

Данная формула позволяет определить затраты мощности, зная реологические характеристики измельчаемого продукта и геометрические параметры режущей пары, что дает возможность интенсифицировать процесс для создания оптимальных условий тонкого измельчения мясного сырья в эмульсаторах.

Список использованной литературы

1. Вышелесский, А.Н. Как определить силы трения при конструировании машины для резки продуктов/ А.Н. Вышелесский, Г.А. Каргина// Общественное питание. – 1973. – №11. – С. 54–55.
2. Клименко, М.Н. Развитие теории процесса резания мяса и совершенствование машин для измельчения сырья в производстве колбасных изделий: дис. ...д-ра техн. наук: 05.18.12 /М.Н. Клименко – М., 1990. – 460 с.
3. Груданов, В.Я. Совершенствование конструкций машин и аппаратов пищевых производств: учебн. пособие/В.Я. Груданов, Л.Ф. Глущенко, В.В. Климович. – Минск: Высш. школа, 1996. – 248с.
4. Резник, Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник. – М.: Машиностроение, 1975. – 311 с.

УДК 637.5.02

Христонко Н.В., магистр, Чепелюк Е.А., кандидат технических наук, доцент
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЛЧКА
ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ БЕСКОСТНОГО МЯСНОГО СЫРЬЯ**

В литературе достаточно много работ, посвященных проблемам эффективного и качественного измельчения мяса, а также повышению надежности и долговечности рабочих органов волчков, прежде всего режущего комплекта. На процесс измельчения влияют как геометрические характеристики, так и режимы работы оборудования, а также свойства измельчаемого сырья – его состав, содержание жира, температура [1].

Цель работы: обосновать рациональные режимы работы волчка К7-ФВП-160, установить влияние геометрических и режимных параметров на эффективность работы оборудования и предложить вариант усовершенствования его отдельных элементов.

Объектом исследований является процесс измельчения бескостного мяса на волчке К7-ФВП-160. Предмет исследования: конструктивные и эксплуатационные характеристики устройств для подачи сырья и режущего комплекта.

Измельчение мясного сырья является механическим процессом, который классифицируется как стохастический. Построить дифференциальное уравнение такого процесса сложно, поэтому целесообразно проводить натурные [2] и физические эксперименты, применять имитационное моделирование, учитывая при этом реальные структурно-механические свойства материала и их изменение в процессе измельчения. Для описания процесса возможно использовать и критериальные уравнения, построение которых осуществляется с использованием теории размерностей. Именно такая методика использована в представленной работе. При построении критериального уравнения, описывающего процесс измельчения сырья в волчке, принято, что необходимая для работы мощность двигателя привода N ($\text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^3$) зависит от размеров кусков мяса b (м), диаметра решеток d (м), частоты вращения шнеков n (с^{-1}), шага между витками h (м), а также плотности продукта ρ ($\text{кг}/\text{м}^3$).

С использованием второй теоремы подобия и следствий из нее, получены критерии подобия $\pi_1 = N/(d^5 \cdot \rho \cdot n^3) = Eu$ (критерий Эйлера), $\pi_2 = h/(d) = \Gamma_1$, $\pi_3 = b/d = \Gamma_2$ (симплексы геометрического подобия) и в общем виде критериальное уравнение для определения расхода энергии на измельчение мясного сырья:

$$Eu = C \cdot \Gamma_1^m \cdot \Gamma_2^k \quad (1)$$

Численные значения коэффициента C и показателей степеней m и k определены с учетом результатов вычислительных экспериментов. Для четырех таких исследований управляемыми параметрами были выбраны: шаг между витками нагнетающего шнека вблизи режущего комплекта ($h=0,025; 0,03; 0,035; 0,042$ м), частота вращения шнека ($n=4,3; 4,5; 4,7; 5$ об/с). Диаметры отверстий выходной решетки изменялись в пределах $0,003...0,0035$ мм. Размер кусков мяса, поступающего в волчок, и его плотность рассматривались как постоянные величины, равные соответственно $0,05$ м и 1070 кг/м³. Мощность, затрачиваемая на измельчение, рассчитана с учетом сил сопротивления и скорости продукта, полученных при имитационном моделировании в приложении SolidWorks Flow Simulation.

Результаты. По длине рабочей камеры волчка скорость измельчаемого сырья скачкообразно изменяется (рис.1). Минимальные ее значения наблюдаются в местах зацепления шнеков, максимальные – в узком зазоре между витками и корпусом волчка (до $0,64$ м/с). В режущем комплекте скорость стабилизируется на уровне $0,18$ м/с. На выходе из волчка скорость фарша уменьшается до $0,06$ м/с. Независимо от изменения геометрии шнека и решетки, а также частоты вращения шнека, кривые имеют подобный характер.

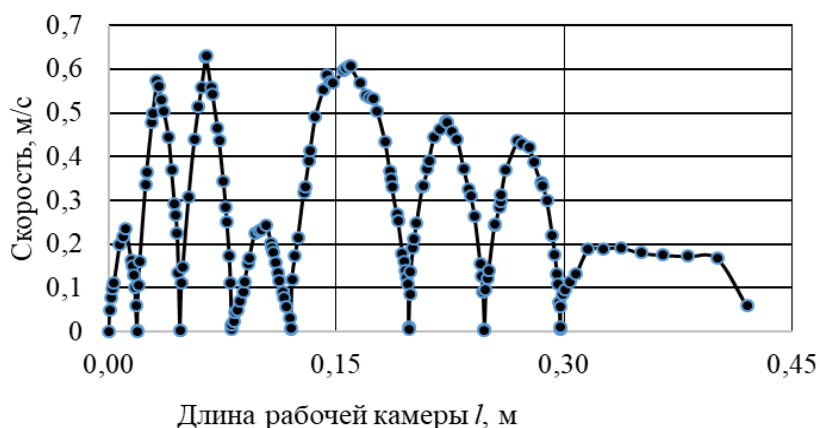


Рисунок 1. Изменение скорости по длине рабочей камеры волчка

После обработки результатов четырех серий опытов рассчитаны значения критериев подобия (табл. 1).

Таблица 1. Обработанные результаты вычислительных экспериментов

Γ_1	Γ_2	$Eu \cdot 10^{-8}$
14	16,66	382
8,57	14,28	169
6,25	12,5	108
14	20	298

Для определения значений коэффициента C и показателей степени m и k полученное теоретически критериальное уравнение (1) было прологарифмировано и преобразовано в линейное. После подстановки результатов, последующих преобразований и решения

системы трех уравнений получены значения коэффициентов: $m = -3,12$; $k=25,61$ и $C=18,46$.

Критериальное уравнение для определения затрат мощности на измельчение мясного сырья:

$$E_{и} = 18,46 \cdot \Gamma_1^{-3,12} \cdot \Gamma_2^{25,61}$$

При работе волчка важно обеспечить равномерное нагнетание продукта без локальных перегрузок. Этому требованию наиболее соответствует вариант, который характеризуется такими параметрами системы: шаг витков нагнетающего шнека 0,03 м, диаметр отверстий выходной решетки 0,0035 мм, частота вращения нагнетательного шнека 4,5 об/с.

При механической обработке мясного сырья происходит его уплотнение, которое сопровождается преобразованием механической энергии в тепловую. При этом скачкообразно изменяется температура (максимальное увеличение на 13,1 %) в начале режущего комплекта. Значение температуры заметно возрастает на последних витках нагнетающего шнека, которые имеют уменьшенный шаг по сравнению с предыдущими (рис. 2).

Наличие решеток и ножей в режущем узле приводят к образованию гидравлического сопротивления, которое препятствует свободному истечению сырья из рабочего цилиндра под действием давления, создаваемого нагнетательным шнеком. В результате образуются обратные потоки сырья, характеризующие потери производительности: через зазор между наружной поверхностью витков шнека и внутренней поверхностью рабочего цилиндра; вдоль винтового канала шнека между его витками.

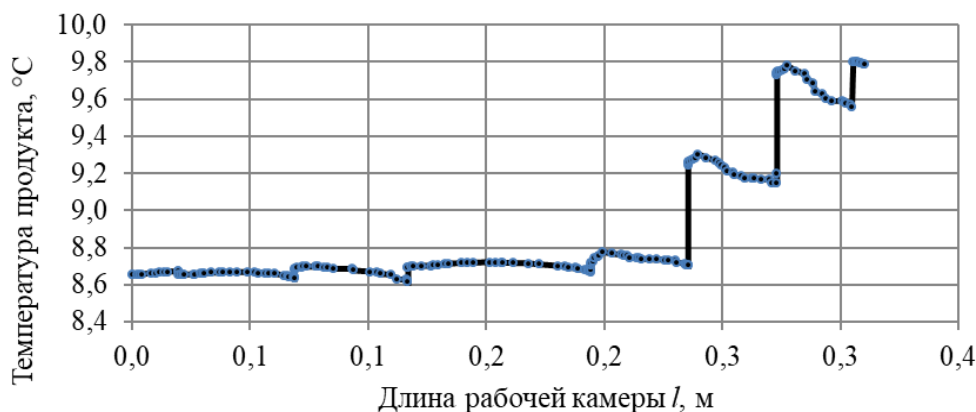


Рисунок 2. Изменение температуры по длине рабочей камеры волчка

Анализ напряженно-деформированного состояния структурных составляющих волчка, на которые действует избыточное давление 101,9 кПа, показал, что наибольшие напряжения (4,49 МПа) и деформации ($2,59 \cdot 10^{-5}$ м) возникают в режущем комплекте.

При расчетах не учитывалось, как именно влияет размер кусков мясного сырья, загружаемого в машину, на расход энергии. Но очевидно, что их уменьшение позитивно повлияет на работу режущего комплекта. Подача сырья достаточно большими кусками затрудняет его транспортировку шнеком и приводит к значительной деформации кусков, их сжатию, потере жидкости и, соответственно, к уменьшению сочности готовой продукции; достаточно большие куски мяса, продавливаясь сквозь решетки, создают значительную нагрузку на них. Создавать отдельные механизмы для дополнительного измельчения нецелесообразно, поэтому предложено возложить эту функцию на шнеки. Замена участка винта, размещенного под загрузочной воронкой, на конструкцию, состоящую из отдельных участков витков шнека с режущими кромками, дает возможность уменьшить потери мясного сока при измельчении и снизить нагрузку на элементы режущего комплекта.

Выводы. Рациональными конструктивными и режимными параметрами работы рассмотренного волчка являются: шаг витков нагнетающего шнека 0,03 м, диаметр отверстий выходной решетки 0,0035 мм, частота вращения нагнетательного шнека 4,5 об/с. При этом скорость фарша на выходе из волчка составляет 0,06 м/с, избыточное давление 101,9 кПа. Критериальное уравнение для определения затрат мощности на измельчение мясного сырья:

$$Eu = 18,46 \cdot \Gamma_1^{-3,12} \cdot \Gamma_2^{25,61}$$

Наличие режущих кромок на участках витков подающего и нагнетающего шнеков, размещенных под загрузочным бункером, обеспечивает предварительное измельчение мясного сырья. В результате уменьшаются нагрузки на режущий механизм и привод волчка, улучшается качество полученного продукта вследствие уменьшения потерь мясного сока при измельчении.

Список использованной литературы

1. Wild, J. L. Grinding Time and Pressure Developed in Beef and Pork: Effects of Temperature and Fat / J.L. Wild, J. G. Sebranek, D.G. Olson // Journal of food science. – 1991. – Volume56, Issue5. – Pages 1171–1175.
2. Некоз, О. І. Особливості гідродинаміки м'ясної сировини при її подачі шнеком вовчка / О.І. Некоз, Н.В. Філімонова, О.В. Батраченко // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький: ХНУ, 2017. – № 6. – С. 37–42.

УДК 538.945.9:664

**Челомбитько М.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Корко В.С., кандидат технических наук, доцент, Заяц А.О.**

Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск

ОБРАБОТКА ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ МЕТОДАМ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Нетермические методы обработки/консервации пищевых продуктов интересуют ученых, производителей и потребителей, поскольку они менее энергоемкие, оказывают минимальное воздействие на пищевые и сенсорные свойства продуктов и продлевают срок годности путем ингибирования или уничтожения микроорганизмов. Такие процессы также отвечают отраслевым потребностям, предлагая продукты с добавленной стоимостью, новые рыночные возможности и дополнительную безопасность. Производители, стремящиеся к микробиологической стерилизации продуктов через нетепловые средства, могут выбрать один из нескольких способов, включая высокое давление, ультрафиолетовое облучение, импульсный свет и ультразвуковую обработку в зависимости от требований стерилизации, типа продукта и других технологических условий.

Представленный материал является результатом анализа имеющихся международных исследований в области использования нетепловых методов обработки пищевых продуктов, в частности, метода высокого давления.

Впервые в истории технологию высокого давления (HPP – High pressure processing) использовали для воздействия на микроорганизмы в 1883 году. Однако эффект высокого гидростатического давления на продукты питания был впервые раскрыт в конце 19 века В.Н. Ните и сотрудниками сельскохозяйственной экспериментальной станции Университета Вирджинии (1899 г.), которые использовали давление до 600 МПа в качестве способа сохранения молока и позже в 1914 году для сохранения овощей и фруктов. В дальнейшем в