Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:
https://stuservis.ru/magisterskaya-rabota/6796

Тип работы: Магистерская работа

Предмет: Тепломассообмен

Оглавление
ВВЕДЕНИЕ 3
Глава 1. Современное состояние исследований в рассматриваемой области 5
1.1. Современные и перспективные парогенераторы 5
1.2. Инженерные методы расчета и проектирования парогенераторов 16
1.3. Теоретические и экспериментальные исследования процессов парообразования 18
Выводы по главе 1 23
Глава 2. Математическое моделирование процессов парообразование 25
2.1. Математическая модель процесса парообразования в замкнутом объеме 25
2.2. Математическая модель процесса парообразования в открытом канале 33
2.3. Моделирование процессов при различных внешних воздействиях 40
2.4. Математическая модель процесса парообразования в вертикальном канале 56
Выводы по главе 2 61
Глава 3. Процессы парообразования в элементах теплообменников 63
3.1. Результаты компьютерного моделирования 63
3.2. Разработка рекомендаций для повышения эффективности работы парогенераторов 71
3.3. Выводы по главе 3 78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 80
Список использованных источников 82
Приложение А 87

ВВЕДЕНИЕ
Пузырьковый режим кипения отличается высокими коэффициентами теплоотдачи. В различных областях техники процессы теплообмена при кипении жидкостей могут протекать с различной интенсивностью и могут существенно отличаться своими режимными параметрами. Для повышения компактности и эффективности работы испарителей тепловых насосов, холодильных машин и криогенных установок необходимо повышать их коэффициенты теплоотдачи при пузырьковом кипении с малыми значениями температурных напоров.
Задача о скорости роста паровых пузырей на теплоотдающей твердой поверхности значительно сложнее задачи о скорости роста пузыря в объеме перегретой жидкости и строгое аналитическое описание и решение этой задачи представляют значительную трудность. Во-первых, форма пузыря отличается от сферической и изменяется в процессе роста; во-вторых, более сложными являются условия подвода теплоты; в-третьих, при развитом кипении имеет место взаимное влияние соседних пузырей и т. д. Все эти факторы делают практически невозможным полный теоретический анализ процесса образования и роста пузырей и приводят к необходимости принятия у прощающих ограничений, позволяющих получить приближенные решения поставленной задачи. Н. Зубер высказал предположение о том, что при расчете скорости роста пузыря на поверхности нагрева возможно применение зависимостей, полученных для роста пузыря в объеме жидкости, исходя из того, что в процессе роста пузырь вытесняет из пристенного слоя перегретую жидкость и вокруг пузыря образуется слой жидкости. При росте пузыря основное количество теплоты передается через границу раздела фаз по контуру пузыря, а теплотой, передаваемой от поверхности нагрева к жидкости в нижней части пузыря, можно пренебречь. Д.А. Лабунцов показал, что такая модель процесса роста пузыря на теплоотдающей поверхности является ошибочной и неприемлемой. В работе В.В. Яговым была получена зависимость скорости роста пузыря, в которой учитывался как подвод теплоты от теплоотдающей поверхности у основания пузыря, так и подвод теплоты через межфазную поверхность пузыря от перегретой жидкости.
Целью работы являлось теоретическое исследование процессов парообразования в элементах теплообменных устройств.
Для решения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- анализ современных и перспективных парогенераторов, инженерных методик их расчета;
- математическое моделирование процессов парообразование в замкнутых и открытых каналах, различных внешних воздействиях;
- компьютерное моделирование процессов парообразования в элементах теплообменников на базе факторного и компонентного анализов;
- разработка рекомендаций для повышения эффективности работы парогенераторов.

Предмет исследование – теплообменные аппараты – парогенераторы.

Область исследования – процессы парообразования при кипении жидкостей с внешним подводом теплоты.

Глава 1. Современное состояние исследований в рассматриваемой области

1.1. Современные и перспективные парогенераторы

Парогенераторы применяются для очистки и эффективной дезинфекции поверхностей, очистки объемов со сложным пространственным строением. Использование высокотемпературных паров (95-1200С), а также с учетом его высокого давления и влажности создаются условия для дезинфекции без применения синтетических моющих средств, что создает возможность значительно сократить потребление воды.

Электрические электродные парогенераторы нашли применение в сфере выработки насыщенного водяного пара (от 10 до 250 кг/ч избыточного давления от 0,01 МПа до 0,55 Мпа и температурой от 105 до 1600С) на производствах: строительных материалов, пищевой отрасли, сельском хозяйстве, легкой, целлюлозно-бумажной отрасли, химической, фармацевтической, косметической, металлургической, табачной отраслях, медицине, в системах отопления открытого типа для обогрева бытовых и промышленных объектов инфраструктуры [1].

Постановлением правительства Российской Федерации от 17 июня 2015 г. № 600 «Об утверждении перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности» промышленные парогенераторы ИнтерБлок серии ST включены в класс технологий высокой энергетической эффективности как имеющие коэффициент полезного действия более 94% (КПД газовых парогенераторов ИнтерБлок серии ST составляет 99%, дизельных – 97%), что обеспечивает возможность предприятиям получение налоговых льгот: освобождение от налога на имущество, применение ускоренной амортизации, налогового кредита по налогу на прибыль.

Основные достоинства и преимущества парогенераторов серии ST:

• большая экономия топлива благодаря быстрому пуску и останову – 15 секунд;
• высокая экономичность – КПД до 99%;
• экологичность – не требуют дымовой трубы и системы утилизации уходящих дымовых газов;
• температура пара не зависит от давления;
• универсальность – одна установка обеспечивает производство технологического пара и горячей воды для технологических и бытовых нужд
• высокая гомогенность и стабильность термодинамических параметров технологического пара: теплоемкости, температуры, давления;
• малые габариты и вес – не требуются фундаменты,
специальные сооружения и машины большой грузоподъемности для монтажа;
• парогенераторы можно устанавливать в непосредственной близости от потребителей пара, что позволяет исключить потери теплоты в паропроводах.
• для ввода в эксплуатацию требуется 2-3 дня, оборудование поставляется заказчику в стационарном или контейнерном исполнении в полностью собранном виде;
• нет необходимости в сложных системах водоподготовки и деаэрации ввиду невысоких требований к качеству питательной воды, парогенераторы комплектуются простыми системами умягчения.
• возможна комплектация горелками для природного газа, пропана и дизельного топлива, переход с одного вида топлива на другой занимает 20-30 минут.
• гарантийный срок эксплуатации – 24 месяца.
• безопасность – давление парогазовой смеси (технологического пара) на выходе не превышает 0,06 МПа.

Рисунок 1. Промышленный парогенератор ИнтерБлок серии ST

Производство отечественных промышленных парогенераторов ИнтерБлок серии ST, не имеющих аналогов в европейских странах, и создание на их основе энергетических объектов малой и средней мощности для предприятий промышленности является основным направлением деятельности инженерной компании «ИнтерБлок», зарегистрированной в Москве в 1997 г.

Сборочное производство парогенераторов развернуто на предприятии ООО «ИнтерБлок-Техно» в г. Старый

Оскол Белгородской области. Производственная мощность предприятия 50-80 парогенераторов в год с возможностью увеличения их количества до 100-160 единиц оборудования в год [2].
Парогенераторы одни из важнейших элементов АЭС с реакторами с водой под давлением, основным назначением которых является выработка пара, поступающего на турбину. С 1977 года ОАО«ЗиО-Подольск» было начато изготовление парогенераторов для АЭС с ВВЭР-1000. Всего до настоящего времени изготовлено более 120 парогенераторов для АЭС с ВВЭР-1000 в России, на Украине, в Болгарии, Иране, Китае, Индии. Ведется модернизация парогенераторов, изготовленных ранее, для Ростовской АЭС.
Первые парогенераторы ПГВ-1000 были введены в эксплуатацию в1980 году на блоке №5 Нововоронежской АЭС.
В 1980 году были проведены Межведомственные испытания этих парогенераторов в составе блока АЭС. Блок был принят в эксплуатацию Государственной приемочной комиссией, а парогенераторы рекомендованы к постановке на промышленное производство для новых блоков АЭС с ВВЭР-1000.
С тех пор ведется изготовление парогенераторов этого типа для блоков АЭС с реакторными установками В-320 с ВВЭР-1000.
В настоящее время эксплуатируется 20 блоков АЭС, в составе которых работают 80 парогенераторов ПГВ-1000 (ПГВ-1000М) [3].
Основным элементов парогенераторов является пучок теплообменных трубок, через поверхность которых происходит передача тепла от рабочего тела к воде для ее последующего парообразования [4].
Парогенератор - это зона, где взаимодействуют между собой среды (вода и вода-пар) с разными температурами и скоростями и возникают температурные поля и напряжения.
Более того, ПГ - огромный отстойник всего второго контура и конденсата питательного тракта. Сюда направляются прямым путем все загрязнения, которые есть во втором контуре. В ПГ вливается полторы тысячи тонн воды в час, а выливается в двести раз меньше. Все остальное выходит в виде пара. В этих условиях ПГ превращается в настоящую коррозионную машину, где все загрязнения упариваются и концентрируются/
Вместе с тем, и это очень важно, ПГ является барьером(границей) между первым радиоактивным контуром и водопаровой средой, имеющей контакт с окружающим пространством, в связи с чем этот барьер должен быть надежным (плотным).
Теплообменные трубы – один из наиболее ответственных и металлоемких элементов, определяющих в последние годы фактический срок службы ПГ на АЭС с ВВЭР. Выход их из строя в процессе эксплуатации приводит к длительной остановке всего агрегата и к значительным экономическим убыткам [5].
Теплообменные трубы в парогенераторе работают в очень жестких условиях:
- давление в первом контуре 16,2 МПа, во втором контуре 7,00 МПа
- температура теплоносителя в реакторе на входе 298,60С, на выходе 329,70С
- паропроизводительность1654 т/ч.
Рисунок 2. Парогенератор ПГВ1500
По результатам эксплуатации в конструкцию парогенератора ПГВ-1000 были внесены некоторые изменения, и по решению Государственной комиссии парогенераторы были запущены в серийное производство как модификация ПГВ-1000М. Всего было изготовлено более 200 парогенераторов этой модификации.
Проект парогенератора ПГВ-1000МКП с опорами разработан на основе опыта конструирования, изготовления и эксплуатации парогенераторов типа ПГВ-1000 (ПГВ-1000М) для реакторных установок В-187 и В-320 АЭС с ВВЭР-1000, а также с учетом значительного опыта работы (с 1971 года) парогенераторов меньшей мощности на АЭС с ВВЭР-440.
Парогенератор ПГВ-1000М – горизонтальный, однокорпусный, с погружённой в воду 2-го контура трубчатой поверхностью теплообмена и встроенными паросепарационными устройствами, системой раздачи питательной воды, паровым коллектором, с погружённым дырчатым листом, системой раздачи аварийной питательной воды.
Собственно парогенератор ПГВ-1000МКП (рис. 3) представляет собой однокорпусный теплообменный аппарат горизонтального типа с погруженной теплообменной поверхностью и состоит из следующих частей:
- корпуса с патрубками различного назначения поз.1;
- коллекторов теплоносителя первого контура поз.2;
- роликовых опор поз.3;
- коллектора пара поз.4;

- гидроамортизаторов поз5.

Рисунок 3. Парогенератор ПГВ-1000МКП

В парогенераторе ПГВ-1000МКП использованы основные технические решения парогенератора ПГВ-1000М, включая схему сепарации и отбора пара.

Сепарация обеспечивается гравитационным осаждением капель влаги в паровом пространстве парогенератора. Отбор пара в паровой коллектор осуществляется через10 патрубков пара, перед которыми установлен пароприемный дырчатый лист, предназначенный для выравнивания паровой нагрузки. Коллектор пара расположен над парогенератором (ПГ). Он состоит из трубы 630х25 мм из стали16ГС, днища и десяти гнутых труб-колен Ду200 из стали 20. К нему на монтаже подсоединяется станционный трубопровод пара [6].

В реакторной установке ВБЭР-300 применен прямоточный модульный змеевиковый парогенератор с движением среды второго контура внутри труб. Теплообменная поверхность трубной системы состоит из 37 унифицированных змеевиковых паро-генерирующих модулей. Поверхность теплообмена модуля выполнена из труб 10×1,2 мм и состоит из семи рядов цилиндрических многозаходных змеевиков, навитых на центральную трубу модуля.

В схеме реактора IRIS используются прямоточные парогенераторы со спиральными пучками труб. Среда первого контура обтекает трубы снаружи. Внешний диаметр труб составляет 1,64 м. Каждый парогенератор содержит 656 труб. Трубы и коллекторы рассчитаны на полное давление системы охлаждения реактора. Пучок труб парогенератора находится внутри оболочки, играющей роль кожуха, образующего проход для потока воды первого контура. Каждый из восьми ГЦН прикреплён к верхней части корпуса парогенератора.

Змеевиковая конструкция труб обладает способностью компенсировать тепловые расширения без особых механических напряжений, а также высокой устойчивостью к колебаниям, возбуждаемыми потоком. Прототип такого парогенератора прошёл испытания в компании Ansaldo на 20-мегаваттной модели натурного диаметра, хотя и неполной высоты. Были подробно изучены технико-экономические параметры (тепловые потери давления, вибрация) определены области устойчивой работы.

Отличительной особенностью конструкции парогенератора является то, что теплоноситель первого контура обтекает трубы снаружи. Следовательно трубы парогенератора работают на сжатие и автоматически исключают возможность растрескивания при коррозии под растягивающим напряжением, которое стало причиной более 70% всех случаев разрушения парогенераторных труб. Трубы рассчитаны на максимальное наружное давление при отсутствии давления внутри. Компания Ansaldo разработала методы очистки и контроля парогенераторных трубок. Университеты Айовы и Мичиганский провели разработки новых технологий контроля деградации материалов и потери целостности, а также методов прогнозирования повреждения для принятия мер во время планово-предупредительного ремонта. Первым перспективным средством является электромагнитный акустический преобразователь, способный обнаруживать изменения диаметра трубы (уменьшение при коррозии и увеличение при отложениях), предупреждая операторов о возможных разрушениях [7].

Рисунок 4. Парогенератор реактора ВБЭР-300

Прямоточный парогенератор Н-272 перегретого пара предназначен для работы в составе энергоблока электрической мощностью800 МВт. Тепловая схема энергоблока БН-800 – трехконтурная. Теплоносителем в первом и вто-ром контурах является жидкий натрий, рабочим телом в третьем контуревода и пар. Реакторная установка энергоблока содержит три петли второго контура, каждая из которых включает в себя:

• два промежуточных теплообменника (ПТО);
• основные трубопроводы;
• парогенератора типа Н-272, состоящий из10 секций, буферной натриевой емкости (ББН) и трубопроводов обвязки с арматурой;
• главный циркуляционный насос второго контур а(ГЦН-II);
• система аварийного расхолаживания.

Парогенератор Н-272 - прямоточный теплообменный аппарат секционно-модульного типа, состоящий из10 однотипных секций, объединенных трубопроводами обвязки по натрию и воде-пару. ПГ снабжен вспомогательными трубопроводами заполнения и дренажа рабочих сред по 2-му и 3-му контурам, сдувки газа, система автоматической защиты парогенератора (САЗ). Арматура, имеющаяся на трубопроводах, позволяет отключить и вывести из работы любую из10 секций.

В течение ряда лет Подольский машиностроительный завод им. С. Орджоникидзе (ЗиО) совместно с

предприятиями и институтами отрасли проводил работы по проектированию и расчетно-экспериментальному обоснованию конструкции вертикального парогенератора насыщенного пара электрической мощностью 250 МВт (ПГВ-250). В соответствии с этим вертикальный парогенератор разработан в двух модификациях:

- на давление пара 6,4 МПа и температуру питательной воды220°С(па-раметры серийного горизонтального парогенератора ПГВ-1000);
- на давление пара 7,2 МПа и температуру питательной воды200°С(параметры унифицированной тепловой схемы).

Парогенератор ПГВ-250 (рис. 2) представляет собой вертикальный од-нокорпусный теплообменный аппарат рекуперативного типа со встроенным
сепарационным устройством.

Основными элементами парогенератора являются:

− корпус 1 с патрубками подвода питательной воды и отвода насыщенного пара, работающий под давлением второго контура;

− коллектор теплоносителя первого контура 2 с входным и выходным
патрубками в нижней камере и выемной разделительной втулкой 3;

− трубный пучок поверхности нагрева 4 в виде радиально установленных
плоских ширм с выделенным экономайзерным участком5;

− сепарационное устройство с двумя ступенями сепарации пара- центробежными
сепараторами(циклонами) 7 и жалюзийными сепараторами 8.

Секция парогенератора состоит из двух модулей: испарителя(И) и па-роперегревателя(ПЕ), соединенных между собой трубами перелива натрия.

Внешний вид секции парогенератора Н-272 представлена на рис. 5.

Каждый модуль, представляющий собой вертикальный теплообменник

• с прямыми трубками, состоит из следующих узлов:

• нижней и верхней камер по воде и пару;

• верхней и нижней камер подвода и отвода теплоносителя;

• корпуса с сильфонным компенсатором линейных удлинений;

• трубного пучка.

Корпусные детали испарителя и пароперегревателя изготавливаются из перлитной стали10Х2М [8].

Рисунок 5. Конструктивная схема двухмодульной секции парогенератора энергоблока БН-800

1-корпус; 2-коллектор первого контура; 3-выемная втулка; 4-трубный пучок; 5-экономайзер; 6-кожух; 7-центробежный сепаратор; 8-жалюзийный сепаратор; 9-коллектор питательной воды

Рисунок 6. Конструктивная схема вертикального ПГ насыщенного пара

Список использованных источников

1. Карелин А. Н. Электродные водонагреватели и парогенераторы — физика работы и управление / А. Н. Карелин // Промышленная энергентика. – № 1. – 2013. – С. 29-33.

2. Богомолов О.В. Опыт создания эффективных систем теплоснабжения / Богомолов О.В. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – №9-10. – 2015. – С. 30-31.

3. «Отчет об опыте эксплуатации и усовершенствованиях парогенератора типа ПГВ-1000М» ОКБ Гидропресс, 1998г.

4. Лукасевич Б.И., Трунов Н.Б., Драгунов Ю.Г. и др. Парогенераторы реакторных установок ВВЭР для атомных электростанций / ИКЦ «Академкнига», М, 2004 – 391 с.

5. Проблемы теплообменных труб для АЭС. Задачи и пути решения по повышению эксплуатационных свойств теплообменных труб / А. В. Серебряков, А. В. Серебряков, В. В. Мальцев [и др.] // Инновационные технологии в металлургии и машиностроении: материалы 6-й международной молодежной научно-практической конференции «Инновационные технологии в металлургии и машиностроении. Уральская научно-педагогическая школа имени профессора А. Ф. Головина», [г. Екатеринбург, 29 октября - 1 ноября 2012 г.]. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2012. — С. 588-593.

6. Лякишев С. Л., Трунов Н. Б., Сотсков В. В. Исследование течения пара в паровом коллекторе парогенератора ПГВ-1000МКП //Тяжелое машиностроение. – 2010. – №. 11.

7. Трунов Н. Б. и др. Прошлое и будущее горизонтальных парогенераторов //Вопросы атомной науки и техники. Серия" Обеспечение безопасности АЭС. – 2007. – №. 17-С. – С. 15-34.

8. Батырбеков Г.А. Сравнительный анализ современных проектов реакторов малой мощности [300 МВТ(Э)]

ВБЭР-300 И IRIS / Батырбеков Г.А., Кадыржанов К.К., Гучева О.А. // Вестник НЯЦ РК. – № 4. – 2008. – С. 12-21.
9. Основное оборудование АЭС : учеб. пособие / С. М. Дмитриев [и др.]; под ред. С. М. Дмитриева. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 288 с.
10. Рабинович Е. З. Гидравлика. М.: Недра, 1974. – 368 с. Нормативный метод гидравлического расчета паровых котлов. Т. 1. Л.: Энергоиздат, 1973. – 271 .с.
11. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1975. 463 с.
12. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. Новосибирск: Наука, 1970. – 273 с.
13. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Спр. пособие. М.: Энергоатомиздат , 1990. 367 с.
14. Воробьев А.В., Антонова А.М. Парогенераторы АЭС. Основные конструкции и проектирование Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 177 с.
15. Федоров Л. Ф., Рассохин Н. Г. Процессы генерации пара на атомных электростанциях. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 288 с.
16. Деев В. И., Соловьев А. И. О механизме кипения жидкого-натрия наповерхности нагрева при свободной конвекции. — Инж.-физ. журн., 1964, т. 7, №6, с. 8—11.
17. Fritz W. Berechnung des Maximalen Volumens von Dampfblassen. Zeitschrift fur Physik. 1935, Bd36, H. 11, S. 379—384.
18. Головин В. С. Экспериментальное исследование теплообмена, кризиса и механизма кипения органических жидкостей в условиях свободного движения. — Автореф. дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. М.: ЭНИН, 1977. 21 с.
19. Скицко А. И. Численное моделирование пароводяного потока в канале при нагреве теплоотдающей стенки //Промышленная теплотехника. – 2009. – № 9. – С. 127-129.
20. Rosten H., Spalding D. Phoenics Manual, CHAM, TR/100". – London. – 1986.
21. . Lai J. Farouk B. Numerical Simulation oubcooled Boiling and Heat Transfer in a VerticaDucts. – International Journal of Heat and Mas ransfer. – 1993. – P.1541-1551.
22. . Lopez de Bertodano M., Lahey R.T., Jones O.C. Phase Distribution in Bubbly Two Phase Flow in Vertical Ducts. – International Journal of Multiphase Flow. – 1994. – P. 805-818.
23. M. Kaviany . Principles of Convective Heat Transfer, Springer-Verlag, New York, 1994.
24. Лабунцов Д.А., Ягов В.В. Механика двухфазных систем. МЭИ. 2000. 373 с.
25. Ягов В.В. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях. Издательский дом МЭИ. 2014. 542 с.
26. Sodha M., Kumar A., Singh U., Tiwari G.N. 1980. Periodic theory of an open roof-pond, Applied Energy, Vol. 7, Issue 4, pp. 305-319.
27. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. Москва, Энергоиздат, 1981, 416 с.
28. S. Bower, J. Saylor. A study of the Sherwood–Rayleigh relation for water undergoing natural convection-driven evaporation. International Journal of Heat and Mass Transfer. 52. 2009. 3055–3063.
29. S. Bower, J. Saylor. Sherwood–Rayleigh Parameterization for Evaporation in the Presence of Surfactant Monolayers. AIChE Journal. January 2013. Vol. 59. No.1. 303-315.
30. А.С. Дмитриев, П.Г. Макаров, М.А. Эльбуз. Исследование пузырькового кипения в мезоструктурах микросфер (режим «прыгающих» пузырей). Естественные и технические науки, № 1(79), 2015, С. 12-15.
31. L. Rabie, H. Mostafa, G. Sultan, M.A. El-Booz. Forced Convection Heat Transfer in Circular Meso-Tubes. Int. J. Trans. Phenomena, Vol. 9, pp. 271–286. 2007.
32. Sartori E. A critical review on equations employed for the calculation of the evaporation rate from free water surfaces. Solar Energy. 2000. 68: 78–89.
33. Warnaka K, Pochop L. Analyses of equations for free water evaporation estimates. Water Resources Res. 1988. 24: 979–984.
34. Jones F. Evaporation of Water With Emphasis on Applications and Measurements. Chelsea. Michigan: Lewis Publishers. 1992.
35. Y. L. Yeu, A. Vakhguelt. An Experimental Study in the Fundamentals of Evaporation from Porous Structure. 10th IHPS,Taipei, Taiwan, Nov. 6-9, 2011.
36. Лапшин Р.М. , Хохлов В.Н. Теплогидродинамические процессы генерации пара в ЯЭУ: учеб. пособие / Р.М.Лапшин, В.Н.Хохлов ; Нижегород. гос.техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева.– изд.2-е, испр. – Нижний Новгород,2012. – 116 с.
37. Аладьев И.Т. (ред.) Вопросы физики кипения. Перевод с англ. под ред. Аладьева И.Т. – М.: Мир, 1964. 444 с.

38. Грачев Н. С., Худаско В. В. Расчет локальных характеристик теплообмена в парогенераторе //Теплофизика высоких температур. – 1978. – Т. 16. – №. 4. – С. 884-887.
39. Грачев Н. С. и др. Теплообмен и гидродинамика при кипении калия в трубах //Теплофизика высоких температур. – 1968. – Т. 6. – №. 4. – С. 682-690.
40. Верховский В. В., Данилова Г. Н., Тихонов А. В. Внутренние характеристики процесса и теплообмен при кипении хладагентов на поверхностях с исскуственными центрами парообразования //Proc. 4th Minsk International Heat and Mass Transfer Forum. – 2000. – С. 168-175.
41. Арзамасцев А. Г., Губарев В. Я., Морева Ю. О. Особенности расчета теплообмена при течении водовоздушного потока в каналах с конденсацией пара на поверхности //Инновационное развитие. – 2016. – №. 2. – С. 4-5.
42. Лукиша А. П. Теплообмен при испарении потока в цилиндрическом пористом канале //Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Механіка. – 2014. – №. 22, вип. 18 (1). – С. 107-114.
43. Сураев А. С. и др. Исследование парообразования и перегрева пара в тонкостенных теплообменных трубках // Вестник НЯЦ РК. – 2016. – С. 73.
44. Елин Н.Н., Мизонов В.Е., Якимычев П.В. Идентификация параметров математической модели тепломассообменных процессов в контактном теплообменнике //Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2011. – №. 2. – С. 33-35.
45. Северин В. П., Никулина Е. Н. Математическое моделирование парогенератора атомного энергоблока //Вестник НТУ «ХПИ»: Системный анализ, управление и информационные технологии. – 2006. – №. 19. – С. 145-150.
46. Пикина Г. А., Пащенко Ф. Ф. Модели тепловых процессов парогенератора // проблемы машиностроения и автоматизации. – 2014. – №. 1. – С. 143-149.
47. Ефимов А. В. Совершенствование и оптимизация моделей, процессов, конструкций и режимов работы энергетического оборудования АЭС, ТЭС и отопительных котельных [Текст] / А. В. Ефимов, Л. В. Гончаренко, Т. В. Потанина[и др.] – Х.: Підручник НТУ«ХПІ», 2013. – 376 с.
48. Ефимов, А. В. Конструкции, материалы, процессы и расчеты реакторов и парогенераторов АЭС[Текст] / А. В. Ефимов, Н. Н. Пелипенко. – Х.: Підручник НТУ«ХПІ», 2010. – 307 с. –
49. Теплотехника/ И. Н. Сушкин, А. А. Щукин, Р. Г. Зах [и др.]; под ред. И. Н. Сушкина. – [2-е изд. перераб.]. – М., 1973. – 480 с.
50. Вукалович, М. П. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара/ М. П. Вукалович. – Москва, 1965. – 400 с.

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:
https://stuservis.ru/magisterskaya-rabota/6796