

Рис. 2. Швидкісна характеристика вібропланетарного приводу різальної дискової машини

має місце при забезпеченні реалізації резонансного режиму, для якого  $\dot{\varphi}_2 = 0$

Для розрахунку кінематичних характеристик рівняння (5) використовуємо наступну методику.

Моменти інерції оберткових елементів вібропланетарної дискової машини, а саме  $I_1, I_2, I_3$ , розраховуємо таким чином.

Момент інерції маси  $m_1$  відносно осі обертання (осі  $ou$ ) складає:

$$I_1 = \frac{1}{2} m_{\text{цд}} R_{\text{цд}}^2 + \frac{n}{2} m_{\text{рд}} R_{\text{рд}}^2 \quad (6)$$

де  $n$  – число ріжучих дисків.

Момент інерції маси  $m_2$  відносно осі  $ou$  знаходимо, приймаючи дебаланси за півкола, радіус яких дорівнює радіусу сателіта

$$I_2 = i(m_c + m_d) \left( \frac{1}{2} r^2 + (R + r)^2 \right) \quad (7)$$

де  $i$  – число сателітів;

Момент інерції маси  $m_3$  відносно осі  $ou$  визначимо як

$$I_3 = \frac{1}{2} m_B R_B^2 \quad (8)$$

де  $R_B$  – середній радіус приводного валу. Стану резонансу досліджувана коливальна система набуває при значенні кутової швидкості приводного валу

$$\omega_1 = \frac{k_\varphi}{k_\varphi} \sqrt{\frac{B_2 - k_\varphi \omega_{20} \text{ctg} k_\varphi t}{(B_1 k_\varphi^2 + B_2) - k_\varphi \omega_{20} \text{ctg} k_\varphi t}} \quad (9)$$

а також для залежності кутової швидкості сателітів

$$\omega_2 = \left[ \frac{B_1 k_\varphi (k \omega_1^2)}{k \varphi^2 - (k \omega_1)^2} - \frac{B_2}{k_\varphi} + \omega_{20} \right] \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (10)$$

Графічно остання зона залежності ілюстрована на рисунку 2.

#### Висновки

1. Вібропланетарний спосіб різання є перспективним методом механічної обробки як з огляду інтенсифікації процесу обробки, так із міркувань енергозбереження через зменшення сил тертя в зоні дії ріжучого клину.

2. Сформульовані залежності дозволяють оптимізувати режим даної обробки з техніко-економічних міркувань.

3. Для досліджуваної вібропланетарної різальної машини режим максимальної активізації незрівноважених елементів настає при частоті обертання приводного валу вібробуджувача  $\omega_1 = 37$  рад/с.

Поступила 08.2012

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Паламарчук, І.П. Новые вибрационные машины в механических процессах перерабатывающего сельскохозяйственного производства [Текст] // Вибрации в технике и технологиях. Собрания трудов международной научно-технической конференции, Евпатория, 1998. - с. 187-194.
2. Паламарчук, І.П. Дослідження конструктивних та технологічних параметрів вібраційних пристроїв для різання сільськогосподарської продукції з дисковими робочими органами [Текст] / І.П. Паламарчук, О.В. Холодков // Вибрації в техніці та технологіях. - 2000. - № 1(13). - с. 58-66.
3. Bernik, P. Dynamika obiegowej maszyny wibracyjnej do obróbki elementów maszyn ścierniem o dowolnej granulacji [Text] / P. Bernik, I. Palamarchuk, I. Lypovy // XXXVI symposium "Modelowanie w mechanice" - Polska, Gliwice, 1997. - s. 31-36.

УДК 66.047

БАНДУРА В.М., канд. техн. наук, ДРУКОВАНЬ М.Ф., докт. техн. наук, професор,  
ЗОЗУЛЯК І.А., асистент

Винницький національний аграрний університет

### ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВИБРАЦИОННОЙ СУШИЛКИ ДЛЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Данная работа посвящена исследованию и обоснованию технологии сушки семян подсолнечника и разработке технологических и технических предложений по созданию сушильной техники, обеспечивающей работу ее на этой культуре, как в семенном, так и в продовольственном режимах.

**Ключевые слова:** подсолнечник, сушка, влажность, контейнер, электродвигатель, колебание.

This work is devoted to research and ground of technology of drying of seed of sunflower and development of technological and technical suggestions on creation of drying technique, providing work of it on this culture, both in the seminal and in food modes.

**Keywords:** sunflower, drying, humidity, container, electric motor, oscillation.

Основной масличной культурой в Украине является подсолнечник. Семена подсолнечника в свежем виде не могут храниться долгое время. В них содержится большое количество белков и жиров, которые под воздействием высокой влажности воздуха, низкой температуры и засоренности подвергаются химическим изменениям, что приводит к их порче.

**Цель исследований.** Исследовать и обосновать необходимость технологических и технических предложений по созданию сушильной вибрационной техники.

На длительное хранение следует закладывать семена подсолнечника с засоренностью не выше 2 %, просушенные до критической влажности (6...7 %) и охлажденные до низких положительных температур. Продолжительность хранения при таких условиях составляет 3...6 мес., если температура просушенных семян перед закладкой на хранение или в течение первых 15 суток хранения снижена до 0...10 °С.

Семена подсолнечника влажностью ниже 12 %, ожидающие сушку, можно временно разместить в складах, оборудованных установками для активного вентилирования, а с влажностью выше 12 % необходимо сушит немедленно.

Технологическая ценность семян подсолнечника определяется его масличностью. Поэтому важно сохранить количество и качество масла. В процессе сушки может происходить либо синтез, либо распад жировых компонентов. Направленность этих превращений зависит от влажности семян, от температуры и продолжительности их нагрева. При оптимальных режимах сушки содержание масла в семенах подсолнечника увеличивается. В масло переходят сопутствующие ему вещества, содержащиеся в семенах: фосфатиты, каротиноиды, стеролы, воскообразные вещества.

Важнейшим процессом в технологии производства маслосемян является сушка, от выполнения которой зависят качество будущего масла и семенного материала. Однако существующие отечественные сушильные аппараты не удовлетворяют всем требованиям, так как в них не учитывают особенности семян подсолнечника, которые существенно отличаются от зерна, в частности – это низкая сыпучесть, особенно семян повышенной влажности, малая механическая прочность лузги, повышенная скважность вороха и, что особенно важно, пожароопасность вороха подсолнечника.

Своевременная технология сушки семян подсолнечника позволит сохранить их пищевую ценность надолго. Сушить семена можно в сушильных аппаратах различных типов, режим сушки зависит от их первоначальной влажности и содержания масла.

Анализ механико-технологических параметров серийно выпускаемых сушилок показал, что эти машины предназначены, в основном, для обработки зерновых культур.

При сушке семян подсолнечника в шахтных сушильных аппаратах необходима их первоначальная очистка от сорных примесей, поскольку они могут привести к засорению сушилки и ее возгоранию. В сушилках подобного типа высушивается большая часть семечек, предназначенных для хранения. Семена, имеющие высокую влажность, в таком сушильном аппарате могут подвергаться двух-, а, нередко, и трехкратной сушке. Поточность обработки при этом нарушается, что вызывает затруднения в работе с вновь поступающими семенами. В результате неравномерного движения по шахтным сечениям при их обработке горячим воздухом, семена прогреваются неравномерно, температурная разница может составлять до 10 °С. Это связано с тем, что у стенок шахт семена перемещаются медленнее, чем в центре. Кроме того, недостаточная пропускная способность су-

шилки может привести к перегреву части семян. Чтобы этого не происходило, над рассекателем сверхсушильного бункера, находящимся над воздухораспределительной камерой, размещают горизонтальную перегородку, как правило, металлическую.

Недостатками известных шахтных зерносушилок являются: низкий влагосъем за один пропуск материала через сушилку, перегрев семян и снижение их качества в зоне контакта с поверхностью подводящих коробов, повышенная пожароопасность и невозможность обработки вороха семян подсолнечника повышенной влажности и засоренности за один проход через шахту.

Из всех шахтных сушильных аппаратов для высушивания семян подсолнечника рациональнее всего применять спаренные сушилки. В них можно сушить семена по разным технологиям, в зависимости от их первоначальной влажности. Если влажность семян составляет менее 15 %, то семена подсолнечника сушатся за один прием, по схеме сушка-охлаждение, при этом оба аппарата функционируют параллельно. Если влажность находится в пределах 15-20 %, то осуществляется последовательный пропуск семян через оба аппарата по схеме сушка-отлежка-сушка-охлаждение, при этом вентилятор зоны охлаждения первой сушилки не используют. При влажности семян более 20 % охлаждающую шахту первого аппарата используют в качестве сушильной, подключив ее к топке.

В масложировой промышленности для сушки семян применяются барабанные сушильные аппараты с различными режимами сушки, зависящими от влажности сырых семян. Температура сушильного агента (нагретого воздуха) при этом должна быть настолько выше, насколько выше влажность семян подсолнечника. Высушивание семян в сушилках барабанного типа осуществляют в пересыпающемся слое семян, при его продуве горячим воздухом. Вначале сушки температура сушильного агента, в зависимости от влажности семян, удерживается на уровне 250-350 °С, на выходе из сушилки – 50-80 °С. В среднем, сушка семян подсолнечника в барабанных сушилках продолжается 15-20 минут.

Недостатком использования барабанных сушилок является частичное разрушение лузги и выпадение семян. Жесткие режимы сушки приводят к неравномерному нагреву и сушке семян, к повышению в них содержания жира.

Барабанные зерносушилки, при сушке семян подсолнечника весьма пожароопасны и не позволяют получать однородные по влажности семена, а использование высокотемпературных режимов приводит к снижению посевных качеств семян от перегрева [3,4].

Рециркуляционные сушильные аппараты, в отличие от прямоточных, позволяют высушивать семена с различной влажностью за один цикл. Технология сушки семян в рециркуляционных сушильных аппаратах с камерами нагрева в падающем слое заключается в чередовании краткосрочного нагрева семян в восходящем потоке горячего воздуха при температуре 250-350 °С, отлежки нагретых семян, их охлаждении и рециркуляции. При данном способе одновременно с сушкой семян происходит и их очистка от сорных

примесей. Высокотемпературная сушка семян подсолнечника в рециркуляционных зерносушилках благотворно сказывается на показателях качества масла. При нагреве семян в сушилке до 60...70 °С происходит снижение кислотного числа, а при более низких температурах нагрева (до 50 °С) — некоторое увеличение кислотного числа масла. Однако кислотное число масла снижается при температурах свыше 70 °С, и снижение этого показателя тем больше, чем выше температура нагрева семян. Но при более высоких температурах нагрева семян происходит увеличение травмируемости из-за пересушивания плодочки.

При высушивании семян подсолнечника в сушилках рециркуляционного типа очень важно равномерно распределять семена по всему сечению камеры, а также не допускать скопления маслянистой пыли в камере нагрева и устранять попадание искр из топки в камеру нагрева, поскольку сушилки данного типа являются пожароопасными.

Преимуществом высушивания семечек в вентилируемых бункерах является их простота и продолжительный срок эксплуатации. Мягкие режимы сушки не допускают травмируемость семян подсолнечника. Однако такой способ сушки намного продолжительнее остальных по времени, и характеризуется неравномерностью просушивания семян. Чтобы этого избежать, вентилятор необходимо периодически отключать, а семена технологически тщательно перемешивать.

Кроме этого, исследования [9], проведенные по сушке семян подсолнечника, на сушилках шахтного и барабанного типов, топки которых работали на природном газе и лузге, показали, что в последних, т.е. при работе топков на лузге, может иметь место загрязнение семян бензопиреном. При этом отмечается, что увеличение экспозиции сушки приводит к резкому увеличению бензопирена в семенах подсолнечника. Таким образом, при совершенствовании технологии и технических средств сушки семян подсолнечника, продукция переработки которого является продуктами питания для человека, необходимо учитывать условия попадания канцерогенных веществ в семена и исключить их образование в процессе сушки.

В то же время, производимая сушильная техника не отвечает всем технологическим особенностям сушки подсолнечника, как для семенных целей, так и для товарного производства (получение масла) [1, 2, 6, 7, 8, 10, 11, 12]. В этой связи, решение задач по обоснованию и разработке технологии, конструкции и рекомендаций для сушильной техники, предназначенной для сушки семян подсолнечника, является одной из актуальных задач народного хозяйства. Ее решение может гарантировать снижение потерь семян при послеуборочной обработке и обеспечить качественную сохранность материала.

При этом повышение производительности, снижение неравномерности сушки и пожароопасности в сушильных установках, сохранность питательных и посевных качеств семян при минимальных затратах энергии являются важными сопутствующими задачами в решении данной проблемы. Сложность их реализации заключается в методологическом отсутствии

расчета требуемых параметров, учитывающих специфические и технологические свойства вороха семян подсолнечника (масличность, сыпучесть и засоренность).

Одним из перспективных способов сушки сыпучих материалов есть способ сушки в виброкипящем слое, который может быть достигнут на вибрационных сушилках разного типа. Однако, учитывая относительно большую длительность сушки некоторых материалов, лучшими являются сушильные установки, созданные на основе вибрационных конвейеров, которые позволяют по сравнению с другими сушилками значительно увеличить время пребывания материала в одном агрегате.

Виброкипящий слой может быть создан в аппаратах самых разнообразных конструкций путем влияния на сыпучий материал дна, которое вибрирует, стенок или дополнительных перегородок, а также с помощью специальных вибровозбудителей, размещенных непосредственно в сушильной камере или внешне. Применение аппаратов, которые создают виброкипящий слой, позволяет улучшить перемешивание материала и тем самым в несколько раз повысить значения коэффициентов тепло- и массообмена.

Многочисленные исследования показали, что свойства слоя сыпучего материала при увеличении интенсивности вибрационного влияния существенно изменяются в начале отрыва частей одна от другой и от поверхности, которая вибрирует, на которой эти части находятся.

Ускорения частот находят из соотношения:

$$a = A\omega^2, \text{ м/с}^2 \quad (1.1)$$

где  $A$  – амплитуда колебаний, м;

$\omega$  – окружная частота колебаний (рад/с);

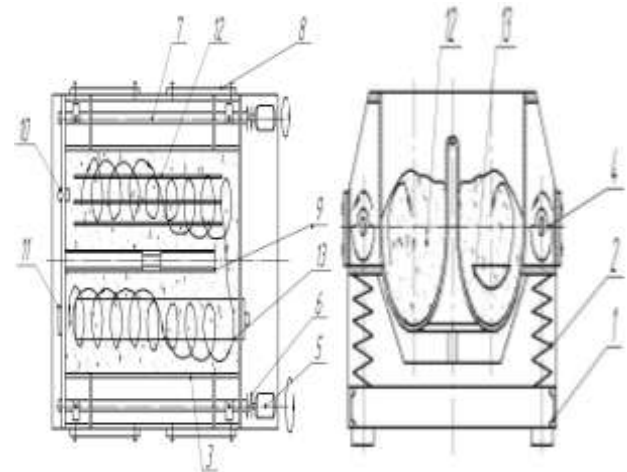


Рис. 1. Конструкторско-технологическая схема вибродвижущей установки:

1 - рама; 2 - пружина; 3 - корпус контейнера; 4 - дебалансы; 5 - электродвигатель; 6 - муфта; 7 - дебалансный вал; 8 - защитные щитки; 9 - разделяющая перегородка; 10 - загрузочная горловина; 11 - разгрузочная горловина; 12 - электротены; 13 - патрубок подачи холодного воздуха

Сначала с увеличением колебательного движения в вибрационном контейнере наблюдается уплотнение слоя и достигает максимального значения при ускорениях 9,8-10 м/с<sup>2</sup>. При последующем увеличении  $a$  слой расширяется и по своему состоя-



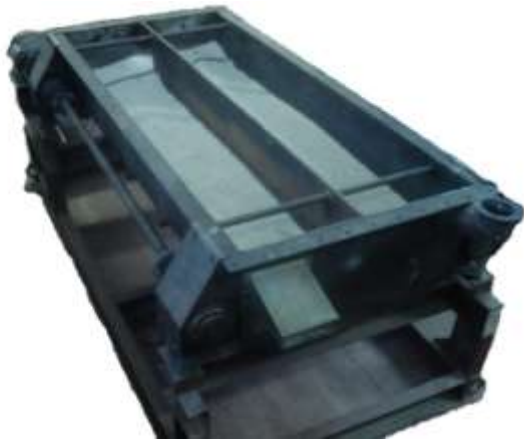


Рис. 2. Експериментальна віброустановка

ню нагадує киплячий слой при продувці його потоком газу.

В виброкипящем слое происходит перемешивание частей одинакового размера, но с разной плотностью. Однако для полидисперсного материала с одинаковой плотностью частей наблюдается сепарация с увеличением содержания значительных частей в верхней части слоя. В опытах В.А. Членова [12, 13] с кварцевым песком обнаружено периодическое изменение разжижения и давления под слоем материала, то есть виброкипящий слой, владеет "насосным" свойством и транспортирует через себя газ (или воздух). Газопроницаемость в основном зависит от дисперсности, влажности и высоты слоя материала. На перепад давления у слоя влияют также амплитуда и ускорение частей. При одинаковых ускорениях вибрации, чем ниже частота, тем больший перепад давления в слое материала можно получить.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Авдеев, А.В. Технологические линии для поточной послеуборочной обработки зерна [Текст] / А.В. Авдеев, Г.В. Ануфриев и др. - Сб. науч. тр. М.: ВИСХОМ, 1989. - С. 16-22.
2. Авдеев, А.В. Механизация послеуборочной обработки семян и увеличение производства зерна [Текст] // А.В. Авдеев, Ю.А. Кремнев - Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2000. - № 5. - С. 18-21.
3. Алейников, В.И. Послеуборочная обработка семян подсолнечника [Текст] / В.И. Алейников - М.: Колос. - 1979. - 143 с.
4. Алимов, А.В. Барабанные сельскохозяйственные сушилки [Текст] / А.В. Алимов, Е.Д. Эрдынеева и др. Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2000. - № 11. - С. 131.
5. Антонов, С.Т. Машины и аппараты пищевых производств [Текст] / С.Т. Антонов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков, В.А. Панфилов, В.А. Ураков - М.: Высшая школа, 2001. - 138 с.
6. Ботвич, А.Н. Современные технологические схемы обработки семян на хлебоприемных предприятиях РСФСР [Текст] / А.Н. Ботвич, В.В. Волков, В.Б. Лебедев - Обзорн. информ. Серия: Элеваторная промышленность. ЦНИИТЭИ. - М.: 1975. - 48 с.
7. Братерский, Ф.Д. Прогрессивная технология послеуборочной обработки зерна на хлебоприемных предприятиях [Текст] / Ф.Д. Братерский, С.А. Карабанов, Е.Д. Макшанова - Обзорн. информ. Серия: Элеваторная промышленность. ЦНИИТЭИ. - М.: 1984. - 46 с.
8. Братерский, Ф.Д. Техника и технология послеуборочной обработки зерна [Текст] / Ф.Д. Братерский, С.М. Савченко, С.А. Карабанов - Обзорн. инф. Серия: Элеваторная промышленность. ЦНИИТЭИ. - М.: 1978. - 47 с.
9. Бурлибаев, М.М. Об образовании бензопирена и окислов азота в топках зерносушилок [Текст] / М.М. Бурлибаев и др. - Сб. науч. трудов ВНИИЗ, вып. 106. - М.: 1984. - с. 43-45.
10. Мартынов, В.П. Возделывание зерновых культур и рапса по интенсивной технологии [Текст] / В.П. Мартынов и др. - М.: Агропромиздат, 1988. - 68 с.
11. Куватов, Д.М. Проектирование технологических процессов, сушки зерна [Текст] / Д.М. Куватов, Т.М. Зубкова, В.Л. Каспорович. - Уфа. - 2000. - 186 с.
12. Малин, Н.И. Энергосберегающая сушка зерна [Текст] / Н.И. Малин - М.: Колос, 2004. - 238 с.
13. Членов, В.А. Виброкипящий слой [Текст] / В.А. Членов, Н.В. Михайлов - М.: Наука, 1972. - 326 с.
14. Членов, В.А. Сушка сыпучих материалов в виброкипящем слое [Текст] / В.А. Членов, Н.В. Михайлов - М.: Колос, 1967. - 224 с.

УДК 663.551

**БУЛІЙ Ю.В., канд. техн. наук, доцент, ШІЯН П.Л., д-р техн. наук, професор**

Національний університет харчових технологій, м. Київ

**ДМИТРУК А.П., директор, МАЛИГІН А.І., ведучий спеціаліст**

Товариство з обмеженою відповідальністю «Техінсервіс-процес», м. Київ

## **ТЕХНОЛОГІЯ РОЗГОНКИ СПИРТОВІСНИХ ФРАКЦІЙ В РЕЖИМІ КЕРОВАНИХ ЦИКЛІВ РЕКТИФІКАЦІЇ**

Експериментально обґрунтовано доцільність проведення розгонки спиртовмісних фракцій в режимі керованих циклів ректифікації, досліджено розподілення ключових органічних домішок спирту по висоті розгінної колони, їх ступінь вилучення та кратність концентрування. Доведено, що використання інноваційної те-

Действие вибрационного поля обуславливает возможность одновременной транспортировки продукции в рабочей зоне и создания виброкипящего слоя материала, причем технологическое влияние направлено непосредственно на продукцию, которая высушивается, или на газовую среду, в которой она находится. Принципиальная конструкторско-технологическая схема вибрационной установки для контактного теплообмена состояла из сушильной виброкамеры 9, перфорированной решетки 13, вибратора 4, электрокалорифера 12, вентилятора с электродвигателем, патрубка и вибропитателя.

Рабочая камера имела два желоба U-подобной формы 9. Камера крепилась четырьмя пружинами 2 на раме. Вибратор состоял из двух валов 7, на которые насажены четыре дисбаланса, два из которых – подвижны. Валы приводились в движение электродвигателями постоянного тока 5 через упругие муфты 6. Электродвигатели подключены к одному резистору управления, что обеспечивало колебание виброкамеры по круговой траектории.

Применение U-подобного днища и колебаний круговой траектории обеспечивало винтовое перемещение дисперсного материала при интенсивном его рыхлении, перемешивании и повышении равномерности сушки по высоте слоя материала. Материал подавался в первый желоб сушилки вибропитателем электромагнитного типа и выходил из него через патрубок с задвижкой, которая регулирует высоту исходного отверстия.

**Выводы.** Результаты исследований показали целесообразность и необходимость использования вибрационных сушилок при сушке семян подсолнечника.

Поступила 08.2012

хнології в умовах глибокої гідроселекції дозволяє отримати кубову рідину, в повній мірі звільнену від головних і нетипових домішок, на 94...96 % від вищих спиртів та метанолу. Встановлено, що витрати гріючої пари на процес розгонки зменшуються в середньому на 40 %. Доведено, що кубову рідину розгінної колони доцільно