

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

ТЕПЛОВОЙ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ
ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ НА ЭВМ

Лабораторная работа
по дисциплине «Численные методы расчета
систем теплогазоснабжения и вентиляции на ЭВМ»
для студентов специальности 1 – 70 04 02
«Теплогазоснабжение, вентиляция
и охрана воздушного бассейна»

М и н с к 2 0 0 5

УДК 697.34(076.5)

Составители:

М.Г. Пшоник, Е.С. Калиниченко, Ю.А. Савченко

Рецензенты:

В.М. Копко, Е.А.Казанли

Лабораторная работа составлена в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Численные методы расчета систем теплогасоснабжения и вентиляции на ЭВМ» для студентов специальности 1 – 70 04 02 «Теплогасоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна». Материал подготовлен на основе специальной программы «Plast», разработанной в производственном объединении «Термоблок».

© БНТУ, 2005

Ц е л ь р а б о т ы: практическое ознакомление с методикой расчета на ЭВМ пластинчатых теплообменников, выпускаемых ПО «Термоблок».

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Существуют два вида расчетов: конструкторский (проектный) и поверочный.

Конструкторский расчет выполняется при проектировании теплообменника, когда заданы теплопроизводительность аппарата, теплоносители, их расходы и параметры. Целью конструкторского расчета является определение поверхности теплообмена и конструктивных размеров выбранного типа теплообменника. Конструкторский расчет состоит из теплового (теплотехнического), гидравлического и механического расчетов.

Поверочный расчет производится для установления возможности применения имеющихся или стандартных теплообменников для необходимых технологических процессов. При поверочном расчете заданы размеры теплообменника и условия его работы; требуется определить конечные параметры теплоносителей и теплопроизводительность подогревателя. Следовательно, целью расчета является выбор условий, обеспечивающих оптимальный режим работы теплообменника. В некоторых случаях при таком расчете теплопроизводительность подогревателя является заданной, а требуется определить, например, расход, конечную температуру одного из теплоносителей и коэффициент теплопередачи.

З а д а ч а р а б о т ы: выбрать и рассчитать водоподогревательную установку с пластинчатым теплообменником для индивидуального теплового пункта многоквартирного жилого дома. Теплоснабжение жилого дома осуществляется из наружной теплосети по закрытой схеме.

И с х о д н ы е д а н н ы е:

1. Регулирование отпуска теплоты в системе централизованного теплоснабжения принято центральное качественное по нагрузке отопления.

2. Температура теплоносителя (греющей воды) в тепловой сети в соответствии с принятым для данной системы теплоснабжения графиком центрального качественного регулирования отпуска теплоты

принята при расчетной температуре наружного воздуха $t_0 = -24^\circ\text{C}$ (для г. Минска) – прил. 1:

- в подающем трубопроводе $\tau_1 = 150^\circ\text{C}$;
- в обратном трубопроводе $\tau_2 = 70^\circ\text{C}$;
- в точке излома графика температуры $t'_H = 3,1^\circ\text{C}$; $\tau'_1 = \tau_{1H} = 70^\circ\text{C}$; $\tau'_2 = \tau_{2H} = 42^\circ\text{C}$.

3. Температура в отопительный период холодной (нагреваемой) воды, поступающей в водоподогреватель 1 ступени, $t_c = 5^\circ\text{C}$.

4. Температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения (на выходе из II ступени водоподогревателя), $t_h = 55^\circ\text{C}$.

5. Максимальный тепловой поток на отопление потребителей, присоединенных к ИТП, $Q_{\text{омах}} = 535,38 \cdot 10^3 \text{ Вт}$ (0,46 Гкал/ч).

6. Расчетная тепловая производительность водоподогревателей горячего водоснабжения $Q_{h\text{max}} = 509,6 \cdot 10^3 \text{ Вт}$ (0,44) Гкал/ч.

7. Расчетные температуры теплоносителя в системе отопления с панельным отоплением $t_{01} = 105^\circ\text{C}$, $t_{02} = 70^\circ\text{C}$.

8. Средние температуры: сетевой воды $0,5(150 + 70) = 110^\circ\text{C}$; нагреваемой воды в системе горячего водоснабжения $0,5(55 + 5) = 30^\circ\text{C}$; воды в системе отопления $0,5(105 + 70) = 87,5^\circ\text{C}$.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Расчет пластинчатых теплообменников, выпускаемых фирмой «Термоблок», проводим по специальной программе «Plast». В этой программе расчет теплообменника осуществляется в следующем порядке.

1. Открываем программу расчета «PlastAp.exe». В верхней части экрана появляется шкала «Настройка – Расчет вариантов – Оптимизация – Справка» (рис. 1).

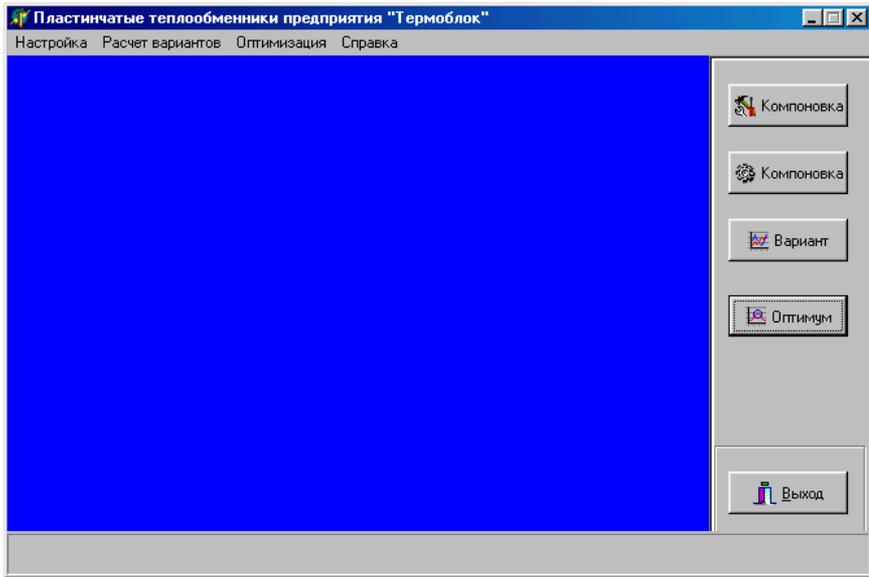


Рис. 1

2. Вызываем раздел «Настройка». На экране появляется рис. 2.

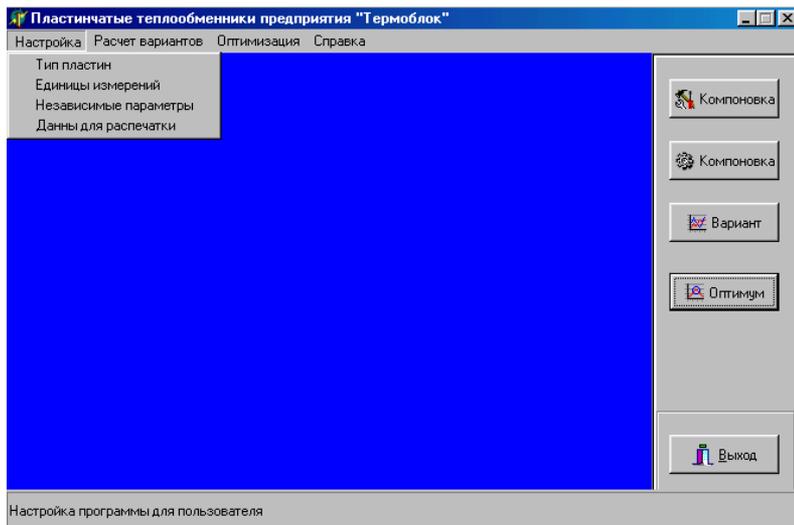


Рис. 2

3. Определяем модификацию теплообменника путем выбора в диалоговом окне «Тип пластин» (рис. 3).

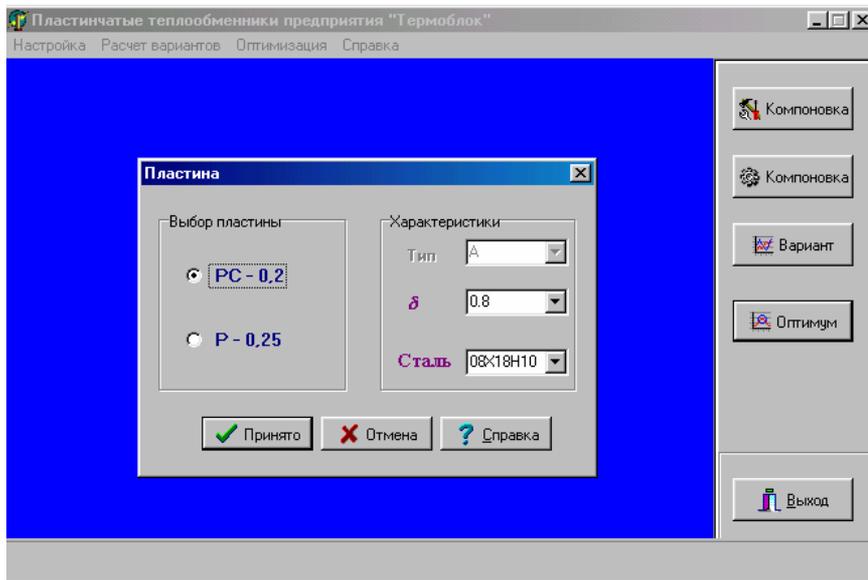


Рис. 3

Выпуск рассматриваемых теплообменников осуществляется в двух различных видах: с пластинами P-0,25 и PC-0,2 с площадью поверхности теплообмена 0,25 и 0,2 м² соответственно. В диалоговом окне нам дается возможность выбора пластины, ее толщины и материала, из которого эта пластина изготовлена.

Выбор пластины автоматически определяет тип теплообменника с соответствующими тепловыми и гидравлическими характеристиками. Эти характеристики определены по результатам экспериментальных исследований, выполненных в Институте проблем энергетики НАН Беларуси.

Для теплообменника P-0,25 реализована возможность выбора пластин А или Б. Пластина типа А по сравнению с пластиной типа Б характеризуется более высокой интенсивностью теплообмена и большим гидравлическим сопротивлением и рекомендуется при

$Q \geq 400 \text{ кВт}$ ($0,35 \text{ Гкал/ч}$). В каждом конкретном случае программа расчета обеспечивает оптимальные конструкторские решения.

Принимаем РС-0,2 и $\delta = 0,8$. Пластины РС-0,2 полуразборные. (Если принимать разборную структуру Р-0,25, то $\delta = 0,6$, а «елочка» пластины может быть в одном из двух указанных вариантов А и Б). Нажимаем «Принято».

Другие конструктивные параметры теплообменника можно задать позднее, когда будет осуществляться компоновка пластин для него.

4. В «Настройке» переходим в диалоговом окне на «Единицы измерений».

В программе предусмотрено использование единиц измерений, основанных на международной программе СИ и технической системе, которая ранее широко применялась в теплотехнике. В табл. 1 представлен список параметров, имеющих отличающиеся единицы измерений в этих системах.

Т а б л и ц а 1

№ п.п.	Параметр	СИ	Техническая система
1	Тепловая мощность	кВт	Гкал/ч
2	Расход	кг/с	т/ч
3	Коэффициент теплопередачи	Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)	ккал/($\text{ч} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}$)
4	Коэффициент теплоотдачи	Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)	ккал/($\text{ч} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}$)
5	Термическое сопротивление	$\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	$\text{ч} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{ккал}$
6	Давление	Па	ат

Выбираем «Единицы СИ», «Принять» (рис. 4). Наш выбор в дальнейшем повлияет на величину таких вводимых параметров, как расход теплоносителя и тепловая мощность теплообменника.

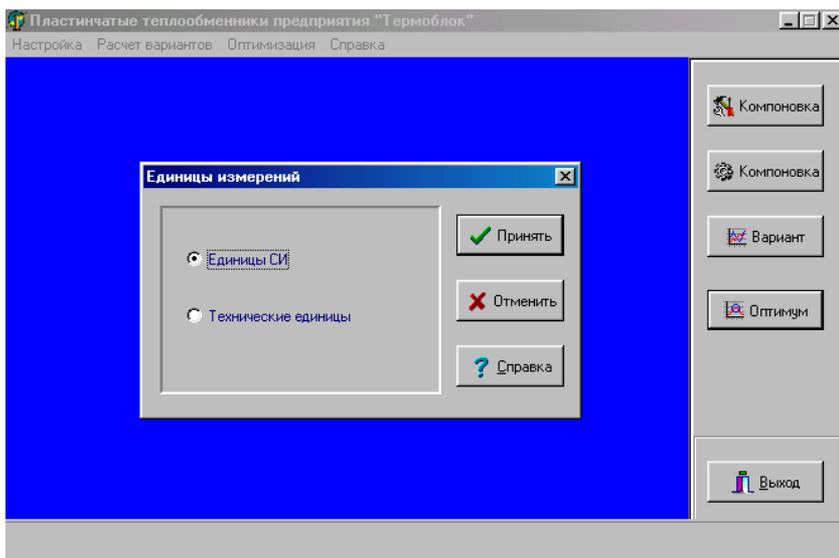


Рис. 4

В протоколе расчета (см. п. 8) все параметры из приведенной выше таблицы будут представлены в выбранной нами системе единиц СИ.

5. В «Настройке» переходим в диалоговом окне на «Независимые параметры» (рис. 5). В качестве входных параметров всегда должны быть 4 независимых переменных, которые выбираются из представленных ниже величин:

Q – тепловая мощность теплообменника; $T_{\text{гор.вх.}}$ – температура греющей воды на входе в теплообменник; $T_{\text{гор.вых.}}$ – температура греющей воды на выходе из теплообменника; $T_{\text{хол.вх.}}$ – температура нагреваемой воды на входе в теплообменник; $T_{\text{хол.вых.}}$ – температура нагреваемой воды на выходе из теплообменника; $G_{\text{гор}}$ – расход греющей воды; $G_{\text{хол.}}$ – расход нагреваемой воды.

Независимые переменные задают параметры, которые далее используются для ввода данных при расчете теплообменника. Остальные из представленных величин определяются в результате вычислений. Возможность задавать различное сочетание параметров в качестве независимых переменных обеспечивает гибкость программы для разнообразных практических приложений.

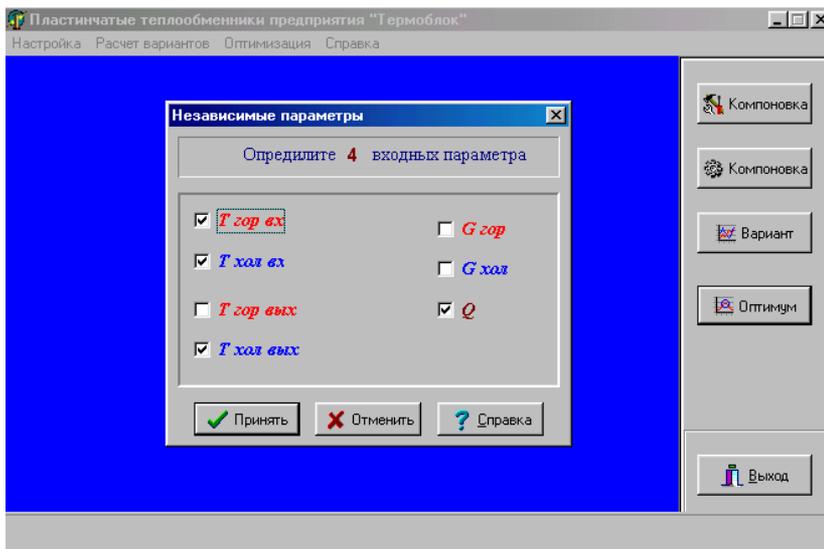


Рис. 5

Например, в качестве независимых переменных можно указать три температуры и количество теплоты; можно задавать значения трех температур и расход теплоносителя, а можно указать две температуры и расходы первичного и вторичного теплоносителей. В последнем случае реализуется классический вариант при поворочном расчете (т.е. для заданной площади и компоновки поверхности теплообмена водоподогревателя вычисляются режимные характеристики его работы).

При оптимизационном расчете проводится поиск минимальной поверхности теплообмена для заданного режима работы теплообменника. В этом случае выбор независимых переменных определяет те режимные параметры, которые будут зафиксированы при проведении вычислений.

Необходимо задавать обязательно *четыре* параметра, иначе при большем или меньшем числе программа не будет работать, а даст соответствующее предупреждение (рис. 6).

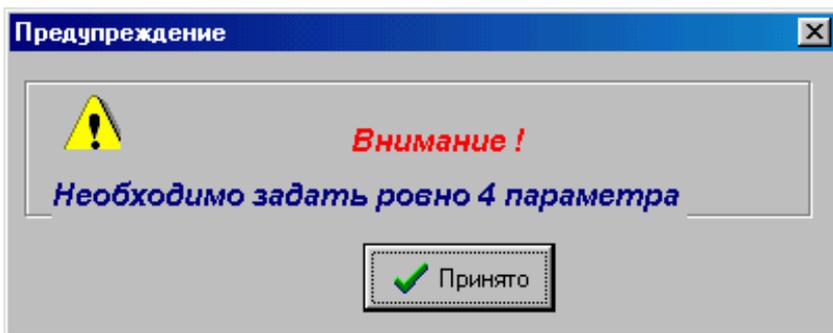


Рис. 6

Следует обратить внимание и на то, что не все сочетания параметров могут быть корректны. Так, при *поверочном* расчете задание *только температур* теплоносителя по горячей и холодной сторонам на входе в теплообменник и выходе из него также вызовет соответствующее предупреждение (см. рис. 6).

Выбираем в качестве независимых переменных 3 температуры и количество теплоты Q (см. рис. 5), нажимаем «Принять».

6. В «Настройке» переходим в диалоговом окне на «Данные для распечатки» (рис. 7). Вписываем фамилию заказчика (преподавателя), объект проектирования, назначение (отопление или горячее водоснабжение) и свою фамилию в качестве разработчика: *Иванов А.А. – тепловой пункт – отопление – Петров В.В.*, нажимаем «Принять».

7. Подбор конструкции аппарата и определение режимных параметров можно осуществить двумя способами:

а) рассмотрение различных вариантов конструкции аппарата при проведении поверочного расчета каждого из выбранных вариантов;

б) проведение оптимизационных расчетов (определение экстремума целевой функции). В этом случае в качестве целевой функции задано число пластин и осуществляется поиск минимума этой функции.

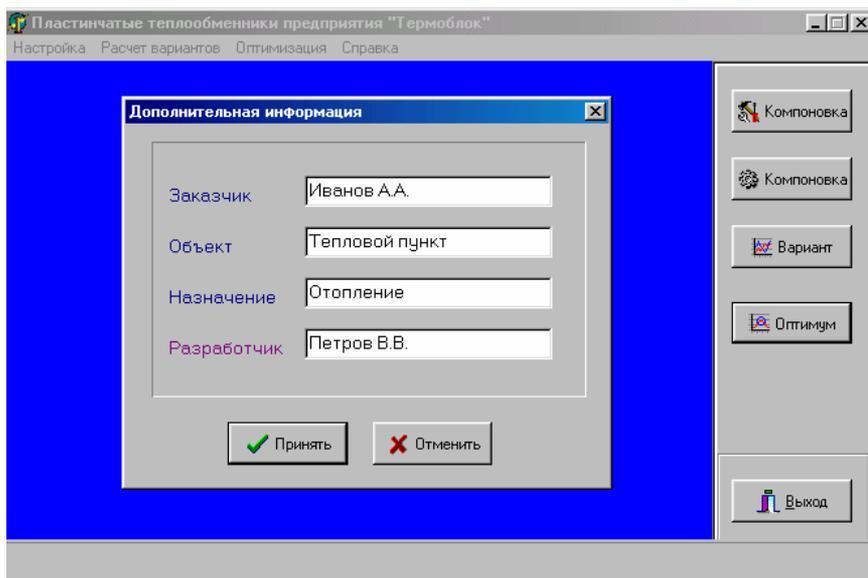


Рис. 7

Мы будем проводить *поверочный* расчет теплообменника.

Для поверочного расчета теплообменника необходимо определить его компоновку. Теплообменники могут компоноваться с однотипными и разнотипными пластинами.

- При однотипных пластинах задается число пластин и число ходов теплоносителя. В соответствии с номенклатурой продукции, выпускаемой фирмой «Термоблок», в данной программе расчета принято, что количество каналов по «холодной» и «горячей» сторонам теплообменника одинаково, за исключением второго хода для трехходового теплообменника. В этом случае по конструктивным соображениям для нагреваемой среды принимается на один канал больше.

По нагреваемой и охлаждаемой стороне теплообменника число ходов теплоносителя совпадает. Их количество не превышает 3. Если теплопроизводительность теплообменника небольшая, то выбираем число ходов «1», если ее нужно увеличить, – то «2» или «3».

Нажимаем верхнюю кнопку справа «Компоновка» (появляется рис.10) или на шкале «Настройка – Расчет вариантов – Оптимиза-

ция – Справка» (см. рис. 1) переходим к «Расчету вариантов»: появляется рис.8. Нажимаем «Однотипные пластины», появляется рис. 9, переходим в «Компоновку» (появляется рис. 10).

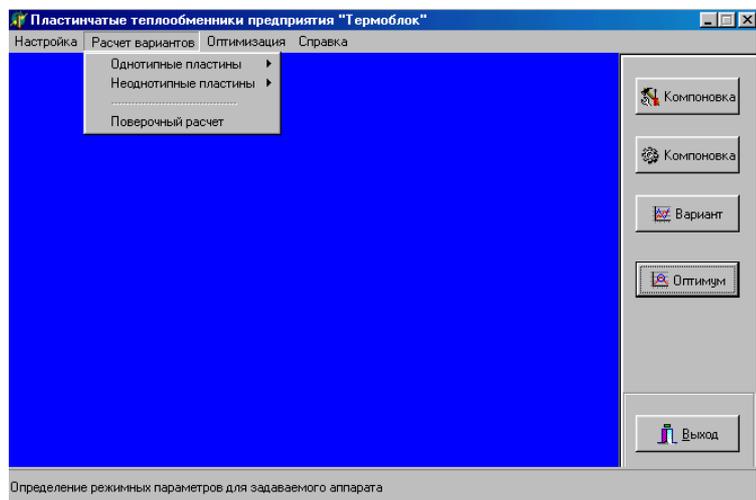


Рис. 8

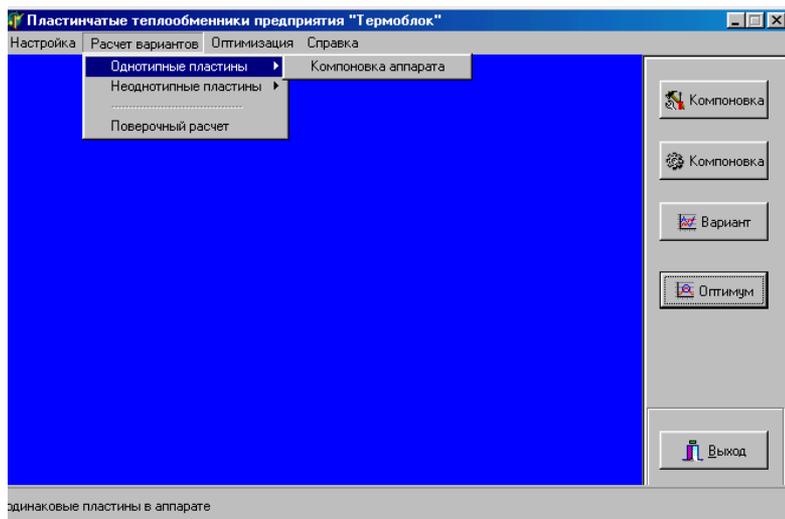


Рис. 9

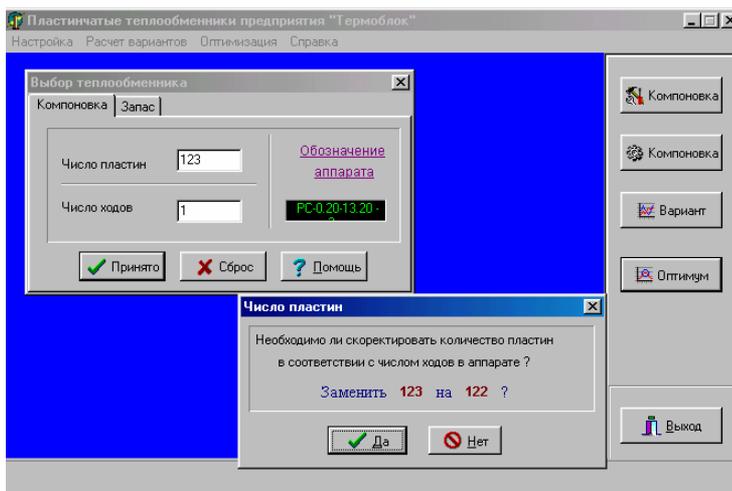


Рис. 10

Максимальное число пластин – 400 штук, что может обеспечить 2,3...2,9 МВт (2...2,5 Гкал/ч) теплоты. Патрубки теплообменника $\varnothing 100$ будут по длине не более 5-6 м.

В рассматриваемом примере $Q_{o \max} = 535$ кВт (0,46 Гкал/ч). По таблицам прил.2 выбираем теплообменник PC-0,2-25,2-1х(63).

Принимаем «Число пластин» 124, «Число ходов» – 1 (рис. 11).

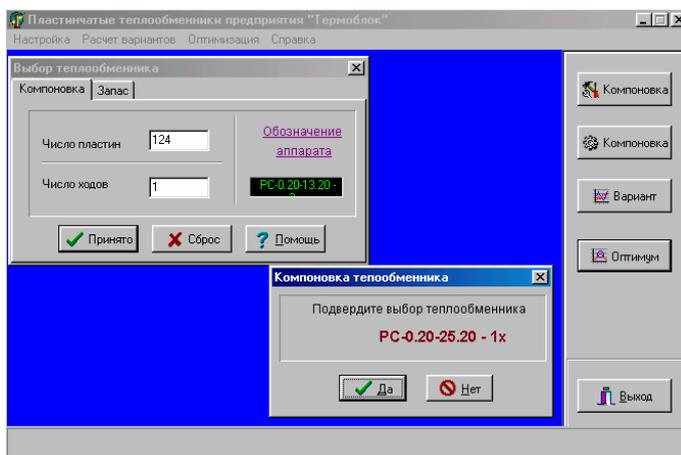


Рис. 11

Когда принимается нечетное число пластин, то на экране появляется рис. 10. Затем необходимо подтвердить выбор типа теплообменника (см. рис. 11). Нажимаем «Да».

- Для теплообменника Р-0,25, выпускаемого с различными типами пластин (А и Б), предусмотрена возможность компоновки теплообменника разными пластинами по ходам. Эта операция выполняется путем переключения соответствующей кнопки для каждого хода (рис. 12...15). Задание однотипных пластин в теплообменнике является частным случаем.

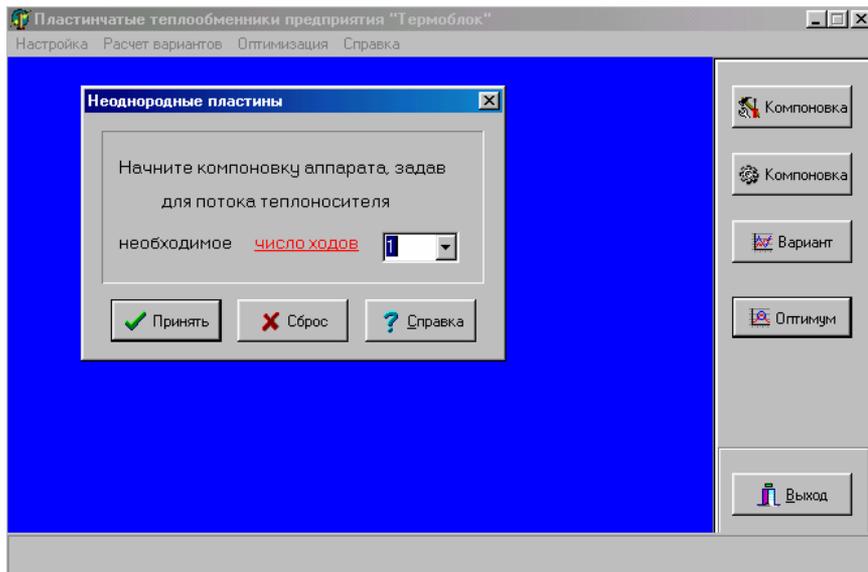


Рис. 12

В отличие от диалогового окна «Компоновка аппарата с однотипными пластинами» в данном случае имеется возможность задавать число каналов по греющей стороне теплообменника в каждом из предусмотренных в нем ходов теплоносителя. Иногда такой способ компоновки, как наиболее гибкий, оказывается оптимальным. (Для теплообменника РС-0,2 такие возможности компоновки не предусмотрены).

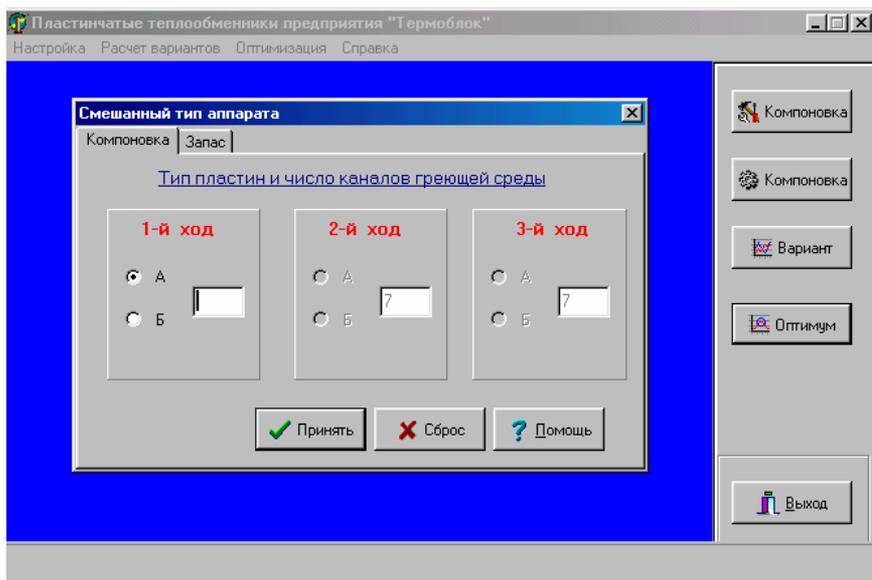


Рис. 13

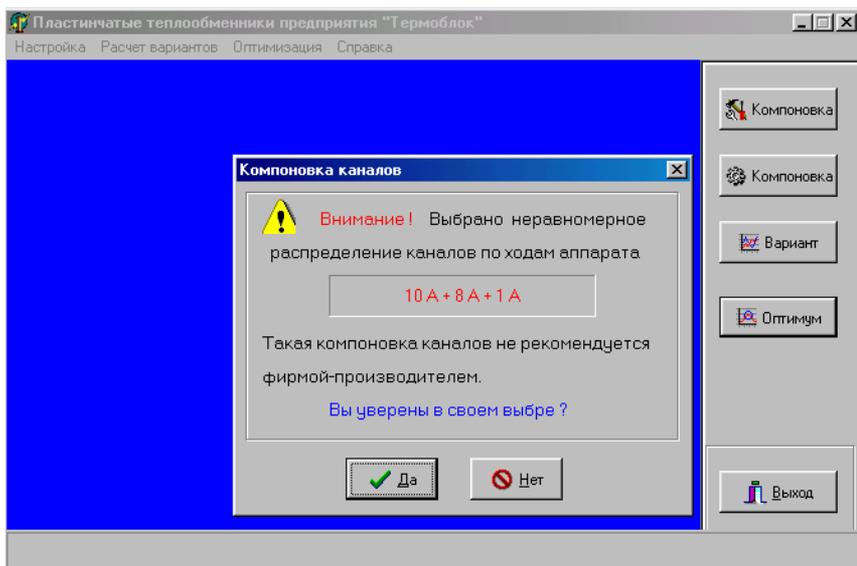


Рис. 14

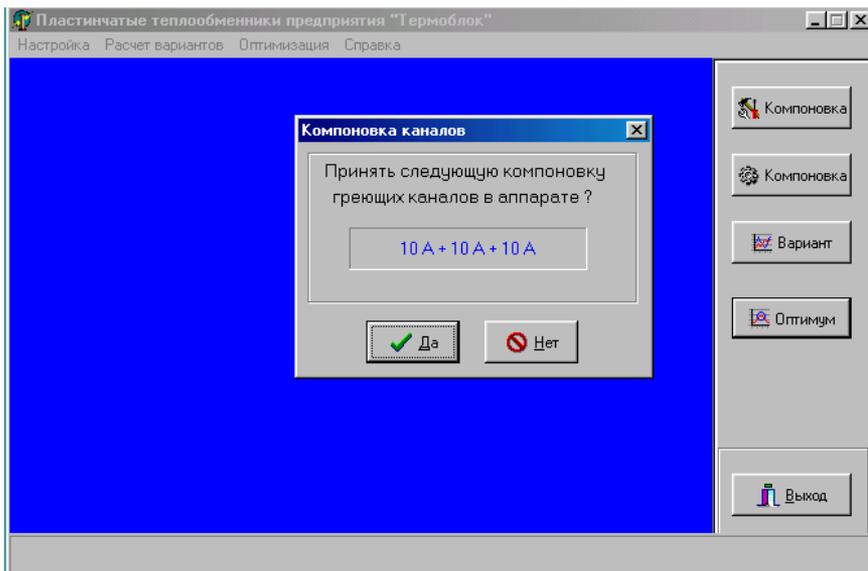


Рис. 15

8. В «Расчете вариантов» (см. рис. 1) переходим в диалоговом окне (см. рис. 8) на «Поверочный расчет». Появляется «Ввод данных» (рис. 16). Вводим данные в соответствии с тем, что нами было намечено ранее (п. 5), то есть три температуры и $Q_{o \max}$:

$$T_{\text{гор.вх.}} = 150^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\text{хол.вх.}} = 5^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\text{хол.вых.}} = 105^{\circ}\text{C};$$

$$Q_{o \max} = 535,0 \text{ кВт.}$$

Нажимаем «Принять».

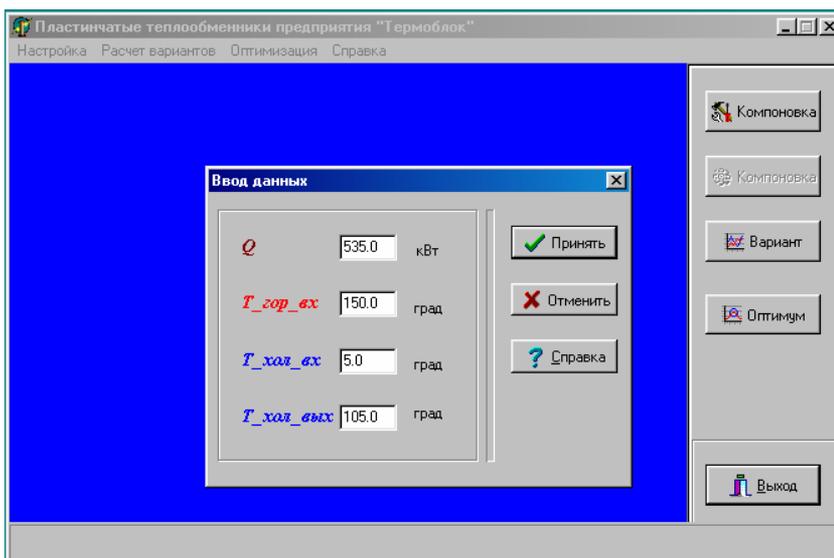


Рис. 16

9. На экране появляется спецификация на пластинчатый теплообменник принятого типа (рис. 17).

Проанализируем полученные данные. Разность между температурами первичного и вторичного теплоносителей Δt должна составлять 4...6°C. Чем больше будет эта разность температур, тем меньший можно устанавливать теплообменник. Особое внимание нужно обратить на потери давления в теплообменнике для греющей и нагреваемой воды. Если они достаточно малы, то теплообменник можно сделать вместо одноходового – двухходовым.

В рассматриваемом случае Δt между первичным и вторичным теплоносителями сравнительно велика. Кроме того, температура первичного теплоносителя на выходе из теплообменника должна быть не ниже 30°C, а у нас получилась 25°C. Но особенно обращает на себя внимание то, что получился очень низкий коэффициент теплопередачи.

Тел.: (017) 285-16-52, 285-16-67, 285-16-66;

ТЕРМОБЛОК

Адрес: 220004, Республика Беларусь,
г. Минск, ул.

Заказчик: Иванов А.А.
Объект: Тепловой пункт



Назначение: отопление

Спецификация

РС-0.20-25.20 - 1х

Наименование	Единицы	Греющая	Нагреваемая
Тепловая мощность	кВт	535.00	
Входная температура	° С	150.0	5.0
Выходная температура	° С	25.0	105.0
Массовый расход	кг/с	1.017	1.279
Объемный расход	м ³ / ч	3.788	4.670
Перепад давления в аппарате	бар	0.0017	0.0028
Перепад давления в патрубках	бар	0.0004	0.0007
Суммарный перепад давления	бар	0.0021	0.0035
Количество пластин, расчетное	шт	122	
Количество пластин, установочное	шт	124	
Количество ходов	—	1	
Кoeffициент теплопередачи, расчетный	Вт/(м ² К)	775.4	
Кoeffициент теплопередачи, эффективный	Вт/(м ² К)	704.9	
Кoeffициент запаса	%	10.0	
Термическое сопротивление отложений	(м ² К)/Вт , 10 ⁻⁴	0.000	
Температурный напор	° С	30.84	
Поверхность теплообмена	м ²	24.40	
Скорость теплоносителя в аппарате	м/с	0.02	0.03
Проходное сечение теплообменника	м ²	0.04935	

Рис. 17

10. Принимаем решение увеличить число ходов теплоносителя в теплообменнике до 2.

Для этого изменяем количество пластин, оставляя прежний тип теплообменника. Нужно вернуться на «Компоновку» (рис. 18) и уменьшить «Число пластин» на 30%. Проверяем полученный результат (рис. 19). Если это допустимо, снова уменьшаем число пластин в теплообменнике (рис. 20).

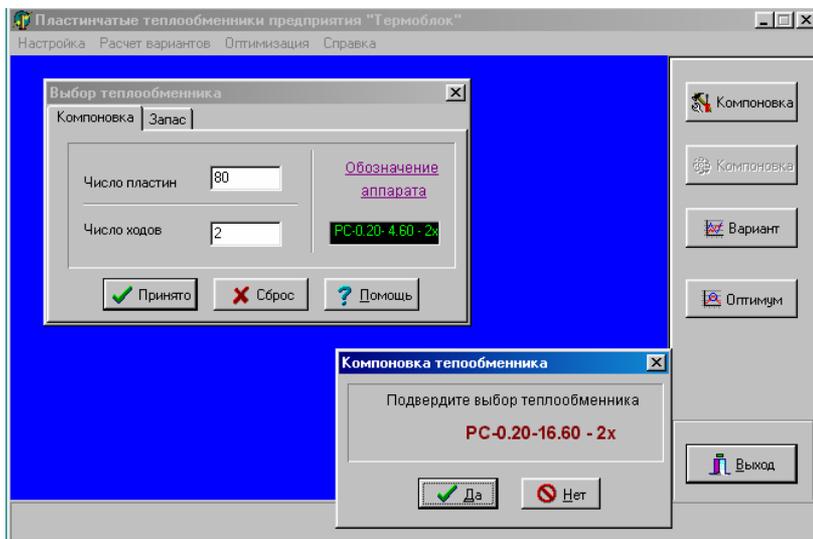


Рис. 18

Тел.: (017) 285-16-52, 285-16-67, 285-16-66,

ТЕРМОБЛОК

Адрес: 220004, Республика Беларусь,
г. Минск, ул.

Заказчик: Иванов А.А.
Объект: Тепловой пункт



Назначение: отопление

Спецификация

РС-0.20-17.00 - 2х

Наименование	Единицы	Греющая	Нагреваемая
Тепловая мощность	кВт	535.00	
Входная температура	° С	150.0	5.0
Выходная температура	° С	16.5	105.0
Массовый расход	кг/с	0.953	1.279
Объемный расход	м ³ /ч	3.539	4.670
Перепад давления в аппарате	бар	0.0230	0.0420
Перепад давления в патрубках	бар	0.0004	0.0007
Суммарный перепад давления	бар	0.0233	0.0427
Количество пластин, расчетное	шт	80	
Количество пластин, установочное	шт	82	
Количество ходов	—	2	
Коэффициент теплопередачи, расчетный	Вт/(м ² К)	1268.9	
Коэффициент теплопередачи, эффективный	Вт/(м ² К)	1153.6	
Коэффициент запаса	%	10.0	
Термическое сопротивление отложений	(м ² К)/Вт · 10 ⁻⁴	0.000	
Температурный напор	° С	24.57	
Поверхность теплообмена	м ²	16.00	
Скорость теплоносителя в аппарате	м/с	0.06	0.08
Проходное сечение теплообменника	м ²	0.01592	

Рис. 19

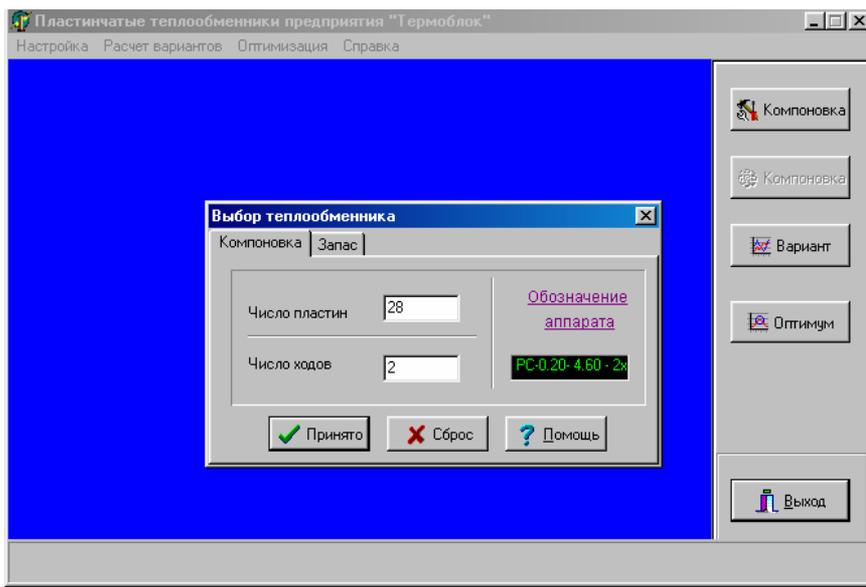


Рис. 20

Причем, при уменьшении числа пластин обычно рекомендуемый шаг расчетов (т.е. Δl пластин) – 6 шт. Такое резкое, на первый взгляд, изменение числа пластин необходимо из-за того, что итоговые изменения происходят сравнительно медленно.

Потери напора в системе отопления не должны превышать заданных (данные заказчика – теплосетей), либо должны восполняться специально установленными насосами. Обычно потери напора в системе отопления не превышают 2,5 м.

Уменьшив число пластин до 28, переходим на «Поверочный расчет» и, подтвердив введенные ранее данные, получаем рис. 21.

Таким образом, температура первичного теплоносителя на выходе из теплообменника первой ступени больше 30°C ($30,2^{\circ}\text{C}$); коэффициент теплопередачи достаточно высокий ($K = 2792,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$); потери напора в системе отопления $\Delta H_{\text{от}} = 2,44 \text{ м}$. Расчет можно считать выполненным. Габаритные размеры, масса теплообменника и последовательность набора пластин указаны на рис. 22; все вспомогательные параметры – на рис. 23.

Тел.: (017) 285-16-52, 285-16-67, 285-16-66;

ТЕРМОБЛОК

Адрес: 220004, Республика Беларусь, г. Минск, ул.

Заказчик: Иванов А.А.
Объект: Тепловой пункт



Назначение: отопление

Спецификация

РС-0.20- 6.60 - 2х

Наименование	Единицы	Греющая	Нагреваемая
Тепловая мощность	кВт	535,00	
Входная температура	° С	150.0	5.0
Выходная температура	° С	30.2	105.0
Массовый расход	кг/с	1.061	1.279
Объемный расход	м ³ /ч	3.956	4.670
Перепад давления в аппарате	бар	0.1560	0.2434
Перепад давления в патрубках	бар	0.0005	0.0007
Суммарный перепад давления	бар	0.1565	0.2441
Количество пластин, расчетное	шт	28	
Количество пластин, установочное	шт	30	
Количество ходов	—	2	
Кэффициент теплопередачи, расчетный	Вт/(м ² К)	2792,5	
Кэффициент теплопередачи, эффективный	Вт/(м ² К)	2538,6	
Кэффициент запаса	%	10,0	
Термическое сопротивление отложений	(м ² К)/Вт · 10 ⁻⁴	0.000	
Температурный напор	° С	34.13	
Поверхность теплообмена	м ²	5.60	
Скорость теплоносителя в аппарате	м/с	0.19	0.23
Проходное сечение теплообменника	м ²	0.00557	

Рис. 21

Тел.: (017) 285-16-52, 285-16-67, 285-16-66;

ТЕРМОБЛОК

Адрес: 220004, Республика Беларусь, г. Минск, ул.

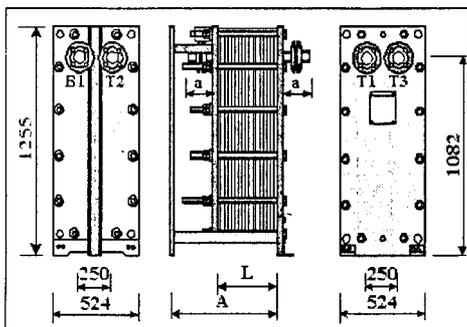
Заказчик: Иванов А.А.
Объект: Тепловой пункт



Назначение: отопление

Спецификация

РС-0.20- 6.60 - 2х



Габаритные размеры

A , мм	458
L , мм	96
a , мм	180

Обозначение :

- B1 - вход нагреваемой среды
- T1 - вход греющей среды
- T2 - выход греющей среды
- T3 - выход нагреваемой среды

Масса аппарата (в кг)

пластины -	41
суммарная -	420
при заполнении -	438

Последовательность набора пластин в аппарате

15	1	1	1	13
AA	BA	BB	AB	AA

Примечание:

AA, BA, AB, BB, ГГ в знаменателе представлено обозначение расположения коллекторных отверстий в пластинах.

A, B в числителе - типы пластин для P - 0,25. Тип пластин не указывается для PC - 0,2

Цифрами в числителе обозначается количество пластин указанного типа и расположения коллекторных отверстий.

Сборка пластин в теплообменник осуществляется от неподвижной плиты.

Компоновка каналов греющего потока в аппарате - 8 + 7

Рис. 22

Тел.: (017) 285-16-52, 285-16-67, 285-16-66;

ТЕРМОБЛОК

Адрес: 220004, Республика Беларусь, г. Минск, ул.

Заказчик: Иванов А.А.
Объект: Тепловой пункт



Назначение: отопление

Спецификация

РС-0.20- 6.60 - 2х

Вспомогательные параметры

Средняя плотность теплового потока,	кВт/м ²	95.5
Коэффициент теплоотдачи греющей среды,	Вт / (м ² К)	6426.9
Коэффициент теплоотдачи нагреваемой среды,	Вт / (м ² К)	6787.4
Термодинамическая эффективность аппарата	%	82.6
Количество единиц переноса (NTU)		3.44
Число Re греющего потока		2507
Число Re нагреваемого потока		1913
Энергетическая эффективность ($Q / N_{\text{продачка}}$)		10949.9
Коэффициент использования массы ($Q / m \Delta T$)	кВт / (кг К)	0.0373
Коэффициент использования объема ($Q / V \Delta T$)	кВт / (куб.м К)	1999.9

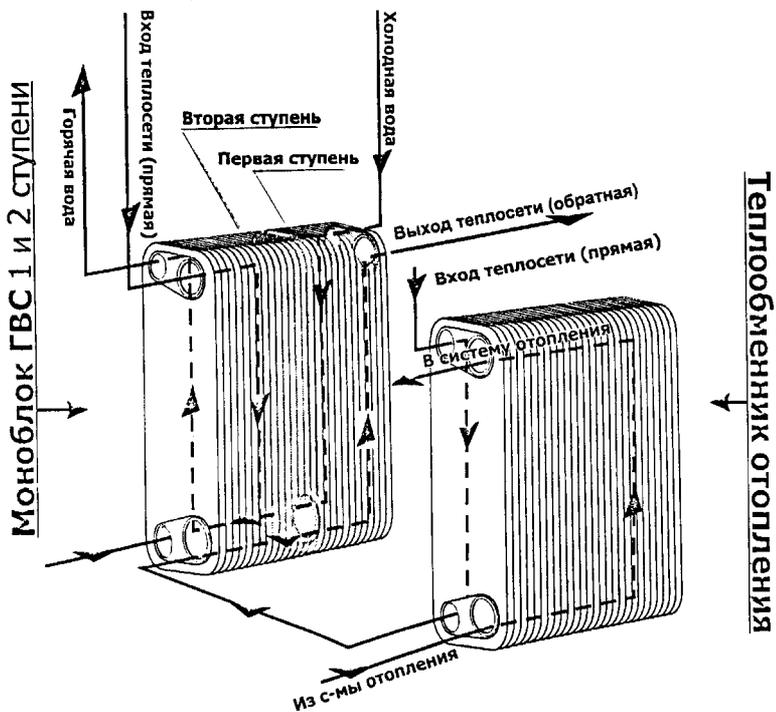
Рис. 23

Расчет пластинчатых теплообменников, выпускаемых фирмой «Термоблок» специально для систем горячего водоснабжения (рис. 24), проводим по этой же программе «Plast».

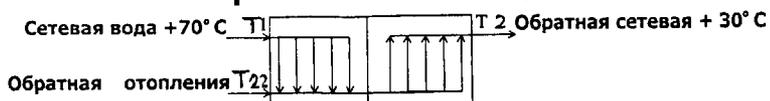
Расчет осуществляется в следующем порядке:

1. Открываем программу расчета «PlastAp.exe». В верхней части экрана появляется шкала «Настройка – Расчет вариантов – Оптимизация – Справка» (см. рис. 1).

Подключение теплообменника ГВС по смешанной двухступенчатой схеме



Разрез по сетевой воде



Разрез по ГВС

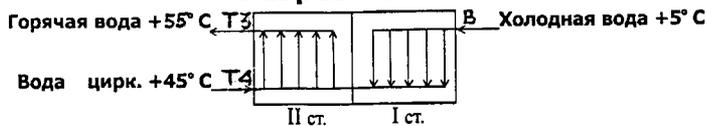


Рис. 24

2. Вызываем раздел «Настройка». На экране появляется рис. 2.
3. Определяем модификацию теплообменника путем выбора в диалоговом окне «Тип пластин» (рис. 25).

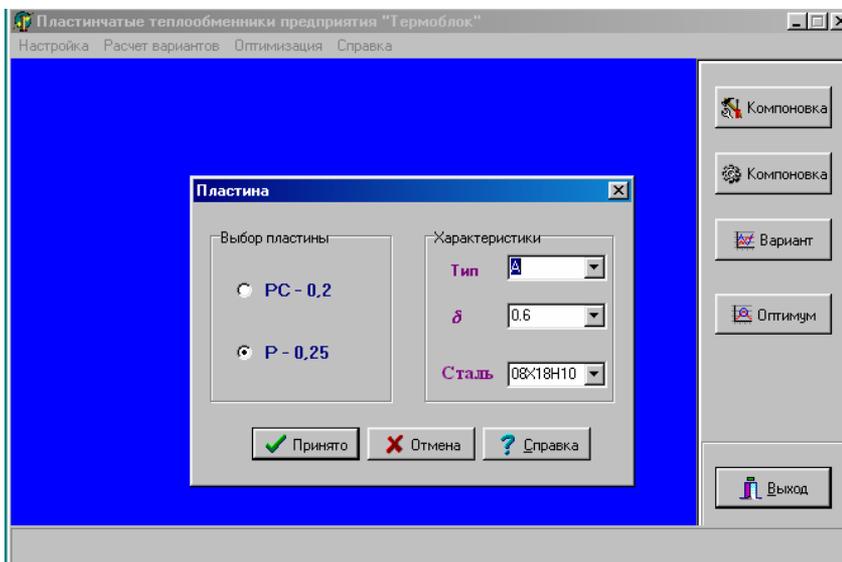


Рис. 25

Принимаем P-0,25 и $\delta = 0,6$, тип А. Нажимаем «Принято».

4. В «Настройке» переходим в диалоговом окне на «Единицы измерений». *Выбираем «Единицы СИ», «Принять»* (см. рис. 4).

5. В «Настройке» переходим в диалоговом окне на «Независимые параметры» (см. рис. 5).

Выбираем в качестве независимых переменных 3 температуры и количество теплоты Q, нажимаем «Принять».

6. В «Настройке» переходим в диалоговом окне на «Данные для распечатки» (рис. 26). *Иванов А.А. – тепловой пункт – горячее водоснабжение – Петров В.В., нажимаем «Принять».*

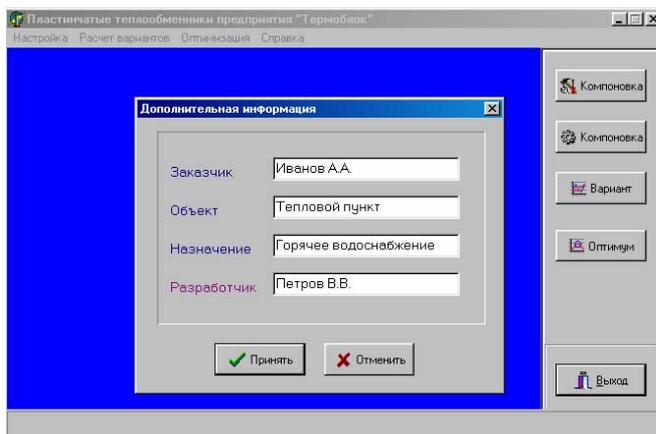


Рис. 26

7. Работу продолжаем с программой «Полный расчет». Открываем «Microsoft Excel». В нижней части экрана (рис. 27) открываем «Исходные данные» и заполняем таблицу (рис. 28).

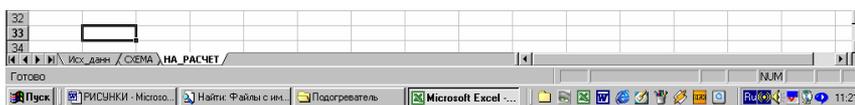


Рис. 27

Исходные данные	
Qот, Гкал/ч	0,46
Qгв макс, Гкал/ч	0,44
Расчетный расход тепла, % от макс.	100
Qгв расч., Гкал/ч	0,44
t ₁₁ , °C	150
t ₂₂ , °C	70
t _{11взм} , °C	70
t _{22взм} , °C	42
t ₃ , °C	55
t ₄ , °C	45
t _{взм} , °C	5
Доля расхода тепла, теряемого в циркуляционной линии, % от макс.	0
Qцирк, Гкал/ч	0
Тепловая нагрузка, обеспечиваемая 1-й ступенью, %	50
То же, Гкал/ч	0,22
Тепловая нагрузка, обеспечиваемая 2-й ступенью, %	0,22

Рис. 28

Ввод данных для расчета теплообменника осуществляем в соответствии с заданием (см. исходные данные).

В процессе ввода данных анализируем как соответствие их заданному диапазону, так и корректность реализуемых режимов работы теплообменника.

В случае ошибки ввода программой выдается соответствующее сообщение. Температура первичного теплоносителя не должна превышать 200°C и не опускаться ниже 0°C. Расход теплоносителя не должен превышать 50 кг/с. Кроме того, необходимо соблюдать еще некоторые условия: температура греющего (первичного) теплоносителя на входе не может быть ниже температуры первичного теплоносителя на выходе, а температура нагреваемого (вторичного) теплоносителя на входе в теплообменник не может быть выше температуры вторичного теплоносителя на выходе из теплообменника; термодинамическая эффективность теплообменника находится в диапазоне от 0 до 100% и т.д. Причем, указанные условия должны выполняться не только в явном виде, т.е. при вводе данных, соответствующих выбранным независимым переменным, но и для всей совокупности параметров, в том числе полученных косвенным путем в результате вычислений.

Потери теплоты в циркуляционной линии принимаем 0%, но они могут составлять от 20 до 40%.

Для уменьшения поверхности теплообмена считаем, что нижняя (первая 1) ступень теплообменника должна обеспечивать не менее 50% расчетной тепловой нагрузки. При этом рекомендуется, чтобы

$$50\% < Q^1 < 60\% .$$

В рассматриваемом примере $Q_{o \max} = 535 \text{ кВт} = 0,46 \text{ Гкал/ч}$, $Q_{h \max} = 510 \text{ кВт} = 0,44 \text{ Гкал/ч}$. Температуры теплоносителя при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления и в точке излома графика центрального качественного регулирования отпуска теплоты принимаем по прил.1. T_3 – температура вторичного теплоносителя на входе в систему горячего водоснабжения (равна температуре на выходе из теплообменника). В соответствии с [6, п.2.2] эта температура может быть от 50 до 75°C. Принимаем $T_3 = 55^\circ\text{C}$. Падение температуры теплоносителя в системе горячего водоснабжения, в зависимости от ее протяженности, может составлять (5...15)°C. Принимаем $\Delta t = 10^\circ\text{C}$. Тогда $T_4 = 45^\circ\text{C}$. В итоге получаем таблицу на рис. 28.

8. В нижней части экрана (см. рис. 27) переходим «На расчет» (рис. 29). При двухступенчатой смешанной схеме расчет рекомендуется начинать со II ступени. Записываем полученные на рис. 29 температуры вторичного теплоносителя на входе во II (верхнюю) ступень и на выходе из нее (по синим стрелкам): 30°C и 55°C соответственно.

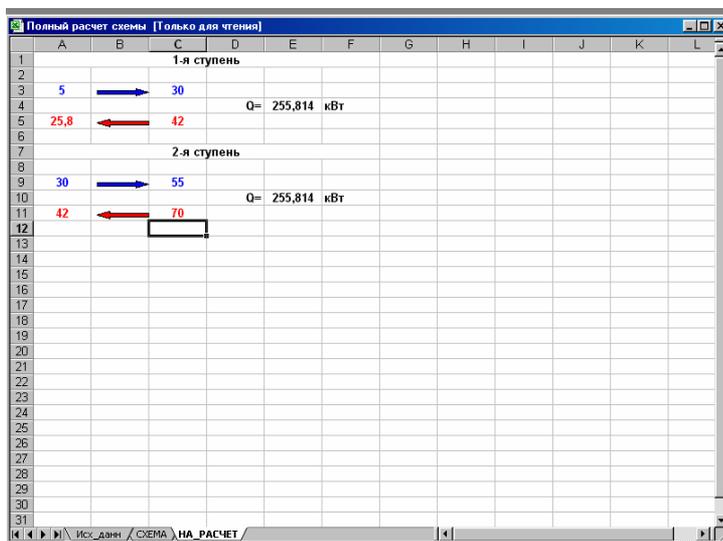


Рис. 29

9. Возвращаемся в программу «PlastAp.exe» (см. рис. 1). На шкале «Настройка – Расчет вариантов – Оптимизация – Справка» переходим к «Расчету вариантов» (см. рис. 8). Нажимаем «Однотипные пластины» (см. рис. 9, переходим в «Компоновку»). В соответствии с необходимой величиной Q_{hmax}^{II} принимаем «Число пластин» – 28, «Число ходов» – 2 (см. рис. 30). (Для двухступенчатой смешанной схемы число ходов во II ступени рекомендуется принимать равным именно 2). Сразу же переходим в «Запас», принимая коэффициент запаса «10%» (рис. 31). Подтверждаем выбор теплообменника P-0,25-7,75-2x (рис. 32), нажимая «Да».

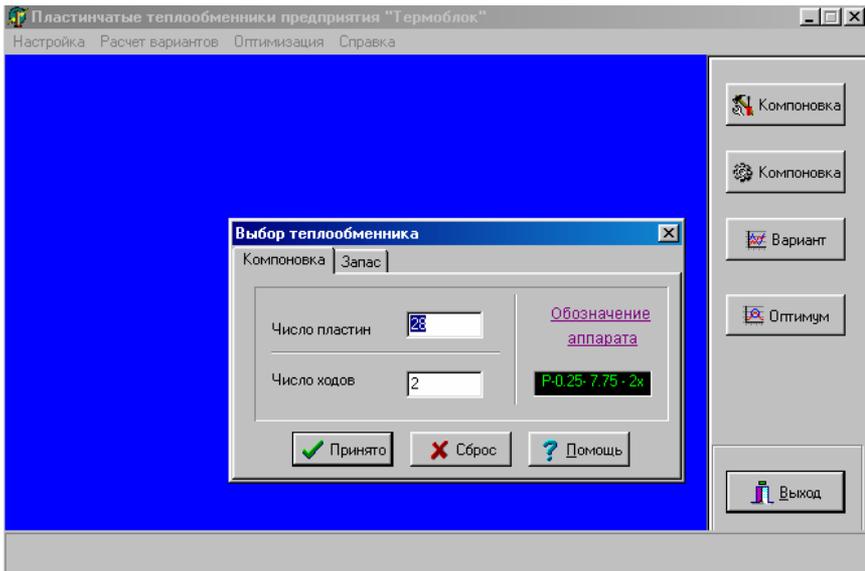


Рис. 30

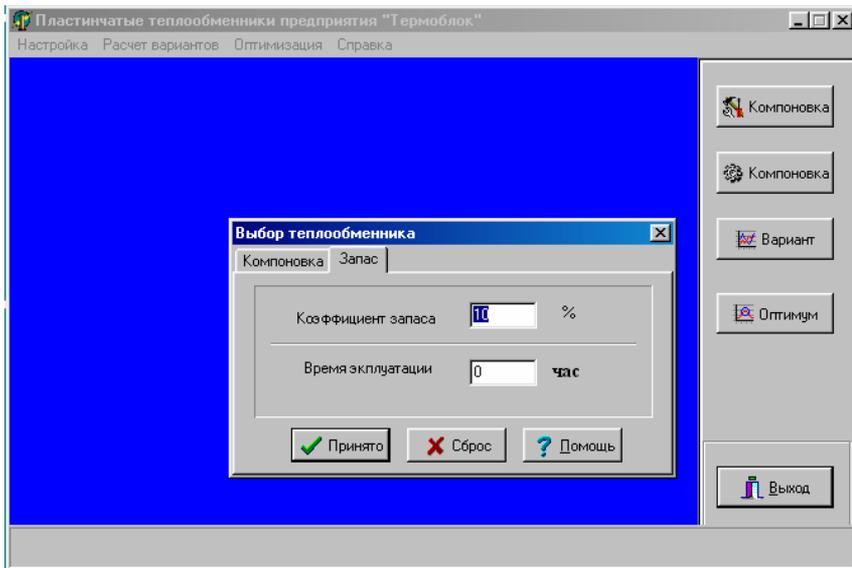


Рис. 31

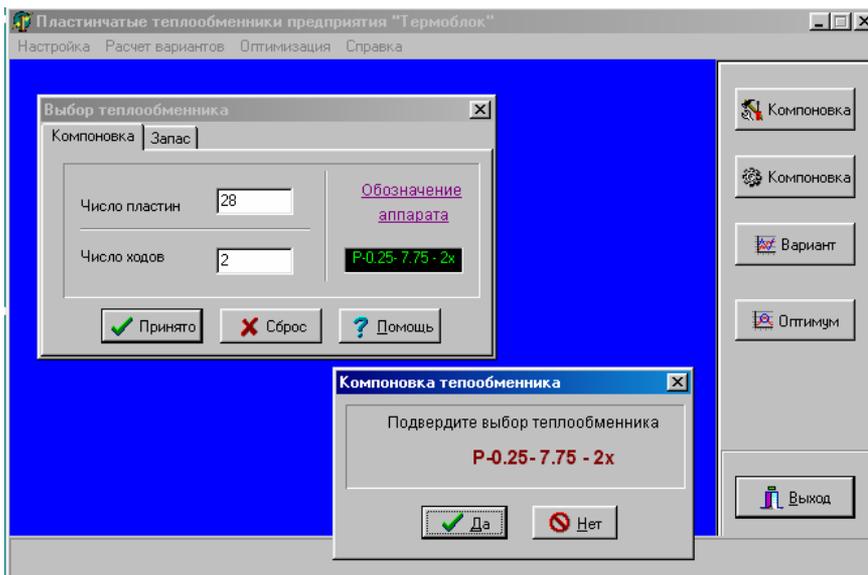


Рис. 32

10. На шкале (см. рис. 1) вызываем раздел «Расчет вариантов», переходим в диалоговом окне (см. рис. 8) на «Поверочный расчет». Появляется «Ввод данных» (см. рис. 16). Вводим данные в соответствии с тем, что нами было намечено ранее (п. 5), то есть три температуры (из рис. 29) и $Q_{h\max}^II$ для II (верхней) ступени теплообменника:

$$T_{\text{гор.вх.}} = 70^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\text{хол.вх.}} = 30^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\text{хол.вых.}} = 55^{\circ}\text{C};$$

$$Q_{h\max}^II = 255,0 \text{ кВт.}$$

Нажимаем «Принять» (рис. 33).

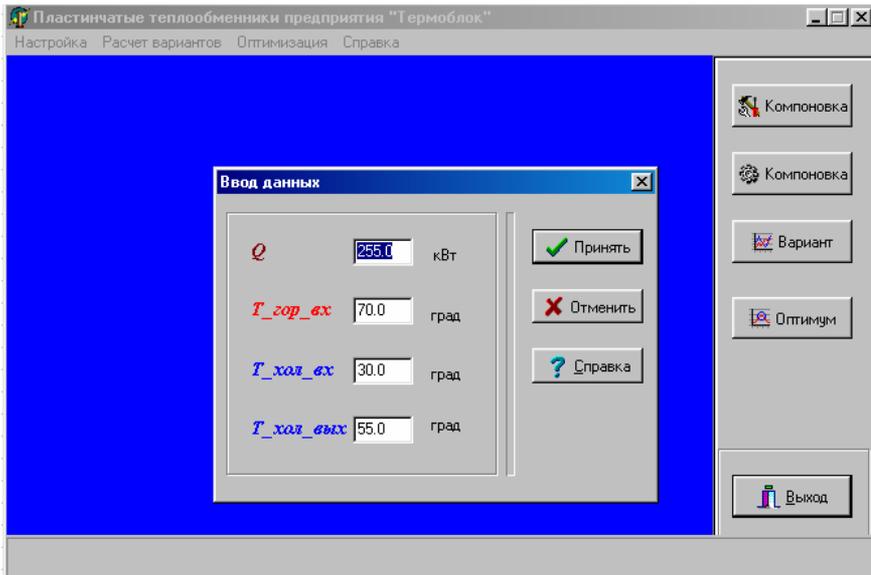


Рис. 33

11. На экране (рис. 34) спецификация теплообменника. Выписываем полученные в результате расчета температуры теплоносителя: $T_{гор.вх} = 70^{\circ}\text{C}$, $T_{гор.вых} = 39,1^{\circ}\text{C}$. Анализируем величины перепада давления для первичного и вторичного теплоносителей и величину коэффициента теплопередачи.

12. Снова переходим на программу «Полный расчет». В нижней части экрана (см. рис. 27) открываем «Схему» и для верхней ступени вносим данные по $T_{гор.вых} = 39,1^{\circ}\text{C}$ (рис. 35).

13. В нижней части экрана (см. рис. 27) открываем «На расчет» и записываем полученную температуру $T_{см} = 40,4^{\circ}\text{C}$ (рис. 36).

14. Начинаем расчет I (нижней) ступени. Возвращаемся в программу «PlastAp.exe» (см.рис.1). На шкале «Настройка – Расчет вариантов – Оптимизация – Справка» переходим к «Расчету вариантов» (см. рис. 8). Нажимаем «Однотипные пластины (см. рис. 9), переходим в «Компоновку». Принимаем «Число пластин» 21, «Число ходов» – 1 (рис. 37).

Подтверждаем выбор теплообменника P-0,25-5,75-1х, нажимая «Да» (рис. 38).

Тел.: (017) 285-16-52, 285-16-67, 285-16-66;

ТЕРМОБЛОК

Адрес: 220004, Республика Беларусь,
г. Минск, ул.



Заказчик: Иванов А.А.
Объект: Тепловой пункт

Назначение: Горячее водоснабжение
2 уровень

Спецификация

P-0.25-7.75 - 2x

Наименование	Единицы	Греющая	Нагреваемая
Тепловая мощность	кВт	255.00	
Входная температура	° С	70.0	30.0
Выходная температура	° С	39.1	55.0
Массовый расход	кг/с	1.972	2.444
Объемный расход	м ³ / ч	7.201	8.876
Перепад давления в аппарате	бар	0.2486	0.3797
Перепад давления в патрубках	бар	0.0016	0.0024
Суммарный перепад давления	бар	0.2502	0.3822
Количество пластин, расчетное	шт	28	
Количество пластин, установочное	шт	31	
Количество ходов	—	2	
коэффициент теплопередачи, расчетный	Вт/(м ² К)	3148.4	
Кoeffициент теплопередачи, эффективный	Вт/(м ² К)	2862.2	
Кoeffициент запаса	%	10.0	
Термическое сопротивление отложений	(м ² К)/Вт · 10 ⁻⁴	0.000	
Температурный напор	° С	11.78	
Поверхность теплообмена	м ²	7.00	
Скорость теплоносителя в аппарате	м/с	0.27	0.34
Проходное сечение теплообменника	м ²	0.00730	

Рис. 34

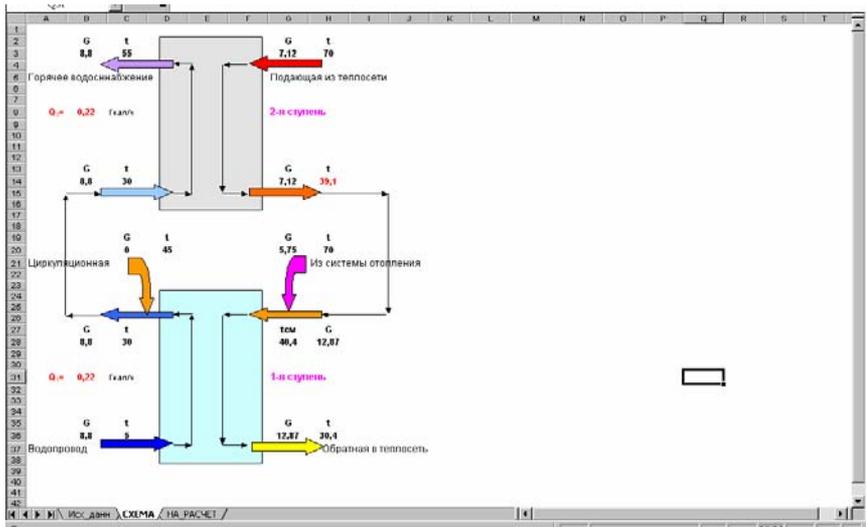


Рис. 35

Microsoft Excel - Полный расчет схемы

А	В	С	Д	Е	Г	Н	И	К	Л	М	О
1-я ступень.											
5	→	30									
23,3	←	40,4		Q= 255,814 кВт							
2-я ступень.											
30	→	55									
39,1	←	150		Q= 255,814 кВт							

Рис. 36

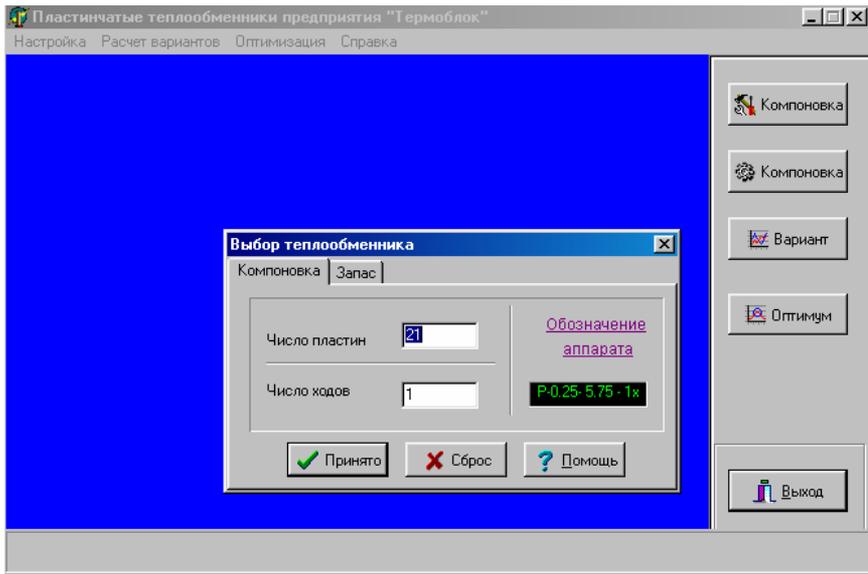


Рис. 37

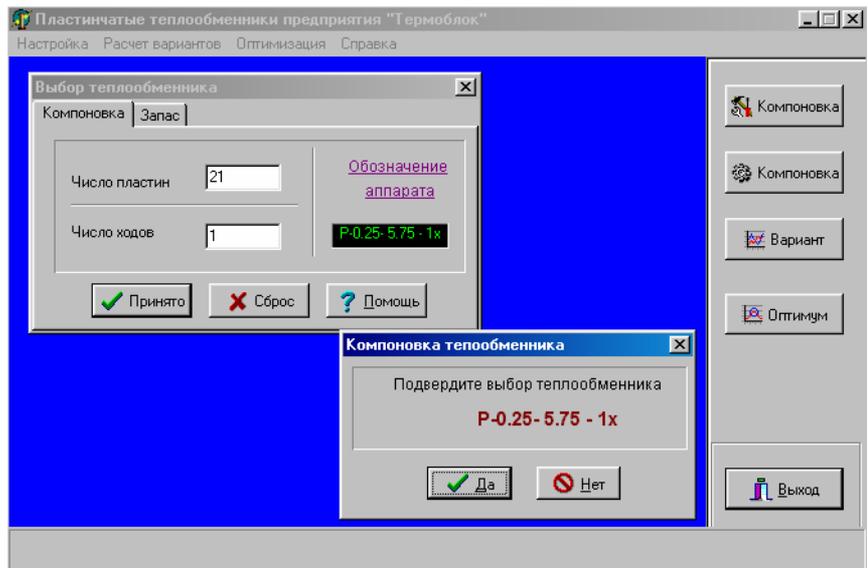


Рис. 38

15. На шкале (см. рис. 1) вызываем раздел «Расчет вариантов», переходим в диалоговом окне (см. рис. 8) на «Поверочный расчет». Появляется «Ввод данных» (см. рис. 16). Вводим данные в соответствии с тем, что нами было намечено ранее (п. 5 стр. 25), то есть три температуры (из рис. 36) и $Q_{\text{о max}}$:

$$T_{\text{гор.вх.}} = 40,4^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\text{хол.вх.}} = 5,0^{\circ}\text{C};$$

$$T_{\text{хол.вых.}} = 30^{\circ}\text{C};$$

$$Q_{\text{о max}}^I = 255,0 \text{ кВт} .$$

Нажимаем (рис. 39) «Принять».

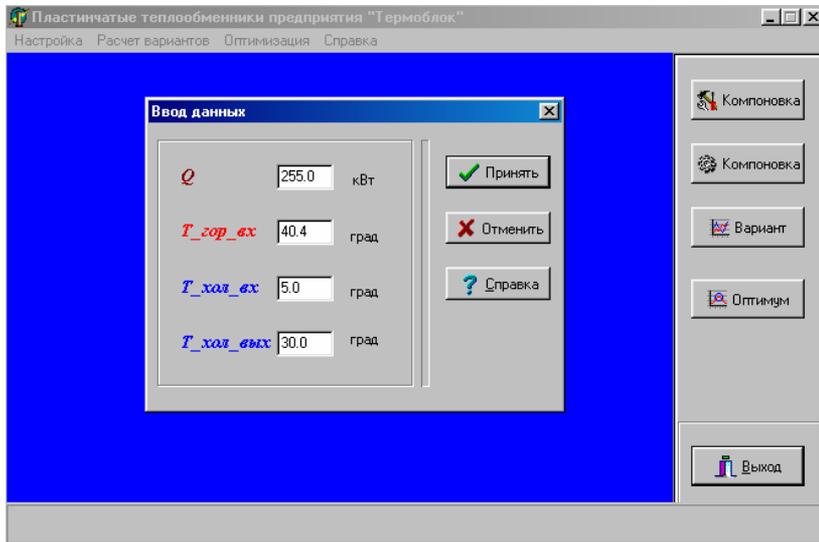


Рис. 39

16. На экране (рис. 40) спецификация. Выписываем полученные в результате расчета температуры теплоносителя: $T_{\text{гор.вх.}} = 40,4^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{гор.вых.}} = 30,4^{\circ}\text{C}$.

Тел.: (017) 285-16-52, 285-16-67, 285-16-66;

ТЕРМОБЛОК

Адрес: 220004, Республика Беларусь,
г. Минск, ул.



Заказчик: Иванов А.А.
Объект: Тепловой пункт

Назначение: Горячее водоснабжение
I ступень

Спецификация

P-0.25-5.75 - 1x

Наименование	Единицы	Греющая	Нагреваемая
Тепловая мощность	кВт	255,00	
Входная температура	° С	40.4	5.0
Выходная температура	° С	30.4	30.0
Массовый расход	кг/с	6.138	2.438
Объемный расход	м ³ / ч	22.230	8.789
Перепад давления в аппарате	бар	0.5473	0.0859
Перепад давления в патрубках	бар	0.0154	0.0024
Суммарный перепад давления	бар	0.5627	0.0884
Количество пластин, расчетное	шт	21	
Количество пластин, установочное	шт	23	
Количество ходов	—	1	
Коэффициент теплопередачи, расчетный	Вт/(м ² К)	3183.4	
Коэффициент теплопередачи, эффективный	Вт/(м ² К)	2894.0	
Коэффициент запаса	%	10.0	
Термическое сопротивление отложений	(м ² К)/Вт · 10 ⁻⁴	0,000	
Температурный напор	° С	16.81	
Поверхность теплообмена	м ²	5.25	
Скорость теплоносителя в аппарате	м/с	0,62	0,24
Проходное сечение теплообменника	м ²	0.01003	

Рис. 40

17. Определим суммарную поверхность теплообмена I и II ступеней теплообменника. По рис. 34 (для II ступени) и рис. 40 (для I ступени) $\sum F = 7 + 5,25 = 12,25 \text{ м}^2$. Следует учесть, что для больших

установок при суммарной поверхности теплообмена, приближающейся к 100 м^2 , становится затруднительным монтаж теплообменников из-за их большой массы.

18. Для завершения работы распечатываем данные по габаритным размерам, массе и последовательности набора пластин в аппарате (рис. 41), а также сведения по вспомогательным параметрам (рис. 42).

Тел.: (017) 285-16-52, 285-16-67, 285-16-66;

ТЕРМОБЛОК

Адрес: 220004, Республика Беларусь, г. Минск, ул.

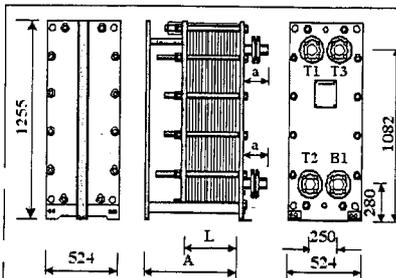
Заказчик: Иванов А.А.
Объект: Тепловой пункт



Назначение: Горячее водоснабжение

Спецификация

P-0.25- 5.75 - 1x



Габаритные размеры

A, мм	417
L, мм	71
a, мм	180

Обозначение:

- B1 - вход нагреваемой среды
- T1 - вход греющей среды
- T2 - выход греющей среды
- T3 - выход нагреваемой среды

Масса аппарата (в кг)

пластины -	27
суммарная -	403
при заполнении -	422

Последовательность набора пластин в аппарате

22 А	А
АА	ГГ

Примечание:

АА, БА, АВ, ВВ, ГГ в знаменателе представлено обозначение расположения коллекторных отверстий в пластинах

А, Б в числителе - типы пластин для P - 0,25. Тип пластин не указывается для РС - 0,2

Цифрами в числителе обозначается количество пластин указанного типа и расположения коллекторных отверстий.

Сборка пластин в теплообменник осуществляется от неподвижной плиты.

Компоновка каналов греющего потока в аппарате - 11 А

Рис. 41

Тел.: (017) 285-16-52, 285-16-67, 285-16-66;

ТЕРМОБЛОК

Адрес: 220004, Республика Беларусь,
г. Минск, ул.

Заказчик: Иванов А.А.
Объект: Тепловой пункт



Назначение: Горячее водоснабжение

Спецификация

P-0.25-5.75-1x

Вспомогательные параметры

Средняя плотность теплового потока,	кВт/м ²	48,6
Коэффициент теплоотдачи греющей среды,	Вт / (м ² К)	11371,1
Коэффициент теплоотдачи нагреваемой среды,	Вт / (м ² К)	5410,9
Термодинамическая эффективность аппарата	%	70,9
Количество единиц переноса (NTU)		1,49
Число Re греющего потока		3931
Число Re нагреваемого потока		1017
Энергетическая эффективность ($Q/N_{\text{прокачка}}$)		691,0
Коэффициент использования массы ($Q/m \Delta T$)	кВт / (кг К)	0,0377
Коэффициент использования объема ($Q/V \Delta T$)	кВт / (куб.м К)	2747,1

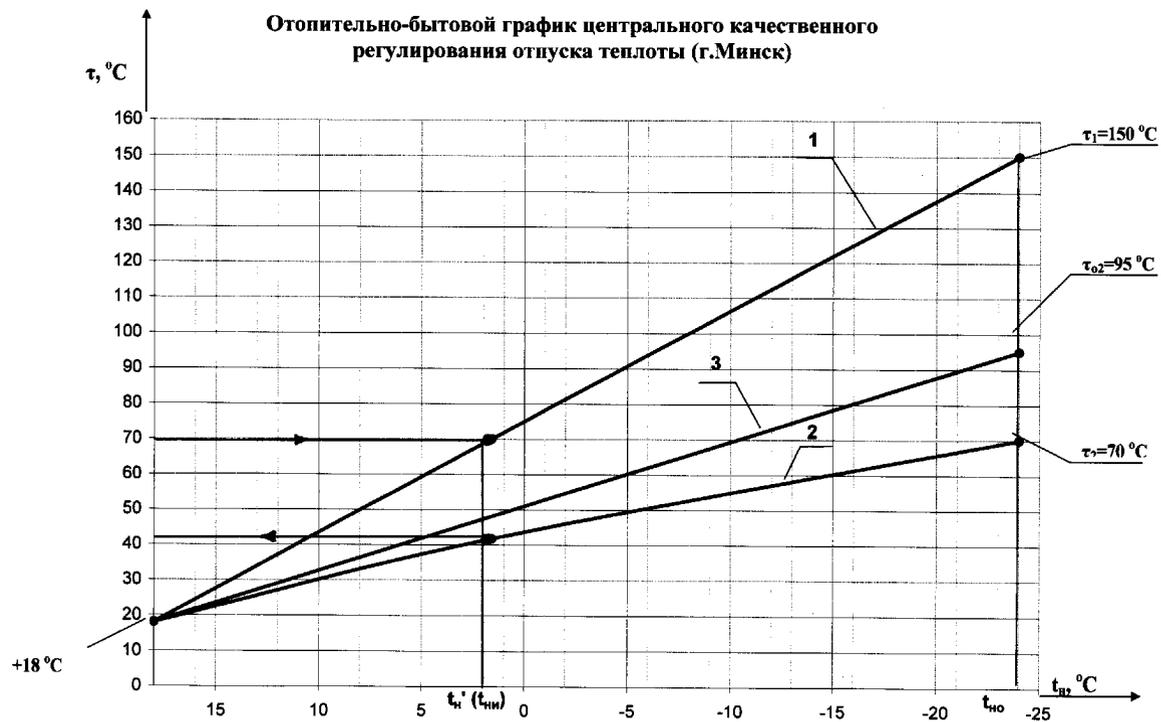
Рис. 42

Л и т е р а т у р а

1. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. – 2-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 80 с.
2. Каталог выпускаемого оборудования Белорусско-Германского предприятия «Термоблок»: Т. 1. – Мн., 1993. – 47 с.
3. Каталог выпускаемого оборудования ПП «Термоблок». – 2-е изд. – Мн.: Стройэнерго, 1997. – 64 с.
4. СНиП 2.04.07 – 86. Тепловые сети. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 48 с.

5. Тепловые сети. Изменения №1 СНиП 2.04.07-86. – Мн.: ГП Стройтехнорм, 1996. – 12 с.
6. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.
7. Своды правил по проектированию и строительству. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов. – Минстрой России, ГУП ЦПП, 1997. – 79 с.
8. СНБ 2.04.02 – 2000. Строительная климатология. – Мн.: Мин-во архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2001. – 37 с.
9. Теплоснабжение: Учебное пособие для студентов вузов / В.Е. Козин, Т.А. Левина, А.П. Марков и др. – М.: Высш. школа, 1980. – 408 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ
ПРИЛОЖЕНИЕ 1



Одноходовые теплообменники

Обозначение	Длина теплообменника L_1 , мм	Длина пакета секций L , мм	Масса теплообменника кг	Тепловая нагрузка $Q_{гв}$		Потери давления по греющей среде		Потери давления по нагреваемой среде	
				МВт	Гкал/ч	Па	атм	Па	атм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
PC-0,2-1,6-1x(4)	255	24	270	0,007	0,006	68,6466	0,0007	88,2599	0,0009
PC-0,2-2,0-1x(5)	285	31	275	0,010	0,009	88,2599	0,0009	98,0665	0,001
PC-0,2-2,4-1x(6)	285	37	279	0,014	0,012	98,0665	0,001	107,873	0,0011
PC-0,2-2,8-1x(7)	285	43	283	0,017	0,015	107,873	0,0011	117,68	0,0012
PC-0,2-3,2-1x(8)	315	49	290	0,020	0,017	107,873	0,0011	117,68	0,0012
PC-0,2-3,6-1x(9)	315	55	294	0,023	0,02	117,68	0,0012	117,68	0,0012
PC-0,2-4,0-1x(10)	315	61	298	0,027	0,023	127,486	0,0013	127,486	0,0013
PC-0,2-4,4-1x(11)	345	67	304	0,030	0,026	127,486	0,0013	127,486	0,0013
PC-0,2-4,8-1x(12)	345	73	308	0,032	0,028	127,486	0,0013	127,486	0,0013
PC-0,2-5,2-1x(13)	345	79	312	0,036	0,031	137,293	0,0014	127,486	0,0013
PC-0,2-5,6-1x(14)	375	85	318	0,039	0,034	137,293	0,0014	127,486	0,0013
PC-0,2-6,0-1x(15)	375	92	324	0,043	0,037	137,293	0,0014	127,486	0,0013

Продолжение прил.2

Обозначение	Длина теплообменника L_1 , мм	Длина пакета секций L , мм	Масса теплообменника кг	Тепловая нагрузка $Q_{тв}$		Потери давления по греющей среде		Потери давления по нагреваемой среде	
				МВт	Гкал/ч	Па	атм	Па	атм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
РС-0,2-6,4-1х(16)	375	98	328	0,046	0,04	137,293	0,0014	127,486	0,0013
РС-0,2-6,8-1х(17)	405	104	332	0,049	0,042	137,293	0,0014	127,486	0,0013
РС-0,2-7,2-1х(18)	405	110	336	0,052	0,045	147,1	0,0015	127,486	0,0013
РС-0,2-7,6-1х(19)	405	116	340	0,058	0,05	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-8,0-1х(20)	435	122	345	0,060	0,052	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-8,4-1х(21)	435	128	350	0,063	0,054	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-8,8-1х(22)	435	134	354	0,066	0,057	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-9,2-1х(23)	465	140	361	0,070	0,06	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-9,6-1х(24)	465	146	365	0,072	0,062	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-10,0-1х(25)	465	153	369	0,075	0,065	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-10,4-1х(26)	495	159	375	0,079	0,068	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-10,8-1х(27)	495	165	379	0,081	0,07	147,1	0,0015	137,293	0,0014

Обозначение	Длина теплообменника L_1 , мм	Длина пакета секций L , мм	Масса теплообменника кг	Тепловая нагрузка $Q_{гв}$		Потери давления по греющей среде		Потери давления по нагреваемой среде	
				МВт	Гкал/ч	Па	атм	Па	атм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
РС-0,2-6,4-1х(16)	375	98	328	0,046	0,04	137,293	0,0014	127,486	0,0013
РС-0,2-6,8-1х(17)	405	104	332	0,049	0,042	137,293	0,0014	127,486	0,0013
РС-0,2-7,2-1х(18)	405	110	336	0,052	0,045	147,1	0,0015	127,486	0,0013
РС-0,2-7,6-1х(19)	405	116	340	0,058	0,05	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-8,0-1х(20)	435	122	345	0,060	0,052	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-8,4-1х(21)	435	128	350	0,063	0,054	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-8,8-1х(22)	435	134	354	0,066	0,057	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-9,2-1х(23)	465	140	361	0,070	0,06	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-9,6-1х(24)	465	146	365	0,072	0,062	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-10,0-1х(25)	465	153	369	0,075	0,065	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-10,4-1х(26)	495	159	375	0,079	0,068	147,1	0,0015	137,293	0,0014
РС-0,2-10,8-1х(27)	495	165	379	0,081	0,07	147,1	0,0015	137,293	0,0014

Продолжение прил. 2

Обозначение	Длина теплообменника L_1 , мм	Длина пакета секций L , мм	Масса теплообменника кг	Тепловая нагрузка $Q_{гв}$		Потери давления по греющей среде		Потери давления по нагреваемой среде	
				МВт	Гкал/ч	Па	атм	Па	атм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
PC-0,2-16,0-1x(40)	615	244	440	0,125	0,108	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-16,4-1x(41)	645	250	446	0,128	0,11	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-16,8-1x(42)	645	256	450	0,131	0,113	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-17,2-1x(43)	645	262	454	0,135	0,116	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-17,6-1x(44)	675	268	460	0,138	0,119	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-18,0-1x(45)	675	275	464	0,140	0,121	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-18,4-1x(46)	675	281	468	0,144	0,124	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-18,8-1x(47)	755	287	474	0,147	0,127	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-19,2-1x(48)	755	293	478	0,150	0,129	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-19,6-1x(49)	755	299	482	0,153	0,132	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-20,0-1x(50)	785	305	489	0,153	0,132	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-20,4-1x(51)	785	311	493	0,160	0,138	156,906	0,0016	137,293	0,0014

Обозначение	Длина теплообменника L_1 , мм	Длина пакета секций L , мм	Масса теплообменника кг	Тепловая нагрузка $Q_{тв}$		Потери давления по греющей среде		Потери давления по нагреваемой среде	
				МВт	Гкал/ч	Па	атм	Па	атм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
PC-0,2-20,8-1x(52)	785	317	497	0,164	0,141	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-21,2-1x(53)	815	323	503	0,167	0,144	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-21,6-1x(54)	815	329	507	0,171	0,147	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-22,0-1x(55)	815	336	511	0,173	0,149	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-22,4-1x(56)	845	342	517	0,176	0,152	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-22,8-1x(57)	845	348	521	0,180	0,155	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-23,2-1x(58)	845	354	525	0,183	0,158	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-23,6-1x(59)	875	360	531	0,187	0,161	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-24,0-1x(60)	875	366	535	0,190	0,164	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-24,4-1x(61)	875	372	539	0,193	0,166	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-24,8-1x(62)	905	378	546	0,196	0,169	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC~0,2-25,2-1x(63)	905	384	550	0,200	0,172	156,906	0,0016	137,293	0,0014

Окончание прил. 2

Обозначение	Длина теплообменника L_1 , мм	Длина пакета секций L , мм	Масса теплообменника кг	Тепловая нагрузка $Q_{гв}$		Потери давления по греющей среде		Потери давления по нагреваемой среде	
				МВт	Гкал/ч	Па	атм	Па	атм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
PC-0,2-20,8-1x(52)	785	317	497	0,164	0,141	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-21,2-1x(53)	815	323	503	0,167	0,144	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-21,6-1x(54)	815	329	507	0,171	0,147	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-22,0-1x(55)	815	336	511	0,173	0,149	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-22,4-1x(56)	845	342	517	0,176	0,152	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-22,8-1x(57)	845	348	521	0,180	0,155	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-23,2-1x(58)	845	354	525	0,183	0,158	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-23,6-1x(59)	875	360	531	0,187	0,161	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-24,0-1x(60)	875	366	535	0,190	0,164	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-24,4-1x(61)	875	372	539	0,193	0,166	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-24,8-1x(62)	905	378	546	0,196	0,169	156,906	0,0016	137,293	0,0014
PC-0,2-25,2-1x(63)	905	384	550	0,200	0,172	156,906	0,0016	137,293	0,0014

Двухходовые теплообменники

Обозначение	Длина теплообменника L_1 , мм	Длина пакета секций L , мм	Масса теплообменника кг	Тепловая нагрузка $Q_{гв}$		Потери давления по греющей среде		Потери давления по нагреваемой среде	
				МВт	Гкал/ч	Па	атм	Па	атм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
PC-0,2-2,0-2x(3x2)	285	31	275	0,021	0,018	2059,4	0,021	1667,13	0,017
PC-0,2-2,8-2x(4x3)	285	43	283	0,041	0,035	3138,13	0,032	2549,73	0,026
PC-0,2-3,6-2x(5x4)	315	55	294	0,070	0,06	3432,33	0,035	2843,93	0,029
PC-0,2-4,4-2x(6x5)	345	67	304	0,081	0,07	4216,86	0,043	3432,33	0,035
PC-0,2-5,2-2x(7x6)	345	79	312	0,104	0,09	4511,06	0,046	3628,46	0,037
PC-0,2-6,0-2x(8x7)	375	92	330	0,128	0,11	4707,19	0,048	3824,59	0,039
PC-0,2-6,8-2x(9x8)	405	104	332	0,139	0,12	4903,33	0,05	3922,66	0,04
PC-0,2-7,6-2x(10x9)	405	116	340	0,162	0,14	5099,46	0,052	4020,73	0,041
PC-0,2-8,4-2x(11x10)	435	128	350	0,186	0,16	5197,52	0,053	4118,79	0,042
PC-0,2-9,2-2x(12x11)	465	140	361	0,209	0,18	5295,59	0,054	4216,86	0,043
PC-02-10,0-2x(13x12)	465	153	369	0,220	0,19	5393,66	0,055	4314,93	0,044
PC-0,2-10,8-2x(14x13)	495	165	379	0,244	0,21	5393,66	0,055	4314,93	0,044

Продолжение прил. 3

Обозначение	Длина теплообменника L_1 , мм	Длина пакета секций L , мм	Масса теплообменника, кг	Тепловая нагрузка $Q_{гв}$		Потери давления по греющей среде		Потери давления по нагреваемой среде	
				МВт	Гкал/ч	Па	атм	Па	атм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
PC-0,2-11 6-2x(15x14)	525	177	390	0,267	0,23	5491,72	0,056	4314,93	0,044
PC-0 2-12,4-2x(16x15)	525	189	398	0,290	0,25	5589,79	0,057	4412,99	0,045
PC-0,2-13,2-2x(17x16)	555	201	408	0,313	0,27	5589,79	0,057	4511,06	0,046
PC-0,2-14,0-2x(18x17)	585	214	418	0,336	0,29	5589,79	0,057	4511,06	0,046
PC-0,2-14,8-2x(19x18)	585	226	426	0,348	0,3	5687,86	0,058	4511,06	0,046
PC-0,2-15,6-2x(20x19)	615	238	436	0,371	0,32	5687,86	0,058	4511,06	0,046
PC-0,2-16,4-2x(21x20)	645	250	446	0,394	0,34	5687,86	0,058	4609,13	0,047
PC-0,2-17,2-2x(22x21)	645	262	454	0,418	0,36	5785,92	0,059	4609,13	0,047
PC-0,2-18,0-2x(23x22)	675	275	464	0,429	0,37	5785,92	0,059	4609,13	0,047
PC-0,2-18,8-2x(24x23)	755	287	474	0,452	0,39	5785,92	0,059	4609,13	0,047
PC-0,2-19,6-2x(25x24)	755	299	482	0,476	0,41	5785,92	0,059	4609,13	0,047
PC-0,2-20,4-2x(26x25)	785	311	493	0,499	0,43	5785,92	0,059	4609,13	0,047

Обозначение	Длина теплообменника L_1 , мм	Длина пакета секций L , мм	Масса теплообменника, кг	Тепловая нагрузка $Q_{гв}$		Потери давления по греющей среде		Потери давления по нагреваемой среде	
				МВт	Гкал/ч	Па	атм	Па	атм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
PC-0,2-21,2-2x(27x26)	815	323	503	0,522	0,45	5883,99	0,06	4609,13	0,047
PC-0,2-22,0-2x(28x27)	815	336	511	0,534	0,46	5883,99	0,06	4609,13	0,047
PC-0,2-22,8-2x(29x28)	845	348	521	0,557	0,48	5883,99	0,06	4707,19	0,048
PC-0,2-23,6-2x(30x29)	875	360	531	0,580	0,5	5883,99	0,06	4707,19	0,048
PC-0,2-24,4-2x(31x30)	875	372	539	0,603	0,52	5883,99	0,06	4707,19	0,048
PC-0,2-25,2-2x(32x31)	905	384	550	0,615	0,53	5883,99	0,06	4707,19	0,048
PC-0,2-26,0-2x(33x32)	935	397	560	0,638	0,55	5883,99	0,06	4707,19	0,048
PC-0,2-26,8-2x(34x33)	935	409	568	0,661	0,57	5883,99	0,06	4707,19	0,048
PC-0,2-27,6-2x(35x34)	965	421	578	0,684	0,59	5883,99	0,06	4707,19	0,048
PC-0,2-28,4-2x(36x35)	995	433	588	0,708	0,61	5883,99	0,06	4805,26	0,049
PC-0,2-29,2-2x(37x36)	995	445	596	0,719	0,62	5883,99	0,06	4805,26	0,049
PC-0,2-30,0-2x(38x37)	1025	458	603	0,742	0,64	5982,06	0,061	4805,26	0,049

Трехходовые теплообменники РС-0,2

Обозначение	Длина теплообменника L_1 , мм	Длина пакета секций L , мм	Масса теплообменника, кг	Тепловая нагрузка $Q_{гв}$		Потери давления по греющей среде		Потери давления по нагреваемой среде	
				МВт	Гкал/ч	Па	атм	Па	атм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
РС-0,2-2,8-3х(3х2х2)	285	43	283	0,045	0,039	11081,5	0,113	16181	0,165
РС-0,2-4,0-3х(4х3х3)	315	55	298	0,092	0,079	17848,1	0,182	19515,2	0,199
РС-0,2-5,2-3х(5х4х4)	345	79	312	0,138	0,119	21770,8	0,222	21476,6	0,219
РС-0,2-6,4-3х(6х5х5)	375	98	334	0,197	0,17	24712,8	0,252	21770,8	0,222
РС-0,2-7,6-3х(7х6х6)	405	116	340	0,232	0,2	26183,8	0,267	22751,4	0,232
РС-0,2-8,8-3х(8х7х7)	435	134	354	0,278	0,24	27164,4	0,277	23339,8	0,238
РС-0,2-10,0-3х(9х8х8)	465	153	369	0,325	0,28	28341,2	0,289	24124,4	0,246
РС-0,2-11,2-3х(10х9х9)	495	161	383	0,371	0,32	29223,8	0,298	25301,2	0,258
РС-0,2-12,4-3х(11х10х10)	525	189	398	0,418	0,36	29714,1	0,303	25497,3	0,26
РС-0,2-13,6-3х(12х11х11)	555	207	412	0,464	0,4	30204,5	0,308	25791,5	0,263
РС-0 2-14,8-3х(13х12х12)	585	226	426	0,510	0,44	30498,7	0,311	25889,6	0,264
РС-0,2-16,0-3х(14х13х13)	615	244	440	0,568	0,49	31185,1	0,318	26379,9	0,269

Обозначение	Длина теплообменника L_1 , мм	Длина пакета секций L , мм	Масса теплообменника кг	Тепловая нагрузка $Q_{гв}$		Потери давления по греющей среде		Потери давления по нагреваемой среде	
				МВт	Гкал/ч	Па	атм	Па	атм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
РС-0,2-17,2-3х(15х14х14)	645	262	454	0,603	0,52	31479,3	0,321	26478	0,27
РС-0,2-18,4-3х(16х15х15)	675	281	468	0,650	0,56	31675,5	0,323	26478	0,27
РС-0,2-19,6-3х(17х16х16)	755	299	482	0,696	0,6	32067,7	0,327	26870,2	0,274
РС-0,2-20,8-3х(18х17х17)	785	317	497	0,754	0,65	32263,9	0,329	26870,2	0,274
РС-0,2-22,0-3х(19х18х18)	815	336	511	0,800	0,69	32361,9	0,33	26870,2	0,274
РС-0,2-23,2-3х(20х19х19)	845	354	525	0,847	0,73	32460	0,331	26870,2	0,274
РС-0,2-24,4-3х(21х20х20)	875	372	539	0,893	0,77	32754,2	0,334	27164,4	0,277
РС-0,2-25,6-3х(22х21х21)	905	390	554	0,928	0,8	32950,3	0,336	27262,5	0,278
РС-0,2-26,8-3х(23х22х22)	935	409	568	0,986	0,85	33048,4	0,337	27262,5	0,278
РС-0,2-28,0-3х(24х23х23)	965	427	582	1,032	0,89	33048,4	0,337	27262,5	0,278
РС-0,2-29,2-3х(25х24х24)	995	445	596	1,079	0,93	33146,5	0,338	27262,5	0,278
РС-0,2-30,4-3х(26х25х25)	1025	464	607	1,125	0,97	33244,5	0,339	27262,5	0,278

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

**Трехходовые теплообменники РС-0,2 для блока горячего водоснабжения
при двухступенчатой смешанной схеме присоединения**

Обозначение	Длина теплообменника L_1 , мм	Длина пакета секций L , мм	Масса теплообменника, кг	Тепловая нагрузка $Q_{гв}$		Потери давления по греющей среде		Потери давления по нагреваемой среде	
				МВт	Гкал/ч	Па	атм	Па	атм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РС-0,2-3,6-3хБГВ(3х2х4)	315	55	294	0,050	0,043	7747,25	0,079	7354,99	0,075
РС-0,2-5,2-3хБГВ(4х3х6)	345	79	312	0,092	0,079	10787,3	0,11	9708,58	0,099
РС-0,2-6,4-3хБГВ(5х4х8)	375	98	328	0,122	0,105	12258,3	0,125	11081,5	0,113
РС-0,2-8,0-3хБГВ(6х5х9)	435	122	346	0,164	0,141	13533,2	0,138	11964,1	0,122
РС-0,2-9,6-3хБГВ(7х6х11)	465	146	365	0,205	0,177	14317,7	0,146	12650,6	0,129
РС-0,2-10,8-3хБГВ(8х7х12)	495	165	379	0,235	0,203	14808	0,151	13042,8	0,133
РС-0,2-12,4-3хБГВ(9х8х14)	525	189	398	0,277	0,239	15298,4	0,156	13435,1	0,137
РС-0,2-14,0-3хБГВ(10х9х16)	585	214	418	0,320	0,276	15690,6	0,16	13729,3	0,14
РС-0,2-15,6-3хБГВ(11х10х18)	615	238	436	0,362	0,312	16082,9	0,164	14023,5	0,143
РС-0,2-16,8-3хБГВ(12х11х19)	645	256	450	0,392	0,338	16181	0,165	14121,6	0,144
РС-0,2-18,4-3хБГВ(13х12х21)	675	275	464	0,435	0,375	16475,2	0,168	14317,7	0,146
РС-0,2-20,0-3хБГВ(14х13х23)	785	305	489	0,476	0,41	16573,2	0,169	14415,8	0,147

Учебное издание

ТЕПЛОВОЙ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ
ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ НА ЭВМ

Лабораторная работа
по дисциплине «Численные методы расчета
систем теплогасоснабжения и вентиляции на ЭВМ»
для студентов специальности 1 – 70 04 02
«Теплогасоснабжение, вентиляция
и охрана воздушного бассейна»

Составители: ПШОНИК Марина Григорьевна
КАЛИНИЧЕНКО Екатерина Сергеевна
САВЧЕНКО Юлия Антоновна

Редактор А.М. Кондратович
Компьютерная верстка А.Г. Гармазы

Подписано в печать 28.02.2005.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 3,1. Уч.-изд. л. 2,4. Тираж 100. Заказ 369.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0056957 от 01.04.2004.
220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.