



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Цель работы - выполнить проектировочный расчет конденсатора СКВ при заданных исходных данных: 1. режимных параметрах; 2. геометрии оребрений; 3. диапазонах работы теплообменника. Исследовать влияние геометрии оребрения на конструкцию и работу теплообменника.

Задание к работе. 1. ознакомиться с описанием работы с программой; 2. просчитать программу согласно исходным данным; 3. выполнить обработку результатов и оформить отчет.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ КОНДЕНСАТОРА

Для того чтобы получить конденсатор с оптимальными свойствами, необходимо последовательно провести технологическую, тепловую и противообледенительную оптимизацию конструкции теплообменника. Задачу можно считать решенной, когда будет найдена конструкция, удовлетворяющая всем трем условиям. В настоящий момент степень важности решаемых подзадач разная и выглядит следующим образом:

- 1). ТО не должен обмерзать на рабочем режиме;
- 2). ТО должен быть технологически удобным в изготовлении;
- 3). ТО должен обладать наилучшей тепловой эффективностью.

Такой приоритет объясняется требованиями промышленности. На первом месте стоит задача обеспечения работоспособности системы кондиционирования. На втором месте - наличие на конкретном производстве требуемых материалов и технологических процессов. Последнее место - за высокой эффективностью тепловых процессов.

С технической точки зрения для решения задачи необходимо подобрать такие свойства процесса теплопередачи в теплообменнике, чтобы обеспечить незамерзающее поле температуры пластины на рабочем режиме. Требуемые свойства можно оценить следующим выражением:



$$RR = \frac{m |T_2|}{|T_1|}, \quad (1)$$

где: T_1, T_2 - исходные температуры, $m = 1,2 \dots 1,5$ - коэффициент запаса, RR - отношение термических сопротивлений в процессе теплопередачи. Физический смысл (1) - степень "вероятности замерзания" (неблагополучности) конденсатора. Возможны три варианта: 1). $RR > 1$ - неблагоприятный режим: замерзание предопределено; 2). $RR = 1$ - возможно обмерзание части теплообменника; 3). $RR < 1$ - благоприятный режим: замерзание маловероятно. Таким образом, на стадии анализа исходных данных известны условия работы будущего теплообменного аппарата. Попытаемся априорно получить такие свойства будущего конденсатора, которые бы компенсировали "вероятность обмерзания".

1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Суммарное термическое сопротивление процесса теплопередачи для обрешенной поверхности описывается выражением:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{1}{\alpha_1 * F_1} + \frac{1}{\alpha_2 * F_2} + \frac{\delta}{\lambda * F} \quad (2)$$

где: R_1, R_2 - термические сопротивления процессов теплоотдачи, R_3 - термическое сопротивление теплопроводности стенки. Термическое сопротивление - является мерой сопротивления пристенного пограничного слоя при прохождении через него теплового потока; измеряется в градусах на единицу теплового потока.

Для задачи оптимизации конструкции теплообменников более удобным обобщенным критерием является отношение термических сопротивлений холодного и горячего тракта RR :

$$RR = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\alpha_1 * F_1}{\alpha_2 * F_2} \quad (3)$$

Если R_1, R_2 - абсолютное значение сопротивления процесса теплоотдачи (величина обратная коэффициенту теплоотдачи), то RR - относительная величина, - доля холодного сопротивления по сравнению с горячим. Физический смысл RR - во



сколько раз сопротивление со стороны холодного теплоносителя больше сопротивления горячего теплоносителя.

Этот параметр оказывает определяющее воздействие на температуру теплообменной поверхности, которая разделяет теплоносители. При этом возможны три случая: 1). $RR > 1$ - сопротивление с холодной стороны больше, чем с горячей: температура поверхности ближе к горячему теплоносителю; 2). $RR = 1$ - сопротивления равны: температура поверхности на равном удалении; 3). $RR < 1$ - сопротивление с горячей стороны больше, чем с холодной: температура поверхности ближе к холодному теплоносителю.

Таким образом, если научиться задавать через конструктивные параметры теплообменника величину RR , то станет возможным “управление” температурой теплообменной поверхности. Задавая желаемую температуру поверхности, можно вести борьбу с обмерзанием.

1.3. АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ КОНДЕНСАТОРА

На практике для предварительного анализа вместо (3) более удобно использовать следующее выражение:

$$RR = \frac{R_2}{R_1} = \frac{RE1 \cdot FIO1}{RE2 \cdot FIO2}, \quad (4)$$

где: $RE1, RE2$ - исходные значения режимов течения теплоносителей; $FIO1, FIO2$ - коэффициенты оребрения теплообменной поверхности. Последнее выражение отличается от (3) на некоторую константу, однако в нем отсутствуют значения коэффициентов теплоотдачи и площадей теплообмена, которые обычно становятся известными в конце проектировочного расчета теплообменника.

Нетрудно заметить, что в уравнениях (1), (4) параметр RR одинаков. Если уравнение (1) содержит условия работы теплообменника, то уравнение (4) - конкретные параметры будущего теплообменного аппарата. Приравняв эти выражения, получим формулу для алгоритма поиска оптимальной конструкции конденсатора:

$$RR = \frac{m |T_2|}{|T_1|} = \frac{RE1}{RE2} \cdot \frac{FIO1}{FIO2} = ARE * AF, \quad (5)$$



Новосибирский государственный технический университет

А.В. Чичичндаев

Тепломассообменные аппараты.

Проектирование теплообменника-конденсатора

где: ARE - параметр, описывающий соотношение режимных параметров теплоносителей; AF - параметр, описывающий соотношение площадей оребрений.

В зависимости от тяжести рабочего режима возможны три схемы поиска требуемого теплообменника. Случай 1). $RR > 1$ - неблагоприятный режим: необходимо задавать $ARE > 1$ и $AF > 1$. Случай 2). $RR = 1$: в зависимости от дополнительных ограничений можно идти либо путем $ARE > 1$, либо путем $AF > 1$. Случай 3). $RR < 1$ - благоприятный режим: в самом простом случае можно ограничиться условием $ARE = 1$ и $AF = 1$, в более сложных: $ARE > 1$ и $AF < 1$ или $ARE < 1$ и $AF > 1$.

С точки зрения конструкции теплообменника параметр ARE отвечает за режимы течения теплоносителя (ламинарный - турбулентный), а параметр AF - за величины оребренности поверхности. Изменяя входящие в них числа $RE1$, $RE2$ и $FIO1$, $FIO2$, можно получить любой требуемый вариант RR .

1.4. КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ КОНДЕНСАТОРА

Задача оптимизации конструкции конденсатора может считаться законченной, когда по результатам проверочного расчета на рабочем режиме обеспечивается условие $FOBM$ не более 10 ... 20 %. На основании опыта проектирования можно говорить о следующих возможных вариантах окончательных решений.

Благоприятный режим. Соответствует случаю, когда входная температура горячего теплоносителя превышает по модулю входную температуру холодного теплоносителя ($T1 > T2$). Одинаковые термические сопротивления теплоносителей ($R1 = R2$) в процессе теплопередачи дают положительное поле температур пластины - обмерзания нет. Таким условиям вполне удовлетворяет обычный однозаходный теплообменник, спроектированный на максимальную термическую эффективность и минимальные гидравлические потери. В случае заметного превышения $T1$ над $T2$ имеет смысл уменьшить термическое сопротивление по холодному теплоносителю, чтобы снизить температуру пластины до более благоприятной для процесса конденсации.

Удовлетворительный режим. Соответствует случаю $T1 = T2$, когда условие $R1 = R2$ приводит к распространению отрицательной температуры на заметную часть пластины. В этом случае желательно уменьшать термическое сопротивление горячего теплоносителя ($R1 < R2$), чего можно добиться путем соответствующего



изменения режимов течения либо геометрии однозаходного теплообменника. Допускается наличие небольшого участка пластины с отрицательной температурой (менее 25% площади), что можно компенсировать ПОС.

Неблагоприятный режим. В этом случае $T_1 < T_2$ и условие $R_1 = R_2$ дает отрицательное поле температур пластины. Необходимо любыми способами снижать R_1 и увеличивать R_2 . Наиболее подходящим вариантом является задание максимальных значений ARE и AF в однозаходном теплообменнике. В тяжелых случаях целесообразно перейти к многозаходному теплообменнику. Во всех вариантах необходимо применять обводной канал, а также использовать ПОС. Необходимо иметь в виду, что все эти меры снижают термическую эффективность теплообменника и вынуждают делать запас площади теплообменника. Кроме того, возрастают и гидравлические потери, и необходимо иметь соответствующий запас давления.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

2.1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В настоящей работе производится расчет пяти вариантов сочетания горячего и холодного оребрения на шести сочетаниях режимных параметров теплоносителей для заданного рабочего режима. В результате исследований получают данные о работе 30 теплообменных аппаратов. В заключении работы строятся зависимости по технологической (DL_1, DL_2, DL_3), тепловой ($FGD, FTP_1, FTP_2, EPSTO$), противообледенительной ($TST, DTST, FOBM$) оптимизации от обобщенного критерия RR . Производится анализ работоспособности теплообменников на рабочем режиме и выбор наиболее оптимального из них.

2.2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАБОТЕ

1. Параметры теплоносителей на рабочем режиме. Выбираются из таблицы 1 приложения П 2.
2. Геометрия оребрения. Выбираются из таблицы 2 приложения П 2.



3. Исследуемый диапазон режимов течения теплоносителей. Выбираются режимы из таблицы 3 приложения П 2.

2.3. ПОРЯДОК РАБОТЫ С ПРОГРАММОЙ

Наиболее простая последовательность расчета выглядит следующим образом: задается первое сочетание геометрии оребрений, далее с помощью изменения RE1, RE2 просчитывается весь диапазон режимных параметров. На втором и последующем шагах алгоритм повторяется.

2.4. ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ

Полные данные о проектировочном и проверочном расчете теплообменников содержатся в файлах TO-REZ1, TO-REZ2. Для удобства работы с большим количеством теплообменников сформированы файлы с сокращенным объемом информации: TO-REZ3, TO-REZ4, TO-REZ5. В качестве независимого параметра в этих файлах используется величина RR. Хранимая в них информация прилагается в пояснительной записке.

3. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

3.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. Параметры теплоносителей на рабочем режиме.
2. Геометрия оребрения (файл TO-REZ5).
3. Исследуемый диапазон режимов течения теплоносителей.

3.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

1. Таблица расчетов (файл TO-REZ3).
2. Иллюстрации по технологической оптимизации.
3. Анализ результатов технологической оптимизации.



Строятся зависимости габаритов DL1, DL2, DL3 от числа RR и производится анализ технологической оптимальности получившихся теплообменных аппаратов. Цель - выбрать один или несколько ТО, наиболее технологически удачных. Критерии: 1). габариты ТО должны быть небольшими; 2). разница между габаритами DL1, DL2, DL3 должна быть минимальной.

3.3. ТЕПЛОВАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

1. Таблица расчетов (файл ТО-REZ3).
2. Иллюстрации по термической эффективности.
3. Иллюстрации по КПД ТО.
4. Анализ результатов по тепловой эффективности

Строятся зависимости FGD, FTP1, FTP2 и EPSTO в зависимости от числа RR и производится анализ тепловой эффективности получившихся теплообменных аппаратов. Цель - найти один или несколько ТО, обладающих максимальной величиной КПД и с удовлетворительной термической эффективностью.

5.3.4. ПРОТИВООБЛЕДИТЕЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

1. Таблица расчетов (файл ТО-REZ4).
2. Иллюстрации по противобледнительной оптимизации.
3. Анализ результатов.

Строятся зависимости TST, DTST, FOBM от числа RR и производится анализ работоспособности теплообменника на рабочем режиме. Цель - выбрать один или несколько ТО, у которых минимальная площадь обмерзания ТО.

3.5. ВЫВОДЫ

На основании противобледнительного, технологического и теплового анализа подбирается один или несколько ТО, обладающих следующими положительными свойствами:

- не должен обмерзать на рабочем режиме;



Новосибирский государственный технический университет
А.В. Чичичндаев
Тепломассообменные аппараты.
Проектирование теплообменника-конденсатора

- должен быть технологически удобным в изготовлении;
- должна быть удовлетворительная тепловая эффективность.



ПРИЛОЖЕНИЕ № 1

ОПИСАНИЕ РАБОТЫ С ПРОГРАММОЙ

1. ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

В целях унификации ввода исходных данных в настоящей и последующих работах используется стандартная программа уточнения исходных данных - UID. При запуске EXE-модуля программы первоначально на дисплее выводится следующая справочная информация :

```
#####  
##### ПРОГРАММА РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕННИКОВ СКВ #####  
### ЕСЛИ ЖЕЛАЕТЕ ЗАПУСТИТЬ ПРОГРАММУ, ТО ###  
### ЗАДАЙТЕ НУЖНЫЙ СЧЕТЧИК Ю ТО1 : ###  
### ЕСЛИ " ДА " : 1 - КОНДЕНСАТОР, 2 - ПЕРВИЧНЫЙ ТО, ###  
### ЕСЛИ " НЕТ " - 0. ###  
#####  
### ЮТО1 = 1 ВВЕДИТЕ Ю ТО1 = 1
```

Для входа в программу необходимо после переменной ЮТО1 набрать: число 1 - если необходимо рассчитывать конденсатор, число 2 - если необходимо рассчитывать первичный теплообменник, число 0 - для выхода из программы. Работа с программой разделяется на четыре основных этапа и сопровождается следующими сообщениями о порядке работы с собой.

1.1. ВВОД ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ (ЭТАП 1)

После входа в программу выдается сообщение:

```
*****  
# БЛОК ВВОДА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ BVID  
# 1. ВВОД ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ; N : 1  
# 2. ВВОД ГЕОМЕТРИИ ОРЕБРЕНИЙ .  
# BVID ВКЛЮЧАЕТСЯ АВТОМАТИЧЕСКИ  
*****
```

```
-----  
ПРОГРАММА УТОЧНЕНИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ UID  
ПРОГРАММА ЗАПРАШИВАЕТ УПРАВЛЯЮЩИЙ СЧЕТЧИК Ю, ОБОЗНАЧАЮЩИЙ :  
0 - ДАННЫЕ НЕ МЕНЯТЬ ;  
1 - СМЕНИТЬ ГОРЯЧИЕ ПАРАМЕТРЫ ;  
2 - СМЕНИТЬ ХОЛОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ;  
3 - СМЕНИТЬ ВСЕ ПАРАМЕТРЫ .  
-----
```

```
IP1 G1,кг/с T1, C P1,кПа D1,г/кг  
1 .7000 25.00 400.0 10.00
```



2 .7000 -25.00 100.0 5.00
ВВЕДИТЕ ЖЕЛАЕМОЕ ЗНАЧЕНИЕ IO = 1

На первом шаге в ответ на запрос задаются числа 1,2,3 - в зависимости от варианта замены параметров теплоносителя. На дисплее появляется соответствующая строка, в которой необходимо заменить параметры теплоносителя.

ВВЕДИТЕ НОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ (ГОРЯЧИХ)

IP1 G1,кг/с T1, C P1,кПа D1,г/кг
1 .7000 25.00 400.0 10.00
ВВЕДИТЕ ЖЕЛАЕМОЕ ЗНАЧЕНИЕ IO = 0

Далее осуществляется повторная выдача на дисплей параметров теплоносителя для контроля за правильностью ввода исходных данных. Для завершения этапа ввода необходимо задать счетчику IO значение 0.

1.2. ВВОД ГЕОМЕТРИИ ОРЕБРЕНИЙ (ЭТАП 2)

Далее программа выдает сообщение:

ПРОГРАММА УТОЧНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ ОРЕБРЕНИЙ UGX
ПРОГРАММА ЗАПРАШИВАЕТ УПРАВЛЯЮЩИЙ СЧЕТЧИК IO, ОБОЗНАЧАЮЩИЙ :
0 - ГЕОМЕТРИЮ НЕ МЕНЯТЬ ;
1 - СМЕНИТЬ ГОРЯЧЕЕ ОРЕБРЕНИЕ ;
2 - СМЕНИТЬ ХОЛОДНОЕ ОРЕБРЕНИЕ ;
3 - СМЕНИТЬ ОБА ОРЕБРЕНИЯ .

IP H D HR DR FIO I DL FS F N
ВНИМАНИЕ: РАЗМЕРЫ В ММ I РАЗМЕРЫ В МЕТРАХ
1 3.00 .91 .70 .10 .780 I .460 .02366 18.735 20
2 7.00 2.94 2.30 .15 .750 I .344 .05175 11.101 23

ВВЕДИТЕ ЖЕЛАЕМОЕ ЗНАЧЕНИЕ IO = 1

На первом шаге в ответ на запрос задаются числа 1,2,3 - в зависимости от варианта замены параметров оребрения. На дисплее появляется соответствующая строка, в которой необходимо заменить параметры оребрения.

ВВЕДИТЕ НОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ (ГОРЯЧЕЙ)

IP H D HR DR FIO I DL FS F N
ВНИМАНИЕ: РАЗМЕРЫ В ММ I РАЗМЕРЫ В МЕТРАХ



1 3.00 .91 .70 .10 .780 I .460 .02366 18.735 20

ВВЕДИТЕ ЖЕЛАЕМОЕ ЗНАЧЕНИЕ IO = 0

Далее осуществляется повторная выдача на дисплей параметров оробрения для контроля за правильностью ввода исходных данных. Для завершения этапа ввода необходимо задать счетчику IO значение 0.

1.3. ЗАПУСК ПРОЕКТИРОВОЧНОГО РАСЧЕТА (ЭТАП 3)

Далее программа выдает сообщение:

```
*****
##      БЛОК ПРОЕКТИРОВОЧНОГО РАСЧЕТА      BPR1
##      ДЛЯ ЗАПУСКА БЛОКА НЕОБХОДИМО ЗАДАТЬ   N : 1
##      УПРАВЛЯЮЩИЙ СЧЕТЧИК IU1 :
##      0 - ПРОПУСТИТЬ БЛОК ; 1 - ВКЛЮЧИТЬ БЛОК.
*****
****          IU1 =
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВОЧНОГО РАСЧЕТА :
IP RE   DT
1 2500.0 20.00
2 2500.0 20.00

ДЛЯ СМЕНЫ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ RE1, RE2
НЕОБХОДИМО ЗАДАТЬ СЧЕТЧИК IO = 1
ИНАЧЕ - СЧЕТЧИК IO = 0
```

На первом шаге в ответ на запрос задаются числа 1,2,3 - в зависимости от варианта замены режимных параметров. На дисплее появляется соответствующая строка, в которой необходимо заменить параметры режима течения теплоносителя.

```
IP RE   DT
1 2500.0 20.00
```

Далее осуществляется повторная выдача на дисплей режимных параметров для контроля за правильностью ввода исходных данных. Для завершения этапа ввода необходимо задать счетчику IO значение 0.

Проектировочный расчет завершается выводом на экран сообщения о возможных оптимальных теплообменниках и выбранном программой варианте:

ТАБЛИЦА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ
(1 - ТЕПЛОВАЯ, 2 - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ)



N1 N2 DL1 DL2 DL3 FGD FTP1 FTP2 NGO NXO

19. 20. .337 .283 .241 .095 .098 .070 1. 0.

21. 22. .305 .257 .265 .078 .088 .063 0. 2.

23. 24. .279 .235 .290 .066 .081 .058 2. 0.

26. 27. .246 .209 .326 .052 .071 .052 0. 1.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР ПРОГРАММЫ :

21. 22. .305 .257 .265 .078 .088 .063 0. 2.

ДЛЯ РУЧНОГО ВЫБОРА ЗАДАЙТЕ IU = 1(0-ОСТАВИТЬ): IU = 1

В случае необходимости ручного подбора оптимального теплообменника необходимо на последний запрос задать число "1". Далее появится запрос на желаемое число горячих пакетов в теплообменнике, в качестве ответа на который необходимо набрать любое число от 1 до 50 :

ЗАДАЙТЕ НОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ N1=1...50: N1 = 19

НОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ N1=1...50: N1 = 19

1.4. ЗАПУСК ПРОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА (ЭТАП 4)

Далее программа выдает сообщение:

```
+ *****  
### БЛОК ПРОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА ВPR2  
### ДЛЯ ЗАПУСКА БЛОКА НЕОБХОДИМО ЗАДАТЬ N : 1  
### УПРАВЛЯЮЩИЙ СЧЕТЧИК IU2 :  
### 0 - ПРОПУСТИТЬ БЛОК ; 1 - ВКЛЮЧИТЬ БЛОК.  
*****  
**** IU2 = 1
```

При отсутствии необходимости проверочного расчета переменной IU2 задается значение 0, после чего возможен следующий шаг проектировочного расчета. В случае присвоения переменной IU2 значения 1 на дисплей выводится справочное сообщение о порядке выполнения проверочного расчета - в процентах от общего объема вычислений.

2. ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА

Вывод результатов расчета осуществляется в программе автоматически в специальные файлы TO-REZ В данные файлы заносятся все выполненные в программе варианты расчетов в той последовательности, какой они задавались на экране. После выхода из программы данные файлы можно найти в каталоге NORTON, из ко-



того осуществлялся запуск программы. Образец выводимой информации представлен ниже.

2.1. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ (ФАЙЛ TO-REZ1)

В файле собрана информация об итогах работы проектировочного и проверочного расчета. Данные представлены в двух блоках.

Блок № 1. Результаты проектировочного расчета.

Содержится информация о порядковом номере теплообменника IOTOI, отношении термических сопротивлений RR, режимах течения теплоносителей RE1 и RE2, геометрии оребрений, параметрах теплообменника Это справочная и контрольная информация программы.

```
+*****  
ПРОГРАММА ПРОЕКТИРОВОЧНОГО РАСЧЕТА  BPR1 :      IOTOI = 1  
RR= .677 AF= 1.477 ARE= 1.000 RE1= 2500. RE2= 2500.  
-----  
ГЕОМЕТРИЯ ОРЕБРЕНИЙ      I ПАРАМЕТРЫ ТЕПЛООБ -КА  
IP H D HR DR FIO I DL FS F N FTP  
ВНИМАНИЕ: РАЗМЕРЫ В ММ      I РАЗМЕРЫ В МЕТРАХ  
1 3.20 1.78 3.10 .15 .508 I .337 .01951 7.552 19 .09779  
2 7.00 2.94 2.30 .15 .750 I .283 .03698 11.151 20 .06969  
3          I .241      FGD = .09526  
*****
```

Блок № 2. Результаты проверочного расчета полей температур.

Поля температур представлены в трех пронумерованных таблицах.

Таблица № 11 - температура горячего теплоносителя (T1, °C):

температура изменяется сверху - вниз; первая колонка - средние по сечению температуры, первая ячейка - суммарное среднее значение.

Таблица № 12 - температура холодного теплоносителя (T2, °C):

температура изменяется слева - направо; первая строка - средние по сечению температуры, первая ячейка - суммарное среднее значение.

Таблица № 13 - температура теплообменной поверхности (T3, °C):

первая ячейка - суммарное среднее значение; первая колонка - средние температуры по горизонтальному сечению; первая строка - средние температуры по вертикальному сечению; начиная со второй строки и столбца - двухмерное поле температуры.



Новосибирский государственный технический университет

А.В. Чичичндаев

Тепломассообменные аппараты.

Проектирование теплообменника-конденсатора

G1,T1,P1,D01: .500 I 25.000 I 400.000 I 10.000 I

G2,T2,P2,D02: .500 I -25.000 I 100.000 I 5.000 I

ТИП ТЕПЛООБМЕННИКА : G11.

ТАБЛИЦА N 11 : IT1= 1 , IT2= 1 .

МАСШТАБНЫЙ МНОЖИТЕЛЬ ТАБЛИЦЫ ТММ= .100E+01

1	17.91	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
2	23.56	23.54	23.58	23.61	23.64	23.67	23.69	23.72	23.33	23.36	23.43
3	22.17	22.12	22.20	22.26	22.32	22.37	22.42	22.47	21.83	21.78	21.91
4	20.83	20.75	20.86	20.95	21.04	21.11	21.19	21.26	20.48	20.25	20.44
5	19.55	19.42	19.57	19.68	19.79	19.90	19.99	20.09	19.28	18.74	19.01
6	18.31	18.14	18.31	18.46	18.59	18.71	18.83	18.95	18.17	17.33	17.63
7	17.13	16.89	17.10	17.26	17.42	17.57	17.70	17.85	17.11	16.07	16.29
8	15.99	15.69	15.92	16.11	16.28	16.45	16.61	16.77	16.08	14.95	15.00
9	14.89	14.52	14.77	14.98	15.18	15.37	15.54	15.72	15.08	13.97	13.72
10	13.83	13.38	13.66	13.89	14.11	14.32	14.51	14.71	14.11	13.06	12.56
11	12.82	12.28	12.59	12.84	13.07	13.30	13.50	13.72	13.17	12.16	11.54

G1,T1,P1,D01: .500 I 25.000 I 400.000 I 10.000 I

G2,T2,P2,D02: .500 I -25.000 I 100.000 I 5.000 I

ТИП ТЕПЛООБМЕННИКА : G11.

ТАБЛИЦА N 12 : IT1= 1 , IT2= 2 .

МАСШТАБНЫЙ МНОЖИТЕЛЬ ТАБЛИЦЫ ТММ= .100E+01

1	-18.08	-23.69	-22.40	-21.14	-19.91	-18.69	-17.50	-16.34	-15.10	-13.74	-12.29
2	-25.00	-23.50	-22.04	-20.61	-19.21	-17.84	-16.50	-15.19	-13.43	-11.66	-9.96
3	-25.00	-23.55	-22.13	-20.74	-19.38	-18.05	-16.74	-15.46	-13.89	-12.18	-10.53
4	-25.00	-23.59	-22.21	-20.86	-19.54	-18.25	-16.98	-15.74	-14.34	-12.68	-11.08
5	-25.00	-23.63	-22.29	-20.98	-19.70	-18.44	-17.21	-15.99	-14.75	-13.15	-11.59
6	-25.00	-23.67	-22.37	-21.10	-19.85	-18.63	-17.43	-16.24	-15.11	-13.61	-12.11
7	-25.00	-23.71	-22.45	-21.21	-20.00	-18.81	-17.64	-16.49	-15.40	-14.07	-12.62
8	-25.00	-23.75	-22.52	-21.32	-20.14	-18.98	-17.85	-16.73	-15.66	-14.50	-13.10
9	-25.00	-23.79	-22.59	-21.42	-20.28	-19.15	-18.05	-16.96	-15.91	-14.90	-13.53
10	-25.00	-23.82	-22.66	-21.53	-20.41	-19.32	-18.24	-17.18	-16.16	-15.21	-13.99
11	-25.00	-23.85	-22.73	-21.62	-20.54	-19.47	-18.43	-17.39	-16.40	-15.47	-14.40

G1,T1,P1,D01: .500 I 25.000 I 400.000 I 10.000 I

G2,T2,P2,D02: .500 I -25.000 I 100.000 I 5.000 I

ТИП ТЕПЛООБМЕННИКА : G11.

ТАБЛИЦА N 13 : IT1= 1 , IT2= 3 .

МАСШТАБНЫЙ МНОЖИТЕЛЬ ТАБЛИЦЫ ТММ= .100E+01

1	-1.36	-4.41	-3.65	-2.92	-2.21	-1.51	-.83	-.15	.19	.57	1.32
2	1.89	-1.51	-.74	.02	.77	1.49	2.21	2.94	3.65	4.57	5.49
3	1.09	-2.21	-1.44	-.69	.05	.77	1.48	2.17	2.70	3.55	4.47
4	.31	-2.89	-2.12	-1.38	-.65	.07	.77	1.46	1.84	2.57	3.49
5	-.42	-3.55	-2.78	-2.04	-1.32	-.61	.08	.77	1.06	1.62	2.55
6	-1.13	-4.18	-3.42	-2.69	-1.97	-1.27	-.59	.09	.35	.72	1.64
7	-1.82	-4.80	-4.04	-3.31	-2.60	-1.91	-1.23	-.56	-.33	-.11	.74
8	-2.47	-5.39	-4.64	-3.92	-3.22	-2.53	-1.86	-1.19	-.96	-.86	-.12
9	-3.09	-5.97	-5.22	-4.51	-3.81	-3.13	-2.47	-1.81	-1.56	-1.52	-.94
10	-3.69	-6.52	-5.78	-5.08	-4.39	-3.71	-3.06	-2.41	-2.15	-2.11	-1.71
11	-4.27	-7.06	-6.33	-5.63	-4.95	-4.28	-3.63	-2.99	-2.72	-2.70	-2.41



Новосибирский государственный технический университет

А.В. Чичичндаев

Тепломассообменные аппараты.

Проектирование теплообменника-конденсатора

Блок № 3. Результаты прочностного расчета.

Распределение напряжений представлено в двух пронумерованных таблицах.

Таблица № 94 - напряжения по диагонали с минимальным перепадом температур (σ_3 , МПа): напряжение минимально и равно нулю по главной диагонали (с максимальным перепадом температур) и незначительно возрастает по мере удаления сечений от диагонали.

Таблица № 95 - напряжения по диагонали с максимальным перепадом температур (σ_1 , МПа):

напряжение резко возрастает по главной диагонали (с максимальным перепадом температур) по мере удаления сечений от центра теплообменника.

G1,T1,P1,D01: .500 I 400.000 I 400.000 I 10.000 I

G2,T2,P2,D02: 1.000 I -25.000 I 100.000 I 5.000 I

ТИП ТЕПЛООБМЕННИКА : G11.

ТАБЛИЦА N 94 : IT1= 9 , IT2= 4 .

МАСШТАБНЫЙ МНОЖИТЕЛЬ ТАБЛИЦЫ ТММ= .100E+01

1	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	.00	31.72	45.49	59.28	70.49	74.74	69.48	60.74	45.91	24.67	.00
3	.00	12.62	21.17	34.21	44.02	47.29	45.04	36.22	21.56	.00	-24.67
4	.00	1.01	5.02	15.69	23.14	26.69	23.86	15.40	.00	-21.56	-45.91
5	.00	-6.64	-4.30	2.66	9.13	11.81	8.58	.00	-15.40	-36.22	-60.74
6	.00	-9.49	-11.65	-2.70	2.78	2.30	.00	-8.58	-23.86	-45.04	-69.48
7	.00	-8.66	-13.33	-5.91	-.85	.00	-2.30	-11.81	-26.69	-47.29	-74.74
8	.00	-3.80	-11.38	-4.93	.00	.85	-2.78	-9.13	-23.14	-44.02	-70.49
9	.00	3.48	-5.99	.00	4.93	5.91	2.70	-2.66	-15.69	-34.21	-59.28
10	.00	8.54	.00	5.99	11.38	13.33	11.65	4.30	-5.02	-21.17	-45.49
11	.00	.00	-8.54	-3.48	3.80	8.66	9.49	6.64	-1.01	-12.62	-31.72

G1,T1,P1,D01: .500 I 400.000 I 400.000 I 10.000 I

G2,T2,P2,D02: 1.000 I -25.000 I 100.000 I 5.000 I

ТИП ТЕПЛООБМЕННИКА : G11.

ТАБЛИЦА N 94 : IT1= 9 , IT2= 4 .

МАСШТАБНЫЙ МНОЖИТЕЛЬ ТАБЛИЦЫ ТММ= .100E+01

1	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	.00	31.72	105.87	185.31	263.44	338.76	408.30	477.22	544.89	607.28	652.56
3	.00	-47.76	21.17	98.90	177.38	252.08	325.40	395.65	464.29	528.46	574.07
4	.00	-125.02	-59.67	15.69	90.86	167.48	240.58	311.81	383.51	448.72	495.50
5	.00	-199.60	-137.66	-65.05	9.13	85.25	158.16	230.41	301.33	370.81	420.28
6	.00	-273.51	-216.43	-143.48	-70.66	2.30	77.76	150.43	222.62	293.69	347.48
7	.00	-347.48	-293.69	-222.62	-150.43	-77.76	-2.30	70.66	143.48	216.43	273.51
8	.00	-420.28	-370.81	-301.33	-230.41	-158.16	-85.25	-9.13	65.05	137.66	199.60
9	.00	-495.50	-448.72	-383.51	-311.81	-240.58	-167.48	-90.86	-15.69	59.67	125.02
10	.00	-574.07	-528.46	-464.29	-395.65	-325.40	-252.08	-177.38	-98.90	-21.17	47.76
11	.00	-652.56	-607.28	-544.89	-477.22	-408.30	-338.76	-263.44	-185.31	-105.87	-31.72



2.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ (ФАЙЛ TO-REZ2)

В данном файле собрана информация о ходе и результатах проектировочного расчета. Данные представлены в трех таблицах.

Таблица № 1. Варианты для выбора теплообменника.

Представлены данные о габаритах теплообменника (DL1, DL2, DL3 - м), о площадях теплообмена FGD, FTP1, FTP2 (м²), о критериях оптимальности для горячего NGO и холодного NXO оребрений - по результатам автоматической обработки (индекс 1 - по тепловой оптимизации, индекс 2 - по технологической оптимизации).

N1	N2	DL1	DL2	DL3	FGD	FTP1	FTP2	NGO	NXO
10.	11.	.592	.719	.129	.426	.127	.126	0.	0.
11.	12.	.538	.659	.141	.355	.115	.116	0.	0.
12.	13.	.494	.608	.153	.300	.106	.107	0.	0.
13.	14.	.456	.565	.165	.257	.098	.099	0.	0.
14.	15.	.423	.527	.177	.223	.091	.093	0.	0.
15.	16.	.395	.494	.189	.195	.085	.087	0.	0.
16.	17.	.370	.465	.201	.172	.079	.082	0.	0.
17.	18.	.348	.439	.213	.153	.075	.077	0.	0.
18.	19.	.329	.416	.225	.137	.071	.073	0.	0.
19.	20.	.312	.395	.237	.123	.067	.069	0.	0.
20.	21.	.296	.377	.249	.112	.063	.066	0.	0.
21.	22.	.282	.359	.261	.101	.060	.063	0.	0.
22.	23.	.269	.344	.273	.093	.058	.060	2.	0.
23.	24.	.258	.330	.285	.085	.055	.058	0.	0.
24.	25.	.247	.316	.297	.078	.053	.056	0.	0.
25.	26.	.237	.304	.309	.072	.051	.053	0.	2.
26.	27.	.228	.293	.321	.067	.049	.051	0.	0.
27.	28.	.219	.282	.333	.062	.047	.050	0.	0.
28.	29.	.212	.273	.345	.058	.045	.048	0.	0.
29.	30.	.204	.264	.357	.054	.044	.046	0.	0.
30.	31.	.197	.255	.369	.050	.042	.045	0.	0.
31.	32.	.191	.247	.381	.047	.041	.043	0.	0.
32.	33.	.185	.240	.393	.044	.040	.042	0.	0.
33.	34.	.179	.233	.405	.042	.038	.041	0.	0.
34.	35.	.174	.226	.417	.039	.037	.040	0.	1.
35.	36.	.169	.220	.429	.037	.036	.039	0.	0.
36.	37.	.165	.214	.441	.035	.035	.038	1.	0.
37.	38.	.160	.208	.453	.033	.034	.037	0.	0.
38.	39.	.156	.203	.465	.032	.033	.036	0.	0.
39.	40.	.152	.198	.477	.030	.033	.035	0.	0.
40.	41.	.148	.193	.489	.029	.032	.034	0.	0.



Таблица № 2. Последовательность выбора теплообменника.

Содержатся данные диалога с компьютером по выбору теплообменника: сначала - результаты автоматического анализа, затем - результаты ручного выбора (если таковой был).

ТАБЛИЦА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ
 (1 - ТЕПЛОВАЯ, 2 - ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ)
 N1 N2 DL1 DL2 DL3 FGD FTP1 FTP2 NGO NXO
 19. 20. .337 .283 .241 .095 .098 .070 1. 0.
 21. 22. .305 .257 .265 .078 .088 .063 0. 2.
 23. 24. .279 .235 .290 .066 .081 .058 2. 0.
 26. 27. .246 .209 .326 .052 .071 .052 0. 1.
 АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР ПРОГРАММЫ :
 21. 22. .305 .257 .265 .078 .088 .063 0. 2.
 ДЛЯ РУЧНОГО ВЫБОРА ЗАДАЙТЕ IU = 1(0-ОСТАВИТЬ): IU = 1
 ЗАДАЙТЕ НОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ N1=1...50: N1 = 19
 НОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ N1=1...50: N1 = 19

Таблица № 3. Результаты проектировочного расчета.

Выводится исходная геометрия ребрений (Н - высота ребрения, D - эквивалентный диаметр, HR - шаг ребра, DR - толщина ребра, FIO - коэффициент ребрения), а также геометрические параметры спроектированного теплообменника (DL - габариты, FS - живое сечение, F - площадь теплообмена, N - количество пакетов, FTP, FGD - параметры тепловой эффективности).

```

+*****
ПРОГРАММА ПРОЕКТИРОВОЧНОГО РАСЧЕТА  BPR1 :      IUTOI = 1
RR= 1.040 AF= .962 ARE= 1.000 RE1= 2500. RE2= 2501.
-----
      ГЕОМЕТРИЯ РЕБРЕНИЙ      I ПАРАМЕТРЫ ТЕПЛООБ-КА
IP  Н  D  HR  DR  FIO  I  DL  FS  F  N  FTP
ВНИМАНИЕ: РАЗМЕРЫ В ММ I РАЗМЕРЫ В МЕТРАХ
1   3.00 .91 .70 .10 .780 I .269 .01396 11.545 22 .05772
2   7.00 2.94 2.30 .15 .750 I .344 .05175 11.101 23 .06033
3                                     I .273          FGD = .09257
*****
  
```

2.3. ТЕПЛОВАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ (ФАЙЛ TO-REZ3)

В данном файле содержится информация о габаритных размерах теплообменника - DL1, DL2, DL3 (м), о площадях теплообмена FGD, FTP1, FTP2 (м²), о критериях оптимальности для горячего NGO и холодного NXO ребрений (индекс 1 - по тепловой оптимизации, индекс 2 - по технологической оптимизации). Ре-



результаты выводятся в последовательности расчета теплообменников, описываемой индексом IUTOI.

```
*****
##      БЛОК ПРОЕКТИРОВОЧНОГО РАСЧЕТА      BPR1
##      ДЛЯ ЗАПУСКА БЛОКА НЕОБХОДИМО ЗАДАТЬ   N : 1
##      УПРАВЛЯЮЩИЙ СЧЕТЧИК IU1 :
##      0 - ПРОПУСТИТЬ БЛОК ; 1 - ВКЛЮЧИТЬ БЛОК.
*****
***      IU1 =
      ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ И ТЕПЛОВАЯ ОПТИМИЗАЦИИ
-----
IUTOI RR DL1 DL2 DL3 FTP1 FTP2 FGD NGO NXO
-----
1 .677 .337 .283 .241 .0978 .0697 .0953 1. 0.
2 .677 .305 .257 .265 .0885 .0634 .0784 0. 2.
3 .677 .279 .235 .290 .0808 .0581 .0656 2. 0.
```

2.4. ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ (ФАЙЛ TO-REZ4)

В данном файле содержится информация о КПД теплообменника - EPSTO (%), средней температуры стенки - TST ($^{\circ}\text{C}$), максимального перепада температур на стенке - DTST ($^{\circ}\text{C}$), площади обмерзания - FOBM (%), термического напряжения на стенке - SIGEKV (Мпа). Результаты выводятся в последовательности расчета теплообменников, описываемой индексом IUTOI.

```
*****
####      БЛОК ОБРАБОТКИ РАСЧЕТНЫХ ДАННЫХ      BORD
####      1. ВЫБОР РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗ BPR1, BPR2 ;   N : 1
####      2. НАКОПЛЕНИЕ И ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ.
####      BORD ВКЛЮЧАЕТСЯ АВТОМАТИЧЕСКИ.
*****
ТАБЛИЦА ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ
-----
IUTOI RR EPSTO TST DTST FOBM SIGEKV
-----
1 .677 .244 -1.36 12.55 69 0.
2 .677 .223 -1.37 11.36 73 0.
3 .677 .206 -1.37 10.34 73 0.
```

2.5. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕПЛООБМЕННИКОВ (ФАЙЛ TO-REZ5)

В данном файле содержится информация о спроектированных программой теплообменниках в хронологическом порядке, описываемом индексом IUTOI. Файл служит для взаимной общей привязки результатов.



Новосибирский государственный технический университет
А.В. Чичичндаев
Тепломассообменные аппараты.
Проектирование теплообменника-конденсатора

+*****
ПРОГРАММА ПРОЕКТИРОВОЧНОГО РАСЧЕТА BPR1 : IOTOI = 1
RR= .677 AF= 1.477 ARE= 1.000 RE1= 2500. RE2= 2500.

ГЕОМЕТРИЯ ОРЕБРЕНИЙ I ПАРАМЕТРЫ ТЕПЛООБ -КА
IP H D HR DR FIO I DL FS F N FTP
ВНИМАНИЕ: РАЗМЕРЫ В ММ I РАЗМЕРЫ В МЕТРАХ
1 3.20 1.78 3.10 .15 .508 I .337 .01951 7.552 19 .09779
2 7.00 2.94 2.30 .15 .750 I .283 .03698 11.151 20 .06969
3 I .241 FGD = .09526

+*****
ПРОГРАММА ПРОЕКТИРОВОЧНОГО РАСЧЕТА BPR1 : IOTOI = 2
RR= .677 AF= 1.477 ARE= 1.000 RE1= 2500. RE2= 2500.

ГЕОМЕТРИЯ ОРЕБРЕНИЙ I ПАРАМЕТРЫ ТЕПЛООБ -КА
IP H D HR DR FIO I DL FS F N FTP
ВНИМАНИЕ: РАЗМЕРЫ В ММ I РАЗМЕРЫ В МЕТРАХ
1 3.20 1.78 3.10 .15 .508 I .305 .01951 7.552 21 .08848
2 7.00 2.94 2.30 .15 .750 I .257 .03698 11.151 22 .06336
3 I .265 FGD = .07835

+*****
ПРОГРАММА ПРОЕКТИРОВОЧНОГО РАСЧЕТА BPR1 : IOTOI = 3
RR= .677 AF= 1.477 ARE= 1.000 RE1= 2500. RE2= 2500.

ГЕОМЕТРИЯ ОРЕБРЕНИЙ I ПАРАМЕТРЫ ТЕПЛООБ -КА
IP H D HR DR FIO I DL FS F N FTP
ВНИМАНИЕ: РАЗМЕРЫ В ММ I РАЗМЕРЫ В МЕТРАХ
1 3.20 1.78 3.10 .15 .508 I .279 .01951 7.552 23 .08078
2 7.00 2.94 2.30 .15 .750 I .235 .03698 11.151 24 .05808
3 I .290 FGD = .06558

+*****



Новосибирский государственный технический университет

А.В. Чичичндаев

Тепломассообменные аппараты.

Проектирование теплообменника-конденсатора

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ КОНДЕНСАТОРА

Таблица П.И 1

Таблица параметров теплоносителей на рабочем режиме

№ п/п	Горячий воздух				Холодный воздух				Рекомендуемая конструкция
	T1, °C	P1, кПа	G1, кг/с	D1, г/кг	T2, °C	P2, кПа	G2, кг/с	D2, г/кг	
1	40	600,0	0,5	20	- 10	100,0	0,5	10	Без ПОС
2	40	500,0	0,5	20	- 10	100,0	0,5	10	
3	40	400,0	0,5	20	- 10	100,0	0,5	10	
4	40	300,0	0,5	20	- 10	100,0	0,5	10	
5	35	600,0	0,5	20	- 15	100,0	0,5	10	
6	35	500,0	0,5	20	- 15	100,0	0,5	10	
7	35	400,0	0,5	20	- 15	100,0	0,5	10	
8	35	300,0	0,5	20	- 15	100,0	0,5	10	
9	30	600,0	0,5	20	- 20	100,0	0,5	10	
10	30	500,0	0,5	20	- 20	100,0	0,5	10	
11	30	400,0	0,5	20	- 20	100,0	0,5	10	С ПОС входных кромок
12	30	300,0	0,5	20	- 20	100,0	0,5	10	
13	25	600,0	0,5	20	- 25	100,0	0,5	10	
14	25	500,0	0,5	20	- 25	100,0	0,5	10	
15	25	400,0	0,5	20	- 25	100,0	0,5	10	
16	25	300,0	0,5	20	- 25	100,0	0,5	10	
17	25	200,0	0,5	20	- 25	100,0	0,5	10	
18	25	100,0	0,5	20	- 25	100,0	0,5	10	
19	20	600,0	0,5	20	- 30	100,0	0,5	10	
20	20	500,0	0,5	20	- 30	100,0	0,5	10	
21	20	400,0	0,5	20	- 30	100,0	0,5	10	С обводным каналом
22	20	300,0	0,5	20	- 30	100,0	0,5	10	
23	15	600,0	0,5	20	- 35	100,0	0,5	10	
24	15	500,0	0,5	20	- 35	100,0	0,5	10	
25	15	400,0	0,5	20	- 35	100,0	0,5	10	
26	15	300,0	0,5	20	- 35	100,0	0,5	10	
27	10	600,0	0,5	20	- 40	100,0	0,5	10	
28	10	500,0	0,5	20	- 40	100,0	0,5	10	
29	10	400,0	0,5	20	- 40	100,0	0,5	10	
30	10	300,0	0,5	20	- 40	100,0	0,5	10	

Таблица П.И 2



Новосибирский государственный технический университет

А.В. Чичичндаев

Тепломассообменные аппараты.

Проектирование теплообменника-конденсатора

Таблица геометрии оребрений (глава 2 [6, 7])

номер варианта	варианты оребрений				номер варианта	Варианты оребрений			
	горячее		холодное			горячее		холодное	
	таб- лица	Номер оребрения	таб- лица	Номер оребрения		таб- лица	Номер ореб- рения	таб- лица	Номер оребре- ния
1	2.2.5	6	2.2.8	1,2,3,4,5	16	2.2.1	1,2,3,4,5	2.2.1	2
2	2.2.5	4	2.2.8	1,2,3,4,5	17	2.2.1	1,2,3,4,5	2.2.1	3
3	2.2.5	2	2.2.8	1,2,3,4,5	18	2.2.1	1,2,3,4,5	2.2.1	5
4	2.2.5	11	2.2.5	6,7,9,10,11	19	2.2.5	2,3,4,5,6	2.2.1	2
5	2.2.5	9	2.2.5	6,7,9,10,11	20	2.2.5	2,3,4,5,6	2.2.1	3
6	2.2.5	6	2.2.5	6,7,9,10,11	21	2.2.5	2,3,4,5,6	2.2.1	5
7	2.2.5	6	2.2.5	2,3,4,5,6	22	2.2.5	2,3,4,5,6	2.2.5	2
8	2.2.5	4	2.2.5	2,3,4,5,6	23	2.2.5	2,3,4,5,6	2.2.5	4
9	2.2.5	2	2.2.5	2,3,4,5,6	24	2.2.5	2,3,4,5,6	2.2.5	6
10	2.2.1	5	2.2.5	2,3,4,5,6	25	2.2.5	6,7,9,10,11	2.2.5	6
11	2.2.1	3	2.2.5	2,3,4,5,6	26	2.2.5	6,7,9,10,11	2.2.5	9
12	2.2.1	2	2.2.5	2,3,4,5,6	27	2.2.5	6,7,9,10,11	2.2.5	11
13	2.2.1	5	2.2.1	1,2,3,4,5	28	2.2.8	1,2,3,4,5	2.2.5	2
14	2.2.1	3	2.2.1	1,2,3,4,5	29	2.2.8	1,2,3,4,5	2.2.5	4
15	2.2.1	2	2.2.1	1,2,3,4,5	30	2.2.8	1,2,3,4,5	2.2.5	6

Таблица П.И 3

Таблица режимов течения теплоносителей

номер режима	I	II	III	IV	V	VI
Re ₁ - горячий	2500	5000	10000	5000	10000	10000
Re ₂ - холодный	2500	5000	10000	2500	5000	2500