

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль - 03.06.01 Физика и астрономия/ 01.04.14
Теплофизика и теоретическая теплотехника
Школа - ИШЭ
Отделение – Образовательный центр И.Н.Бутакова

Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы

Характеристики работы водяного теплового насоса в условиях образования льда на
поверхности трубки испарителя

УДК - 621.577:621.671:621.182.12

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A5-11	Салум Амер		21.05.2019

Руководителя профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор НОЦ И.Н. Бутакова	Логинов В.С.	д.ф.-м.н., профессор		21.05.19

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель отделения	Заворин А. С.	д.т.н., профессор		21.05.2019 г.

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
главный научный сотрудник	Кузнецов Г. В.	д.ф.-м.н., профессор		21.05.2019 г.

Томск – 2019 г.

В последнее время заметно возрастает интерес к технологиям, основанным на использовании нетрадиционных экологических возобновляемых энергоресурсов. В России расходуется значительное количество средств на традиционные системы отопления и ГВС, которые загрязняют окружающую среду, поэтому необходимо находить пути решения данной проблемы. По этой причине российские и зарубежные специалисты предлагают разработать и применять экологически безопасные и экономически эффективные теплонасосные установки (ТНУ), которые используют низкопотенциальные источники тепла (воздух, вода, грунт) для нагрева воды. При использовании сбросного тепла сточных вод и естественных водоёмов сокращаются затраты, по сравнению с грунтовым тепловым насосом, на создание самой конструкции и на её обслуживание. Вода обладает более высокими теплофизическими характеристиками, чем воздух, поэтому она является более эффективным энергоресурсом для ТНУ. Однако при работе водяного теплового насоса температура хладагента опускается ниже 273 К, что способствует образованию льда на трубках испарителя. Не обоснованы возможности и эффективность его эксплуатации в таких условиях. Проведено экспериментальное и теоретическое исследование процесса кристаллизации воды и плавления льда на теплообменных поверхностях трубок испарителя водяного теплового насоса, функционирующего в условиях относительно низких температур воды в непроточном водном источнике тепла (менее 286 К), что характерно для России и Сирии весной, осенью и зимой. Экспериментальные исследования осуществлялись при следующих условиях:

1. разных начальных значениях температуры воды вблизи трубки испарителя;
2. поддержании постоянной температуры вокруг конденсатора в ходе всего эксперимента;
3. разных начальных значениях температуры воды в области трубки конденсатора;

По результатам исследований получены характеристики процесса кристаллизации воды и плавления льда в зависимости от времени. Установлены основные закономерности теплообмена в условиях формирования слоя льда на поверхности трубки испарителя и термогравитационной конвекции, возникающей вследствие разности температур слоев жидкости в водоеме при работе теплового насоса. Выяснилось, что конвекция оказывает существенное влияние на скорость кристаллизации воды. Выполнена оценка коэффициента преобразования энергии теплового насоса в таких условиях. Для обеспечения продолжительности работы ТНУ и испарения фреона необходимо удлинить трубку испарителя в соответствии с алгоритмом, который представлен в диссертации, потому что слой льда уменьшает тепловой поток между хладагентом и водой. Полученные результаты позволили сделать вывод о возможности эксплуатации водяного теплового насоса при

периодическом образовании и таянии льда на поверхности трубки испарителя, в процессе которого возможен нагрев воды до температуры не более 315 К. В среде Comsol разработана математическая модель процесса тепломассопереноса между водным источником низкопотенциальной энергии и трубками испарителя, учитывающая влияние образования льда на теплообменных поверхностях испарителя и естественную конвекцию в непроточном водоеме. При сравнении полученных экспериментальным путем данных с теоретическими доказано, что их расхождение не превышает 10 % для показателей теплового потока. Полученная разность считается приемлемой и объясняется погрешностью экспериментальных измерений и влиянием внешних условий среды.