

«УТВЕРЖДАЮ»



И. о. ректора РХТУ им. Д. И. Менделеева,
д.т.н., проф. И. В. Воротынцев

[Handwritten signature]

» декабря 20 23 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Интенсификация и моделирование вакуумной сублимационной сушки материалов различной структуры (на примере биополимерных матриц и суспензий)» по научной специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий на соискание ученой степени кандидата технических наук выполнена на кафедре химического и фармацевтического инжиниринга федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева».

В процессе подготовки диссертации Мохова Елизавета Константиновна, «15» мая 1998 года рождения, являлась аспирантом кафедры химического и фармацевтического инжиниринга федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева». Является аспирантом кафедры химического и фармацевтического инжиниринга федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева» с 01.09.2022 и по настоящий момент. Работает в РХТУ имени Д. И. Менделеева с 2020 года, в настоящее время – на должности ассистента кафедры химического и фармацевтического инжиниринга и младшего научного сотрудника структурного подразделения кафедры химического и фармацевтического инжиниринга «Лаборатория разработки инновационных назальных и ингаляторных препаратов для лечения социальнозначимых заболеваний».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в РХТУ им. Д. И. Менделеева в 2023 году.

Научный руководитель – Гордиенко Мария Геннадьевна, д.т.н. по специальности 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий, доцент, профессор кафедры химического и фармацевтического инжиниринга федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева».

По результатам рассмотрения диссертации на тему: «Интенсификация и моделирование вакуумной сублимационной сушки материалов различной

структуры (на примере биополимерных матрицков и суспензий)» принято следующее заключение.

Диссертационная работа Моховой Елизаветы Константиновны посвящена интенсификации и моделированию вакуумной сублимационной сушке материалов различной структуры (на примере биополимерных матрицков и суспензий).

Актуальность работы заключается в том, что согласно постановлению правительства Российской Федерации от 22 октября 2021 года № 1814 об утверждении государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», а также в соответствии с прогнозом Высшей школы экономики о научно-технологическом развитии России до 2030 года, разработка технологий получения новых биodeградируемых, композиционных и дисперсных полимерных материалов является актуальным направлением развития медицины и смежных сфер науки. К такого рода материалам можно отнести матрицки и сухие частицы, как носители активных фармацевтических ингредиентов (АФИ). Матрицки – это высокопористые материалы как правило состоящие из биополимеров и обладающие рядом свойств, определяющих их применение в медицине. Благодаря развитой поверхности матрицки находят широкое применение как подложки для культивирования клеток, что особенно важно в области регенеративной медицины при разработке материалов для восстановления пораженных тканей и органов. Благодаря свойствам биосовместимости и биodeградации матрицки широко применяются в качестве местных перевязочных материалов. В свою очередь, сухие частицы, как носители АФИ, до сушки могут быть получены в форме суспензии – дисперсной системы, в которой твердые частицы изначально диспергированы в непрерывной жидкой фазе. Высушенные микропорошки широко применяются в качестве средств доставки лекарственных препаратов при лечении социально значимых заболеваний: туберкулеза, астмы и других. Перечисленные виды материалов получают методом вакуумной сублимационной сушки (ВСС), позволяющим сохранить исходные свойства высушиваемых объектов, без потери их структурной целостности и биологической активности. Однако, метод ВСС является энерго- и ресурсозатратным, т.к. протекает при пониженных температурах. В соответствии с выше указанным постановлением правительства Российской Федерации в 2019 году объем внутренних затрат на исследования и разработки по научным тематикам «Энергоэффективность» и «Энергосбережение» составил 110.37 млрд. рублей. В следствии высоких энергетических затрат, исследование и интенсификация процесса ВСС является актуальным и важным направлением с целью повышению энергоэффективности и увеличения производительности в сфере получения биополимерных материалов.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Выделены типы материалов в зависимости от физической структуры и технологии их получения. Исследовано влияние ультразвуковых колебаний, примененных на стадии предварительной заморозки, на морфологию кристаллов льда и последующую структуру, и морфологию материалов после ВСС.

2. Исследованы способы интенсификации ВСС на различных этапах ведения процесса: изучено влияние ультразвука на кинетику заморозки и последующей ВСС; исследовано влияние градиентов давления, а также инфракрасного излучения и ультразвукового воздействия на кинетику ВСС.

3. Разработана математическая модель описания кинетики заморозки полимерных материалов, в том числе с учетом ультразвукового воздействия. В модели, с помощью методов оптимизации, подобраны коэффициенты эмпирического уравнения, описывающего распределение кристаллов льда по размерам.

4. Предложен подход для учета особенностей строения материала при расчете скорости тепло- и массопереноса в процессе ВСС, заключающийся в различном расположении компонентов материала и распределении физико-химических свойств в расчетной области. Разработана математическая модель для расчета ВСС материалов различной структуры с учетом неравномерного распределения водяных паров по объему рабочей камеры. Исследовано влияние давления водяных паров на кинетику сушки при организации процесса в лабораторной и промышленной установках. Разработана математическая модель кинетики ВСС материалов различной структуры с учетом ультразвукового и инфракрасного воздействия.

Практическая значимость работы:

1. Получен большой объем экспериментальных и аналитических данных для полимерных материалов различной структуры. Апробированы методики получения материалов, в количестве 17 различных образцов, которые могут быть использованы как матриксы или подложки для культивирования клеток, а также как системы доставки лекарственных препаратов.

2. Предложена конструкция установки для проведения процесса предварительной заморозки с ультразвуковым воздействием. Предложена конструкция установки для проведения ВСС с одновременным инфракрасным и ультразвуковым воздействием в объеме рабочей камеры, с целью интенсификации процесса, что было осуществлено впервые для ВСС полимерных матриксов и суспензий.

3. Разработана система контроля и автоматизации процесса ВСС с одновременным инфракрасным и ультразвуковым воздействием, а также программный модуль для определения влагосодержания и температуры материала в процессе сушки. Программный модуль был использован при проведении экспериментальных работ по исследованию кинетики ВСС.

4. Проанализирован большой объем данных по кинетике замораживания и ВСС материалов различной структуры (81 эксперимент). Даны рекомендации по проведению процесса ВСС с ультразвуковым и инфракрасным воздействием.

5. Разработан и зарегистрирован ряд программ для ЭВМ, позволяющих рассчитать кинетику заморозки и ВСС. ПО может использоваться для подбора режимов ведения процесса.

6. Проведен анализ экономической эффективности процесса ВСС. Подтверждено сокращение энергетических затрат при организации процесса с

инфракрасным излучением и ультразвуковым воздействием в установках лабораторного и промышленного масштабов.

Диссертационная работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научной тематики FSSM-2022-0004 по теме: «Лаборатория разработки инновационных назальных и ингаляторных препаратов для лечения социальнозначимых заболеваний».

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 22 печатных работах, из них 5 в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, и 1 в журнале из перечня ВАК. Получен 1 патент. Получено 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Основные результаты диссертационной работы были представлены на XVI, XVII Международных конгрессах молодых ученых по химии и химической технологии (Москва, 2020 г, 2021 г); Российско-Швейцарском онлайн-семинаре «Вызовы времени: инновационные технологии и оборудование для фармацевтической промышленности и медицины» (Москва, 2020 г); I Школе молодых ученых «Химия и технология биологически активных веществ для медицины и фармации» (Москва, 2021 г); VII Международной научно-практической конференции «Биотехнология: наука и практика» (Крым, 2021 г); XXII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии» (Воронеж, 2022 г); Всероссийской научной конференции с международным участием «IV Байкальский материаловедческий форум» (Улан-Удэ, 2022 г); V Международном симпозиуме «Innovations in life sciences» (Белгород, 2023 г); XIX Международной научно-практической конференции «Новые полимерные композиционные материалы» (Эльбрус, 2023 г).

Публикации по теме диссертации:

1. Mokhova E., Gordienko M., Menshutina N. Mathematical model of freeze drying taking into account uneven heat and mass transfer over the volume of the working chamber // *Drying Technology*. – 2022. – Vol. 40, № 12. – P. 2470–2493. **(Web of Science, Scopus, Q1)**.
2. Mokhova E., Gordienko M., Menshutina N., et al. Ultrasonic freezing of polymers of various compositions before freeze drying: Effect of ultrasound on freezing kinetics and ice crystal size // *Drying Technology*. – 2023. – Vol. 41, № 10. – P. 1663–1685. **(Web of Science, Scopus, Q1)**.
3. Menshutina N., Abramov A., Mokhova E. Mathematical and computer modeling as a novel approach for the accelerated development of new inhalation and intranasal drug delivery systems // *Computation*. – 2023. – Vol. 11, № 7. – P. 136. **(Web of Science, Scopus, Q2)**.
4. Mokhova E., Gordienko M., Menshutina N., et al. Influence of ultrasound on the properties of polysaccharide complexes and materials based on them // *Polysaccharides*. – 2023. – Vol. 4, № 3. – P. 189–207. **(Web of Science, Scopus)**.

5. Mokhova E., Gordienko M., Menshutina N. Investigation of the effect of infrared and ultrasonic exposure on the kinetics of vacuum freeze-drying of polymeric materials. Part 1: Development of device and process control system // *Drying Technology*. – 2024. – P. 1–14. (**Web of Science, Scopus, Q1**). (Preprint).

6. Мохова Е.К., Гордиенко М.Г. Математическая модель вакуумной сублимационной сушки с неравномерным распределением паров по объему камеры // *Программные продукты и системы*. – 2021. – Т. 34, № 3. – С. 10. (**ВАК**).

7. Мохова Е.К., Гордиенко М.Г. Математическое моделирование кинетики вакуумной сублимационной сушки // *Математические методы в технике и технологиях – ММТТ*. – 2021. – № 7. – С. 7.

8. Мохова Е.К., Гордиенко М.Г. Математическое моделирование вакуумной сублимационной сушки гомогенных и гетерогенных материалов на примере альгината натрия и вспененного желатина // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2021. – Т. 35, № 10 (245). – С. 95–97.

9. Мохова Е.К., Пальчикова В.В., Гордиенко М.Г. Математическое моделирование тепло- и массообмена в процессе вакуумной сублимационной сушки // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2020. – Т. 34, № 6. – С. 130–133.

10. Мохова Е.К., Пальчикова В.В., Соколова Е.А., Гордиенко М.Г. Разработка технологии получения материалов для гемосорбции и культивирования клеток // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2020. – Т. 34, № 11. – С. 7–9.

11. Соколова Е.А., Мохова Е.К., Гордиенко М.Г. и др. Исследование полимерных пленок, сшитых глутаровым альдегидом, на острую токсичность и цитотоксичность // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2022. – Т. 36, № 12. – С. 60.

12. Соколова Е.А., Мохова Е.К., Гордиенко М.Г. Новые трансдермальные терапевтические системы на основе поливинилового спирта и хитозана с внедренными частицами селена // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2021. – Т. 35, № 12 (247). – С. 146–148.

13. Трепашко Д.А., Мохова Е.К., Гордиенко М.Г. Разработка методики получения матриксов на основе хитозана и полициклодекстрина для применения в биомедицине и фармацевтике // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2023. – Т. 37, № 11. – С. 117–119.

14. Мохова Е.К., Гордиенко М.Г. Биополимерные матриксы для использования в тканевой инженерии // XIX Международная научно-практическая конференция Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения. – 2023. – С. 282.

15. Мохова Е.К., Гордиенко М.Г. Разработка биополимерных материалов для решения задач биотехнологии и тканевой инженерии // *Innovations in life sciences: сборник материалов V Международного симпозиума*. – 2023. – С. 26.

16. Мохова Е.К., Гордиенко М.Г. Двумерное математическое моделирование кинетики вакуумной сублимационной сушки материалов различной структуры // *Материалы Всероссийской научной конференции с*

международным участием IV Байкальский материаловедческий форум. – 2022. – С. 603–605.

17. Мохова Е.К., Гордиенко М.Г. Математическая модель вакуумной сублимационной сушки с неравномерным распределением паров по объемам лабораторного и промышленного лиофилизаторов // Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXII международной научно-методической конференции. – 2022. – С. 43.

18. Мохова Е.К., Соколова Е.А., Гордиенко М.Г. и др. Материалы на основе хитозана и поливинилового спирта для медицины // Актуальная биотехнология. – 2021. – Т. 35, № 1. – С. 170.

19. Мохова Е.К., Соколова Е.А., Гордиенко М.Г. Разработка трансдермальной терапевтической системы в форме пленок на основе хитозана и поливинилового спирта // Химия и технология биологически активных веществ для медицины и фармации: тезисы докладов I Школы молодых ученых. – 2021. – Т. 1. – С. 64–64.

20. Соколова Е. А., Мохова Е. К., Гордиенко М. Г. Использование полимерных пленок, содержащих наночастицы селена, в медицине в качестве трансдермальных терапевтических систем // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием IV Байкальский материаловедческий форум. – 2022. – С. 433–434.

21. Бартенева А.И., Мохова Е.К., Гордиенко М.Г. Глазные пленки как новый способ доставки лекарственного вещества в офтальмологии // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием IV Байкальский материаловедческий форум. – 2022. – С. 228–230.

22. Трепашко Д.А., Мохова Е.К., Гордиенко М.Г. Применение быстрорастворимой интраназальной пленки, содержащей наночастицы инсулина, для лечения аносмии // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием IV Байкальский материаловедческий форум. – 2022. – С. 245–246.

23. Пат. 218559 Российская Федерация, МПК F26B 9/06, F26B 7/00, F26B 3/30, F26B 5/02. Устройство для интенсификации процесса вакуумной сублимационной сушки с одновременным регулированием инфракрасного нагрева и сменного источника ультразвука в объеме рабочей камеры / Е. К. Мохова, М. Г. Гордиенко, Н. В. Меньшутина; заявл. 19.04.2023; опубл. 31.05.2023.

24. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023663054. Программный модуль для экспериментальных исследований кинетики вакуумной сублимационной сушки / Е. К. Мохова, М. Г. Гордиенко, Н. В. Меньшутина.; заявл. 06.06.2023; опубл. 19.06.2023.

25. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022685589. Система поиска и анализа растворимости активных фармацевтических ингредиентов в различных жировых основах / Е. К. Мохова, М. Г. Гордиенко, Н. В. Меньшутина.; заявл. 12.12.2022; опубл. 26.12.2022.

26. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021618257. Программный комплекс для расчета кинетики вакуумной

сублимационной сушки гомогенных и гетерогенных материалов / Е. К. Мохова, М. Г. Гордиенко, Н. В. Меньшутина.; заявл. 14.05.2021; опубл. 25.05.2021.

27. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021617441. Модуль расчета кинетики вакуумной сублимационной сушки неоднородных материалов / Е. К. Мохова, М. Г. Гордиенко, Н. В. Меньшутина.; заявл. 23.04.2021; опубл. 14.05.2021.

28. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020665375. Программа для расчета кинетики вакуумной сублимационной сушки материалов / Е. К. Мохова, В. В. Пальчикова, М. Г. Гордиенко, Н. В. Меньшутина.; заявл. 13.11.2020; опубл. 26.11.2020.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий в части:

Фундаментальные исследования явлений переноса энергии, массы и импульса в химико-технологических процессах и аппаратах.

Способы, приемы, методология исследования гидродинамики движения жидкости, газов, перемещение сыпучих материалов в технологических аппаратах и схемах.

Способы, приемы, методология исследования химических, тепловых, массообменных и совмещенных процессов, совершенствование их аппаратного оформления.

Способы, приемы, методология изучения нестационарных режимов протекания процессов в химической аппаратуре, в том числе с целью формирования предпосылок эффективного управления и автоматизации.

Методы и способы интенсификации химико-технологических процессов, в том числе с помощью физико-химических воздействий на перерабатываемые материалы.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Моховой Елизаветы Константиновны является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Моховой Елизавете Константиновне; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Интенсификация и моделирование вакуумной сублимационной сушки материалов различной структуры (на примере биополимерных матриц и суспензий)» рекомендуется к защите на соискание

ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры химического и фармацевтического инжиниринга федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева», состоявшемся «04» декабря 2023 года, протокол № 13.

В обсуждении приняли участие: д.т.н., проф., заведующий кафедрой ХФИ Меньшутина Н. В., д.т.н., проф. кафедры ХФИ Гордиенко М. Г., к.т.н., с.н.с. Лебедев Е. А., к.т.н., доц. кафедры ХФИ Цыганков П. Ю., к.т.н., с.н.с. Лебедев А. Е., к.т.н., преподаватель Артемьев А. И., д.т.н., проф., заведующий кафедрой КХТП Глебов М. Б.

Принимало участие в голосовании человек 10 человек. Результаты голосования: «За» – 10 человек, «Против» – 0 человек, воздержались – 0 человек, протокол № 13 от «04» декабря 2023 г.

Председатель заседания
заведующий кафедрой ХФИ,
д.т.н., профессор

Н. В. Меньшутина

Секретарь заседания
к.т.н., доцент кафедры ХФИ

П. Ю. Цыганков

ПРОТОКОЛ

заседания кафедры химического и фармацевтического инжиниринга
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева»

от «04» декабря 2023 г. № 13

Присутствовали:

Сотрудники кафедры химического и фармацевтического инжиниринга:

д.т.н., проф., заведующий кафедрой Меньшутина Н. В.;

д.т.н., проф. кафедры Гордиенко М. Г.;

к.т.н., с.н.с. Лебедев Е. А.;

к.т.н., доц. кафедры Цыганков П. Ю.;

к.т.н., с.н.с. Лебедев А. Е.;

к.т.н., преподаватель Артемьев А. И.;

к.т.н., с.н.с., Троянкин А. Ю.;

м.н.с. Мочалова М. С.;

м.н.с. Федотова О. В.;

ассистент Абрамов А. А.;

ассистент Кислинская А. Ю.;

ассистент Уварова А. А.;

зав. лаб. Демкин К. М.;

инженер Деркач В. С.

Сотрудники кафедры кибернетики химико-технологических процессов:

д.т.н., проф., заведующий кафедрой Глебов М. Б.;

Всего присутствовало: 15 человек.

ПОВЕСТКА ДНЯ

Предварительное рассмотрение диссертационной работы аспиранта и ассистента кафедры химического и фармацевтического инжиниринга РХТУ им. Д. И. Менделеева Моховой Елизаветы Константиновны на тему: «Интенсификация и моделирование вакуумной сублимационной сушки материалов различной структуры (на примере биополимерных матриц и суспензий)».

Работа выполнена на кафедре химического и фармацевтического инжиниринга федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева».

Тема диссертационной работы Моховой Е. К. и научный руководитель д.т.н., доцент Гордиенко М. Г. утверждены на заседании Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28 сентября 2022 г, протокол № 2. Тема диссертационной работы изменена на заседании Ученого совета факультета от 27 октября 2023 г, протокол № 12.

СЛУШАЛИ:

Сообщение Моховой Елизаветы Константиновны, в котором было изложено основное содержание диссертационной работы на тему: «Интенсификация и моделирование вакуумной сублимационной сушки материалов различной структуры (на примере биополимерных матриц и суспензий)», представляемой на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

В своем выступлении Мохова Елизавета Константиновна сформулировала цель и задачи диссертационной работы, ее актуальность, научную новизну и практическую значимость, изложила основные положения диссертации и итоги выполненного исследования.

Моховой Е. К. были заданы следующие вопросы:

д.т.н., проф. Глебов М. Б.:

1. Какие структуры материалов выделяются в работе?
2. Что вы имеете в виду под материалом?
3. Что подразумевается под структурой материала?
4. Структура в ходе сушки меняется?

д.т.н., проф. Меньшутина Н. В.:

1. Изменяется ли размер пузырьков в материале в результате сушки?
2. Плакат 17: как влияет ультразвук и инфракрасное излучение на кинетику сушки? Поясните физику явлений.
3. Плакат 23: поясните уравнения математической модели кинетики замораживания.
4. Поясните откуда взяты коэффициенты уравнений математической модели кинетики замораживания: из литературы или экспериментов?
5. Плакат 26: что отражает цвет на нижнем графике: изменение температуры, давления или влажности?

к.т.н., с.н.с. Лебедев Е. А.:

1. Важное ли значение имеет разделение материалов на типы? Почему были выделены данные типы материалов? Почему не подходит ранее предложенная классификация, например, Лыкова?
2. Плакат 29: распределение градиентов давления: абсолютное или парциальное давление водяных паров?
3. Плакат 15: плохо читается фото, в качестве рекомендации, необходимо улучшить качество изображения. Первый эксперимент по оценке

работоспособности модернизированной установки зачем он был нужен? Что он дал?

4. Плакат 16: речь идет о переносе влаги в каналах, находящейся в каком состоянии: в газообразном или жидком?
5. В качестве рекомендации к 35 плакату: лучше давать удельные затраты.
6. В чем была необходимость разработки собственной установки вакуумной сублимационной сушилки с ультразвуковым и инфракрасным воздействием?
7. В математической модели вакуумной сублимационной сушилки, разработанной с помощью пакета программ Ansys Fluent, является ли объем материала расчетным доменом?
8. В математической модели кинетики вакуумной сублимационной сушилки учитывается ли градиент температуры по объему материала? Температура вычисляется локально или для всего материала в целом?
9. Действительно ли возникает ультразвук при подаче тока на пьезоэлемент? Относится ли используемая частота к области ультразвука?
10. Эмпирическое уравнение, используемое для расчета диаметров кристаллов льда, предложено Вами или взято из литературы?
11. На плакате 28 пропущен оператор скалярного умножения после оператора Набла.

к.т.н., с.н.с. Лебедев А. Е.

1. Чем обусловлен выбор параметров ультразвука и инфракрасного излучения?
2. Рассчитывался ли вклад от ультразвука и инфракрасного излучения при оценке экономической эффективности?
3. Как определялись тепловые эффекты фазового перехода и тепловые эффекты зародышеобразования и кристаллообразования? Почему обозначения энтальпии в уравнениях одинаковы?
4. Плакат 28: рассматривалась однофазная или двух фазная система? Необходимо добавить уравнения для учета доли воздуха в системе.

к.т.н., доц. кафедры Цыганков П. Ю.;

1. Проводилась ли оценка влияния режимов сушки на возможность применения материалов в той или иной области?
2. Озвучьте цифровые значения отдельных численных эффектов ультразвука и инфракрасного излучения.
3. Плакат 19: поясните, размер полостей на снимках сканирующей электронной микроскопии соответствует размеру кавитационных пузырьков?
4. Какие контрольно-измерительные приборы использовались? Как организована система управления процессом вакуумной сублимационной сушки?

к.т.н., преподаватель Артемьев А. И.:

1. Для чего были использованы полученные материалы? Были ли получены подтверждения возможности их применения?
2. Какие клетки использовались при культивировании?
3. Исследовалась ли возможность роста патогенной микрофлоры на подложках? Проводилась ли оценка асептических свойств материалов?

На заданные вопросы Моховой Елизаветой Константиновной даны аргументированные ответы.

В обсуждении приняли участие: д.т.н., проф., заведующий кафедрой ХФИ Меньшутина Н. В., д.т.н., проф. кафедры ХФИ Гордиенко М. Г., к.т.н., с.н.с. Лебедев Е. А., к.т.н., доц. кафедры ХФИ Цыганков П. Ю., к.т.н., с.н.с. Лебедев А. Е., к.т.н., преподаватель Артемьев А. И., д.т.н., проф., заведующий кафедрой КХТП Глебов М. Б.

ПОСТАНОВИЛИ:

Заслушав и обсудив диссертационную работу Моховой Елизаветы Константиновны полностью принять следующее заключение организации по диссертации на тему «Интенсификация и моделирование вакуумной сублимационной сушки материалов различной структуры (на примере биополимерных матриц и суспензий)».

Председатель заседания
заведующий кафедрой ХФИ,
д.т.н., профессор

Н. В. Меньшутина

Секретарь заседания
к.т.н., доцент кафедры ХФИ

П. Ю. Цыганков