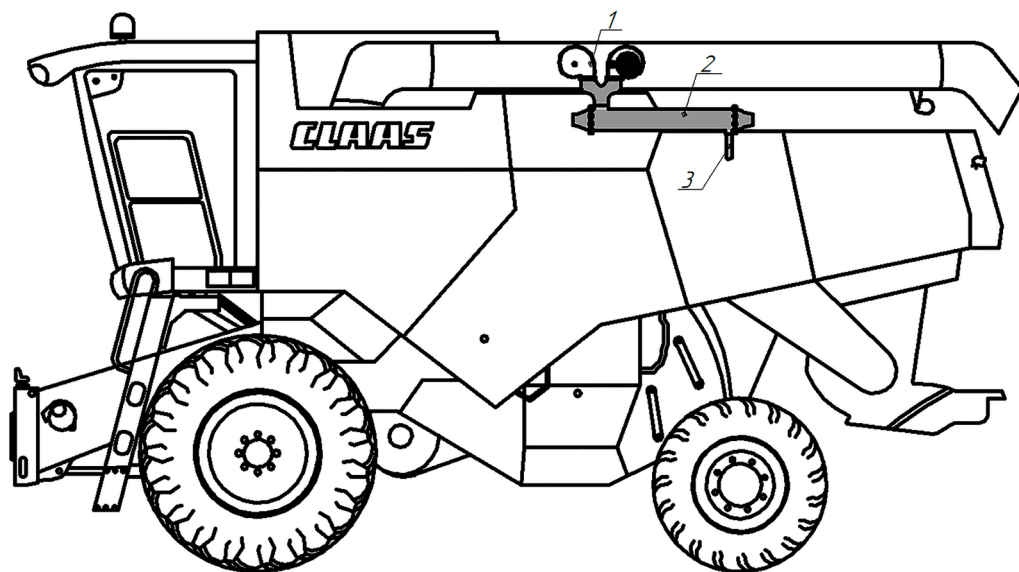
Результаты исследований и их обсуждение. Двигатель внутреннего сгорания расположен в верхней задней части комбайна. Предлагаем тепловую энергию отработавших газов ДВС в виде потока воздуха направить на зерновой шнек и зерновой транспортер (рис. 1).

В качестве сушильного агента используется воздух, подогретый отработанными газами двигателя зерноуборочного комбайна в кожухотрубном теплообменнике. Теплообменник представляет 84 трубы с диаметром 10 мм, через поверхность которых происходит теплообмен. Также в его конструкции находятся 9 перегородок, позволяющих задержать подогреваемый воздух в теплообменнике путем увеличения времени контакта вследствие сложности маршрута.

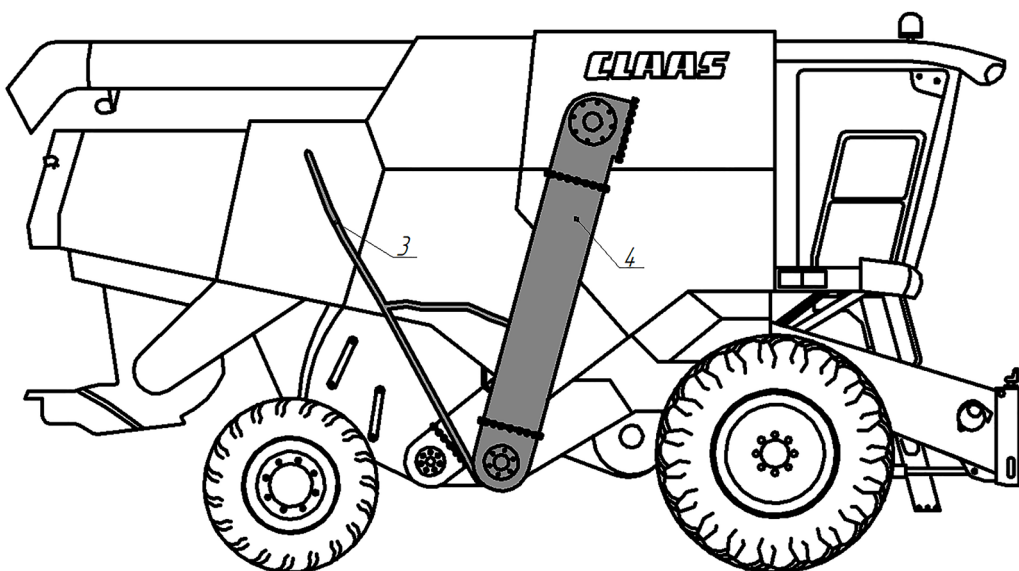
Поток воздуха в теплообменник создают два радиальных вентилятора с высокой производительностью, малым объемом (по 0,08 м³ каждый), низким уровнем шума (табл. 1).

Воздух всасывается в ротор через воздуховод, раскручивается центробежной силой, поддерживаемой лопатками специальной формы. Далее раскрученный поток воздуха перпендикулярно входящему потоку выходит наружу.

В конструкции технологической линии (рис. 2) присутствует механическая заслонка, позволяющая закрывать (откры-



а)



б)

а) вид слева; б) вид справа

1 – радиальный вентилятор; 2 – трубчатый теплообменник;
3 – воздуховод, 4 – зерновой элеватор

Рисунок 1 – Схема модернизированного комбайна с подачей нагретого воздуха к зерновому транспортеру

Figure 1 – Diagram of a modernized combine with heated air supplied to the grain conveyor

вать) подачу выхлопных газов в теплообменник. Это устройство позволяет увеличить ресурс труб теплообменника, так как со временем, в результате воздействия высоких температур, трубки могут выгореть и тем самым нарушить герметичность. Прорыв выхлопных газов в систему под-

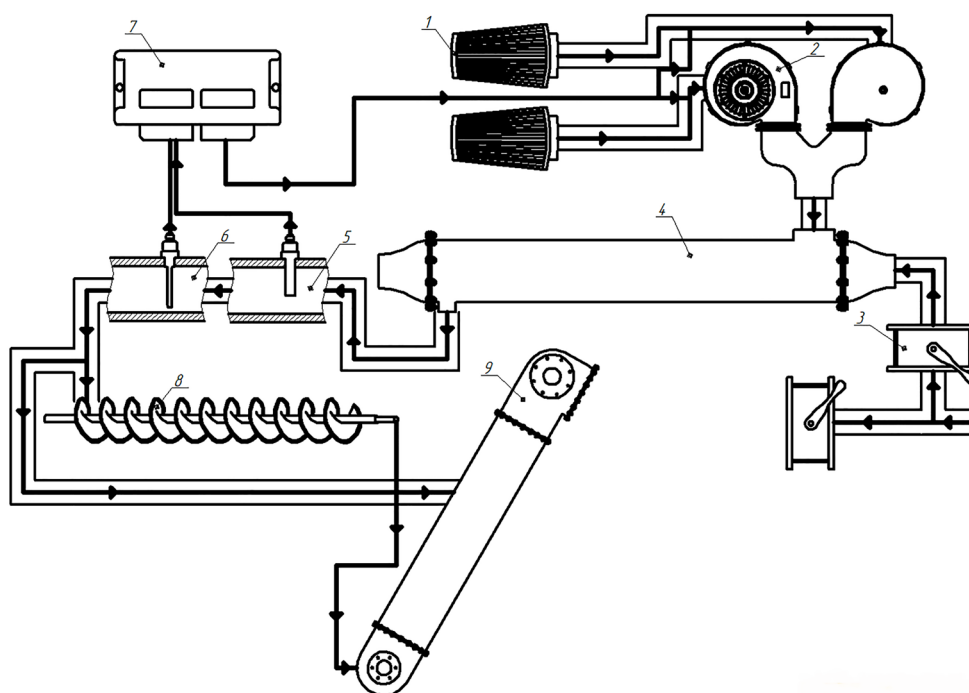
сушивания зерна ухудшит его посевные и продовольственные свойства.

Сушильный агент от теплообменника поступает в тепловой трубопровод (транспортную линию), где происходят основные тепловые потери. Во избежание потерь необходим теплоизоляционный мате-

Таблица 1 – Основные характеристики вентилятора

Table 1 – Main characteristics of the fan

Характеристики	Значение
Конструкция	радиальный
Вес, кг	2
Производительность, м ³ /ч	650
Питание, В	24
Степень защиты	IP 68 (изолирован от пыли)
Сила тока, А	7,5



1 – фильтр нулевого сопротивления; 2 – радиальный вентилятор; 3 – механическая заслонка; 4 – трубчатый теплообменник; 5 – датчик прорыва выхлопных газов; 6 – датчик температуры сушильного агента; 7 – электронный блок управления; 8 – зерновой шнек, 9 – зерновой элеватор

Рисунок 2 – Схема движения отработавших газов

Figure 2 – Exhaust gas flow diagram

риал (например, фольгированный базальтовый картон). Этот материал обладает рядом положительных качеств, способствующих обеспечению наибольшей эффективности процесса.

В трубопроводе размещены датчики (рис. 2): термодатчик (6) считывает температуру сушильного агента, позволяя регулировать ее путем изменения подачи воздуха в теплообменник и уменьшая время контакта подогреваемого воздуха; датчик

прорыва газов (5), который в случае прогорания труб или швов теплообменника оповещает механизатора о необходимости прекратить технологический процесс.

На конечном этапе тепловой агент попадает к месту сушки (зерновой шнек и зерновой элеватор комбайна); сушильный агент движется навстречу потоку зерновой массы. Сушильный агент, проходя через слой зерна и забирая влагу, выходит в окружающую среду. Температура су-

шильного агента равна около 120 °С в зависимости от убираемой культуры, потока зерновой массы и исходной влажности. Продолжительность нахождения зерна под действием такой температуры с учетом движения по зерновому шнеку и элеватору составляет около 10 секунд. Этого времени достаточно, чтобы температура зерна составила 40–60 °С. В процессе движения зерновая масса перемешивается, происходит перераспределение тепла между соседними семенами.

Предлагаемое решение позволит снизить влажность зерна на 1–2 % в зависимости от исходной.

В таблице 2 представлены основные показатели влажности зерна во время уборки и количество теплоты, которое необходимо для увеличения температуры одного килограмма зерна на один градус Цельсия. Данные показатели рассчитаны нами с использованием выражения (1).

Из полученных значений видно, что количество теплоты, необходимое для нагрева, незначительно коррелирует с показателем влажности убираемого зерна и составляет 2 кДж/(кг·К).

При снижении влажности зерна на один процент коэффициент усушки в среднем составляет 1,1–1,3 (выражение

(2)), что позволяет использовать объем бункера зерноуборочного комбайна более эффективно.

На единицу исходной массы зерна ($M_1=1$) показатель массы зерна после прохождения через сушильный агент составит ($M_2=0,97–0,99$), что существенно скажется на экономии последующих затрат при проведении процессов на стационарном оборудовании.

Заключение. В ходе анализа предлагаемого технического решения для зерноуборочного комбайна установлено, что снижение влажности зерна в комбайне на 1–2 % позволит:

- 1) увеличить коэффициент полезного действия двигателя внутреннего сгорания;
- 2) улучшить качество и скорость разгрузки комбайна за счет улучшения сыпучести подсушенной массы;
- 3) уменьшить затраты топлива на транспортировку за счет снижения показателя массы подсушенного зерна;
- 4) улучшить сохранность вороха до начала работы с ним на зерноочистительно-сушильном оборудовании;
- 5) снизить затраты на послеуборочную обработку зерновой массы.

Таблица 2 – Показатели влажности и удельной теплоемкости

Table 2 – Indicators of moisture and specific heat capacity

Влажность зерна, %	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·с)
15	1,9460
16	1,9724
17	1,9988
18	2,0252
19	2,0516
20	2,0780

Список источников

1. Ряднов А. И., Зверев В. Г. Сушка зерна при уборке // Сельский механизатор. 2014. № 9. С. 7.
2. Волхонов М. С., Зимин И. Б., Седов И. Г., Смирнов Д. А. Инновационная технология приема и временного хранения высоковлажного и засоренного зернового вороха на базе установок активного вентилирования // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3 (40). С. 29–38. DOI: 10.56323/23088583_2022_03_29.

3. Рахманов Э. К., Бердимуратов Х. Т. Расчет снижения массы при сушке зерна при высокой влажности // *Universum: технические науки*. 2023. № 3–3 (108). С. 30–32.
4. Крючков А. А., Кислов А. А. Способ сушки зерна в комбайне путем продувания теплым воздухом, полученным из энергии выхлопных (отработанных) газов // *Актуальные вопросы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022*. С. 150–155. DOI: 10.22450/9785964205777_150.
5. Бирюков А. Л., Гайдидей С. В., Зефирова И. В., Кузнецова Н. И. Использование теплоты двигателя комбайна для сушки зерна при прямом комбайнировании // *АгроЗооТехника*. 2020. Т. 3. № 2. С. 3. DOI: 10.15838/alt.2020.3.2.3.
6. Бумбар И. В., Тихончук П. В., Мазур В. В., Кувшинов А. А. К оценке агротехнических сроков посева и уборки основных сельскохозяйственных культур в Амурской области // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2020. № 3 (55). С. 18–25. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13029.
7. Lontseva I., Sennikov V. Improving the efficiency of combine harvesters // *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021)*. Springer, Cham, 2022, Vol. 353. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8_47.
8. Каримов В. Д., Лепихин К. О. Технология сушки зерна в зерносушилках // *Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения : материалы LIV студен. науч.-практ. конф. Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020*. С. 285–290.
9. Khamtay Vongxaaya, Darunee Jothityangkoon, Danuphol Ketthaisong, Jaquie Mitchell, Phetmanyseng Xangsayasane, Shu Fukai. Effects of introduction of combine harvester and flatbed dryer on milling quality of three glutinous rice varieties in Lao PDR // *Plant Production Science*. 2019. Vol. 22. No. 1 P. 77–87. DOI: 10.1080/1343943X.2018.1532303.
10. Николаев В. А., Кряклина И. В., Шешунова Е. В. Контактная сушка зерна в зерноуборочном комбайне // *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2020. № 4 (33). С. 73–77. DOI: 10.35523/2307-5872-2020-33-4-73-77.

References

1. Ryadnov A. I., Zverev V. G. Sushka zerna pri uborke [Grain drying during harvesting]. *Sel'skii mekhanizator. – Rural Mechanic*, 2014; 9: 7 (in Russ.).
2. Volkonov M. S., Zimin I. B., Sedov I. G., Smirnov D. A. Innovatsionnaya tekhnologiya priema i vremennogo khraneniya vysokovlazhnogo i zasorennogo zernovogo vorokha na baze ustanovok aktivnogo ventilirovaniya [Innovative technology for receiving and temporary storage of high-moisture and clogged grain heaps based on active ventilation units]. *Izvestiya Velikolukskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. – Proceedings of the Velikiye Luki State Agricultural Academy*, 2022; 3 (40): 29–38. DOI: 10.56323/23088583_2022_03_29 (in Russ.).
3. Rakhmanov E. K., Berdimuradov Kh. T. Raschet snizheniya massy pri sushke zerna pri vysokoi vlazhnosti [Calculation of weight reduction when grain drying at high humidity]. *Universum: tekhnicheskie nauki. – Universum: Technical Sciences*, 2023; 3–3 (108): 30–32 (in Russ.).
4. Kryuchkov A. A., Kislov A. A. Sposob sushki zerna v kombaine putem prodvaniya teplym vozdukhom, poluchennym iz energii vykhlopnykh (otrabotannykh) gazov [A method of grain drying in a combine by blowing with warm air obtained from the energy of exhaust (waste) gases]. *Proceedings from Current issues of energy in the agro-industrial complex: Vserossiiskaya (natsional'naya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya – All-Russian (National) Scientific and*

Practical Conference. (PP. 150–155), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2022. DOI: 10.22450/9785964205777_150 (in Russ.).

5. Biryukov A. L., Gaididei S. V., Zefirov I. V., Kuznetsova N. I. Ispol'zovanie teploty dvigatelya kombaina dlya sushki zerna pri pryamom kombainirovanii [The use of the heat of a combine engine to dry grain during direct combining]. *AgroZooTekhnika. – Agrozootechnics*, 2020; 3; 2: 3. DOI: 10.15838/alt.2020.3.2.3 (in Russ.).

6. Bumber I. V., Tikhonchuk P. V., Mazur V. V., Kuvshinov A. A. K otsenke agrotekhnicheskikh srokov poseva i uborki osnovnykh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Amurskoi oblasti [To the evaluation of the agrotechnical timing of sowing and harvesting of main agricultural crops in the Amur region]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2020; 3 (55): 18–25. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13029 (in Russ.).

7. Lontseva I., Sennikov V. Improving the efficiency of combine harvesters. Proceedings from Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021). Springer, Cham, 2022; 353. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8_47.

8. Karimov V. D., Lepikhin K. O. Tekhnologiya sushki zerna v zernosushilkakh [Technology of grain drying in grain dryers]. Proceedings from Topical issues of science and economy: new challenges and solutions: *LIV Studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya – LIV Student Scientific and Practical Conference*. (PP. 285–290), Tyumen', Gosudarstvennyi agrarnyi universitet Severnogo Zaural'ya, 2020 (in Russ.).

9. Khamtay Vongxayya, Darunee Jothityangkoon, Danuphol Ketthaisong, Jaquie Mitchell, Phetmanyseng Xangsayyasane, Shu Fukai. Effects of introduction of combine harvester and flatbed dryer on milling quality of three glutinous rice varieties in Lao PDR. *Plant Production Science*, 2019; 22; 1: 77–87. DOI: 10.1080/1343943X.2018.1532303.

10. Nikolaev V. A., Kryaklina I. V., Sheshunova E. V. Kontaktnaya sushka zerna v zernouborochnom kombaine [Contact drying of grain in a combine harvester]. *Agrarnyi vestnik Verkhnevolzh'ya. – Agrarian Bulletin of the Upper Volga region*, 2020; 4 (33): 73–77. DOI: 10.35523/2307-5872-2020-33-4-73-77 (in Russ.).

© Крючков А. А., Лонцева И. А., Кислов А. А., Курков Ю. Б., Решетник Е. А., 2023

Статья поступила в редакцию 30.08.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; принята к публикации 13.09.2023.

The article was submitted 30.08.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 13.09.2023.

Информация об авторах

Крючков Александр Александрович, студент магистратуры, Дальневосточный государственный аграрный университет, kaa4401_bl@mail.ru;

Лонцева Ирина Александровна, кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: 0000-0001-9326-3317, Author ID: 552398, largoil@mail.ru;

Кислов Алексей Александрович, кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 952434, alekkislov@mail.ru;

Курков Юрий Борисович, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 362071, kurkov1@mail.ru;

Решетник Екатерина Ивановна, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 690318

Information about authors

Aleksandr A. Kryuchkov, Master's Degree Student, Far Eastern State Agrarian University, kaa4401_bl@mail.ru;

Irina A. Lontseva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, ORCID: 0000-0001-9326-3317, Author ID: 552398, largoil@mail.ru;

Aleksey A. Kislov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, Author ID: 952434, alekkislov@mail.ru;

Yurii B. Kurkov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, Author ID: 362071, kurkov1@mail.ru;

Ekaterina I. Reshetnik, Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, Author ID: 690318

Вклад авторов:

Крючков А. А. – идея; сбор материала; обработка материала;

Лонцева И. А. – обработка материала; написание статьи;

Кислов А. А., Курков Ю. Б., Решетник Е. И. – написание статьи

Contribution of the authors:

Kryuchkov A. A. – idea; material collection; material processing;

Lontseva I. A. – material processing; writing an article;

Kislov A. A., Kurkov Yu. B., Reshetnik E. I. – writing an article

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.