



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ПЕРМСКОГО КРАЯ

Государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение  
«Краевой индустриальный техникум»

Методическая разработка

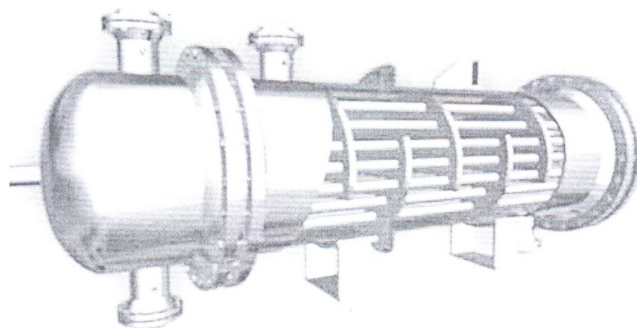
занятия по теме:

*«Технологический расчёт теплообменника»*

Междисциплинарный курс МДК01.01

*Технологическое оборудование и коммуникации*

Специальность: *18.02.09 «Переработка нефти и газа»*



Автор: Куканова Галина Борисовна

преподаватель высшей квалификационной категории

РАССМОТРЕНО  
Методической комиссией  
преподавателей  
укрупненной группы «Химические  
технологии»  
Протокол № 4, от «02» декабря 2021 г.  
Председатель ЦМК

  
Г.Б.Куканова

СОГЛАСОВАНО  
Методическим советом  
техникума  
Протокол № 3  
от «03» декабря 2021 г.  
Методист ГБПОУ  
«Краевой индустриальный  
техникум»

  
Л.Ю. Бушуева

Рекомендовано к участию в  
фестивале педмастерства

Председатель МС, руководитель УМЦ

Участник Г.Б. Куканова





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ПЕРМСКОГО КРАЯ  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Краевой индустриальный техникум»

Специальность: *18.02.09 «Переработка нефти и газа»*

Междисциплинарный курс: *МДК 01.01 «Технологическое оборудование и коммуникации»*

Преподаватель: *Куканова Галина Борисовна*

#### ПЛАН УЧЕБНОГО ЗАНЯТИЯ

Тема занятия: *«Технологический расчёт теплообменника»*

Формируемые знания по МДК, определенные стандартом (ФГОС):

*З1. Знать тепловые процессы и аппараты;*

*З2. Знать основы технологических, тепловых, конструктивных и механических расчетов оборудования*

Формируемые общие и профессиональные компетенции, профессиональные умения, определенные стандартом (ФГОС):

*У1. Контролировать эффективность работы оборудования*

*У2. Решать расчетные задачи с использованием информационных технологий*

*ПК 1.1 Контролировать эффективность работы оборудования .*

*ОК 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.*

*ОК 3 Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.*

*ОК 4 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития*

Цель занятия: *закрепление навыков по определению площади теплообмена в теплообменнике.*

Задачи занятия:

- *закрепить и расширить знания по теме «Теплообменное оборудование»;*
- *сформировать навыки по технологическому расчёту теплообменника;*
- *освоить алгоритм определения площади теплообмена в теплообменнике;*
- *сформировать навык решения задач с погружением в профессиональную среду*

Тип занятия: *усвоение новых знаний, формирование первоначальных профессиональных умений.*

Форма организации деятельности студентов: *фронтальная, индивидуальная, групповая*

Методы:

- организации и осуществления учебно- познавательной деятельности: *лекция с использованием слайд-презентации, беседа с постановкой проблемных вопросов, погружение в профессиональную среду, тестовые задания на компьютере работа с методическими рекомендациями и справочными материалами;*

- стимулирования и мотивации учебно- познавательной деятельности: *деловая игра, ситуация успеха*

- контроля и самоконтроля над эффективностью учебно-познавательной деятельности: *экспресс-опрос, тестирование, экспертное заключение.*

Использованные современные педагогические технологии: *проблемное обучение, технология игровых методов. кейс-технология, обучение в сотрудничестве, информационно-коммуникационные технологии*

Методическое обеспечение занятия: *слайд-презентация, методические рекомендации по определению поверхности теплообмена, справочные таблицы, критерии оценки задания*

Техническое обеспечение занятия: *Интерактивная доска с проектором, ноутбуки, калькуляторы.*

Тема: «Технологический расчёт теплообменника»

Вид занятия: практическое занятие

Время: 40 минут

№ п/п	Этапы занятия	Время (мин)	Задачи, решаемые на этапе	Содержание этапа	Формы, методы и средства обучения	Предполагаемый результат, формируемые З, У, ОК, ПК
1	2	3	4	5	6	7
1	Организационный момент	2	Создать благоприятные условия для взаимодействия преподавателя и студентов, сконцентрировать внимание	Представление. Приветствие	Фронтальная, живое слово преподавателя. Средства наглядности: слайды ( 1 )	Положительный эмоциональный фон. Готовность студентов к работе. ОК2, ОК3
2	Актуализация знаний	3	Проверка и закрепление ранее усвоенных знаний перед выполнением практической работы	Ответы студентов на вопросы	Фронтально-групповая. Живое слово преподавателя. Средства наглядности: слайды ( 2 )	Закрепление знаний 31, 32
3	Целеполагание	3	Мотивирование студентов к изучению темы	Формулирование темы и цели учебного занятия.	Фронтальная, живое слово преподавателя. Средства наглядности: слайды ( 3,4 )	Познавательный интерес к теме. Усвоение информации. 31, 32, ОК2, ОК3
4	Подготовка к практической работе	10	Сообщение проблемной (стимула ) и её реализация	Озвучивание стимула. С показом слайдов. Организация ролевой игры , проведение теста-рейтинга с использованием интернет-ресурса	Фронтальная, живое слово преподавателя. Лист с текстом стимула. Средства наглядности: Слайды (5,6 ) Ноутбуки	Приобретение навыков в организации собственной деятельности, принятие решений в нестандартной ситуации ОК2, ОК 3, ОК4

5	Практическая работа.	15	Выполнение практической работы (задачная формулировка)	Озвучивание задачной формулировки с показом слайдов. Организация деловой игры, консультирование, Экспертная оценка деятельности студентов	Групповая. Живое слово преподавателя. Средства наглядности: лист с текстом задачной формулировки, алгоритм расчёта, протокол с критериями оценки слайд ( 7 ) Ноутбуки	Осознание результатов своей работы 32, У2, ПК1,1, ОК3, ОК4
6	Подведение итогов	7	Внесение экспертных оценок в итоговый протокол ( в Google форме). Выражение мнения о занятии.	Экспертная оценка деятельности соискателей. Оценка результатов деятельности ведущих специалистов преподавателем. Заполнение Google формы	Фронтально-групповая. Живое слово преподавателя Показ слайда. Ноутбуки	Положительные впечатления от занятия ОК2, ОК3

## **Тема: «Технологический расчёт теплообменника»**

**Цель занятия:** закрепление навыков по определению площади теплообмена в теплообменнике

**Задачи занятия:**

- закрепить и расширить знания по теме «Теплообменное оборудование»;
- сформировать навыки по технологическому расчёту теплообменника;
- освоить алгоритм определения площади теплообмена в теплообменнике;
- сформировать навык решения задач с погружением в профессиональную среду

**Формируемое знание по МДК, определенное стандартом (ФГОС):**

З1. Знать тепловые процессы и аппараты;

З2. Знать основы технологических, тепловых, конструктивных и механических расчетов оборудования

**Формируемые общие и профессиональные компетенции, профессиональные умения, определенные стандартом (ФГОС):**

У1. Контролировать эффективность работы оборудования

У2. Решать расчетные задачи с использованием информационных технологий

ПК 1.1 Контролировать эффективность работы оборудования.

ОК 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3 Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

**Форма организации деятельности студентов:** фронтальная, индивидуальная, групповая

**Методы:**

- организации и осуществления учебно- познавательной деятельности: лекция с использованием слайд-презентации, беседа с постановкой проблемных вопросов, погружение в профессиональную среду, тестовые задания на компьютере работа с методическими рекомендациями и справочными материалами;
- стимулирования и мотивации учебно- познавательной деятельности: деловая игра, ситуация успеха
- контроля и самоконтроля над эффективностью учебно-познавательной деятельности: экспресс-опрос, тестирование, экспертное заключение.

**Использованные современные педагогические технологии:** : проблемное обучение, технология игровых методов. кейс- технология, обучение в сотрудничестве, информационно-коммуникационные технологии

**Методическое обеспечение занятия:** слайд-презентация, методические рекомендации по определению поверхности теплообмена, справочные таблицы, критерии оценки задания

**Техническое обеспечение занятия:** интерактивная доска с проектором, ноутбуки, калькуляторы

## *Ход занятия*

### **1. Организационный момент.**

- приветствие;
- концентрирование внимания (*проверка подключения ноутбука к интернету, проверка кейса*)

### **2. Актуализация знаний.**

- вводное слово;
- проверка ранее усвоенных знаний (*контрольные вопросы*)

### **3. Целепологание**

- совместная постановка цели и задач занятия;

### **4. Подготовка к практической работе**

- ролевая игра
- тест-рейтинг (электронный ресурс <https://quizizz.com>)  
(*лист с текстом стимула – приложение 1*)

### **5. Практическая работа.**

- деловая игра  
(*лист с текстом задачной формулировки – приложение 2, алгоритм определения площади теплообмена – приложение 3, справочные таблицы – приложение 4*)

### **6. Подведение итогов**

- внесение оценок в сводную таблицу в Google форме ведущими специалистами  
(*протокол №1 с критериями оценок – приложение 5*)
- оценка действий ведущих специалистов преподавателем  
(*протокол №2 с критериями оценок - приложение 6*)



## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

<b>Стимул</b>	<p>На одном из нефтеперерабатывающих заводов, вводятся новые производственные мощности. В связи с этим, в технологическом отделе добавлены 3 единицы должности техника-технолога, на которые был объявлен конкурс.</p> <p>Предварительное собеседование в отделе по оценке персонала прошли 5 соискателей. Начальник технического отдела принял решение отобрать на 3 имеющихся места претендентов по профессиональным компетенциям, предложив им выполнить профессиональное практическое задание. Оценить профессиональные компетенции претендентов, было поручено ведущим специалистам технического отдела</p>
---------------	--

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

<b>Задачная формулировка</b>	<p>Рассчитать поверхность теплообмена кожухотрубчатого испарителя для нагрева водяным паром кубовой жидкости ректификационной колонны для выделения пропиленовой фракции.</p> <p><b>Исходные данные</b> Давление в трубном пространстве (кубовой смеси) 1,3 МПа, в межтрубном (пара) — 0,5 МПа.</p> <p>Расход кубовой жидкости 36000 кг/ч, начальная температура кубовой жидкости 60 °С, конечная 120°С. Начальная температура пара 130 °С.</p> <p>Физико-химические характеристики теплоносителей при средней рабочей температуре:</p> <p>кубовая жидкость: коэффициент теплоемкости 1923 Дж/кгК). температура кипения 120 °С, теплота парообразования <math>137,652 \times 10^3</math> Дж/кг, энтальпия <math>558,9 \times 10^3</math> Дж/кг.</p> <p>пар: энтальпия греющего пара <math>2730 \times 10^3</math> Дж/кг, энтальпию конденсата определить по справочным таблицам.</p> <p>Коэффициент теплопередачи <math>K=300</math> Вт/(м<sup>2</sup>К)</p>
------------------------------	--

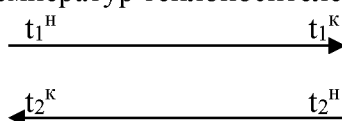
## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА ИСПАРИТЕЛЯ

### 1. Расчет среднего температурного напора ( $\Delta t_{cp}$ , °C)

Средний температурный напор (средняя разность температур теплоносителей) является движущей силой процесса теплопередачи. Как правило, лучшие условия теплообмена достигаются при движении теплоносителей противотоком.

1.1. Нагрев и охлаждение теплоносителей сопровождаются изменением их агрегатного состояния, например, насыщенный пар, нагревая воду до состояния кипения и последующего интенсивного испарения, сам конденсируется

Т.к. в процессе конденсации температура не изменяется,  $t_1^H = t_1^K = t_{гп}$ . Начертить схему направления движения теплоносителей при противотоке и рассчитать большую и меньшую разность температур теплоносителей на концах аппарата ( $\Delta t_6$  и  $\Delta t_m$ )



1.2. Найти отношение ( $\Delta t_6/\Delta t_m$ ).

1.3. Рассчитать средний температурный напор

если  $\Delta t_6/\Delta t_m \leq 2$

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2}$$

если  $\Delta t_6/\Delta t_m > 2$

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,3 \lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}}$$

### 2. Расчет средних температур теплоносителей ( $t_1, t_2$ , °C)

Средняя температура теплоносителей необходима для определения физических параметров теплоносителей.

Холодный теплоноситель  $t_2 = \frac{t_2^H + t_2^K}{2}$

Горячий теплоноситель  $t_1 = t_{гп}$

### 3. Расчет тепловой нагрузки (Q, Вт)

3.1 Тепловая нагрузка рассчитывается по формуле

$$Q = G_2 r + G_2 c_2 (t_2^K - t_2^H)$$

где:  $G_2$  – расход холодного теплоносителя, кг/с  
 $c_2$  – средняя теплоемкость холодного теплоносителя,

### 4. Расчет требуемой поверхности теплообмена (F, м²)

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{cp}}$$

где K – ориентировочный коэффициент теплопередачи

## Физические свойства водяного пара на линии насыщения

$t, ^\circ\text{C}$	$P$ бар	$\rho$ кг/м <sup>3</sup>	$i$ , кДж/кг	$r$ , кДж/кг	$c$ , кДж/	$\lambda$ , Вт/ (м $\cdot$ °C)	$\mu \cdot 10^6$ , Пас	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	$P_r$
100	1,013	0,598	2675,9	2256,8	2,135	0,02372	11,97	20,02	1,08
110	1,43	0,826	2691,4	2230,0	2,177	0,0489	12,46	15,07	1,09
120	1,98	1,121	2706,5	2203,8	2,206	0,02593	12,85	11,46	1,09
130	2,70	1,496	2720,7	2174,3	2,257	0,02686	13,24	8,85	1,11
140	3,61	1,966	2734,1	2145,0	2,315	0,02791	13,54	6,89	1,12
150	4,76	2,547	2746,7	2114,3	2,395	0,02884	13,93	5,47	1,16
160	6,18	3,258	2758,0	2082,6	2,479	0,03012	14,32	4,39	1,18
170	7,92	4,122	2768,9	2049,5	2,583	0,03128	14,72	3,57	1,21
180	10,03	5,157	2778,5	2015,2	2,709	0,03268	15,11	2,93	1,25
190	12,55	6,397	2786,4	1978,8	2,856	0,03419	15,60	2,44	1,30
200	15,55	7,862	2793,1	1940,7	3,023	0,03547	15,99	2,03	1,36
210	19,08	9,588	2798,2	1900,5	3,199	0,03722	16,38	1,71	1,41
220	23,20	11,62	2801,5	1857,8	3,408	0,03896	16,87	1,45	1,47
230	27,98	13,99	2803,2	1713,0	3,624	0,04094	17,36	1,24	1,54
240	33,48	16,76	2803,2	1765,6	3,881	0,04291	17,76	1,06	1,61
250	39,78	19,98	2801,1	1715,8	4,158	0,04512	18,25	0,913	1,68
260	46,94	23,72	2796,5	1661,4	4,468	0,04803	18,84	0,794	1,75
270	55,05	28,09	2789,8	1604,4	4,815	0,05106	19,32	0,688	1,82
280	64,19	33,19	2779,7	1542,9	5,234	0,05489	19,91	0,600	1,90
290	74,45	39,15	2766,4	1476,3	5,694	0,05827	20,60	0,526	2,01
300	85,92	46,21	2749,2	1404,3	6,280	0,06268	21,29	0,461	2,13
310	98,70	54,58	2727,4	1325,2	7,118	0,06838	21,98	0,403	2,29
320	112,90	64,72	2700,2	1238,1	8,206	0,07153	22,86	0,353	2,50
330	128,65	77,10	2665,9	1139,7	9,881	0,08257	23,94	0,310	2,86
340	146,08	92,76	2621,9	1027,1	12,35	0,09304	25,21	0,272	3,35
350	165,37	113,6	2564,5	893,1	16,24	0,1070	26,58	0,234	4,03
360	186,74	144,0	2481,2	719,7	23,03	0,1279	29,14	0,202	5,23
370	210,53	203,0	2330,9	438,4	56,52	0,1710	33,75	0,166	11,1

Физические свойства воды на линии насыщения

$t, ^\circ\text{C}$	$P,$ бар	$\rho'$ кг/м <sup>3</sup>	$i,$ кДж/кг	$c,$ кДж/(кг $\cdot$ °C)	$\lambda,$ Вт/(м $\cdot$ К)	$\mu \cdot 10^6,$ Пас	$\nu \cdot 10^6,$ м <sup>2</sup> /с	Pr
0	1,013	999,9	0,00	4,212	0,551	1788	1,789	13,6
10	1,013	999,7	42,04	4,191	0,574	1306	1,306	9,52
20	1,013	998,2	83,91	4,183	0,599	1004	1,006	7,02
30	1,013	995,7	125,7	4,174	0,618	801,5	0,805	5,42
40	1,013	992,2	167,5	4,174	0,635	653,3	0,659	4,31
50	1,013	988,1	209,3	4,174	0,648	549,4	0,556	3,54
60	1,013	983,2	251,1	4,179	0,659	469,4	0,478	2,98
70	1,013	977,8	293,0	4,187	0,668	406,1	0,415	2,55
80	1,013	971,8	335,0	4,195	0,674	355,1	0,365	2,21
90	1,013	965,3	377,0	4,208	0,680	314,9	0,326	1,95
100	1,013	958,4	419,1	4,220	0,683	282,5	0,295	1,75
110	1,43	951,0	461,4	4,233	0,685	259,0	0,272	1,6
120	1,98	943,1	503,7	4,250	0,686	237,4	0,252	1,47
130	2,70	934,8	546,4	4,266	0,686	217,8	0,233	1,36
140	3,61	926,1	589,1	4,287	0,685	201,1	0,217	1,26
150	4,76	917,0	632,2	4,313	0,684	186,4	0,203	1,17
160	6,18	907,4	675,4	4,346	0,683	173,6	0,191	1,10
170	7,92	897,3	719,3	4,380	0,679	162,8	0,181	1,05
180	10,03	886,9	763,3	4,417	0,674	153,0	0,173	1,00
190	12,55	876,0	807,8	4,459	0,670	144,2	0,165	0,96
200	15,55	863,0	852,5	4,505	0,663	136,4	0,158	0,93
210	19,08	852,8	897,7	4,555	0,655	130,5	0,153	0,91
220	23,20	840,3	943,7	4,614	0,645	124,6	0,149	0,89
230	27,98	827,3	990,2	4,681	0,637	119,7	0,145	0,88
240	33,48	813,6	1037,	4,756	0,628	114,8	0,141	0,87
250	39,78	799,0	1085,	4,844	0,618	109,9	0,137	0,86
260	46,94	784,0	1135,	4,949	0,605	105,9	0,135	0,87
270	55,05	767,9	1185,	5,070	0,590	102,0	0,133	0,88
280	64,19	750,7	1236,	5,230	0,574	98,1	0,131	0,90
290	74,45	732,3	1290,	5,485	0,558	94,2	0,129	0,93
300	85,92	712,5	1344,	5,736	0,540	91,2	0,128	0,97
310	98,70	691,1	1402,	6,071	0,523	88,3	0,128	1,03
320	112,9	667,1	1462,	6,574	0,506	85,3	0,128	1,11
330	128,6	640,2	1526,	7,244	0,484	81,4	0,127	1,22
340	146,0	610,1	1594,	8,165	0,457	77,5	0,127	1,39
350	165,3	574,4	1671,	9,504	0,430	72,6	0,126	1,60
360	186,7	528,0	1761,	13,984	0,395	66,7	0,126	2,35
370	210,5	450,5	1892,	40,321	0,337	56,9	0,126	6,79

## ПРОТОКОЛ №1

## оценивания выполнения практического задания соискателями

Соискатель \_\_\_\_\_

Ф.И.О

Параметр	Критерии	Max балл	Итог
Составление расчётной схемы	Вычесть все баллы, если расчётная схема составлена не верно	2,0	
Выбор расчётных формул	Вычесть все баллы, если расчётные формулы выбраны не верно не верно	2,0	
Расчёт среднего температурного режима	Вычесть все баллы, если расчёт среднего температурного режима выполнен не верно	2,0	
Нахождение физических величин по справочным таблицам	Вычесть все баллы, если физические величины определены не верно	2,0	
Расчёт тепловой нагрузки	Вычесть все баллы, если расчёт тепловой нагрузки выполнен не верно	2,0	
Расчёт поверхности теплообмена	Вычесть все баллы, если расчёт поверхности теплообменника выполнен не верно	2,0	
Оформление расчёта в соответствии с ГОСТ2.105-2019	Вычесть все баллы, если расчёт оформлен не верно	2,0	
Итого		14,0	

Эксперт \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Подпись

расшифровка

Дата \_\_\_\_\_

ПРОТОКОЛ №2

оценивания действий ведущих специалистов

Параметр	Критерии	Мах балл	Ф.И. ведущего специалиста				
Процедура оценивания	Вычесть все баллы, если ведущий специалист общался с соискателем во время оценивания	6,0					
Заполнение протокола №1	Вычесть все баллы, если протокол заполнен с исправлениями и небрежно	2,0					
Работа с электронными таблицами	Вычесть все баллы, если при работе с электронными таблицами допущены ошибки	6,0					
Итого		14,0					

Начальник технического отдела \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )

Подпись

расшифровка

Дата \_\_\_\_\_

## ПЕРЕВОД БАЛЛОВ В ОЦЕНКУ

<b>Баллы</b>	<b>Оценка</b>
12 - 14	5 (отлично)
8 - 10	4 (хорошо)
4 - 6	3 (удовлетворительно)
Менее 4	2 (неудовлетворительно)