

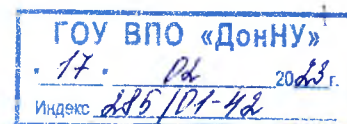
Отзыв официального оппонента
ГАСО Евгения Геннадьевича
на диссертацию КАРНАУХ Викторини Викторовны
на тему «Развитие научных основ совершенствования процессов охлаждения
оборотной воды и использования ее теплоты на предприятиях пищевых
производств», представленную на соискание ученой степени доктора технических
наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика

Актуальность темы исследования

Большая часть используемой экономикой энергии приходится на промышленность, которая в силу этого располагает значительным количеством вторичных энергетических ресурсов. Основные направления повышения эффективности на промышленных предприятиях ориентированы на снижение энергопотребления технологического оборудования (котлоагрегатов, печей, сушильных установок, сепараторов, двигателей, компрессоров) и совершенствование технологий производства. Одним из способов повышения эффективности энергопотребляющего оборудования является сбор и повторное использование тепловых отходов. Накопление и повторное использование теплоты позволяет замещать дорогостоящее топливо или электрическую энергию, не создавая при этом дополнительных выбросов вредных веществ в атмосферу. На сегодня идея утилизации тепловых ВЭР не нова, тем не менее, значительное количество тепловых ВЭР все еще остается не использованным, поэтому разработка научно-методологической базы по их внедрению, а так же создание новых и/или усовершенствование имеющихся теплоутилизационных технологий по широкомасштабному использованию низкопотенциальной теплоты представляет значительный инженерный интерес.

С этой точки зрения, задачи, решаемые в представленной на рецензирование диссертационной работе КАРНАУХ В.В. на тему «Развитие научных основ совершенствования процессов охлаждения оборотной воды и использования ее теплоты на предприятиях пищевых производств» являются **актуальными**, а предложенные в ней научно-методологические подходы по утилизации теплоты оборотной воды промышленного предприятия с целью теплоснабжения, обеспечения горячим водоснабжением и кондиционированием промышленных зданий, являются **важными и необходимыми**.

Общая характеристика работы, ее содержание отражено во введении, семи главах и заключении. Представленная диссертация изложена на 340 страницах, содержит 76 рисунков, 43 таблицы, приложения и список использованных источников из 345 наименований. Во введении обоснована актуальность диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи, приведена научная новизна, практическая и теоретическая значимость полученных результатов, изложены основные положения, выносимые на защиту.



Первый раздел соискатель посвятил детальному обзору работ по теме исследования. Охвачен довольно большой и разноплановый объем как российских, так и зарубежных публикаций. Отмечена ресурсная ценность оборотной воды и предложены направления ее эффективного использования. Выполнена постановка цели и задач исследования.

Во втором разделе выполнен анализ эффективности охлаждения теплообменного аппарата оборотной водой, что позволит при проектировании (эксплуатации) предприятий определять (прогнозировать) реальные количественные характеристики работы этих теплообменников при различных условиях эксплуатации (расход охлаждающей воды и ее входная температура), это в свою очередь необходимо для формулировки более конкретных требований к характеристикам водоохлаждающих устройств системы оборотного водоснабжения.

Третий раздел посвящен рассмотрению теории тепломассообменных процессов в водоохлаждающих устройствах с подвижными насыпными насадками. Автором предложена математическая модель процесса течения жидкостной пленки по элементу насадки, обдуваемой газом. Получены выражения для определения расхода жидкости в пленке смоченной поверхности насадки, критической скорости газа, при которой начинается интенсивный вынос капель, величины капельного уноса из псевдооживленного слоя. Экспериментально изучены особенности гидродинамики в противоточном тепломассообменном аппарате (ТМА) с насыпными шарообразными насадочными элементами, получены зависимости для определения критических скоростей (ω'_0, ω_1), расхода напора в рабочей зоне (Δp), задержки жидкости ($H_{ж}$) и динамической высоты слоя ($H_{д}$). Эта информация позволит выбрать рабочий режим ТМА, рассчитать высоту колонны и мощность вентилятора.

В четвертом разделе проанализированы возможности использования теплоты воды в цикле оборотного водоснабжения без повышения ее температурного уровня для теплоснабжения и предложены конкретные схемные решения, а именно: система «теплый пол», система для предварительного подогрева воды в цикле ГВС и системы типа «чиллер-фанкойл» для вентиляции воздуха. Отличительной особенностью всех этих схем является использование оборотной воды с низким температурным потенциалом.

В пятом разделе приведены авторская методика и результаты «пассивного эксперимента» по исследованию систем использования теплоты оборотной воды на базе парокомпрессионных теплонасосных установок (ПТНУ), использующих в качестве рабочего тела природные хладагенты и озононеразрушающие хладагенты четвертого поколения. При помощи метода нечетких множеств, основанного на многокритериальном подходе к выбору решения, разработана методика рационального выбора рабочих тел для энергопреобразующих систем, включая ПТНУ, использующих в качестве источника теплоту оборотной воды предприятий пищевых производств.

Шестой раздел посвящен обоснованию возможности и целесообразности использования теплоты оборотной воды для электрогенерации. Автор предлагает схемное решение для получения электроэнергии на установке, работающей по циклу Ренкина, где в качестве высокопотенциального источника принимается оборотная вода.

В седьмом разделе выполнена технико-экономическая оценка всех предложенных решений по использованию теплоты оборотной воды на предприятиях пищевых производств и показана инвестиционная привлекательность каждого предложения.

В заключении диссертационной работы приведены основные выводы, которые в достаточной степени отражают ее содержание.

Новизна основных научных результатов состоит в следующем:

1. Впервые предложен научно-обоснованный метод, позволяющий при проектировании (эксплуатации) предприятий, использующих водяные конденсаторы и теплообменные аппараты, охлаждаемые оборотной водой, определять (прогнозировать) реальные количественные характеристики работы этих аппаратов при различных условиях эксплуатации (расход охлаждающей воды и ее входная температура), что позволит сформулировать точные требования к характеристикам водоохлаждающих устройств системы оборотного водоснабжения.

2. Получило дальнейшее развитие моделирование процессов совместного тепломассообмена при испарительном охлаждении оборотной воды в градирне с подвижными насыпными насадками, что позволило установить зависимости по определению важнейших гидродинамических характеристик, необходимых для инженерных расчетов подобных водоохлаждающих аппаратов. Экспериментально установлено, что интенсификация тепломассообмена достигается специфическим характером движения жидкости в аппаратах с подвижной насадкой; определен оптимальный диапазон плотности насадочного слоя $\rho_{энШ}$ ($\rho_{эн} = 200 \dots 700 \text{ кг/м}^3$), отличающийся широким диапазоном скорости газа, приемлемыми значениями каплеуноса и сравнительно небольшой динамической высотой слоя.

3. Получил дальнейшее развитие научно-методологический подход для расчета и прогнозирования работы ПТНУ, работающих на хладагентах четвертого поколения и использующих оборотную воду ППП как источник низкопотенциальной теплоты, на основе современных эколого-энергетических показателей, что позволило разработать набор системных рекомендаций по выбору оптимальных параметров тепловых насосов.

4. Впервые при помощи метода нечетких множеств, основанного на многокритериальном подходе к выбору решения, разработана методика рационального выбора рабочих тел для энергопреобразующих систем, включая ПТНУ, использующих в качестве источника теплоту оборотной воды ППП, что будет

способствовать разработке концептуальных низкотемпературных технологий преобразования энергии с учетом компромисса между энергоэффективностью, экологическими ограничениями и экономическими показателями.

5. Получили дальнейшее развитие подходы к оценке эффективности энергосберегающих проектов за счет разработки системы критериев для комплексной оценки полезного использования теплоты оборотной воды, а именно: степень нереализованного потенциала энергосбережения, коэффициент энергетической эффективности способа утилизации теплоты, относительная стоимость сэкономленных энергоносителей, что позволяет выявить наиболее оптимальные схемные решения по энергосбережению.

6. Впервые предложены концептуальные положения по комбинированной утилизации оборотной воды на предприятиях пищевых производств, которые позволяют генерировать электроэнергию и обеспечивать нагрузки горячего водоснабжения, что позволит сформировать стратегические ориентиры модернизации теплового хозяйства предприятий пищевых производств.

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

Достоверность полученных научных положений, выводов и рекомендаций основана на использовании классических положений технической термодинамики, теплотехники и тепломассообмена, современных методов математического моделирования и математической статистики, использованием современных программных комплексов, результатов экспериментальных исследований, а также сопоставимостью с частными результатами других исследователей.

Теоретическая значимость исследования состоит в следующем:

- разработан научно-обоснованный метод, позволяющий при проектировании (эксплуатации) предприятий, использующих водяные конденсаторы и теплообменные аппараты, охлаждаемые оборотной водой, определять (прогнозировать) реальные количественные тепловые характеристики работы этих аппаратов при различных условиях эксплуатации;

- разработана концептуальная модель процессов совместного тепломассообмена при испарительном охлаждении оборотной воды в градирне с подвижными насыпными насадками и с ее помощью установлены рациональные параметры эксплуатации таких градирен;

- разработан методологический подход для количественного определения значений современных эколого-энергетических показателей применительно к расчету и прогнозированию работы парокompрессионных теплонасосных установок, работающих на хладагентах четвертого поколения и использующих оборотную воду ППП как низкопотенциальный ресурс;

- предложен комплексный показатель $D_{x.a.abc}$, позволяющий осуществить рациональный выбор рабочего тела энергопреобразующих систем в заданных производственно-технологических условиях;
- предложена и описана система критериев для комплексной оценки эффективности систем оборотного водоснабжения с точки зрения полезного использования теплоты оборотной воды;
- разработаны и исследованы схемы комбинированной утилизации оборотной воды на ППП на базе энергопреобразующих систем (ПТНУ и ОЦР).

Практическая значимость подтверждается тем, что в диссертации предложены способы и методы:

- повышения надежности и эффективности работы водоохлаждающих устройств при переходе на градирни с использованием подвижных насыпных насадок за счет установления обоснованных в работе рациональных конструктивных и технологических параметров этих устройств;
- использования теплоты оборотной воды для теплоснабжения без повышения ее температурного потенциала за счет разработки соответствующих технических решений;
- использования теплоты оборотной воды для теплоснабжения при повышении ее температурного потенциала при помощи теплового насоса за счет рационального выбора используемых рабочих тел для типичных условий ППП и поддержания рациональных технологических параметров процессов;
- производства электроэнергии при утилизации теплоты оборотной воды в предложенной технологической схеме процесса с учетом поддержания установленных рациональных значений технологических и конструктивных параметров.

Выводы и рекомендации практической направленности, предложенные в диссертационной работе, внедрены как на промышленных пищевых предприятиях: ООО ФИРМА «КОЛБИКО» (г. Донецк); ООО «Донецкий комбинат замороженных продуктов» (г. Макеевка), так и в учебном процессе ФГАОУВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (г. Самара) и ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени М. Туган-Барановского».

Апробация работы и публикации.

Основные результаты диссертационной работы КАРНАУХ В.В. докладывались и обсуждались более чем на 25 международных научно-практических отраслевых конференциях разного уровня, проводимых в Российской Федерации, Республике Беларусь, Турецкой Республике, Молдавской Республике, Донецкой Народной Республике.

По результатам исследования опубликовано 40 научных работ. Среди публикаций 20 в реферируемых периодических изданиях, включенных в перечень ВАК ДНР, в том числе 2 статьи ВАК РФ и 3 статьи в изданиях, включенных в международную наукометрическую базу Scopus; 2 раздела в коллективных монографиях и 18 публикаций в других изданиях, включая материалы и тезисы международных научных конференций.

Вопросы и замечания по диссертации:

- в рамках общей постановки задачи системного характера для сложных технических систем целесообразно привести развернутую структурно-логическую схему исследований, соответствующую поставленным в работе задачам;

- не до конца ясно, что вкладывает автор в название третьего раздела «обоснование теории теплообменных устройств...», одновременно приводя в этом разделе результаты экспериментальных исследований. Какая теория считается здесь обоснованной? Возможно, было бы более уместно ограничиться названием «уточнение некоторых теоретических аспектов...»?

- в третьем разделе в п.3.1. целесообразно было привести зависимости по определению коэффициента тепло-массопереноса для рассматриваемой трехфазной системы «газ-жидкость-твердое тело»;

- в четвертом разделе диссертации приведены общеизвестные схемы использования без их соответствующего анализа, уместных практических диапазонов и проблем применения указанных технологических решений, выбора оптимальных ниш их применения, и тем более без указанного в наименовании раздела «синтеза»;

- не совсем понятно, зачем в разделе 5 автору понадобились непроверенные зарубежные показатели «эквивалентных вкладов в парниковый эффект», сопровождаемые оценочными суждениями вроде «...чем больше *GWP*, тем больше конкретный газ нагревает Землю по сравнению с CO_2 за этот период времени» без приведения особенностей инженерных или физических механизмов этого «нагрева» Земли различными компонентами хладагентов;

- в этой связи не ясно, как соотносятся между собой положения методики «метрических оценок» работы утилизационных установок в п.5.1.1 в дилемме или трилемме между энергетикой, экономикой и экологией, и выполненный в п.5.4. «выбор хладагента методом многокритериальной оптимизации» Каковы веса и взаимосвязка этих критериев оптимизации?

- безусловно, диссертацию бы украсили численные оценки резервов и эффектов совершенствования процессов охлаждения оборотной воды с использованием ВЭР за счет различных частных и схемных решений, предлагаемых автором в разных разделах работы.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы и не ставят под сомнения основные результаты и выводы, полученные автором.

Заключение по работе

Основные результаты диссертационной работы удовлетворяют критериям новизны, достоверности и обоснованности. Диссертация обладает внутренним единством содержания. Материал изложен грамотно, последовательно, подробно. Личный вклад автора в работе полностью обоснован и подтверждается публикациями. Автореферат и публикации полностью отражают содержание диссертации, ее основные положения и выводы.

Таким образом, считаю, что диссертационная работа КАРНАУХ Виктории Викторовны на тему «Развитие научных основ совершенствования процессов охлаждения оборотной воды и использования ее теплоты на предприятиях пищевых производств», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика, является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой приведены пути решения важной народно-хозяйственной проблемы по утилизации низкопотенциальной теплоты предприятий пищевых производств.

Диссертация КАРНАУХ Виктории Викторовны на тему «Развитие научных основ совершенствования процессов охлаждения оборотной воды и использования ее теплоты на предприятиях пищевых производств» отвечает требованиям Высшей аттестационной комиссии (ВАК при Минобрнауки ДНР) к докторским диссертациям и соответствует критериям п.2.1 «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденного постановлением Совета Министров Донецкой Народной Республики от 27.02.2015 г. № 2-13, а ее автор, КАРНАУХ Виктория Викторовна, заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Официальный оппонент
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры промышленных
теплоэнергетических систем
ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский университет
«МЭИ»

ГАШО Евгений Геннадьевич

Я, ГАШО Евгений Геннадьевич, настоящим даю согласие на автоматизированную
обработку персональных данных.

« 9 » 02 2023 г.

ГАШО Евгений Геннадьевич

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«МЭИ»

111250, Россия, г. Москва,
вн. тер. г. муниципальный округ Лефортово,
ул. Красноказарменная, д.14, стр.1

Тел.: +7 495 362 75 60
E-mail: universe@mpei.ac.ru
Адрес сайта: <https://mpei.ru>

Подпись Гашо Евгения Геннадьевича заверяю:



ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ
Л.Н. ПОЛЕВАЯ

Полевая Людмила
Ивановна