по величине усилий отбоя наиболее эффективно работающей является конструкция первого типа обладающая эффективными эксплуатационными характеристиками;

при анализе усилия сжатия и хода разработанных конструкций амортизаторов, также эффективно работающем является первый тип;

При сравнительном анализе стоимости амортизирующих устройств экономически выгодным признан первый тип, обладающий рентабельностью, умеренной стоимостью и высокой технологической эффективностью.

1. Курочкин В. А., Исаченко В. И., Кайбышева Р. Г. Концепция универсального транспортного средства для социальной реабилитации активных инвалидов-колясочников. - Архитектон: известия вузов. – 2016. – с. 10.
2. Виды 3D моделирования [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://3d-modeli.net>
3. Официальный сайт SOFTWHEEL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.softwheel.technology/>
4. Чубенко Е.Ф., Кундышев М.Н., Старостин Д.В. Разработка универсального сцепного устройства для маломобильного транспорта с мотор-колесом для перевозки тяжелых грузов в складских помещениях и портах. - ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ. Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СУДОХОДСТВА И ТРАНСПОРТА В АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОМ РЕГИОНЕ. Материалы Международной научно-технической конференции. – 2019. – с. 193 - 198.

Беккулов Б.Р., Рахмонкулов Т.Б.

Исследования движения шала в сушильном барабане

*Андижанский машиностроительный институт
(Узбекистан, Андижан)*

doi: 10.18411/sr-10-02-2021-81

idsp: sciencerrussia-10-02-2021-81

Аннотация

В статье изложены результаты научных исследований движения шала в сушильном барабане запатентованной новой конструкции мобильного устройства для сушки шала.

Ключевые слова: шала, рис, зерновые продукты, сушкаб мобильное устройство, сушильный барабан.

В мире важным является повышение темпа роста производства переработки выращенных зерновых продуктов на основе создания эффективных технологий и техники. По данным мировой статистики «посевные поля в 2017 году 166,08 млн. га, в 2018 году 167,13 млн. га» [1] и «потребление риса в 2019 году составила 486,622 млн. тонн, в 2020 году 493,126 млн. тонн» [2]. В этом направлении в связи с постепенным ростом выращивания и потребления риса особое внимание уделяется к внедрению модернизированных энерго и ресурсосберегающих технических средств и технологий, способствующих качественной сушки урожая шала.

В мировой практике разработаны ряд устройств и оборудования, обеспечивающие качественной сушки шала. Некоторые из них рекомендованы в качестве конструкций для создания новых машин. Однако, в этих исследованиях недостаточно изучены вопросы влияния параметров устройства к качеству для отдельных видов зерна, в частности шала.

Целью является исследования движения шала в барабане разработанной новой конструкции сушильного устройства, обеспечивающего качества сушки шала при минимальных затратах энергии.

Задачи исследования: проведение обзора существующих сушильных установок шала; разработка технологической схемы и конструкции; исследование движения шала в сушильном барабане с учетом его размеров;

Проведен литературный обзор [3,4,5,6,7,8 и 9]. На основании проведенных анализов было определено, что отдельные устройства имеют относительно низкую эффективность, сложную конструкцию, стационарность и не обеспечивают равномерности сушки из-за отсутствия равномерного перемешивания при сушке зерна.

На основе анализа прежних выполненных работ и результатом проведенных научных исследований разработана технологическая схема устройства для сушки шала оновным из основных узлов которого является сушильный барабан. [10].

Исследовано по схеме изображенной на рис. 3. находящееся траектория на 1-квандранте части насыпи шала M в скольжении имеющий массу m_a , в виде окружности сушильного барабана вращающийся с постоянной угловой скоростью ω , имеющий угол наклона α с горизонтальной плоскостью и поднимающая вверх на угол β .

К части насыпи шала действуют следующие силы: $G_o = m_a g$ —сила тяжести; $F_{ин} = m_a \omega^2 R_o$ —центробежная сила; F_N —сила реакции на внутренней поверхности, её составляющая на оси Z сила F_{NZ} , составляющая силы трения $F_{тр}$ на оси Z сила $F_{трZ}$.

На рис. 1. изображена схема сил действующие в плоскости YZ на часть насыпи шала.

Рис. 1. Схема действующих сил по плоскости YZ на часть насыпи шала

В отличии от традиционных схем, на плоскости YZ цетробежная сила $F_{ин}$ помогает к перемещению, т.е движению части насыпи шала внутри барабана. Согласно рис.3., на плоскости YZ сила тяжести G и цетробежная сила $F_{ин}$ заставляет проскользнуть вниз часть насыпи шала. Этому процессу препятствует сила трения $F_{тр}$. Составляющая силы трения $F_{тр}$ на плоскости YZ определяется по следующей формуле

$$F_{мпZ} = f F_{NZ} = f (m_a \omega^2 R_o + m_a g \cos \beta), \quad (1)$$

где f —коэффициент трения; m_a —масса насыпи шала, кг; ω —угловая скорость сушильного барабана, c^{-1} ; R_o —радиус сушильного барабана, м; g —ускорения свободного падения, m/c^2 ; β —угол подъёма части насыпи шала между направлением силы тяжести и осью Y , градус.

Исследуемая часть насыпи шала в 1-квандранте на плоскости YZ поднимается со стенкой сушильного барабана до тех пор пока не нарушится следующее динамическое равновесие

$$G_o \sin \beta \geq F_{мпZ}. \quad (2)$$

Из условие (2) получим следующую зависимость

$$g \sin \beta - f \omega^2 R_o - f g \cos \beta = 0. \quad (3)$$

Учитывая зависимость угловой скорости в выражении (3) с числом оборотов сушильного барабана, т.е. учитывая зависимость $\omega = (\pi n_o / 30)$ можно написать [11]

$$n_{\delta} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \sin \beta + fg \cos \beta}{fR_{\delta}}}. \quad (4)$$

Произведена расчеты по выражению (4) при значениях $f=0,3$; $R_{\delta}=220\dots660$ мм ва $g=9,8$ м/с² для определения закона изменения угла подъема β в зависимости от число оборотов сушильного барабана n_{δ} (рис. 2).

Рис. 2. Графики изменения угла подъема части насыпи шала в зависимости от число оборотов сушильного барабана

Из графиков, изображенных на рис. 2. видно, что при высоких значениях чисел оборотов сушильного барабана увеличивается значения центробежной силы и силы реакции и последнее приводит механическому повреждению части насыпи шала. По этому, в экспериментальных исследованиях определения оптимальных значений число оборотов сушильного барабана являлась целью при низких интервалах 16-18 мин⁻¹.

Составляющая силы тяжести $m_a g \cos \alpha$ по оси Y и центробежная сила $F_{ин}$ препятствуют перемещению, а составляющая силы тяжести $m_a g \sin \alpha$ и силы давления сушильного агента (воздуха) F_{δ} способствует перемещению части насыпи шала (рис. 3).

Рис. 3. Схемы сил, действующих на части насыпи шала по плоскости UX

Составляющая силы трения $F_{трX}$ по оси X определяется по следующему

$$F_{mpX} = fF_{NX} = f(m_a \omega^2 R_{\delta} + m_a g \cos \alpha). \quad (5)$$

Сила трения равна

$$F_{mp} = \sqrt{F_{mpX}^2 + F_{mpZ}^2}. \quad (6)$$

Дифференциальное уравнение, исследуемой части сечения насыпи шала выражается в виде

$$m_a \ddot{x} = G_{\delta} \sin \alpha + F_{\delta} - F_{mpX}. \quad (7)$$

Сила давления сушильного агента определяется следующим

$$F_{\delta} = k V_{\delta}^2, \quad (8)$$

где k —коэффициент силы давления сушильного агента, кг/м; V_{δ} —скорость сушильного агента, м/с.

Коэффициент силы давления сушильного агента равно следующему

$$k = q\rho_x A, \quad (9)$$

где q –коэффициент сопротивления воздуха, $q=0,12-0,26$; $\rho_x=1,2$ кг/м³; A –площадь сечения Миделья (площадь проекции части насыпи шала на поперечной плоскости), м².

Решением дифференциального уравнения (7) с учетом начальных условий $t_0=0$ да $V_0=0,7$ м/с и $x_0=0$ получим следующую зависимость

$$x = \frac{(m_a g \sin \alpha + k V_b^2 - f(m_a \omega^2 R_\phi + m_a g \cos \alpha)) t^2}{2 m_a} + 0,7 t. \quad (10)$$

Для определения закона изменения перемещения части насыпи шала по оси X в зависимости от скорости сушильного агента произведены расчеты по формуле (10) при значениях $m_a=1,0$ кг; $\omega=2,72$ с⁻¹; $\alpha=20^\circ$; $f=0,3$; $R_\phi=440$ мм; $g=9,8$ м/с²; $k=0,0024$ кг/м и $t=5...15$ с (рис. 4).

Рис. 4. Графики перемещения части сечения насыпи шала по оси X в зависимости от скорости сушильного агента

Анализ графиков на рис.4. показывает, что с увеличением времени перемещение части насыпи шала ускоряется. При значении радиуса сушильного барабана $R_\phi=440$ мм и скорости сушильного агента $V_b=1,0$ м/с, для перемещения 1,0 кг шала по оси X на 0,37 м потребуется 5 секунд, а для перемещения на 1,8 м потребуется 24,3 секунд. Таким образом, в сушильном барабане за один минут 2,47 кг перемещается на 1,8 м, а за один час свыше 148 кг насыпи шала. Исходя из этого установлено, что в изготавливаемом устройстве для проведения экспериментальных исследований необходимо принимать радиус сушильного барабана $R_\phi=440$ мм и длину $L_\phi=1800$ мм.

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований, а также разработанных «Исходные требования» и «Технические задания» изготовлено мобильное устройство для сушки шала с оптимальными параметрами (рис.5).

Рис. 5. Изготовленное мобильное устройство для сушки шала

На основе проведенного исследования представлены следующие выводы:

1. Были проанализированы устройства для сушки рисового риса конвекционным методом и установлено, что качественная сушка не достигается из-за низкой эффективности некоторых устройств, сложности конструкции, больших габаритных размеров и неравномерного перемешивания масса риса.
2. На основе анализа научных данных определена технологическая схема мобильного устройства для сушки рисового риса и определен принцип его действия.
3. Определение кинематических параметров переменного центра тяжести рисовой массы позволило найти геометрические размеры сушильного барабана устройства.
4. Разработан опытный образец мобильного устройства для сушки шала.

1. Посевные площади риса в мире. <https://www.statista.com/statistics/271969/world-rice-acreage-since> (11.01.2021).
2. Общее потребление риса во всем мире. <https://www.statista.com/statistics/255977/total-global-rice-consumption> (11.01.2021).
3. Firouzi S., Alizadeh M.Rez., Haghtalab D. Energy consumption and rice milling quality upon drying paddy witha newly-designed horizontal rotary dryer. Energy.– Iran, 2017. – pp.629-636.
4. Y.Mohara, R.Mohanapriya, T.Anukituthika, K.S.Yoha, J.A.Moses, C.Anandharamakrishnan. Solar dryers for food applications: Concepts, designs, and recent advances. Solar Energy. –India, 2020. Volume 208, pp. 321-344.
5. Сагындикова А.Ж. Улучшение процесса сушки зерна с помощью индукционных нагревателей. Дисс. на степень доктора философии (PhD). - Алматы, 2016. - 187 с.
6. Курдюмов И.И., Павлушин А.А. Устройство для сушки зерна. Патент РФ 2506509. Б.И.– 2014.– № 4.
7. Абдюшев М.М. Сушилка для зерна. Патент РФ 2509276. Б.И. -2014.–№ 7.
8. Парпиев А.П., Турсунов И.Т., Ахматов М., Мадумаров И.Д. Сушилка для хлопка-сырца. Патент СССР 1814011.I.D. Б.И. – 1993. – № 17
9. Конвективные сушилки. http://www.prosesses-apparates.ru/articles /article_dryer_k2.htm (18.04.2020).
10. Беккулов Б.Р., Алиев Р., Собиров Х.А., Носиров И.З., Каюмов Б.А., Рахмонкулов Т.Б. Устройство для сушки зерновых продуктов. Патент Республики Узбекистан № FAP 01403. Официальное издание. - 2019. №7..
11. Беккулов Б.Р., Алиев Р.У., Рахмонкулов Т.Б. Движение насыпи шала в барабанной сушилке. Сертификат Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. № DGU 07757. 19.02.2020.