Кошелев, Валерий Леонидович. Методология выбора дросселирующих устройств холодильных машин малой холодопроизводительности : диссертация ... кандидата технических наук : 05.04.03 / Кошелев Валерий Леонидович; [Место защиты: С.-Петерб. гос. ун-т низкотемператур. и пищевых технологий].- Санкт-Петербург, 2010.- 214 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-5/1358

БАЛТИЙСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА

Кошелев Валерий Леонидович

«Методология выбора дросселирующих устройств

холодильных машин малой холодопроизводительности»

05.04.3. «Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники, систем кондиционирования и жизнеобеспечения»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: Ейдеюс А.И., к.т.н.

Калининград

2010 год

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

ГЛВА 1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СКВ 13

1.1 Показатели эффективности 13

1.2 Анализ эффективности одноблочных СКВ 16

1.3 Влияние КТ на работу СКВ в нерасчетных условиях 26

1.4 Эффективность многоблочных и многозональных СКВ 30

1.5 Эффективность СКВ с жидким хладоностелем 37

1.6 Эффективность судовых СКВ, 39

ГЛАВА 2. УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИРАБОЧИХ ВЕЩЕСТВ 49

2.1 Управление циркуляцией хладагента 49'

2'2 Применение электронных регулирующих вентилей 56

2.3 Согласование характеристик испарителей и РВ 66

2.4 Предотвращение влажного хода компрессора 71

2.5 Управление микроклиматом помещений 73

2.6 Управление многозональными СКВ 78

2.7 Управление СКВ с жидкими хладоносителями 85

ГЛАВА 3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА КАПИЛЛЯРНЫХ ТРУБОК 90

3.1. Состояние вопроса и теоретические основы 90

3.2. Составляющие перепада давлений- 95

3 .3 . Порядок численного расчета 99

3.4. Особенности программированного расчета 103

3.5. Уточнение расчетной модели и анализ результатов 110

3.6. Варианты учета скольжения фаз 114

ГЛАВА 4. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА 124

4 Л Построение характеристик КТ 124

4.2. Влияние режимных параметров 128

4.3. Проверка достоверности расчетов 133

4.4. Обобщение результатов расчета- 143

4.5. Расчет трубок при дросселировании пара Г48

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ 158

Перечень основных сокращений и обозначений 161

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 162

ПРИЛОЖЕНИЯ 174

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Впервые в нашей стране разработана методика расчета капиллярных трубок, основанная на закономерностях гидродинамики двухфазных потоков и пригодная для разных хладагентов с известными свойствами. За основу принята гомогенная модель адиабатного движения вскипающего хладагента. Решены вопросы определения коэффициента трения парожидкостной смеси, осреднения ее плотности и вязкости. Дана математическая формулировка ус­ловий наступления критического режима. Установлено влияние шероховато­сти медных трубок на движение дросселируемого хладагента.
2. Методика численного расчета КТ с делением ее на короткие участки переменной длины реализована в виде программы для ЭВМ, база исходных данных которой насыщена показателями свойств 12 хладагентов. Обобщен­ная программа представлена в удобном для пользователей виде. Она позво­ляет выбрать диаметр КТ и вид хладагента, задать его параметры на входе в трубку и определить длину, при которой наступает критический режим или давление потока совпадает с заданным давлением кипения хладагента в ис­парителе. Опробованы 4 модели учета истинного объемного паросодержания смеси. Лучшее совпадение с опытными данными пока что обеспечивает го­могенная модель. Тем не менее, в программу расчетов введен коэффициент скольжения фаз, при равенстве которого единице истинное и расходное объ­емные паросодержания совпадают.
3. Приведен порядок построения основной и дополнительной характери­стик КТ, первая из которых отражает зависимость массового расхода, а вто­рая-зависимость критической температуры (давления) насыщения от состоя­ния дросселируемого хладагента при фиксированных размерах трубки.
4. Сопоставление результатов многочисленных расчетов КТ с опытными и эмпирическими’данными зарубежных специалистов показывает в целом хо­рошее их совпадение. Обнаруживаются некоторые расхождения между дан­ными разных исследователей. В частности, с использованием методики рас­чета выявлены неточности в безразмерном уравнении и одном из графиков, приведенных в ASHRAE Handbook 2002 г. Установлена ограничеснная об­ласть применения обобщенного уравнения, опубликованного в статье [133].
5. Методика распространена на расчет адиабатического движения одно­фазной сжимаемой среды в трубопроводах с трением. На примере дроссель­ной трубки с парообразным хладагентом показаны преимущества расчетной методики перед полученными в газовой динамике безразмерными соотноше­ниями, основанными на зависимостях идеального газа. Установлено сущест­венное влияние изменения плотности пара или газа на потери давления в трубах при скоростях выше 40 м/с.
6. Сравнительный анализ технических характеристик современных СКВ показывает, что энергоэффективность их сложным образом зависит от целого ряда факторов. Подготовлен перечень научно-технических мероприятий, на­правленных на совершенствование судовых СКВ. На конкретном примере установлено влияние КТ на снижение эффективности ХМ в нерасчетных ре­жимах. Оно обусловлено уменьшением пропускной способности КТ при снижении давления конденсации. Предложено подбирать размеры КТ для одноблочных СКВ по характерным для конкретного региона параметрам ок­ружающей среды.
7. Выявлены особенности циркуляции хладагента и стабилизации темпе­ратурного режима в реверсивных ХМ для СКВ при использовании дроссель­ных устройств разного типа. Приводятся характерные схемы включения КТ. Показано широкое применение дроссельных трубок в современных ХМ для выполнения вспомогательных функций.
8. Отмечены достоинства использования электронных регулирующих вен­тилей в контурах регулирования подачи жидкого хладагента и поддержания температуры воздуха в помещении. Рассмотрены разновидности исполни­тельных устройств ЭРВ. Получено уравнение, по которому формируется ПИ- закон в системе импульсного регулирования перегрева пара на выходе из воздухоохладителя. Приводится классификация и описание работы шаговых двигателей с учетом способа питания и коммутации обмоток.
9. Разработана оригинальная схема устройства контроля влажного хода компрессора на базе дифференциальной термопары и электронного блока, который срабатывает при снижении перегрева пара лишь во время работы компрессора (патент №2362948). Дроссельное устройство в виде биметалли­ческих лепестков, на которое получен патент №1795427, предложено исполь­зовать для регулирования температуры в вентиляторных доводчиках СКВ с жидким тепло-хладоносителем.

Экспериментальная проверка качества функционирования многозо­нальной системы с ЭРВ в переходных процессах указывает на необходимость доступа специалистов по техническому обслуживанию СКВ к изменению па­раметров настройки систем цифрового регулирования