

УДК 621.3.083.92:621.926

ББК 35.78

В-64

Алексеев Геннадий Валентинович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой процессов и аппаратов института холода и биотехнологий ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», тел.: 8(812)3153776, e-mail gva2003@rambler.ru;

Вороненко Борис Авсеевич, доктор технических наук, профессор кафедры техники мясных и молочных производств института холода и биотехнологий ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», тел.: 8(812)330903;

Мосина Нина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры процессов и аппаратов института холода и биотехнологий ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», тел.: 8(812)315377;

Схаляхов Анзаур Адамович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии, машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВПО «Майкопский государственный технологический университет», тел.: 8(8772)525781.

ВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИСКРЕТНОГО ЭНЕРГОПОДВОДА ПРИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ ПИЩЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

(рецензирована)

Основные направления исследований в пищевой промышленности обусловлены необходимостью производства разнообразной продукции высокого качества с минимальными затратами. Это непосредственно побуждает к разработке аналитических и экспериментальных методов совершенствования рабочих органов технологического оборудования. Настоящая статья посвящена проблеме аналитического моделирования и численного экспериментирования для абразивных рабочих органов по переработке пищевых продуктов с доведением получаемых результатов до конкретных инженерных решений.

Ключевые слова: аналитические модели, численный эксперимент, абразив, рабочие органы, пищевые продукты.

Alexeev Gennady Valentinovich, Doctor of Technical Sciences, professor, head of the Department of Processes and Devices of the Institute of Refrigeration and Biotechnologies of FSBEI HPE “St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics”, tel.: 8 (812) 3153776, e-mail gva2003 @ rambler.ru;

Voronenko Boris Avseevich, Doctor of Technical Sciences, professor of the Department of Technology of Meat and Dairy Industries of the Institute of Refrigeration and Biotechnologies of FSBEI HPE “St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics”, tel.: 8(812) 330903;

Mosina Nina Alexandrovna, Candidate of Technical Sciences, assistant professor of the Department of Processes and Devices of the Institute of Refrigeration and Biotechnologies of FSBEI HPE “St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics”, tel.: 8(812) 315377;

Skhalyakhov Anzaur Adamovich, Doctor of Technical Sciences, associate professor, professor of the Department of Technology, Machinery and Equipment for Food Production of FSBEI HPE “Maikop State Technological University”, tel.: 8 (8772) 525781.

POSSIBILITIES OF PROVIDING DISCRETE ENERGY SUPPLY AT ABRASIVE PROCESSING OF FOOD MATERIALS

(Reviewed)

Main research trends in the food industry are due to the need for the production of a variety of products of high quality with minimal effort. This leads to the development of analytical and experimental methods for improving the working parts of the technological equipment. This article

is devoted to the problem of analytical modeling and numerical experimentation of abrasive working parts for food processing with bringing the results to specific engineering solutions.

Keywords: analytical models, numerical experiment, abrasive, working bodies, food products.

Проведенный обзор литературы и анализ практического опыта свидетельствуют о том, что применяемые в настоящее время сплошные абразивные вкладыши на основе зерна карбида кремния и органических связок не могут обеспечить эффективную обработку пищевых продуктов (очистку и измельчение крахмалосодержащего сырья, шелушение зерна и его помол и др.). Они не отвечают современным требованиям ни по надежности, ни по качеству получаемого после очистки полуфабриката, содержащего отдельные частицы разрушившегося абразива [1-3].

Вместе с тем, во многих областях машиностроения успешно внедряется, так называемый, многолезвийный режущий инструмент, изготавливаемый методами гальваностегии, путем закрепления металлической связкой на металлической подложке высокопрочных абразивных зерен. Такой инструмент, воздействуя на обрабатываемый объект одновременно многими режущими кромками, прочно закрепленными на подложке, имеет большую долговечность и обеспечивает «мягкий» режим удаления каждого последующего слоя материала. Широкие возможности по дисперсности применяемого абразивного зерна, позволяет в большом диапазоне менять глубину снимаемого слоя в одном акте обработки. А прочная металлическая связка предотвращает выкрашивание отдельных зерен и позволяет рассчитать требуемые конструкционные параметры абразивных полос с учетом сезонного изменения упругих свойств и возможных колебаний массы отдельных обрабатываемых единиц сырья [4-6].

Предполагая отдельные очищаемые элементы (например, клубни картофеля) упругими элементами, заменим их (в плоской постановке) жесткими дисками соединенными между собой упругими пружинами. Предположим дополнительно крайний левый клубень закрепленным неподвижно (опертым на основную массу очищаемого картофеля). Взаимодействие трех контактирующих между собой и со стенкой рабочей камеры клубней можно тогда рассматривать в рамках следующей задачи: определить частоты свободных колебаний и найти формы главных колебаний системы с двумя степенями свободы, указанной на рисунке (l_{01} и l_{02} – длины недеформированных пружин 1 и 2). Система состоит из двух однородных дисков, присоединенных к вертикальным поверхностям пружинами с коэффициентами жесткости c_1 и c_2 и соединенных пружиной с коэффициентом жесткости c_3 . В состоянии покоя пружины с коэффициентами жесткости c_1 и c_2 растянуты соответственно на величины $f_{ст1}$; $f_{ст2}$. Пружина с коэффициентом жесткости c_3 сжата на величину $f_{ст1}+f_{ст2}$.

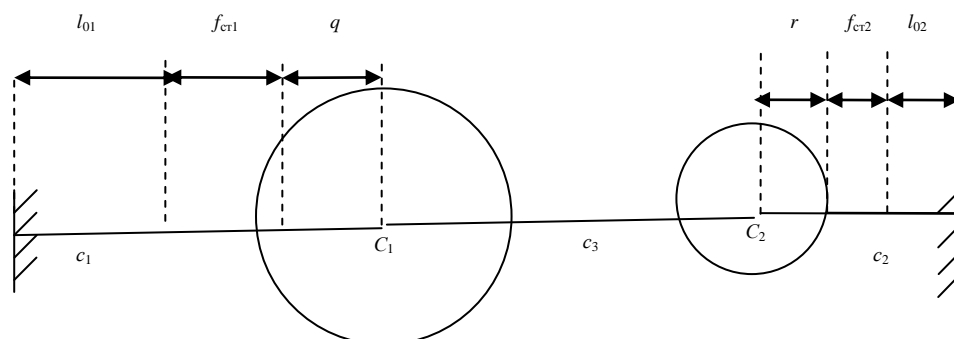


Рисунок 1. Модель взаимодействия клубней

За обобщенные координаты примем: q , r – горизонтальные смещения центров масс дисков 1 и 2 от положения статического равновесия. На рисунке показано положение системы при положительных обобщенных координатах.

Найдем кинетическую и потенциальную энергии системы. Кинетическая энергия системы состоит из кинетической энергии дисков:

$$T = T_1 + T_2 = \frac{m_1 \dot{q}^2}{2} + \frac{J_1 \omega_1^2}{2} + \frac{m_2 \dot{r}^2}{2} + \frac{J_2 \omega_2^2}{2}$$

где \dot{q} , \dot{r} – обобщенные скорости; J_1 , J_2 – моменты инерции дисков относительно осей, проходящих соответственно через их центры масс C_1 и C_2 .

Моменты инерции дисков будут $J_i = \frac{m_i r_i^2}{2}$, $i = 1, 2$.

Т.к. $\omega_1 = \frac{\dot{q}}{r_1}$, $\omega_2 = \frac{\dot{r}}{r_1}$, то $T = \frac{3}{4} (m_1 \dot{q}^2 + m_2 \dot{r}^2)$.

Потенциальная энергия системы равна работе сил при перемещении системы из отклоненного положения в нулевое (положение статического равновесия). Потенциальную энергию системы вычислим как потенциальную энергию деформированных пружин. Деформации пружин следующие: $\lambda_1 = q + f_{ct1}$ – для пружины с коэффициентом жесткости c_1 , $\lambda_2 = r + f_{ct2}$ – для пружины с коэффициентом жесткости c_2 ; $\lambda_3 = q + r + f_{ct1} + f_{ct2}$ – для пружины с коэффициентом жесткости c_3 . Следовательно

$$\Pi = 1/2 c_1 (q + f_{ct1})^2 - 1/2 c_1 f_{cm1}^2 + 1/2 c_2 (r + f_{ct2})^2 - 1/2 c_2 f_{cm2}^2 + 1/2 c_3 (q + r + f_{ct1} + f_{ct2})^2 - 1/2 c_3 (f_{ct1} + f_{ct2})^2$$

или после упрощений:

$$\Pi = 1/2 c_1 q^2 + 1/2 c_2 r^2 + 1/2 c_3 (q + r)^2 + c_1 q f_{ct1} + c_2 r f_{ct2} + c_3 (q + r) (f_{ct1} + f_{ct2}).$$

Из условий покоя рассматриваемой системы, находящейся под действием сил, имеющих потенциал, имеем:

$$\left(\frac{\partial \Pi}{\partial q} \right)_{q=0, r=0} = c_1 f_{ct1} + c_3 (f_{ct1} + f_{ct2}) = 0, \quad \left(\frac{\partial \Pi}{\partial r} \right)_{q=0, r=0} = c_2 f_{ct2} + c_3 (f_{ct1} + f_{ct2}) = 0.$$

Потенциальная энергия системы с учетом условий покоя имеет вид:

$$\Pi = 1/2 c_1 q^2 + 1/2 c_2 r^2 + 1/2 c_3 (q + r)^2.$$

Таким образом:

$$T = \frac{3}{4} (m_1 \dot{q}^2 + m_2 \dot{r}^2), \quad \Pi = 1/2 c_1 q^2 + 1/2 c_2 r^2 + 1/2 c_3 (q + r)^2$$

или

$$T = 1/2 (a_{11} \dot{q}^2 + 2a_{12} \dot{q} \dot{r} + a_{22} \dot{r}^2); \quad \Pi = 1/2 (c_{11} q^2 + 2c_{12} qr + c_{22} r^2).$$

Здесь a_{ij} – коэффициенты инерции: $a_{11} = \frac{3}{2} m_1$, $a_{12} = 0$, $a_{22} = \frac{3}{2} m_2$; c_{ij} – коэффициенты

жесткости: $c_{11} = c_1 + c_3$, $c_{12} = c_3$, $c_{22} = c_2 + c_3$.

Для рассматриваемой консервативной системы уравнения Лагранжа имеют вид:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial T}{\partial q} = - \frac{\partial \Pi}{\partial q}; \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{r}} \right) - \frac{\partial T}{\partial r} = - \frac{\partial \Pi}{\partial r}.$$

Вычислив производные

$$\frac{\partial T}{\partial q} = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{q}} = a_{11} \dot{q}, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) = a_{11} \ddot{q}, \quad \frac{\partial \Pi}{\partial x_1} = c_{11} q + c_{12} r,$$

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{r}} = a_{22} \dot{r}, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{r}} \right) = a_{22} \ddot{r}, \quad \frac{\partial \Pi}{\partial x_2} = c_{21} q + c_{22} r$$

и подставив их в уравнения Лагранжа, получим:

$$a_{11} \ddot{q} = -c_{11} q - c_{12} r, \quad a_{22} \ddot{r} = -c_{21} q - c_{22} r,$$

где $c_{21} = c_{12}$

Таким образом, для данной системы дифференциальные уравнения свободных колебаний имеют вид:

$$a_{11}\ddot{q} + c_{11}q + c_{12}r = 0, \quad a_{22}\ddot{r} + c_{21}q + c_{22}r = 0.$$

Частное решение этих уравнений:

$$q = A \sin(kt + \beta), \quad r = B \sin(kt + \beta),$$

где A и B – амплитуды главных колебаний; k – частоты свободных колебаний;
 β – начальная фаза колебаний.

Уравнение частот, вытекающее из данной системы дифференциальных уравнений, имеет вид:

$$(c_{11} - a_{11}k^2)(c_{22} - a_{22}k^2) - c_{12}^2 = 0.$$

Корни этого биквадратного уравнения, соответствующие квадратам частот, определим по формулам:

$$k_{1,2}^2 = \frac{a_{11}c_{22} + a_{22}c_{11} \mp \sqrt{(a_{11}c_{22} + a_{22}c_{11})^2 - 4a_{11}a_{22}(c_{11}c_{22} - c_{12}^2)}}{2a_{11}a_{22}}.$$

Пусть в рассматриваемой задаче: массы однородных дисков $m_1 = 0,18$ кг, $m_2 = 0,18$ кг, коэффициенты жесткости пружин: $c_1 = c_2 = c_3 = 135$ Н/м, тогда $a_{11} = (3/2)m_1 = 0,27$ кг; $c_{11} = c_1 + c_3 = 270$ Н/м; $c_{12} = c_3 = 135$ Н/м; $a_{22} = (3/2)m_2 = 0,36$ кг; $c_{22} = c_2 + c_3 = 270$ Н/м. Следовательно, частоты свободных колебаний:

$$k_1 = 500 \text{ с}^{-1}; \quad k_2 = 1500 \text{ с}^{-1}.$$

Коэффициенты распределения, соответствующие частотам k_1 и k_2 , в общем случае имеют вид:

$$\mu_1 = \frac{B_1}{A_1} = -\frac{c_{11} - a_{11}k_1^2}{c_{12} - a_{12}k_1^2} = -\frac{c_{12} - a_{12}k_1^2}{c_{22} - a_{22}k_1^2}; \quad \mu_2 = \frac{B_2}{A_2} = -\frac{c_{11} - a_{11}k_2^2}{c_{12} - a_{12}k_2^2} = -\frac{c_{12} - a_{12}k_2^2}{c_{22} - a_{22}k_2^2}.$$

В данном случае $\mu_1 = -0,43$; $\mu_2 = 3,46$. Уравнения, определяющие первое главное колебание, примут следующий вид:

$$q_1 = A_1 \sin(500t + \beta_1), \quad r_1 = -0,43A_1 \sin(500t + \beta_1).$$

Уравнения, определяющие второе главное колебание

$$q_2 = A_2 \sin(1500t + \beta_2), \quad r_2 = 3,46A_2 \sin(1500t + \beta_2).$$

Общее решение дифференциальных уравнений представляет собой сумму частных решений:

$$q = q_1 + q_2 = A_1 \sin(500t + \beta_1) + A_2 \sin(1500t + \beta_2),$$

$$r = r_1 + r_2 = -0,43A_1 \sin(500t + \beta_1) + 3,46A_2 \sin(1500t + \beta_2).$$

Значения A_i и β_i определяются по начальным условиям задачи.

Полученные решения позволяют усовершенствовать конструкцию рабочей камеры, размещая абразивные элементы в тех зонах цилиндрической обечайки, где клубень, контактирующий со стенкой камеры, наиболее интенсивно прижимается к рабочей поверхности. Эти зоны определяются с учетом скорости вращения клубня картофеля и собственной частоты колебаний рассмотренной системы из трех прилежащих к рабочей поверхности клубней.

В общем случае на геометрию расположения абразивных полос должны влиять упругие характеристики пружин – модули упругости мякоти картофеля. Следовательно, учет сезонных изменений структурно-механических свойств картофеля требует применения различных рабочих органов при очистке свежесобранного картофеля и картофеля, прошедшего определенный срок хранения. Кроме того, на частоту колебаний и, соответственно, на требуемую ширину абразивных полос будет влиять масса очищаемых клубней [6-7].

Проведем численный эксперимент, используя систему Mathcad, рассматривая определенный интервал изменений массы клубней и коэффициента жесткости картофеля. Массу клубней примем изменяющейся от $m_1 = 0,18$ кг до $m_1 = 0,27$ кг, а коэффициент жесткости – от $c_1 = 135$ Н/м до $c_1 = 160$ Н/м (причем при хранении жесткость уменьшается). Построим графики зависимости частот k_1 и k_2 от массы клубня и его жесткости.

Будем считать, что определяющими геометрическими параметрами рабочих органов являются ширина абразивных полос и расстояние между ними. Для их расчета выберем следующие величины: $\omega = 9.6$ (рад/с) – угловая скорость вращения клубня относительно стенок рабочей камеры, $d = 0.48$ (м) – диаметр рабочей камеры, $l = d \cdot \pi$ (м) – длина окружности рабочей камеры. По следующей формуле найдем ширину нанесения абразивных полос $b(i)$:

$$b(i) := \omega \cdot \frac{1}{k_2(i)}$$

С учетом возможных колебаний массы клубней и сезонных изменений упругих свойств картофеля (рис. 2) эта величина будет колебаться в следующих пределах: от 8,14 мм (при массе 0,18 кг и жесткости 135Н/м) до 9,69 мм (при массе 0,27кг и жесткости 160 Н/м).

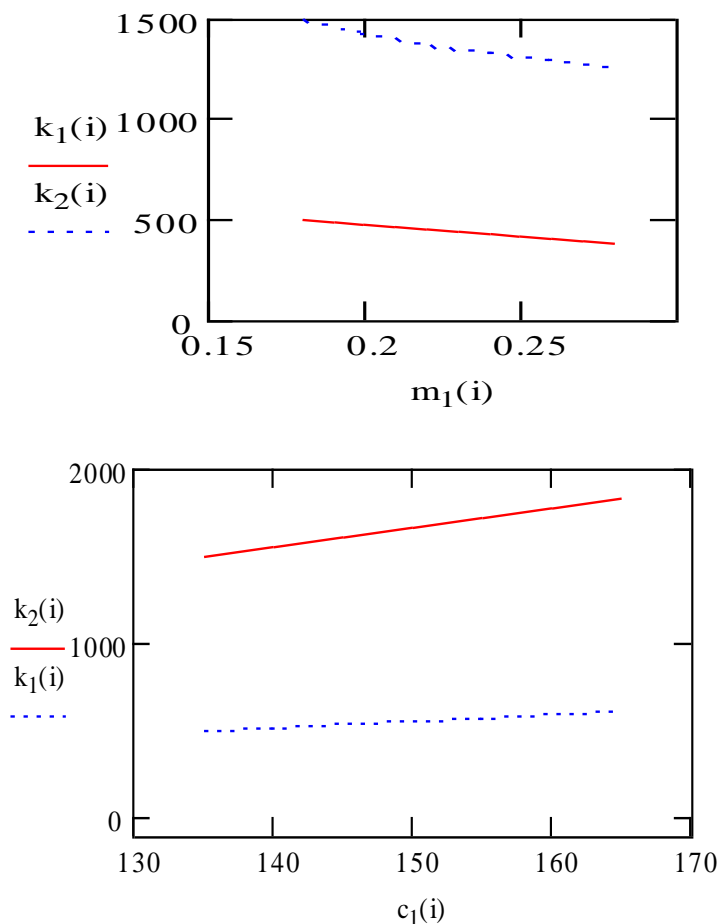


Рисунок 2. Зависимость частоты колебаний от массы клубней

Полученные результаты позволили усовершенствовать целый ряд рабочих органов оборудования для переработки пищевых продуктов.

С помощью таких рабочих органов существенно повышается эффективность многих процессов и оборудования для переработки пищевых продуктов [8-11].

В первую очередь это относится как к устройствам для приготовления картофельного пюре [8, 11], так и к технологии его получения [9-10].

Другое применение эти результаты имеют при использовании, например, для рабочих органов в виде абразивных конусов для машин типа КНА-600. Их предложено заменить на конусные спирали навитые из проволоки диаметром и с шагом определяемым приведенными выше формулами [12].

Такие рабочие органы могут быть использованы в пищевой промышленности и общественном питании (рис. 3). Они обеспечивают повышение качества очистки и надежности рабочего органа, который содержит корпус 1 с боковой поверхностью в виде

усеченного конуса, на которой установлен терочный элемент 2, выполненный в виде расположенной на корпусе 1 по спирали проволоки, диаметр которой составляет 0,6-0,8 шага спирали, а на поверхности проволоки закреплены абразивные частицы, составляющие 0,05-0,11 диаметра проволоки.

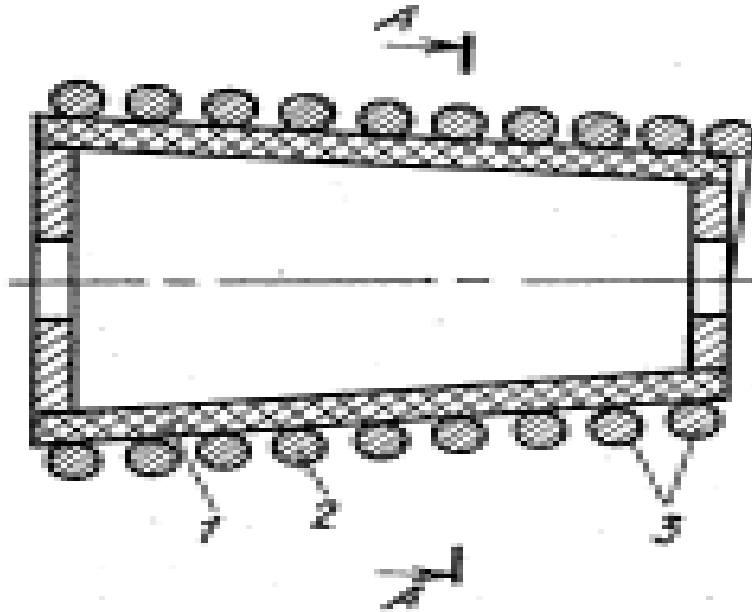


Рисунок 3. Рабочий орган для машины КНА-600

В качестве абразивных частиц используется электрокорунд белый, а в качестве связки электролитический никель.

При использовании в крахмалопаточной промышленности для измельчения крахмалосодержащего сырья в терках геометрию абразивного рисунка рабочего барабана также выбирают исходя из вышеприведенных результатов аналитического и численного моделирования.

Конструкцию поставов для помола зерновых культур можно усовершенствовать, используя терочное покрытие с регулируемой конфигурацией абразивного рисунка [14].

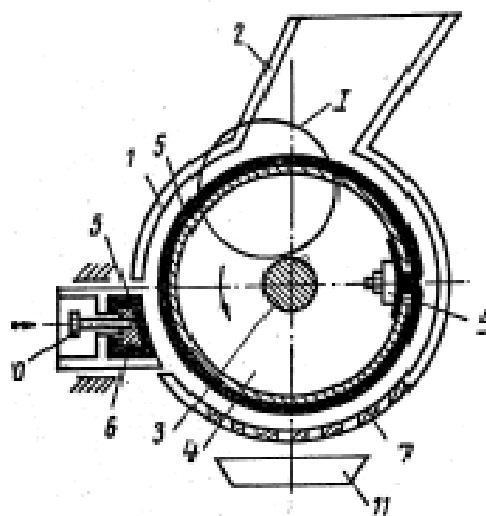


Рисунок 4. Устройство для измельчения крахмалосодержащего сырья [13]

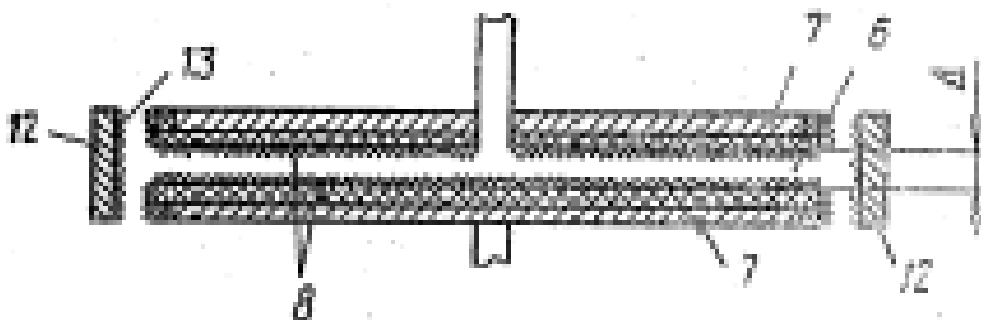


Рисунок 5. Шелушильный постав

Терочные покрытия на основе технологии гальваностегии [15] открывают новые возможности по обслуживанию и ремонту рабочих органов [16]. Если при износе отдельных участков бакелитовых рабочих органов их нужно было менять целиком, то сейчас для этого достаточно заменить изношенный участок, например, приварив специально подготовленную «заплатку».

Вырубка основ таких заменяющих участков может быть осуществлена при использовании специально разработанные для этой цели индукторов МИУ (магнитно-импульсных установок) [17-18].

Поиск дальнейших путей совершенствования технологического оборудования осуществляется как экспериментальными методами [19], так и совершенствованием аналитических моделей [20].

Литература:

1. Алексеев Г.В., Дмитриченко М.И., Гончаров М.В. Ресурсосберегающие направления развития абразивной обработки пищевых материалов // Техно-технологические проблемы сервиса. 2013. №4(26). С. 57-61.
2. Алексеев Г.В., Головацкий Г.А., Краснов И.В. Некоторые направления повышения эффективности технологического оборудования для переработки пищевого сырья // Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2007. №3. С. 5-56.
3. Алексеев Г.В., Верболоз Е.И. Современные подходы к рациональному использованию ресурсов при первичной обработке пищевого сырья // Вестник Международной академии холода. 2003. №4. С. 3-39.
4. Алексеев Г.В., Вороненко Б.А., Лукин Н.И.. Математические методы в пищевой инженерии: учеб. Пособие. СПб: ЛАНЬ, 2012. 156 с.
5. Алексеев Г.В., Вороненко Б.А., Головацкий В.А. Аналитическое исследование процесса импульсного (дискретного) теплового воздействия на перерабатываемое сырье // Новые технологии. 2012. №2. С. 11-15.
6. Мосина Н.В., Алексеев Г.В. Моделирование процесса очистки картофеля как перемещения квазиупругих тел в рабочей камере // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. №2. С. 51-54.
7. Мосина Н.А., Алексеев Г.В., Корзенков К.В. Расчет дискретных параметров прерывистых абразивных покрытий используемых в картофелечистках периодического действия // Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2008. №3. С. 47-49.
8. Алексеев Г.В., Наумов В.Н.. Устройство для приготовления картофельного пюре: а.с. №1204171(СССР) // БИ. 1986. №2.

9. Алексеев Г.В., Петрова Г.М. Способ получения пюреобразной картофельной массы: а.с. №1333288(СССР) // БИ. 1987. №32.
10. Алексеев Г.В., Егорова И.Ю. Способ получения пищевого продукта из картофеля: а.с. №1354459(СССР) // БИ. 1987. №25.
11. Алексеев Г.В., Шохин А.Н. Установка для приготовления картофельного пюре: а.с. №1576140(СССР) // БИ. 1990. №25.
12. Алексеев Г.В., Головацкий В.А. Рабочий орган картофелеочистительной машины: а.с. №1412710(СССР) // БИ. 1988. №28.
13. Алексеев Г.В., Гриднева И.Ю. Устройство для тонкого измельчения крахмалосодержащего сырья: а.с. №1643555(СССР) // БИ. 1991 №15.
14. Алексеев Г.В., Камалов Ш. Шелушильный постав: а.с. №1650246(СССР) // БИ. 1991. №19.
15. Алексеев Г.В., Грекова И.В. Покрытие для рабочих органов картофелечистки а.с. №1725449(СССР) // БИ. 1992. №11.
16. Алексеев Г.В., Старостин В.А. Рабочий орган дисковой мельницы: а.с. №1768280(СССР) // БИ. 1992. №38.
17. Алексеев Г.В., Даниленко Е.А. Возможности моделирования измельчения пищевых добавок для продуктов функционального питания // Вестник Международной академии холода. 2011. №2. С. 16-18.
18. Алексеев Г.В., Баранцев А.В.. Индуктор для магнитно-импульсного деформирования заготовок: а.с. №822433(СССР) // БИ. 1980. №48.
19. Мосина Н.А., Алексеев Г.В. Исследование топологии абразивных покрытий картофелечисток периодического действия // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2010. №1.
20. Алексеев Г.В., Вороненко Б.А., Головацкий В.А. Аналитическое решение уравнений теплопроводности для абразивной обработки пищевого сырья // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2012. №2. С. 1.

References:

1. Alexeev G.V., Dmitrichenko M.I., Goncharov M.V. Resource-saving trends of the development of abrasive processing of food materials // *Technical and technological problems of the service*. 2013. № 4 (26). P. 57-61.
2. Alexeev G.V., Golovatsky G.A., Krasnov I. V. Some ways of increasing the efficiency of technological equipment for food raw materials processing // *Proceedings of St. Petersburg State University of Low Temperature and Food Technologies*. 2007. № 3. P. 5-56.
3. Alexeev G.V., Verboloz E.I. Modern approaches to the sustainable use of resources in the primary processing of food raw materials // *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*. 2003. № 4. P. 3-39.
4. Alexeev G.V., Voronenko B.A., Lukin N.I. *Mathematical methods in food engineering: textbook*. SPb.: Lan, 2012. 156 p.
5. Alexeev G.V., Voronenko B.A., Golovatsky V.A. Analytical study of the process of pulse (discrete) thermal effects on the processing stock // *New Technologies*. 2012. № 2. P. 11-15.
6. Mosina N.V., Alexeev G.V. Simulation of the purification process of potato as moving quasi-elastic bodies in the working chamber // *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2012. № 2. P. 51-54.
7. Mosina N.A., Alexeev G.V., Korzenkov K.V. Calculation of discrete parameters of discontinuous abrasive coatings used in potato batch // *Proceedings of St. Petersburg State University of Refrigeration and Food Technologies*. 2008. № 3. P. 47-49.
8. Alexeev G.V., Naumov V.N. Device for making mashed potatoes: a. s. №1204171 (USSR) // *BI*. 1986. № 2.
9. Alexeev G.V., Petrova G.M. Method for producing potato puree: a.s. №1333288 (USSR) // *BI*. 1987. № 32.
10. Alexeev G.V., Egorova I.Y. Method of producing a food product from potatoes: a.s. Number 1354459 (USSR) // *BI*. 1987. № 25.

11. Alexeev G.V., Shokhin A.N. *Installation for making mashed potatoes: a.s. № 1576140 (USSR) // BI. 1990. №25.*
12. Alexeev G.V., Golovatsky V.A. *Working body of potato peeling device: a. s. № 1412710 (USSR) // BI. 1988. № 28.*
13. Alexeev G.V., Gridneva I.Y. *Apparatus for fine grinding of starch – containing material: a.s. № 1643555 (USSR) // BI. 1991. № 15.*
14. Alexeev G.V., Kamalov Sh. *Peeler hocks: a.s. №1650246 (USSR) // BI. 1991. №19.*
15. Alexeev G.V., Grekova I.V. *Coverage for workers parts of potato peeling: a.s. № 1725449 (USSR) // BI. 1992. № 11.*
16. Alexeev G.V., Starostin V.A. *Working body of a disc mill: a.s. №1768280 (USSR) // BI. 1992. № 38.*
17. Alexeev G.V., Danilenko E.A. *Modeling capabilities for chopping food additives for functional foods // Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2011. № 2. P. 16-18.*
18. Alexeev G.V., Barantsev A.V. *Inductor for magnetic pulse deformation of blanks: a.s. № 822433 (USSR) // BI. 1980. № 48.*
19. Mosina N.A., Alexeev G.V. *Study of the topology of abrasive coats of potato peelers of periodic effect // Scientific journal of SRI ITMO. Series: Processes and equipment for food production. 2010. № 1.*
20. Alexeev G.V., Voronenko B.A., Golovatsky V.A. *Analytical solution of the heat transfer equations for the abrasion of food raw materials // Scientific journal of SRI ITMO. Series: Processes and equipment for food production. 2012. № 2. P. 1.*