

**Заключение диссертационного совета Д 01.005.01 на базе  
Государственного образовательного учреждения высшего  
профессионального образования «Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры» по диссертации на соискание ученой  
степени кандидата наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета Д 01.005.01 от 05.03.2020 г. № 36  
*(дата)*

**О ПРИСУЖДЕНИИ**

**Колосовой Нелли Вадимовны  
ученой степени кандидата технических наук**

Диссертация «Интенсификация процессов тепломассообмена в биогазовой установке для увеличения выхода горючих газов» по специальности 05.23.03 – теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение принята к защите «23» декабря 2019 г., протокол №35 диссертационным советом Д 01.005.01 на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, 2, приказ МОН ДНР №629 от 01.10.2015 г.

Соискатель Колосова Нелли Вадимовна, 1990 года рождения, в 2013 году с отличием окончила Донбасскую национальную академию строительства и архитектуры по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция». В 2016 году окончила аспирантуру ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» по специальности 05.23.03 - теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Работает ассистентом кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Государственного образовательного учреждения высшего

профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики.

Диссертация выполнена на кафедре теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент **Монах Светлана Игоревна**, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», кафедра теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции, доцент кафедры.

Официальные оппоненты:

1. **Недопёкин Фёдор Викторович**, доктор технических наук, профессор, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный университет» Министерства образования и науки ДНР, профессор кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии им. И.Л. Повха;

2. **Мартыненко Галина Николаевна**, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования ВО «Воронежский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,

г. Саратов, в своем положительном заключении, подписанном **Наумовой Ольгой Валерьевной**, к.т.н., доцентом кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция, водообеспечение и прикладная гидрогазодинамика», **Осиповой Натальей Николаевной**, д.т.н., профессором, заведующей кафедрой «Теплогазоснабжение, вентиляция, водообеспечение и прикладная гидрогазодинамика» указала, что диссертационная работа Колосовой Нелли Вадимовны «Интенсификация процессов теплообмена в биогазовой установке для увеличения выхода горючих газов» соответствует требованиям пункта 2.2. «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 13 работ, из которых: 6 работ опубликованы в рецензируемых научных изданиях, 6 – по материалам конференций и 1 патент на полезную модель.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Чеботарёва, О. В. Теплообмен с окружающей средой метантенка для сбраживания биомассы / О.В. Чеботарева, В.А. Сербин, Н.В. Колосова [Текст] // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. «Инженерные системы и техногенная безопасность». – 2010. – Вып. 2010–6(86). – С. 31 - 36. *(разработана математическая модель теплообмена метантенка с окружающей средой)*.

2. Колосова, Н.В. Процессы теплообмена в метантенке при сбраживании биомассы / Н.В. Колосова, О.В. Чеботарева, В.А. Сербин [Текст] // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. «Инженерные системы и техногенная безопасность». –2011. – Вып. 2011–5(91). – С. 31-37. *(разработана математическая модель теплопередачи*

*между греющим теплоносителем и сбраживаемой массой при механическом перемешивании).*

3. Сербин, В.А. Особенности теплообмена в метантенке при сбраживании неперемешиваемой биомассы / В.А. Сербин, О.В. Чеботарева, Н.В. Колосова [Текст] // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. «Инженерные системы и техногенная безопасность». –2012. – Вып. 2011–2(94). – С. 42-48. *(разработана математическая модель тепломассообмена в МТ при барботаже сбраживаемой массы).*

4. Чеботарева, О.В. Температурный режим сбраживаемой массы при загрузке в метантенк свежей порции отходов / О. В. Чеботарева, В. А. Сербин, Н.В. Колосова [Текст] // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. «Инженерные системы и техногенная безопасность». – 2013. – Вып. 2013–5(103). – С. 26-29. *(разработана методика определения температуры смеси после ввода в метантенк свежей порции органической массы)*

5. Колосова, Н.В. Оценка выбросов парниковых газов при хранении отходов животноводческих ферм / Н.В. Колосова, С.И Монах [Текст] // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. «Инженерные системы и техногенная безопасность». – 2015. – Вып. 2015–5(115). – С. 49-52. *(выполнена оценка влияния выбросов парниковых газов при хранении отходов животноводства).*

6. Колосова, Н.В. Математическая модель тепломассообмена при получении биогаза в метантенке / Н.В. Колосова, С.И Монах [Текст] // «Современное промышленное и гражданское строительство». –2019 – Т.15, №2. – С. 68-74. *(разработана математическая модель тепломассообмена в метантенке).*

На диссертацию и автореферат поступили 12 отзывов, в которых отмечается актуальность, новизна и достоверность полученных результатов, их значение для науки и практики. Все отзывы положительные:

**1. Александров Игорь Станиславович**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», РФ, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции. Замечания, содержащиеся в отзыве:

- физико-математическая модель, предложенная во второй главе, в качестве исходных данных использует, в частности, информацию о теплофизических свойствах теплоносителя и компонентов биогаза. В автореферате не указан источник этой информации. Это экспериментальные данные или уравнения состояния? Так как надежность данной информации существенно влияет на конечный результат, то этот момент требует разъяснений;

- результаты обработки данных теплофизического эксперимента в третьей главе следовало бы представить в виде критериальных уравнений теплообмена. Это бы повысило ценность и универсальность полученных результатов;

- хочется высказать пожелание сделать доступной компьютерную программу по проектированию метантенков, зарегистрировав ее в Реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности РФ.

**2. Зоря Ирина Васильевна**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, РФ, заведующая кафедрой теплогазоснабжения, водоотведения и вентиляции.

**Башкова Марина Николаевна**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», доцент кафедры теплогазоснабжения, водоотведения и вентиляции. Замечания, содержащиеся в отзыве:

- из автореферата (с.9) остается неясным как были получены зависимости основных характеристик (коэффициенты теплопроводности,

динамической и кинематической вязкости, плотность, массовая теплоемкость, число Прандтля);

- из автореферата также неясно, чем объясняется изменение ширины коридора доверительного интервала в зависимости от температуры окружающего воздуха на рисунках 9 и 10.

**3. Куцев Леонид Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», РФ, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Замечания, содержащиеся в отзыве:

- в автореферате отсутствует раздел «Условные обозначения», что затрудняет анализ представленных математических выражений;

- при описании экспериментальных исследований (стр. 12 - 15) с использованием матричного планирования эксперимента целесообразно более подробно описать факторы, интервалы их варьирования, матрицу;

- в описании алгоритма программы «Метантенк» (стр. 18) необходимо предусмотреть вариант возврата к начальным исходным данным в случае неполучения требуемых конечных параметров.

**4. Орлов Михаил Евгеньевич**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», РФ, заместитель заведующего кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции. Замечания, содержащиеся в отзыве:

- в автореферате не указано, каковы погрешности экспериментов, проведенных автором на экспериментальной установке;

- на с. 16 автореферата указано, что адекватность математической модели оценивалась с помощью критерия Фишера, но не указано, по каким критериям производилась оценка воспроизводимости результатов эксперимента и значимости коэффициентов в уравнении регрессии;

- из автореферата не ясно, влияет ли интенсификация процессов теплообмена в метантенке на изменение физико-химических свойств получаемого биогаза, в частности, теплоты сгорания.

**5. Сеницын Антон Александрович**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», РФ, заведующий кафедрой теплогазоводоснабжения;

**Павлов Михаил Васильевич**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», РФ, доцент кафедры теплогазоводоснабжения. Замечания, содержащиеся в отзыве:

- коэффициент теплопроводности сухих отложений биомассы на наружной поверхности змеевика принят заданным в диапазоне  $0,15 \div 0,25 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ . Возможно, стоило конкретизировать это свойство одним значением, в том числе, экспериментально;

- вероятно, что толщина слоя отложений в ходе эксплуатации змеевика МТ будет неравномерной по его поверхности. Для учета этого фактора можно было ввести поправочный коэффициент, влияющий на значение величины термического сопротивления слоя.

**6. Цветков Николай Александрович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», РФ, заведующий кафедрой теплогазоснабжения.

**Толстых Александр Витальевич**, кандидат физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», РФ, доцент кафедры теплогазоснабжения. Замечания, содержащиеся в отзыве:

- эмпирические зависимости теплофизических характеристик сбраживаемой массы положены в основу математической модели, разработанной автором, а также представлены в основных положениях, выносимых на защиту, однако методика проведения и планирования соответствующих экспериментов, ни в какой мере не отражена в автореферате диссертации. А эта информация может быть весьма важной при оценке достоверности предлагаемой математической модели и оценке границ ее применимости к различным видам сырья;

- в уравнение для определения скорости всплытия пузырька биогаза не

входит вязкость жидкой среды, т.е. предполагается, что реализуется турбулентный режим всплытия. Известно, что для высоковязких жидкостей при определенных значениях чисел Вебера и Рейнольдса возможен ламинарный режим всплытия пузырьков, при котором необходимо учитывать влияние вязкости на скорость всплытия. Необходимо было бы обсудить диапазоны чисел Рейнольдса и Вебера и размера всплывающих пузырьков, которые соответствуют рассматриваемым процессам, для оценки применимости предлагаемого уравнения скорости всплытия пузырьков, основанного на предположении об автомодельности относительно вязкости жидкой среды.

**7. Шевцов Михаил Николаевич**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО "Тихоокеанский государственный университет", г. Хабаровск, РФ, заведующий кафедрой инженерных систем и техносферной безопасности, профессор, заслуженный эколог РФ. Замечания, содержащиеся в отзыве:

- утверждение, сделанное на основе анализа литературных источников о том, что существующие конструкции МТ не позволяют обеспечить соблюдение температурного режима сбраживания, не подкреплено собственными практическими наблюдениями и испытаниями;

- нет предложений кроме греющего змеевика и его элементов по модернизации самой конструкции метантенка;

- желательно было провести производственные испытания предложенной технологии на существующем метантенке с усовершенствованными конструктивными параметрами для проверки эффективности полезной модели № 90880, F 24Н4/ОО опубл. 10.06.2014 г.

**8. Шибeko Александр Сергеевич**, Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь, старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Замечания, содержащиеся в отзыве:

- наличие опечаток и мелких неточностей (на страницах 6, 10, 16 и 19);



- на странице 14 указан недействующий ГОСТ 2823-73 «Термометры стеклянные технические. Технические условия», вместо него введён ГОСТ 28498- 90 «Термометры жидкостные стеклянные. Общие технические условия. Методы испытаний»;

-в выражении (6) на странице 10 допущены неточности:

-кинематический коэффициент вязкости является отношением (а не произведением) динамического коэффициента вязкости к плотности;

- множитель « $10^{-6}$ » не нужен, так как результат деления будет измеряться в  $\text{м}^2/\text{с}$  без введения дополнительных множителей.

**9. Еремкин Александр Иванович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО "Пензенский государственный университет архитектуры и строительства", заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

**Прохоров Сергей Григорьевич**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО "Пензенский государственный университет архитектуры и строительства", доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Замечания, содержащиеся в отзыве:

- как влияет вид биомассы (куры, свиньи) на ее теплофизические характеристики и характер отложений на поверхности змеевика?;

- какая часть получаемого биогаза идет на обеспечение теплового режима метантенка?

**10. Борисов Борис Никитович**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и гидравлики.

**Угорова Светлана Вениаминовна**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», заведующая кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции и гидравлики. Замечания, содержащиеся в отзыве:

- рассматривается мезофильный режим метанового брожения, но не анализировались процессы метанообразования при термофильных условиях (53°C), при котором выход биогаза значительно больше и объем метантенка меньше;

- в автореферате представлена только одна конструкция МТ, но не сравнивались с другими формами конструкций МТ. Так яйцевидная форма МТ обеспечивает минимальные теплотери.

**11. Шаповалов Александр Валерьевич**, кандидат технических наук, доцент, Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, заведующий кафедрой промышленной теплоэнергетики и экологии. Замечания, содержащиеся в отзыве:

- в тексте автореферата не обосновано утверждение о невозможности обеспечения требуемого температурного режима сбраживания в случае использования существующих модификаций метантенков (с. 8);

- не представлено сравнение основных технико-экономических показателей работы спроектированной биогазовой установки с существующими аналогами, имеющими сопоставимые рабочий объем метантенка и теплотехнологические параметры сбраживания;

- ошибочная запись последнего слагаемого в выражении (9) на с. 10: вместо « $t_{ср1}$ » должна быть указана температура поверхности внутренней стенки змеевика « $t_{ст1}$ »;

- для соотношений (15) и (16) на с. 16 не дана расшифровка параметра « $U_p$ »;

- несогласованность в использовании наклонного и прямого начертаний при обозначении символов и указании индексов одних и тех же параметров на с. 9-12 автореферата.

**12. Мазурова Ольга Константиновна**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», доцент кафедры теплогазоснабжение и вентиляция. Замечания, содержащиеся в отзыве:

- в формуле (3) следовало пояснить все буквенные обозначения входящих величин;

- в тексте на с. 10 автореферата при описании процессов теплопередачи от греющего теплоносителя к сбраживаемой массе четвертым процессом указывается теплоотдача от наружной стенки змеевика к сбраживаемой массе, а в уравнении теплового потока (12) на с. 11 приводится от слоя отложения к сбраживаемой массе;

- очевидно требует более подробного пояснения полученная зависимость среднесуточного выхода биогаза от месяца года, приведенная на рисунке 14 автореферата, так как, например, авторами Садчиковым А.В. и Кокаревым Н.Ф. в статье «Оптимизация теплового режима в биогазовых установках» говорится, что принципиально важно является закономерность: чем выше температура, тем быстрее происходит разложение и тем выше производство газа.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями и публикациями в области научной специальности 05.23.03 – теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- получена математическая модель теплообменных процессов в предлагаемой конструкции метантенка биогазовой установки, позволяющая регулировать интенсивность тепломассообмена при изменении температуры наружного воздуха и образовании отложений на наружной поверхности греющего змеевика;

- разработана математическая модель процессов тепломассообмена в условиях отсутствия механического перемешивания сбраживаемой массы и барботажа выделяющегося биогаза;

- впервые разработано математическое обеспечение для расчета конструктивных и технологических параметров биогазовой установки, представляющее собой алгоритм и программу расчета.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- на основе полученной математической модели тепломассообменных процессов в метантенке биогазовой установки разработана методика расчета температурного режима сбраживаемой массы в зависимости от толщины отложений на змеевике и колебаний температуры наружного воздуха;

- получены эмпирические зависимости теплофизических характеристик сбраживаемой массы от температуры сбраживания и объемной доли сухого вещества;

- разработана методика расчета скорости всплытия пузырьков биогаза для определения коэффициента теплоотдачи от греющего элемента к сбраживаемой массе при барботаже биогаза;

- предложена методика оценки экономической эффективности интенсификации процессов тепломассообмена в метантенке за счет регулирования температуры греющего теплоносителя в зависимости от толщины отложений на змеевике и колебаний температуры наружного воздуха;

- материалы диссертационной работы включены в рабочие программы учебных дисциплин «Энергосбережение в системах теплогазоснабжения и вентиляции», «Автономные системы энергоснабжения», «Моделирование процессов тепломассообмена в системах теплогазоснабжения» для подготовки бакалавров и магистров по направлению «Строительство».

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработана методика регулирования температуры греющего теплоносителя в змеевике метантенка в зависимости от толщины отложений на поверхности нагрева и температуры наружного воздуха;

- доказано увеличение объема выхода биогаза при реализации предложенного метода интенсификации теплообмена внутри метантенка;
- разработана программа расчета «Метантенк» для проектирования биогазовых установок и разработки температурных режимов подачи греющего теплоносителя в годовом режиме эксплуатации;
- обоснована экономическая эффективность предложенного метода интенсификации процессов теплообмена с целью увеличения объема выхода горючих газов;
- обоснована экологическая эффективность применения анаэробного сбраживания отходов животноводческих ферм в метантенках биогазовых установок.

Оценка достоверности результатов исследования выявила использование основополагающих положений теории тепломассообмена, современных методов математического моделирования, а также адекватностью результатов экспериментальных исследований. Достоверность обеспечивается также широкой публикацией работ по данной теме и обсуждением их на конференциях различного уровня.

Основные результаты диссертации докладывались на: IX-XI, XIII Международных конференциях молодых ученых, аспирантов и студентов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры «Здания и конструкции с применением новых материалов и технологий» (г. Макеевка, 2010, 2011, 2012, 2014 гг.); II Международной научно – практической конференции «Научно – техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях», Московский государственный строительный университет (г. Москва, 2010 г.); III международной конференции молодых ученых ERECS-2011 «Энергетика та системи управління», Национальний університет «Львівська політехніка» (г. Львов, 2011 г.); международной научно-практической конференции «Строительство-2013» (г. Ростов-на-Дону, 2013 г.); XXXX Всеукраинской студенческой научно-технической конференции «Научно-технические

достижения студентов строительной-архитектурной отрасли Украины» (г. Макеевка, 2014 г.); VIII Республиканской научно-практической конференции (с международным участием) «Современное строительство и архитектура. Энергосберегающие технологии» (г. Бендеры, 2016 г.); II Международной научно-технической конференции «Энергетические системы» (г. Белгород, 2017 г.).

Личный вклад соискателя включает постановку цели и задач исследования, разработку математической модели теплообмена в метантенке биогазовой установки, создание конструктивной схемы экспериментальной установки, проведение теоретических и экспериментальных исследований, разработку программы «Метантенк» для практических расчетов при проектировании, экономическое и экологическое обоснование предложенного метода интенсификации процессов теплообмена в биогазовой установке.

На заседании «05» марта 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Колосовой Нелли Вадимовне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного  
совета Д 01.005.01

д.т.н., профессор



А.В. Лукьянов

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 01.005.01

к.т.н., доцент

З.В. Удовиченко