**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  | ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ: | | | | | | | | | | | | | | |
| Факультет | А | |  | Заведующий кафедрой | | | | | |  | | | | А9 | | | | | | |
|  | индекс факультета | |  |  | | | | |  | | | | | | индекс кафедры | | |
| Выпускающая кафедра | А9 | |  | | Емельянов В.Н. | | |  | | | |  | | | | | | | |
|  | индекс кафедры | |  | | Фамилия ИО | |  | | | | подпись | | | | | | | | | | |
| Группа | А942 | |  | «\_\_\_\_\_» | |  | | | | | | | | | | 20\_\_\_ г. | | |
|  | индекс группы | |  |  | |  | | | | | | |  | | | |

**отчет**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **о прохождении** | | | преддипломной | | | | | | | | | | | | | | **практики** | | | | | | | |
| наименование практики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вихровой Ирины Андреевны | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Фамилия, имя, отчество обучающегося | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **обучающегося по**  **направлению/специальности** | | | | | | 13.03.01 | | |  | | Теплоэнергетика и теплотехника | | | | | | | | | |
| нужное подчеркнуть | | | | | | код | | | |  | | полное наименование направления/специальности | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Руководитель практики:** | | | | |  | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | Фамилия ИО, ученая степень, ученое звание, должность | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Срок прохождения практики:** | | | | с | | 21.05.2018 | | | | | | г. |  | по | 18.05.2018 | | | г. | | | |
| **Должность обучающегося на практике:** | | | | | | | Практикант | | | | | | | | | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Руководитель практики:** | | | |  | | |  |  | | | | |  | | | | | |
|  | | |  | Брыков Н.А. | | |  | |  | | |  | |  | | | | |
| Подпись | | |  | Фамилия ИО | | |  | |  | | | |  | |  | | |
| «\_\_\_» |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | |  | 20\_\_г. |  |  | |  |  | | | | |  |  | | |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2018 г.

|  |  |
| --- | --- |
| *voenmeh* | МИНОБРНАУКИ РОССИИ  федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего образования  **«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  **(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»)** |
| БГТУ.СМК-Ф-4.2-К5-01 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Факультет |  | А |  | Ракетно-космической техники |
|  |  | шифр |  | наименование |
| Кафедра |  | А9 |  | Плазмогазодинамика и теплотехника |
|  |  | шифр |  | наименование |
| Дисциплина |  | Теплоэнергетика и теплотехника | | |

РЕФЕРАТ

на тему

|  |
| --- |
| Интенсификация теплообмена в теплообменных |
| аппаратах |
|  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Выполнил студент группы | | | |  | А942 |
| Вихрова И.А. | | | | | |
| Фамилия И.О. | | | | | |
| **РУКОВОДИТЕЛЬ** | | | | | |
|  | |  |  | | |
| Фамилия И.О. Подпись | | | | | |
| Оценка |  | | | |  |
| «\_\_\_\_\_» |  | | | | 201\_г. |

Санкт-Петербург

2018 г.

**Оглавление**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Цели задачи учебной практики……………………………………….. | 4 |
| 1. Введение………………………………………………………………... | 5 |
| 1. Методы интенсификации теплообмена в теплообменных аппаратах……………………………………………………………….. | 6 |
| * 1. . Чистка и обработка поверхностей теплообмена………………........ | 7 |
| * 1. . Продувка межтрубного пространства от инертных газов…………. | 8 |
| * 1. . Искусственная турбулизация потока……………………………..... | 8 |
| * 1. . Оребрение и ошиповка поверхности теплообмена……………….. | 10 |
| * 1. . Установка различных перегородок в межтрубном пространстве теплообменника………………………………………………………... | 11 |
| 1. Заключение…………………..…………………………………………. | 13 |
| 1. Список литературы……………………………………………..……… | 14 |

# 1 Цели и задачи преддипломной практики

Целями преддипломной практики являются:

- закрепление теоретических знаний, полученных при освоении ОПП ПВО;

- изучение методов физического и численного моделирования в теплоэнергетике и теплотехнике;

- ознакомление с содержанием основных работ и исследований, выполняемых по направлению подготовки;

- приобретение практических навыков в будущей профессиональной деятельности или в отдельных ее разделах;

- усвоение приемов, методов и способов обработки, представления и интерпретации результатов проведенных практических исследований.

Задачами преддипломной практикиявляются:

- формулировка совместно с руководителем практики задания на практику и плана его выполнения;

- ознакомление с характером работ, проводимой кафедрой или предприятием, и участие в конкретной работе;

- сбор материалов по направлению подготовки;

- анализ итогов практики;

- подготовка и защита отчета по практике.

# Введение

Теплообменный аппарат (ТОА) или теплообменник - это устройство, предназначенное для передачи теплоты от одного теплоносителя к другому. Теплоносителем считается поток газа или капельной жидкости, нагреваемый и/или охлаждаемый в ТОА [1]. По назначению теплообменные аппараты делятся на холодильники, испарители, конденсаторы, подогреватели, то есть теплообменники работают и на нагрев, и на охлаждение. Этот фактор расширяет сферы применения этих устройств.

Тепловые процессы распространены в различных производствах: машиностроение, нефтепереработка, химическая, пищевая промышленность, производство строительных материалов. В любом хозяйстве завода обязательно есть множество теплообменных аппаратов. Например, на машиностроительных заводах тепловая энергия применяется для обеспечения целого ряда технологических процессов: нагрев воды в ваннах, сушка форм в сушилах. Кроме того, теплообменные аппараты часто являются вспомогательными устройствами в котельных, компрессорных станциях. На машиностроительных заводах есть бойлерные установки, в которых приготавливается горячая вода для производственных и бытовых нужд. На выходе из термических или нагревательных печей устанавливаются рекуперативные теплообменники для нагрева дутьевого воздуха отходящими дымовыми газами. На предприятиях химической промышленности также много теплового оборудования: реакторы, выпарные и ректификационные установки, испарители. На предприятиях пищевой промышленности много варочных аппаратов, холодильных установок, вакуумных и сушильных установок. В производстве стройматериалов используются сушильные установки, барабанные сушилки для сушки песка, гравия, холодильные установки.

Из-за обширного применения теплообменных аппаратов задача интенсификации теплообмена и создания высокоэффективных устройств актуальна для любой сферы народного хозяйства. Для улучшения характеристик теплоэнергетического оборудования необходимо разрабатывать новые конструкции теплообменных аппаратов, увеличивать эффективность теплообменных поверхностей, применять современные подходы к проектированию теплообменных аппаратов, создавать новые технологии их производства. В данной работе рассмотрен способ повышения эффективности теплообменных аппаратов путем интенсификации теплообмена.

Для интенсификации теплообмена в теплообменных аппаратах существует несколько приемов, которые будут далее рассмотрены подробно.

**3 Методы интенсификации теплообмена в теплообменных аппаратах**

Среди используемого теплообменного оборудования можно выделить два наиболее распространенных типа аппаратов - кожухотрубные и пластинчатые (рисунок 1).

|  |
| --- |
| 1128750438 |
| Рисунок 1- Типы теплообменников  (а - кожухотрубный ТОА, б – пластинчатый ТОА) |

Для этих теплообменников существуют различные способы интенсификации теплообмена:

1. Чистка и обработка поверхностей теплообмена;
2. Продувка трубного и межтрубного пространств от инертных газов;
3. Искусственная турбулизация потока;
4. Оребрение и ошиповка поверхности теплообмена;
5. Установка различных перегородок в межтрубном пространстве теплообменника [2].

**3.1 Чистка и обработка поверхностей теплообмена**

Загрязнение теплообменных поверхностей – одна из главных проблем, которая возникает при эксплуатации теплообменного оборудования и снижает эффективность его работы.

Если конструкция теплообменника плохо продумана, то требуется частая очистка теплообменных поверхностей и выполнение технического обслуживания затруднено. Важная проблема при обслуживании – трудный доступ к поверхностям теплообмена. Иногда обслуживание теплообменника обходится дороже, чем его стоимость.

Некоторые типы теплообменников в пищевой промышленности требуют ежедневного обслуживания, в то время как другие теплообменники могут работать без проведения сервисных работ до года и больше. Если теплообменник необходимо часто чистить, то доступ к теплообменным поверхностям должен быть простым. Если частое техническое обслуживание не требуется, то допустимы конструкции с более сложным доступом к поверхностям теплообмена. Таким образом, частота чистки теплообменника определяет его конструкцию при проектировании. Ясно, что производительность теплообменника при загрязнении снижается.

Существует два способа профилактики предотвращения загрязнений: химическая и физическая очистка. Химическая чистка представляет собой промывку и обработку поверхности теплообмена. Физический способ защиты поверхности осуществляется путём предварительного отделения из теплоносителей веществ и примесей, приводящих к образованию отложений [3].

**3.2 Продувка трубного и межтрубного пространств от инертных газов**

В присутствии [примесей процесс](http://chem21.info/info/1452362) [теплопередачи определяется](http://chem21.info/info/1758930) уже не [скоростью отвода](http://chem21.info/info/901744) тепла, выделяющегося при конденсации, а, [главным образом](http://chem21.info/info/460974), [интенсивностью движения частиц](http://chem21.info/info/637247) пара из [центральной части](http://chem21.info/info/1585715) трубок к поверхности, на [которой происходит](http://chem21.info/info/1481749) конденсация. В [процессе конденсации воздух](http://chem21.info/info/800988) концентрируется у  [поверхности охлаждения](http://chem21.info/info/410052) и создает [дополнительное сопротивление](http://chem21.info/info/938122) [движению пара](http://chem21.info/info/877909) к поверхности. Ограниченный приток пара к поверхности постепенно вызывает [увеличение толщины](http://chem21.info/info/404110)  [слоя инертных газов](http://chem21.info/info/862556), поэтому [коэффициент теплоотдачи](http://chem21.info/info/21337) снижается.

Поэтому так важно очищать межтрубное пространство от инертных газов. Но следует помнить, что в парогазовой смеси всегда [присутствует некоторое](http://chem21.info/info/1808661) [количество инертных](http://chem21.info/info/1334070) примесей даже после эффективного их удаления, что приводит к уменьшению [парциального давления водяного пара](http://chem21.info/info/535226) и [снижению температуры](http://chem21.info/info/380805), а, следовательно, [плотности теплового потока](http://chem21.info/info/147927).

**3.3 Искусственная турбулизация потока**

При низких значениях числа Рейнольдса с помощью искусственной турбулизации потока можно достичь значений коэффициента теплоотдачи, соответствующих развитому турбулентному режиму.

Турбулизация потока осуществляется за счет применения выступов на трубах, витых лент, шнеков (рисунок 2).

|  |
| --- |
| новый коллаж |
| Рисунок 2 – Способы искусственной турбулизации потока  (а - труба с выступами, б - витые ленты, в - шнек) |

Использование труб с выступами на стенках – один из наиболее эффективных способов интенсификации теплообмена. Высота выступов выполняется равной толщине пограничного слоя, вихревые зоны возникающие за этими выступами создают дополнительную турбулизацию и уменьшают пограничный слой, что обеспечивает интенсификацию теплообмена снаружи и внутри труб.

Интенсификация теплообмена за счет искусственной турбулизации потока не требует существенного увеличения наружного диаметра труб и поэтому применима в любых кольцевых каналах.

Важно помнить, что при повышении числа Рейнольдса, из-за снижения эффекта, получаемого от искусственной турбулизации, может наступить момент, когда темп роста теплоотдачи и развитие турбулентности будет экономически бесполезным[4].

**3.4 Оребрение и ошиповка поверхности теплообмена**

Использование оребрения (рисунок 3) и ошиповки (рисунок 4) поверхности теплообмена, выгодно как для повышения коэффициента теплопередачи, так и для снижения массы теплообменника.

|  |
| --- |
| ÐÐ°ÑÑÐ¸Ð½ÐºÐ¸ Ð¿Ð¾ Ð·Ð°Ð¿ÑÐ¾ÑÑ Ð¾ÑÐµÐ±ÑÐµÐ½Ð¸Ðµ ÑÑÑÐ± ÑÐµÐ¿Ð»Ð¾Ð¾Ð±Ð¼ÐµÐ½Ð½Ð¸Ð° |
| Рисунок 3 – Оребренная труба |

|  |
| --- |
| 05. ÐÑÐ¸Ð¿Ð¾Ð²ÐºÐ° ÑÐµÐ¿Ð»Ð¾Ð¾Ð±Ð¼ÐµÐ½Ð½Ð¸ÐºÐ¾Ð² |
| Рисунок 4 – Труба с ошиповкой |

Например, поверхность оребрения не подвержена одностороннему давлению, поэтому ребра можно выполнять из более тонкого материала, чем стенки труб, и этим достичь значительного снижения массы аппарата и расхода металла. Для увеличения поверхности теплообмена применяются совершенно разные виды ребер и шипов (рисунок 5).

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 5 – Виды ребер и шипов |

Однако увеличение поверхности за счет оребрения и ошиповки не всегда ведет к увеличению коэффициентов теплоотдачи. В ряде случаев теплообмен ухудшается [5].

**3.5 Установка различных перегородок в межтрубном пространстве теплообменника**

Посредством установки различных [перегородок](http://pronpz.ru/kozhuhotrubnye-teploobmenniki/peregorodki.html) (рисунок 6), которые создают перпендикулярное направление при обтекании пучка труб потоком, осуществляется увеличение теплоотдачи, а так же повышение жесткости конструкции трубного пучка.

|  |
| --- |
| ÐÐ°ÑÑÐ¸Ð½ÐºÐ¸ Ð¿Ð¾ Ð·Ð°Ð¿ÑÐ¾ÑÑ Ð²Ð¸Ð´Ñ Ð¿ÐµÑÐµÐ³Ð¾ÑÐ¾Ð´Ð¾Ðº Ð² ÑÐµÐ¿Ð»Ð¾Ð¾Ð±Ð¼ÐµÐ½Ð½Ð¸ÐºÐµÐÐ°ÑÑÐ¸Ð½ÐºÐ¸ Ð¿Ð¾ Ð·Ð°Ð¿ÑÐ¾ÑÑ Ð²Ð¸Ð´Ñ Ð¿ÐµÑÐµÐ³Ð¾ÑÐ¾Ð´Ð¾Ðº Ð² ÑÐµÐ¿Ð»Ð¾Ð¾Ð±Ð¼ÐµÐ½Ð½Ð¸ÐºÐµÐÐ°ÑÑÐ¸Ð½ÐºÐ¸ Ð¿Ð¾ Ð·Ð°Ð¿ÑÐ¾ÑÑ Ð²Ð¸Ð´Ñ Ð¿ÐµÑÐµÐ³Ð¾ÑÐ¾Ð´Ð¾Ðº Ð² ÑÐµÐ¿Ð»Ð¾Ð¾Ð±Ð¼ÐµÐ½Ð½Ð¸ÐºÐµ |
| Рисунок 6 – Виды перегородок |

Перегородки в теплообменном аппарате по расположению можно разделить на поперечные и продольные, при разном обтекании коэффициент теплоотдачи заметно отличается. Поперечное обтекание встречает большее сопротивление, получая большее возмущение. В результате возмущения увеличивается степень турбулизации потока, что приводит к увеличению коэффициента теплоотдачи от потока к стенкам труб снаружи.

Существуют, как односегментные перегородки, так и многосегментные. Если перепад давления, вызванный перегородками слишком большой или необходимо больше поддержек трубного пучка, чтобы предотвратить вибрацию, можно использовать двух- или даже трехсегментные перегородки (рисунок 7).

|  |
| --- |
| [Перегородки диск кольцо](http://pronpz.ru/wp-content/uploads/2017/08/heat-exchanger121246-638.jpg) |
| Рисунок 7 – Теплообменник с многосегментными перегородками |

Перегородки резко меняют траекторию движения потока, способствуя образованию вихрей. А это повышает эффективность теплоотдачи.

**4 Заключение**

Проблема создания высокоэффективных теплообменников очень важна в современном мире. Их эффективность в первую очередь характеризуется качественным процессом теплообмена. Интенсификация теплообмена – первый шаг к созданию инновационных и эффективных теплообменных аппаратов.

Рассмотренные выше методы интенсификации теплообмена более эффективны и чаще применимы, чем другие. Существуют еще некоторые способы повышения интенсификации теплообмена, такие, как подмешивание к потоку жидкости газовых пузырей, а к потоку газа - твердых частиц или капель жидкости, вращение или вибрация поверхности теплообмена, пульсации теплоносителя, воздействие на поток электростатических полей, струйные системы. Эффективность интенсификации для таких способов при существенно различных затратах энергии различна.

**5 Список используемой литературы**

1. Сахин В.В., Шалимов В.П., Теплопередача: Учеб. пособие/Балт.гос.техн.ун-т. СПб, 2003;
2. <http://www.teploobmenka.ru/oborud/art-intensification/> дата посещения 27.05.2018;
3. <http://www.bwt.ru/useful-info/1398/> дата посещения 27.05.2018;
4. А.С. Горшенин, Методы интенсификации теплообмена: Учеб. пособие/ Самарский государственный технический университет. Самара, 2009;
5. Вознесенский А.А. Повышение эффективности установок промышленной теплотехники. М. – Л., издательство «Энергия», 1965.