

мяса в колбасных изделиях характеризуется следующими параметрами: пищевая и биологическая ценность, органолептические особенности, физико - химические показатели и безопасность. Предусматривает мероприятия и цели по разработке и внедрению системы качества при производстве колбасных изделий. Пищевая ценность колбасных изделий может полностью использовать данный стандарт при разработке и внедрении системы безопасности.

Ключевые слова: сырье, мясные продукты, колбаса, потребителей, качество колбасных изделий, полуфабрикаты, пищевая ценность.

NUTRITIONAL VALUE OF SAUSAGES

R.Ashakayeva, B. Asenova, E. Iskakova, Zh. Kabusheva

Article complexes and value of food products, including sausage, organoleptic, chemical, along with indicators of food safety, the requirements for which are provided for the development of a control system kezindezhuzege. The quality of meat in sausages is characterized by the following parameters: nutritional and biological value, organoleptic characteristics, physical and chemical indicators and safety. Provides activities and goals for the development and implementation of the quality system in the production of sausages. The nutritional value of sausages can make full use of this standard in the development and implementation of safety systems.

Key words: raw materials, meat products, sausage, consumers, quality of sausages, semi-finished products, nutritional value.

МРНТИ 62.01.91, 62.01.77

З.К. Айтбаева, М.Б. Тлебаев

Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ В ТРЕХСТУПЕНЧАТОМ РЕЖИМЕ АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ БИОМАССЫ

Аннотация: Объектом исследования является поиск новых методов получения энергии. Одним из таких источников энергии является биогаз, полученный из навоза КРС в процессе анаэробного сбраживания в биореакторе после предварительной кавитационной деструкция субстрата.

В статье рассматривается обзор математического описания одиночного пульсирующего кавитационного пузырька, пригодный для численного компьютерного анализа из уравнений, которые наиболее полно учитывают физические аспекты. На основе математических выражений построен алгоритм для определения числа кавитации. Для расчета гидродинамического кавитационного устройства использовали программу MatLab. По расчетам математической модели гидродинамического кавитационного устройства, установлено, что относительная площадь полости имеет экстремальные значения, где давление смеси снижается, тем самым соответствует минимальным потерям смеси, относительно площади сопла и являются оптимальными. Получены число кавитаций и снижения относительного давления в смеси, представленные на графиках.

Ключевые слова: измельчение, деструкция, кавитационный пузырь, однородная масса, математическая модель, MatLab

С непрерывным развитием экономики и промышленности спрос на энергию растет. В связи с этим одной из актуальных проблем является поиск новых методов получения альтернативной энергии. Одним из таких источников энергии является биогаз, с концентрации до 70 % метана полученный из навоза КРС.

Наиболее важным этапом в производстве метана и биоудобрений методом трехступенчатого режима переработки навоза КРС является предварительная деструкция субстрата для сбраживания в биореакторе.

Обычно при приготовлении сырья его сначала измельчают затем перемешивают в контейнере с жидкостью, а затем полученную субстрат измельчают, подвергают кавитационной деструкции до состояния, пригодного для дальнейшей переработки.

После измельчения отправляется в подготовительный емкость. Далее в подготовительной емкости смешивается с водой. Перед подачей в биореактор субстрат проходит гераторное измельчение посредством моцератора, гераторног насоса и диспергатора.

Кавитационная деструкция субстрата широко используются в производство биогаза. Специальная конструкция деструктора позволяет использовать деструктивный эффект кавитации для обеспечения однородной массы субстрата. Улучшение качества субстрата позволяет повысить эффективность анаэробного сбраживания в биореакторе.

Литературный обзор, показал, что вычислительные эксперименты и теоретические концепции в этой области основаны на дифференциальных уравнениях составленные Дж.С. Стреттом (Рейли), Р.Т. Кнэппа, Дж.У. Дейли и Ф.Г. Хэммит. В работе [1] Шестакова С.Д. составлен вариант математической модели одиночного пульсирующего кавитационного пузырька, пригодный для численного компьютерного анализа уравнений, которые наиболее полно учитывают физические аспекты. Например, мгновенные значения радиуса пузырька R и давления P , с адиабатическим индексом γ , под действием синусоидально с амплитудой A и частотой f переменного давления в сжимаемой жидкости с плотностью ρ и поверхностным натяжением σ можно найти, интегрируя систему уравнений [1]:

$$\begin{cases} \ddot{R} = \frac{H}{R} \left(\frac{C+R}{C-R} \right) - \frac{R^2}{2R} \left(\frac{3C-R}{C-R} \right) + \frac{H}{C} \\ P = \left(\frac{R_0}{R} \right)^{3\gamma} \left(P_h - P_v + 2 \frac{\sigma}{R_0} + 4\mu \frac{\dot{R}}{R} \right) \end{cases} \quad (1)$$

с начальными условиями $R=R_0, \dot{R} = 0$,

$$\text{где } C = \left(\frac{n}{p} \right)^{\frac{1}{n}} (P + B)^{\frac{n-1}{2n}} (P_h - A \sin 2\pi f t + B)^{\frac{1}{2n}}$$

$H = \frac{n}{p(n-1)} \cdot (P_h - A \sin 2\pi f t + B)^{\frac{1}{n}} \left[(P + B)^{\frac{n-1}{n}} - (P_h - A \sin 2\pi f t + B)^{\frac{n-1}{n}} \right]$ – скорость звука в жидкости у стенки пузырька и энтальпия на этой стенке;

$$H = -3\gamma P \frac{\dot{R}}{R} \left[n(P + B) \right]^{\frac{1}{n}} \text{— производная от энтальпии по времени;}$$

P_h, P_v и B, n – гидростатическое давление в жидкости, парциальное давление ее паров и параметры уравнения ее состояния; t – безразмерное время в долях периода гармонической волны T .

Первое математическое описание процесса сжатия кавитационного пузырька получил Рейлей. Он изучал динамику вакуумного пузырька, и его модель учитывала только силы инерции, и игнорировала вязкость, поверхностное натяжение жидкости и давление парогазовой смеси в пузырьке:

$$R\ddot{R} + \frac{3}{2}\dot{R}^2 = -\frac{P_0}{p} \quad (2)$$

$$\text{при } R(t) = R_0; \dot{R}(t) = \dot{R}_0,$$

где $R(t)$ – текущий радиус пузырька, а точки обозначают производные по времени t ; P_0 – статическое давление в жидкости; p – плотность жидкости.

Интегрируя уравнение, получим закон увеличения скорости при схлопывания пузырька:

$$\dot{R}^2(t) = \frac{2P_0}{3p} \left(\frac{R_0^3}{R^3} - 1 \right) \quad (3)$$

Интегрируя уравнение (4), получим время схлопывания пузырька τ :

$$\tau = 0.915 R_0 \sqrt{\frac{p}{P_0}} \quad (4)$$

Более универсальное уравнение для динамики кавитационного пузырька, с изменением давления в жидкости, вязкости и паверхностного натяжения отражено уравнением Рэлея-Плессета [2]:

$$R\ddot{R} + \frac{3}{2}R^2 = \frac{1}{p} \left(P_g - P_0 - p(t) - \frac{2\sigma}{R} - \frac{4\mu\dot{R}}{R} \right) = 0 \quad (5)$$

где P_g – давление газа в пузырьке; $P(t)$ – давление во времени; μ – вязкости жидкости; σ – поверхностное натяжения жидкости.

Кавитационный пузырь проходит две основные стадии – рост и схлопывание. Во многих случаях эти процессы происходят с различными скоростями, и это различие является фундаментальным и приводит ко многим особенностям кавитации [3]. Рост кавитационного пузыря всегда намного медленнее его схлопывание – чем выше давление жидкости, тем больше разница.

Основой для получения уравнения для обнаружения горизонтальных измерений является идея уменьшения потерь устройства с учетом действия двухфазного потока в камере. Ниже приводим основные уравнения описывающие рабочий процесс в смесителе:

1) уравнение баланса расходов:

$$\rho_{ci} V_{ci} A_i = const; \quad (6)$$

2) уравнение потока с капельным состоянием смеси между нормальными сечениями Н - Н и 2-2:

$$P_n + \frac{\alpha_n \rho_c V_{cn}^2}{2} = P_2 + \frac{\alpha_2 \rho_c V_{c2}^2}{2} + \zeta_{кон} \frac{\rho_c V_{c1}^2}{2} + \zeta_{кав} \frac{\rho_c V_{c2}^2}{2}; \quad (7)$$

3) уравнение баланса для сечени 3-3 и К - К:

$$P_3 + \frac{\alpha_3 \rho_c V_{c3}^2}{2} = P_k + \frac{\alpha_k \rho_c V_{ck}^2}{2} + \zeta_{диф} \frac{\rho_c V_{c3}^2}{2}; \quad (8)$$

4) уравнение количества движения для контрольного отсека, ограниченного участками 2-2 и 3-3, и внутренней поверхности рабочей камеры:

$$\alpha'_3 \rho_{c3} Q_{c3} V_{c3} - \alpha'_2 \rho_{c2} Q_{c2} V_{c2} = P_2 A_2 - P_3 A_3 - F_{тр}. \quad (9)$$

Где $F_{тр}$ - сила трения в сечении сечениям 2-2 и 3-3.

$$F_{тр} = \tau \Pi l_{23}. \quad (10)$$

Анализ математических моделей показывает, что давление в смесителе зависит от геометрического параметра и коэффициентов фактора потока смесителя. Расчеты показывают, что площадь полости имеет экстремальные значения, где давление смесителя снижается. Поскольку минимум функции соответствует минимальным потерям смесителя, предельные значения площади сопла являются оптимальными.

В работе [4] (Ярмаркина Д.А.) показано, что при использовании сопла в качестве кавитационного устройства уравнения (6)-(10) должны дополняться уравнениями, описывающими рабочий процесс в диспергаторе. Эти уравнения приведены ниже

а) аналитическое определение числа кавитации [1]:

$$\sigma = (P_2 - P_{min}) / (\rho_c V_{c2}^2 / 2). \quad (11)$$

Где P_{min} – струйном пограничном слое у среза сопла; $P_{min} = P_{н.п.}$, где $P_{н.п.}$ – давление насыщенного пара жидкой присадки.

б) уравнения связи числа кавитации σ соотношением площадей нормальных сечений струи жидкости за соплом A_0 и рабочей камерой A_3 [5]. Если $\Omega = A_0/A_3 = A_2/A_3$ относительная площадь сопла, тогда

$$\begin{aligned} \text{при } 0 < \Omega \leq 0,5 & \quad \sigma = 0,07 + 1,36 \cdot \Omega(1 - \Omega); \\ \text{при } 0,5 < \Omega < 1,0 & \quad \sigma = 0,41. \end{aligned} \quad (12)$$

Комбинация уравнений (7) - (17) с учетом равенства площадей сечений нормального потока $A_n = A_k$ и $A_1 = A_3$ дает следующую формулу:

$$\frac{P_n - P_k}{P_n - P_{н.п.}} = \frac{\zeta_{кон} + (\zeta_{кон} + \zeta_{диф} + \zeta_{\varepsilon}) \Omega^2 + (1 - \Omega)^2}{1 + \sigma + \zeta_{кон} + \zeta_{кон} \cdot \Omega^2} \quad (13)$$

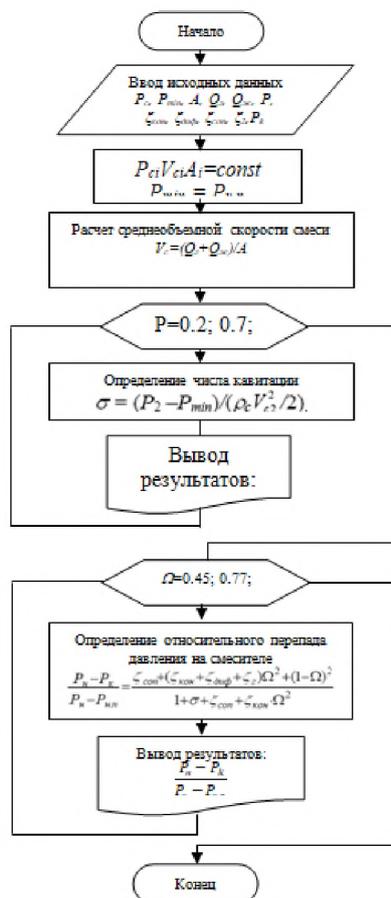
Эти формулы являются основным при расчете работы диспергатора с многоструйным соплом.

Процесс применения принципа непрерывной работы гидродинамического кавитационного аппарата связан со смешанным потоком парогазовой и жидкой фаз. В этом случае скорость звука такого потока значительно ниже скорости звука компонентов в потоке

На основе имеющихся у нас математических выражений построен алгоритм для определения числа кавитации (блок-схема 1).

Для расчета гидродинамического кавитационного устройства были получены следующие параметры: $Q_{ж}$ – объемный расход жидкости; Q_2 – объемный расход газа; A – площадь сечения потока; ρ_c – плотность потока смеси жидкости; P_{min} – давление сопла, $P_{min} = P_{н.п.}$, где $P_{н.п.}$ – давление насыщенного пара; $\zeta_{Г}$ – коэффициент сопротивления рабочей камеры (горловины); $\zeta_{кон}$ – коэффициент сопротивления конфузора; $\zeta_{диф}$ – коэффициент сопротивления диффузора; $\zeta_{соп}$ – коэффициент сопротивления сопла; относительная площадь сопла. Для расчета алгоритма гидродинамического кавитационного устройства в

основу взяты следующие начальные исходные данные: $Q_{ж}=1 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_2 = 1 \text{ м}^3/\text{с}$; $A=0,6$; $P_c = 0,7$; $P_{\text{min}} = 0,2 \text{ МПа}$; $\epsilon = 0,008$; $\kappa_{\text{кон}} = 0,15$; $\alpha_{\text{уф}} = 0,25$; $\kappa_{\text{соп}} = 0,10$; $Q = 1 \text{ л/с}$; $P = \text{абсолютное давление до } 0,7 \text{ МПа}$; $T = 10 \dots 12^{\circ}$ диапазон температур жидкости.



Блок-схема 1 – Алгоритм работы роторно-пульсоционного устройства обработки сырь

Таблица 1 – Результаты расчета числа кавитации

Давление на устройстве, P	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Число кавитации, σ	0	0,32	0,64	0,96	1,29	1,61

Таблица 2 – Результаты расчета относительного падения давления на смесителе

Относительная площадь сопла, Ω	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,77
Относительный перепад давления на смесителе, $(P_n - P_{н.п.}) / (P_n - P_{н.п.})$	0,16	0,151	0,142	0,135	0,129	0,127

Согласно расчетам по математической модели гидродинамического кавитационного устройства с использованием программы MatLab получены графики определения числа кавитации (рис. 1) и снижения относительного давления в смесителе (рис. 2).

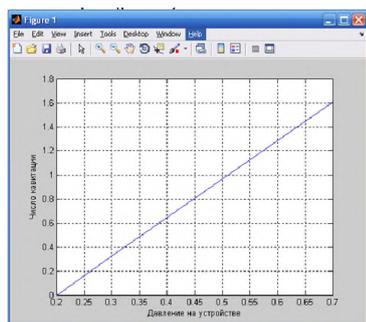


Рисунок 1 - Число кавитации

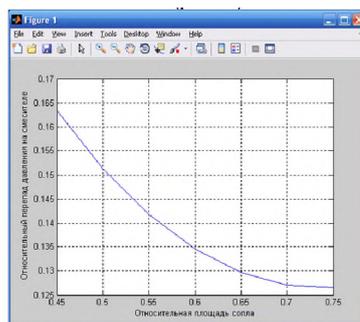


Рисунок 2 - Относительный перепад давления на смесителе.

Согласно анализу формулы (13), минимальный диапазон относительной относительной площади смесителя соответствует относительному снижению относительного давления $(P_n - P_k)/(P_n - P_{n,p})$, а минимальная потеря в диспергатора составляют $0,45 \leq \Omega \leq 0,77$

Литература

1. Шестаков С.Д. Многопузырьковая акустическая кавитация: математическая модель и физическое подобие. Электронный журнал «Техническая акустика». 2010.
2. Иванов В.А., Гаспарян Г.Р. Математическое моделирование кавитации в процессе окорки лесоматериалов в водной среде. // Системы. Методы. Технологии. Иванов В.А. и др. Математ. моделирование. – Россия, – Братск, – 2013. – С.171-178.
3. Куцев Л.А., Суслов Д.Ю., Алифонова А.И., Никулин Н.Ю. Математическое моделирование процесса получения биогаза при переработке органических отходов. // Энерго и ресурсосбережение. Переработка отходов. – Белгород, – 2011.
4. Ярмаркина Д.А. Разработка технологии посола деликатесных изделий с использованием гидродинамической кавитации. – Челябинск, – 2016. С.70-89.

БИОМАССАНЫ АНАЭРОБТЫ АШЫТУДЫҢ ҮШ САТЫЛЫ РЕЖИМІНДЕ ШИКІЗАТТЫ АЛДЫН-АЛА ДАЙЫНДАУ ПРОЦЕСІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

З.К. Айтбаева, М.Б. Тлебаев

Зерттеу нысаны энергия алудың жаңа әдістерін іздеу болып табылады. Осындай энергия көздерінің бірі субстраттың алдын ала кавитациялық бұзылуынан кейін биореакторда анаэробты ашыту кезінде ірі қара малдың қиынан алынатын биогаз болып табылады.

Мақалада физикалық аспектілерді толық ескеретін теңдеулерді сандық компьютерлік талдау үшін жарамды жалғыз пульсирующего кавитациялық көпіршіктің математикалық сипаттамасына шолу ұсынылған. Математикалық өрнектер негізінде кавитациялық санды анықтау алгоритмі құрылған. Гидродинамикалық кавитациялық құрылғыны есептеу үшін MatLab бағдарламасы қолданылды. Гидродинамикалық кавитациялық құрылғының математикалық моделін есептеу нәтижелері бойынша қуыстың салыстырмалы ауданы қысылтаян мағынаға ие, бұл кезде араластырғыштың қысымы азаяды, бұл ретте араластырғыштың ең аз шығындарына сәйкес келеді, шүмектің ауданына қатысты және оңтайлы болып табылады. Графиктерде ұсынылған кавитациясаны және араластырғыштағы салыстырмалы қысымның төмендеуі туралы деректер алынды.

Түйін сөздер: ұсақтау, деструкция, кавитациялық көпіршік, біртекті масса, математикалық модель MatLab.

MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF PRELIMINARY PREPARATION OF RAW MATERIALS IN THE THREE-STAGE MODE OF ANAEROBIC DIGESTION OF BIOMASS

Z. Aitbaeva, M. Tlebaev

The object of the study is the search for new methods of energy production. One such energy source is biogas obtained from cattle manure during anaerobic digestion in a bioreactor after preliminary cavitation destruction of the substrate.

The article presents a review of the mathematical description of a single pulsating cavitation bubble, suitable for numerical computer analysis of the equations that most fully take into account the physical aspects. On the basis of mathematical expressions, the algorithm for determination of cavitation number is constructed. MatLab program was used to calculate the hydrodynamic cavitation device. According to the calculations of the mathematical model of the hydrodynamic cavitation device, it is found that the relative area of the cavity has extreme values, where the pressure of the mixer decreases, thus corresponds to the minimum losses of the mixer, relative to the nozzle area and are optimal. The number of cavitations and decrease of relative pressure in the mixer, presented on the graphs, are obtained.

Key words: fragmentation, destruction, cavitation bubble, homogeneous mass, mathematical model MatLab.