

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева Воскобойникова Владимира Александровича на диссертационную работу Зиборова Дмитрия Михайловича «Обоснование применения водных растворов пропиленгликоля в качестве универсального теплоносителя в тепловом оборудовании предприятий питания», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств (технические науки)

На отзыв представлена диссертационная работа Зиборова Дмитрия Михайловича, изложенная на 123 страницах машинописного текста. Работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложений. Список литературы включает 157 источников, из них 17 зарубежных. Текст иллюстрирован 25 таблицами и 32 рисунками.

**Актуальность темы диссертации.** Работа Зиборова Дмитрия Михайловича посвящена актуальной проблеме – поиску нового промежуточного теплоносителя для теплового оборудования предприятий общественного питания. Производство готовой, полуготовой кулинарной продукции, а также полуфабрикатов представляет собой совокупность различных технологических процессов. Одной из важнейших видов тепловой кулинарной обработки является варка.

Особенностью варочных процессов является доведение жидкой пищевой среды до температуры кипения и последующее выдерживание в кипящей жидкости до состояния готовности, а также варка в среде влажного насыщенного пара. Варка в большом количестве жидкости главным образом реализуется в пищеварочных аппаратах с рубашкой (пищеварочных котлах).

Однако, используемые на сегодняшний день теплоносители, требуют повышенного давления в рубашке.

Для решения этой проблемы необходимо заменить водяной пар таким теплоносителем, который, обеспечивая технологический процесс необходимым температурным уровнем, не требовал бы избыточного давления в греющих рубашках и не оказывал бы коррозионного воздействия на внутренние стенки аппаратов.

Использование водяного пара в сравнительно небольших тепловых аппаратах, предназначенных для предприятий общественного питания, привел к значительному увеличению их металлоемкости (из-за повышенного давления пара) и усложнению конструкции.

Отсюда вытекает необходимость применения теплоносителей, обладающих температурой кипения при атмосферном давлении, которая несколько превышает температуру технологических процессов.

Используя данные теплоносители и их растворы, можно значительно снизить давление в греющих рубашках, а в некоторых случаях полностью избежать необходимости герметизации и вакууммирования теплообменников (за исключением случаев применения растворов этиленгликоля), упростить их конструкцию и значительно снизить материалоемкость.

**Научная новизна.** Автором проведена серьёзная работа, направленная на поиск перспективных промежуточных теплоносителей для теплового оборудования предприятий питания. Выполнен расчет теплофизических характеристик промежуточных теплоносителей – водных растворов, необходимых для расчета поверхностей нагрева теплообменников при их использовании, рассмотрены основные теплоносители, используемые в тепловых рубашечных варочных и жарочных аппаратах предприятий общественного питания и в системах жидкостного отопления мобильных предприятий общественного питания. Выполнен обзор аналитических методов расчёта теплотехнических характеристик водных растворов, необходимых для конструктивного расчета теплообменников.

**Теоритическая и практическая значимость работы.** В экспериментальной части исследования представлены результаты исследования воды и водных растворов пропиленгликоля различной концентрации в качестве промежуточных двухфазных теплоносителей и проведено сравнение температурных полей, теплотехнических характеристик, времени разогрева и других наиболее важных параметров работы экспериментальной установки в зависимости от типа теплоносителя, давления в рубашки и степени заполнения рубашки теплоносителем. В работе представлены результат технологических испытаний и рассчитан экономический эффект от применения водных растворов пропиленгликоля в качестве промежуточных двухфазных теплоносителей в рубашечном тепловом оборудовании предприятий общественного питания.

**Достоверность и обоснованность результатов исследования.** Представленный в диссертации материал свидетельствует о высокой компетенции и владении методами научного исследования, что отражает достаточный урвоень обоснованности и достоверности полученных научных результатов в научном исследовании.

Следует отметить то, что достоверность полученных научных выводов, основных положений и практических рекомендаций соответствует поставленным целям и задачам диссертационного исследования.

Диссертационная работа в целом изложена четким, научным языком, носит конкретный целенаправленный характер, обладает достаточной степенью достоверности и информативности. Научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы статистически обоснованными экспериментальными данными, полученными на специально созданном экспериментальном стенде.

Диссертация, представленная к оппонированию, изложена на 123 страницах машинописного текста. Работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложений. Список литературы включает 157 источников, из них 17 зарубежных. Текст иллюстрирован 25 таблицами и

32 рисунками. Основные результаты работы опубликованы в 9 печатных работах, в том числе в трех рецензируемых научных изданиях.

**Структура и объем диссертационной работе.** Во введении автором обоснованы актуальность и новизна работы, определяются цель и задачи исследования и практическая значимость работы. Далее приведен обзор информации по научной проблеме, связанной с темой диссертационного исследования, поставлены задачи исследования по определению теплофизических характеристик промежуточных теплоносителей – водных растворов, необходимых для расчета поверхностей нагрева теплообменников при их использовании, рассмотрены основные теплоносители, используемые в тепловых рубашечных варочных и жарочных аппаратах предприятий общественного питания и в системах жидкостного отопления мобильных предприятий общественного питания.

В первой главе автором проведен сравнительный анализ теплоносителей, используемых в системах теплоснабжения мобильных предприятий общественного питания, в технологических тепловых кулинарных аппаратах, отопительных системах и для горячего водоснабжения и предложены для использования в качестве двухфазных теплоносителей водные растворы, изменяющие точку кипения при изменении их концентрации. Рассмотрена возможность использования водных растворов солей и щелочей, повышающих точку кипения в результате температурной депрессии. Рассмотрены водные растворы этиленгликоля и пропиленгликоля, в которых понижается температура кипения при уменьшении их концентрации. Приведены обоснования требуемых температурных уровней, необходимых для эффективной работы низкотемпературного (варочного) и высокотемпературного (жарочного) теплового кулинарного оборудования.

Во второй главе приведены результаты расчетов теплотехнических характеристик водных растворов солей и щелочей, рассматриваемых в

качестве перспективного универсального двухфазного промежуточного теплоносителя.

Проведена оценка технической и тепловой целесообразности использования водных растворов солей и щелочей, а также этиленгликоля ( $C_2H_4(OH)_2$ ), пропиленгликоля ( $C_3H_6(OH)_2$ ), с целью их использования в пищеварочных котлах в двухфазном состоянии при температуре  $105...110\text{ }^\circ\text{C}$  при нормальном атмосферном давлении.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования воды и водных растворов пропиленгликоля различной концентрации в качестве промежуточных двухфазных теплоносителей и проведено сравнение температурных полей, теплотехнических характеристик, времени разогрева и других наиболее важных параметров работы экспериментальной установки в зависимости от типа теплоносителя, давления в рубашки и степени заполнения рубашки теплоносителем.

В четвертой главе приведены полученные автором экспериментальные данные, произведена их обработка и обобщение.

В пятой главе приведено сопоставление зависимостей коэффициентов теплоотдачи от пара к стенке  $\alpha_{cm}$  и величины теплового потока  $q$  от температуры жидкости в пищеварочном сосуде  $t_{ж}$  а так же зависимостей величины теплового потока  $q$  от разности температур пара и стенки греющего сосуда  $\Delta t$  для базового эксперимента и эксперимента, выполненного при исследовании серийно выпускаемых котлов, после чего приведены расчеты коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи, величин теплового потока при использовании чистого пропиленгликоля в качестве однофазного теплоносителя в жарочном оборудовании предприятий питания с косвенным обогревом. Представлены результат технологических испытаний и рассчитан экономический эффект от применения водных растворов пропиленгликоля в качестве промежуточных двухфазных теплоносителей в рубашечном тепловом оборудовании предприятий общественного питания.

Среди результатов исследования, проведенного автором, можно особо отметить следующее:

1. Предложено использование в качестве промежуточных теплоносителей водных растворов пропиленгликоля, обеспечивающих мягкий косвенный обогрев рабочих камер при давлениях, близких к атмосферному.
2. Обоснованы концентрации водных растворов пропиленгликоля для варочного и жарочного оборудования, аналитически определены теплота испарения, теплоемкость, теплопроводность, кинематическая вязкость, температуры кипения и кристаллообразования и их зависимости от температуры для данных теплоносителей.
3. Исследованы особенности теплообмена в рубашке электрического пищеварочного котла и получены расчетные соотношения для определения коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи как от греющего пара к стенке пищеварочного сосуда и от стенки пищеварочного сосуда к рабочей жидкости от тепловой нагрузки и температуры для указанных водных растворов пропиленгликоля.
4. Предложена уточненная методика расчета теплообменников с использованием в качестве промежуточного теплоносителя водных растворов пропиленгликоля.
5. Проведены технологические испытания, подтвердившие работоспособность теплового технологического оборудования с применением в качестве промежуточного теплоносителя водных растворов пропиленгликоля, при сохранении высоких органолептических качеств приготовленной на этом оборудовании пищевой продукции.
6. Определена экономическая эффективность применения теплоносителей на основе водных растворов пропиленгликоля в оборудовании предприятий общественного питания, вызванная сокращением материалоемкости и снижением сложности изготовления теплового оборудования.

По диссертации имеются следующие **замечания**:

1. В первой главе следовало бы привести классификацию существующих рубашечных теплообменников в виде таблицы.
2. В тексте встречаются определения, требующие уточнения, например «минимальный температурный перепад», «максимальная мощность». Их следовало бы подтверждать количественными данными.
3. Автору следовало бы разработать более короткое обозначение для водных растворов пропиленгликоля различной концентрации, что упростило бы восприятие информации.
4. В названии раздела 5.2 на странице 74 диссертации можно было бы изменить словосочетание на более подходящее по смыслу: «исследование теплообмена».
5. В разделе 5.3 диссертации при расчете экономической эффективности, следовало бы указать, для какого года актуальны приведенные в исследовании цены.

В целом замечания носят рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

**Заключение.** В целом диссертация является законченным квалификационным научным исследованием, в котором представлены и решены задачи, имеющие существенное значение для развития современных тенденций в области исследования промежуточных теплоносителей теплового оборудования предприятий питания. Поставленная цель достигнута, заявленные задачи, в целом, решены.

Выводы и результаты исследования доведены до уровня методических подходов и практических рекомендаций и могут найти применение при разработке теплового оборудования предприятий питания, использующего новые промежуточные теплоносители.

Диссертационное исследование автора и его результаты соответствуют установленным требованиям Паспорта специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что диссертация «Обоснование применения водных растворов пропиленгликоля в качестве универсального теплоносителя в тепловом оборудовании предприятий питания» соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842) предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Зиборов Дмитрий Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств (технические науки).

Официальный оппонент:

Воскобойников Владимир Александрович,  
доктор технических наук, профессор кафедры  
«Процессы и аппараты  
перерабатывающих производств»



13.09.2017

ФГБОУ ВО РГАУ –МСХА имени К.А.Тимирязева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева»

Адрес 127550; г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49, кафедра ПИА ПП.

Телефон: 8 -903 205 32 - 72

E-mail: info@rgau-msha.ru

