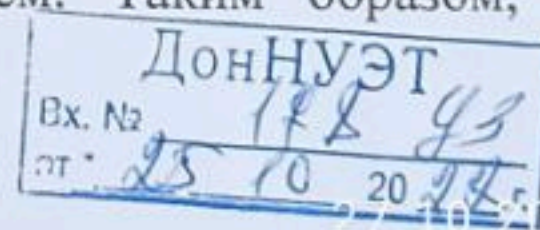


ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Афенченко Дмитрия Сергеевича
на тему «Исследование тепло-гидродинамических процессов при обработке
пищевых продуктов высоким давлением»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств

Актуальность для науки и практики.

Существующие на данный момент сведения о моделировании и числовой имитации термогидродинамических процессов не учитывают неоднородности распределения температур в результате процесса воздействия ВД. Индуцированные созданием давления поля течения и поля температур оказывают значительное влияние на распределение температуры в начале экспозиции. Однако, исследования в этой области сопряжены со значительными трудностями, которые вызваны недостатком технологий для измерения и визуализации температуры, давления и скорости потоков в камере ВД во время применения ВГД. Наличие тепловой неоднородности в продукте и следующая в результате этого неоднородность процесса делают необходимым прогнозирование тепловой неоднородности, в том числе и для принятия мер противодействия. Особенно для этого подходят математическое и цифровое моделирование, что, таким образом, делает их выполнение обязательным на этапе проектирования оборудования для обработки высоким давлением. Численное моделирование играет жизненно важную роль, как альтернативная исследовательская методология не только в случаях, когда реальные эксперименты невозможны или очень трудновыполнимы. Оно использовалось в некоторых исследовательских работах, благодаря своей эффективности и точности. Кроме того, во многих случаях дешевле выполнить численное моделирование, чем выполнять реальные эксперименты. В целом, численное моделирование пользуется все большим вниманием со стороны исследователей во многих областях исследовательской работы, включая обработку высоким давлением. Таким образом, тема



диссертационного исследования, посвященная разработке математической модели камеры ВД и моделированию процессов температурной и гидравлической неоднородности в камерах заданных геометрических размеров при различных граничных условиях технологического процесса ОВГД, является своевременной и актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации и их достоверность.

Основные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы Афенченко Д.С. обоснованы, подтверждены воспроизводимостью экспериментальных результатов, полученных на основании современных методов исследования и применения методов математической обработки.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждена комплексным подходом к реализации цели через поставленные задачи, использование современных методов компьютерного моделирования, методов математической обработки результатов экспериментов, апробацией результатов исследований на производстве и внедрением их в учебный процесс.

Достоверность полученных результатов и выводов диссертационной работы также подтверждается проведенной апробацией на множестве международных научно-практических конференций.

Структура и содержание диссертации.

Композиционно диссертационная работа Афенченко Д.С. имеет полностью заверченный характер, состоит из четырех разделов и 5 приложений. Диссертация проиллюстрирована 55 рисунками и содержит 5 таблиц. Список использованной литературы содержит 140 наименований. Выполненная работа последовательно отражает логику исследования и позволяет раскрыть объем и содержание научных положений, обосновать выводы и рекомендации, сделанные автором.

Во введении обоснована актуальность темы, поставлена цель и сформулированы задачи для ее достижения, отмечены научная новизна, практическая ценность результатов исследования, личный вклад диссертанта.

В первом разделе выполнен аналитический обзор существующих расчётных методов, проведен критический анализ и дана оценка применимости существующих методов для оценки тепловой неоднородности, возникающей при обработке высоким давлением в камерах инъекционного типа. На основании проведенного анализа сделан вывод, отражающий общепринятые понятия и показывающий преимущества и ограничения использования математического моделирования для иллюстрации распределения полей температур как в нагнетательной среде, так и в продукте. На основании проведенных аналитических исследований определена дальнейшая структура комплекса научных исследований по изучению тепло-гидродинамических процессов, сопровождающих обработку высоким давлением в пищевой промышленности.

Во втором разделе приведено теоретическое обоснование тепло-гидродинамических процессов при обработке высоким гидростатическим давлением. Рассмотрены геометрические размеры и конструктивные размеры оборудования. Теоретически определена реакция применяемой термопары на пошаговые изменения температуры. Для разработки соответствующей математической модели и выполнения численного моделирования определён характер потока при естественной конвекции в камере высокого давления. Приведены основные уравнения, применяемые для описания процесса обработки высоким давлением. Автором рассчитаны значения теплотворной способности воды во время сжатия при разных начальных температурах.

Также показаны принятые упрощения математического моделирования, что является естественным и необходимым условием при построении любых прогностических моделей. Определены динамические реакции термопары на линейный входной сигнал (линейный рост температуры со временем). Упрощенный анализ теплопередачи использовался для получения отклика

термометры на входное изменение температуры.

В третьем разделе проведено численное моделирование теплообмена и

потока жидкости для установки высокого давления, которая использовалась во время экспериментальных исследований с помощью коммерческой программы для вычислительной гидродинамики на основе метода конечных элементов *ANSYS Fluent*. Основные уравнения сохранения массы, импульса и энергии, описанные во втором разделе, были численно решены для принятой расчетной области, при прогнозировании полей скоростей и температур в передающей среде с повышенным давлением и уравнения энергии, решенного для стенки камеры. Разработана и проверена на предмет размеров области, статистики объема и статистики по фронтальному срезу расчетная сетка, сгенерированная с помощью *ANSYS Mesh*, которая была импортирована в программу *ANSYS Fluent*. Уравнения потока жидкости и теплопередачи для прогнозирования распределения температуры во время процесса обработки давлением были адаптированы для включения тепловых свойств воды при комбинированной зависимости давления от температуры. Данные уравнения были включены в программу численного моделирования с использованием модуля пользовательских функций (*UDF*) *ANSYS Fluent*.

Чтобы компенсировать уменьшение объема в камере при подаче воды в камеру на период повышения давления, определено значение граничной скорости подачи передающей среды.

В четвертом разделе приведены результаты численного

моделирования, показавшие, что нагрев в результате сжатия происходит неоднородно в нагревательной среде и вызывает повышение температуры среды. Был установлен градиент температуры между средой и более холодной стенкой камеры, который приводит к теплообмену между водой и массивной стенкой камеры. Полученное различие плотности приводит к образованию конвекционных потоков внутри нагревательной среды. Чтобы подчеркнуть важность образования конвекции в модели, было спрогнозировано

распределение температуры для случая без конвекции, в сравнении со случаем, когда происходит сопряженный теплообмен.

Программа математического моделирования была также использована для изучения влияния размера камеры на распределение температуры в воде. Были проведены сравнения как для случая лишь проводимости (без влияния гравитации) и сопряженной теплопередачи (проводимость и конвекция).

Автором установлено, что одной из причин неоднородности температуры во время обработки ВД является теплотеря на толстой металлической стенке камеры. Для уменьшения теплотеря предложено применение термоизоляционной вставки в камере высокого давления. Для прогнозирования распределения температуры в камере с термоизоляционной вставкой использовалась программа математического моделирования. Результаты проведенного моделирования свидетельствуют о том, что установка термоизоляционной вставки не оказывает значительного влияния на радиальное распределение температуры, тогда как аксиальное распределение становится более однородным в сравнении со случаем, когда изоляции нет.

Научная новизна положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, заключается в создании числовой модели распределения полей температур внутри камер заданных геометрических размеров для обработки продуктов питания высоким давлением при различных граничных условиях и оценке влияния масштабирования камер на температурную гетерогенность.

Значимость результатов исследования для производства заключается в получении параметрических моделей камер высокого давления с различными граничными условиями, используемых при проектировании камер высокого давления с инжекционным подводом рабочей среды с учетом температурной неоднородности.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы как теоретическая и практическая база при проектировании камер высокого давления.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В разделе «Научная новизна» отсутствуют выражения «*впервые*», «*усовершенствовано*», «*получило развитие*», которые подтверждают не только факт научной новизны, но и ее степень.
2. Разделы «*Объект исследований*» и «*Предмет исследований*» звучат как физико-математические, вместе с тем, работа носит прикладной характер.
3. Для понимания диссертации лучше, если цель и название работы описываются одними и теми же словами.
4. В разделе «*Достоверность научных положений*» написано: «...обработка и анализ результатов экспериментов подтверждены результатами компьютерного моделирования...». Напротив, результаты компьютерного моделирования подтверждаются данными эксперимента.
5. При расчете dT/dP приняты упрощения, которые не обоснованы (стр. 45).
6. Соотношение 2.26 выражает не работу давления, а мощность, т.е. работу на единицу времени (стр.49).
7. В соотношении 2.30 (стр. 51) необходимо использовать традиционное обозначение величин коэффициентов и площади поверхности.
8. В разделе 4 целесообразно термин «проводимость» заменить традиционным «теплопроводность», т.к. существуют три вида теплопередачи: теплопроводность, конвективный теплообмен и теплообмен излучением.

Заключение

Диссертационная работа выполнена на высоком научно-методическом уровне и представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, выполненную автором на актуальную тему.

Полученные в работе научные результаты позволяют проектировать камеры высокого давления с инжекционным подводом рабочей среды с

учетом возникающей температурной неоднородности. Результаты исследований нашли применение на предприятии пищевой промышленности и в учебном процессе.

Научные труды, опубликованные соискателем, в полной мере отображают содержание диссертации. Основные положения диссертационной работы апробированы на научных и научно-практических конференциях, в том числе международных.

Диссертационная работа по актуальности, научной новизне, обоснованности результатов и практической значимости соответствует паспорту научной специальности 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств».

Работа отвечает требованиям п. 2.2. Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Афенченко Дмитрий Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств».

Согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент
профессор кафедры
технической теплофизики
ГОУВПО «ДонНТУ»



Захаров Николай Иванович

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», 283001, г.Донецк, ул. Артема, 58, donntu.info@mail.ru, +38 (062) 301-07-09