

это составляет от 27 до 252 млн.рублей.

Кроме того, за счет разработки и внедрения научно-обоснованных индивидуальных норм водопотребления снижается себестоимость продукции, т.к. водопотребление является одной из составляющих при ее установлении.

Снижение расходов воды на производство продукции влечет за собой уменьшение количества сточных вод, что в конечном итоге уменьшает нагрузку на экологическую среду;

### *Литература*

- 1 Водный кодекс Республики Беларусь //Ведомости Верховного Совета Республики Беларусь.– 1998. – №33, - 75 с.
2. Водные ресурсы: сборник информационных материалов // Минприроды Республики Беларусь. – 2007. – № 23.
- 3 «Инструкции по нормированию водопотребления и водоотведения для предприятий мясной промышленности». – Мн.,//РУП «Институт мясомолочной промышленности». 2007.- 103 с.
- 4 СНБ 4.01.01-03. Водоснабжение питьевое. Общие положения и требования //Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Мн. – 2004.
5. Вода России. Экономико-правовое управление водопользованием /под ред. А.М.Черняева. //Справочник – Екатеринбург: Изд-во «Аквапресс», 2000 – 408 с.
6. Колобаев А.Н. Рациональное использование и охрана водных ресурсов.//Учебное пособие. – Мн., БНТУ, 2005.- 172 с.
7. Вторичные сырьевые ресурсы пищевой и перерабатывающей промышленности АПК России и охрана окружающей среды. /Под ред. Е.И. Сизенко //Справочник– М., 1999. – 536 с.

УДК 637.523

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ПОДХОДОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСА**

*Ветров В.С., Измер А.Н. (РУП «Институт мясо-молочной промышленности»)*

*Проведено аналитическое исследование обоснованности применения оборудования для тонкого измельчения мясного фаршевого сырья путем рассмотрения процесса измельчения, конструктивного исполнения рабочих органов машин для тонкого измельчения мяса, выбора оптимальных сочетаний конструктивных элементов.*

### **Введение**

В последние годы в РБ наметились тенденции наращивания переработки животноводческой продукции. Существующая структурная схема производственно-экономического потенциала предприятий мясоперерабатывающей промышленности позволяет полностью не только обеспечивать население республики качественными мясными продуктами, но также и проводить экспортную политику по реализации мясных продуктов. Важнейшая роль на данном этапе отводится комплексу мер по техническому перевооружению и модернизации перерабатывающих организаций и совершенствованию структуры производства, которая базируется на внедрении современного высокотехнологического оборудования.

Процесс измельчения исходного сырья и полуфабрикатов с целью получения готовой продукции требуемого качества широко применяется в мясоперерабатывающей промышленности. Особый интерес вызывает оборудование для тонкого измельчения мяса (степень измельчения 2,0-0,25 мм), которое в структуре энергопотребления при производстве вареных колбас, сосисок, сарделек и других мясных фаршевых продуктов занимает около 20%.

**Обоснование процесса измельчения**

Практически все способы механического нагружения материалов с целью их разрушения (удар, сжатие, истирание, сдвиг, резание) нашли применение в тех или иных конструкциях измельчающих машин. Выбор способа механического воздействия на продукт зависит от его свойств и технологических требований к готовому продукту. Так, Рейс подразделяет все материалы на десять групп в зависимости от способа нагружения (см. табл.1)[1]. Анализируя данные, представленные в таблице, можно сделать вывод о целесообразности применения для тонкого измельчения мяса комбинированного способа нагружения «истирание-срез».

Проблемам разрушения материалов посвящены многие отечественные и зарубежные исследования, однако еще не разработана общая теория, позволяющая достаточно точно объяснить сложные процессы измельчения. Наиболее достоверные результаты дает гипотеза, разработанная академиком П.А. Ребиндером, которая при некотором уточнении позволяет правильно подойти к анализу энергозатрат на измельчение того или иного продукта. В обобщенном законе Ребиндера вся энергия, которая идет на измельчение, расходуется на деформацию тела до момента начала разрушения и на образование новых поверхностей при разрушении. Поэтому при анализе процесса разрушения выделяют две задачи, которые сводятся к определению зависимости коэффициентов интенсивности напряжений от времени и определению закона роста напряжений при стационарном режиме, если известна зависимость поверхностной энергии от скорости развития дефекта.

Таблица 1 - Способы механического воздействия в зависимости от свойств измельчаемых материалов (по Рейсу)

Свойства материала	Способ нагружения					
	сжатие	удар	истирание	отраженный удар	срез	резание
Твердый:						
скальвающийся	П	П	-	П	-	-
хрупкий	П	П	-	П	-	-
мягкий	П	П	-	-	-	-
Средней твердости	П	П	-	П	УП	П
Упругий, мягкий	-	-	П	-	П	П
Волокнистый	УП	-	П	П	П	П
Чувствительный к теплоте	-	УП	-	П	П	П
Вязко-пластичный	УП	-	П	УП	П	П
Мягкий:						
хрупкий	П	П	П	П	П	П
вязкий	П	П	УП	УП	П	П

*Примечание. Условные обозначения способа: П — пригодный, УП — условно пригодный, - — непригодный*

**Обоснование конструктивного исполнения машин для тонкого измельчения мяса**

Машины для тонкого измельчения мяса подразделяют на три группы в зависимости от способа и продолжительности воздействия на продукт. В машинах первой группы продукт измельчается за счет высоких колебаний в сочетании со сдвигом (куттера). Они предназначены для получения мелкодисперсных мясных паст из мяса, рыбы, преимущественно для детского и диетического питания. В машинах второй группы продукт разрезается кромками сита и продавливается через отверстия (эмульсаторы). Их применяют для приготовления пюре из мясных и рыбных продуктов. В машинах третьей группы продукт раздавливается быстро вращающейся системой «статор-ротор» (машины непрерывного действия для тонкого измельчения).

Общие конструкции машин третьей группы для тонкого измельчения включает корпус, систему «статор-ротор», загрузочный бункер и выгрузочный бункер, электродвигатель. Внутри корпуса установлен приводной вал, на котором установлен ротор,

имеющий форму усеченного конуса. Три части ротора, предназначенные для тонкого измельчения продуктов, отличаются одна от другой размером и числом цилиндрических канавок (их число колеблется от 8 до 120 в зависимости от технологических особенностей). Во всех трех частях ротора канавки предпочтительно располагать под углом к образующей конуса. Сверху над ротором в расточке корпуса имеется регулировочное кольцо с тремя ступенями, каждая из которых соответствует определенной степени измельчения продукта. На кольцо опирается статор, внутренняя поверхность которого имеет канавки, расположенные вдоль образующей конуса. Положение статора по высоте определяет радиальный зазор между ним и ротором. При повороте регулировочного кольца благодаря его ступенчатости статор занимает различные по высоте положения: при нижнем положении статора радиальный зазор 0,2 мм, при среднем и верхнем соответственно равен 0,4 и 0,6 мм. Сверху статор прижат загрузочным бункером. Разгрузочное отверстие машины снабжено специальным лотком, который крепится к корпусу. В верхней части станины расположена панель электроуправления.

#### **Обоснование конструктивных параметров машин для тонкого измельчения мяса**

Мясное фаршевое сырье представляет собой неоднородные по своей структуре тела. Наряду с нежным внутриклеточным содержанием у них имеются прочные соединительные ткани, что позволяет использовать принцип измельчения сырья под действием высокочастотных колебаний в сочетании со сдвигом (истиранием) позволяет получать частицы продукта менее 250 мкм.

Каждая порция (частицы) сырья, поступая в зазор между рабочими поверхностями ротора и статора, совершает сложное движение по конической винтовой линии, которое можно представить как совокупность движений вокруг вертикальной оси ротора и вдоль образующей среднего конуса: первое обусловлено трением частиц о поверхность ротора и статора и ударами о кромки канавок; второе — движение подач обусловлено наличием центробежной силы инерции, силы тяжести, силы трения о поверхности ротора и статора, проекцией нормальной реакции кромок канавок ротора на образующую конуса и кориолисовой силы инерции. Разрушение частиц продукта происходит в результате совокупного действия трех факторов: среднего давления в рабочей зоне, трения продукта о поверхность рабочих органов и многократного пульсирующего изменения напряженного состояния при прохождении канавок и выступов. Очевидно, что при малых угловых скоростях основным фактором измельчения в машинах тонкого измельчения является истирание. При угловых скоростях свыше 300 об/с давление на стенки статора зависит от частоты колебаний, которая зависит от числа канавок в зонах машины:

$$K = zn \quad (1)$$

где  $z$  — число канавок;  
 $n$  — частота вращения ротора,  $c^{-1}$

Данная формула позволяет определить оптимальные сочетания частоты вращения отдельных частей ротора, числа канавок и частоты колебаний. Чем выше частота вращения ротора, тем больше среднее приведенное давление:

$$P_y = \frac{\omega^2 r_p \dot{\rho} \phi (r_c^2 - r_p^2)}{2r_c} \quad (2)$$

где  $\omega$  — угловая скорость ротора, об/с;  
 $r_p$  — средний радиус ротора, м;  
 $r_c$  — средний радиус статора, м;  
 $\phi$  — коэффициент заполнения рабочей зоны машины продуктом;  $\phi=0,4 \dots 0,8$ .

С учетом сопротивления продвижению частиц продукта за счет многократной пульсации при прохождении ими канавок и выступов скорость продвижения будет в  $\xi$  раз меньше окружной скорости. Следовательно, площадь зазора между поверхностями ротора и

статора в соответствии с рекомендуемыми зазорами между ротором и статором при измельчении мясного сырья находится по следующей зависимости:

$$F = \pi(r_c^2 - r_p^2) \sin \alpha \quad (3)$$

Если математически определять скорость продвижения измельчаемого мясного фаршевого продукта в зоне резания, то выясняется, что она зависит от угловой скорости вращения ротора и его среднего радиуса, что выражается через исходную зависимость:

$$v = \frac{\omega r_p}{\xi} \quad (4)$$

где  $\xi$  — коэффициент сопротивления продвижению частиц продукта за счет многократной пульсации при прохождении канавок и выступов.

Коэффициент  $\xi$  зависит от ряда факторов, из которых наиболее важными являются динамическая вязкость, влажность продукта, частота колебаний, величина зазора, трудно поддающихся математическому описанию. Эмпирическое значение коэффициента при измельчении продуктов с добавлением жидкости равно 2,2, при измельчении мясных фаршевых продуктов  $\xi=9,8$ .

#### **Выбор оптимальных сочетаний конструктивных элементов**

В подходах и принципах конструирования энергосберегающих рабочих органов машины для тонкого измельчения применен фундаментальный принцип «золотой» пропорции («золотого» сечения) и закономерности системы предпочтительных чисел, основанной на свойствах математического ряда чисел Фибоначчи[2].

#### **Заключение**

При определении концептуальных подходов при разработке оборудования для тонкого измельчения мяса проанализирован процесс измельчения продуктов, обосновано конструктивное исполнение оборудования данного типа, проведен аналитический анализ конструктивных параметров и выбрано оптимальное сочетание конструктивных элементов.

#### **Литература**

1. Машиностроение. Энциклопедия/Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. — М: «Машиностроение». Машины и оборудование пищевой и перерабатывающей промышленности. Т. IV-17/С.А. Мачихин, В.Б. Акопян, С.Т. Антипов и др.; под ред. С.А. Мачихина, 2003. — 736 с., ил., с. 286-323.
2. Васютинский Н.А. Золотая пропорция. — М.: Мол. Гвардия, 1990. — 238 с.

УДК 637.523.4

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ**

**Груданов В.Я. (БГАТУ),**

**Ветров В.С., Измер А.Н., Маркевич Ю. И.**

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

**Филиппович М.О. (Ошмянский мясокомбинат)**

*В статье проведен аналитический анализ технологических и конструктивных особенностей современного состояния измельчающего оборудования мясоперерабатывающей промышленности. Особое внимание уделено вопросам тонкого и сверхтонкого коллоидного измельчения мяса, исследованиям отечественной машины непрерывного действия для тонкого измельчения, разработке технологической линии для осуществления данного процесса.*