



ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

В.Я.Груданов, доктор технических наук, профессор

С.Н.Самошкина, аспирантка

Могилевский технологический институт

Г.И.Белохвостов, кандидат технических наук,

ГПИ "Минскпроект"

М.Я.Павлов, кандидат технических наук,

председатель горисполкома г.Барановичи

УДК 621.926.76

Повышение эксплуатационной надежности режущего механизма машин для измельчения мясного сырья

Обобщены результаты теоретических и экспериментальных исследований по повышению эксплуатационной надежности режущего механизма мясорубок и промышленных валчков. Исследованы различные варианты расположения цилиндрических отверстий в ножевых решетках. Разработана математическая модель перфорированной ножевой решетки; предложена новая инженерная методика для определения геометрических и конструктивных параметров рабочих органов машин для измельчения пищевых продуктов с использованием закономерностей золотой пропорции, свойств ряда чисел Фибоначчи и международных рядов предпочтительных чисел.

The results of the theoretical and experimental investigations about the raising reliability of the meat-choppers & meathashers cutter bar have been generalized. Different locational variants of cylindrical holes in cutting grates have been investigated. The mathematic model of punched cutting grate has been developed. The new design procedure for determination geometric parameters of machines working parts for grinding food has been offered with using of the golden proportions laws and Fibonacci numbers characteristics.

На мясоперерабатывающих предприятиях агропромышленного комплекса РБ широко эксплуатируются машины для измельчения мясного сырья: мясорубки типа МИМ, волчки типа МП и К6 (К7), а также измельчители типа МТИ-500 и ЯЗ-ФИД (ЯЗ-ФИЗ-А) и др., при этом операции, связанные с измельчением (резанием) мяса, составляют более 70% в технологическом процессе переработки животного сырья [1]. Поэтому проблемы повышения надежности и долговечности режущих инструментов и узлов сегодня представляются наиболее актуальными.

В настоящее время наметилось в основном два направления в решении указанной проблемы. Первое связано с совершенствованием конструктивных элементов режущего механизма, второе – с поиском новых способов и методов повышения износостойкости рабочих поверхностей (поверхностей трения) с помощью термической, химико-термической и других видов обработки (наплавка, напыление и т.п.).

Значительное влияние на работоспособность рабочих органов машин оказывает выбор материала и обеспечение равнопрочности ножевых решеток и враща-

ющихся ножей, а также их коррозионная стойкость, которая может быть повышена путем нанесения гальванических, химических, металлизационных и других покрытий [1].

Эксплуатационная надежность, эффективность работы и качество измельчения во многом определяются также правильным выбором конструктивных форм и геометрических параметров режущих элементов, при этом важно, чтобы размеры неподвижных ножевых решеток и вращающихся многоперых ножей были взаимосвязаны между собой и унифицированы для всего класса машин для измельчения мясного сырья [2].

По данным Московской государственной академии прикладной биотехнологии, надежность различных элементов, входящих в стандартный набор режущего механизма промышленного волчка, существенно различна и согласно статистике поток отказов этих элементов находится в соотношении

$$\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 : \lambda_4 = 1 : 0,8 : 0,6 : 0,5, \quad (1)$$

где λ_1 – показатель числа отказов ножа;

λ_2 – показатель числа отказов подрезной ножевой решетки;

λ_3 – показатель числа отказов приемной ножевой решетки;

λ_4 – показатель числа отказов выходной ножевой решетки;

Из уравнения (1) следует, что показатели надежности режущих элементов отличаются вдвое и наименее надежным является вращающийся нож, а выходная ножевая решетка обладает повышенной надежностью. Таким образом, ресурс и надежность режущего механизма определяются по лимитирующему элементу (в данном случае по ресурсу ножа), в то время как ножевые решетки подвергаются преждевременному восстановлению (переточка) задолго до момента наступления их предельного износа. При создании многоэлементного режущего механизма необходимо достижение (обеспечение) равного или близкого ресурса элементов, входящих в комплект [1, 3].

Вместе с тем выходная ножевая перфорированная решетка является наиболее надежным элементом, обладает наибольшим гидравлическим сопротивлением при движении через отверстия диаметром 3 мм измельчаемого сырья. Расчеты показывают, что величина гидравлического сопротивления ножевых решеток находится в следующем соотношении

$$\Delta P_2 : \Delta P_3 : \Delta P_4 = 1 : 2 : 8, \quad (2)$$

т.е. гидравлическое сопротивление выходной решетки в 8 раз больше сопротивления подрезной и в 4 раза – приемной, а это напрямую связано с энергозатратами и перегрузкой электродвигателя. По этой причине волчки часто останавливаются, особенно это касается машин типа МП-160, и в этом случае измельчение мясного сырья осуществляется на решетках с диаметром отверстий 5 мм (в нарушение технологических требований). Это объясняется тем, что по ходу движения измельчаемого сырья диаметры отверстий уменьшаются, а их количество увеличивается, при этом площадь проходного (живого) сечения решеток уменьшается примерно в следующем соотношении

$$F_2 : F_3 : F_4 = 1,0 : 1,5 : 2,0, \quad (3)$$

т.е. площадь проходного сечения выходной ножевой решетки F_4 в 2 раза меньше площади проходного сечения подрезной решетки F_2 .

На основе вышесказанного можно констатировать, что серийный режущий механизм (стандартный комплект) обладает рядом весьма существенных недостатков, к которым можно отнести следующие:

- ресурс и надежность вращающихся ножей значительно ниже ресурса и надежности работы ножевых решеток, особенно выходных;
- площадь проходного сечения выходной ножевой решетки значительно (в 2 раза) меньше площади проходного сечения подрезной решетки;

– гидравлическое сопротивление при движении измельчаемого сырья возрастает и достигает своего максимального значения в выходной ножевой решетке.

Кроме того, как показывают расчеты, коэффициент перфорации выходной ножевой решетки в области ее рабочей поверхности уменьшается от центрального посадочного отверстия к периферии, что также дестабилизирует движение измельчаемого сырья и увеличивает энергозатраты.

Перечисленные недостатки усиливаются еще и тем, что традиционно ножи к волчкам изготавливают четырехзубыми с прямыми передними гранями, которые при вращении перемещают продукт в радиальном направлении и тем самым тормозят продвижение сырья вдоль рабочей камеры.

С учетом вышесказанного на кафедре “Машины и аппараты пищевых производств” Могилевского технологического института был проведен комплекс теоретических и экспериментальных исследований по совершенствованию конструкций вращающихся ножей и выходных ножевых решеток с целью снижения удельных энергозатрат и повышения их эксплуатационной надежности и износостойкости.

В результате проведенных исследований была разработана новая конструкция вращающихся ножей, основное отличие которой состоит в том, что передние грани перьев ножа выполнены наклонными, причем угол наклона передних граней второго ножа больше угла наклона передних граней первого ножа, а толщина ножей увеличена с 20 мм до 30 мм (для волчка типа Х6-ФВЗП-200). Такая конструкция ножей позволяет им выполнять одновременно и функцию винтов, проталкивающих продукт через отверстия ножевых решеток (ножи работают как витки шнека).

Существенной модернизации подверглась и конструкция выходной ножевой решетки.

Традиционно в выходных ножевых решетках применяется ромбическое расположение отверстий (отверстия располагаются в вершинах треугольников), в результате чего при вращении ножа на рабочей поверхности решетки образуются “мертвые зоны” и площадь проходного сечения уменьшается. Этого можно избежать, если располагать отверстия по концентрическим окружностям. Для достижения постоянного значения коэффициента перфорации по всей рабочей поверхности (поверхности трения) ножевой решетки была разработана ее математическая модель с использованием закономерностей золотой пропорции и свойств чисел ряда Фибоначчи (более подробно об этом можно прочитать в [2, 4, 11]).

С целью снижения сопротивления при прохождении фарша через отверстия предлагается уменьшить толщину перфорированной части выходной ножевой решетки. Расчеты показывают, что уменьшение толщины решетки с 14 мм до 8 мм снижает ее гидравлическое сопротивление почти вдвое за счет уменьшения линейных потерь [5, 6]. Одновременно необхо-

димо увеличить наружный диаметр ножевых решеток. Для достижения равного гидравлического сопротивления наружный диаметр приемной решетки должен быть в 1,272 раза больше диаметра подрезной, а наружный диаметр выходной решетки должен быть в 1,272 раза больше наружного диаметра приемной ножевой решетки. Кстати, данное положение частично реализовано в конструкции режущего механизма волчков типа РМ-300-2 чехословацкого производства: в комплект входят ножи и решетка диаметром 160 и 200 мм, а рабочая камера имеет ступенчатую конфигурацию.

В процессе резания мяса и взаимного трения наблюдается суммарный износ ножа и решетки, и здесь важно иметь эффект самозатачивания ножа и решетки. Для получения эффекта самозатачивания и качественного резания следует упрочнять внутреннюю поверхность отверстий перфорации ножевых решеток, особенно выходной. Как правило, это достигается при прошивке мелких отверстий на электроэрозионных станках либо за счет применения термодиффузионной упрочняющей обработки борированием или хромированием [1]. Частично этого можно достичь, если отверстия в выходной ножевой решетке выполнить наклонными к ее торцевой рабочей поверхности, режущими кромками в сторону, противоположную вращению ножа. В этом случае, по мере износа, величина округления режущей кромки в процессе резания остается минимальной и нож самозатачивается. Здесь также важно связывать между собой угол наклона отверстий в выходной ножевой решетке с углом наклона передних граней перьев второго вращающегося ножа.

Экспериментальные исследования подтвердили правильность выбранных теоретических предпосылок. Испытания проводились в лабораторных условиях на мясорубках типа МИМ-300 производства ПО "Белорусторгмаш" с использованием вместо мяса модельного рабочего тела, разработанного профессором В. Д. Косым [7].

Эксперименты показали, что использование более тонких решеток с увеличенным наружным диаметром и ножей с наклонными передними гранями увеличивает производительность машины в 2,7 раза при стабильности энергозатрат [8].

Проведенные исследования позволили разработать новую инженерную методику для определения геометрических и конструктивных параметров режущего механизма, при этом удачно решены вопросы унификации режущего инструмента для всего класса отечественных мясорубок и волчков. Новая методика основана на широком использовании закономерностей золотой пропорции, свойств ряда чисел Фибоначчи с применением системы международных рядов предпочтительных чисел.

В соответствии с новой методикой все основные геометрические размеры решеток и ножей взаимосвязаны между собой, при этом значения геометрических параметров определяются с точностью до третьего знака после запятой с использованием всего трех коэффициентов: 1,272; 1,618 и 2,618 или $\sqrt{\Phi}$, Φ и $(\Phi)^2$, где $\Phi = 1,616...$ – значение золотой пропорции. В результате такого подхода режущий механизм работает слаженно, гармонично, бесшумно.

Результаты проведенных исследований частично внедрены на ПО "Белорусторгмаш".

В заключение отметим, что свойства золотой пропорции и чисел Фибоначчи могут найти применение и в других областях техники, например в двигателестроении, в частности, при конструировании глушителей шума для сельскохозяйственных машин и тракторов [9, 10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Чижикова Т.В., Мартынов Г.А. Перспективы повышения эксплуатационной надежности режущих инструментов в мясной промышленности: Обзорная информация. – Москва: АгроНИИТЭИММП, 1987. – 52 с.
2. Груданов В.Я., Глушенко Л.Ф., Климович В.В. Совершенствование конструкций машин и аппаратов пищевых производств: Учебное пособие. – Минск: Выш. школа, 1996. – 248 с.
3. Чижикова Т.С. Машины для измельчения мяса и мясных продуктов. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 302 с.
4. Висютинский Н.А. Золотая пропорция. – Москва: Молодая гвардия, 1990. – 238 с.
5. Груданов В.Я., Ткачева Л.Т. Ножевые решетки: новая модель // Питание и общество. – 1993. – № 1. – С. 46.
6. Груданов В.Я., Белохвостов Г.И. Мясорубка с новым режущим инструментом // Питание и общество. – 1994. – № 3. – С. 32.
7. Косой В.Д. Совершенствование процесса производства вареных колбас. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 272 с.
8. Груданов В.Я., Ткачева Л.Т., Иванцов В.И. Мясорубка с унифицированным режущим механизмом // Питание и общество. – 1997. – № 1. – С. 38–39.
9. Груданов В.Я., Жестков С.В. Применение соотношения золотого сечения в глушителях шума дизелей // Двигателестроение. – 1990. – № 4. – С. 24–26.
10. Груданов В.Я., Акуленко С.В. Основы геометрического расчета унифицированных глушителей шума: Новая модель // Двигателестроение. – 1996. – № 1. – С. 17–21.
11. Груданов В.Я. Золотая пропорция в инженерных задачах пищевой промышленности: Доклады 3-й Международной конференции "Циклы природы и общества", г. Ставрополь, 16–22 октября 1995. – Ставрополь: Ставропольский ун-т. – С. 25–31.