

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.035.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ» ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25 июня 2021 года № 171

о присуждении **Родионову Дмитрию Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Интенсификация и научное обоснование процесса ультрафильтрационного концентрирования подсырной сыворотки в производстве сычужных сыров» по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств принята к защите 23 апреля 2021 г., протокол № 167 диссертационным советом Д 212.035.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 394036, Воронеж, проспект Революции, д. 19, № 1634-865 от 06.07.2007 г.

Соискатель Родионов Дмитрий Александрович 1994 года рождения, в 2016 году окончил бакалавриат с отличием федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» по направлению «Технология полиграфического и упаковочного производства», . С 2018 года по настоящее время Родионов Дмитрий Александрович обучается в аспирантуре на кафедре «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (приказ о зачислении № 1142-08 от 14.08.2018 г.).

Работает младшим научным сотрудником в НОЦ «Безотходные и малоотходные технологии» Тамбовского государственного технического университета – ГНУ «ВНИИТиН» по гранту РФФИ для аспирантов № 20-38-90036.

Диссертация выполнена на кафедре «Механика и инженерная графика» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель:

гражданин РФ, доктор технических наук, профессор **Лазарев Сергей Иванович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Механика и инженерная графика», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Седелкин Валентин Михайлович, гражданин РФ, доктор технических наук, профессор, Энгельсский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.», кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств», профессор;

Потапов Андрей Иванович, гражданин РФ, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», кафедра «Машины и аппараты пищевых производств», доцент,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Государственное бюджетное учреждение «Ярославский государственный институт качества сырья и пищевых продуктов», г. Ярославль, в своем положительном заключении, подписанном Обориной Мариной Владимировной, кандидатом технических наук, начальником проектно-технологического отдела, указала, что научные достижения, вносящие значительный вклад в развитие науки и производства, имеют несомненную научную и практическую значимость для определения подходов к решению проблемы полного использования молочных ресурсов Российской Федерации.

Соискатель имеет 23 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации: 12 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях (объем 4,25 п. л., доля соискателя от 16 до 33 %), 5 тезисов докладов (объем 1,125 п. л.,

доля соискателя от 25 до 50 %), 3 патента (доля соискателя от 14 до 33 %) и 1 свидетельство о государственной программе для ЭВМ (доля соискателя 25 %).

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Ultrafiltration concentration and demineralization of technological solutions using membranes uam-150, upm-100, upm-k/ / D. A. Rodionov, S. I. Lazarev, O. A. Abonosimov, D. N. Konovalov, S. I. Kotenev and K. K. Polyansky // Earth and Environmental Science. – 2021. – № 640. – С. 6407017. (0,3 п. л., лично соискателем 0,05 п. л.).

2. Влияние структуры поверхностного ацетатцеллюлозного слоя на транспортные характеристики ультрафильтрационных композиционных мембран / С. И. Лазарев, Ю. М. Головин, И. В. Хорохорина, Д. С. Лазарев, Д. А. Родионов // Инженерно-физический журнал. – 2021. – № 2. – С. 1 – 10 (0,63 п. л., лично соискателем 0,12 п. л.).

3. Лазарев, С. И. Эффективность баромембранной очистки технологических растворов при производстве сливочного масла и сыров / С. И. Лазарев, Д. А. Родионов, К. К. Полянский // Сыроделие и маслоделие. – 2019. – № 1. – С. 20 – 22 (0,18 п. л., лично соискателем 0,06 п. л.).

4. Исследование диффузионной проницаемости белков через ультрафильтрационные мембраны / С. И. Лазарев, Д. А. Родионов, К. К. Полянский, В. Ю. Богомолов // Вестник ВГУИТ / Proceedings of VSUET. – 2018. – Т. 81, № 1. – С. 77 – 81 (0,31 п. л., лично соискателем 0,08 п. л.).

5. Ультрафильтрационное концентрирование молочной сыворотки на пилотной установке трубчатого типа / Д. А. Родионов, С. И. Лазарев, К. К. Полянский, Е. В. Эккерт // Вестник ВГУИТ / Proceedings of VSUET. – 2019. – Т. 81, № 2. – С. 41 – 46 (0,375 п. л., лично соискателем 0,093 п. л.).

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов. Все отзывы положительные, в 10 отзывах содержатся замечания.

Отзывы прислали:

1. Доктор технических наук, профессор кафедры «Машины и аппараты пищевых производств» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет

инженерных технологий» *Ключников Андрей Иванович*. Отзыв содержит замечания: 1. По какой причине в схеме экспериментальной установки, представленной на рис. 1 автореферата, отсутствует теплообменник для нагревания/охлаждения обрабатываемой среды? Также на рис.1 неверно указан вход / вывода насоса по направлению движения обрабатываемого продукта. 2. Из текста автореферата непонятно назначение и принцип исследования гидродинамики структуры потока в ячейке, представленной на рис. 2. 3. Рис. 3 автореферата выполнен нечетко, надписи на рисунке отображены неразборчиво. 4. В тексте автореферата отсутствуют данные по алгоритмам мойки и регенерации фторопластовых, полисульфоновых и полиэфирсульфоновых мембран, не представлены моющие средства и порядок мойки и регенерации полимерных мембран.

2. Доктор технических наук, профессор кафедры «Водоснабжение и водоотведение» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» *Первов Алексей Германович*. Отзыв содержит замечания: 1. Из автореферата не совсем ясно, на каком основании выбирались применяемые соискателем ультрафильтрационные мембраны, так же не совсем понятно, почему были выбраны полимерные мембраны, а не керамические. 2. В автореферате имеется ряд несущественных стилистических замечаний. Так, например, в уравнении (1) коэффициент задержания не имеет величины, а на рис. 8 (зависимость коэффициента задержания от концентрации белка в растворе) коэффициент задержания выражен в процентах.

3. Доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии продуктов питания и товароведения» ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ» *Перфилова Ольга Викторовна*. Отзыв содержит замечания: 1. Из автореферата не совсем ясно, как именно были получены коэффициенты для уравнений (6) – (10). 2. В автореферате имеются незначительные стилистические замечания. Так, например, на рис. 11 оси обозначены с помощью иностранных символов.

4. Доктор технических наук, декан факультета промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», главный научный сотрудник научной лаборатории «Технологии,

материалы, процессы и оборудование машиностроения» *Киреев Сергей Юрьевич*. Отзыв содержит замечания: Некоторые рисунки, например рис. 3, а, б, 8 и 9, выполнены с низким разрешением и практически не читаемы.

5. Доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и правовых отношений», главный научный сотрудник лаборатории «Промышленные биотехнологии» ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г. Ф. Морозова» *Брындина Лариса Васильевна*. Отзыв содержит замечания: 1. В автореферате приводятся уравнения для теоретического расчета коэффициента распределения, коэффициента диффузионной проницаемости, коэффициента задержания, удельного выходного потока и коэффициента продольного перемешивания. Из автореферата не совсем ясно, с какой целью используются такие сложные уравнения, и почему не применяют стандартные методы проверки адекватности экспериментальных данных, например, как проведение линий трендов? 2. Из автореферата непонятно, каким образом проводилась подготовка мембран для экспериментальных исследований – в работе были использованы полимерные мембраны, для которых свойственны явления усадки и снижения пористости.

6. Доктор химических наук, заведующий кафедрой «Химия и химическая технология материалов» ФГБОУ ВО «ВГТУ» *Рудаков Олег Борисович*. Отзыв содержит замечания: 1. В автореферате отсутствует информация о методике, алгоритме и способах мойки и регенерации мембран, а также о моющих растворах для этих целей. 2. В автореферате представлены полученные свидетельства на патенты РФ на аппараты электробаромембранного разделения или концентрирования, хотя работа посвящена баромембранному концентрированию без наложения электрических полей.

7. Доктор технических наук, директор Института инженерных технологий, заведующий кафедрой «Технологическое проектирование пищевых производств» ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» *Бородулин Дмитрий Михайлович*. Отзыв содержит замечания: 1. Из технологической схемы, представленной на рис. 12, страница 16, не совсем ясно, что подразумевается под дальнейшей доочисткой пермеата, так же не совсем понятно, это законченная

технологическая схема или в нее можно добавлять дополнительное вспомогательное оборудование. 2. В автореферате имеются стилистические замечания. Так, например на рис., 4 температура обозначается через °С, а на рис. 6, 7 температура имеет величину К.

8. Кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе ВНИИМС – филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН *Дунаев Андрей Викторович*. Отзыв содержит замечания: 1. Следует скорректировать формулировку научной новизны, основывая ее на том, что впервые получены экспериментальные данные, позволившие автору модифицировать математические выражения для расчета физических и гидродинамических характеристик процесса ультрафильтрации подсырной сыворотки для трубчатых мембранных элементов типа БТУ 05/2; впервые получены значения эмпирических коэффициентов для расчета и прогнозирования кинетических характеристик мембран; научная новизна подтверждена свидетельством регистрации компьютерной программы. 2. В научной новизне следует указать, к какому именно процессу относится разработанная математическая модель. 3. В главе 2 – методики исследований процессов были разработаны впервые или модифицированы существующие, применительно к исследуемым мембранам?

9. Доктор химических наук, профессор кафедры «Аналитическая химия» ФГБОУ ВО «ВГУ» *Васильева Вера Ивановна*. Отзыв содержит замечания: 1. В автореферате на странице 14 написано, что данные по температуре представлены в табл. 6, хотя значения изменения температуры в табл. 6 отсутствуют. 2. Из заключения автореферата п. 5 не совсем ясно, на основе какого уравнения Фика модифицировалось математическое выражение.

10. Доктор технических наук, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, профессор-консультант кафедры «Прикладная биотехнология» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» *Храмцов Андрей Георгиевич*. Отзыв содержит замечания: 1. Из автореферата не ясно, на основании чего были выбраны турбулизирующие втулки в виде трубки Вентури и в виде петли. 2. В технологической схеме автор использует для деминерализации кон-

центрата сывороточного белка электродиализную установку, хотя у автора имеются патенты на электробаромембранные аппараты.

11. Доктор технических наук, старший научный сотрудник, ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», *Кузина Жанна Ивановна*, Отзыв содержит замечания: 1. На рис. 2 не представлены параметры ячейки для исследования гидродинамики структурного потока. 2. Диссертация перегружена объемом поставленных задач и их выполнения. 3. Из-за большого количества иллюстрационного материала подписи на некоторых рисунках практически не видны.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетенцией, достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан ультрафильтрационный способ концентрирования подсырной сыворотки, включающий в себя многофункциональные мембранные аппараты плоскокамерного, трубчатого и рулонного типов (пат. РФ № №2668866 RU, пат. РФ № 2685091 RU, пат. РФ № 2671723 RU). Аппараты позволяют осуществлять одновременно технологический процесс в трех режимах – концентрирование, очистка и нагрев или охлаждение подсырной сыворотки;

предложена методика инженерного расчета рабочей площади мембран и количества мембранных элементов для ультрафильтрационного процесса концентрирования подсырной сыворотки;

доказаны перспективность научного обоснования и интенсификации подходов к созданию эффективного оборудования для концентрирования подсырной сыворотки, а также перспективность применения предлагаемых технических решений в науке и практике;

введены и обоснованы рациональные условия реализации процесса ультрафильтрационного концентрирования подсырной сыворотки для мембранных элементов с материалом активного слоя из фторопласта при трансмембранном

давлении от 0,1 до 0,25 МПа и с активным слоем из полиэфирсульфона и полисульфона при трансмембранном давлении 0,25 МПа, позволяющих получать высококачественные концентраты сывороточных белков.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, опирающиеся на математическую модель, основанную на решении уравнений конвективной диффузии, уравнении Навье–Стокса и уравнении неразрывности потока с учетом кинетики массопереноса и гидродинамики течения раствора, позволяющую определять удельный выходной поток и концентрацию подсырной сыворотки на трубчатом мембранном модуле БТУ 05/2;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, т.е. с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе кинетических закономерностей и анализа показателей качества полученного продукта; определена экономическая эффективность использования оборудования для ультрафильтрационного концентрирования подсырной сыворотки;

изложена идея (и доказательство ее реализации), связанная с возможностью проведения процессов концентрирования подсырной сыворотки по предлагаемому способу;

раскрыты новые представления о возможности применения ультрафильтрационных аппаратов с применением турбулизирующих втулок в виде трубки Вентури и в виде петли при концентрировании подсырной сыворотки;

изучен поточно-диффузионный механизм и основные кинетические и технологические закономерности процесса ультрафильтрационного концентрирования подсырной сыворотки;

проведена модернизация математических выражений для расчета сорбционной емкости, диффузионной проницаемости, коэффициента задержания и удельного выходного потока; получены численные значения эмпирических коэффициентов для прогнозирования и теоретического расчета кинетических и технологических характеристик ультрафильтрационного процесса.

Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждаются тем, что:

разработан метод поиска эмпирических параметров применительно для коэффициента задержания по экспериментальным данным с использованием свободной системы компьютерной алгебры Maxima, используемый в инженерном расчете рабочей площади мембран и секционирования количества мембранных элементов для ультрафильтрационного процесса концентрирования подсырной сыворотки;

определены перспективы практического использования полученных теоретических данных кристалличности и аморфности мембран с активным слоем из фторопласта, полисульфона и полиэфирсульфона при проектировании установок для концентрирования подсырной сыворотки;

создана технологическая схема линии концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки с применением запатентованного оборудования (пат. РФ № №2668866 RU, пат. РФ № 2685091 RU, пат. РФ № 2671723 RU) с получением сухого сывороточного концентрата;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию и интенсификации процессов концентрирования подсырной сыворотки.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов в исследуемом диапазоне параметров эксперимента, результаты получены на аттестованном оборудовании научно-образовательного центра «Безотходные и малоотходные технологии» ФГБОУ ВО «Гамбовский государственный технический университет»;

теория построена на известных проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе опыта теоретических и практических исследований отечественных и зарубежных ученых по проблеме ресурсосбережения и эффективного использования вторичного молочного сырья;

использованы сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное и количественное совпадение результатов, полученных автором, с результатами аналогичных объектов, исследованных ранее и опубликованных в научно-технической литературе;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации для постановки цели и задач исследования, для их реализации.

Личный вклад состоит в: непосредственном его участии во всех этапах выполнения научно-исследовательской работы; освоении методик проведения экспериментальных исследований; проведении экспериментальных исследований по всем представленным в работе зависимостям; непосредственном участии во всех аналитических исследованиях, представленных в работе. Соискателем выявлены основные кинетические и технологические закономерности процесса ультрафильтрационного концентрирования подсырной сыворотки; экспериментально определены и обоснованы рациональные условия реализации процесса ультрафильтрационного концентрирования подсырной сыворотки. Диссертант принимал непосредственное участие в разработке математической модели процесса; разработке численного метода реализации инженерного расчета рабочей площади мембран, количества мембранных элементов; разработке и подготовке к патентованию высокоэффективной конструкции ультрафильтрационного аппарата; усовершенствовании технологической схемы линии концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки.

На заседании 25 июня 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Родионову Д. А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 16 докторов наук по специальности 05.18.12, участвовавших в

заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: «за» 16, «против» нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 212.035.01, д.т.н., проф.



Остриков Александр Николаевич

Ученый секретарь совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 212.035.01, д.т.н., доц.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Л. Николаевна".

Фролова Лариса Николаевна

25 июня 2021 г.