

Научная статья
 УДК 631.3
 doi:10.35694/YARCX.2023.62.2.014

ВРЕМЯ ВЫГРУЗКИ И ЗАГРУЗКИ ЗЕРНА В УНИВЕРСАЛЬНУЮ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКУЮ РОТОРНУЮ СУШИЛКУ

Владимир Анатольевич Николаев

Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия
 nikolaev53@inbox.ru, ORCID 0000-0001-7503-6612

Реферат. Большие финансовые затраты на сушку обусловлены как дороговизной сушильно-сортировальных комплексов, так и ограниченным периодом их эксплуатации в течение года. Чтобы использовать сушилку в течение всего года, она должна быть универсальной, то есть качественно сушить без существенной переналадки все материалы и изделия сельскохозяйственного и подсобного производства. Так как конструкция предлагаемой полуавтоматической универсальной роторной сушилки имеет существенные отличия от сушилок, используемых в настоящее время, необходима разработка теории выгрузки зерна из неё и загрузки. В результате исследования взаимодействия элементов, осуществляющих выгрузку и загрузку, с элементами управления внешними и внутренними цилиндрами, между которыми располагается зерно в полуавтоматической роторной сушилке, выявлена общая продолжительность периода выгрузки – 54 секунды и общая продолжительность периода загрузки – 250 секунд. Вычислена угловая скорость вращения внешнего цилиндра при выгрузке и загрузке и при сушке. Установлен период оборота внешнего цилиндра при сушке.

Ключевые слова: универсальная полуавтоматическая роторная сушилка, зерно, выгрузка зерна, загрузка зерна, угловая скорость

TIME OF UNLOADING AND LOADING GRAIN INTO THE UNIVERSAL SEMI-AUTOMATIC ROTARY DRYER

Vladimir A. Nikolaev

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia
 nikolaev53@inbox.ru, ORCID 0000-0001-7503-6612

Abstract. Large financial costs for drying are due to both the high cost of drying and sorting complexes and the limited period of their operation during the year. In order to use the dryer throughout the year, it must be universal, that is, it must dry reliably all materials and products of agricultural and subsidiary production without significant readjustment. Since the design of the proposed semi-automatic universal rotary dryer has significant differences from the dryers currently in use, it is necessary to develop a theory for unloading grain from it and loading it. As a result of research of the interaction of the elements performing unloading and loading with the control elements of outer and inner cylinders, between which the grain is located in a semi-automatic rotary dryer, the total duration of unloading period – 54 seconds and the total duration of loading period – 250 seconds is revealed. The angular velocity of rotation of the outer cylinder during unloading and loading and during drying is calculated. The rotation period of the outer cylinder during drying is set.

Keywords: universal semi-automatic rotary dryer, grain, grain unloading, grain loading, angular velocity

Введение. Полуавтоматическая универсальная роторная сушилка [1] предназначена для качественной энергосберегающей сушки различных сельскохозяйственных материалов, в частности, зерна. В результате анализа взаимодействия высушиваемого сыпучего материала с элементами универсальной полуавтоматической роторной сушилки выявлены кинематические, динамические

и энергетические параметры элементов конструкции, осуществляющих загрузку [2]. Результатом анализа воздействия зерна на выгрузной транспортёр является определение общего вращающего момента, необходимого для привода транспортёра выгрузки [3]. При этом не были исследованы особенности взаимодействия элементов, осуществляющих выгрузку и загрузку, с элементами управле-

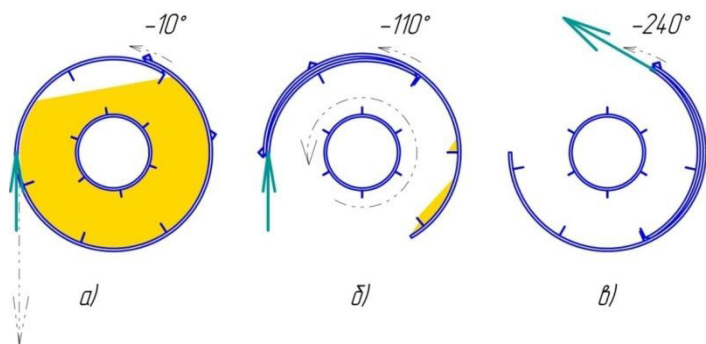


Рисунок 1 – Схема выгрузки сыпучего материала

ния внешними и внутренними цилиндрами, между которыми располагается зерно при сушке.

Внутри каждого внешнего цилиндра посредством лучей внутреннего цилиндра установлен перфорированный внутренний цилиндр с конусом [2]. Внешние цилиндры приводит во вращение электродвигатель привода внешних цилиндров, а внутренние цилиндры – электродвигатель привода внутренних цилиндров посредством цепей привода. Внешние цилиндры закрыты крышками внешних цилиндров. По краям крышек внешних цилиндров установлены ролики, которые входят в направляющие. На каркасе сушилки установлены зацепы. Положением одной пары зацепов управляют гидроцилиндры закрытия внешнего цилиндра, другой – гидроцилиндры открытия внешнего цилиндра. Выгрузку высушенного материала производят внутрь ротора на транспортёр выгрузки из внешнего цилиндра, когда он расположен в положении 1, то есть в верхнем положении [2; 3].

При выгрузке сыпучих материалов пара зацепов частично приоткрывает крышку внешнего цилиндра (рис. 1, а). Поэтапно поворачивая внешний цилиндр и внутренний цилиндр (рис. 1, б), выгружают сыпучий материал. После выгрузки другие зацепы закрывают крышку внешнего цилиндра (рис. 1, в), при его повороте. Высушенный материал скользит по цитам на транспортёр выгрузки, а оттуда – в транспортное средство.

Перед загрузкой зерна пара зацепов входит в зацепление с крышкой внешнего цилиндра (рис. 2,

а) и при повороте внешнего цилиндра приоткрывает её. При этом ролики крышек перемещаются по направляющим и смещают крышку внешнего цилиндра внутрь внешнего цилиндра. Перемещение элементов контролируют датчики фиксирования положения внешнего цилиндра, зацепов, крышки внешнего цилиндра. Затем внешний цилиндр поворачивают по часовой стрелке (рис. 2, б). Загружают высушиваемый материал во внешний цилиндр (рис. 2, в). Затем гидроцилиндром закрытия внешнего цилиндра поворачивают другую пару зацепов. Они входят в зацепление с крышкой верхнего внешнего цилиндра (рис. 2, г) и при повороте внешнего цилиндра закрывает её.

Методика. Чтобы определить общий период времени выгрузки зерна, нужно знать угловую скорость вращения внешнего цилиндра. С одной стороны, при сушке угловая скорость внешнего цилиндра должна быть достаточной, чтобы не происходил перегрев зерна от воздействия агента сушки [4; 5; 6]. С другой – она должна быть минимальной для уменьшения затрат энергии на вращение цилиндров. При выгрузке угловая скорость внешнего цилиндра должна быть, возможно, большей, чтобы уменьшить общее время выгрузки высушенного материала. В то же время недопустимо сильное динамическое воздействие зацепа на ось ролика крышки при зацеплении. Поэтому целесообразно иметь два варианта угловой скорости внешнего цилиндра: один – для сушки, второй –

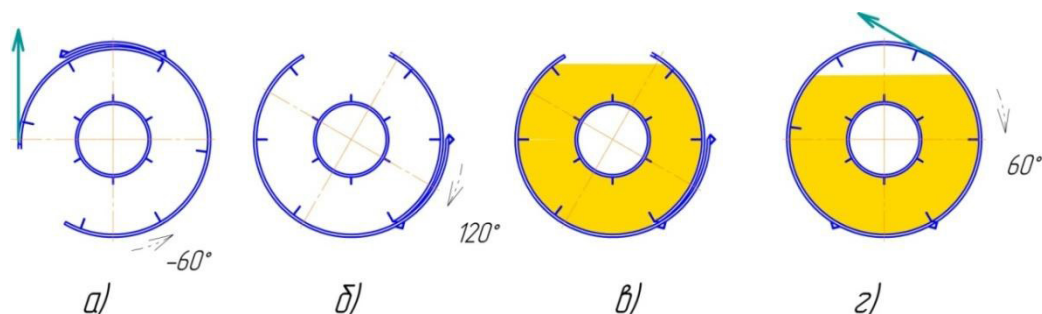


Рисунок 2 – Схема загрузки сыпучего материала во внешний цилиндр сверху (направление взгляда со стороны привода внешних цилиндров)

для выгрузки. Применение вариатора оборотов или электродвигателя постоянного тока в приводе усложнит конструкцию сушилки. Наиболее простым вариантом решения проблемы является применение в приводе внешних цилиндров двухскоростного асинхронного электродвигателя переменного тока с числом оборотов магнитного поля в минуту 3000 и 750 в сочетании с планетарным редуктором. Это позволит иметь для сушки угловую скорость в 4 раза меньшую, чем для выгрузки.

Чтобы создать темп выгрузки зерна $V_{m\epsilon} = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ [3], нужно постепенно поворачивать внешний цилиндр и внутренний цилиндр (см. рис. 1, б), выгружая равномерно зерно. Течение зерна через отверстие между крышкой внешнего цилиндра и внешним цилиндром является сложным процессом, зависящим от многих факторов. Допустим, что степень поворота внешнего цилиндра задаёт оператор, обеспечивая равномерный темп выгрузки зерна с пропускной способностью $V_{m\epsilon} = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ в течение периода времени $\tau_{m\epsilon} = 22,5 \text{ с}$ [3].

Угол полного открытия крышки внешнего цилиндра (см. рис. 1, б) $\varphi_{квц} = 10^\circ + 110^\circ = 120^\circ \approx 2,094 \text{ рад}$. При этом внешний цилиндр почти полностью освобождается от зерна. Тогда угловая скорость вращения внешнего цилиндра при выгрузке и загрузке:

$$\omega_{внеш\epsilon} = \frac{\varphi_{квц}}{\tau_{m\epsilon}},$$

$$\omega_{внеш\epsilon} = \frac{2,094}{22,5} = 0,093 \text{ рад/с}.$$

Угловая скорость внешнего цилиндра при сушке:

$$\omega_{внеш\epsilon} = 0,093 : 4 \approx 0,023 \text{ рад/с}.$$

Период оборота внешнего цилиндра при сушке:

$$T_{внеш\epsilon} = \frac{2\pi}{\omega_{внеш\epsilon}};$$

$$T_{yc} = \frac{2 \cdot 3,14}{0,023} \approx 273 \text{ с} \approx 4,55 \text{ мин}.$$

Угловую скорость внешнего цилиндра при сушке следует уточнить после расчёта процесса сушки. Необходимость автономного поворота внутреннего цилиндра при сушке зерна также следует уточнить после расчёта процесса сушки.

Если сушат последнюю порцию зерна, то после выгрузки закрывают крышку внешнего цилиндра (см. рис. 1, в). Если сушка зерна продолжится, то необходимо выгрузить остатки зерна с планок внешнего цилиндра (см. рис. 1, б), а после выгрузки не следует закрывать крышку внешнего цилиндра. Для выгрузки остатков зерна с планок внешнего цилиндра достаточно его повернуть на угол $\varphi_{оз} = 120^\circ \approx 2,094 \text{ рад}$. Затем крышку внешнего цилиндра оставляют открытой до периода загрузки. Внешний цилиндр продолжает вращение с угловой скоростью при сушке $\omega_{внеш\epsilon} = 0,023 \text{ рад/с}$. График работы элементов универсальной роторной сушилки при выгрузке зерна показан на рисунке 3.

Общая продолжительность периода выгрузки 54 секунды. Если во внешний цилиндр вновь

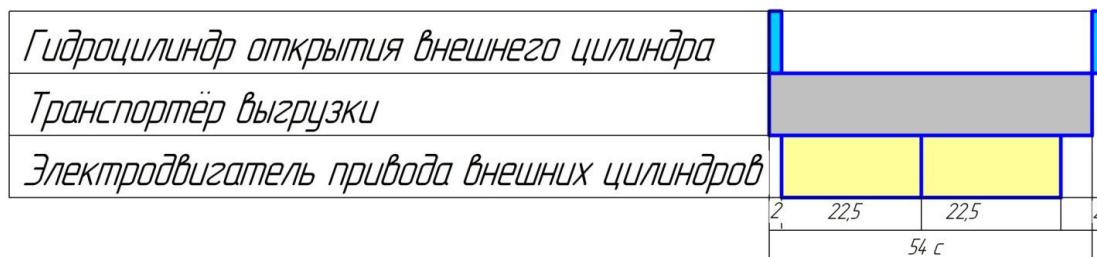


Рисунок 3 – График работы элементов универсальной роторной сушилки при выгрузке

будут загружать не какой-либо иной материал, а зерно, то для экономии энергии остатки зерна с планок внешнего цилиндра можно не выгружать. При медленном вращении внешнего цилиндра это зерно выпадет на ленту транспортера выгрузки. Его транспортер выгрузки переместит в транспортное средство при следующем цикле выгрузки.

Если крышка внешнего цилиндра была закрыта, то цикл загрузки начинают так, как описано. Если крышка внешнего цилиндра была открыта, то перед загрузкой, когда внешний цилиндр на-

ходится в соответствующем положении, гидроцилиндром закрытия внешнего цилиндра поворачивают зацепы. Они входят в зацепление с крышкой верхнего внешнего цилиндра и при повороте внешнего цилиндра закрывают её наполовину, то есть на угол $\varphi_{1\backslash 2\epsilon} = 60^\circ \approx 1,047 \text{ рад}$. Время закрытия крышки внешнего цилиндра наполовину $\tau_{1\backslash 2\epsilon} \approx 12 \text{ с}$. После этого внешний цилиндр будет расположен так, как показано на рисунке 2, б. Затем производят загрузку и закрывают крышку внешнего цилиндра полностью, затратив вновь время $\tau_{1\backslash 2\epsilon} \approx 12 \text{ с}$. График работы элементов

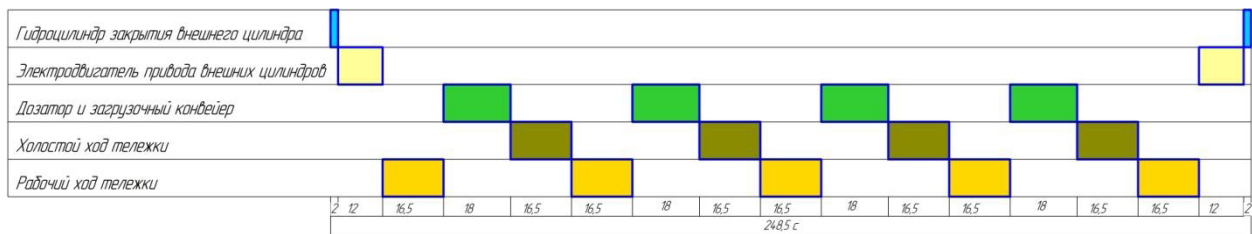


Рисунок 4 – График работы элементов универсальной роторной сушилки при загрузке

универсальной роторной сушилки при загрузке показан на рисунке 4.

На основании графика общую продолжительность периода загрузки примем 250 секунд, или 4,17 минуты. Расположение зерна между внешним

цилиндром и внутренним цилиндром после заполнения и закрытия крышки внешнего цилиндра показано на рисунке 5.

Вывод. В результате исследования взаимодействия элементов, осуществляющих выгрузку

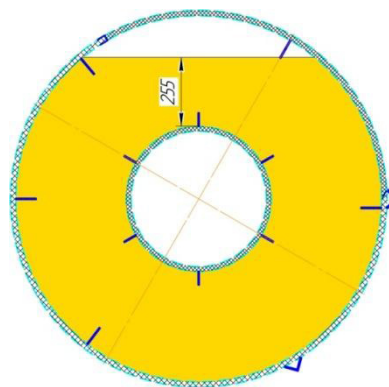


Рисунок 5 – Расположение зерна между внешним цилиндром и внутренним цилиндром после заполнения и закрытия крышки внешнего цилиндра

и загрузку, с элементами управления внешними и внутренними цилиндрами, между которыми располагается зерно в полуавтоматической роторной сушилке, выявлена общая продолжительность периода выгрузки – 54 секунды и общая продолжительность периода загрузки – 250 секунд.

Вычислена угловая скорость вращения внешнего цилиндра при выгрузке и загрузке $\omega_{\text{внеш } в} = 0,093 \text{ рад/с}$ и при сушке $\omega_{\text{внеш } с} = 0,023 \text{ рад/с}$. Установлен период оборота внешнего цилиндра при сушке $T_{\text{ц } с} = 4,55 \text{ мин.}$

Список источников

1. Пат. 2631586 Российская Федерация, МПК F26B 15/04 (2006.01), F26B 20/00 (2006.01) Полуавтоматическая роторная сушилка / В. А. Николаев ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия». № 2016123868; заявл. 15.06.2016; опубл. 25.09.2017, Бюл. № 27. 2 с.
2. Николаев В. А. Расчёт загрузки зерна элементами универсальной полуавтоматической роторной сушилки // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 3 (59). С. 88–94. DOI 10.35694/YARCX.2022.59.3.012.
3. Николаев В. А. Выгрузка зерна из универсальной полуавтоматической роторной сушилки // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 4 (60). С. 100–105. DOI 10.35694/YARCX.2022.60.4.012.
4. Атаназевич В. И. Сушка зерна. М. : Агропромиздат, 1989. 240 с. ISBN 5-10-000534-3.
5. Муштаев В. И., Ульянов В. М. Сушка дисперсных материалов : монография. М. : Химия, 1988. 352 с. ISBN 5-7245-0074-4.
6. Баум А. Е., Резчиков В. А. Сушка зерна : монография. М. : Колос, 1983. 223 с.

References

1. Pat. 2631586 Rossijskaja Federacija, MPK F26B 15/04 (2006.01), F26B 20/00 (2006.01) Poluavtomaticheskaja rotornaja sushilka / V. A. Nikolaev ; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «Jaroslavskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija». № 2016123868; zajavl. 15.06.2016; opubl. 25.09.2017, Bjul. № 27. 2 s.

2. Nikolaev V. A. Raschjot zagruzki zerna jelementami universal'noj poluavtomaticheskoy rotornoj sushilki // Vestnik APK Verhnevozh'ja. 2022. № 3 (59). S. 88–94. DOI 10.35694/YARCX.2022.59.3.012.
3. Nikolaev V. A. Vygruzka zerna iz universal'noj poluavtomaticheskoy rotornoj sushilki // Vestnik APK Verhnevozh'ja. 2022. № 4 (60). S. 100–105. DOI 10.35694/YARCX.2022.60.4.012.
4. Atanazevich V. I. Sushka zerna. M. : Agropromizdat, 1989. 240 s. ISBN 5-10-000534-3.
5. Mushtaev V. I., Ul'yanov V. M. Sushka dispersnyh materialov : monografija. M. : Himija, 1988. 352 s. ISBN 5-7245-0074-4.
6. Baum A. E., Rezhnikov V. A. Sushka zerna : monografija. M. : Kolos, 1983. 223 s.

Сведения об авторе

Владимир Анатольевич Николаев – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры строительных и дорожных машин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный технический университет», spin-код: 8865-0397.

Information about the author

Vladimir A. Nikolaev – Doctor of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Construction and Road Machines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Technical University", spin-code: 8865-0397.

**Официальный сайт
ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»:**

www.yaragrovuz.ru

РУБРИКИ САЙТА:

- Сведения об образовательной организации –
- Агросоветник – Образование – Абитуриенту –
- Наука и международная деятельность
- (в том числе научный журнал «Вестник АПК Верхневолжья») –
- Дополнительное образование – Факультеты

Все выпуски журнала «Вестник АПК Верхневолжья» в полнотекстовом формате, требования к оформлению рукописей, контакты на страничке:
<http://yaragrovuz.ru/index.php/nauka-i-mezhdunarodnaya-deyatelnost/zhurnal-vestnik-apk-vekhnevolzhya>

