

Г. В. Алексеев, Е. С. Сергачева, А. Г. Леу, М. В. Гончаров

## Оценка работоспособности новых рабочих органов оболочечного типа для очистки и измельчения пищевого сырья

Дается аналитическая оценка эффективности работы новых рабочих органов для совершенствования оборудования, обеспечивающего наиболее полную сохраняемость полезных пищевых веществ при изготовлении разного рода пищевых продуктов. Актуальность рассматриваемым вопросам придают постоянно сокращающиеся ресурсы пищевого сырья. В таких условиях потери пищевых веществ в процессе выработки продуктов питания, особенно на стадиях его очистки и измельчения, становятся совершенно недопустимыми. Это важно, так как именно в приповерхностных зонах, непосредственно примыкающих к оболочкам или коже поставляемого на переработку сырья, содержится значительная часть таких веществ. Подобная картина наблюдается у некоторых видов нетрадиционного сырья, все чаще вовлекаемого в процесс производства пищевой продукции, например у люпина и амаранта. Затронутая проблема заставила разработчиков технологического оборудования искать пути снижения толщины удаляемого с поверхности обрабатываемого сырья слоя. Это, в частности, стало доступно при использовании абразивного инструмента, у которого подложкой для крепления абразивного зерна являются эластичные материалы, позволяющие достаточно точно воспроизводить форму обрабатываемой поверхности. Развитие и внедрение такого рода рабочих органов затруднено из-за отсутствия расчетной базы для их производства.

**Ключевые слова:** оценка эффективности, совершенствование оборудования, сохраняемость полезных пищевых веществ, технологическое оборудование, абразивный инструмент, эластичный материал, нетрадиционное сырье.

### Введение

Проблема замены устаревшего оборудования на пищевых производствах неожиданно обострилась в последние годы в связи с необходимостью выполнения предъявляемых к нему требований по импортозамещению. В этих условиях потребовались принципиально новые подходы к совершенствованию традиционно применяемых машин и комплектующих их рабочих органов. Разработчики некоторых видов современного технологического оборудования в пищевых производствах пробуют использовать рабочие органы оболочечного типа, в которых эластичный рабочий элемент размещен на подкрепляющих опорах. Такого типа рабочие органы применяют для абразивной обработки при снятии жучков с некоторых видов промысловых рыб, например, ставриды или растительного сырья, в том числе нетрадиционного, такого как люпин или амарант [1].

Сечение рабочего органа в продольной плоскости симметрии показано на рис. 1, на котором изображен эластичный терочный элемент, размещенный на подкрепляющих ребрах жесткости.

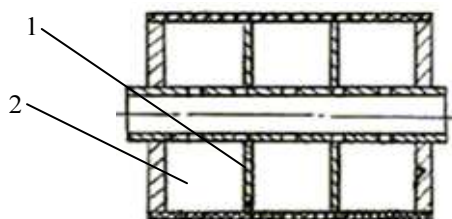


Рис. 1. Принципиальная схема технологического рабочего органа оболочечного типа:

1 – ребро жесткости; 2 – эластичный терочный элемент

Fig. 1. The schematic diagram of a shell-type process tool:

1 – the stiffening plate; 2 – the elastic grating element

Для успешной эксплуатации такого типа рабочих органов, нагрузка на цилиндрическую поверхность которых зависит от геометрии обрабатываемого продукта, режимов обработки и физико-механических свойств самого материала оболочки, требуется создавать некоторое избыточное давление внутрь цилиндра. С этой целью необходимо проанализировать характер нагруженности внешней поверхности рабочего органа.

### Материалы и методы

Рассмотрим круглый цилиндр, к которому перпендикулярно боковой поверхности приложены силы, симметричные оси. Такую схему нагружения конструкции удобно описать функцией напряжений  $\varphi$ ,

варьируемыми величинами в которой являются текущий радиус и центральный угол. Условия равновесия в этом случае удовлетворяются решением уравнения Пуассона

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

в виде

$$\varphi = f(r) \operatorname{sinc} z, \quad (2)$$

где  $f$  принимает значения при изменении только  $r$ . После подстановки последней в выражение (1) для выражения  $f(r)$  получим дифференциальное уравнение второго порядка

$$\frac{d^2 f}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{df}{dr} - k^2 f = 0. \quad (3)$$

Для выражения решения этого уравнения применяют модифицированные функции Бесселя нулевого порядка разного рода, первого или второго, с аргументом  $kr$ . Для сплошного цилиндра тогда можно записать решение такого типа

$$f(r) = a_0 + a_1 r^2 + a_2 r^4 + a_3 r^6 + \dots \quad (4)$$

Подставляя записанное соотношение в уравнение (3), получим довольно простые выражения для последовательных коэффициентов ряда

$$(2n)^2 a_n - k^2 a_{n-1} = 0,$$

или в другом виде

$$a_1 = \frac{k^2}{2^2} a_0; \quad a_2 = \frac{k^2}{4^2} a_1 = \frac{k^4}{2^2 \cdot 4^2} a_0.$$

Если подставить полученные соотношения в формулу (4), то получим

$$f(r) = a_0 \left[ 1 + \frac{k^2 r^2}{2^2} + \frac{k^4 r^4}{2^2 \cdot 4^2} + \frac{k^6 r^6}{2^2 \cdot 4^2 \cdot 6^2} + \dots \right]. \quad (5)$$

В скобках в полученном соотношении оказывается выраженной функция Бесселя нулевого порядка от аргумента  $ikr$ . Она часто обозначается как  $I_0(kr)$ . Ниже, по ходу изложения, будем использовать обозначение  $J_0(ikr)$  и приводить ее в таком виде

$$\varphi_1 = a_0 J_0(ikr) \operatorname{sinc} z. \quad (6)$$

Дополнительные решения несколько отличаются от полученных решений уравнения (1). Например такое решение получают из записанной выше функции  $I_0(ikr)$  продифференцированием с получением выражения

$$\frac{dJ_0(ikr)}{d(ikr)} = -\frac{ikr}{2} \left[ 1 + \frac{k^2 r^2}{2 \cdot 4} + \frac{k^4 r^4}{2 \cdot 4^2 \cdot 6} + \frac{k^6 r^6}{2 \cdot 4^2 \cdot 6^2 \cdot 8} + \dots \right]. \quad (7)$$

Когда эту производную записывают с отрицательным знаком, то получают функцию Бесселя первого порядка, обозначаемую как  $J_1(ikr)$ . При дальнейших выкладках будем рассматривать функцию

$$f_1(r) = r \frac{d}{dr} J_0(ikr) = -ikr J_1(ikr) = \frac{k^2 r^2}{2} \left[ 1 + \frac{k^2 r^2}{2 \cdot 4} + \frac{k^4 r^4}{2 \cdot 4^2 \cdot 6} + \dots \right]. \quad (8)$$

После дифференцирования получим, что

$$\left( \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - k^2 \right) f_1(r) = 2k^2 J_0(ikr).$$

Учитываем ранее полученное решение уравнения (3) в виде  $J_0(ikr)$ . Дополнительно запишем, что  $f_1(r)$  в свою очередь удовлетворяет уравнению

$$\left( \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - k^2 \right) \left( \frac{d^2 f_1}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{df_1}{dr} - k^2 f_1 \right) = 0$$

и является его решением.

Окончательно решение уравнения удобно записать в виде

$$\varphi_2 = a_1 \operatorname{sinc}z(ikr)J_1(ikr). \quad (9)$$

Объединяя полученные решения (6) и (9), найдем функцию напряжений в следующей записи

$$\varphi = \operatorname{sinc}z[a_0 J_0(ikr) + a_1(ikr)J_1(ikr)]. \quad (10)$$

Такая функция напряжений, подставленная в ранее записанные уравнения, позволяет найти зависимости для компонент напряжений

$$\sigma_r = \operatorname{cos}kz[a_0 F_1(r) + a_1 F_2(r)], \quad \tau_{rz} = \operatorname{sinc}z[a_0 F_3(r) + a_1 F_4(r)], \quad (11)$$

где  $F_1(r), \dots, F_4(r)$  – аналитические функции от  $r$ , содержащие  $J_0(ikr)$  и  $J_1(ikr)$ . Применяя значения бесселевых функций из соответствующих таблиц, можно получать значения  $F_1(r), \dots, F_4(r)$  для каждого  $r$ .

Обозначая  $a$  наружный радиус цилиндра, можно определить силы, приложенные к его поверхности, в виде следующих значений компонент напряжений

$$\sigma_r = \operatorname{cos}kz[a_0 F_1(a) + a_1 F_2(a)], \quad \tau_{rz} = \operatorname{sinc}z[a_0 F_3(a) + a_1 F_4(a)]. \quad (12)$$

Подбирая значения постоянных  $k$ ,  $a_0$ ,  $a_1$ , легко исследовать наиболее характерные случаи симметричного нагружения цилиндра. Обозначим длину цилиндра через  $l$  и примем

$$k = \frac{n\pi}{l}, \quad a_0 F_1(a) + a_1 F_2(a) = -A_n, \quad a_0 F_3(a) + a_1 F_4(a) = 0.$$

Получаем значения постоянных  $a_0$  и  $a_1$  для случая, когда к боковой поверхности цилиндра приложено гармоническое нормальное давление  $A_n \cos(n\pi z/l)$ . Случай, когда  $n = 1$ , представлен на рис. 2. Таким же образом можно получить решение, когда вдоль поверхности цилиндра приложены касательные усилия величиной  $B_n \sin(n\pi z/l)$ .

Зададим значения  $n = 1, 2, 3, \dots$  и получим, применяя принцип суперпозиции, решения задач, в которых давление нормальное поверхности цилиндра имеет такое распределение:

$$A_1 \cos \frac{\pi z}{l} + A_2 \cos \frac{2\pi z}{l} + A_3 \cos \frac{3\pi z}{l} + \dots, \quad (13)$$

при этом для касательных напряжений можно записать ряд в виде

$$B_1 \sin \frac{\pi z}{l} + B_2 \sin \frac{2\pi z}{l} + B_3 \sin \frac{3\pi z}{l} + \dots. \quad (14)$$

Если для функции напряжений  $\varphi$  вместо выражения (2) подставить соотношение

$$\varphi = f(r) \operatorname{cos}kz$$

и следовать прежней логике, то вместо ранее полученного выражения получим функцию напряжений в другом виде

$$\varphi = \operatorname{cos}kz[b_0 J_0(ikr) + b_1(ikr)J_1(ikr)]. \quad (15)$$

Определенным выбором постоянных величин  $k$ ,  $b_0$ ,  $b_1$  можно добиться того, что решения для случая нормального давления, действующего на цилиндр, представляются рядом по синусам, а для касательных усилий – рядом по косинусам. Комбинируя различные решения, при необходимости можно получить любое осесимметричное распределение нормальных и касательных усилий по поверхности цилиндра. В то же время можно учитывать действующие усилия, распределенные по концам цилиндра [2; 3]. Накладывая простое растяжение или сжатие, мы всегда можем принципом суперпозиции получить результирующие этих усилий равными нулю, и в соответствии с принципом Сен-Венана их влиянием на распределение напряжений вдали от концов пренебречь [4]. Такие задачи при симметричном нагружении цилиндров решил Файлон. Конечные результаты его решения для случая, показанного на рис. 3, приведены ниже.

Цилиндр, длина которого равна  $la$ , подвергается растяжению касательными усилиями, равномерно распределенными по указанным на рисунке частям поверхности. Представляет практический интерес

распределение нормального напряжения  $\sigma_z$  по поперечным сечениям цилиндра. В таблице вычислены отношения этих напряжений к среднему растягивающему напряжению, полученному как отношение полного растягивающего усилия на площадь поперечного сечения цилиндра. Легко убедиться, что местные растягивающие напряжения вблизи нагруженных частей поверхности быстро убывают по мере удаления от указанных частей поверхности и приближаются к среднему значению [5].

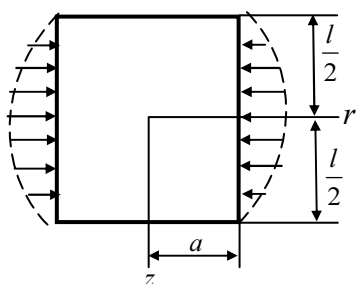


Рис. 2. Нагружение цилиндра при  $n = 1$   
Fig. 2. Loading of the cylinder when  $n = 1$

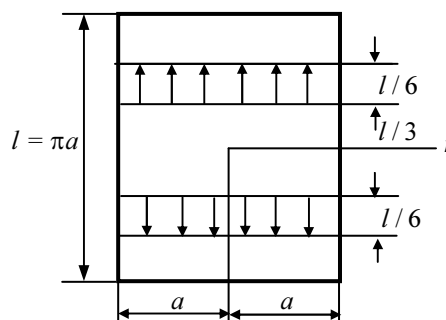


Рис. 3. Нагружение цилиндра с исключением краевых зон  
Fig. 3. Loading of the cylinder with the exception of the edge zones

Если производится посадка кольца на более длинный вал, то формулы расчета, предполагающие, что кольцо и вал, на который оно садится, имеют одинаковую длину, являются неточными. Намного точнее можно получить решение, рассматривая задачу, показанную на рис. 4, а, т. е. задачу для длинного цилиндра при равномерном нормальном давлении  $p$ , действующим на охватывающей части поверхности ABCD.

Таблица. Напряжения, вычисленные в зависимости от ширины зоны посадки  
Table. Stresses calculated depending on the width of the seating zone

$z$	$r = 0$	$r = 0,2a$	$r = 0,4a$	$r = 0,6a$	$r = a$
0	0,689	0,719	0,810	0,962	1,117
0,05	0,673	0,700	0,786	0,937	1,163
0,10	0,631	0,652	0,720	0,859	1,344
0,15	0,582	0,594	0,637	0,737	2,022
0,20	0,539	0,545	0,565	0,617	1,368

Искомое решение целесообразно получать, накладывая друг на друга решения для двух распределений давлений, показанных на рис. 4, б. Таким образом, основная задача, решение которой приводится ниже, состоит в определении действия знакопеременных давлений:  $p/2$  на нижней половине цилиндрической поверхности и  $(-p/2)$  – на ее верхней половине.

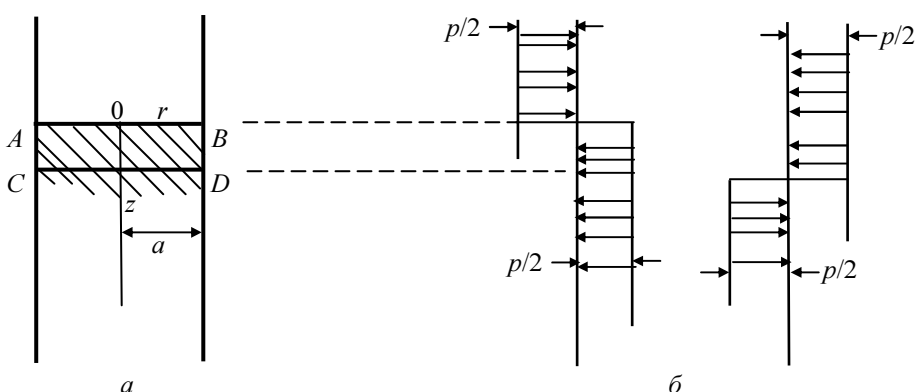


Рис. 4. Схема наложения элементарных решений  
Fig. 4. The scheme of superposition of elementary solutions

В качестве примера найдем функции напряжений, описываемые уравнением (15), записывая  $I_0(kr)$  вместо  $J_0(ikr)$  и  $iI_1(kr)$  вместо  $J_1(ikr)$ . Положим также  $b_0 = \rho b_1$ . Тогда

$$\varphi = [\rho I_0(kr) - kr I_1(kr)] b_1 \cos kz. \quad (16)$$

Эта функция напряжений удовлетворяет уравнению равновесия при любых значениях  $k$ . Если считать, что  $k$  меняется в некоторой области, мы можем предположить, что  $b_1$  зависит от  $k$  и от приращения  $dk$ , и записать

$$b_1 = f(k)dk.$$

Подставляя это выражение в формулу (16) и складывая все полученные таким образом функции напряжений, получаем более общую функцию напряжений в форме

$$\varphi = \int_0^{\infty} [\rho I_0(kr) - kr I_1(kr)] f(k) \cos kz dk. \quad (17)$$

Убедимся теперь, что можно выбрать функцию  $f(k)$  таким образом, чтобы рассматриваемая функция напряжений дала решение нашей задачи [6].

### Результаты и обсуждение

Из развиваемых выше соображений и полученных формул непосредственно вытекает соотношение для касательного напряжения в виде

$$\tau_{rz} = \int_0^{\infty} [\rho k I_0'(kr) - k^2 r I_1'(kr) - k I_1'(kr) - 2k(1-\nu) I_0'(kr)] k^2 f(k) \cos kz dk,$$

где штрих обозначает дифференцирование. Это соотношение оказывается равно нулю на поверхности  $r = a$ . Пусть выражение в скобках при  $r = a$  тоже равно нулю, тогда запишем уравнение для  $\rho$  в виде

$$\rho = 2(1-\nu) + ka \frac{I_0(ka)}{I_1(ka)}. \quad (18)$$

Здесь граничные условия имеют вид

$$\begin{aligned} \sigma_r &= \frac{p}{2} \quad \text{при } r = a, \quad z > 0, \\ \sigma_r &= -\frac{p}{2} \quad \text{при } r = a, \quad z < 0. \end{aligned} \quad (19)$$

Значение  $\sigma_r$ , выраженное из (17) для выше полученных зависимостей, примет вид

$$\sigma_r = -\int_0^{\infty} \left[ (1-2\nu-\rho) I_0(kr) + \left( kr + \frac{\rho}{kr} \right) I_1(kr) \right] k^3 f(k) \sin kz dk. \quad (20)$$

Вспомним теперь известную формулу

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin kz}{k} dk = \begin{cases} \frac{\pi}{2} & \text{при } z > 0, \\ 0 & \text{при } z = 0, \\ -\frac{\pi}{2} & \text{при } z < 0. \end{cases} \quad (21)$$

Умножив эти соотношения на  $p/\pi$ , получим

$$\frac{p}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin kz}{k} dk = \begin{cases} \frac{p}{2} & \text{при } z > 0, \\ 0 & \text{при } z = 0, \\ -\frac{p}{2} & \text{при } z < 0, \end{cases} \quad (22)$$

здесь значения справа представляют собой граничные величины для  $\sigma_r$ , определяемые формулами (21). Таким образом, выражение (20) удовлетворяется, если сделать правую часть уравнения (19) при  $r = a$  тождественно равной левой части приведенного ранее соотношения [7–8]. Это необходимо для выполнения условия

$$-\left[ (1-2\nu-\rho) I_0(ka) + \left( ka + \frac{\rho}{ka} \right) I_1(ka) \right] k^3 f(k) = \frac{p}{\pi} \frac{1}{k}. \quad (23)$$

Оно служит для отыскания  $f(k)$ , причем компоненты напряжения находятся по функции напряжений (17) с помощью выше приведенных формул. Они будут идентичны интегралам того же вида, что и интегралы в соотношении (21) для  $\sigma_r$ . Важно, что численные оценки, выполненные по (23), указывают на изменение напряжений в осевом направлении для разных значений радиального расстояния и дают изменение перемещений на поверхности.

Таким образом, если ширина равна радиусу цилиндра, а тангенциальное напряжение, сжимающее на поверхности и посередине нагруженной полосы, примерно на 10 % превышает приложенное давление [3; 9–10], то осевое напряжение  $\sigma_z$  на поверхности в месте окончания действия нагрузки становится растягивающим и составляет примерно 45 % от приложенного давления. Касательное напряжение  $\tau_{rz}$  достигает наибольшего значения, равного 31,8 % приложенного давления, по концам нагруженной полосы  $AB$  и  $CD$  (рис. 4) в точках, близких к поверхности [11].

Если давление прикладывается по всей криволинейной поверхности цилиндра, то независимо от его длины получаем просто сжимающие напряжения  $\sigma_z$  и  $\sigma_\theta$ , равные приложенному давлению, и напряжения  $\sigma_z$  и  $\tau_{rz}$  исчезают [12].

### Заключение

Приведенные выкладки позволили рассмотреть несколько возможных ситуаций эксплуатации технологического оборудования. Проанализированные случаи нагружения цилиндрической поверхности неравномерной нагрузкой и сделанные в этом случае расчеты позволяют выбирать технологические режимы эксплуатации описанных выше рабочих органов предполагаемой конструкции. Наиболее успешно результаты проведенного моделирования могут быть использованы при выборе необходимых величин избыточного давления внутри используемого в новом оборудовании эластичного терочного элемента.

### Библиографический список

1. Arya S. S. Changes in free nucleotids and bases during preparation of pre-cooked denderated minced meats // Die Hamburg. 1979. Bd. 23. N 5. S. 495–499.
2. Becker H. Neues hochwertiges Fischer Zeugnis als kleines Schildmakrele // Seewirtschaft. 1985. N 1L. S. 577–558.
3. Арет В. А., Алексеев Г. В., Верболоз Е. И., Кондратов А. В. Возможности управления процессом измельчения путем изменения структурно-механических свойств пищевой смеси // Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2008. № 4. С. 54–58.
4. Алексеев Г. В., Верболоз Е. И. Устройство для очистки рыбы от чешуи : пат. Рос. Федерация. № 2240005 ; опубл. 20.11.2004, Бюл. № 32.
5. Алексеев Г. В., Грекова И. В. Рабочий орган устройства для очистки и измельчения пищевых продуктов : пат. Рос. Федерация. № 2062588 ; опубл. 20.06.2000, БИ: 17/2000.
6. Холявин И. И., Кравцова Е. В., Леу А. Г. Математическое моделирование возможностей ресурсосбережения // Интеграция науки, общества, производства и промышленности : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф., Самара, 10 августа 2016 г. Уфа : Аэтерна, 2016. С. 52–54.
7. Карпов М. О., Леу А. Г. Пути повышения ресурсосбережения в пищевых производствах // Достижения и перспективы естественных и технических наук. 2016. № 7. С. 21–26.
8. 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. 52.
9. Холявин И. И., Карпов М. О., Поздеева Ю. В. Оценка эффективности работы пищевых производств // Инновации, технологии, наука : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 28 августа 2016. Уфа : Омега Сайнс, 2016. С. 79–82.
10. Тимошенко С. П., Гудьер Дж. Теория упругости. М. : Наука, 1975. 576 с.
11. Андреев С. И., Калинина Е. М., Леу А. Г. Перспективы более полного сохранения крахмала в полуфабрикатах при очистке картофеля // Новая наука: Современное состояние и пути развития. 2016. № 10 (2). С. 155–158.
12. Алексеев Г. В., Мосина Н. А. Абразивная обработка картофеля и овощей с дискретным энергоподводом. Монография / Саратов : Вузовское образование, 2013. 115 с.

### References

1. Arya S. S. Changes in free nucleotids and bases during preparation of pre-cooked denderated minced meats // Die Hamburg. 1979. Bd. 23. N 5. S. 495–499.
2. Becker H. Neues hochwertiges Fischer Zeugnis als kleines Schildmakrele // Seewirtschaft. 1985. N 1L. S. 577–558.

3. Aret V. A., Alekseev G. V., Verboloz E. I., Kondratov A. V. *Vozможности upravleniya protsessom izmelcheniya putem izmeneniya strukturno-mehaniicheskikh svoystv pischevoy smesi* [Possibilities of management of crushing process by changing structural and mechanical properties of food mix] // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta nizkotemperaturnykh i pischevykh tehnologiy*. 2008. N 4. P. 54–58.

4. Alekseev G. V., Verboloz E. I. *Ustroystvo dlya ochistki ryby ot cheshui* [The device for cleaning fish of scales] : pat. Ros. Federatsiya. N 2240005 ; opubl. 20.11.2004, Byul. N 32.

5. Alekseev G. V., Grekova I. V. *Rabochiy organ ustroystva dlya ochistki i izmelcheniya pischevykh produktov* [Working body of the device for cleaning and crushing foodstuff] : pat. Ros. Federatsiya. N 2062588 ; opubl. 20.06.2000, BI: 17/2000.

6. Holyavin I. I., Kravtsova E. V., Leu A. G. *Matematicheskoe modelirovanie vozmozhnostey resursoberezheniya* [Mathematical modelling of resource-saving opportunities] // *Integratsiya nauki, obschestva, proizvodstva i promyshlennosti* : sb. st. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Samara, 10 avgusta 2016 g. Ufa : Aeterna, 2016. P. 52–54.

7. Karpov M. O., Leu A. G. *Puti povysheniya resursoberezheniya v pischevykh proizvodstvakh* [Ways of increase in resource-saving in food productions] // *Dostizheniya i perspektivy estestvennykh i tehniicheskikh nauk*. 2016. N 7. P. 21–26.

8. Alekseev G. V., Golovatskiy G. A., Krasnov I. V. *Nekotorye napravleniya povysheniya effektivnosti tehnologicheskogo oborudovaniya dlya pererabotki pischevogo syrya* [Some directions of increase in efficiency of equipment for processing food raw materials] // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta nizkotemperaturnykh i pischevykh tehnologiy*. 2007. N 3. P. 52.

9. Holyavin I. I., Karpov M. O., Pozdeeva Yu. V. *Otsenka effektivnosti raboty pischevykh proizvodstv* [Evaluation of the efficiency of food production] // *Innovatsii, tehnologii, nauka* : sb. st. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Ufa, 28 avgusta 2016. Ufa : Omega Sayns, 2016. P. 79–82.

10. Timoshenko S. P., Guder Dzh. *Teoriya uprugosti* [Theory of elasticity]. M. : Nauka, 1975. 576 p.

11. Andreev S. I., Kalinina E. M., Leu A. G. *Perspektivy bolee polnogo sohraneniya krahmala v polufabrikatah pri ochistke kartofelya* [The prospects of fuller preservation of starch in semi-finished products when cleaning potatoes] // *Novaya nauka: Sovremennoe sostoyanie i puti razvitiya*. 2016. V 10 (2). P. 155–158.

12. Alekseev G. V., Mosina N. A. *Abrazivnaya obrabotka kartofelya i ovoschey s diskretnym energopodvodom* [Abrasive processing of potatoes and vegetables with a discrete power supply]. *Monografiya / Saratov : Vuzovskoe obrazovanie*, 2013. 115 p.

### Сведения об авторах

**Алексеев Геннадий Валентинович** – пр-т Кронверкский, 49, г. Санкт-Петербург, Россия, 197101; Санкт-Петербургский государственный национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой; e-mail: gva2003@mail.ru

**Alekseev G. V.** – 49, Kronverksky Avenue, St. Petersburg, Russia, 197101; Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Dr of Tech. Sci., Professor, Head of Department; e-mail: gva2003@mail.ru

**Сергачева Елена Сергеевна** – пр-т Кронверкский, 49, г. Санкт-Петербург, Россия, 197101; Санкт-Петербургский государственный национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой; e-mail: gva2003@mail.ru

**Sergachova E. S.** – 49, Kronverksky Avenue, St. Petersburg, Russia, 197101; Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Dr of Tech. Sci., Professor, Head of Department; e-mail: gva2003@mail.ru

**Леу Анна Геннадьевна** – пр-т Кронверкский, 49, г. Санкт-Петербург, Россия, 197101; Санкт-Петербургский государственный национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, магистр; e-mail: gva2003@mail.ru

**Leu A. G.** – 49, Kronverksky Avenue, St. Petersburg, Russia, 197101; Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Undergraduate Student; e-mail: gva2003@mail.ru

**Гончаров Максим Владимирович** – пр-д Энергетический, 1, г. Смоленск, Россия, 214013; Смоленский филиал Национального исследовательского университета Московского энергетического института, канд. техн. наук, доцент

**Goncharov M. V.** – 1, Energeticheskyy Lane, Smolensk, Russia, 214013; Branch of National Research University "Moscow Power Engineering Institute" in Smolensk, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor

G. V. Alekseev, E. S. Sergachova, A. G. Leu, M. V. Goncharov

### **Assessment of performance of new working bodies of shell type for food raw materials cleaning and grinding**

The analytical evaluation of effectiveness of new working bodies for improving equipment has been given. The equipment should provide the most complete preservation of useful nutrients in the manufacture of various kinds of food products. The ever-dwindling resources of food raw materials give relevance of the issues under review. In such circumstances the loss of nutrients while processing food production, especially in the stages of its cleaning and grinding becomes completely unacceptable. This is even more important as often in near-surface zones directly adjacent to the shells or the skin of the raw materials supplied for processing a significant portion of such substances is contained. The same pattern is observed in some types of unconventional raw materials increasingly involved in the production process of food products, they are for example lupine and amaranth. The problem forced the developers of technological equipment to seek ways of reducing the thickness removed from the surface of the raw material layer. This became available when using an abrasive tool in which the elastic materials are the substrate for attaching abrasive grain, these materials allow accurately reproducing the shape of the treated surface. The development and implementation of such working bodies is difficult because of lack of their production basis.

**Key words:** performance evaluation, improvement of equipment, preservation of useful nutrients, processing equipment, abrasive tool, elastic material, non-traditional raw materials.