



## 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 оказывают 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 определяют 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  $\lambda_1$  – показатель числа отказов ножа;

$\lambda_2$  – показатель числа отказов подрезной ножевой решетки;

$\lambda_3$  – показатель числа отказов приемной ножевой решетки;

$\lambda_4$  – 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 вышеизложенного 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 вышеизложенного 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 перьев второго ножа больше угла наклона передних граней первого ножа, а толщина ножей увеличена с 20 мм до 30 мм (для волчка типа К6-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 связать между собой угол наклона отверстий в выходной ножевой решетке с углом наклона передних граней перьев второго вращающегося ножа.

Экспериментальные исследования подтвердили правильность выбранных теоретических предположений. 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  $\sqrt{\Phi}$ ,  $\Phi$  и  $(\Phi)^2$ , где  $\Phi = 1,616\dots$  – значение золотой пропорции. В результате такого подхода режущий механизм работает слаженно, гармонично, бесшумно.

Результаты проведенных исследований частично внедрены на ПО "Беларусторгмаш".

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.

Л.В.Рукшан, кандидат технических наук  
Л.Н.Данилова, аспирантка  
А.А.Малиновский, инженер-технолог  
Могилевский технологический институт

УДК 633.16(476)

## Технологические свойства ячменя, выращиваемого в Республике Беларусь

*Исследовалось влияние почвенно-климатических характеристик на технологические свойства ячменя, произрастающего в Могилевской области, с 1992 по 1996 г. При оценке технологических свойств определялись стандартные физико-химические показатели качества зерна, муки и хлеба. Кроме этого сделана попытка применимости новых для ячменя показателей, а именно: стекловидность, твердозерность, число падения и автолитическая активность. Определен гранулометрический состав муки. Термины "твердозерная" и "мучнистая" применительно к пшеницам известны давно. Применимость их для зерна ячменя не изучена.*

*Нами установлено, что при измельчении мучнистый ячмень дает частицы муки меньшего размера, чем твердозерный, что отражается большим выходом муки на дражных системах.*

*Главным источником (причиной) variability качества зерна ячменя, определяемого комплексом показателей, служат условия выращивания. При этом обеспечивается существенное улучшение технологических свойств зерна и полученной из него муки. Наибольший эффект может быть достигнут при рациональном выборе площадей для посева. Степень влияния всех факторов на выход муки усиливается при сужении районов произрастания.*

*Данные исследования иллюстрируют, что переплетение технологий открывает большие перспективы перед пищевой, агротехнической и биологической промышленностями.*

**В**о всех странах мука и крупа являются одним из основных продуктов питания. За счет хлебобулочных и макаронных изделий, крупы и других продуктов питания обеспечивается значительная доля потребности человека в энергии, белке, биологически активных соединениях.

Потребление же ячменя в Республике Беларусь в пищу невелико – в основном в виде перловой крупы для приготовления супов или в качестве муки для детских продуктов питания, зерновых завтраков и некоторых видов хлебобулочных изделий. Анализ литературных данных и экономическая реальность показывают на целесообразность расширения областей использования зерновых культур, в частности, зерна ячменя.

Нами исследовались технологические свойства зерна ячменя урожая 1994–1996 гг., поступающего на МКХП из шести районов Могилевской области с целью более широкого определения его потенциальных

*The technological property of barley grown in several locations Mogilev region of Belarus was explored from the results of the research 1992–1996. Estimation of quality of barley was defined for standard physics-chemical indices of grain, flour and bread. The attempt application doing of new indices just vitreousness, falling number, hardness and amylose activity The granulation of flour was defined. The terms "hard" and "soft" applied to wheats are known for ages.*

*It was related that when ground or milled soft barley fractures into significantly smaller particles than hard barley which is reflected in the greater "break flour yield" upon milling.*

*The grain quality of barley variability greatly depends on the conditions of planting. As a result grain and flour technological properties are improved when selection crops rational gives the best results. The judgement of region growing is strengthen on influence of all factors in flour extraction, milling and breading properties.*

*This study illustrate that network technology holds great promise for the food, agricultural and biological industry.*

возможностей. Отбор образцов был произведен в период массовой заготовки зерна в двух повторностях. В дальнейшем приводятся средние арифметические данные.

Оценка качества зерна проводилась по физико-химическим, мукомольным. Для определения показателей качества зерна ячменя, муки и хлеба использовались стандартные методики и некоторые методики, предлагаемые для зерна других культур. Определялось также качество почв, на которых произрастало зерно ячменя.

Установлены пределы изменения показателей технологических свойств зерна ячменя урожая 1996 г. Проведен сравнительный анализ показателей качества зерна ячменя урожаев исследуемых лет с помощью построения вариационных кривых, определяющих характер изменения значений показателей. Данные представлены в таблице 1.