

Авторефер.  
Д 13

Одесский технологический институт пищевой промышленности  
им. М.В.Ломоносова

На правах рукописи

Для служебного пользования

Экз. 0032

Давидович Игорь Юрьевич

УДК 664.8.022.6

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ  
ПЛОДООВОЩНОГО СЫРЬЯ

Специальность 05.18.12 - процессы и аппараты  
пищевых производств

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса - 1989

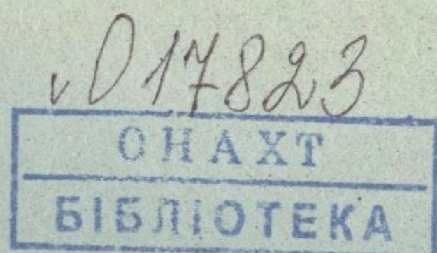
|             |    |
|-------------|----|
| ДСП. Мех. № | 12 |
| 24          | 25 |
| 89 г.       |    |

Работа выполнена в Могилевском технологическом институте

Научный руководитель - доктор технических наук,  
профессор А.К.Гладушняк

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор Н.К. Наремский  
кандидат технических наук  
А.П.Ольшевский

Ведущая организация - Всесоюзный научно-иссле-  
дательский и проектно-конструктор-  
ский институт продуктов детского  
питания и систем управления Агро-  
промышленного комплекса консерв-  
ной промышленности  
"Консервпромкомплекс" (г.Одесса)



Защита состоится "30" июня 1989 г. в 10:30 часов на  
заседании специализированного совета К 068.35.02 в Одесском  
технологическом институте пищевой промышленности им.М.В.Ломоносо-  
ва: 270039, г.Одесса, ул.Свердлова, II2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского  
технологического института пищевой промышленности им.М.В.Ломоно-  
сова.

Автореферат разослан "24" мая 1989 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
доктор технических наук, профессор

Л.И.Карнаушенко

ОНАХТ

29.09.10

Повышение эффективу-



v017823

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из главных направлений в реализации Продовольственной программы и выполнении решений XXII съезда КПСС по совершенствованию агропромышленного комплекса является создание высокоэффективных машин и механизмов для переработки плодовоовощного сырья отличающихся от существующих меньшей энергоемкостью, простотой конструкции, надежностью в работе. В консервной и овощесушильной отраслях пищевой промышленности, резание является одной из наиболее распространенных и ответственных технологических операций. Однако, используемые в настоящее время режущие устройства по конструкции являются во многом несовершенными. Это объясняется тем, что недостаток информации о комплексном влиянии таких основных факторов процесса резания как скорости резания, геометрических параметров ножевого устройства и других на энергетические затраты, создает трудности при расчете и выборе оптимальных режимных и конструктивных характеристик режущего устройства машины. В связи с этим, комплексный анализ процесса резания и разработка научно-обоснованной методики расчета энергетических затрат на резание плодовоовощного сырья является актуальной научной и практической задачей.

Цели и задачи работы. Целью работы является научно-техническое обоснование процесса резания плодовоовощного сырья, направленное на создание высокоэффективных конструкций ножевых устройств для резательных машин, обеспечивающих минимальные энергозатраты при максимальной производительности и высоком качестве готового продукта. В связи с этим, в работе ставились следующие задачи:

- проанализировать силовое взаимодействие материала и ножевого устройства и разработать математическую модель процесса резания позволяющую рассчитывать энергозатраты на его осуществление;
- экспериментально исследовать совокупное влияние основных параметров процесса резания на энергозатраты, получить эмпирическую модель работы плоского ножа с целью оптимизации его работы;
- провести теоретический анализ движения продукта в рабочей зоне резания по условиям заклинивания, пространственной стабилизации и запирания, дать опорный материал для расчета рациональных режимных и конструктивных параметров работы роторного режущего устройства;
- провести ретроспективный анализ известных конструкций ротор-

ных режущих устройств с целью выбора рациональной конструктивной схемы;

- классифицировать ножевые устройства резательных машин;
- создать экспериментальный и опытно-промышленный образцы новых конструкций ножевых устройств, провести их испытания, разработать методику инженерного расчета роторных овощерезок, внедрить ножевые устройства в промышленную практику.

Научная новизна. На основе теоретического и эмпирического моделирования разработан новый подход к рассмотрению процесса рубящего кроения сырья с упруго-хрупкими характеристиками. Осуществлен теоретический анализ движения продукта в рабочей зоне резания по условиям заклинивания, пространственной стабилизации и запираания, в результате которого дан опорный материал для расчета рациональных режимных и конструктивных параметров роторных режущих устройств.

Впервые установлена взаимосвязь величины опережающей трещины в упруго-хрупком материале от геометрических характеристик ножевого устройства. Доказано, что комбинированный нож новой конструкции позволяет получить качественный продукт правильной формы при меньших удельных энергозатратах.

Разработана и обоснована рациональная конструктивная схема роторного режущего устройства и дана новая классификация ножевых устройств.

Практическая ценность и реализация работы в промышленности. На основе полученных научных данных разработаны новые конструкции ножевых устройств для нарезания пищевых материалов на брусочки, которые успешно выдержали эксплуатационные испытания на Быховском консервно-овощесушильном заводе (Могилевская обл., БССР) и внедрены в производство. Экономический эффект от использования одного ножевого устройства по а.с. № II996I7 составил 3150 руб. в год на одну машину.

Апробация работы. Основные положения работы доложены на Всесоюзных научных конференциях "Разработка и совершенствование технологических процессов, машин и оборудования для производства, хранения и транспортировки продуктов питания", -М., 1987; "Вклад молодых ученых и специалистов в ускорение научно-технического процесса в мясной и молочной промышленности", -М., 1988; на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Могилевского технологического института в 1984, 1986, 1988 г.г.

На защиту выносятся:

- теоретическое описание силового взаимодействия плоского рубящего ножа и материала, рассматриваемого как упруго-хрупкое тело;
- теоретическое обоснование частоты вращения ротора, угла наклона лопасти, обеспечивающего заклинивание и пространственную стабилизацию материала при встрече с ножевым устройством;
- методика построения рационального профиля лопасти;
- методология исследования совокупного влияния основных параметров процесса кроения на энергозатраты;
- методология инженерного расчета роторных режущих устройств;
- классификация ножевых устройств.

Публикация. По материалам диссертации опубликовано 9 работ, в том числе 4 авторских свидетельства и I положительное решение на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 102 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти разделов, выводов, списка литературы, содержащего 120 источников и приложения. Работа содержит 14 таблиц и 50 рисунков.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложены задачи, стоящие перед консервной промышленностью СССР в XII-й пятилетке, дано обоснование актуальности темы.

В первом разделе дан анализ работ по исследованию процессов резания пищевых продуктов. Исследования процесса резания заключаются в основном в накоплении экспериментальных данных и установлении зависимостей между отдельными основными параметрами. Данные, полученные разными исследователями не всегда совпадают и часто применимы только для отдельных конкретных случаев. На основании анализа литературных данных в соответствии с поставленной целью намечены задачи исследования.

Второй раздел посвящен теоретическому анализу механики резания плодовоовощного сырья. Предложено рассматривать результирующую полную мощность, необходимую для реализации процесса кроения, как сумму мощностей, затрачиваемых на резание (преодоление молекулярных сил и вязкости), деформацию материала и трение между рабочими поверхностями ножа и материала. Считаем, что стружка деформируется по дуге окружности с радиусом  $R'$ . Важной характеристикой процесса деформации и резания является величина опережающей трещины в упруго-хрупком материале  $\sim$ . Из рис. I:

$$P_k = P_1 \cdot \sin \varphi + T_1 \cdot \cos \varphi + T_2 + P_0, \quad H \quad (I)$$

После подстановки в уравнение (1) значений  $P_1$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  и  $P_0$

$$P_k = \frac{Ebh^3 \tan^2 \frac{\varphi}{2}}{12r^2 \sin \varphi} (2 \sin \varphi + 2f \cos \varphi - f^2 \sin \varphi) + kV(f \sin \varphi - \cos \varphi - 1), \text{ Н} \quad (2)$$

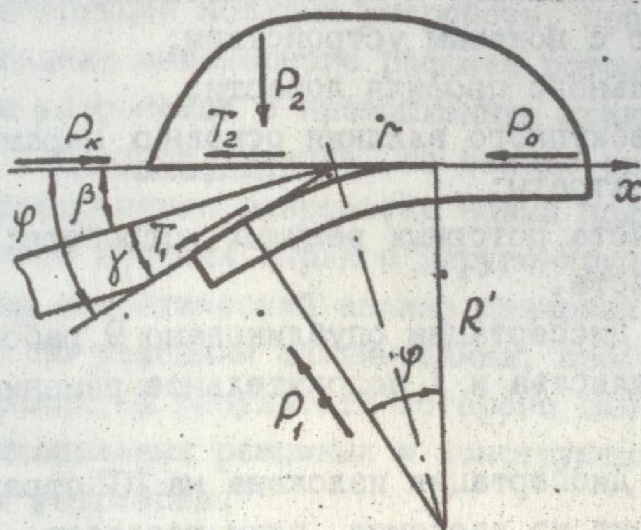


Рис. I Схема сил, действующих на рубящий плоский нож

При анализе условий заклинивания зон резания при подводе сырья в овощерезках с горизонтальным расположением ротора, была получена зависимость для расчета критической частоты вращения ротора:

$$n_{кр} = \Delta S_1 / \pi d_1 \left( -V_g / g + \sqrt{(V_g / g)^2 + 2 \Delta S / g} \right), \text{ об/с} ; \quad (3)$$

где

$$V_g = \sqrt{2 a_g H}, \text{ м/с} ; \quad (4)$$

$$a_g = g \cdot \sin \varphi / (\sin \varphi - \cos \varphi \cdot f \delta), \text{ м/с}^2. \quad (5)$$

Зависимость (3) является математической моделью условия заклинивания зон и ее целесообразно использовать при расчетах и конструировании овощерезательных машин с горизонтальным расположением вала ротора.

Теоретический анализ условий заклинивания и отсутствия поворота сырья в начальный момент резания, позволил сделать вывод, что известная зависимость

$$\cos \alpha = 1 - \frac{h}{R_c} \quad (6)$$

является только геометрическим условием заклинивания и не гарантирует неподвижности сырья.

Получено динамическое условие, определяющее отсутствие поворота материала (рис. 2) :

$$\sin \alpha_1 = |R_k f_k \frac{h}{R_c} - 2 R_k f_k| / (F_{yb} - R_k) \quad (7)$$

где

$$R_k = \frac{F_{ys} \sqrt{R_c^2 - (R_c - h)^2} + 2P_k(R_c - h)}{\sqrt{R_c^2 - (R_c - h)^2} - f_k(2R_c - h)}, \quad H; \quad (8)$$

$$R_1 = P_k(R_c - h)/f_1 \cdot R_c + R_k f_k / f_1, \quad H \quad (9)$$

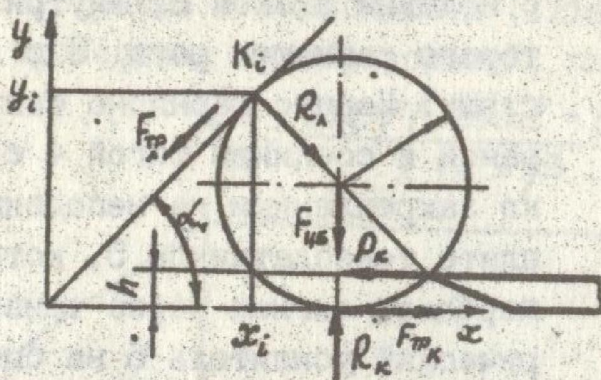


Рис.2 Расчетная схема для анализа условия поворота сырья в начальный момент резания, координаты точки

для сырья с  $R_{c \min} \leq R_{ci} \leq R_{c \max}$ :

$$x_i = R_{ci} (1 + \cos \alpha_i) / \tan \alpha_i; \quad (10)$$

$$y_i = R_{ci} (1 + \cos \alpha_i) \quad (11)$$

можно графически построить рациональный профиль лопасти.

В третьем разделе приведены программа и методика экспериментальных исследований и обработки опытных данных, описаны экспериментальные стенды.

Программой экспериментальных исследований предусматривалось построение эмпирической модели работы плоского ножа в роторной овощерезке с использованием многофакторного эксперимента, а также оптимизация полученной модели для определения рациональных режимных и конструктивных параметров работы роторного режущего устройства.

Экспериментальные исследования проводились в два этапа. На первом – осуществлены предварительные отсеивающие эксперименты на стенде гильотинного типа, целью которых было определить факторы, непосредственно влияющие на энергозатраты при крбении сырья. Исследования показали, что на энергозатраты могут влиять четыре фактора: угол заточки и атаки ножа, скорость резания и толщина отрезаемого слоя. В пределе изменения толщины отрезаемого слоя, соответствующем практическому использованию (5 + 8 мм), влиянием этого фактора можно пренебречь.

По результатам предварительного эксперимента создана лабо-

роторная установка, в которой предусмотрена возможность

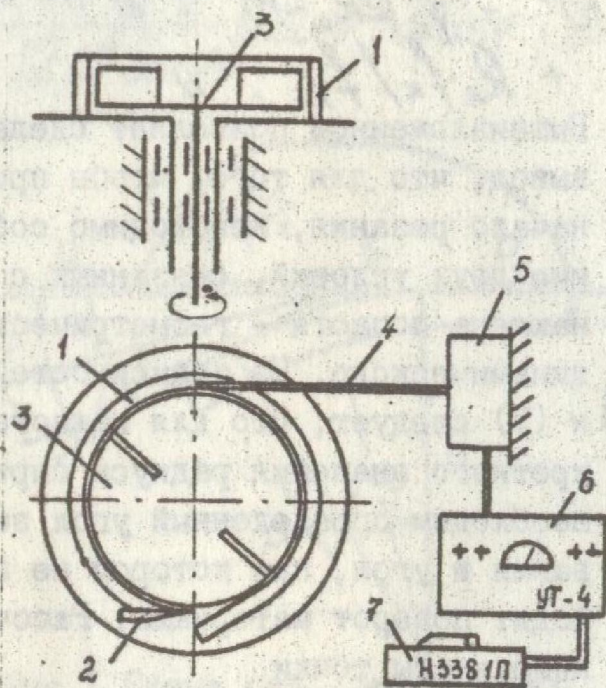


Рис.3 Схема экспериментальной роторной установки

изменения вышеуказанных факторов (рис.3). Установка состоит из рамы, цилиндрического корпуса I с ножевым блоком 2, внутри которого размещен ротор 3 с лопастями. Корпус шарнирно связан с рамой и соединен тягой 4 с жестко закрепленным на неподвижной плите тензодатчиком 5, который передает сигнал через тензометрический усилитель 6 на быстродействующий самопитающийся прибор 7. В качестве продукта использовались стандартные клубни картофеля. В эксперименте была исследована зависимость удельной работы кроения от следующих значений факторов:  $\gamma$  ( $6^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ),  $\beta$  ( $0$ ,  $4^\circ$ ,  $7^\circ$ ,  $10^\circ$ ),  $V$  ( $1,7$ ;  $2,6$ ;  $3,2$ ;  $4,3$ ) м/с,  $\alpha$  ( $90^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $60^\circ$ ).

Планирование эксперимента осуществлено на основе метода греко-латинского квадрата. В качестве выходного параметра принята удельная работа кроения. На рис.4 графики и соответствующие им аппроксимационные функции, которые определены методом наименьших квадратов. Эти функции  $A_{уд1}$ ,  $A_{уд2}$ ,  $A_{уд4}$  описывают зависимости удельной работы кроения от усредненных статистических

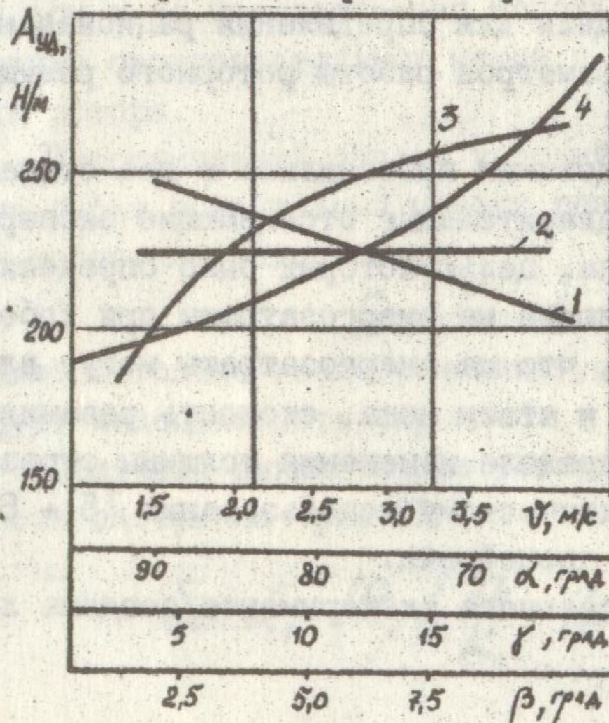


Рис. 4 Зависимости удельной работы кроения от управляемых переменных:  
1 —  $V$ ; 2 —  $\alpha$ ; 3 —  $\gamma$ ; 4 —  $\beta$

$$A_{уд1} = 274,021 - 16,59 V;$$

$$A_{уд3} = 285,41 - 10,78 / \gamma;$$

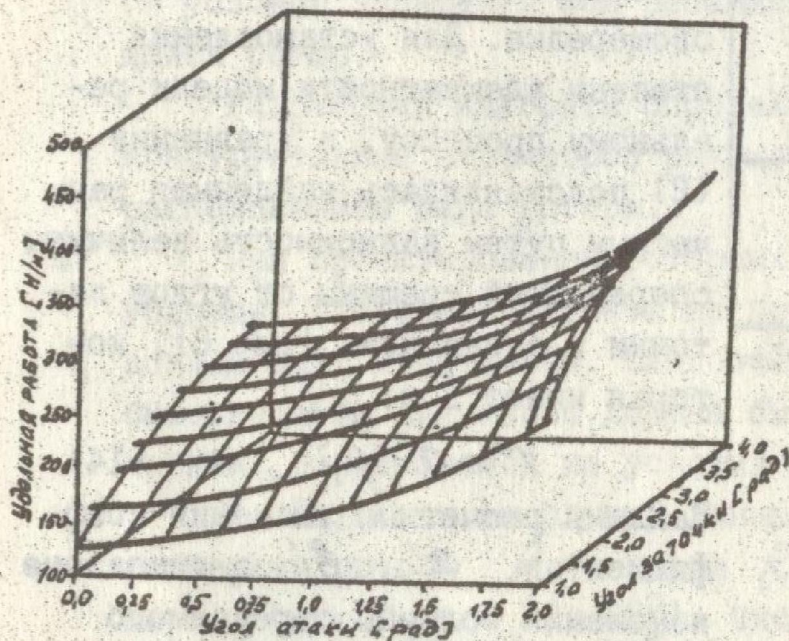
$$A_{уд4} = \frac{1}{0,0054 - 0,0035 \beta - 0,0426 \beta^2}.$$

значений факторов. Согласно требованиям метода греко-латинского квадрата предположено, что общую эмпирическую модель можно представить в мультипликативном виде:

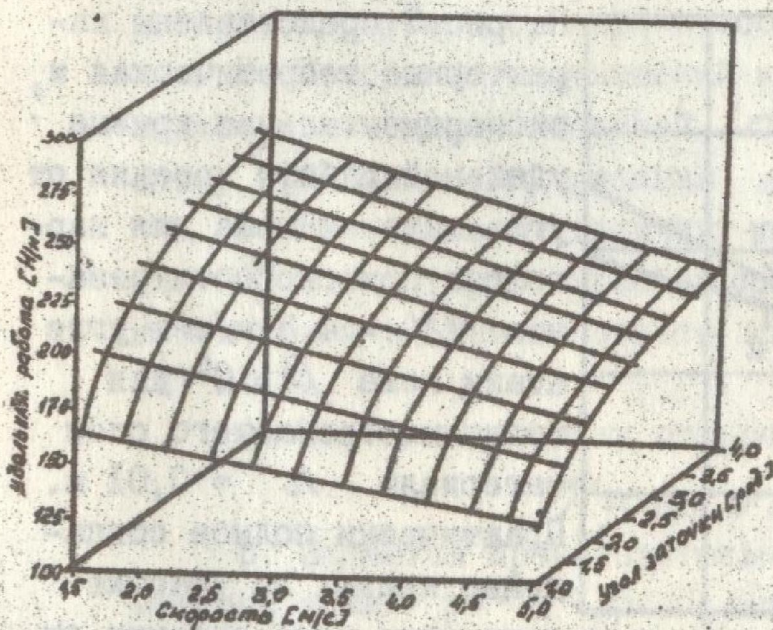
$$A_{уд} = A_0 \cdot A_{уд1} \cdot A_{уд3} \cdot A_{уд4} \quad (12)$$

После учета в зависимости (12) аппроксимационных функций (рис. 4) и проведении преобразований, получена эмпирическая модель:

$$A_{уд} = \frac{4007(16,52 - v)(26,46 - \frac{1}{\delta})}{1,51 - \beta - 12,01\beta^2 - \delta}, \text{ Н/м} \quad (13)$$



а



б

Минимизация параметра  $A_{уд}$  осуществлена на основе полученной эмпирической модели с использованием стандартной программы обработки на компьютере IBM. Эта модель может быть проиллюстрирована в виде пространственных чертёж с функцией отклика, учитывающих влияние скорости, угла заточки и атаки ножа на удельную работу кроения (рис. 5 а, б).

Минимальные энергозатраты для принятых диапазонов факторов находятся на верхней границе скорости резания и нижних границах угла заточки и атаки ножа.

На приборе гильотинного типа проведены исследования режущей способности ножей новой конструкции и выполнен сравнительный анализ энергозатрат на получение нарезки в виде брусочков существующими конструкциями ножевых устройств и новыми. Установлено, что комбинированный нож новой конструкции потребляет

Рис. 5 К определению факторных параметров ножевого устройства

меньшую энергию в сравнении с существующим ножевым устройством для получения продукта в виде брусочков.

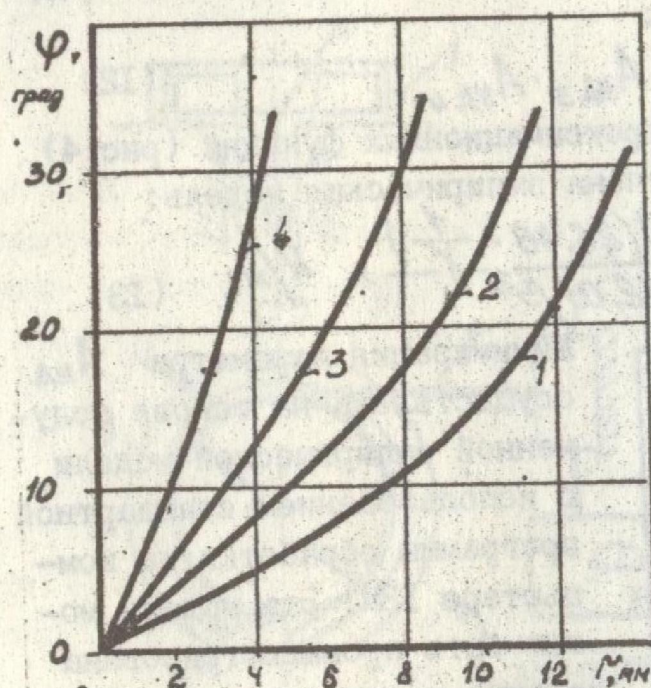


Рис. 6 Зависимость величины опережающей трещины в материале от угла резания: 1 -  $h = 0,01\text{м}$ ; 2 -  $h = 0,008\text{м}$ ; 3 -  $h = 0,006\text{м}$ ; 4 -  $h = 0,004\text{м}$

Результаты выполненного экспериментального исследования энергетических затрат на кроение овощного сырья позволяют произвести сравнение опытных данных с аналитическим решением задачи о работе плоского ножа в роторной овощерезке. Для установления степени адекватности модели реальному процессу, в уравнение (2) подставлялась найденная расчетным путем зависимость величины опережающей трещины от углов заточки и атаки ножа (рис. 6), которая имеет вид:

$$r = a' \cdot \varphi^{b'}, \text{ м} \quad (14)$$

Найдены расчетные значения коэффициентов  $a'$ ,  $b'$  в диапазоне изменения толщины отрезаемого слоя  $h$  от 0,01 до 0,004.

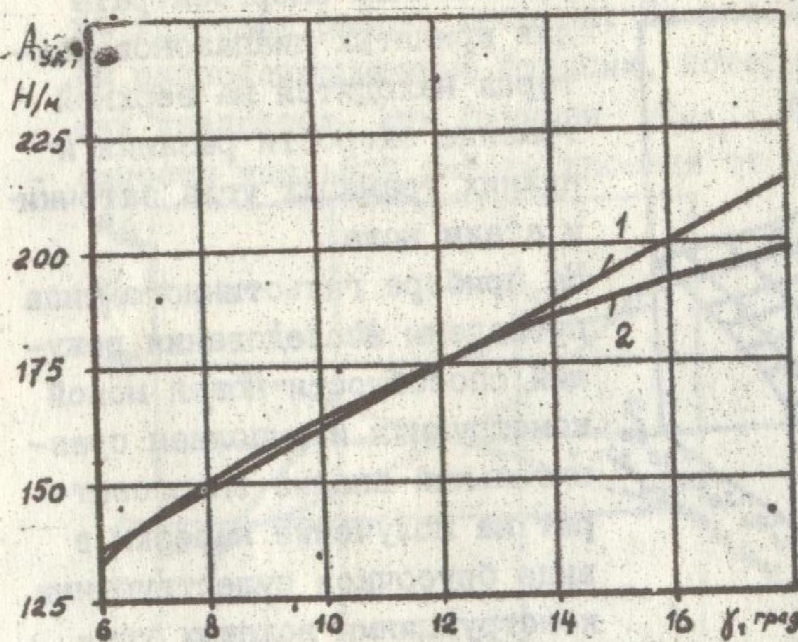


Рис. 7 Адекватность теоретической модели работы плоского ножа: 1 - теоретическая; 2 - экспериментальная кривая

На рис. 7 представлены характерные теоретическая и экспериментальная кривые удельной работы кроения от угла заточки ножа для картофеля при скорости резания  $v = 4,3 \text{ м/с}$  и угле атаки ножа  $\beta = 0^\circ$  для толщины отрезаемого слоя материала  $h = 0,01 \text{ м}$ . Практически полное совпадение кривых на участке изменения угла заточки от  $6^\circ$  до  $12^\circ$  подтверждает адекватность принятой математической модели.

Четвертый раздел посвящен разработке методики инженерного расчета роторных режущих устройств. Основой для составления методики являются:

- теоретическая и эмпирическая модели работы плоского ножа в роторной овощерезке;
- условия заклинивания и отсутствия поворота сырья в начальный момент резания;
- методика построения рационального профиля лопасти;
- условие запираания зон резания при подводе материала во вращающийся ротор.

Разработан алгоритм определения рациональных режимных и конструктивных параметров режущего устройства с горизонтальным расположением вала ротора.

При проектировании роторных режущих устройств исходим из условия, что энергозатраты на процесс кроения плодовоовощного сырья должны быть минимальны. Следовательно, скорость резания в рассматриваемом диапазоне должна быть максимальной, но ниже критической, определяемой из условия отсутствия запираания зон резания.

1. Задаются исходными данными для расчета: геометрическими размерами ротора  $R_d$ , сырья  $R_{с max}$ , углом наклона стенки бункера  $\psi_{min}$  ( $\psi = 30 \div 45^\circ$ ), числом лопастей ротора  $i_{max}$  ( $i = 4 \div 2$ ), толщиной лопасти  $\delta_l$ , выбирается материал изготовления ротора, корпуса и бункера и соответственно коэффициенты трения.

2. Исходя из соотношений конструктивного плана, определяют диаметр размещения лопастей  $d_l$ , высоту бункера  $H$ , ширину и длину прохода в зону резания  $\Delta S$ ,  $\Delta S_1$ .

3. Рассчитывают величину вертикальной составляющей ускорения  $Q_g$ , с которым сырье вводится во вращающийся ротор, а также критическое значение частоты вращения ротора  $n_{кр}$  по формулам (3) и (5).

4. Находят величину скорости резания по зависимости:

$$v = 0,7 \pi n_{кр} \cdot R_d / 30, \text{ м/с}$$

5. Задаются производительностью  $Q$ , геометрическими параметрами ножа  $\gamma$  и  $\beta$ , мгновенным модулем упругости  $E$  и величиной опережающей трещины  $l^*$  в зависимости от толщины отрезаемого слоя  $h$  по графическим зависимостям на рис. 6.

6. Рассчитывают ширину ротора:

$$b = Q / v h \rho \varphi' \kappa', \text{ м}$$

7. Определяют величину силы кроения  $P_k$  по зависимости (2).

8. Находят значения величин центробежной силы  $F_{yb}$  и реакций корпуса  $R_k$  и лопасти  $R_l$  по зависимостям (8) и (9).

9. Рассчитывают величину угла заклинивания  $\alpha_i$  для сырья с размерами  $R_{c\min} \leq R_c \leq R_{c\max}$  по зависимости (7) и координаты точки касания сырья с лопастью  $(x_i, y_i)$  по зависимостям (10) и (11).

10. По полученным расчетным координатам строят рациональный профиль лопасти, исключая поворот сырья при встрече с ножевым устройством.

Полученные расчетные значения  $P_k$ ,  $F_{yb}$ ,  $R_k$ ,  $R_l$  и  $F_{тр}$  позволяют осуществить расчет энергозатрат на кроение сырья и на его трение о стенки корпуса. Кроме того, рассчитать и обосновать рациональные прочностные и геометрические характеристики элементов конструкции машины.

Следует отметить, что данная методика применима для расчета роторных овощерезательных машин с горизонтальным расположением вала ротора, а последовательность силового расчета и расчета геометрических характеристик элементов конструкции ротора может быть использована для любых роторных режущих устройств.

В пятом разделе осуществлена разработка и обоснование рациональной конструктивной схемы роторного режущего устройства. Проведен критический анализ существующих конструкций универсальных роторных режущих устройств отечественного и зарубежного производства, предназначенных для получения нарезки в виде пластин, брусочков и кубиков. Осуществлена группировка ножевого инструмента по функциональному признаку. Систематизированы технологические приемы реализации процесса получения кубиков:

1. пластинки — продольные брусочки — кубики;
2. пластинки — поперечные брусочки — кубики;
3. продольные брусочки — кубики;
4. продольные прорезы — поперечные прорезы — кубики;
5. поперечные прорезы — кубики.

Указанные технологические приемы можно реализовать различными сочетаниями известных конструкций ножевых устройств. Рассмотрены возможные варианты конструктивного исполнения роторных режущих устройств, выработаны основные критерии их оценки и дан сравнительный анализ. Рассмотрено влияние оси расположения ротора в пространстве, разновидности отвода и подвода материала, а также конструкций лопастей и их влияние на качество готового продукта.

Классифицированы ножевые устройства по технологическо-функциональному принципу, при этом осуществлено деление их на :

- простые ножи, т.е. ножи с одной непрерывной режущей кромкой;
- сложные ножи, т.е. ножи изготовленные из одного куска материала с несколькими режущими кромками или с одной, выполненной по ломаной линии;
- простые ножевые устройства - когда несколько простых ножей имеют одинаковую конструкцию и выполняют одну и ту же операцию;
- сложные ножевые устройства - состоят из комбинаций, образованных первыми тремя делениями:

- 1) нескольких простых или сложных ножей различной функции и конструкций;
- 2) нескольких простых ножевых устройств;
- 3) одного или нескольких простых или сложных ножей и простых ножевых устройств.

Составлены морфологические таблицы для простых ножей, простых и сложных ножевых устройств. В результате заполнения таблиц выявлены принципиально новые конструкции ножевых устройств и роторных машин для получения продукта в виде брусочков и кубиков, которые защищены авторскими свидетельствами.

### В ы в о д ы :

1. Энергетические затраты на кроение плодовоовощного сырья в роторной овощерезке могут быть с достаточной для инженерных расчетов точностью описаны теоретической моделью работы плоского ножа, учитывающей влияние углов заточки и атаки ножа, скорости резания, толщины отрезаемого слоя и величины опережающей трещины в материале.

2. Величина опережающей трещины в материале зависит от угла резания и толщины отрезаемого слоя. Полученная зависимость дополняет научные представления о процессе кроения упруго-хрупкого сырья и позволяет определить рациональные геометрические характеристики ножа.

3. Комбинированный нож новой конструкции потребляет меньшую энергию в сравнении с существующим ножевым устройством для получения продукта в виде брусочков.

4. Частота вращения ротора оказывает существенное влияние на закон распределения сырья по зонам резания и зависит от геометрических параметров ротора и загрузочного бункера.

5. Установлено, что для реализации процесса кроения необ-

ходимо соблюдение геометрического и динамического условий, определяющих существование заклинивания и пространственной стабилизации материала. Разработана методика построения рационального профиля лопасти роторного режущего устройства.

6. В результате экспериментальных исследований процесса кроения плодовоовощного сырья определены основные факторы, влияющие на энергозатраты и на основе многофакторного эксперимента построена эмпирическая модель работы плоского ножа в роторной овощерезке.

7. В результате аналитической оценки технологических приемов получения продукта в виде кубиков, с использованием известных конструкций ножевых устройств, предложена и обоснована рациональная схема машины с ножами новой конструкции.

8. При классификации ножевых устройств по технологическо-функциональному принципу необходимо деление их на простые и сложные ножи и простые и сложные ножевые устройства. При составлении морфологических таблиц ножевых устройств выявлены новые конструкции ножевых устройств и роторных машин для реализации процесса получения продукта в виде брусочков и кубиков, которые защищены авторскими свидетельствами.

9. Наиболее целесообразной областью промышленного применения новых конструкций ножей к устройствам для резки пищевых материалов на брусочки, являются линии производства сушеных овощей и фруктов.

10. Предложенная методика инженерного расчета роторных овощерезательных машин может быть использована при проектировании машин промышленного назначения.

Условные обозначения :

$P_K$  - сила кроения, Н;  $P_o$  - сила сопротивления перерезания волокон, Н;  $P_1$  - сила сопротивления отгибанию отрезаемого слоя, Н;  $P_2$  - усилие прижатия продукта, направленное перпендикулярно опорной поверхности, Н;  $T_1$  - сила трения между рабочей гранью ножа и продуктом, Н;  $T_2$  - сила трения между опорной гранью ножа и продуктом, Н;  $\varphi$  - угол резания, град;  $\gamma$  - угол заточки ножа, град;  $\beta$  - угол атаки ножа, град;  $\alpha$  - угол заклинивания, град;  $v$  - скорость резания, м/с;  $\alpha_1$  - угол, при котором не происходит поворот материала, град;  $E$  - мгновенный модуль упругости материала, Па;  $\lambda$  - величина опережающей трещины в материале, м;  $b$  - ширина материала, равная длине лезвия, м;  $h$  - толщина отрезаемого слоя, м;  $f$  - коэффициент сухого трения;  $\Delta S$ ,  $\Delta S_1$  - ширина и длина прохода в зону резания, м;  $K$  - коэффициент вязко-

го трения;  $R'$  - радиус дуги деформируемого пласта материала, м;  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $A_0, a'$  - коэффициенты пропорциональности;  $d_{10}$  - диаметр расположения крайних частей лопастей, м;  $V_g$  - вертикальная составляющая скорости продукта перед входом в зону резания, м/с;  $a_g$  - вертикальная составляющая ускорения, м/с<sup>2</sup>;  $H$  - высота наклонной части бункера, м;  $\psi$  - угол наклона стенки бункера, град;  $A_{уд}$  - удельная работа кроения, Н/м;  $f_1, f_k, f_b$  - коэффициенты трения сырья о лопасть, корпус и стенку бункера;  $R_c$  - радиус сырья, м;  $R_k$  - реакция корпуса, Н;  $R_l$  - реакция лопасти, Н;  $F_{yb}$  - центробежная сила, Н;  $F_{трk}$  - сила трения сырья о корпус, Н;  $F_{трl}$  - сила трения сырья о лопасть, Н;  $\theta'$  - показатель степени;  $\rho$  - плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;  $\varphi'$  - коэффициент использования длины лезвия;  $K'$  - коэффициент использования площади боковой поверхности рабочей камеры.

Материалы диссертации опубликованы в работах:

1. А.с. 1199617 СССР, МКИ<sup>4</sup> В26 Д 1/02. Нож к устройству для резки пищевых продуктов на брусочки /Ширин Н.И., Давидович И.Ю. (СССР). - № 3711261/28-13; Заявлено 15.03.84; Оpubл. 23.12.85, Бюл. № 47. - 2с.: ил.

2. А.с. 1284496 СССР, МКИ<sup>4</sup> А23П15/00. Устройство для резки овощей и корнеплодов /Ширин Н.И., Давидович И.Ю., Никулин В.И. (СССР). - № 3891868/28-13; Заявлено 5.05.85; Оpubл. 23.01.87, Бюл. № 3. - 4с.: ил.

3. А.с. 1409449 СССР, МКИ<sup>4</sup> В26 Д 1/02. Нож к устройству для резки пищевых продуктов /Ширин Н.И., Давидович И.Ю. (СССР). - № 4015623 / 28-13; Заявлено 31.01.86; Оpubл. 15.07.88, Бюл. № 12. - 4с.: ил.

4. А.с. 1427641 СССР, МКИ<sup>4</sup> А23 П 15/00. Машина для резки овощей и корнеплодов /Ширин Н.И., Давидович И.Ю., Шульман В.Х., Маховиков А.А. (СССР). - № 4103602 /31-13; Заявлено 28.07.86. - 4с.: ил. - имеется гриф "Т".

5. Устройство для резки овощей и корнеплодов /Ширин Н.И., Давидович И.Ю. и др. - Заявлено 4.03.88 № 4388711/ 31-13/, положительное решение ВНИИГПЗ о выдаче авторского свидетельства от 22.09.88.

6. К выбору оптимальной конструкции ножевого инструмента при резании плодовоовощного сырья /Ширин Н.И., Давидович И.Ю.,

Шульман В.Х.// Тез. докл. Всесоюзн. научн. конф.: "Разработка и совершенствование технологических процессов, машин и оборудования для производства, хранения и транспортировки продуктов питания". - М. : 1987. - с.119.

7. Механизация процесса изготовления кусков мяса правильной формы и заданных размеров/ Давидович И.Д., Шаповалов А.К., Ширин Н.И.// Тез.докл. Всесоюзн. научн. конф.: " Вклад молодых ученых и специалистов в ускорение научно-технического прогресса в мясной и молочной промышленности." - М.: АгроНИИТЭИмясомолпром, 1988. - с.35.

8. К вопросу о теоретическом анализе процесса резания плодовоовощного сырья в роторных машинах /Давидович И.Д.; Могилевский технологический институт.- Могилев, 1989. - 16с.: ил. - Библиогр. 5 назван. - Рус. - Деп. в АгроНИИТЭИпищепром 09.01.89 № 1987.

9. Комплексное исследование параметров процесса резания плодовоовощного сырья /Давидович И.Д.; Могилев. технол. ин-т. - Могилев, 1989. - 13с.: ил. - Библиогр. 4 назв. - Рус. - Деп. в АгроНИИТЭИпищепром 09.01.89 № 1986.

*О.Ф.Давидович*

