

УДК 66.015.23:66.048

## РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ КУТТЕРНОГО НОЖА С ЛОМАННОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКОЙ

Бренч А.А. (БГАТУ), Желудков А.Л. (МГУП)

В работе проанализировано влияние геометрических параметров куттерного ножа на процесс куттерования. Определены основные пути совершенствования конструкций рабочих органов машин для тонкого измельчения мясного сырья, что позволит повысить качество измельчаемого продукта и уменьшает затраты энергии на процесс куттерования.

### Введение

В мясной отрасли при производстве колбасных изделий широко применяется операция измельчения, которая оказывают существенное влияние на качество фарша и выход готового продукта. При конструировании мясорезущих машин и механизмов необходимо учитывать биологическое происхождение измельчаемого сырья, вид и количество добавок, а также особенности процесса куттерования.

Качество колбасных изделий и их выход зависят от ряда факторов. Среди них решающее место принадлежит тонкому измельчению мяса в куттере и температурному режиму процесса. Причем на качество измельчения в значительной мере влияет форма ножей.

Процесс резания при тонком измельчении мясного сырья осуществляют на высоких скоростях режущих рабочих органов куттеров. Он сопровождается выделением большого количества теплоты, что вызывает значительное повышение температуры сырья и приводит к денатурации белков, снижению водосвязывающей способности полуфабриката и изменению структурно-механических свойств продукта, что существенно снижает качество готовых мясных изделий.

Эти обстоятельства обуславливают необходимость точного расчета и контроля при производстве режущих инструментов с оптимальными геометрическими и механическими характеристиками.

### Основная часть

Процесс резания в куттерах отечественного и зарубежного производств осуществляется серповидными ножами, режущая кромка которых выполнена в виде кривой построенной по определенной спирали, при этом были исследованы: спираль Архимеда с уравнением  $R = a \cdot \varphi$  и логарифмическая спираль с уравнением  $R = a^{\varphi}$ .

Для произвольной кривой лезвия [2], описываемой в полярной системе координат уравнением  $R=R(\varphi)$ , и ножа, вращающегося вокруг ее полюса, общее выражение коэффициента скольжения, известное из дифференциальной геометрии, будет иметь вид

$$K_{\beta} = R \cdot \frac{d\varphi}{dR} \quad (1)$$

где  $\varphi$  – полярный угол;  
 $R$  – радиус-вектор точки лезвия.

Чтобы коэффициент скольжения не уменьшался по мере поворота лезвия, производная  $\frac{d\varphi}{dR}$  должна уменьшаться не быстрее, чем растет радиус-вектор.

Выпуклое лезвие ножа, выполненное по Архимедовой спирали с уравнением  $R = a \cdot \varphi$ , не обеспечивает этого требования.

При анализе вышеприведенных спиралей [1], было выявлено, что постоянство коэффициента скольжения  $K_{\beta}$  можно достичь, очертив лезвие только логарифмической

спиралью с уравнением

$$R = a^\varphi, \quad (2)$$

где  $R$  – радиус-вектор спирали;  
 $a$  – постоянный коэффициент;  
 $\varphi$  – полярный угол.

Центр вращения этого ножа должен совпадать с асимптотической точкой спирали. На рисунке 1 представлена логарифмическая спираль, построенная по уравнению (2). В этой спирали радиусы-векторы и касательная в любой точке кривой образует постоянный угол  $\beta$ , при этом кривая пересекает все лучи, выходящие из полюса  $O$  по одним и тем же углом.

Здесь  $OA, OB, OC, \dots$  образуют геометрическую прогрессию со знаменателем  $\Phi$  – постоянное число от выбранного радиус вектора, т.е.

$$\frac{OA}{OB} = \frac{OB}{OC} = \frac{1}{\Phi},$$

где  $\Phi$  – значение знаменателя геометрической прогрессии,

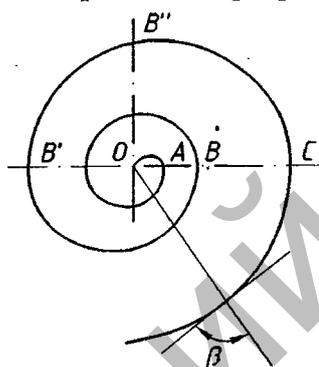


Рисунок 1 – Логарифмическая спираль

Таким образом, логарифмическая спираль – это единственная кривая, дуги которой всегда подобны одна другой: они могут менять свои размеры, но не форму. При  $\beta = 0^\circ$  и  $\beta = 90^\circ$  логарифмическая спираль вырождается соответственно в прямую линию и окружность. Такая спираль, которая остается инвариантной при геометрических преобразованиях, называется «золотой» логарифмической спиралью и была положена в основу расчетной модели куттерного ножа, т.к. в наибольшей степени отвечает предъявляемым требованиям к конструкции рабочих органов куттеров.

Основным недостатком ножей выполненных по логарифмической спирали является трудность выполнения заточки. Эта проблема решается путем выполнения режущей кромки ножа в виде ломанной линии с  $i$ -ым количеством прямолинейных участков по закону логарифмической спирали (рис. 2).

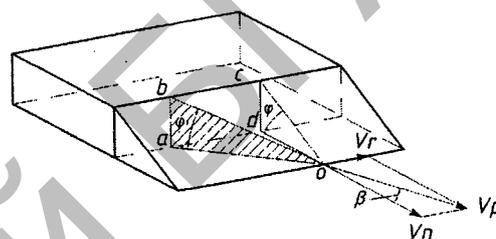
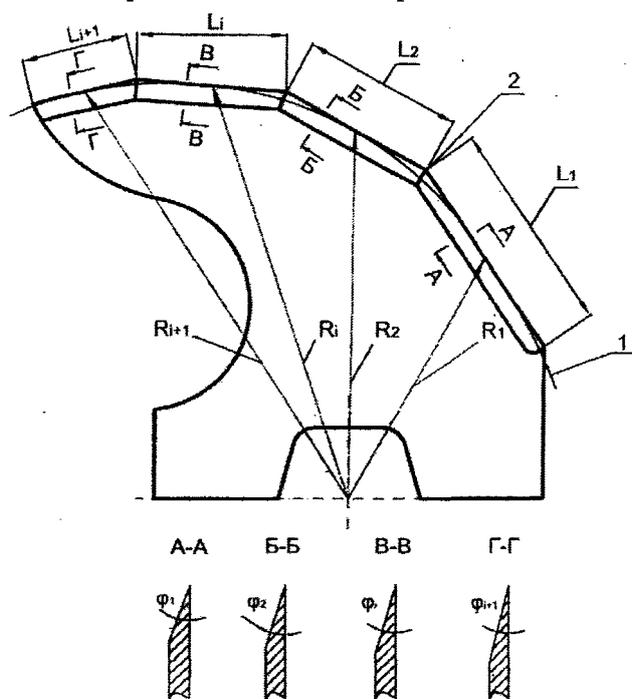
Благодаря очертанию лезвия ножа куттера логарифмической спиралью с уравнением

$R = a^\varphi$ , достигается постоянство угла резания  $\beta$  по всей длине режущей кромки. Но из-за сложности выполнения ножей такой конструкции предлагается выполнить режущую кромку в виде ломаной линии, выполненной касательно к логарифмической спирали. Это дает возможность получить постоянство угла резания  $\beta$  в середине каждой режущей кромки, что, в свою очередь, обеспечивает равномерность измельчения продукта по всей длине режущей кромки, что позволяет повысить качество готового продукта, и, тем самым, повышает эффективность работы ножа куттера.

При этом целесообразно, чтобы длина  $L_i$  каждой режущей кромки определялась из выражения

$$L_i = L_{i-1} \frac{R_{i-1}}{R_i}, \quad (3)$$

где:  $R_{i-1}$  – расстояние от оси вращения ножа до середины  $i-1$ -ой режущей кромки;  
 $R_i$  – расстояние от оси вращения ножа до середины следующей режущей кромки.



б) Схема куттерного ножа

- 1- логарифмическая спираль
- 2- режущая кромка

а) Схема к определению трансформации  
угла заточки

Рисунок 2 - Схема куттерного ножа с режущей кромкой в виде ломаной линии, построенной по закону логарифмической спирали

Выполнение формулы (3) позволяет соотнести геометрические размеры куттерного ножа, и тем самым уменьшает длину каждого следующего прямолинейного участка режущей кромки, что снижает гидравлическое сопротивление, а также затраты энергии на процесс куттерования. Это дополнительно улучшает качество готового продукта и повышает эффективность работы куттера.

Коме того при резании волокнистых материалов необходимо, чтобы давление в зоне контакта режущей кромки и продукта не уменьшалось с увеличением расстояния от оси вращения, а наоборот, увеличивалось. Этот эффект может быть достигнут за счет уменьшения угла заточки лезвия по мере увеличения расстояния от оси вращения до режущей кромки, либо путем увеличения угла встречи режущей кромки с продуктом. При использовании ножа с серповидной режущей кромкой второй путь более практичен и осуществляется путем увеличения угла встречи по мере роста расстояния от оси вращения до режущей кромки. Однако это ведет к увеличению боковой поверхности ножа, что приводит к более интенсивному повышению температуры фарша во время процесса куттерования.

В тоже время использование ножей с ломаной режущей кромкой позволяет уменьшать угол заточки лезвия по мере увеличения расстояния от оси вращения до режущей кромки.

При движении лезвия нормально относительно соей режущей кромки определение величины угла заточки производится исходя из обычного представления о геометрии лезвия в статическом состоянии. Нетрудно убедиться, что в процессе резания со скольжением угол заточки в направлении резания меняет свое значение – уменьшается в зависимости от угла скольжения  $\beta$ . Иными словами переходя от представления о статической геометрии лезвия к представлению о его кинематической геометрии, мы сталкиваемся с явлением

трансформации угла заточки.

На рисунке 2б представлена схема лезвия с углом заточки  $\cos\phi$ , равным  $\phi$ . При проникновении лезвия в материал нормально, т. е. по направлению  $V_n$ , указанный угол будет ранен замеренному статически. В случае, когда лезвие станет проникать в материал под некоторым углом  $\beta$  к нормали, т. е. в направлении  $V_p$ ; угол заточки должен быть замерен а плоскости, проходящей через это направление, т. е. будет ранен углу  $aob$ , равным  $\phi_1$ .

Закономерность изменения угла заточки  $\phi_1$  в зависимости от изменения угла  $\beta$  может быть определена следующим образом:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \phi_1 &= \frac{ab}{ao}; & \operatorname{tg} \phi &= \frac{dc}{do} = \frac{ab}{do}; \\ \operatorname{tg} \phi_1 \cdot ao &= \operatorname{tg} \phi \cdot do; & \frac{do}{ao} &= \cos \beta \end{aligned}$$

Выражаем  $\operatorname{tg} \phi_1$

$$\operatorname{tg} \phi_1 = \operatorname{tg} \phi \cdot \cos \beta \quad (4)$$

Выражение 4 показывает закономерность изменения угла заточки  $\phi_1$ , в зависимости от изменения угла встречи  $\beta$ . Поэтому для уменьшения лобового сопротивления внедрения лезвия ножа в продукт необходимо выполнять режущую кромку с углом заточки проходящим через плоскость  $aob$ .

В результате исследований влияния геометрических параметров ножа на процесс резания была разработана новая конструкция куттерных ножей (рис. 3).

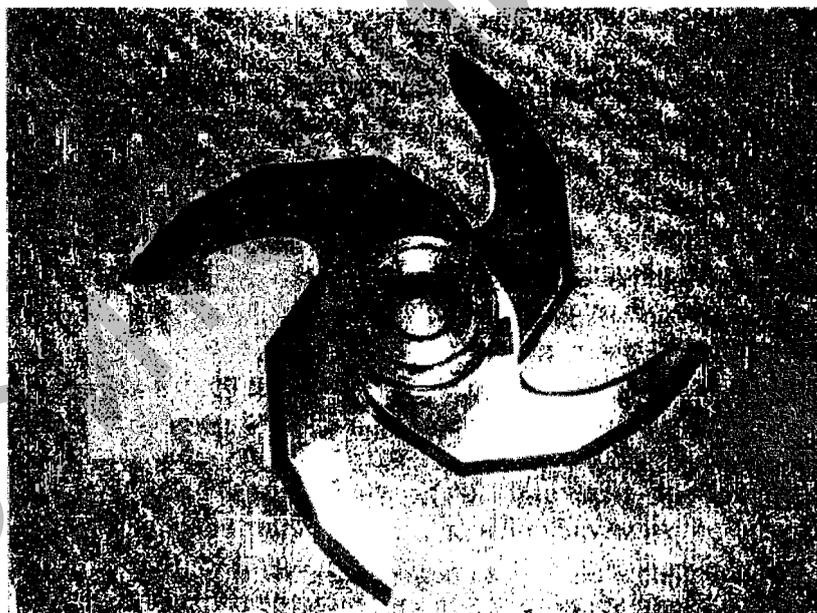


Рисунок 3 - Головка куттера с ножами, режущая кромка которых выполнена в виде ломаной линии, построенной по закону логарифмической спирали.

### Заключение

Новая конструкция куттерного ножа обладает рядом преимуществ по сравнению с серийно выпускаемыми ножами:

- обеспечивается равномерность измельчения продукта по длине режущей кромки;
- за счет трансформации угла заточки снижается лобовое сопротивление внедрения лезвия ножа в продукт;
- уменьшение угла заточки лезвия по мере увеличения расстояния от оси вращения ножа до режущей позволяет уменьшить длину режущей кромки, что приводит к уменьшению

боковой поверхности ножа и снижению темпа роста температуры обрабатываемого продукта.

Таким образом, для повышения эффективности процесса куттерования важно рационально выбрать оптимальные режимы работы куттера и конструктивные параметры рабочих органов, обеспечивающих прежде всего, постоянное значение угла резания  $\beta$  по всей длине лезвия ножа

### **Литература**

1. Груданов В.Я. «Золотая» пропорция в инженерных задачах / В.Я. Груданов.-Могилев.: МГУ им. А.А. Кулешова, 2006.- 288.
2. Груданов В.Я., Иванова И.Д., Бренч А.А. Новые куттерные ножи для измельчения мясного сырья. / Мясная промышленность. 2003. № 4 С. 33-35.
3. Даурский А.Н., Мачихин Ю.А. Резание пищевых материалов. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 240 с.
4. Пелеев А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1971. - 519 с.
5. Предтеченский Н.А. Механическое оборудование предприятий общественного питания. Под. ред. В.Н. Шувалова. Учебник для технолог. фак. торг. вузов. Изд. 3-е перераб. и доп. М.: Экономика, 1975. - 224с.

УДК 637.5:628.171.034.2

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПУТЕМ РАЗРАБОТКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ НОРМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Ветров В.С., Шамаль Л.А., Якубовский А.Б.*

*(РУП «Институт мясо-молочной промышленности»)*

*Басалаева З.П. (Минсельхозпрод Республики Беларусь)*

*Рассмотрены методические вопросы оптимизации водопользования путем разработки научно-обоснованных норм водопотребления и водоотведения, а так же экономический эффект от внедрения разработанных норм водопотребления на ряде предприятий мясоперерабатывающей отрасли.*

### **Введение**

Водные ресурсы играют важнейшую роль в обеспечении устойчивого функционирования экономики любой страны.

Пищевая и перерабатывающая промышленность, как и многие другие отрасли народного хозяйства, являются источником негативного воздействия на окружающую среду. По степени интенсивности взаимодействия пищевой промышленности с окружающей средой первое место среди объектов природы занимают водные ресурсы, затем почва и воздух.

К наиболее водоемким относятся мясная, молочная, птицеводческая и птицеперерабатывающая, хлебопекарная, крахмалопаточная и сахарная промышленности.

Высокий уровень водопотребления обуславливает и большой объем образования сточных вод, т.к. специфика производства мяса и мясных продуктов, многообразие функций, выполняемых с применением воды, приводят к тому, что при выработке и переработке 1 тонны мяса образуется 16 – 20 м<sup>3</sup> сточных вод или 60 – 80% от количества исходной потребляемой воды.

### **Оптимизация водопользования**

Нормирование расхода и качества воды является одним из немногих государственных