

УДК 621.047:621.926

Технологические средства реализации ресурсосбережения при переработке фруктов и овощей

Доц. Пальчиков А.Н., д-р техн. наук, проф. Алексеев Г.В.

gva2003@rambler.ru

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

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).

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

Technological implementers of resource-saving when processing fruit and vegetables

Palichikov A.N., D.Sc. prof. Alekseev G.V., *gva2003@rambler.ru*

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

Process izmelicheniya plodov and ovoschey, as a rule, under poluchenii soka with pulp for instance, in pomoschiyu squeezers, grinders or with medlenno vraschayuschimisya nozhami and nepodvizhnymi reshetkami under nepreryvnoy podachey syriya. Intensifikaciya 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).

Keywords: izmelichenie, vraschayuschiesya nozhy, effort of the cutting, plane of the cutting.

Процессы резания в пищевых производствах существенно разнятся от места их расположения в общей структуре технологического процесса переработки сырья.

В связи с целевым назначением и видом перерабатываемого сырья 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 (см. рис. 1). Сумма сил в проекции на ось z (плоскость лезвия ножа):

$$D_{ed} = D_o = D_e + N_1 \sin \alpha_1 + F_1 \cos \alpha_1 + N_2 \sin(\alpha_2 - \alpha_1) + F_2 \cos|\alpha_2 - \alpha_1| + N_3 \sin \alpha_3 + F_3 \cos \alpha_3 + F_4 + F_5; \quad (1)$$

Сумма сил в проекции на ось X (плоскость материала):

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

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 (рис. 2).

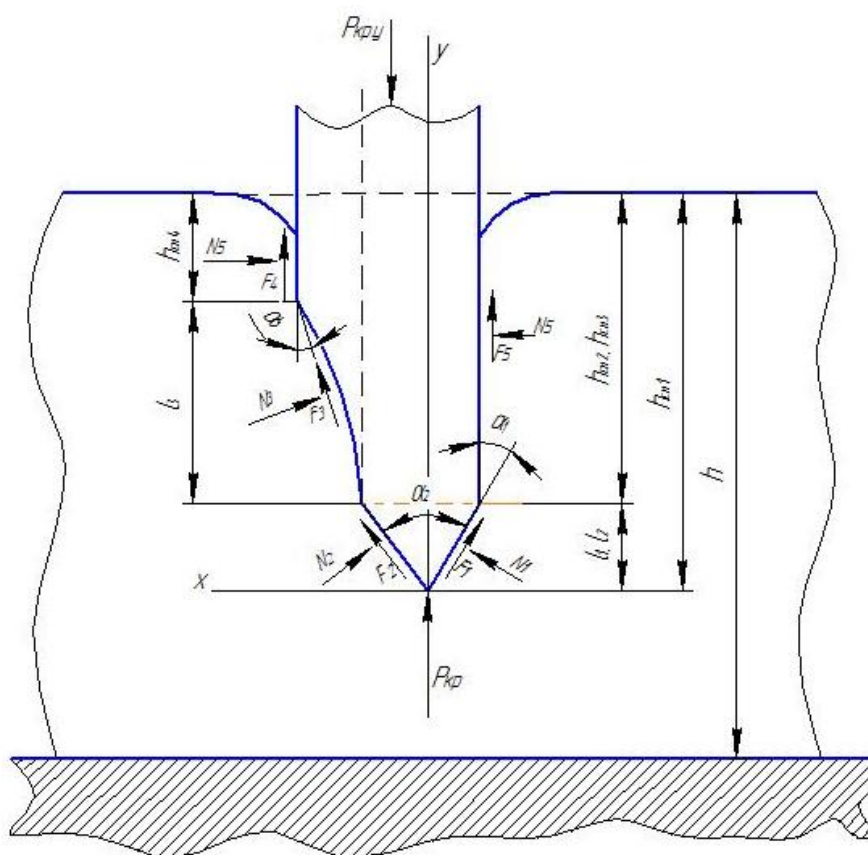


Рисунок 1. - Силовое взаимодействие лезвия ножа с материалом

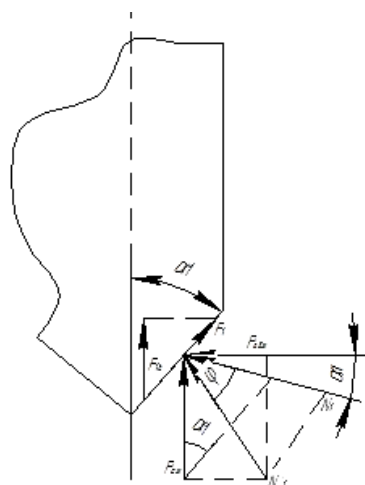


Рисунок 2. - Силы, действующие на плоскость (фаску) притупления ножа

$$N_1 = f \cdot (P_{сжс} \sin \alpha_1 + P_{обжс} \cos \alpha_1); \tag{4}$$

$$F_1 = N_1 \cdot f; \tag{5}$$

где f – коэффициент трения.

$$\begin{aligned} F_1 &= f(P_{сжс} \sin \alpha_1 + P_{обжс} \cos \alpha_1); \\ f &= \operatorname{tg} \varphi; \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} N_1 &= N'_1 \cos \varphi = \sqrt{P_{сжс}^2 + P_{обжс}^2} \cos \alpha_1 = \\ &= f(P_{сжс} \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 + P_{обжс} \cos^2 \alpha_1) = f(P_{сжс} \frac{1}{2} \sin 2\alpha_1 + P_{обжс} \cos \alpha_1); \end{aligned} \tag{7}$$

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

$$\begin{aligned} dP_{сжс} &= E \cdot \varepsilon_{сжс} \cdot dh_{сжс} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1; \\ \varepsilon_{сжс} &= \frac{h_{сжс.x}}{h}; \end{aligned} \tag{8}$$

где $h_{сжс.x}$ - сжатие на расстоянии x от вершины лезвия.

Отсюда:

$$\begin{aligned} dP_{сжс} &= E \cdot \frac{h_{сжс.x}}{h} \cdot dh_{сжс} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1; \\ P_{сжс} &= \frac{E \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{h} \int_{h_{сжс.1}-l_1}^{h_{сжс.1}} h_{сжс.x} \cdot dh_{сжс} = \frac{E}{h} \operatorname{tg} \alpha_1 \left| \frac{h^2_{сжс.x}}{2} = \right. \\ &\left. \frac{E}{h} \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \left(\frac{h^2_{сжс.1}}{2} - \frac{(h_{сжс.1} - l_1)^2}{2} \right); \right. \end{aligned} \tag{9}$$

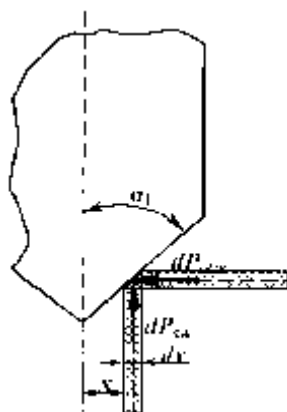


Рисунок 3. Элементарные силы сопротивления сжатию материала лезвием

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)

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

Усилие на режущей кромке P_k равно:

$$P_k = \delta \cdot \sigma_p; \tag{11}$$

где δ - ширина кромки (длина принята за 1); σ_p - разрушающее контактное напряжение под кромкой лезвия.

Члены уравнения (11):

$$F_1' = F_1 \cos \alpha_1 = f \left(\frac{E}{4h} \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \sin 2\alpha_1 + \mu \cdot \frac{E}{2h} \alpha \cdot \cos^2 \alpha_1 \right); \tag{12}$$

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

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

$$N_2 \sin \beta = C_y = \frac{E}{2h} \operatorname{tg} \beta \cdot b \cdot \sin^2 \beta + \mu \frac{E}{4h} b \sin 2\beta; \quad (13)$$

$$F_2 \cos \beta = D_y = F'_2 = f \left(\frac{E}{4h} \operatorname{tg} \beta \sin 2\beta \cdot b + \mu \frac{E}{2h} b \cos^2 \beta \right); \quad (14)$$

$$N_3 \sin \alpha_3 = G_y = \frac{E}{2h} \operatorname{tg} \alpha_3 \cdot c \cdot \sin^2 \alpha_3 + \mu \frac{E}{4h} c \sin 2\alpha_3; \quad (15)$$

где $c = (h_{сж.3}^2 - h_{сж.А}^2)$;

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

Силы N_4 и N_5 , 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 (рис. 4).

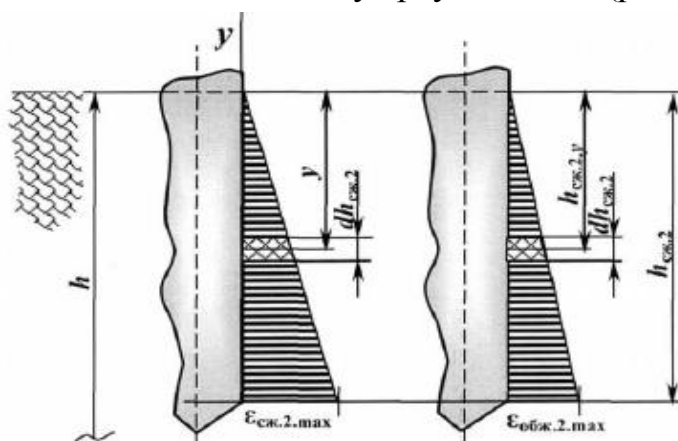


Рисунок 4. - Эпюры относительных деформаций сжатия и обжатия

$$\begin{aligned} \varepsilon_{сж2} &= \frac{h_{сж.2.y}}{h}; \\ \varepsilon_{обж2} &= \varepsilon_{сж2} \cdot \mu; \end{aligned} \quad (17)$$

Для участка единичной длины:

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

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

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

где $\mu \frac{h_{сж2.y}}{h} = \varepsilon_{обж.2.y}$

$$\frac{h_{сж2y}}{h} = \varepsilon_{сж.2y} = \varepsilon_{сж.2max} \frac{h_{сж2y}}{h_{сж2}} = \varepsilon_{сж.2max} \frac{y}{h_{сж2}};$$

$$\varepsilon_{обж.2max} = \varepsilon_{сж.2max} \cdot \mu;$$

$$\varepsilon_{обж.2y} = \varepsilon_{сж.2max} \cdot \mu \cdot h_{сж.2y} = \frac{h_{сж.2y}}{h} \mu \frac{y}{h_{сж.2}};$$

где $y = h_{сж.2y}$, тогда:

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

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

Величина $dP_{обж.2}$ является произведением напряжения ($\varepsilon_{обж.2y} \cdot E$) на площадь ($dh_{сж2} \cdot 1$), т.е.:

$$dP_{обж2} = \mu \cdot \frac{h_{сж2y}}{h} dh_{сж2} \cdot E \cdot 1;$$

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:

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

Аналогично:

$$N_4 = \mu \cdot \frac{E}{2} \frac{h_{сж4}^2}{h}; \tag{20}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Возможны частные случаи для лезвий ножей с различной геометрией, вытекающие из обобщенной зависимости напряжений от деформации. 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:

$$\sigma = \sqrt[n]{\epsilon_{сж} \cdot E}; \tag{22}$$

Согласно рис. 2:

$$dP_{сж} = \sqrt[n]{\epsilon_{сж} \cdot E} \cdot dF, dF = dx \cdot 1; \tag{23}$$

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:

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

Интеграл вычисляется методом подстановки. Обозначим:

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

тогда:

$$dm = -\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_1} dx; \quad dx = -\operatorname{tg} \alpha_1 \cdot dm; \quad (27)$$

После подстановки имеем:

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

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

Показатель степени в формуле определяется физико-механическими свойствами материала и скоростью протекания процесса резания. 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 выполняется следующее соотношение скорости воздействия (резания) v_i и деформации у края волны деформации ε_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; σ — 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 ε_i . При внедрении лезвия в материала с более высокой скоростью $v_i = v_{i\text{кр}}$ 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 предва-

ряющей разделением 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 связано с увеличением инерции структурных элементов материала (волокон) при увеличении скорости процесса. Это ведет к снижению расхода пищевых продуктов попадающих в брак и снижению энергоемкости процесса. Таким образом, оптимизация режимов процесса резания пищевых продуктов и соответствующего инструмента приводят к существенной экономии ресурсов.

Список литературы

1. Алексеев Г.В., Головацкий Г.А., Краснов И.В. Некоторые направления повышения эффективности технологического оборудования для переработки пищевого сырья // Известия СПбГУНИПТ. 2007. № 3. С. 52.
2. 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.
3. Алексеев Г.В., Бриденко И.И. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Механика жидкости и газа». Учеб.пособ. – Саратов, 2013.
4. Антуфьев В.Т., Шаульский А.П., Ковалева Л.О. Влияние безреагентной обработки на показатели качества молока // Известия СПбГУНИПТ . 2008. № 3. С. 30-32.
5. Амосова М.А., Антуфьев В.Т., Громцев С.А., Пурмал М.Я. Способы и методы повышения характеристик газового оборудования общественного питания // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2009. № 1.
6. Верболоз Е.И., Пальчиков А.Н., Антуфьев В.Т., Кобыда Е.В. Исследование разбухания макаронных прядей в процессе прессования в поле ультразвука // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № 1. С. 15.
7. Зуев Н.А., Савельева О.В., Пальчиков А.Н., Андрощук В.О. Зависимость качества измельчения от площадей полезных сечений механизма экструдирования и резания волчка // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № 1. С. 26.
8. Арет В.А., Алексеев Г.В., Верболоз Е.И., Кондратов А.В. Возможности управления процессом измельчения путем изменения структурно-механических свойств пищевой смеси // Известия СПбГУНИПТ . 2008. № 4. С. 54-58.
9. Алексеев Г.В., Верболоз Е.И., Ковалев Н.Г., Лагуненков П.А., Тарасов Е.Н. Устройство для разделения жидкостей. Патент на изобретение RUS 2239485 14.07.2003.

References

1. Alekseev G.V., Golovackij G.A., Krasnov I.V. Some directions of increase of efficiency of processing equipment for processing of food raw materials // *Izvestija SPbGUNIPT*. 2007. № 3. p. 52.
2. Alekseev G.V., Voronenko B. A., Lukin N. I. Mathematical methods in food engineering. The manual for the students who are training on specialties and profiles of a bachelor degree "Food engineering" and "Cars and offices of the food industry". – Sankt-Petersburg. 2012.
3. Alekseev G.V., Bridenko I.I. Virtual laboratory workshop on the course "Mechanics of Liquid and Gas". Ucheb.posob. – Saratov, 2013.
4. Antuf'ev V.T., Shaul'skij A.P., Kovaleva L.O. Influence of bezreagentny processing on indicators of quality of milk // *Izvestija SPbGUNIPT* . 2008. № 3. p. 30-32.
5. Amosova M.A., Antuf'ev V.T., Gromcev S.A., Purnal M.Ja. Ways and methods of increase of characteristics of the gas equipment of public catering // *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Serija «Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv»*. 2009. № 1.
6. Verboloz E.I., Pal'chikov A.N., Antuf'ev V.T., Kobyda E.V. Research of swelling of macaroni locks in the course of pressing in the field of ultrasound // *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Serija «Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv»*. 2014. № 1. p. 15.
7. Zuev N.A., Savel'eva O.V., Pal'chikov A.N., Androshhuk V.O. Dependence of quality of crushing on the areas of useful sections of the mechanism of extruding and top cutting // *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Serija «Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv»*. 2014. № 1. p. 26.
8. Aret V.A., Alekseev G.V., Verboloz E.I., Kondratov A.V. Possibilities of management of crushing process by change of structural and mechanical properties of food mix // *Izvestija SPbGUNIPT* . 2008. № 4. p. 54-58.
9. Alekseev G.V., Verboloz E.I., Kovalev N.G., Lagunenkov P.A., Tarasov E.N. The device for division of liquids. Patent for the invention RUS 2239485 14.07.2003.