

УДК 620.1.051

РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Нугманов А.Х.-Х., Никулина М.А.

ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань, e-mail: albert909@yandex.ru

Проведен анализ методов оценки эффективности степени измельчения с учетом энергозатрат на данный процесс. Выявлено, что на современном этапе опубликовано недостаточное количество работ, характеризующих измельчение в ротовой области человека и эффективность процесса при отсутствии части зубного ряда. Так же выявлено, что при использовании в стоматологической практике ортопедических изделий не проводятся испытания на износ, истирание и разрыв в условиях, приближенных к реальным. В данной работе представлено разработанное тестирующее устройство, имитирующее зубочелюстную систему человека, а так же комплекс вспомогательных аппаратов. Разработаны методы оценки эффективности процесса измельчения с учетом выявленных специфических факторов. Данные исследования могут быть использованы в инженерных расчетах при создании зубных протезов и оценки степени измельчения, а так же для прогнозирования поведения протеза в процессе эксплуатации с учетом индивидуальных данных человека.

Ключевые слова: степень измельчения, измельчающий тестирующий аппарат, ортопедические протезы

HARDWARE DEVELOPMENT SYSTEMS FOR DETERMINING THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES PROCESS FOOD GRINDERS

Nugmanov A.H.-H., Nikulina M.A.

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, e-mail: albert909@yandex.ru

The analysis methods for assessing the degree of crushing efficiency, taking into account the energy consumption for the process. Revealed that at present insufficient published work characterizing the grinding in the field of human oral and efficiency of the process in the absence of the dentition. Just found that when used in dental practice orthopedic products are not being tested for wear and tear and rupture under conditions close to reality. This paper presents a developed testing device that mimics human dentoalveolar system, as well as a complex of auxiliary devices. The methods for evaluating the effectiveness of the milling process based on identified specific factors. These studies can be used in engineering calculations, when creating a dental prosthesis, and evaluate the degree of grinding, and also to predict the behavior of the prosthesis during the operation based on the individual human data.

Keywords: crushing, grinding machine tester, orthopedic prostheses

Важнейшей технологической операцией на пищевых предприятиях, в значительной мере определяющей качество конечного продукта и оказывающей влияние на энергозатраты при его производстве, является измельчение, как исходных материалов, так и полуфабрикатов. Следует отметить, что все выпускаемые пищевые продукты предназначены для потребления человеком, следовательно, человек является последней ступенью измельчения в жизненном цикле продукта. Исследования процесса измельчения пищевых продуктов и сырья направлены на их дальнейшее рациональное промышленное применение, в частности, изготовление различных видов пищевой продукции, либо их утилизацию. Однако в литературе не уделено достаточно внимания процессу измельчения, как этапу, предшествующего перевариванию пищи в организме человека. Поэтому требуется дальнейшее развитие методов оценки эффективности процесса измельчения с учетом энергозатрат [2,3].

Анализ литературных данных [1,4,5,7] показал, что в современных технологиях и методах механические свойства твердых материалов в силу их неоднозначности невозможно использовать для получения строгих расчетных уравнений, определяющих энергетические затраты на дробление и измельчение. Поэтому существующая практика базируется на соотношениях, являющихся обобщением большого эмпирического опыта, использующегося в виде законов дробления.

В связи с этим работы по оценке эффективности процесса измельчения пищевых продуктов и сырья, совершенствования технологии и конструирования измельчающих устройств являются весьма актуальными.

Большинство известных жевательных проб в качестве тестового материала используют естественные пищевые продукты [1,2,6]. Однако, несмотря на кажущиеся удобства в использовании, они обладают рядом существенных недостатков: невозможно гарантировать одинаковые свойства

продуктов от эксперимента к эксперименту, их консистенция меняется в зависимости от времени года и географического положения, не поддается учету количество абсорбируемой в размельченных частицах влаги.

С развитием современной техники появилась возможность получать качественные изображения поверхности материалов в цифровой форме [7]. Полученные оптические изображения необходимо достаточно быстро и адекватно обрабатывать. Этот процесс очень трудоемкий и может занимать достаточно продолжительное время. В этой связи применение автоматизированных методов весьма актуально.

Разработка инновационного метода корреляции цифровых изображений, позволяющей автоматически обрабатывать оптические изображения поверхности материала, последовательно зафиксированных в процессе измельчения позволит измерять (вычислять) его необратимую деформацию, упрости и ускорит этот процесс.

Материалы и методы исследования

Ранее известные методики изучения характера измельчения пищевых продуктов в полости рта с использованием законов измельчения сложны в исполнении и не дают интегрального показателя, характеризующего жевательный эффект [5,7]. Некорректные постановки задач и неправильные оценки полученных результатов могут приводить к неграмотным выводам по выбору возможного варианта лечения, что может отразиться осложнением заболевания, ухудшением общего состояния организма пациента.

Разработка и использование оригинального тестирующего устройства позволит оперативно и эффективно провести анализ эффективности жевательного процесса, учитывающий индивидуальные особенности пациента, связанные с происходящими биохимическими процессами.

В итоге будет реализован принципиально новый подход, который в отличие от известных, включает не только автоматизированные прочностные расчеты моделей, но и систематизированную последовательность действий по принятию решений о возможном варианте стоматологического лечения.

Основой для создания модели, с помощью которой будет проводиться расчет состояния системы, должны быть достоверные сведения о геометрических параметрах восстанавливаемой области, механических свойствах тканей и материалов, участвующих в построении модели, развиваемые в полости рта усилия, т.е. физических характеристиках сегмента челюсти. Кроме

общепринятых геометрических и функциональных характеристик челюсти, на практике существует масса отклонений полости рта, которые также являются состояниями нормы (различное количество корней, индивидуальные особенности прикуса и др.). Следовательно, для создания полноценной взаимосвязанной системы необходимо учитывать как общие, так и индивидуальные особенности полости рта конкретного пациента посредством применения определенных методик моделирования процесса жевания, что возможно осуществить в тестирующем устройстве.

Можно выделить блок-схему (рис. 1), на которой показаны этапы процесса моделирования технологического процесса с последующим проведением компьютерного эксперимента в их взаимосвязи.



Рис. 1. Этапы процесса моделирования моделей технологического процесса

Использование данной методики позволит учесть все многообразие факторов, влияющих на процесс измельчения в ротовой области индивидуума

Экспериментальный комплекс. Из уровня техники известно изобретение «Модель, имитирующая процесс жевания и метод анализа для оценки сенсорного восприятия пищи, в частности запаха» [31]. Устройство имитирует процесс жевания твердых и полутвердых продуктов в полости рта человека, для изучения физико-химических и биохимических процессов

взаимодействия пищи с рецепторами обоняния, происходящих в процессе измельчения пищи. В результате аппарат позволяет получить изображение, соответствующее запаху измельченной еды. Для этого пища помещается в герметичную камеру между двумя пластинами, которые перемещаются относительно друг друга и измельчают пищу, имитируя процесс жевания. Мембрана, связанная с движением одной из пластин и непрерывным газовым потоком, имитирует движения щек человека. Образующие при этом запахи измельчаемой пищи отводятся от центра и стенок устройства в ловушку и/или к хроматографу, для анализа состава получившего газа.

Однако данная конструкция не учитывает изменение запаха в зависимости от степени измельчения продукта. Пища, измельченная посредством двух пластин, скорее всего, не будет соответствовать консистенции аналогичной пищи, измельченной в нормальных условиях зубочелюстной системы человека, меняя достоверность эксперимента.

Существует аппарат, имитирующий тепловые и механические нагрузки на зубочелюстную систему, состоящий из испытательной камеры, в которую помещаются образцы зубов или зубных материалов. При помощи воздуха образцы перемещаются из верхней части в нижнюю, притом угол перемещения образца может быть изменен. Температура в испытательной камере

может быть изменена в диапазоне от 5 до 55 °С при помощи воды. Прикладываемые нагрузки и температура аналогичны естественным условиям внутриротовой области человека, что позволит использовать аппарат для тестирования различных стоматологических материалов, например зубных пломб или зубной техники.

Для моделирования процессов, происходящих в ротовой области человека, была спроектирована конструкция (рис. 2) с возможностью легкой очистки от остатков пищи и замены зубного ряда, простого способа имитации жевательных движений, измельчения как полужидких, так твердых продуктов, а так же возможностью изменять условия измельчения, такие как температуру, давление, движение воздуха, pH среды, движения языка и щек. Для контроля за этими показателями необходим ряд датчиков, объединенных в систему по контролю за процессом, а так же использование газового хроматографа и рефрактометра для оценки изменения показателей пищевого комка. Такая конструкция позволит объединить в одном устройстве возможность анализа пищевых продуктов, их запахов после измельчения для исследования изменения комплекса характеристик процесса измельчения, а так же создать устройство, для тестирования стоматологических материалов: пломб, протезов, а так же апробации новых материалов и конструкции без угрозы здоровью человека.

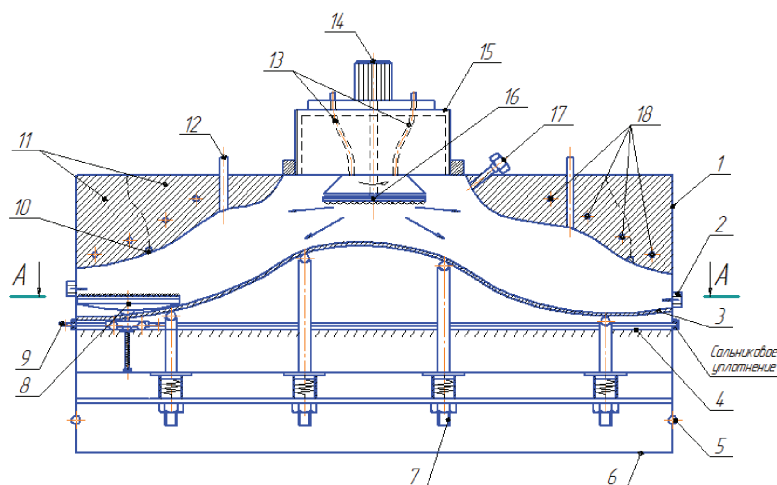


Рис. 2 Разработанное тестирующее устройство для имитации жевательного процесса:
 1 – Корпус; 2 – подача воздуха, 3 – имитатор языка, 4 – направляющая, 5 – фиксатор, 6 – нижний поддон, 7 – стержень с резьбой и амортизатором, 8 – имитатор нижних зубов, 9 – шток привода управления, 10 – датчик температуры, 11 – имитатор неба, 12 – воздушные трубки для подачи воздуха, 13 – трубки подачи жидкости, 14 – электропривод, 15 – съемная крышка, 16 – имитатор верхних зубов, 17 – отверстие для датчика pH-метра, 18 – спирали ТЭНов

Имитация жевательного процесса осуществляется за счет взаимодействия крутящего момента и возвратно-поступательных движений элементов механизмов. Для обеспечения постоянного нахождения измельчаемого продукта в рабочей камере и установки заданной скорости движения жевательной пробы или пищевого продукта используется сжатый воздух (поз. 12). Увлажнение пищи и поддержание уровня pH (функция слюны) обеспечивается распылением жидкости посредством форсунки, установленной в верхней зубоимитационной части внутренней зоны устройства (поз.13), подача которой осуществляется самотеком на распылительный элемент конструкции. Имитация температуры ротовой полости осуществляется за счет нагрева двух ТЭНов, установленных симметрично в верхней части имитационного тестирующего устройства (поз.18). На поз.10 представлен датчик температуры, подающий непрерывный сигнал о температуре в рабочей камере аппарата.

В устройство жевательные пробы или пищевые продукты загружаются на имитатор неба путем открытия блокировочного механизма и поднятия крышки корпуса (поз.15). На крышке корпуса установлена форсунка для распыла слюнной жидкости, представляющая собой вращающийся диск с лопатками, через которую осуществляется самораспыл. Блок сменных ортопедических изделий крепится на поверхность зубоимитационного диска. Посредством штока диск (поз.9), с блоком изделий для измельчения пробы или продукта подводится на направляющие (поз.4), расположенные на имитаторе неба (поз.11). В верхней части устройства расположен зубоимитационный диск (поз.16) совершающий возвратно-поступательные движения с установленным на его поверхности вторым комплектом ортопедических средств. При этом комплект ортопедических средств, представляет собой заданный специалистом набор имплантатов зубов, вкладок, протезов, шин. Необходимое усилие на измельчение пищи контролируется с помощью фиксаторов (поз.5), регулирующих давление оказываемое стержнями с резьбой и амортизаторами (поз.7) на имитатор неба (поз.11) с расположенным на нем имитатором зубов. При включении электродвигателя происходит подача атмосферного воздуха из элементов перфорированной верхней крышки корпуса в направлении центра устройства, происходит распыл слюнной жидкости и движение

дисков, измельчающих попадающую на их поверхность пищу. Перемещение пищи по камере достигается направленным движением воздуха. Регистрирование показателей процесса тестирования ортопедических средств достигается посредством наличия термопар в центральной части имитатора ротовой полости. Происходит периодическое измерение pH посредством погружения шупа pH-метра через перфорированные элементы крышки аппарата (поз.17). Движение языка и щек воспроизводятся имитатором зубов и направленным потоком воздуха соответственно. Стержень с резьбой и амортизатором предназначен для работы для имитации работы языка. Через шток привода управления подаются возвратно-поступательные движения на нижний имитатор зубов. После совершения необходимого количества рабочих движений (определяется исходя из назначения ортопедических средств), продукт извлекается для анализа способом, аналогичным загрузке.

Анализ степени измельчения осуществляется с помощью микроскопа с функцией подключения к компьютерному устройству. Качество измельчаемой пищевой пробы обеспечивается применением ситового анализа и/или оптическим методом анализа изображений.

Список литературы

1. Колесников Л.Л. Анатомия и биомеханика зубочелюстной системы // Под ред. Л.Л. Колесникова, С.Д. Арутюнова, И.Ю. Лебедеко – М.: Практическая медицина, 2007. – С.224-225.
2. Арутюнов С.Д., Чумаченко Е.Н. Анализ прочностных характеристик конструкционного материала Акродент, используемого в технологии провизорных протезов // Понорама ортопедической стоматологии. – №4. – 2005. – С. 34-37.
3. Арутюнов С.Д., Чумаченко Е.Н., Гветадзе Р.Ш., Зубов СВ., Мохов А.В. Экспериментальное обоснование параметров и прочностные характеристики новой конструкции эндодонто-эндооссального имплантата // Стоматология. – №5 – Том 84, 2005. – С.58 – 62.
4. Бондаренко Н.Н. Механизм объективной оценки в системе управления качеством оказания стоматологических услуг: Автореф. дисс... д-ра мед. наук: 14.00.21, 14.00.33 – центр научного исследования ин-т стоматологии МЗ РФ, Москва 2007 –С.32 .
5. Боровиков С.Н., Крюков И.А., Иванов И.Э. Построение нерегулярных треугольных сеток на криволинейных гранях на основе триангуляции Делоне // Математическое моделирование, 2005, том 17, №3, С.31-45.
6. Лебедеко И.Ю. Руководство по ортопедической стоматологии. Протезирование при полном отсутствии зубов/ Под ред. И.Ю. Лебедеко, Э.С. Каливраджияна, Т.И. Ибрагимова. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2005. – С.400-401.
7. Чуйко А.Н. Об особенностях биомеханики нижней челюсти в процессе жевания. Пародонтология, №1, 2006, С.40-47.