

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МАШИН ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ

В. Я. Груданов, докт. техн. наук, профессор, А. А. Бренч, канд. техн. наук (УО БГАТУ);
С. Н. Ходакова, ассистент (УО МГУП); М.О. Филиппович, инженер (ОАО «Ошмянский
мясокомбинат»)

Аннотация

Произведен анализ конструктивных особенностей режущих механизмов машин для первичного измельчения мясного сырья. На основе полученных данных, предложена характеристика режущей пары нож-решетка (режущая способность). Разработаны новые конструкции решеток (отверстия расположены по концентрическим окружностям) и ножей (трехлопастные с наклонными передними гранями). Получены графические и математические зависимости технологических и энергетических характеристик процесса измельчения от режимно-конструктивных параметров волчков.

Введение

На мясоперерабатывающих предприятиях Минсельхозпрода РБ и Белкоопсоюза широко применяются машины для первичного измельчения мясного сырья: мясорубки и промышленные волчки. С измельчением связано около 70% технологических операций при выпуске готовой продукции, а процессы измельчения являются наиболее трудоемкими и энергоемкими. Однако серийно выпускаемые мясорубки и волчки в ряде случаев не отвечают технологическим требованиям по своим технико-экономическим показателям и характеризуются крайне низкой эксплуатационной надежностью режущих инструментов: вращающихся ножей и неподвижных перфорированных решеток.

Срок службы режущего инструмента, в частности волчка, составляет всего около 20 часов. Инструмент выдерживает 3-4 перезаточки, после чего работоспособный слой стачивается и многоэлементный инструмент подлежит замене. Особенно остро эта проблема стоит на мясокомбинатах при выпуске вареных и копченых колбасных изделий, где процесс измельчения является главным критерием, определяющим качество готовой продукции, ее количество и энергозатраты.

Для нормальной работы каждому волчку в год необходимо 8-10 стандартных комплектов режущих механизмов, состоящих из трех ножевых решеток и двух вращающихся ножей, установленных между ними. Эта проблема усложняется также и тем, что режущие инструменты являются импортными изделиями, которые в Республике Беларусь серийно не производятся, и ввозятся из-за рубежа, в основном, приобретаются на Полтавском заводе продовольственного машиностроения (Украина), фирмах «Зейдельманн» (Германия), «Ласка» (Австрия), «КТ» (Финляндия) и др.

Данные факторы ставят проблему повышения эффективности работы вращающихся ножей и непод-

вижных решеток в число актуальных и имеющих важное народнохозяйственное значение.

Основная часть

Для исследования эффективности конструкций рабочих органов мясоизмельчительных машин необходимо получить обобщенный параметр, оценивающий конструктивные особенности режущей пары нож-решетка, пригодный для всего типоразмерного ряда волчков и мясорубок.

На основе системного анализа литературных данных для определения основных конструктивных параметров ножа была получена зависимость:

$$\Omega_{\text{ножа}} = f(L_n, z, h_n, \alpha, \beta),$$

где: $\Omega_{\text{ножа}}$ – режущая способность ножа; L_n – длина лера ножа, м; z – количество перьев; h_n – толщина ножа, м; α – угол наклона пера, град; β – угол скольжения, град.

Для оценки конструкции ножевой решетки предложена следующая зависимость:

$$\Omega_{\text{реш}} = f(F_o, d_o, F_p, b),$$

где: $\Omega_{\text{реш}}$ – режущая способность ножевой решетки; F_o – суммарная площадь отверстий, м²; d_o – диаметр отверстий, м; F_p – площадь решетки, м²; b – толщина решетки, м.

После проведенных математических преобразований получена режущая способность пары нож-решетка:

$$\Omega = \frac{F_o \cdot d \cdot L_n \cdot z}{F_p \cdot b \cdot h_n \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta}$$

Данную характеристику режущей пары можно использовать для оценки эффективности режущего инструмента всего типоразмерного ряда волчков.

В результате анализа конструктивных особенностей, в качестве независимых управляемых переменных, характеризующих работу волчков, приняты:

- режущая способность инструмента (Ω);
- частота вращения ножа (n_{np} , c^{-1});
- сила прижатия (F_{np} , Н);
- усилие затяжки режущего инструмента ($P_{зат}$, Н).

Исследовались четыре варианта комплектации режущего инструмента:

1. Серийный нож (четырёхлопастной с прямыми передними гранями) и серийная решетка (отверстия расположены по ромбической сетке), $\Omega = 2,38$;

2. Решетка новой конструкции (отверстия расположены по концентрическим окружностям) и серийный нож, $\Omega = 4,42$;

3. Нож новой конструкции (трехлопастной с наклонными передними гранями) и серийная решетка, $\Omega = 4,91$;

4. Нож новой конструкции и новая ножевая решетка, $\Omega = 5,9$.

В качестве выходных искомым параметров определяются: прирост температуры сырья в процессе измельчения Δt , °С; производительность мясорубки Q , кг/ч; удельная энергоёмкость процесса измельчения N , Вт×ч/кг.

Зависимость искомого (выходного) параметра от принятых независимых переменных можно представить в виде произведения функций отдельных аргументов:

$$\Delta t = A \cdot f_{1\Delta t}(\Omega) \cdot f_{2\Delta t}(n_{np}) \cdot f_{3\Delta t}(F_{np}) \cdot f_{4\Delta t}(P_{зат}), \quad (1)$$

$$Q = A \cdot f_{1Q}(\Omega) \cdot f_{2Q}(n_{np}) \cdot f_{3Q}(F_{np}) \cdot f_{4Q}(P_{зат}), \quad (2)$$

$$N = A \cdot f_{1N}(\Omega) \cdot f_{2N}(n_{np}) \cdot f_{3N}(F_{np}) \cdot f_{4N}(P_{зат}). \quad (3)$$

Данный метод с успехом применяется во многих технологических исследованиях, даже без достаточного теоретического обоснования, являясь одним из наиболее важных общих соотношений. Планом эксперимента выбран греко-латинский квадрат. Существенным этапом в экспериментальном определении

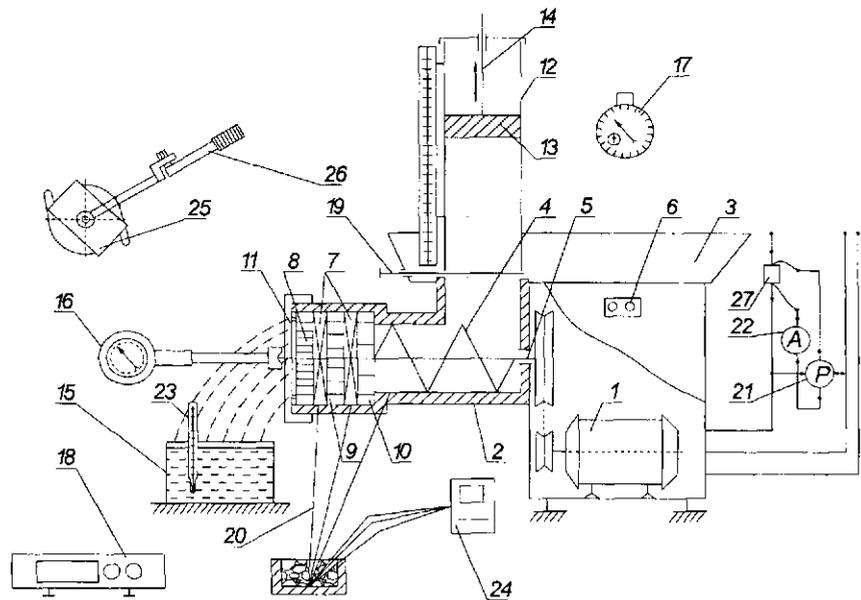


Рисунок 1. Экспериментальный стенд для исследования влияния конструктивных параметров режущего механизма на эффективность работы мясорубки: 1 – привод мясорубки; 2 – рабочая головка (корпус); 3 – загрузочная чаша; 4 – шnek; 5 – хвостовик; 6 – пускатель; 7 – ножи; 8 – выходная решетка; 9 – промежуточная решетка; 10 – приемная решетка; 11 – накидная гайка; 12 – загрузочная горловина; 13 – поршень; 14 – шток; 15 – приемная емкость; 16 – тахометр; 17 – секундомер; 18 – весы настольные электронные; 19 – заслонка; 20 – термодатчики ТХА; 21 – ваттметр; 22 – амперметр; 23 – ртутный термометр; 24 – мультиметр; 25 – накидное приспособление; 26 – динамометрический ключ; 27 – трансформатор.

функции (1...3) является выбор значений независимых переменных, при которых нужно осуществлять опыты. Набор этих значений представляет собой план эксперимента. Применение оптимального плана эксперимента позволяет сократить число необходимых опытов и повысить точность обработки. В данном случае, когда число независимых факторов равно четырем, требуется провести шестнадцать опытов, варьируя факторы на четырех уровнях. Данный план соответствует греко-латинскому квадрату 4×4 .

Для реализации плана исследований, изучения влияния конструктивных параметров режущего инструмента на производительность, качество измельчаемого сырья и энергоёмкость процесса был разработан экспериментальный стенд и проведены лабораторные испытания.

На рис 1, представлена схема экспериментального стенда.

В таблице 1 представлены результаты экспериментальных исследований эффективности работы режущего инструмента.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований режущих инструментов

№ опыта	Ω	$n_{вр}, c^{-1}$	$F_{пр}, Н$	$P_{зат}, Н$	$\Delta t, ^\circ C$	$Q, кг/ч$	$N, Вт \times ч/кг$
1	2,38	3,7	100	5,7	12,5	284	2,25
2	4,42	3,7	150	11,4	13,2	287	2,42
3	4,91	3,7	200	14,3	12,1	293	2,5
4	5,9	3,7	250	8,6	11,1	300	2,21
5	2,38	4,0	250	14,3	15,2	288	2,79
6	4,42	4,0	200	8,6	11,6	294	2,41
7	4,91	4,0	150	14,3	9,7	300	2,24
8	5,9	4,0	100	11,4	10,3	297	2,3
9	2,38	4,3	150	8,6	11,9	300	2,46
10	4,42	4,3	100	14,3	11,0	298	2,58
11	4,91	4,3	250	11,4	12,1	313	2,38
12	5,9	4,3	200	5,7	8,2	316	2,18
13	2,38	4,7	200	11,4	11,9	308	2,59
14	4,42	4,7	250	5,7	9,6	313	2,36
15	4,91	4,7	100	8,6	8,6	313	2,3
16	5,9	4,7	150	14,3	9,8	313	2,47

После обработки результатов эксперимента получена графическая зависимость прироста температуры от управляемых переменных: режущей способности пары нож-решетка (Ω), частоты вращения ножей ($n_{вр}$), силы прижатия ($F_{пр}$), усилия затяжки режущего инстру-

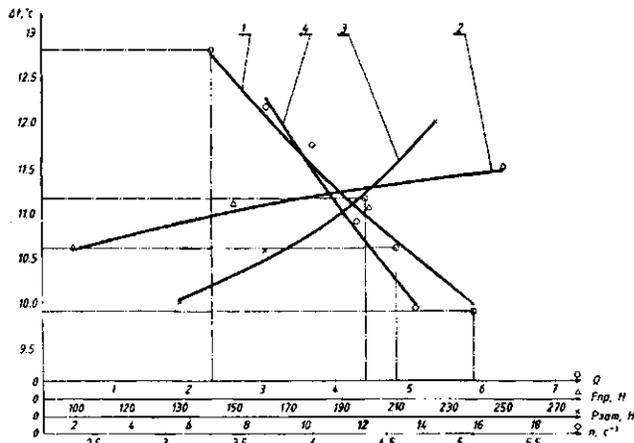


Рисунок 2. Зависимость прироста температуры от управляемых переменных:
1 — $n_{вр}$; 2 — Ω ; 3 — $P_{зат}$; 4 — $F_{пр}$.

мента ($P_{зат}$), представленная на рисунке 2.

Полученный график позволяет наглядно оценить степень влияния режимно-конструктивных параметров мясорубки на прирост температуры обрабатываемого сырья в процессе измельчения.

Для прогнозирования и расчетов основных технологических характеристик обрабатываемого сырья, после обработки экспериментальных данных, получено уравнение, позволяющее определять прирост температуры во время измельчения:

$$\Delta t = 719,84 \cdot \Omega^{0,28} \cdot n_{вр}^{-0,87} \cdot F_{пр}^{0,1057} \cdot P_{зат}^{0,2155}$$

где Ω — режущая способность инструмента; $n_{вр}$ — частота вращения ножей (c^{-1}); $F_{пр}$ — сила прижатия (Н); $P_{зат}$ — усилие затяжки режущего инструмента (Н).

Для графического отражения влияния конструктивных параметров режущего инструмента на эффективность работы мясорубки была построена зависимость производительности мясорубки (Q , кг/ч) от управляемых переменных Ω , $n_{вр}$, $F_{пр}$, $P_{зат}$, представленная на рисунке 3.

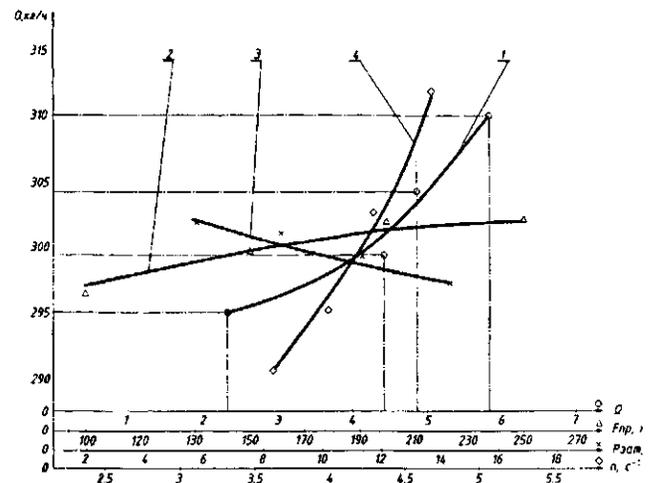


Рисунок 3. Зависимость производительности мясорубки от управляемых переменных:
1 — $n_{вр}$; 2 — Ω ; 3 — $P_{зат}$; 4 — $F_{пр}$.

Производительность Q является основной технической характеристикой мясорубки, характеризующей ее работу, и имеет определяющее значение для процесса измельчения.

При обработке полученных экспериментальных данных получена зависимость производительности

мясорубки от конструктивных параметров режущего инструмента:

$$Q = 48,01 \cdot \Omega^{0,0516} \cdot n_{вр}^{0,3065} \cdot F_{пр}^{0,0211} \cdot P_{зат}^{-0,01166}.$$

На рисунке 4 представлена зависимость удельной энергоёмкости процесса (N , Вт×ч/кг), которая выбрана основным энергетическим параметром, характеризующим работу мясорубок от Ω , $n_{вр}$, $F_{пр}$, $P_{зат}$.

Уравнение для определения удельной энергоём-

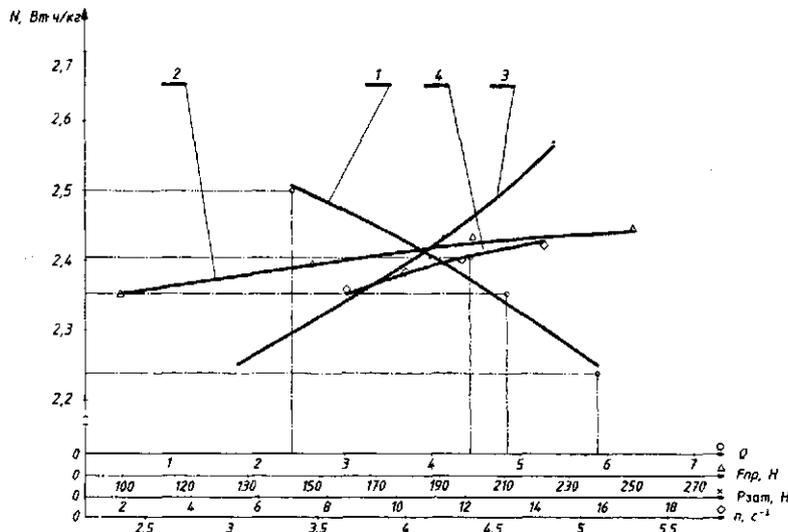


Рисунок 4. Зависимость удельной энергоёмкости волчка от управляемых переменных:
1 – $n_{вр}$; 2 – Ω ; 3 – $P_{зат}$; 4 – $F_{пр}$.

кости процесса первичного измельчения имеет следующий вид:

$$N = 0,8737 \Omega^{-0,0963} \cdot n_{вр}^{0,1203} \cdot F_{пр}^{0,0335} \cdot P_{зат}^{0,1389}$$

Комплексные исследования влияния режимно-конструктивных параметров режущего инструмента на эффективность работы мясорубки позволили научно обоснованно подойти к расчету, осуществлению и прогнозированию процесса первичного измельчения мясного сырья.

Полученные экспериментальные зависимости прироста температуры сырья в процессе первичного измельчения, производительности и удельной энергоёмкости от режимных и конструктивных особенностей режущего механизма мясорубок и волчков позволяют доказать возможность применения усовершенствованных конструкций ножей и решеток.

Для подтверждения лабораторных экспериментальных данных были изготовлены опытные промышленные образцы режущего механизма, которые успешно прошли производственные испытания на Служком мясокомбинате, на комбинате питания ПО «Белорусторгмаш». Новые режущие инструменты (ножи и решетки) внедрены на комбинате кооперативной промышленности Быховского РАЙПО Могилевской области.

Выводы

Произведен анализ конструктивных особенностей режущих механизмов машин для первичного измельчения мясного сырья. Установлена взаимосвязь геометрических параметров режущего механизма, характеризующих процесс первичного измельчения. На основе полученных данных предложен обобщенный параметр (режущая способность) режущей пары нож-решетка.

Разработаны новые конструкции решеток (отверстия расположены по концентрическим окружностям) и ножей (трехлопастной с наклонными передними гранями).

В соответствии с разработанным планом проведения экспериментальных исследований проведены лабораторные эксперименты, получены графические и математические зависимости прироста температуры сырья в процессе измельчения, производительности и удельной энергоёмкости от режимно-конструктивных параметров мясоизмельчительной машины.

Внедрение в производство режущего инструмента новой конструкции позволяет существенно повысить эффективность процесса измельчения мясного сырья: увеличить производительность машины на 5-10% при снижении энергозатрат на 10-15%. Опытные образцы разработанного режущего механизма успешно прошли производственные испытания на Служком мясокомбинате и комбинате кооперативной промышленности Быховского РАЙПО Могилевской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пелеев, А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности/ А.И. Пелеев. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 520с.
2. «Золотая» пропорция в инженерных задачах: монография/ В.Я. Груданов. – Могилев: МГУ им. А.А. Кулешова, 2006. – 288 с.
3. Даурский, А.Н. Резание пищевых материалов: теория процесса, машины, интенсификация/ А.Н. Даурский, Ю.А. Мачихин. – М.: Пищевая промышленность, 1980.-240 с.
4. Шенк, Х. Теория инженерного эксперимента/ Х. Шенк. – М.: Мир, 1972. – 151 с.
5. Устройство для измельчения продуктов: пат. 3301 Республики Беларусь, МПК6 В 02С 18/30/ В.Я. Груданов, М.Я. Павлов, С.Н. Самошкина; заявитель Барановичское производ. объедин. торгового машиностроения «Белорусторгмаш». – № 970264; заявл.

20.05.1997; опубл. 30.03.2000// Бюллетень «Изобретения. Полезные модели», № 1, 2000. – С.143.

6. Мясорубка: пат.3748 Республики. Беларусь, МПК6 В 20С 18/30, А47J 43/04/ В.Я. Груданов, С.Н. Самошкина, М.Я.Павлов, О.Р.Смирнов; заявитель производ. объедин. «Белорусторгмаш» Министерства промышленности РБ.-№970668; заявл. 03.12.1997; опубл.30.12.2000// Бюллетень «Изобретения. Полез-

ные модели», № 4, 2000. – С.127.

7. Устройство для измельчения продуктов: пат. 5964 Республики Беларусь, МПК7 В 02С 18/30/ В.Я. Груданов, А.А.Бренч, С.Н.Ходакова; заявитель УО Могилевский государственный университет продовольствия. – №а 20010047; заявл. 22.01.2001; опубл. 30.03.2004//Бюллетень «Изобретения. Полезные модели», № 1, 2004. – С.117.

УДК 631.362.3: 633.491

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 9.11.2007

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАСТИНЧАТОЙ СОРТИРОВАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Г.А. Радишевский, канд. техн. наук, доцент, В.Н. Едняч, ассистент, С.Р. Белый, ассистент (БГАТУ)

Аннотация

В статье рассмотрены возможные способы разделения клубней на фракции непосредственно на картофелеуборочных комбайнах в процессе работы.

Представлены конструктивные решения, направленные на исключение засорения калибрующих поверхностей в процессе разделения клубней в условиях повышенной засоренности растительными остатками.

Приведены результаты испытания разработанного устройства для разделения клубней картофеля на фракции в лабораторных условиях.

Введение

В сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь картофель является одной из самых трудоёмких по производству культур, поэтому снижение затрат на производство и, в частности, на послеуборочную обработку является актуальной проблемой.

У выпускаемых промышленностью машин для сортирования клубней на фракции по размерам, с различными роликовыми, транспортерными, плоско-решетными, барабанными, дисковыми и комбинированными рабочими органами высокий уровень повреждений и низкое качество разделения на фракции. Поэтому актуален вопрос разработки новых рабочих органов, позволяющих повысить выравненность фракционного состава и внешний вид картофеля.

Основная часть

С целью сокращения затрат на производство картофеля целесообразно включать в технологический процесс работы картофелеуборочных машин сортировальный модуль, позволяющий разделять картофель на фракции непосредственно в процессе уборки. В этом случае исключается ряд операций, связанных с перегрузками, и свежееубранным клубням наносятся минимальные повреждения. Однако переработка картофеля непосредственно на комбайне возможна при условиях отсутствия примесей и возде-

ливания картофеля в лёгких почвах или на полях, подготовленных к уборке.

Многие зарубежные фирмы, производящие картофелеуборочную технику, и, в частности, комбайны, по желанию заказчика устанавливают на комбайн картофелесортировальный модуль, позволяющий разделять клубни непосредственно на фракции в процессе работы. Так, фирма "AGROMET - PIONER" (Польша) изготавливает картофелеуборочный комбайн Z644/2, на котором установлена сортировка, разделяющая клубни на три фракции. Фирма «GRIMME» для повышения производительности и комфорта устанавливает на однорядные картофелеуборочные комбайны сортировочное устройство, отделяющее мелкие клубни. Сортировочное устройство состоит из четырёх валцов. Расстояние между ними регулируется механически, бесступенчато от 0 до 40 мм. Двурядные комбайны серии SE 150/170-60 «GRIMME» оснащены сортировкой, состоящей из пяти валцов. Каждый валец состоит из наборных фигурных дисков, позволяющих улучшить перемещение клубней по роликам.

Швейцарская фирма «Samgo» устанавливает на комбайны сортировальный модуль, состоящий из трёх валцов, который позволяет выделять клубни мелкой фракции ступенчато, шириной 20, 25, 30, 35, 40 и 42,5 мм.