

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Салума Амера**
«Характеристики работы водяного теплового насоса в условиях
образования льда на поверхности трубки испарителя», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.14.04 – промышленная теплоэнергетика

Повышение эффективности использования энергетических ресурсов и энергосбережение становятся в настоящее время одним из приоритетных направлений государственной политики России, что подтверждается принятым Федеральным Законом №261 от 23 ноября 2009 года «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, по этой причине внесены изменения в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Теплоснабжение в России с использованием теплонасосных установок перспективно. Преимущества в использовании тепловых насосов для нагрева воды очевидны. Они заключаются не только в уменьшении вредных выбросов, которые появляются в процессе горения топлива, но и в значительной экономии используемой энергии, так как коэффициент преобразования теплоты для тепловых насосов выше одного. Проблемным становится выбор источника низко потенциальной теплоты, что усложняет применение этой технологии на практике. Температура окружающей среды (воздуха) в отопительный сезон имеет низкие значения, установление и обслуживание теплового насоса с грунтовым теплообменником требует капитальных затрат. Применение воды как источника теплоты более эффективно, так как исключает недостатки при использовании грунта и воздуха, но прямой контакт между фреоновой трубкой испарителя и водой способствует образованию льда на поверхности его стенки, поэтому этот процесс требует всестороннего изучения.

Использование низкопотенциальной энергии водоемов с помощью теплонасосных установок в условиях низких температур окружающей среды (период времени «осень–зима–весна»), характерных для большей части территории России, связано с процессом образования льда на поверхности трубок испарителя теплонасосных установок, что приводит к изменению режима его работы. Анализ основных закономерностей процессов работы теплообменного оборудования, а также оценка энергоэффективности теплонасосных установок в условиях формирования слоя льда на рабочих поверхностях испарителя до настоящего времени не проводились. В связи с этим проблема достоверного, быстрого и экономически выгодного определения характеристики работы водяного теплового насоса в условия образования и таяния льда актуальна.

Актуальность диссертационной работы Салума Амера заключается в том, что она направлена на выявление временных характеристик процессов кристаллизации воды и плавления льда в испарителе при работе теплового насоса в условиях низких температур водного источника низкопотенциальной теплоты, а также установление показателей коэффициента преобразования теплоты для теплонасосной установки в условиях, соответствующих природным водным источникам Сирии и России.

Ценность для науки и практики результатов, представленных в диссертации Салума Амера, заключается в том, что установлены и систематизированы возможные циклические режимы работы тепловых насосов с учётом эксплуатационных условий при образовании и таянии льда на поверхности трубок испарителя. В работе представлены теоретические расчёты влияния термогравитационной конвекции, возникающей вследствие разности температур различных слоев воды в водоеме при работе теплового насоса, на временные характеристики процессов кристаллизации воды и таяния льда на поверхности трубки испарителя, погруженного в водный источник низкопотенциальной теплоты. Автором разработана методика определения минимальной длины трубки испарителя, необходимой для испарения фреона в условиях кристаллизации воды на части её внешней поверхности. Выявлена и научно обоснована зависимость характеристик работы водяного теплового насоса от температуры воды как источника низкопотенциальной теплоты и температуры теплоносителя в системе обогрева здания. Предложенный Салумом Амером способ эксплуатации в циклическом режиме водяного теплового насоса может применяться для обоснования экологической и экономической эффективности при его использовании для нагрева воды.

Эксперимент проводился три раза при одинаковых условиях. Определены средние значения, систематические и случайные погрешности измеренных величин (температура, толщина слоёв льда), что подтверждает достоверность полученных данных.

Наиболее значимыми, по мнению оппонента, являются следующие новые научные результаты, полученные Салумом Амером.

1. Впервые в экспериментах установлены показатели температур в различных узлах водяного теплового насоса (поверхностях испарителя и конденсатора и в воде, находящейся в их области).

2. Определено время образования и плавления льда и установлены размеры его слоёв.

3. Впервые рассчитан коэффициент преобразования энергии теплового насоса при условиях частичного покрытия трубки испарителя слоем льда.

4. Выявлены и научно обоснованы результаты воздействия термогравитационной конвекции, возникающей в водоеме при работе теплового насоса, на временные характеристики процессов кристаллизации воды и таяния льда на поверхности трубки испарителя.

5. Определены минимальные показатели длины трубки испарителя, достаточные для работы теплового насоса при определённой толщине льда на части рабочей поверхности испарителя.

Следует отметить аккуратность подходов и постановок в решении задачи систематизации возможных режимов работы тепловых насосов на практике для нагрева воды. Кроме того, Салумом Амером представлены практические рекомендации по выбору и применению теплонасосной установки для достижения необходимого и рационального уровня энергосбережения.

Основные недостатки диссертации заключаются в следующем:

1. Рассчитанная формула (2.8) мощности конденсатора для нагрева воды составлена без учёта энергетических потерь к окружающей среде.

2. Дискуссионный характер носит утверждение автора (стр. 86), что влияние естественной конвекции на процесс образования льда зависит от вертикальных координат местоположения трубки испарителя. Но в уравнении (3.5) выявлено, что масштаб увеличения слоя льда также зависит от температуры поверхности трубки.

3. На рисунке 4.7. (стр. 108) представлена зависимость оптимальной длины трубки испарителя, необходимой для испарения фреона в условиях кристаллизации воды на ее внешней поверхности, от толщины слоя образовавшегося льда. Автор рассчитал эту величину без учета возможного изменения диаметра трубы.

4. При анализе результатов аналитических расчетов длины трубки испарителя, работающего в условиях кристаллизации воды на теплообменной поверхности представлены только зависимости числа Нуссельта от времени работы теплонасосной установки и отсутствуют данные о числах Фурье, Стефана и Рэлея (стр. 105).

5. На стр. 104 представлены константы уравнения (4.5), полученные их обработки эксперимента. На стр. 135 представлены эти же константы, полученные из расчета по математической модели, изложенной в главе 5. Имеются существенные отличия в величинах констант a_1 , a_2 , которые не анализируются в тексте диссертации.

В целом, сделанные замечания не снижают высокой оценки диссертации Салума Амера «Характеристики работы водяного теплового насоса в условиях образования льда на поверхности трубки испарителя». Материалы диссертации опубликованы в научной печати (в том числе в журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации) и апробированы на всероссийских конференциях. Необходимо отметить высокий методический уровень применения нового подхода к созданию оснований для использования водяной теплонасосной установки для нагрева воды, учета реальных условий её эксплуатации. Автором диссертационной работы грамотно спланирована и проведена постановка задачи определения характеристик работы водяного теплового насоса в условиях образования льда на поверхности трубки испарителя. Проведен расчет минимальной длины

трубки испарителя, необходимой для испарения фреона в условиях кристаллизации воды на части её внешней поверхности. Представлен широкий анализ результатов исследований. Рукопись диссертации грамотно оформлена, материалы изложены последовательно и доказательно.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

На основании анализа представленных в диссертации Салума Амера исследований можно сделать заключение, что диссертация содержит новые результаты и является научно-квалификационной работой, в которой содержатся решения поставленной задачи, имеющей существенное значение для сферы теплоснабжения. Для увеличения эффективности использования энергии и уменьшения выбросов в атмосферу можно рекомендовать обеспечить широкое применение водяных тепловых насосов.

Диссертация соответствует требованиям ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Салум Амер, заслуживает присуждения его степени кандидата технических наук по специальностям 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Официальный оппонент,

Профессор кафедры математической
физики Федерального государственного
автономного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский
государственный университет»,
доктор физико-математических наук,
01.04.14 – теплофизика и теоретическая
теплотехника

10.10

Крайнов Алексей
Юрьевич

Национальный исследовательский Томский государственный университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 36
тел. 8(3822)52-98-45
e-mail: akrainov@ftf.tsu.ru

