

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспертной комиссии диссертационного совета ДС.ТПУ.18 при ФГАОУ ВО Национальном исследовательском Томском политехническом университете по диссертационной работе Салума Амера «Характеристики работы водяного теплового насоса в условиях образования льда на поверхности трубки испарителя», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 — Промышленная теплоэнергетика.

«15» апреля 2019 г.

Экспертная комиссия, в составе: Заворин А.С., д.т.н., профессор; Кузнецов Г.В., д.ф.-м.н., профессор, г.н.с.; Табакаев Р.Б. к.т.н., доцент, н.с., рассмотрев диссертацию Салума Амера «Характеристики работы водяного теплового насоса в условиях образования льда на поверхности трубки испарителя», на соискание ученой степени кандидата технических наук, выполненную в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальном исследовательском Томском политехническом университете» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ) в рамках специальности 05.14.04 — Промышленная теплоэнергетика, по которой ведется поиск структур и принципов действия теплотехнического оборудования, которые обеспечивают сбережение энергетических ресурсов, уменьшение энергетических затрат на единицу продукции, сбережение материальных ресурсов, направляемых на изготовление теплопередающего и теплоизолирующего оборудования, защиту окружающей среды.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы, включающего 140 наименований. Диссертация изложена на 158 страницах, включает 12 таблиц и 54 рисунка.

Комиссия провела проверку и установила идентичность текста диссертации, представленной в диссертационный совет на бумажном носителе, тексту диссертации в электронном варианте в формате *.pdf. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты.

Комиссия, предварительно рассмотрев диссертацию Салума Амера «Характеристики работы водяного теплового насоса в условиях образования льда на поверхности трубки испарителя», пришла к выводу о соответствии указанной диссертации требованиям п.п. 8-12 «Порядок присуждения ученых степеней в

Национальном исследовательском Томском политехническом университете», утвержденного приказом ФГАОУ ВО НИ ТПУ от 06 декабря 2018 г. № 93/од.

1. Соответствие темы и содержания диссертации научной специальности и отрасли науки

Тематика диссертации

Целью диссертационной работы является установление основных закономерностей процессов образования и таяния льда на поверхности трубок испарителя водяного теплового насоса, функционирующего в условиях относительно низких температур воды в непроточном водном источнике теплоты, и анализ эффективности работы *ТНУ* при изменении интенсивности теплообмена в результате образования льда на поверхности трубки испарителя.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решены следующие задачи:

- Экспериментальное исследование процессов образования и таяния льда на рабочих поверхностях трубок испарителя *ТНУ*, погруженных в воду с температурой 280 - 286 К.
- Установление временных характеристик процессов кристаллизации воды и плавления льда в испарителе при работе теплового насоса в условиях низких температур водного источника низкопотенциальной теплоты.
- Анализ эффективности работы теплового насоса при образовании льда на трубках испарителя.
- Определение характеристик теплообмена между низкопотенциальным источником теплоты и хладагентом в трубке испарителя при образовании слоя льда на поверхностях трубки в условиях термогравитационной конвекции воды вследствие изменения температуры и плотности её различных слоев.
- Расчёт минимальной длины трубки испарителя, необходимой для испарения фреона в условиях кристаллизации воды на части её внешней поверхности.
- Моделирование процесса теплообмена в области трубки испарителя водяного теплового насоса.
- Разработка рекомендаций по повышению эффективности работы водяного теплового насоса при периодическом образовании и таянии льда на поверхности трубки испарителя в условиях, соответствующих непроточным водоёмам многих регионов России и Сирии в период весны, зимы и осени.

В диссертации информация представлена логично и структурировано, обладает внутренним единством, содержит

новые научные результаты в области промышленной теплоэнергетики. Работа имеет научное и практическое значение. Текст диссертации оригинален и полностью написан автором. В материалах диссертации и автореферате не содержится сведений ограниченного распространения, работа может быть опубликована в открытой печати.

2. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени и выполнение требований к публикациям основных научных результатов диссертации, предусмотренных пунктами 10 и 11 Порядка присуждения ученых степеней в НИ ТПУ

Основные материалы диссертации опубликованы в 7 работах, в том числе 4 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук, 3 публикаций в сборниках материалов международного семинара, международной и всероссийских научных и научно-практических конференций (из них 3 электронное издание).

По представленному библиографическому списку и перечню собственных публикаций автора можно сделать заключение о том, что основные положения диссертации достаточно полно изложены в опубликованных соискателем работах и апробированы на научных конференциях. Требования к публикации основных научных результатов диссертации выполнены полностью.

3. Выполнение соискателем пункта 12 Порядка присуждения ученых степеней в НИ ТПУ

Анализ текстов диссертации, публикаций соискателя и списка использованных источников позволяет сделать вывод, что в диссертации заимствованные материалы и отдельные результаты приводятся со ссылками на источники заимствования или их соавторов.

Требования п. 12 (*ссылаться на автора (авторов) и (или) источник заимствования материалов или отдельных результатов. При использовании в диссертации результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени лично и (или) в соавторстве, соискатель ученой степени обязан отметить в диссертации это обстоятельство*) полностью соблюдены.

Ссылки на библиографические источники, включая собственные публикации автора, оформлены в соответствии с требованиями стандарта, а библиографический список характеризует серьезную

глубину изучения автором рассматриваемого в работе научного направления.

4. Основные публикации, раскрывающие положения, выносимые на защиту

4.1. Экспериментально установленные временные характеристики процессов образования и таяния льда на поверхности трубки испарителя, а также изменения толщины слоя льда в зависимости от температур воды при ($280\text{ K} \leq T \leq 286\text{ K}$) и теплоносителя в системе обогрева помещения.

- Салум, А. Особенности использования геотермальной энергии с применением теплонасосных установок в условиях низких температур воздуха / В. И. Максимов, А. Салум // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.* – 2019. – Т. 330. – № 2. – С. 115–123.
- Салум, А. Работа водяного теплового насоса в условиях образования льда на поверхности трубки испарителя // *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики.* – 2019. – № 3–4. – С. 41–49.
- Saloum, A. Convection influence on ice formation process on the evaporator heat pump pipes/ A. Saloum, V. Maksimov // *MATEC Web of Conferences.* – 2017. – Vol. 141. – P. 1–5.

4.2. Результаты оценки эффективности работы водяного теплового насоса при нагревании воды в условиях образования льда на поверхности трубок испарителя, погруженного в воду с относительно низкой температурой (не более 286 K).

- Салум, А. Особенности использования геотермальной энергии с применением теплонасосных установок в условиях низких температур воздуха / В. И. Максимов, А. Салум // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.* – 2019. – Т. 330. – № 2. – С. 115–123.

4.3. Механизм влияния термогравитационной конвекции, возникающей в водоеме с непроточной водой вследствие перепада температур и плотностей по толщине слоя воды, на интенсивность теплообмена между хладагентом, циркулирующем в рабочем контуре теплового насоса, и низкопотенциальным источником теплоты.

- **Салум, А.** Математическое моделирование процессов теплопереноса при работе теплонасосных систем использования геотермальной энергии / В. И. Максимов, А. Салум // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.* – 2019. – Т. 330. – № 4. – С. 126–135.
- **Салум, А.** Нестационарность процесса выработки теплоты при работе тепловых насосов в зимних условиях / В. И. Максимов, А. Салум // *Промышленная энергетика.* – 2019. – № 3. – С. 46–53.

4.4. Алгоритм определения минимальной длины трубки испарителя, достаточной для испарения фреона в условиях образования льда на части поверхности трубки испарителя.

- **Салум, А.** Особенности использования геотермальной энергии с применением теплонасосных установок в условиях низких температур воздуха / В. И. Максимов, А. Салум // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.* – 2019. – Т. 330. – № 2. – С. 115–123.

4.5. Работа теплонасосных установок, ориентированных на использование теплоты низкопотенциального источника-воды непроточных водоёмов, на территории большей части РФ в зимний период года при характерных температурах воздуха менее 273 К сопровождается образованием льда на поверхности трубок испарителя.

- **Салум, А.** Особенности использования геотермальной энергии с применением теплонасосных установок в условиях низких температур воздуха / А. Салум, В. И. Максимов // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.* – 2019. – Т. 330. – № 2. – С. 115–123.
- **Saloum, A.** Convection influence on ice formation process on the evaporator heat pump pipes/ A. Saloum, V. Maksimov // *MATEC Web of Conferences.* – 2017. – Vol. 141. – P. 1–5.
- **Saloum, A.** An experimental study of the effect of water bodies temperature on water heat pump performance/ A. Saloum, V.

4.6. Максимально достижимый уровень температур теплоносителя системы локального отопления на базе теплонасосной установки в зимний период года на большей части территории РФ при использовании энергии водоёмов с непроточной водой не превышает 315 К в циклическом режиме работы.

- Салум, А. Особенности использования геотермальной энергии с применением теплонасосных установок в условиях низких температур воздуха / В. И. Максимов, А. Салум // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2019. – Т. 330. – № 2. – С. 115–123.
- Салум, А. Математическое моделирование процессов теплопереноса при работе теплонасосных систем использования геотермальной энергии / В. И. Максимов, А. Салум // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2019. – Т. 330. – № 4. – С. 126–135.
- Saloum, A. Efficiency evaluation for the heat pump system in sharp continental climate/ A. Saloum, V. Maksimov // *MATEC Web of Conferences*. – 2017. – Vol. 110. – P. 1–5.

Заключение

Тема и содержание диссертационной работы Салума Амера «Характеристики работы водяного теплового насоса в условиях образования льда на поверхности трубки испарителя» соответствует научной специальности 05.14.04 — «Промышленная теплоэнергетика». Материалы диссертации в полной мере изложены в работах, опубликованных соискателем ученой степени. Выполнены требования к публикациям основных научных результатов диссертационной работы, предусмотренные пунктами 10 и 11 Порядка присуждения ученых степеней, утвержденного приказом Национального исследовательского Томского политехнического университета от 06 декабря 2018 г. № 93/од. В диссертации отсутствуют материалы, заимствованные без ссылок на авторов и источники заимствования, результаты научных работ,

выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок на соавторов.

На основании вышеизложенного комиссия считает возможным принять диссертацию Салума Амера «Характеристики работы водяного теплового насоса в условиях образования льда на поверхности трубки испарителя» к защите в совете ДС.ТПУ.18 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика».

Члены комиссии:

Доктор технических наук,
профессор, руководитель НОЦ
И.Н. Бутакова НИ ТПУ

 А.С. Заворин

Доктор физико-
математических наук,
профессор, г.н.с. НОЦ И.Н.
Бутакова НИ ТПУ

 Г.В. Кузнецов

Кандидат технических наук,
доцент, н.с. НОЦ И.Н.
Бутакова НИ ТПУ

 Р.Б. Табакаев