

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСА НА ВОЛЧКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОЖЕЙ С КРИВОЛИНЕЙНЫМИ РЕЖУЩИМИ КРОМКАМИ

И. А. Рогов, Т. В. Чижикова, Г. А. Мартынов, А. Ф. Савченко
МТИММП, ВНИИМП, Москва, СССР

При решении проблемы, связанной с рациональной переработкой мяса и мясных продуктов, важное значение приобретает эффективность процессов измельчения, которая определяется качеством исходного сырья, совершенствованием конструкции измельчающих машин, техническим состоянием и уровнем их исполнения. Совершенствование действующих и разработка новых машин, механизмов, устройств и схем аппаратного оформления процессов измельчения предполагают изучение структуры и физико-механических характеристик исходного продукта и структурированной дисперсной системы, конструктивных и геометрических параметров режущих инструментов измельчающего механизма, а также режимов измельчения в широком диапазоне изменения динамических, кинематических и других параметров. Все повышающая интенсификация процесса измельчения мяса на волчках остро ставит вопрос об износостойкости, надежности и долговечности режущего механизма. Традиционная конструкция ножа для волчка, имеющего четыре зуба с радиально расположенными режущими кромками, не в должной мере удовлетворяет требованиям как с точки зрения качества измельчения, так и износостойкости ножа. Быстрое затупление режущих кромок приводит в мятую и истертую мышечную ткань, снижению производительности процесса измельчения и росту потребляемой энергии. В МТИММП проведены исследования ножей для волчков промышленного применения и предложена новая конструкция ножа (авт. свид. СССР № 844050). Нож (рис. 1) имеет центральное отверстие 1 для его установки и закрепления на приводном валу и несколько режущих зубьев 2 с лезвиями 3 криволинейной формы. Передняя поверхность 4 каждого режущего зуба выполнена вогнутой, при этом угол между задней поверхностью

5 и касательной 6 к передней поверхности в точке, расположенной на режущей кромке, определяется физико-механическими свойствами и структурой измельчаемого продукта. При измельчении мяса этот угол составляет 70-80°. Такая конструкция ножа обеспечивает изменение схемы резания мяса: при использовании традиционных ножей с радиально расположенными режущими кромками имеет место так называемое "рубящее" резание, а в случае использования ножей с криволинейными режущими кромками появляется более сительное скольжение, что существенно облегчает процесс резания, обеспечивает более высокое качество фарша и продолжительный срок службы ножей. С целью повышения работоспособности ножа и качества измельчения рассчитан оптимальный профиль криволинейных режущих кромок из условия обеспечения их равномерного износа. Пусть нож равномерно вращается вокруг оси 0 с угловой скоростью ω (рис. 2а). Тогда работа единичной силы, приложенной к элементу дуги кривой ds , в единицу времени составит $dA = r\omega \cdot ds \cdot t_c$ (1), где t_c — единичный радиус-вектор. Равенство (1) перепишем в виде $dA = r\omega dr$ (2). Условие того, что соседний с рассмотренным элементом дуги совершит работу dA' , по аналогии с равенством (2) запишем следующим образом (см. рис. 2, б): $dA' = (r+dr)\omega [dr + d(dr)]$ (3). Учитывая, что $dA = dA'$, вследствие равенства соотношений (2) и (3) получим $r\omega \cdot dr = (r+dr)\omega [dr + d(dr)]$ или после преобразования $rdr = r^2dr + r^2d^2r$ (4). Сохраняя в равенстве (4) величины первого порядка малости, получим $rdr + dr^2 = 0$ (5). Учитывая, что $dr/d\varphi = r'\varphi$ и $d^2r/d\varphi^2 = r''\varphi$, после деления уравнения на $(dr/d\varphi)^2$ будем иметь $r''\varphi^2 + (r'\varphi)^2 = 0$ (6). Уравнение (6) не содержит в явном виде переменную φ , поэтому оно допускает понижение порядка введения замены $r'\varphi = p$, $r''\varphi^2 = dp/d\varphi = dp/dr \cdot dr/d\varphi = dp/dr \cdot r'\varphi$ (7). С учетом формул (7) вместо уравнения (6) получим $r p dp/dr + p^2 = 0$ (8). Одно из решений этого уравнения $p = C/r$ откуда $r' = C/r$ т.е. одной из возможных форм кривой ножа, удовлетворяющей условию равномерности износа, является окружность, что очевидно в реальных условиях не имеет смысла. После сокращения уравнения (8) на p будем иметь $r dp/dr = -p$ или $dp/p = -dr/r$ (9). Интегрируя уравнение (9), получим $\ln p = -\ln r + \ln C_1$ или $p = C_1/r$. По (7) будем иметь $dr/d\varphi = C_1/r$ или $r^2 = C_1\varphi + C_2$ (10). Уравнение (10) будем решать при начальных данных $r(0) = a$, $r'(0) = K$. Учитывая соотношения (10) и (11) получим $C_1 = Ka$; $C_2 = a^2/2$ и вместо уравнения (10) будем иметь $r = \sqrt{2(K\varphi + a^2)}$ (11).

Для кривой, заданной в полярных координатах (рис. 2, в), угол M между радиусом-вектором M и касательной к кривой в этой точке определяется по формуле $\tan M = \frac{r}{dr/d\varphi}$ (12). Откуда с учетом уравнений (10) и (12) получим $\tan M = \frac{r}{\sqrt{2(K\varphi + a^2)}} \cdot \frac{1}{K} = \frac{1}{K} \sqrt{2(K\varphi + a^2)}$ (13). Пусть $M = \arctan(\frac{1}{K} \sqrt{2(K\varphi + a^2)})$. Углы α , φ , M связаны соотношением $\alpha = \varphi + M$ (14). Пусть

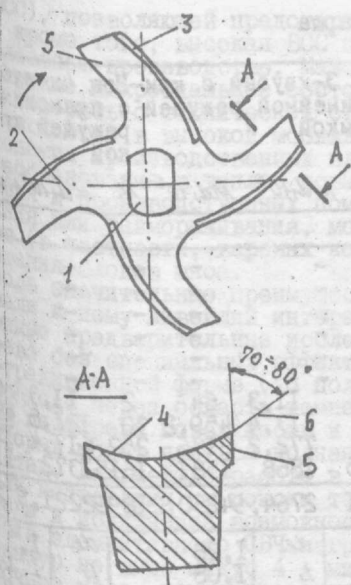


Рис. 1 Четырехзубый нож с криволинейными режущими кромками

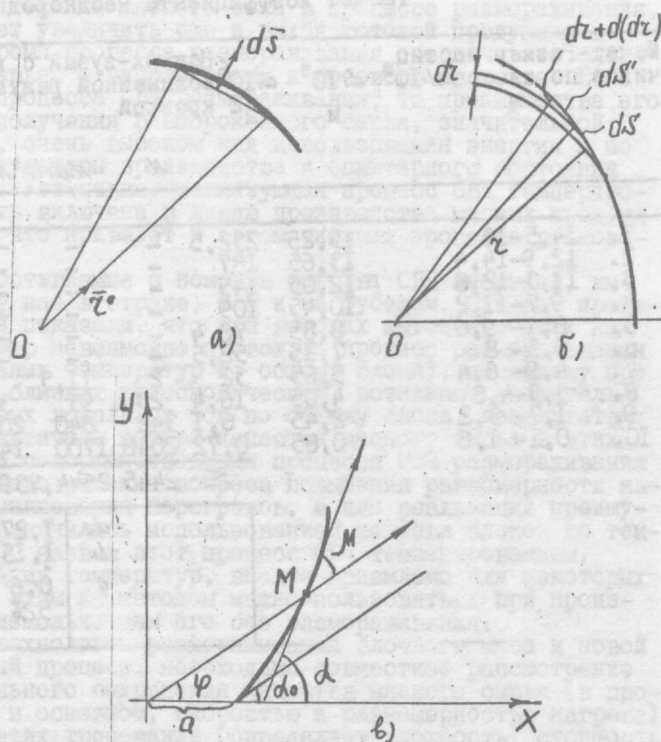


Рис. 2 К расчету оптимального профиля криволинейных режущих кромок ножа

задано $d = d_0$ при $\varphi = 0$ и $r = a$. Тогда из формул (I3) и (I4) будем иметь $H = d_0$, т.е. $ardak = d_0$, откуда $k = a \operatorname{ctg} d_0$. Таким образом, вместо уравнения (I2) можем записать окончательно $r = a \sqrt{1 + 2\varphi \operatorname{ctg} d_0}$ (I5), где r, φ — текущие координаты точек режущей кромки ножа (в полярных координатах); a — начальный радиус криволинейной режущей кромки; d_0 — угол между радиусом — вектором в начальной точке режущей кромки и касательной к кривой в этой точке.

Одним из важных показателей качества измельчения является дисперсность фарша. Частицы фарша дифференцировали по определяющему размеру на 10 размерных классов, с последующей обработкой полученных данных методами вариационной статистики. В первую очередь определяли эффективный диаметр частиц фарша $d_e = \sqrt{\frac{\sum N_i d_i^3}{\sum N_i d_i}}$, где N_i — число частиц фарша диаметром d_i ; n — число размерных классов. Затем определяли среднеарифметический линейный размер $L = \frac{\sum N_i d_i}{\sum N_i}$ (мм) и среднеквадратичное отклонение размера частиц $q = \sqrt{d_e^2 - L^2}$ (мм).

После этого рассчитывали коэффициент неоднородности состава частиц исследуемой пробы фарша (см. табл.), под которым понимали выраженное в процентах отношение среднеквадратичного отклонения размера частиц к среднеарифметическому линейному размеру $K = \frac{q}{L} \cdot 100\%$.

Как видно из таблицы, при использовании ножей с криволинейными режущими кромками коэффициент неоднородности фарша снижается до 52–54%, по сравнению с коэффициентом неоднородности фарша, полученного при применении традиционных четырехзубых ножей с криволинейными режущими кромками ($K = 64\%$). Промышленные испытания ножей новой конструкции проводились на волчках типа КБ-4ВЗП-200, при измельчении идентичного сырья. Износ ножей и решеток измеряли как весовым методом, так и линейным при помощи микрометра. Мощность, потребляемую при измельчении, измеряли при помощи прибора К-50. Потери мощности на подачу сырья к режущему механизму принимали одинаковой при работе каждого типа ножа. При обработке полученных данных не учитывали импульсные скачки мощности, а брали средние значения. Испытания и промышленное использование ножей новой конструкции показали, что долговечность и износостойкость их повышается в 4–5 раз, при этом на 15–18% снижается энергоемкость процесса, соответственно уменьшаются затраты на техническое обслуживание волчков и переточку режущего комплекта. Разработаны рекомендации по параметрам ножей для включения в стандарт СЭВ "Волчки. Режущий инструмент. Основные параметры и размеры".

Расчет коэффициента неоднородности фарша

№счет-Размер частиц чиков по классам/10 ³	М	$d_i 10^3$ м	$d_i 10^6$ м	Нож 4х-зубый с кри- волинейной режущей 2 кромкой		Нож 3-хзубый с кри- волинейной режущей кромкой		Нож 4х-зубый с прямолинейной режущей кром- кой			
				N	$N d_i 10^3$	$N d_i 10^6$	N	$N d_i 10^3$	$N d_i 10^6$	N	$N d_i 10^3$
1.	14,5-16	15,25	232,5	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	12,9-14,4	13,65	187	-	-	-	-	-	-	-	-
3.	11,3-12,8	12,05	145	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	9,7-11,2	10,45	109	-	-	-	-	-	-	-	-
5.	8,1-9,6	8,85	78,4	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	6,5-8,0	7,25	52,5	-	-	-	-	-	-	-	-
7.	4,9-6,4	5,65	32	2	11,3	64	2	11,3	64	2	11,3
8.	3,3-4,8	4,05	16,4	23	93	379	28	113,4	459,2	30	121,5
9.	1,7-3,2	2,45	6,1	342	840	2081	356	772,2	2136	252	617,4
10.	0,1-1,6	0,85	0,72	2048	1700	1475	2195	1868	1581	1615	1372
Σ				2445	2644	73999	2581	2764	94250	218992	221,9

d_e	1,27	d_e	1,28	d_e	1,3
L	1,15	L	1,08	L	1,1
q	0,6	q	0,63	q	0,7
κ	52%	κ	54%	κ	64%