

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.365.22

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-4-34-39>**Хозяйственная проверка технологии осциллирующей сушки зерна***М.Г. Загоруйко¹, И.А. Башмаков²*^{1,2}Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; г. Москва, Россия¹zagorujko.misha2013@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7826-3773>²i-go-r-2015@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0511-2880>

Аннотация. Осциллирующая сушка в зерносушилках позволяет повышать температуру сушильного агента без изменения конечной температуры материала. Исследования осциллирующего режима сушки в основном ограничены псевдооживленным и плотным неподвижным слоем. Режимы осциллирующей сушки в опускающемся плотном слое, характерном для большинства колонковых и шахтных зерносушилок, практически не изучены. Исследования проведены с целью определения эффективности осциллирующей сушки и адекватности основных параметров работы зерносушилки СЗТ-16. Хозяйственную проверку зерносушилки провели в фермерском хозяйстве Саратовской области. В шахтной зерносушилке СЗТ-16 исследовали 6 режимов сушки зерна при постоянной и переменной температуре агента. Зерно высушивали от исходной влажности 19% до 12...13%. Осциллирующий режим организовывали отключением топки, через которую подавали агент сушки в сушилку. В рамках исследуемых режимных параметров обнаружили, что при осциллирующем режиме обеспечивается безопасная и энергоэффективная сушка: температура зерна изменяется в пределах $\pm 2...4^{\circ}\text{C}$ от его предельно допустимых значений, а средняя температура отработанного агента сушки – на 2...3 $^{\circ}\text{C}$ ниже, чем при использовании постоянного температурного режима. Для реализации безопасной работы жидкостной топки с периодами нагрева и охлаждения не менее 8 мин допускается охлаждение топки до температуры не выше 45 $^{\circ}\text{C}$ при ступенчатой подаче топлива во время пуска. Применение осциллирующего режима сушки на зерносушилках с постоянным температурным режимом (при постоянной подаче агента сушки) позволит увеличить их производительность за счет интенсификации процесса сушки, а также снизить удельные затраты топлива (до 13%). Результаты исследований позволяют решить проблему снижения энергоемкости процесса сушки зерна за счет модернизации зерносушилок с постоянным температурным режимом работы.

Ключевые слова: зерносушилка; осциллирующая сушка; зерно; влажность зерна; температура зерна; температура агента

Для цитирования: Загоруйко М.Г., Башмаков И.А. Хозяйственная проверка технологии осциллирующей сушки зерна // Агроинженерия. 2025. Т. 27, № 4. С. 34-39. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-4-34-39>

ORIGINAL ARTICLE

On-farm test of the oscillating grain drying technique*M.G. Zagoruiko¹, I.A. Bashmakov²*^{1,2}Federal Scientific Agroengineering Center VIM; Moscow, Russia¹zagorujko.misha2013@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7826-3773>²i-go-r-2015@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0511-2880>

Abstract. Oscillating drying in grain dryers implies that the temperature of the drying agent can be increased without changing the final temperature of the material. Research on oscillating drying modes is mainly limited to fluidized and dense fixed beds. There still have been little studies on the oscillating drying modes in descending dense beds, which are typical for most column and shaft grain dryers. The study aimed to determine the effectiveness of oscillating drying and the adequacy of the main operating parameters of the SZT-16 grain dryer. The grain dryer was tested on a farm in the Saratov region. Six grain drying modes were studied in the SZT-16 shaft grain dryer at constant and variable agent temperatures. The grain was dried from an initial moisture content of 19% to 12-13%. The oscillating mode was actuated by switching off the furnace unit, through which the drying agent was fed into the dryer. Within the studied mode parameters, it was found that the oscillating mode ensures safe and energy-efficient drying: the grain temperature varies within ± 2 to 4 $^{\circ}\text{C}$ from its maximum permissible values,

and the average temperature of the spent drying agent is 2-3°C lower than when using a constant temperature mode. To ensure safe operation of the liquid furnace with heating and cooling periods of at least eight minutes, the furnace unit may be cooled to a temperature not exceeding 45°C with a stepwise fuel supply during the start-up. The use of an oscillating drying mode in grain dryers operating at a constant temperature (with the constant supply of a drying agent) will increase their throughput capacity by intensifying the drying process and reducing specific fuel consumption (up to 13%). The study results will help solve the problem of reducing the energy intensity of grain drying by modernizing grain dryers with a constant temperature mode.

Keywords: grain dryer; oscillating drying; grain; moisture content of grain; grain temperature; agent temperature

For citation: Zagoruiko M.G., Bashmakov I.A. On-farm test of the oscillating grain drying technique. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2025;27(4):34-39 (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-4-34-39>

Введение

Сушка повышает качество зерна и семян и является обязательным этапом технологического процесса производства сельскохозяйственной продукции в условиях повышенной влажности. Зерно, высушенное до оптимального уровня влажности, способно храниться в течение длительного времени, обеспечивая тем самым сохранность продукта и возможность его дополнительного производства и консервации. Это в свою очередь позволяет использовать часть посевных площадей для выращивания альтернативных культур, что дает значительный экономический эффект в масштабах страны [1, 2].

Инновационные технологии сушки предусматривают переменный теплоподвод, который по сравнению с постоянным характеризуется существенным снижением удельных затрат теплоты [3, 4]. Одной из таких применяемых технологий является осциллирующая сушка, позволяющая повышать температуру сушильного агента без увеличения конечной температуры материала [5, 6].

Известные исследования осциллирующего режима сушки в основном ограничены рассмотрением псевдооживленного и плотного неподвижного слоя [7-9]. Режимы осциллирующей сушки в опускающемся плотном слое, характерном для большинства колонковых и шахтных зерносушилок, практически не исследованы. Однако эти режимы могут внести наибольший вклад в разработку энергосберегающей технологии сушки семян и зерна наряду с двухэтапной и изотермическими технологиями [10, 11].

Необходимо определить эффективность осциллирующего режима сушки в рамках экономических параметров, уделив особое внимание сушилке СЗТ-16. Отметим, что на эффективность режимов сушки влияет множество факторов, которые сложно спрогнозировать. Например, при неисправности топки (забивание горелки) возможны колебания в подаче агента сушки, что вызывает перегрев зерна либо его недогрев и увеличение времени сушки. Нарушение эксплуатации, механические повреждения, забивание

решет зерносушилки тоже отрицательно сказываются на процессе сушки и его результатах.

Цель исследований: определить эффективность осциллирующей сушки и адекватность основных параметров работы зерносушилки СЗТ-16.

Материалы и методы

Хозяйственную проверку осциллирующей сушки провели в фермерском хозяйстве «КФХ Вязов В.В.» Екатериновского района Саратовской области. В шахтной зерносушилке СЗТ-16 исследовали 6 режимов сушки зерна при постоянной и переменной температуре агента.

Зерно высушивали от исходной влажности ~19% до конечной 12...13%. Осциллирующий режим организовывали периодическим отключением топki, через которую подавали сушильный агент в сушилку. Характеристики исследуемых режимов при проведении испытаний представлены в таблице 1.

При осциллирующей сушке этап цикла «Сушка» включает в себя нагрев и охлаждение, а далее, по окончании процесса сушки, – охлаждение зерна и выгрузка.

Циклическая сушка подразумевает очередность этапов: загрузка – сушка – охлаждение – выгрузка зерна.

Продолжительность циклического процесса сушки (опыты 1, 2, 4, 5), включающего в себя сушку и охлаждение, в среднем составляет около 2-3 ч. Для осциллирующей сушки цикл 16 мин (8 мин нагрев и 8 мин охлаждение) выбран согласно расчету по эксперименту на лабораторной установке, а цикл в 40 мин (20 мин нагрев и 20 мин охлаждение) – из условий повторного включения жидкостной топki по достижении температуры ее топочной камеры не более 35°C. Анализ включал в себя измерение влажности зерна, а также влажность и температуру поступающего и отработанного агента сушки в процессе нагрева ($\tau_{\text{н}}$) и охлаждения ($\tau_{\text{ох}}$). Отметим, что во время циклического процесса сушки охлаждающий вентилятор не работал, и зерно оставалось охлаждаться в охладительной камере.

Таблица 1

Исходные данные для проведения исследований

Table 1

Initial data for conducting research

| № опыта <i>No. of experiments</i> | Режим работы сушилки <i>Grain dryer operating mode</i> | Температура агента сушки, °С <i>Drying agent temperature, °C</i> |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | При постоянной температуре <i>At constant temperature</i> | Циклическая сушка / <i>Cyclic drying</i> |
| 2 | | Циклическая сушка / <i>Cyclic drying</i> |
| 3 | | Поточная сушка / <i>In-line drying</i> |
| 4 | Осциллирующая сушка <i>Oscillating drying</i> | Циклическая сушка (20 мин нагрев + 20 мин охлаждение) <i>Cyclic drying (20 min heating + 20 min cooling)</i> |
| 5 | | Циклическая сушка (8 мин нагрев + 8 мин охлаждение) <i>Cyclic drying (8 min heating + 8 min cooling)</i> |
| 6 | | Поточная сушка (8 мин нагрев + 8 мин охлаждение) <i>In-line drying (8 min heating + 8 min cooling)</i> |

Продолжительность поточной сушки партии зерна (опыты 3, 6) составляла в среднем 3,5 ч. В течение 2,0-2,5 ч этого времени при установившемся режиме проводили измерения и исследования, аналогичные циклической сушке.

Расход жидкого топлива измеряли по степени его уменьшения в баке (каждые 0,5 ч с погрешностью ±2...3%).

Уровень влажности зерна, как предварительно очищенного, так и высушенного, измеряли с интервалом 5-10 мин. Аналогично температура агента сушки и зерна на выходе из сушильной камеры измерялась с интервалом 5-10 мин. Замеры температуры и относительной влажности отработанного агента сушки проводили в 4 точках по высоте сушилки с фиксацией показаний каждые 20 мин прибором «Терем-4». Расход агента сушки составлял 57 тыс. м³/ч.

Схема движения зерна и агента сушки в зерносушилке СЗТ-16 представлена на рисунке 1.

Процесс работы сушилки выглядит следующим образом.

Предварительно очищенное зерно подается в надсушильный бункер 2 через норию 1. Отсюда зерно поступает в сушильные секции 3, проходит через инвертор 4 и затем поступает в охлаждающие секции 5. Затем зерно подается роторами 6 в разгрузочное устройство 9 и на разгрузочную норию 10. Распределитель потока 14 направляет зерно либо на циркуляцию (работа в режиме «На себя»), либо на дальнейшую обработку. Приготовленный в нагревателе 8 агент сушки подается вентилятором в пространство между шахтами. Затем он проходит через движущийся слой зерна и выводится наружу. Процесс охлаждения осуществляется вентилятором 7,

Работа в режиме рециркуляции / Recirculation mode

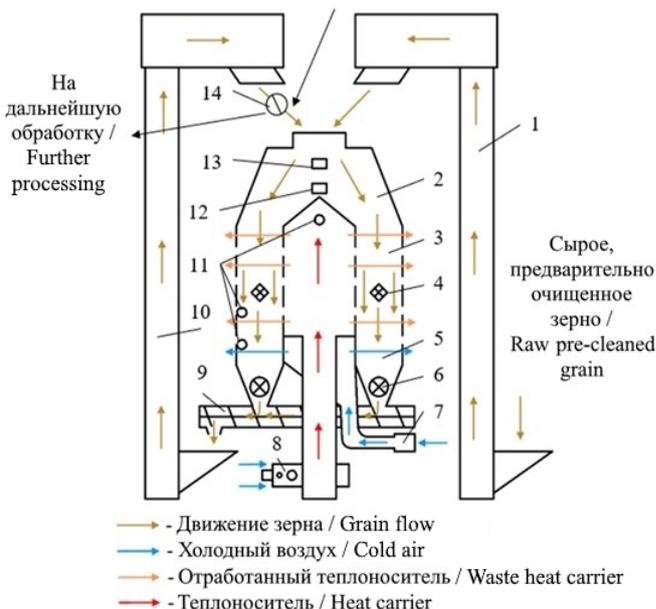


Рис. 1. Технологическая схема сушилки СЗТ-16:

- 1 – загрузочная нория; 2 – надсушильный бункер;
 - 3 – сушильные секции; 4 – инвертор;
 - 5 – охлаждающие секции;
 - 6 – ротор разгрузочного устройства;
 - 7 – вентилятор охлаждения; 8 – нагреватель;
 - 9 – разгрузочное устройство; 10 – разгрузочная нория;
 - 11 – датчик термопреобразователя сопротивления ТСМ;
 - 12 – датчик нижнего уровня зерна;
 - 13 – датчик верхнего уровня зерна;
 - 14 – распределитель потоков зерна
- Fig. 1. Technological design of a SZT-16 dryer:**
- 1 – grain elevator; 2 – drying hopper; 3 – drying sections;
 - 4 – inverter; 5 – cooling sections; 6 – rotor of unloading device;
 - 7 – cooling fan; 8 – heater; 9 – unloading device;
 - 10 – delivery elevator; 11 – sensor of a copper thermal resistance converter (CTRC); 12 – sensor of lower grain level;
 - 13 – sensor of upper grain level; 14 – flow distributor

который подает в секции охлаждения внешний холодный воздух. После охлаждения зерна отработанный теплоноситель выводится из системы.

Результаты и их обсуждение

Основные результаты испытаний приведены на рисунках 2-4 и в таблице 2.

Процесс сушки происходил в период падения скорости сушки (достижения критического

влагосодержания). Характер кривых оставался неизменным в экспериментах, где агент сушки подавался непрерывно или периодически. При осциллирующей сушке колебания максимальной температуры агента сушки составили $\pm 2...3^{\circ}\text{C}$ относительно температуры агента сушки (t_1), а колебания минимальной температуры – $\pm 3...4^{\circ}\text{C}$ относительно наружного воздуха.

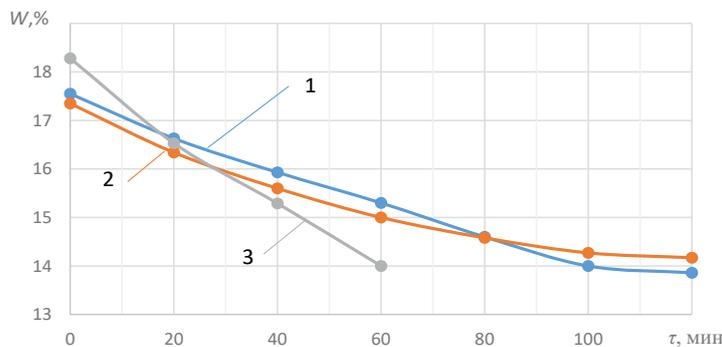


Рис. 2. Зависимость влажности зерна W от времени сушки τ (1, 2, 3 – номера опытов)

Fig. 2. Relationship between grain moisture content W and drying time τ (1, 2, 3 – numbers of experiments)

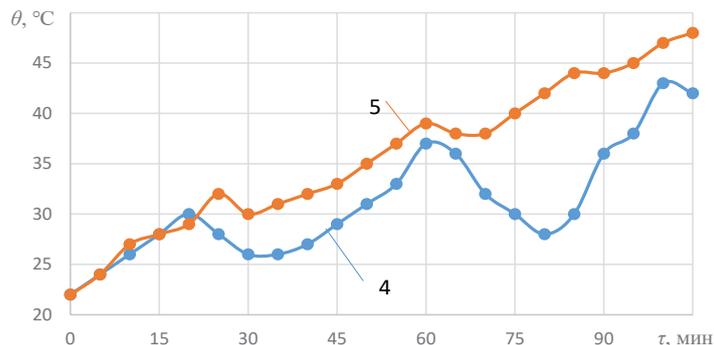


Рис. 3. Температура нагрева зерна θ в зависимости от времени сушки τ (4, 5 – номера опытов)

Fig. 3. Grain heating temperature θ as a function of drying time τ (4,5 – numbers of experiments)

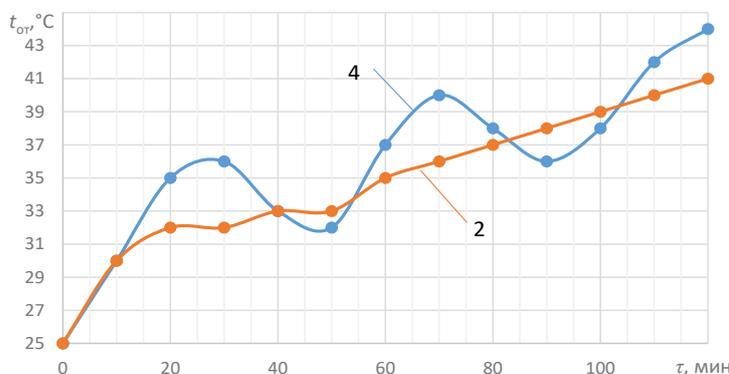


Рис. 4. Изменение температуры отходящего агента сушки t_{ox} от времени сушки τ (2, 4 – номера опытов)

Fig. 4. Variation of removed drying agent temperature t_{ox} depending on drying time τ (2, 4 – numbers of experiments)

Таблица 2

Основные показатели процесса сушки

Table 2

Main indicators of experiments

| Показатель Parameter | № опыта / No. of experiment | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | Постоянная температура Constant temperature | | | Осциллирующий режим Oscillating mode | | |
| Производительность, т/ч / Dryer capacity, t/h | 12,2 | 12,4 | 12,2 | 11,5 | 12,8 | 12,2 |
| Длительность сушки, ч / Drying time, h | 1,9 | 1,25 | – | 2 | 2 | – |
| Влажность зерна, % / Grain moisture content, % | | | | | | |
| – до сушки / before drying | 17,4 | 18,1 | 18,1 | 17,2 | 17,3 | 17,3 |
| – после сушки / after drying | 13,6 | 14,1 | 13,6 | 14,0 | 13,9 | 13,8 |
| Температура зерна после сушки, °С Grain temperature after drying, °C | 42 | 47 | 44 | 39 | 40 | 41 |
| Температура зерна после охлаждения, °С Grain temperature after cooling, °C | 30 | 30 | 34 | 30 | 31 | 29 |
| Снижение влажности зерна, % Reduction of grain moisture content, % | 3,6 | 3,9 | 4,4 | 3,2 | 3,4 | 3,5 |
| Количество испаренной влаги, кг/ч Amount of evaporated moisture, kg/h | 500 | 635 | 619 | 430 | 466 | 490 |
| Расход топлива, кг/ч / Fuel consumption, kg/h | 58,9 | 72,0 | 72,0 | 45,5 | 48,0 | 51,3 |
| Плановая производительность, т/ч / Planned capacity, t/h | 17,6 | 15,6 | 14,5 | 15,6 | 16,3 | 17,3 |
| Снижение удельного расхода топлива, % Specific fuel consumption, % | | – | – | 12,8 | 12,0 | 11,4 |

При цикле 16 мин температура топочной камеры достигала 45...48°C и пуск топки осуществляли по специальной программе с первоначальным пониженным расходом топлива, при этом хлопки отсутствовали.

Зависимости температуры зерна θ от длительности сушки приведены на рисунке 3.

Из графика следует, что 40-минутный цикл допускает более глубокое охлаждение зерна ($\Delta\theta \approx 10^\circ\text{C}$) по сравнению с 16-минутным ($\Delta\theta \approx 3^\circ\text{C}$), соответственно при этом режиме снижается производительность и повышаются удельные затраты тепла (табл. 2).

Изменение температуры отходящего агента сушки ($t_{\text{от}}$) происходит циклически, и с каждым циклом колебания снижаются (рис. 4). Температура $t_{\text{от}}$ для постоянного температурного режима занимает место между крайними значениями $t_{\text{от}}$, смещаясь к наименьшему значению.

Выводы

1. Для реализации осциллирующего режима сушки в зерносушилках типа СЗТ достаточно периодического прекращения подачи агента сушки путем отключения топки. Рекомендуем цикл «8 мин нагрев – 8 мин охлаждение». Допускается повышение

температуры агента сушки до 20°C при осциллирующем режиме сушки в сравнении с постоянным температурным режимом.

2. Осциллирующий режим обеспечивает безопасную и энергоэффективную сушку: температура зерна изменяется в диапазоне $\pm 2...4^\circ\text{C}$ от его предельно допустимой температуры, а средняя температура отработанного агента сушки на 2...3°C ниже, чем при постоянном температурном режиме.

3. Осциллирующий режим эффективен при сушке семенного и продовольственного зерна. Целесообразно охладительную камеру и надсушильный бункер использовать как емкость для отлежки с дополнительным эффектом по снижению удельных затрат тепла.

4. Установленные осциллирующие режимы сушки обеспечивают увеличение пропускной способности сушилки, работающей на постоянном температурном режиме, и при этом удельные затраты топлива снижаются до 13%.

5. Для реализации безопасной работы жидкостной топки с периодами нагрева и охлаждением не менее 8 мин допускается охлаждение топки до температуры не выше 45°C при ступенчатой подаче топлива во время пуска.

Список источников

1. Способ сушки зерна крупносеменных культур и устройство для его осуществления: Патент RU2777161 C1 / М.Г. Загоруйко, С.А. Павлов, И.А. Башмаков, К.А. Степанов. № 2022109194; заявл. 07.04.2022; опубл. 01.08.2022; Бюл. № 22. EDN: CRJLWO
2. Ильюшин Ю.В., Еремеева А.М., Новожилов И.М. Повышение эффективности процесса сушки зерна за счет модернизации сушильных камер // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2023. Т. 16, № 3. С. 25-36. <https://doi.org/10.32603/2071-8985-2023-16-3-25-36>
3. Пучков Е.М., Перов Г.А., Соловьёв С.В. Инновационная технология сушки семян мелкосеменных культур // Аграрная наука. 2023. № 9. С. 161-165. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-161-165>
4. Ключников А.С. Исследование влияния новой технологии сушки на посевные качества семян зерновых культур // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020. № 1. С. 49-60. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-1-49-60>
5. Павлов С.А., Пехальский И.А., Марин Р.А. Экспериментальные исследования массопереноса в зерновке при осциллирующей сушке зерна // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 4. С. 32-37. EDN: WLZXQR
6. Зимин И.Б., Солятьга В.Ю., Смирнов Д.А., Чигулита Е.В. Эффективность применения осциллирующих режимов при сушке элитных семян зерновых культур // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3 (44). С. 46-55. EDN: LFFVZNK
7. Рудобашта С.П., Зуева Г.А., Бабичева Е.Л. Кинетический расчет сушилки периодического действия с псевдооживленным слоем // Известия высших учебных заведений. Серия «Химия и химическая технология». 2024. Т. 67, № 6. С. 109-118. <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20246706.6968>
8. Карпенко Г.В., Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Карпенко М.А. Особенности процесса сушки зерна пшеницы в элементарном слое // Пермский аграрный вестник. 2021. № 4 (36). С. 4-13. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_36_4
9. Kuznetsov Yu.A., Volzhentsev A.V., Kolomeichenko A.V., Kalashnikova L.V. Influence of technological parameters of pseudofluidized layer grain dryer on the grain drying quality // INMATEH – Agricultural Engineering. 2018. Т. 54, № 1. С. 81-86. EDN: XOFSSD
10. Лобачевский Я.П., Пехальский И.А., Павлов С.А. Расчет изотермической сушки зерна // Сельский механизатор. 2019. № 8. С. 22-23. EDN: OQXPP0
11. Загоруйко М.Г., Башмаков И.А., Степанов К.А. Исследование процесса сушки растительных отходов в изотермической модели // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17, № 4. С. 49-54. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2023-17-4-49-54>

Информация об авторах

- ¹ **Загоруйко Михаил Геннадьевич**, д-р техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник; zagorujko.misha2013@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7826-3773>; SPIN-код: 2738-5137, AuthorID: 323776
- ² **Башмаков Игорь Андреевич**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник; i-go-r-2015@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0511-2880>; SPIN-код: 2713-9912, AuthorID: 1130809
- ^{1,2} Федеральное научное агроинженерное учреждение «ВНИИ имени П.П. Лукина», Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 21.01.2025, после рецензирования и доработки 11.06.2025; принята к публикации 16.06.2025

References

1. Zagoruiko M.G., Pavlov S.A., Bashmakov I.A., Stepanov K.A. Method for drying grain of large-seed crops and device for its implementation: Pat. No. 2777161 C1 Russian Federation / No. 2022109194; IPC F26B3/14, 2022. (In Russ.)
2. Ilyushin Yu.V., Eremeyeva A.M., Novozhilov I.M. Increasing the efficiency of grain drying using modernized drying chambers. *LETI Transactions on Electrical Engineering & Computer Science*. 2023;16(3):25-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.32603/2071-8985-2023-16-3-25-36>
3. Puchkov E.M., Perov G.A., Solovyov S.V. Innovative technology of drying seeds of small-seeded crops. *Agrarian Science*. 2023;9:161-165. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-161-165>
4. Klyuchnikov A.S. Study of the influence of new drying technology on the quality of grain seeds. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2020;1:49-60. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-1-49-60>
5. Pavlov S.A., Pekhal'skiy I.A., Marin R.A. Experimental studies of mass transfer in caryopsis at grain oscillating drying. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2016;4:32-37. (In Russ.)
6. Zimin I.B., Soolatte V.Yu., Smirnov D.A., Chigulita E.V. The practical effectiveness of oscillating modes in drying grain crop elite seeds. *Izvestiya Velikolukskoy Gosudarstvennoy Selskokhozyaystvennoy Akademii*. 2023;3(44):46-55. (In Russ.)
7. Rudobashta S.P., Zueva G.A., Babicheva E.L. Kinetics of drying of dispersed material in the apparatus of periodic action with fluidized bed. *ChemChemTech*. 2024;67(6):109-118. (In Russ.) <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20246706.6968>
8. Karpenko G.V., Kurdyumov V.I., Pavlushin A.A., Karpenko M.A. Features of drying wheat grain process in the elementary layer. *Perm Agrarian Journal*. 2021;4(36):4-13. (In Russ.) https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_36_4
9. Kuznetsov Yu.A., Volzhentsev A.V., Kolomeichenko A.V., Kalashnikova L.V. Influence of technological parameters of pseudofluidized layer grain dryer on the grain drying quality. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2018;54(1):81-86.
10. Lobachevsky Ya.P., Pekhalsky I.A., Pavlov S.A. Calculation of isothermal drying of grain. *Selskiy Mekhanizator*. 2019;8:22-23. (In Russ.)
11. Zagoruyko M.G., Bashmakov I.A., Stepanov K.A. Plant waste drying in an isothermal model. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2023;17(4):49-54. (In Russ.) <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2023-17-4-49-54>

Author Information

- Mikhail G. Zagoruiko**¹, DSc (Eng), Associate Professor, Lead Research Engineer; zagorujko.misha2013@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7826-3773>
- Igor A. Bashmakov**², CSc (Eng), Senior Research Engineer; i-go-r-2015@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0511-2880>
- ^{1,2} Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 109428, Russia, Moscow, 1st Institutskiy Proezd Str., 5

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism

Received 21.01.2025; Revised 11.06.2025; Accepted 16.06.2025