

УДК 621.047:621.926

Профессор Г.В. Алексеев, аспирант Е.В. Кравцова  
(Университет ИТМО) кафедра процессов и аппаратов. тел. 88123153776  
E-mail: gva2003@rambler.ru

аспирант А.С. Шахов

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра машин и аппаратов пищевых производств.  
тел. 255-38-96

E-mail: luckyshax@mail.ru

Professor G.V. Alekseev, graduate E.V. Kravtsova

(University ITMO) Department of the processes and device. phone. 88123153776

E-mail: gva2003@rambler.ru

graduate A.S. Shakhov

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of machines and apparatuses of food industry. phone. 255-38-96

E-mail: luckyshax@mail.ru

## **Исследование возможности моделирования процесса резания в камере для измельчения фруктов и овощей**

### **Study the possibility of modeling of the cutting process in the chamber for crushing fruit and vegetables**

Реферат. Процесс измельчения плодов и овощей при получении сока с мякотью, как правило, осуществляется помощью соковыжималок, дробилок или блендеров с относительно медленно вращающимися ножами и неподвижными решетками при непрерывной подачей сырья. Интенсификация процессов разделения продуктов переработки на части позволит резко сократить длительность и повысить равномерность обработки сырья, что скажется на качестве готовых напитков в целом. Взаимодействие лезвия и материала характеризуется усилием резания, причем общая сила, действующая на лезвие со стороны материала, не находится в плоскости резания, вследствие чего на лезвие ножа, наряду с вертикальной, действует и горизонтальная составляющая силы. Горизонтальная составляющая стремится деформировать (изменить) контур режущей кромки ножа, вследствие чего в общем случае обеспечение необходимой жесткости в плоскости материала требует увеличения его толщины и применения дополнительных связей (перемычек, стяжек). Установлено, что значения величины деформации и скорости ее распространения связаны между собой через параметры, характеризующие упругость и пластичность среды объекта обработки. Следовательно, скорость зависит от свойств тела, в котором импульс распространяется. В большинстве материалов скорость распространения импульса оказывается порядка  $5 \cdot 10^3$  м/с. Учет полученных данных при определении рациональных скоростей резания для различных материалов с упругопластическими свойствами (приближение скорости резания к скорости распространения деформации) позволит добиться уменьшения предваряющей разделение деформации и, соответственно, затрачиваемой на нее работы, локализации напряжений под режущей кромкой, и, как следствие приведет к повышению выхода продукта и улучшению чистоты срезов. Повышение качества обработки резанием может быть связано с увеличением инерции структурных элементов материала (волокон) при увеличении скорости процесса.

Summary. The grinding process of fruits and vegetables in the preparation of juice with pulp, usually carried out by means juicers, blenders or grinders with a relatively slowly rotating blades and stationary gratings with a continuous flow of raw materials. Intensification of processes of division of the products of the conversion will asunder allow sharply duration and raise the uniformity of the processing cheese that will say on quality ready drink as a whole. The interaction of the blade and material is characterized effort of the cutting moreover the general power, acting on blade on the part of material, is not found in planes of the cutting in consequence of which on blade of the knife, alongside with vertical, acts and horizontal forming power. Horizontal form to deform (change) sidebar cutting edge of the knife in consequence of which in general event provision to necessary acerbity in flat material requires increase of his(its) thickness and using the additional relationships (the jumper). It is installed that values of magnitude of deformation and speed of its extending are connected among themselves through the parameters characterizing pressure and plasticity of medium of installation of machining. Hence, speed depends on properties of a body in which the pulse is passed round. In the majority of materials speed of extending of a pulse appears an order of  $5 \cdot 10^3$  km/s. Accounting of received data in the determination of rational cutting speeds for different materials with elastoplastic properties (approximation cutting speed for the propagation velocity of deformation) will allow to reduce pre-separation deformation and, respectively, spent on her work, localization stress under cutting edge, and, as consequence will lead to higher product yield and improve the purity of the slices. Improving the quality cutting may be associated with an increase of inertia of the structural elements of the material (fibers) by increasing the speed of the process.

*Ключевые слова:* измельчение, вращающиеся ножи, интенсификация процессов, усилие резания, плоскость резания.

*Keywords:* grinding, rotary blades, effort of the cutting, plane of the cutting.

Профили лезвий, представленные в настоящее время на рынке, отличаются большим разнообразием и значительно отличаются от упрощенных контуров, используемых в известных расчетных моделях [1-3].

В связи с этим для практических расчетов представляет интерес рассмотрение обобщенного профиля лезвия ножа и получение аналитических зависимостей для определения силовых параметров его взаимодействия с материалом для большинства используемых профилей, описывая их как частные случаи. Такой профиль показан на рисунке 1, на котором представлена принятая нами расчетная схема.

Общая сила  $P$ , действующая на резак, представляется в виде двух ее составляющих  $P_y$  и  $P_x$ , соответственно по осям  $y$  и  $x$  (рисунок 1).

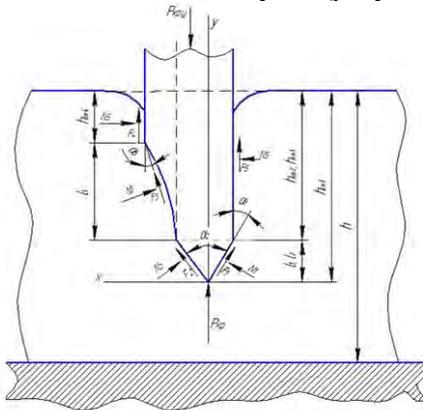


Рисунок 1. Силовое взаимодействие лезвия ножа с материалом

Сумма сил в проекции на ось  $y$  (плоскость лезвия ножа):

$$P_{yp} = P_y = P_x + N_1 \sin \alpha_1 + F_1 \cos \alpha_1 + N_2 \sin(\alpha_2 - \alpha_1) + F_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) + N_3 \sin \alpha_3 + F_3 \cos \alpha_3 + F_4 + F_5; \quad (1)$$

Сумма сил в проекции на ось  $x$  (плоскость материала):

$$P_x = N_1 \cos \alpha_1 - F_1 \sin \alpha_1 - N_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) + F_2 \sin(\alpha_2 - \alpha_1) - N_3 \cos \alpha_3 + F_3 \sin \alpha_3 - N_4 + N_5; \quad (2)$$

Общая сила, действующая на лезвие:

$$P = \sqrt{P_y^2 + P_x^2} \quad (3)$$

Пусть  $\alpha_2 - \alpha_1 = \beta$ . Рассмотрим силы, действующие на плоскость (фаску) притупления лезвия, примыкающую к высоким спускам лезвия ножа (рисунок 2).

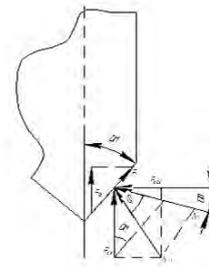


Рисунок 2. Силы, действующие на плоскость (фаску) притупления ножа

$$N_1 = f \cdot (P_{сж} \sin \alpha_1 + P_{обж} \cos \alpha_1); \quad (4)$$

$$F_1 = N_1 \cdot f; \quad (5)$$

где  $f$  – коэффициент трения.

$$f = \operatorname{tg} \varphi; \quad (6)$$

$$N_1 = N'_1 \cos \varphi = \sqrt{P_{сж}^2 + P_{обж}^2} \cos \alpha_1 = f (P_{сж} \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 + P_{обж} \cos^2 \alpha_1) = \quad (7)$$

$$= f (P_{сж} \frac{1}{2} \sin 2\alpha_1 + P_{обж} \cos \alpha_1);$$

Элементарная сила сжатия  $dP_{сж}$ , действующая со стороны столбика площадью  $dF$  длиной, равной единице, и стороной  $dx$  будет равна [4-7]:

$$dP_{сж} = E \cdot \varepsilon_{сж} \cdot dh_{сж} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1;$$

$$\varepsilon_{сж} = \frac{h_{сж,x}}{h}; \quad (8)$$

где  $h_{сж,x}$  – сжатие на расстоянии  $x$  от вершины лезвия.

Отсюда:

$$dP_{сж} = E \cdot \frac{h_{сж,x}}{h} \cdot dh_{сж} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1;$$

$$P_{сж} = \frac{E \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{h} \int_{h_{сж,1-l_1}}^{h_{сж,1}} h_{сж,x} \cdot dh_{сж} = \frac{E \operatorname{tg} \alpha_1}{h} \left| \frac{h_{сж,x}^2}{2} \right|_{h_{сж,1-l_1}}^{h_{сж,1}} = \frac{E \operatorname{tg} \alpha_1}{h} \left( \frac{h_{сж,1}^2}{2} - \frac{(h_{сж,1} - l_1)^2}{2} \right); \quad (9)$$

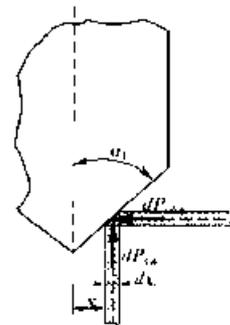


Рисунок 3. Элементарные силы сопротивления сжатию материала лезвием

Принимаем  $(h_{сж.1} - l_1) = h_{сж.2}$ , тогда:

$$P_{сж} = \frac{E \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{2h} (h_{сж.1}^2 - h_{сж.2}^2) = \frac{E \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{2h} \cdot \alpha;$$

где  $\alpha = (h_{сж.1}^2 - h_{сж.2}^2)$ ; (10)

$$\begin{aligned} P_{обж} &= \frac{E \cdot \mu}{h} \int_{h_{сж.1}-l_1}^{h_{сж.1}} h_{сж.x} \cdot dh_{сж} = \\ &= \frac{E \cdot \mu}{h} \int_{h_{сж.1}-l_1}^{h_{сж.1}} h_{сж.x} \cdot dh_{сж} = \\ &= \frac{E}{h} \mu \left| \frac{h^2_{сж.x}}{2} \right| = \mu \frac{E}{2h} \alpha; \end{aligned}$$

Усилие на режущей кромке  $P_k$  равно:

$$P_k = \delta \cdot \sigma_p; \quad (11)$$

где  $\delta$  - ширина кромки (длина принята за 1);  $\sigma_p$  - разрушающее контактное напряжение под кромкой лезвия.

Члены уравнения (11):

$$F'_1 = F_1 \cos \alpha_1 = f \left( \frac{E}{4h} \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \sin 2\alpha_1 + \right. \quad (12)$$

$$\left. + \mu \cdot \frac{E}{2h} \alpha \cdot \cos^2 \alpha_1 \right);$$

$$N_1 \cdot \sin \alpha_1 = A_y = \frac{E}{2h} \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \alpha \cdot \sin^2 \alpha_1 +$$

$$+ \mu \frac{E}{4h} \alpha \cdot \sin 2\alpha_1;$$

Принимаем  $\alpha_2 - \alpha_1 = \beta$  и  $b = (h_{сж.1}^2 - h_{сж.3}^2)$ ,

тогда:

$$N_2 \sin \beta = C_y = \frac{E}{2h} \operatorname{tg} \beta \cdot b \cdot \sin^2 \beta + \quad (13)$$

$$+ \mu \frac{E}{4h} b \sin 2\beta;$$

$$F_2 \cos \beta = D_y = F'_2 = \quad (14)$$

$$f \left( \frac{E}{4h} \operatorname{tg} \beta \sin 2\beta \cdot b + \mu \frac{E}{2h} b \cos^2 \beta \right);$$

$$N_3 \sin \alpha_3 = G_y = \frac{E}{2h} \operatorname{tg} \alpha_3 \cdot c \cdot \sin^2 \alpha_3 + \quad (15)$$

$$+ \mu \frac{E}{4h} c \sin 2\alpha_3);$$

где  $c = (h_{сж.3}^2 - h_{сж.1}^2)$ ;

$$F_3 \cos \alpha_3 = H_y = F'_3 = f \left( \frac{E}{4h} \operatorname{tg} \alpha_3 \sin 2\alpha_3 \cdot c + \right. \quad (16)$$

$$\left. + \mu \frac{E}{2h} c \cos^2 \alpha_3 \right);$$

Силы N4 и N5, действующие на боковые плоскости лезвия ножа, определим из следующих соображений [8-10]. Примем, что деформация сжатия и обжатия материала по боковым плоскостям меняется по закону треугольника (рисунок 4).

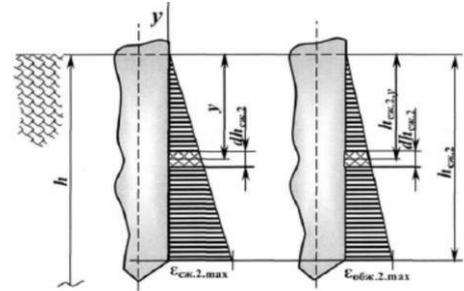


Рисунок 4. Эпюры относительных деформаций сжатия и обжатия

$$\varepsilon_{сж2} = \frac{h_{сж.2y}}{h};$$

$$dP_{обж2} = \varepsilon_{обж2} \cdot E \cdot dh_{сж2} \cdot l; \quad (17)$$

Для участка единичной длины:

$$dP_{обж2} = \varepsilon_{обж2} \cdot E \cdot dh_{сж2} \cdot l; \quad (18)$$

где  $\varepsilon_{обж2} \cdot E$  - напряжение обжатия.

$$dP_{обж2} = \mu \cdot \frac{h_{сж2y}}{h} dh_{сж2} \cdot E;$$

$$\text{где } \mu \frac{h_{сж2y}}{h} = \varepsilon_{обж2y}$$

$$\frac{h_{сж2y}}{h} = \varepsilon_{сж2y} = \varepsilon_{сж2мах} \frac{h_{сж2y}}{h_{сж2}} = \varepsilon_{сж2мах} \frac{y}{h_{сж2}};$$

$$\varepsilon_{обж2мах} = \varepsilon_{сж2мах} \cdot \mu;$$

$$\varepsilon_{обж2y} = \varepsilon_{сж2мах} \cdot \mu \cdot h_{сж2y} =$$

$$= \frac{h_{сж2y}}{h} \mu \frac{y}{h_{сж2}};$$

где  $y = h_{сж2y}$ , тогда:

$$\varepsilon_{обж2y} = \frac{h_{сж2y}}{h} \mu;$$

где  $\frac{h_{сж2y}}{h} = \varepsilon_{сж2y}$ .

Величина  $dP_{обж2}$  является произведением ( $\varepsilon_{обж2y} \cdot E$ ) на площадь ( $dh_{сж2} \cdot l$ ), т.е.:

$$dP_{обж2} = \mu \cdot \frac{h_{сж2y}}{h} dh_{сж2} \cdot E \cdot l;$$

тогда:  $N_5 = P_{обж2} = \mu \cdot \frac{E}{h} \int_0^{h_{сж2}} h_{сж2y} \cdot dh_{сж2} = \mu \cdot \frac{E}{2} \frac{h_{сж2}^2}{h}$ ;

Сила трения  $F_5$  соответственно равна:

$$F_5 = P_{обж2} \cdot f = \mu \cdot \frac{E}{2} \frac{h_{сж2}^2}{h} \cdot f; \quad (19)$$

Аналогично:  $N_4 = \mu \cdot \frac{E}{2} \frac{h_{сж4}^2}{h}$ ; (20)

$$F_4 = f \cdot \mu \cdot \frac{E}{2} \frac{h_{сж4}^2}{h}; \quad (21)$$

Рассмотрим силы в проекции на ось «X» (в плоскости разрезаемого материала и опорной полочки).

$$N_1 \cdot \sin \alpha_1 = A_x = \frac{E}{2h} \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \alpha \cdot \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 + \mu \frac{E}{2h} \alpha \cdot (\cos \alpha_1)^2 = \\ = \frac{E}{4h} \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \alpha \cdot \sin 2\alpha_1 + \mu \frac{E}{2h} \alpha \cdot \cos^2 \alpha_1;$$

$$F_1 \sin \alpha_1 = B_x = \frac{E}{2h} \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \sin^2 \alpha_1 + \mu \cdot \frac{E}{4h} \alpha \cdot \sin 2\alpha_1;$$

$$N_2 \cos \beta = C_x = \frac{E}{4h} \operatorname{tg} \beta \cdot b \cdot \sin 2\beta + \mu \frac{E}{2h} b \cos^2 \beta;$$

$$F_2 \sin \beta = D_x = \frac{E}{2h} \operatorname{tg} \beta \sin^2 \beta \cdot b + \mu \frac{E}{4h} b \cos 2\beta;$$

$$N_3 \cos \alpha_3 = G_x = \frac{E}{4h} \operatorname{tg} \alpha_3 \cdot c \cdot \sin 2\alpha_3 + \mu \frac{E}{2h} c \cos^2 \alpha_3;$$

$$F_3 \sin \alpha_3 = H_x = \frac{E}{2h} \operatorname{tg} \alpha_3 \sin^2 \alpha_3 \cdot c + \mu \frac{E}{4h} c \sin 2\alpha_3;$$

$$N_4 = \mu \cdot \frac{E}{2} \frac{h_{сж4}^2}{h};$$

$$N_5 = \mu \cdot \frac{E}{2} \frac{h_{сж2}^2}{h};$$

Возможны частные случаи для лезвий ножей с различной геометрией, вытекающие из обобщенной зависимости напряжений от деформации [11-13]. Если степень  $n$  в такой зависимости не может быть принята равной 1, исходная для расчетов сила сжатия  $P_{сж}$  определяется следующим образом.

Согласно общей формулы имеем:

$$\sigma = \sqrt[n]{\varepsilon_{сж} \cdot E}; \quad (22)$$

согласно рисунку 2:

$$dP_{сж} = \sqrt[n]{\varepsilon_{сж} \cdot E} \cdot dF, dF = dx \cdot 1; \quad (23)$$

где  $dP_{сж}$  — сила обжатия со стороны столбика площадью  $dF$ . При этом ширина столбика равна

$dx$ , а длина принята равной 1. Относительное сжатие  $\varepsilon_{сж}$  и сила  $dP_{сж}$  соответственно равны:

$$\varepsilon_{сж} = \frac{1}{h} \left( h_{сж} - \frac{x}{\operatorname{tg} \alpha_1} \right); \quad (24)$$

$$dP_{сж} = \sqrt[n]{\frac{E}{h} \left( h_{сж} - \frac{x}{\operatorname{tg} \alpha_1} \right)} dx; \quad (25)$$

тогда сила  $P_{сж}$  равна:

$$P_{сж} = \int_0^{h_{сж}} \left( \frac{E}{h} \left( h_{сж} - \frac{x}{\operatorname{tg} \alpha_1} \right) \right)^{\frac{1}{n}} dx; \quad (26)$$

Интеграл вычисляется методом подстановки. Обозначим:

$$\left( h_{сж} - \frac{x}{\operatorname{tg} \alpha_1} \right) = m,$$

тогда:  $dm = -\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_1} dx;$

$$dx = -\operatorname{tg} \alpha_1 \cdot dm; \quad (27)$$

После подстановки имеем:

$$P_{сж} = \left( \frac{E}{h} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \int_0^{h_{сж}} m^{\frac{1}{n}} \cdot (-\operatorname{tg} \alpha_1) dm = \\ = \left( \frac{E}{h} \right)^{\frac{1}{n}} \operatorname{tg} \alpha_1 \int_0^{h_{сж}} \frac{1}{\frac{1}{n} + 1} m^{\frac{1}{n} + 1} (-\operatorname{tg} \alpha_1); \quad (28)$$

Показатель степени в формуле определяется физико-механическими свойствами материала и скоростью протекания процесса резания [14-16]. В том случае, когда ее величина оказывает существенное влияние на сопротивление материала деформации необходимо учесть следующее.

При деформировании сжатием материалов (в том числе лезвием режущего инструмента) с небольшой скоростью, скорость распространения деформации обычно близка к скорости деформирующего воздействия (движения режущего инструмента). Поэтому в материале деформации распространяются относительно равномерно (в зависимости от геометрических параметров лезвия). Однако при высокоскоростном деформировании, когда скорость воздействия существенно превышает скорость деформирования, распределение деформаций внутри материала не является столь однородным: деформации концентрируются вблизи режущей кромки.

Известно, что скорость волны деформации для материала в упругом состоянии равна скорости звука. В том случае, когда материал

утратил упругие свойства, при распространении волны пластичности в результате деформирующего воздействия на него кромки лезвия имеет место следующее соотношение скорости воздействия (резания)  $v_i$  и, деформации у края волны деформации  $\varepsilon_i$ , (на некотором элементарном участке):

$$v_i = \int_0^{\varepsilon_i} v_d \cdot d\varepsilon = \int_0^{\varepsilon_i} \left(\frac{1}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{\partial \sigma}{\partial \varepsilon}\right)^{\frac{1}{2}} d\varepsilon; \quad (29)$$

где  $v_d$  - скорость распространения деформации;  $\sigma$  — напряжение.

Вид графической зависимости «напряжение-деформация» для материалов предполагает, что вблизи предела  $\frac{\partial \sigma}{\partial \varepsilon}$  текучесть —

стремится к нулю. Поэтому скорость деформирующего воздействия на материал достигает максимума при некотором критическом значении деформации  $\varepsilon_i$ . При внедрении лезвия в материал с более высокой скоростью  $v_i = v_{кр}$  волна деформации не может распространяться от деформируемого участка, что и способствует разрушению материала.

Таким образом, если сила, вызвавшая движение элементарных частиц материала с упругопластическими свойствами (например, кожуры) действует очень кратковременно, то область, в которой за время действия силы возникли деформации и скорости, будет очень узкой. При этом распространение деформации

по слоям материала не сопровождается расширением той области, в которой вначале были локализованы деформации и скорости. Вследствие того, что эта область очень узка, деформации и скорости в каждом слое материала будут появляться на очень короткий промежуток времени - по материалу с конечной скоростью будет распространяться короткий импульс деформаций сжатия и скоростей. Значения величины деформации и скорости ее распространения связаны между собой через параметры, характеризующие упругость и пластичность среды объекта обработки. Следовательно, скорость зависит от свойств тела, в котором импульс распространяется. В большинстве материалов скорость распространения импульса оказывается порядка  $5 \cdot 10^3$  м/с.

Учет полученных данных при определении рациональных скоростей резания для различных материалов с упругопластическими свойствами (приближение скорости резания к скорости распространения деформации) позволит добиться уменьшения предваряющей разделение деформации и, соответственно, затрачиваемой на нее работы, локализации напряжений под режущей кромкой, и, как следствие, приведет к повышению выхода продукта и улучшению чистоты срезов. Повышение качества обработки резанием может быть связано с увеличением инерции структурных элементов материала (волокон) при увеличении скорости процесса.

вых материалов // Пищевая промышленность. 1991. № 6.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Армареги И. Дж., Браун Р.Х. Обработка металлов резанием. М.: Машиностроение, 1977. 429 с.

2 Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1975. 640 с.

3 Ахундов А.Д. Исследование процесса резания тонкостенных сельскохозяйственных растений: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Кировоград, 1970. 17 с.

4 Балакир Э.А. Повышение долговечности рабочих органов пищевых машин // Надёжность и техническая диагностика оборудования перерабатывающих отраслей АПК: сб. статей. М.: Информагротех, 1990. С. 28-32.

5 Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. М.: Высшая школа, 1981. 335 с. Modelirovanie protsessov vzaimodeistviia so sredoi rabochikh organov dorozhno-stroitel'nykh mashin

6 Батушкин В.А., Рензьев О.П., Хромченко В.М. Заточка ножей для резания пище-

7 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.

8 Алексеев Г.В., Вороненко Б. А., Лукин Н.И. Математические методы в пищевой инженерии: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям и профилям бакалавриата "Пищевая инженерия" и "Машины и аппараты пищевой промышленности". Санкт-Петербург, 2012.

9 Алексеев Г.В., Хрушкова Е.Н., Красильников В.Н. Возможности применения мембранных процессов для производства продуктов функционального назначения // Вестник Международной академии холода. 2010. № 3. С. 32-37.

10 Алексеев Г.В., Даниленко Е.А. Возможности моделирования измельчения пищевых добавок для продуктов функционального питания // Вестник Международной академии холода. 2011. № 2. С. 16-18

11 Алексеев Г.В., Бриденко И.И. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Механика жидкости и газа». СПб: ГИОРД, 2007. 152 с.

12 Алексеев Г.В., Кравцова Е.В. Особенности влияния взаимодействия сырья и рабочих органов в аппарате на тонкое измельчение фруктов и овощей // Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 1. С. 22.

13 Пат. № 131996, RU, U1 B02C13/00. Устройство для измельчения фруктов и овощей / Алексеев Г.В., Башева Е.П., Кравцова Е.В., Минаева Л.В., Минаева Т.В. № 2013108483/13; Заявл. 26.02.2013; Оpubл. 10.09.2013, Бюлл. № 25.

14 Пат. № 138201, RU, U1 A23N15/00. Устройство для резки на части плодов и овощей / Алексеев Г. В., Башева Е.П., Кравцова Е.В., Минаева Л.В., Минаева Т.В. № 2013112542; Заявл. 20.03.2013; Оpubл. 10.03.2014, Бюлл. № 7.

15 Свидетельство № 2013660856. Виртуальная лабораторная работа "Определение расхода мощности при механическом диспергировании" / Алексеев Г.В., Кравцова Е.В., Бриденко И.И. № 2013618551; Заявл. 25.09.2013; Оpubл. 20.12.2013.

16 Пат. № 2013146261, RU, Устройство для хранения фруктов и овощей. / Алексеев Г.В., Кравцова Е.В. Заявл. 2000132175; Оpubл. 12.03.2014, Бюлл. № 5.

## REFERENCES

1 Armarego I.J., Brown R.H. Obrabotka metalla rezaniem [Metal cutting]. Moscow, 1977. 429 p. (In Russ.).

2 Artolevskii I.I. Teoriia makhnizmov i mashin [The theory mechanism and machine]. Moscow, Nauka, 1975. 640 p. (In Russ.).

3 Akhundov A.D. Issledovanie protsessa rezaniia tonkostennykh sel'skokhoziaistvennykh rastenii. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Investigation of the process of cutting thin-walled agricultural plants. Cand. tech. sci. diss. abstr.]. Kirovograd, 1970. 17 p. (In Russ.).

4 Balakir E.A. Increasing to longevity worker organ food machine. *Nadezhnost' i tekhnicheskaiia diagnostika oborudovaniia nepererabatyvaiushchikh otraslei APK*. [Reliability and technical diagnostics of the equipment of the branches APK], Moscow, Informagrotekh, 1990. pp. 28-32. (In Russ.).

5 Balovnev V.I. Modelirovanie protsessov vzaimodeistviia so sredoi rabochikh organov

dorozhno-stroitel'nykh mashin [Modeling of the processes of the interaction with ambience worker organ is cherished-building machine]. Moscow, Vysshaia shkola, 1981. 335 p. (In Russ.).

6 Batushkin V.A., Renziaev O.P., Khromeenkov V.M. Sharpening knives for cutting food materials. *Pishchevaia promyshlennost'*. [Food industry], 1991, no. 6. (In Russ.).

7 Alekseev G.V., Golovatskii G.A., Krasnov I.V. Some on-rules of increasing to efficiency of the technological equipment for conversion food cheese. *Izvestiia SPbGUNPT*. [Bulletin of Sankt-Petersburg state university law=temperature and food technology], 2007, no. 3, pp. 52. (In Russ.).

8 Alekseev G.V., Voronenko B.A., Lukin N.I. Matematicheskie metody v pishchevoi inzhenerii: ushebnoe posobie dlia studentov, obuchaiushchikhsia po spetsial'nostiam i protiziam "Pishchevaia inzheneriia" i "Mashiny i apparaty pishchevoi promyshlennosti" [The mathematical methods in food engineering. The Scholastic allowance for student, expect-ing on profession and profile "Food engineering" and "Machines and devices to food industry"]. Saint Petersburg, 2012. (In Russ.).

9 Alekseev G.V., Khrushkova E.N., Krasil'nikov V.N. Possible applications of membrane processes for the production of a functional purpose. *Vestnik mezhdunarodnoi akademii kholoda*. [Bulletin of International academy of the chill], 2010, no. 3, pp. 32-37. (In Russ.).

10 Alekseev G.V., Danilenko E.A. Modeling capabilities chopping food additives for functional foods. *Vestnik mezhdunarodnoi akademii kholoda*. [Bulletin of International academy of the chill], 2011, no. 2, pp. 16-18. (In Russ.).

11 Alekseev G.V., Bridenko I.I. Virtual'nyi laboratornyi praktikum po kursu "Mekhanika zhidkosti i gaza" [Virtual laboratory practical work on course "Mechanics to liquids and gas]. Saint petersburg, GIORD, 2007. 152 p. (In Russ.).

12 Alekseev G.V., Kravtsova E.V. Features of influence of the interaction of raw materials and labor in the machine, the fine grinding of fruits and vegetables. *Protsessy i apparaty pishchvykh proizvodstv*. [Processes and devices food production], 2013, no. 1, pp. 22. (In Russ.).

13 Alekseev G.V., Kravtsova E.V. Ustroistvo dlia izmel'cheniia fruktov i ovoshchei [The device for pulverizing fruit]. Patent RF, no. 131996, 2013. (In Russ.).

14 Alekseev G.V., Kravtsova E.V. Ustroistvo dlia rezki na chaste plodov i ovoshchei [The device for cutting asunder fruit]. Patent RF, no. 2013112542, 2013. (In Russ.).

15 Alekseev G.V., Kravtsova E.V. Virtual'naia laboratornaia rabota "Opredelenie rashkoda moshchnosti pri mekhanicheskom dispergirovanii" [Virtual Lab "Determination of the power by me-

chanical dispersion]. Certificate № 2013660856 on program for Computer, 2013. (In Russ.).

16 Alekseev G.V., Kravtsova E.V. Ustroistvo dlia khraneniia fruktov i ovoshchei [The Device for keeping fruits]. Patent RF, no. 2013146261, 2014. (In Russ.).