

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»

Методическое пособие для курсового проектирования
по дисциплине «Прикладная теплотехника»

РАСЧЕТ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ МАЗУТА

Уфа 2015

Содержание

- 1 Назначение, классификация и характеристики мазутоподогревателей
- 2 Типы кожухотрубчатых теплообменников
 - 2.1 Теплообменники с неподвижными трубными решетками
 - 2.2 Аппараты с температурным компенсатором на кожухе
 - 2.3 Теплообменники с U-образными трубками
 - 2.4 Теплообменники с плавающей головкой
- 3 Методика теплового расчета мазутоподогревателя
- 4 Задание
- 5 Исходные данные
- 6 Таблицы характеристик теплофизических свойств мазутов
- 7 Варианты для расчетов подогревателей мазута
- 8 Приложения 1-4 для подбора типа ТОА по площади проходного сечения трубок
- 9 Приложения 5-8 для подбора ТОА по количеству труб в аппарате
- Список используемой литературы

					КЛУШ 075.816.108 КП										
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата											
Разраб.					Расчет мазутоподогревателя					Лит		Лист		Листов	
Пров.												2		2	
Т. контр.															
Н. контр.															
Утв.															

1. Назначение, классификация и характеристики мазутоподогревателей

В стационарных паротурбинных установках достаточно широко применяется жидкое органическое топливо, основным видом которого является нефтяной мазут. В небольших количествах в качестве жидкого топлива используются также остаточные жидкие продукты полукоксования углей и горючих сланцев, называемые соответственно угольным и сланцевым (сланцевым маслом) мазутами.

Нефтяные мазуты в зависимости от области применения подразделяют на флотский мазут, мазут – печное топливо и топочный мазут – котельное топливо. На электростанциях и в промышленных котельных используют топочные мазуты (котельное топливо).

Нефтяные мазуты получают на нефтеперерабатывающих заводах в процессе производства других нефтепродуктов, например, масел, бензина, керосина и т.п. В зависимости от технологических условий (давления, температуры), переработка нефти может быть неглубокой (разгонка) и глубокой (крекинг-процесс). При неглубокой переработке нефть разделяется на узкие фракции по температурам кипения без разрушения молекулярной структуры фракций. Крекинг-процесс или глубокая переработка нефти образуют новые соединения с меньшей молекулярной массой, но наряду с ними образуются сложные и тяжелые жидкие соединения (гудрон и полугудрон), в также твердые вещества.

Мазут, получаемый при неглубокой переработке нефти, называют прямогонным, при глубокой – крекинг-мазutom.

В зависимости от вязкости существует несколько марок нефтяных мазутов. В основу маркировки их положена величина так называемой условной вязкости, представляющая собой отношение времени истечения определенного объема мазута при заданной температуре ко времени истечения такого же объема дистиллированной воды при 20°C. Мазут, полученный при переработке

						Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		
						3

нефти и предназначенный для электростанций, транспортных и стационарных котлов, а также технологических установок, разделяется на: флотский марок Ф5, Ф12; топочный высшего качества марок: 40В, 100В и топочный марок М40, М100.

Флотские мазуты относятся к категории легких топлив, топочные мазуты марок М40В и М40 - к категории средних топлив, топочные мазуты марок М100В и М100 - к категории тяжелых топлив. Флотский мазут предназначен для судовых котлов, газовых турбин и двигателей.

Топочный мазут состоит в основном из тяжелых крекинг-остатков. Мазут марки М40 используется в судовых котлах, промышленных печах и котельных, реже на электростанциях. Мазут марки М100 предназначен, в основном, для электростанций. Топочные мазуты этой марки подразделяются в зависимости от содержания серы в них: малосернистые ($S^P < 0,5\%$), сернистые ($S^P = 0,5 \div 2\%$), высокосернистые ($S^P > 2\%$).

Важнейшей характеристикой жидких органических топлив и, в частности, мазутов является вязкость. От значения вязкости мазута зависят затраты энергии на транспортировку по трубопроводам, длительность сливных и загрузочных процедур, эффективность работы форсунок в камерах горения топлива, скорость осаждения и отстаивания примесей.

Именно высокая вязкость топочных мазутов и является той основной причиной, по которой топливное (мазутное) хозяйство электростанций обязательно включает в себя подогреватели мазута. Подготовка мазута к сжиганию заключается в его подогреве с целью получения необходимой вязкости, очистки от механических примесей, обработки присадками и диспергирования влаги. Назначение подогревателей мазута в технологических схемах стационарных паротурбинных установок – подогрев мазута для обеспечения необходимого температурного режима и вязкости по всему топливному тракту, начиная от резервуаров – хранилищ мазута до форсунок топки котла.

						Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		
						4

Таким образом, система высокоэффективного и экономичного режима сжигания высоковязких мазутов состоит из следующих основных элементов:

1. Теплообменников – подогревателей мазута;
2. Оборудования смешения части подогретого мазута с мазутом, находящихся в расходных емкостях – резервуарах.

По конструктивным признакам (по виду поверхности теплообмена) подогреватели мазута делятся на:

1. Кожухотрубчатые с прямыми гладкими трубами (гладкотрубные);
2. Кожухотрубчатые с U-образными трубками;
3. Кожухотрубчатые секционные;
4. Секционные “труба в трубе”
5. Кожухотрубчатые с оребренными трубами.

2. Типы кожухотрубчатых теплообменников

Кожухотрубчатые теплообменники – наиболее распространенная конструкция теплообменной аппаратуры.

По ГОСТ 9929–82 стальные кожухотрубчатые теплообменные аппараты изготавливают следующих типов: Н – с неподвижными трубными решетками; К – с температурным компенсатором на кожухе; П – с плавающей головкой; У – с U-образными трубами; ПК – с плавающей головкой и компенсатором на ней.

Медные кожухотрубчатые аппараты по ГОСТ 11971–77 изготавливают двух типов (Н и К).

В зависимости от назначения кожухотрубчатые аппараты могут быть теплообменниками, холодильниками, конденсаторами и испарителями; их изготавливают одно- и многоходовыми.

Основные параметры и размеры стальных кожухотрубчатых теплообменных аппаратов, применяемых для теплообмена жидких и газообразных сред при температуре от –60 до +600 °С (по ГОСТ 9929–82), приведены в табл. 1

									Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат					5

Таблица 1

Параметр, размер			Значение параметра и размера для аппаратов типа				
			Н	К	П	У	ПК
Поверхность теплообмена, м ²			1-5000		10-1250	10-1400	178-1866
Условное давление в трубном или межтрубном пространстве, МПа	0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 8,0	0,6; 1,0; 1,6; 2,5	1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0			5,0; 6,3; 8,0; 10,0	
Наружный диаметр х толщина стенки теплообменных труб, мм	16х1,5; 16х2; 20х2; 25х1,5; 25х2; 25х2,5; 38х2; 57х3;	20х2; 25х2; 25х2,5; 38х2;	20х2; 25х2; 25х2,5;	20х2; 25х2; 25х2,5;			

2.1 Теплообменники с неподвижными трубными решетками (тип Н)

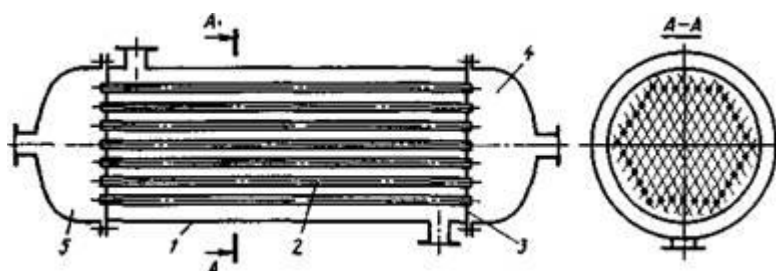


Рисунок 2.1 – Теплообменник с неподвижной трубной решеткой

В кожухе 1 размещен трубный пучок, теплообменные трубы 2 которого развальцованы в трубных решетках 3. Трубная решетка жестко соединена с кожухом. С торцов кожух аппарата закрыт распределительными камерами 4 и 5. Кожух и камеры соединены фланцами.

Теплообменники типа Н отличаются простым устройством и сравнительно дешевы, однако им присущи два крупных недостатка. Во-первых, наружная поверхность труб не может быть очищена от загрязнений

механическим способом, а теплоносители в некоторых случаях могут содержать примеси, способные оседать на поверхности труб в виде накипи, отложений и др. Слой таких отложений имеет малый коэффициент теплопроводности и способен весьма существенно ухудшить теплопередачу в аппарате.

Во-вторых, область применения теплообменных аппаратов типа Н ограничена возникновением в кожухе и трубах аппарата так называемых температурных напряжений. Это явление объясняется тем, что кожух и трубы теплообменника при его работе претерпевают разные температурные деформации, так как температура кожуха близка к температуре теплоносителя, циркулирующего в межтрубном пространстве, а температура труб – к температуре теплоносителя с большим коэффициентом теплоотдачи. Разность температурных удлинений возрастает, если кожух и трубки изготовлены из материалов с различными температурными коэффициентами линейного расширения. Возникающие при этом напряжения в сумме с напряжениями от давления среды в аппарате могут вызвать устойчивые деформации и даже разрушение конструкций.

2.2 Аппараты с температурным компенсатором на кожухе (тип К)

В этих аппаратах для частичной компенсации температурных деформаций используют специальные гибкие элементы (расширители и компенсаторы), расположенные на кожухе.

Вертикальный кожухотрубчатый теплообменник типа К (рис. 1.5) отличается от теплообменника типа Н наличием вваренного между двумя частями кожуха 1 линзового компенсатора 2 и обтекателя 3. Обтекатель уменьшает гидравлическое сопротивление межтрубного пространства такого аппарата; обтекатель приваривают к кожуху со стороны входа теплоносителя в межтрубное пространство.

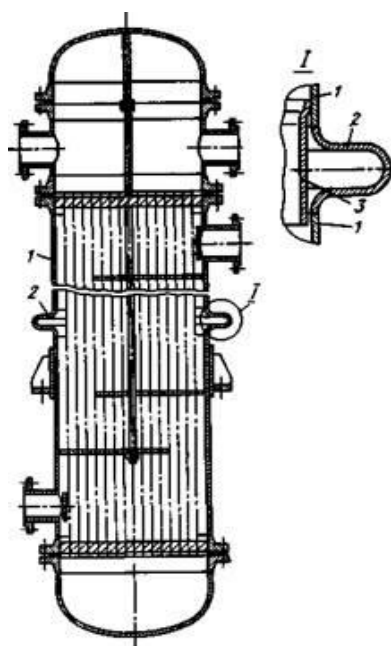


Рисунок 2.2 – Вертикальный кожухотрубчатый теплообменник с температурным компенсатором на кожухе

Преимущество этой конструкции – эффективность теплообмена вследствие исключения застойных зон в межтрубном пространстве. Для кожухотрубчатых теплообменников особенно характерно образование таких зон вблизи трубных решеток, поскольку штуцера ввода и вывода теплоносителя расположены на некотором расстоянии от решеток. Для ликвидации застойных зон в аппарате с частичной компенсацией температурных расширений предусмотрен распределитель, который обеспечивает равномерное распределение теплоносителя по межтрубному пространству.

Введение линзового компенсатора или расширителя допускает гораздо больший температурный перепад, чем в теплообменниках типа Н, однако при этом возрастает стоимость аппарата.

2.3 Теплообменники с U-образными трубками (тип У)

Считаются технологичными в производстве, менее дорогими и надежными в эксплуатации за счет свободного перемещения трубного пучка в корпусе аппарата. В подогревателях с U-образными трубами нагреваемое топливо движется в межтрубном пространстве, а греющий пар – внутри труб.

В кожухотрубчатых аппаратах этой конструкции обеспечивается свободное удлинение труб, что исключает возможность возникновения температурных напряжений.

Такие аппараты (рис. 2.3) состоят из кожуха 2 и трубного пучка, имеющего одну трубную решетку 3 и U-образные трубы 1. Трубная решетка вместе с распределительной камерой 4 крепится к кожуху аппарата на фланце.

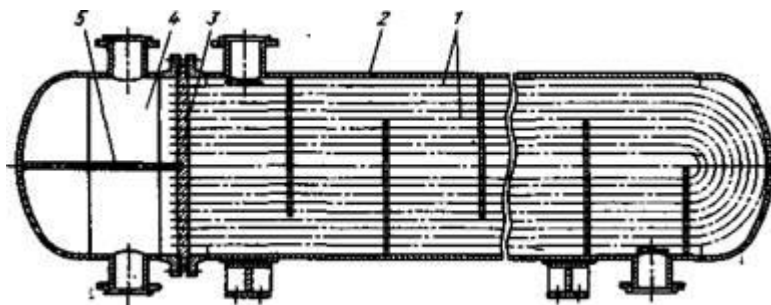


Рисунок 2.3 – Теплообменник с U-образными трубами

В аппаратах типа У обеспечивается свободное температурное удлинение труб: каждая труба может расширяться независимо, от кожуха и соседних труб. Разность температур стенок труб по ходам в этих аппаратах не должна превышать 100 °С. В противном случае могут возникнуть опасные температурные напряжения в трубной решетке вследствие температурного скачка на линии стыка двух ее частей.

Преимущество конструкции аппарата типа У – возможность периодического извлечения трубного пучка для очистки наружной поверхности труб или полной замены пучка. Однако следует отметить, что наружная поверхность труб в этих аппаратах неудобна для механической очистки.

2.4 Теплообменники с плавающей головкой (тип П)

В теплообменниках с плавающей головкой теплообменные трубы закреплены в двух трубных решетках, одна из которых неподвижно связана с корпусом, а другая имеет возможность свободного осевого перемещения; последнее исключает возможность температурных деформаций кожуха и труб.

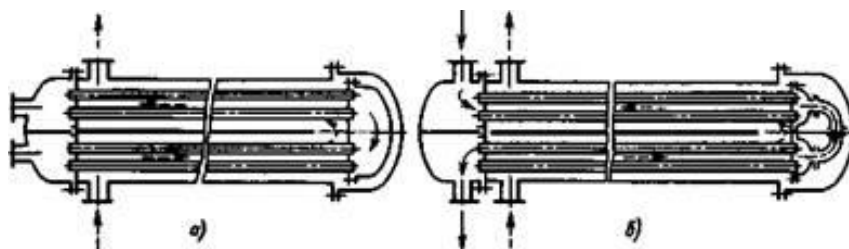


Рисунок 2.4 –Двухходовой теплообменник типа П с плавающей головкой:

а – цельной; б – разрезной

Хотя в аппаратах типа П обеспечивается хорошая компенсация температурных деформаций, эта компенсация не является полной, поскольку различие температурных расширений самих трубок приводит к короблению трубной решетки. В связи с этим в многоходовых теплообменниках типа П диаметром более 1000 мм при значительной (выше 100 °С) разности температур входа и выхода среды в трубном пучке, как правило, устанавливают разрезную по диаметру плавающую головку.

3. Методика теплового расчета мазутоподогревателя

1. Определяем среднюю температуру мазута \bar{t}_M

$$\bar{t}_M = 0,5 \cdot (t_{1M} + t_{2M})$$

2. Находим теплофизические характеристики мазута.

Теплофизические характеристики мазута М100 рассчитываются при средней температуре его в подогревателе по следующим формулам:

$$\rho_M = [0,881 - 0,00304 \cdot (t - 68)] \cdot 10^3;$$

$$\lambda_M = 0,158 - 0,0002093 \cdot (t - 20);$$

$$c_{pM} = 1736,4 + 2,51 \cdot t;$$

$$\nu_M = \{ \exp_{10}(\exp_{10}[9,8555 - 3,745 \lg(t + 273)]) - 0,8 \} \cdot 10^{-6};$$

$$\mu_M = \nu_M \cdot \rho_M;$$

t – средняя температура мазута;

3. Количество теплоты, получаемое мазутом или тепловая производительность мазутоподогревателя равна:

$$Q_M = G_M \cdot c_{pM} \cdot (t_{2M} - t_{1M});$$

4. Задаемся коэффициентом теплопотерь в окружающую среду

$$\eta_{\Pi} = 0,97$$

5. Расход греющего пара

$$G_{\Pi} = \frac{Q_M}{\eta_{\Pi} \cdot r_K}$$

r_K – удельная теплота парообразования

С учетом теплоты перегрева пара:

$$G_{\Pi} = \frac{Q_M}{\eta_{\Pi} \cdot (h_{\Pi} - h_K)}$$

$$h_{\Pi} - h_K = r_K + c_{p\Pi} \cdot (t_{\Pi} - t_H);$$

6. Из уравнения сплошности

$$f = \frac{G_M}{\rho_M \cdot w_M}$$

w_M – скорость движения среды в трубках (принимается в зависимости от вязкости среды)

0,5 – 3 м/с для маловязких жидкостей

0,2 – 1 м/с для вязких жидкостей

7. Количество трубок в одном ходе:

$$n = \frac{4 \cdot G_M}{\rho_M \cdot w_M \cdot \pi \cdot d_{BH}^2}$$

d_{BH} – принимается для труб по ГОСТ

w_M – скорость движения среды в трубках (принимается в зависимости от вязкости среды). Для мазута принимаем скорость в пределах 0,2-1 м/с.

По найденной площади проходного сечения трубок и количеству трубок подбирается теплообменный аппарат. Дальнейший расчет ведётся для подобранного аппарата.

8. Внутренняя итерационная процедура

9. Задаемся значением температурного напора пар-стенка Δt_1 и находим t_{CT1} :

$$\Delta t_1 = 0$$

$$t_{CT1} = t_H - \Delta t_1$$

10. Коэффициент теплоотдачи со стороны пара:

$$\overline{\alpha}_\Pi = 2,02 \cdot \varepsilon \cdot \lambda_K \cdot \sqrt[3]{\rho_K^2 \cdot L \cdot n / (\mu_K \cdot G_\Pi)}$$

ε – поправочный коэффициент на число труб в горизонтальном пучке, при этом, если число труб меньше либо равно 100, то $\varepsilon = 0,7$. Если число труб больше 100, то $\varepsilon = 0,6$.

λ_K, μ_K, ρ_K – соответственно теплопроводность, динамическая вязкость и плотность конденсирующегося пара.

11. Значение температуры стенки труб со стороны мазута:

$$t_{CT2} = t_{CT1} - \overline{\alpha}_\Pi \cdot \Delta t_1 \cdot \left(\frac{\delta_{CT}}{\lambda_{CT}} \right)$$

$$\delta_{CT} = \frac{d_H - d_{BH}}{2}$$

В случае учета теплоты перегретого пара t_{CT2} будет иметь такое же значение.

12. Средний коэффициент теплоотдачи со стороны мазута:

$$\overline{\alpha}_M = \frac{\lambda_M}{d_{BH}} \cdot 1,62 \cdot (Re_M \cdot Pr_M \cdot \frac{d_{BH}}{L})^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu_M}{\mu_{CT}}\right)^{0,14} \cdot (1 + 0,015 \cdot Gr_M^{1/3})$$

Где

$$Gr_M = \frac{g \cdot d_{BH}^3 \cdot \beta_M \cdot \Delta t_2}{\nu_M^2}$$

β_M — коэффициент объемного расширения мазута, определяемый как

$$\beta_M = \frac{\rho_{1M} - \rho_{2M}}{\rho_{2M} \cdot (t_{2M} - t_{1M})}$$

ρ_{1M}, ρ_{2M} — плотности мазута при температурах t_{1M}, t_{2M}

Δt_2 — разность между температурой стенки со стороны мазута t_{CT2} и средней температурой мазута \bar{t}_M в подогревателе

$$\Delta t_2 = t_{CT2} - \bar{t}_M$$

$$Re_M = \frac{w_M \cdot d_{BH}}{\nu_M}$$

$$w_M = \frac{4 \cdot G_M \cdot z_T}{\pi \cdot d_{BH}^2 \cdot n}$$

z_T — число ходов трубного пространства

n — число труб

$$Pr_M = \frac{\nu_M \cdot \rho_M \cdot c_{PM}}{\lambda_M}$$

μ_{CT} — динамическая вязкость мазута при температуре t_{CT2}

$$\mu_{CT} = \nu_{MCT} \cdot \rho_{MCT}$$

ν_{MCT}, ρ_{MCT} — кинематическая вязкость и плотность мазута при температуре t_{CT2}

$$\nu_M = \{exp_{10}(exp_{10}[9,8555 - 3,745 \lg(t + 273)]) - 0,8\} \cdot 10^{-6};$$

$$\rho_M = [0,881 - 0,00304 \cdot (t - 68)] \cdot 10^3;$$

13. Определяется коэффициент теплопередачи

$$K = \left(\frac{1}{\overline{\alpha}_M} + \frac{\delta_{CT}}{\lambda_{CT}} + \frac{1}{\overline{\alpha}_П} + R_{загр} \right)^{-1}$$

$$R_{\text{загр}} = 19 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} - \text{рекомендуемое значение}$$

14. Независимо от конструктивной схемы организации потоков нагреваемой и греющей среды средний логарифмический температурный напор при нагревании конденсирующимся паром:

$$\overline{\Delta t_{\text{лог}}} = (t_{2\text{м}} - t_{1\text{м}}) / \ln \frac{t_{\text{н}} - t_{1\text{м}}}{t_{\text{н}} - t_{2\text{м}}}$$

$$\Delta t'_1 = \frac{K \cdot \overline{\Delta t_{\text{лог}}}}{\overline{\alpha_{\text{п}}}}$$

15. Находим $t_{\text{ст}1}'$, $t_{\text{ст}2}'$

$$t_{\text{ст}1}' = t_{\text{н}} - \Delta t'_1$$

$$t_{\text{ст}2}' = t_{\text{ст}1}' - \overline{\alpha_{\text{п}}} \cdot \Delta t'_1 \cdot \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}}$$

16. Погрешность расчета:

$$\varepsilon_{t_{\text{ст}1}} = \left| \frac{t_{\text{ст}1} - t_{\text{ст}1}'}{t_{\text{ст}1}} \right| = 0,03 \div 0,05$$

$$\varepsilon_{t_{\text{ст}2}} = \left| \frac{t_{\text{ст}2} - t_{\text{ст}2}'}{t_{\text{ст}2}} \right| = 0,03 \div 0,05$$

17. Площадь поверхности теплообмена

$$F_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{м}}}{\overline{\Delta t_{\text{лог}}} \cdot K}$$

18. Погрешность расчета

$$\varepsilon_F = \left| \frac{F - F_{\text{п}}}{F} \right| = 0,03 \div 0,05$$

F — принятая поверхность теплообмена по ГОСТ для данного типа аппарата

4. Задание

Произвести расчет мазута марки – М100. Расход мазута G_m , т/ч, начальная температура мазута t_{1m} , °С, конечная температура мазута t_{2m} , °С, давление греющего пара $p_{гр}$, МПа, температура насыщенного пара t_n , °С, материал труб сталь – теплопроводность материала труб $\lambda_{ст} = 46,5$ Вт/(м · К).

Подобрать тип ТОА по ГОСТ по количеству труб и площади проходного сечения трубок, рассчитать коэффициенты теплоотдачи со стороны пара, со стороны мазута. Рассчитать площадь поверхности ТОА так, чтобы погрешность в сравнении с подобранным ТОА лежала в пределах 3-5%. Температура стенки трубы со стороны конденсирующегося пара $t_{ст1}$, температура стенки со стороны мазута $t_{ст2}$ должны быть в пределах 3-5% от принятых.

5. Исходные данные

Марка мазута	М100
Производительность подогревателя D , т/ч	38
Температура мазута на входе в подогреватель, °С	70
Температура мазута на выходе из подогревателя, °С	110
Давление греющего пара, МПа	3,9
Температура перегретого пара	-
Теплопроводность стали, материала трубок $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	46,5

1. Определяем среднюю температуру мазута \bar{t}_m

$$\bar{t}_m = 0,5 \cdot (t_{1m} + t_{2m}) = 0,5 \cdot (70 + 110) = 90^\circ\text{С}$$

2. Находим теплофизические характеристики мазута.

Теплофизические характеристики мазута М100 рассчитываются при средней температуре его в подогревателе.

$$\rho_m = [0,881 - 0,00304 \cdot (90 - 68)] \cdot 10^3 = 814,12 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\lambda_m = 0,158 - 0,0002093 \cdot (90 - 20) = 0,1433 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}};$$

$$c_{pm} = 1736,4 + 2,51 \cdot 90 = 1962,3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}};$$

$$\nu_m = \{ \exp_{10}(\exp_{10}[9,8555 - 3,745 \lg(90 + 273)]) - 0,8 \} \cdot 10^{-6}$$

$$\nu_m = 7,103 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^2}{\text{с}};$$

$$\mu_m = \nu_m \cdot \rho_m = 7,103 \cdot 10^{-5} \cdot 814,12 = 0,0578 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

t – средняя температура мазута;

3. Количество теплоты, получаемое мазутом или тепловая производительность мазутоподогревателя равна:

$$Q_m = G_m \cdot c_{pm} \cdot (t_{2m} - t_{1m}) = \frac{38 \cdot 1000}{3600} \cdot 1962,3 \cdot (110 - 70) = 0,828 \text{ МВт}$$

4. Задаемся коэффициентом теплопотерь в окружающую среду

$$\eta_{\pi} = 0,97$$

5. Расход греющего пара

$$G_{\pi} = \frac{Q_m}{\eta_{\pi} \cdot r_k} = \frac{0,828 \cdot 10^6}{0,97 \cdot 1721,2 \cdot 10^3} = 0,496 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

r_k – удельная теплота парообразования [2]. $r_k = 1721,2 \text{ кДж/кг}$

С учетом теплоты перегрева пара:

$$G_{\pi} = \frac{Q_m}{\eta_{\pi} \cdot (h_{\pi} - h_k)};$$

6. Из уравнения сплошности

$$f = \frac{G_m}{\rho_m \cdot w_m};$$

w_m – скорость движения среды в трубках (принимается в зависимости от вязкости среды)

0,5 – 3 м/с для маловязких жидкостей

0,2 – 1 м/с для вязких жидкостей

Количество трубок в одном ходе:

$$n = \frac{4 \cdot G_M}{\rho_M \cdot w_M \cdot \pi \cdot d_{BH}^2}$$

d_{BH} — принимается для труб по ГОСТ 20 мм

Скорость мазута	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Площадь f	0,0648	0,0432	0,0324	0,0259	0,0216	0,0185	0,0162	0,0144
Количество трубок n	~206	~137	~103	~82	~68	~59	~51	~46

По найденной площади проходного сечения трубок и количеству трубок подбирается теплообменный аппарат. Дальнейший расчет ведётся для подобранного аппарата. Подобранный ТОА с неподвижными трубными решетками и с температурным компенсатором на кожухе согласно ГОСТ 15122-79.

Подбор ТОА ведётся по приложениям 1–4 по площади проходных сечений по трубному пространству и по приложениям 5-8 по количеству труб.

ТОА с неподвижной трубной решеткой и температурным компенсатором на кожухе

Диаметр кожуха $D_H = 426$ мм

$L=4м$

$F=35$

$N=111$

$f=0,038$

$Z=1$ число ходов

7. Внутренняя итерационная процедура

8. Задаемся значением температурного напора пар-стенка Δt_1 и находим $t_{ст1}$:

$\Delta t_1 = 0$

$$t_{\text{ст}1} = t_{\text{н}} - \Delta t_1 = 248,86^\circ\text{C}$$

9. Коэффициент теплоотдачи со стороны пара:

$$\overline{\alpha}_{\text{п}} = 2,02 \cdot \varepsilon \cdot \lambda_{\text{к}} \cdot \sqrt[3]{\rho_{\text{к}}^2 \cdot L \cdot \frac{n}{\mu_{\text{к}} \cdot G_{\text{п}}}}$$

$$\overline{\alpha}_{\text{п}} = 2,02 \cdot 0,6 \cdot 0,619 \cdot \sqrt[3]{800,5746^2 \cdot 4 \cdot \frac{111}{106,66036 \cdot 10^{-6} \cdot 0,496}};$$

$$\overline{\alpha}_{\text{п}} = 13144,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

ε – поправочный коэффициент на число труб в горизонтальном пучке, при этом, если число труб меньше либо равно 100, то $\varepsilon = 0,7$. Если число труб больше 100, то $\varepsilon = 0,6$.

Так как, $N = 111$, $\varepsilon = 0,6$

$\lambda_{\text{к}}, \mu_{\text{к}}, \rho_{\text{к}}$ – соответственно теплопроводность, динамическая вязкость и плотность конденсирующегося пара [2].

$$\rho_{\text{к}} = \frac{1}{v'} = \frac{1}{0,0012491} = 800,5746 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\lambda_{\text{к}} = 619,0654 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}};$$

$$\mu_{\text{к}} = 106,66036 \cdot 10^{-6} \text{Па} \cdot \text{с}.$$

10. Значение температуры стенки труб со стороны мазута:

$$t_{\text{ст}2} = t_{\text{ст}1} - \overline{\alpha}_{\text{п}} \cdot \Delta t_1 \cdot \left(\frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} \right) = 248,86 - 0 = 248,86^\circ\text{C};$$

$$\delta_{\text{ст}} = \frac{d_{\text{н}} - d_{\text{вн}}}{2} = \frac{0,025 - 0,02}{2} = 0,0025 \text{ м};$$

В случае учета теплоты перегретого пара $t_{\text{ст}2}$ будет иметь такое же значение.

11. Средний коэффициент теплоотдачи со стороны мазута:

$$\overline{\alpha}_{\text{м}} = \frac{\lambda_{\text{м}}}{d_{\text{вн}}} \cdot 1,62 \cdot (Re_{\text{м}} \cdot Pr_{\text{м}} \cdot \frac{d_{\text{вн}}}{L})^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu_{\text{м}}}{\mu_{\text{ст}}} \right)^{0,14} \cdot (1 + 0,015 \cdot Gr_{\text{м}}^{1/3})$$

Где

$$Gr_M = \frac{9,81 \cdot 0,02^3 \cdot 0,00403 \cdot 158,86}{7,103 \cdot 10^{-5}} = 9972,01$$

β_M – коэффициент объемного расширения мазута, определяемый как

$$\beta_M = \frac{874,92 - 753,32}{753,32 \cdot (110 - 70)} = 0,00403 \frac{1}{^\circ\text{C}};$$

ρ_{1M}, ρ_{2M} – плотности мазута при температурах t_{1M}, t_{2M}

$$\rho_M = [0,881 - 0,00304 \cdot (70 - 68)] \cdot 10^3 = 874,92 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\rho_M = [0,881 - 0,00304 \cdot (110 - 68)] \cdot 10^3 = 753,32 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

Δt_2 – разность между температурой стенки со стороны мазута $t_{\text{CT}2}$ и средней температурой мазута \bar{t}_M в подогревателе

$$\Delta t_2 = t_{\text{CT}2} - \bar{t}_M = 248,86 - 90 = 158,86^\circ\text{C}$$

$$Re_M = \frac{0,372 \cdot 0,02}{7,103 \cdot 10^{-5}} = 104,744$$

$$w_M = \frac{4 \cdot \frac{38 \cdot 1000}{3600} \cdot 1}{\pi \cdot 0,02^2 \cdot 111} = 0,372 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$z_T = 1$ – число ходов трубного пространства

$N = 111$ – число труб

$$Pr_M = \frac{7,103 \cdot 10^{-5} \cdot 814,12 \cdot 1962,3}{0,1433} = 791,592$$

μ_{CT} – динамическая вязкость мазута при температуре $t_{\text{CT}2}$

$$\mu_{\text{CT}} = \nu_{\text{M CT}} \cdot \rho_{\text{M CT}} = 2,197 \cdot 10^{-6} \cdot 331,186 = 0,000727 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$\nu_{\text{M CT}}, \rho_{\text{M CT}}$ – кинематическая вязкость и плотность мазута при температуре $t_{\text{CT}2}$

$$\nu_{\text{CT}2} = \{ \exp_{10}(\exp_{10}[9,8555 - 3,745 \lg(248,86 + 273)]) - 0,8 \} \cdot 10^{-6}$$

$$\nu_{\text{CT}2} = 2,197 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}};$$

$$\rho_{\text{CT}2} = [0,881 - 0,00304 \cdot (248,86 - 68)] \cdot 10^3 = 331,186 \text{ кг/м}^3$$

Тогда, средний коэффициент теплоотдачи со стороны мазута:

$$\overline{\alpha}_m = \frac{0,1433}{0,02} \cdot 1,62 \cdot \left(104,744 \cdot 791,592 \cdot \frac{0,02}{4}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{0,0578}{0,000727}\right)^{0,14} \cdot \left(1 + 0,015 \cdot 9972,01^{\frac{1}{3}}\right) = 211,327 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

12. Определяется коэффициент теплопередачи

$$K = \left(\frac{1}{\overline{\alpha}_m} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\overline{\alpha}_п} + R_{загр}\right)^{-1};$$

$R_{загр} = 19 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ – рекомендуемое значение

$$K = \left(\frac{1}{211,327} + \frac{0,0025}{46,5} + \frac{1}{13144,17} + 19 \cdot 10^{-4}\right)^{-1};$$

$$K = 147,888 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

13. Независимо от конструктивной схемы организации потоков нагреваемой и греющей среды средний логарифмический температурный напор при нагревании конденсирующимся паром:

$$\overline{\Delta t}_{\text{лог}} = (t_{2м} + t_{1м}) / \ln \frac{t_{\text{н}} - t_{1м}}{t_{\text{н}} - t_{2м}};$$

$$\overline{\Delta t}_{\text{лог}} = \frac{110 - 70}{\ln \frac{248,86 - 70}{248,86 - 110}} = 158,017^\circ\text{C};$$

$$\Delta t'_1 = \frac{K \cdot \overline{\Delta t}_{\text{лог}}}{\overline{\alpha}_п} = \frac{147,888 \cdot 158,017}{13144,17} = 1,777^\circ\text{C};$$

14. Площадь поверхности теплообмена

$$F_p = \frac{Q_m}{\overline{\Delta t}_{\text{лог}} \cdot K} = \frac{0,828 \cdot 10^6}{147,888 \cdot 158,017} = 35,454 \text{ м}^2;$$

15. Погрешность расчета

$$\varepsilon_F = \left| \frac{35 - 35,454}{35} \right| = 0,0129 = 0,03 \div 0,05$$

$F = 35 \text{ м}^2$ – принятая поверхность теплообмена по ГОСТ для данного типа аппарата

16. Температура стенки трубы со стороны конденсирующегося пара $t_{ст1}'$:

$$t_{ст1}' = t_n - \Delta t_1' = 248,86 - 1,777 = 247,083^\circ\text{C}$$

17. Температура стенки со стороны мазута $t_{ст2}'$:

$$t_{ст2}' = t_{ст1}' - \overline{\alpha}_n \cdot \Delta t_1' \cdot \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} = 248,86 - 13144,17 \cdot 1,777 \cdot \frac{0,0025}{46,5};$$

$$t_{ст2}' = 245,826^\circ\text{C};$$

18. Температура стенки трубы со стороны конденсирующегося пара $t_{ст1}$, температура стенки со стороны мазута $t_{ст2}$ должны быть в пределах 3-5% от принятых.

$$\varepsilon_{t_{ст1}} = \left| \frac{248,86 - 247,083}{248,86} \right| = 0,007 = 0,03 \div 0,05$$

$$\varepsilon_{t_{ст2}} = \left| \frac{248,86 - 245,826}{248,86} \right| = 0,012 = 0,03 \div 0,05$$

Расчет считается окончанным.

						Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		
						21

6. Таблицы характеристик теплофизических свойств мазутов

Мазут 40, малосернистый

t, °C	ρ , кг/м ³	c_p , кДж/(кг·K)	λ , Вт/(м·K)	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	$\beta \cdot 10^4$, K ⁻¹	$\alpha \cdot 10^8$, м ² /с	Pr
0	956,6	1,732	0,157	-	5,83	9,45	-
10	950,8	1,767	0,155	-	5,96	9,24	-
20	945	1,802	0,154	1687	6,08	9,04	18660
30	939,2	1,837	0,153	1131	6,2	8,85	12779
40	933,4	1,872	0,151	758	6,33	8,66	8749
50	927,5	1,906	0,15	508	6,46	8,49	5988
60	921,7	1,941	0,149	341	6,59	8,31	4097
70	915,9	1,976	0,147	228	6,72	8,15	2802
80	910,1	2,011	0,146	153	6,85	7,99	1916
90	904,2	2,046	0,145	103	6,99	7,83	1310
100	898,4	2,08	0,144	68,8	7,13	7,68	895
110	892,6	2,115	0,142	46,1	7,27	7,53	612
120	886,8	2,15	0,141	30,9	7,41	7,39	418
130	880,9	2,185	0,14	20,7	7,55	7,25	285
140	875,1	2,22	0,138	13,9	7,7	7,12	195
150	869,3	2,254	0,137	9,3	7,85	6,99	133
160	863,5	2,289	0,136	6,2	8	6,87	91
170	857,7	2,324	0,134	4,2	8,15	6,74	62
180	851,8	2,359	0,133	2,8	8,3	6,63	42
190	846	2,394	0,132	1,9	8,46	6,51	29
200	840,2	2,429	0,131	1,3	8,62	6,4	20

Мазут 40, сернистый

t, °C	ρ , кг/м ³	c_p , кДж/(кг·K)	λ , Вт/(м·K)	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	$\beta \cdot 10^4$, K ⁻¹	$\alpha \cdot 10^8$, м ² /с	Pr
0	985,9	1,706	0,163	-	5,26	9,7	-
10	980,4	1,74	0,162	-	5,36	9,48	-
20	975	1,774	0,16	-	5,47	9,28	-
30	969,6	1,808	0,159	2530	5,57	9,08	27867
40	964,1	1,843	0,158	1679	5,68	8,89	18893
50	958,7	1,877	0,157	1114	5,79	8,7	12805
60	953,3	1,911	0,155	740	5,9	8,52	8676
70	947,9	1,945	0,154	491	6,02	8,35	5877
80	942,4	1,98	0,153	326	6,13	8,18	3980
90	937	2,014	0,151	216	6,25	8,02	2694
100	931,6	2,048	0,15	144	6,37	7,87	1824
110	926,1	2,082	0,149	95,2	6,49	7,71	1234
120	920,7	2,117	0,147	63,2	6,61	7,57	835
130	915,3	2,151	0,146	41,9	6,73	7,43	565
140	909,9	2,185	0,145	27,8	6,86	7,29	382
150	904,4	2,22	0,144	18,5	6,99	7,15	258
160	899	2,254	0,142	12,3	7,11	7,02	175
170	893,6	2,288	0,141	8,1	7,24	6,9	118
180	888,1	2,322	0,14	5,4	7,38	6,77	80
190	882,7	2,357	0,138	3,6	7,51	6,65	54
200	877,3	2,391	0,137	2,4	7,65	6,54	36

Мазут 40, высокосернистый

t, °C	ρ , кг/м ³	c_p , кДж/(кг·K)	λ , Вт/(м·K)	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	$\beta \cdot 10^4$, K ⁻¹	$\alpha \cdot 10^8$, м ² /с	Pr
0	1000,5	1,693	0,166	-	4,99	9,83	-
10	995,2	1,727	0,165	-	5,09	9,61	-
20	990,0	1,761	0,164	11795	5,18	9,40	125521
30	984,8	1,795	0,162	7284	5,28	9,19	79223
40	979,5	1,829	0,161	4498	5,38	9,00	49986
50	974,3	1,863	0,160	2778	5,48	8,81	31529
60	969,1	1,897	0,159	1716	5,58	8,63	19881
70	963,8	1,931	0,157	1059	5,69	8,45	12533
80	958,6	1,965	0,156	654	5,79	8,28	7899
90	953,4	1,999	0,155	404	5,90	8,12	4977
100	948,1	2,033	0,153	250	6,01	7,96	3135
110	942,9	2,067	0,152	154	6,12	7,80	1974
120	937,7	2,101	0,151	95,1	6,23	7,66	1243
130	932,5	2,135	0,149	58,8	6,35	7,51	782
140	927,2	2,169	0,148	36,3	6,46	7,37	492
150	922,0	2,203	0,147	22,4	6,58	7,23	310
160	916,8	2,237	0,146	13,8	6,70	7,10	195
170	911,5	2,271	0,144	8,5	6,82	6,97	123
180	906,3	2,305	0,143	5,3	6,94	6,85	77
190	901,1	2,339	0,142	3,3	7,06	6,72	48
200	895,8	2,373	0,140	2,0	7,19	6,61	30

Мазут 100, малосернистый

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\nu\cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\beta\cdot 10^4, \text{K}^{-1}$	$a\cdot 10^8, \text{м}^2/\text{с}$	Pr
0	971,3	1,719	0,16	-	5,54	9,57	-
10	965,6	1,753	0,159	-	5,65	9,36	-
20	960	1,788	0,157	-	5,77	9,16	-
30	954,4	1,822	0,156	7284	5,88	8,96	81261
40	948,7	1,857	0,155	4498	6	8,78	51260
50	943,1	1,891	0,153	2778	6,12	8,59	32324
60	937,5	1,926	0,152	1716	6,24	8,42	20378
70	931,9	1,961	0,151	1059	6,36	8,25	12843
80	926,2	1,995	0,149	654	6,49	8,09	8092
90	920,6	2,03	0,148	404	6,61	7,93	5097
100	915	2,064	0,147	250	6,74	7,77	3210
110	909,4	2,099	0,146	154	6,87	7,62	2021
120	903,7	2,133	0,144	95,1	7	7,48	1272
130	898,1	2,168	0,143	58,8	7,13	7,34	801
140	892,5	2,202	0,142	36,3	7,27	7,2	504
150	886,9	2,237	0,14	22,4	7,41	7,07	317
160	881,2	2,271	0,139	13,8	7,55	6,94	199
170	875,6	2,306	0,138	8,5	7,69	6,82	125
180	870	2,34	0,136	5,3	7,83	6,7	79
190	864,4	2,375	0,135	3,3	7,98	6,58	50
200	858,7	2,409	0,134	2	8,12	6,47	31

Мазут 100, сернистый

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\nu\cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\beta\cdot 10^4, \text{K}^{-1}$	$a\cdot 10^8, \text{м}^2/\text{с}$	Pr
0	990,7	1,701	0,164	-	5,17	9,74	-
10	985,4	1,735	0,163	-	5,27	9,53	-
20	980	1,77	0,162	-	5,37	9,32	-
30	974,6	1,804	0,16	13175	5,48	9,12	144504
40	969,3	1,838	0,159	7771	5,58	8,92	87069
50	963,9	1,872	0,158	4583	5,69	8,74	52446
60	958,5	1,906	0,156	2703	5,8	8,56	31582
70	953,2	1,94	0,155	1594	5,91	8,38	19012
80	947,8	1,975	0,154	940	6,02	8,22	11442
90	942,5	2,009	0,152	555	6,13	8,05	6885
100	937,1	2,043	0,151	327	6,25	7,9	4141
110	931,7	2,077	0,15	193	6,36	7,74	2491
120	926,4	2,111	0,149	114	6,48	7,6	1497
130	921	2,146	0,147	67,1	6,6	7,45	900
140	915,6	2,18	0,146	39,6	6,72	7,31	541
150	910,3	2,214	0,145	23,3	6,85	7,18	325
160	904,9	2,248	0,143	13,8	6,97	7,05	195
170	899,6	2,282	0,142	8,1	7,1	6,92	117
180	894,2	2,316	0,141	4,8	7,23	6,8	70
190	888,8	2,351	0,139	2,8	7,36	6,68	42
200	883,5	2,385	0,138	1,7	7,49	6,56	25

Мазут 100, высокосернистый

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\nu\cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\beta\cdot 10^4, \text{K}^{-1}$	$a\cdot 10^8, \text{м}^2/\text{с}$	Pr
0	1015,1	1,680	0,170	-	4,74	9,95	-
10	1010,0	1,714	0,168	-	4,82	9,73	-
20	1005,0	1,747	0,167	34901	4,91	9,52	366776
30	1000,0	1,781	0,166	20318	5,00	9,31	218256
40	994,9	1,815	0,165	11828	5,09	9,11	129835
50	989,9	1,849	0,163	6886	5,18	8,92	77212
60	984,9	1,882	0,162	4009	5,28	8,73	45903
70	979,8	1,916	0,161	2334	5,37	8,55	27282
80	974,8	1,950	0,159	1359	5,47	8,38	16211
90	969,8	1,984	0,158	791	5,57	8,21	9630
100	964,7	2,017	0,157	461	5,67	8,05	5719
110	959,7	2,051	0,155	268	5,77	7,89	3396
120	954,7	2,085	0,154	156	5,88	7,74	2016
130	949,6	2,119	0,153	90,9	5,98	7,60	1196
140	944,6	2,152	0,152	52,9	6,09	7,45	710
150	939,6	2,186	0,150	30,8	6,19	7,31	421
160	934,5	2,220	0,149	17,9	6,30	7,18	250
170	929,5	2,254	0,148	10,4	6,41	7,05	148
180	924,5	2,287	0,146	6,1	6,53	6,92	88
190	919,4	2,321	0,145	3,5	6,64	6,79	52
200	914,4	2,355	0,144	2,1	6,75	6,67	31

7. Варианты для расчета подогревателя мазута

1 цифра варианта выбор марки мазута

0 - М100 малосернистый	3 – М40 малосернистый
1 - М40 сернистый	4 – М100 сернистый
2 - М100 высокосернистый	5 – М40 высокосернистый

2 цифра варианта

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Производительность подогревателя <i>D</i> , т/ч	11	3,6	103	38	39	359	103	108	220	276
Температура мазута на входе в подогреватель, °С	69	60	60	70	61	60	61	60	68	60
Температура мазута на выходе из подогревателя, °С	100	110	135	110	133	135	136	122	139	123
Давление греющего пара, МПа	2,7	6,4	6,4	3,9	5	3,9	3,9	1,4	5	5

**Теплообменники кожухотрубчатые с неподвижными трубными
решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на
кожухе [ГОСТ 15122-79]**

Поверхность теплообмена по наружному диаметру труб теплообменников должна соответствовать табл. 1

Таблица 1

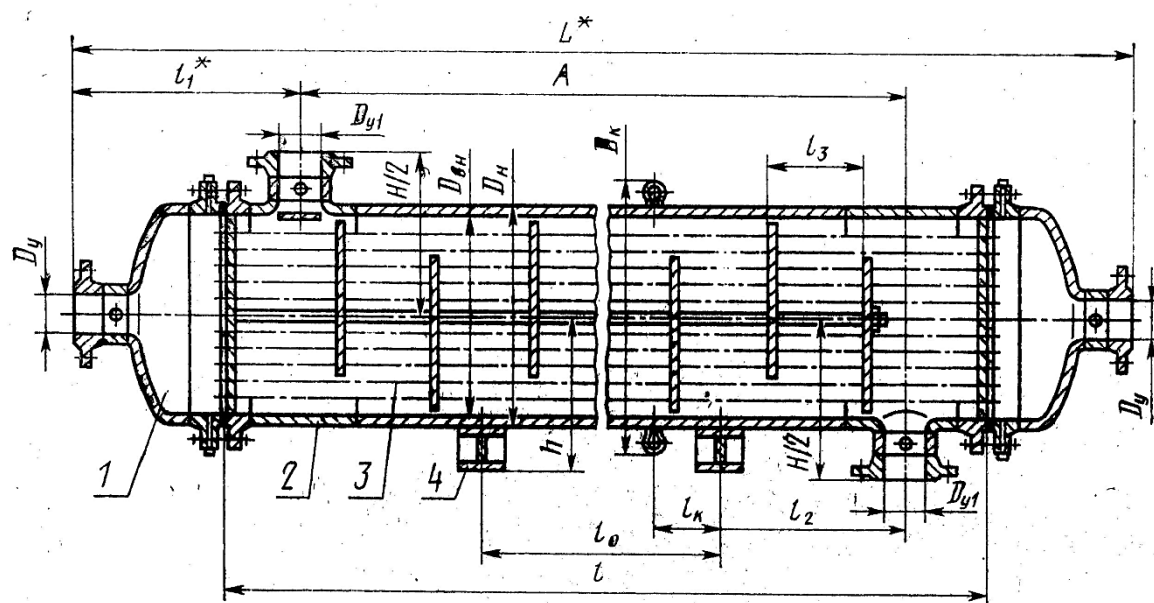
Диаметр кожуха		Наружный диаметр труб, мм	Толщина стенки труб, мм	Число ходов по трубам	Поверхность теплообмена, ≈ м ² при длине труб, мм									
наружный	внутренний				1000	1500	2000	3000	4000	6000	9000			
159	-	20 25	2	1 1	1,0 1,0	2,0 1,5	2,5 2,0	3,5 3,0	- -	- -	- -			
273	-	20 25		1 1	4,0 3,0	6,0 4,5	7,5 6,0	11,5 9,0	- -	- -	- -			
325	-	20		1 2	- -	9,5 8,5	12,5 11,0	19,0 17,0	25,0 22,5	- -	- -			
	-	25		1 2	- -	7,5 6,5	10,0 9,0	14,5 13,0	19,5 17,5	- -	- -			
426	400	20		1 2	- -	- -	23,0 21,0	34,0 31,0	46,0 42,0	68,0 63,0	- -			
		25		1 2	- -	- -	17,0 16,0	26,0 24,0	35,0 31,0	52,0 47,0	- -			
630	600	20		1 2 4 6	- - - -	- - - -	49,0 47,0 42,0 40,0	73,0 70,0 63,0 60,0	98,0 93,0 84,0 79,0	147,0 139,0 126,0 119,0	- - - -			
				25	1 2 4 6	- - - -	- - - -	40,0 38,0 32,0 31,0	61,0 57,0 49,0 46,0	81,0 75,0 65,0 61,0	121,0 113,0 97,0 91,0	- - - -		
					800	20	1 2 4 6	- - - -	- - - -	90,0 87,0 80,0 78,0	135,0 130,0 120,0 116,0	180,0 173,0 160,0 155,0	270,0 260,0 240,0 233,0	405,0 390,0 361,0 349,0
							25	1 2 4 6	- - - -	- - - -	73,0 69,0 63,0 60,0	109,0 104,0 95,0 90,0	146,0 139,0 127,0 121,0	219,0 208,0 190,0 181,0

Таблица 2

Диаметр кожуха		Наружный диаметр труб, мм	Толщина стенки труб, мм	Число ходов по трубам	Площадь проходного сечения одного хода по трубам, $\approx \text{м}^2 \cdot 10^2$	Площадь проходных сечений, $\approx \text{м}^2 \cdot 10^2$	
наружный	внутренний					В вырезе перегородки	Междуперегородками*
159	-	20 25	2	1 1	0,4 0,5	0,3 0,4	0,5 0,8
273	-	20 25		1 1	1,2 1,3	0,7 0,9	1,0 1,1
325		20		1 2	2,0 0,9	1,1	2,0 1,6
		25		1 2	2,1 1,0	1,3	2,9 1,5
426	400	20		1 2	3,6 1,7	1,7	2,5 3,0
		25		1 2	3,8 1,7	2,0	3,1 2,5
630	600	20		1 2 4	7,8 3,7 1,6	4,1	6,6 4,8
				6	0,9	3,7	
				1 2 4 6	8,9 4,2 1,8 1,1	4,0 3,7	5,3 4,5
		25		1 2 4 6	14,4 6,9 3,0 2,0	6,9 6,5	9,1 7,0
				1 2 4 6	16,1 7,7 3,0 2,2	6,5 7,0	7,9 7,0
-	800	20		1 2 4 6	23,6 11,4 5,1 3,4	10,1 9,6	15,6 14,6
				1 2 4 6	25,9 12,4 5,5 3,6	10,6 10,2	14,3 13,0
		25		1 2 4 6	34,2 16,5 7,9 4,9	14,5 13,1	18,7 17,6

Диаметр кожуха		Наружный диаметр труб, мм	Толщина стенки труб, мм	Число ходов по трубам	Площадь проходного сечения одного хода по трубам, $\approx \text{м}^2 \cdot 10^2$	Площадь проходных сечений, $\approx \text{м}^2 \cdot 10^2$	
наружный	внутренний					В вырезе перегородки	Междуперегородками*
		25	2	1	37,5	16,4	17,9
				2	17,9		16,5
				4	8,4		
				6	5,2	14,2	

* Проходное сечение определено в ряду 0 для одноходовых по трубам теплообменников и в ряду 1 для двух-, четырех- и шестиходовых теплообменников по ГОСТ 15118-79.



1—распределительная камера; 2—кожух; 3—теплообменная труба; 4—опора;
l—длина труб

Теплообменники кожухотрубчатые с U-образными трубами**[ГОСТ 14245-69]**

Поверхность теплообмена по наружному диаметру труб теплообменников должна соответствовать табл. 1

Таблица 1

Диаметр кожуха в мм		Диаметр труб в мм	Поверхность теплообмена в м ² при длине труб в мм расположении их в решетках				
			по вершинам квадратов			по вершинам треугольников	
			3000	6000	9000	6000	9000
D_H	325	20	14	28	-	-	-
		25	11	22	-	-	-
	426	20	28	55	-	-	-
		25	20	40	-	-	-
D_B	500	20	44	86	-	-	-
		25	35	70	-	-	-
	600	20	-	126	188	150	224
		25	-	102	153	120	180
	800	20	-	225	335	263	390
		25	-	177	262	208	310
	1000	20	-	383	567	443	656
		25	-	305	450	353	523
	1200	20	-	575	850	660	973
		25	-	465	685	530	782

Диаметр кожуха в мм		Диаметр труб в мм	Поверхность теплообмена в м ² при длине труб в мм и расположении их в решетках				
			по вершинам квадратов			по вершинам треугольников	
			3000	6000	9000	6000	9000
D_B	1400	20	-	796	1170	923	1361
		25	-	655	964	753	1108

Площадь проходных сечений по трубам теплообменников должна соответствовать табл. 2

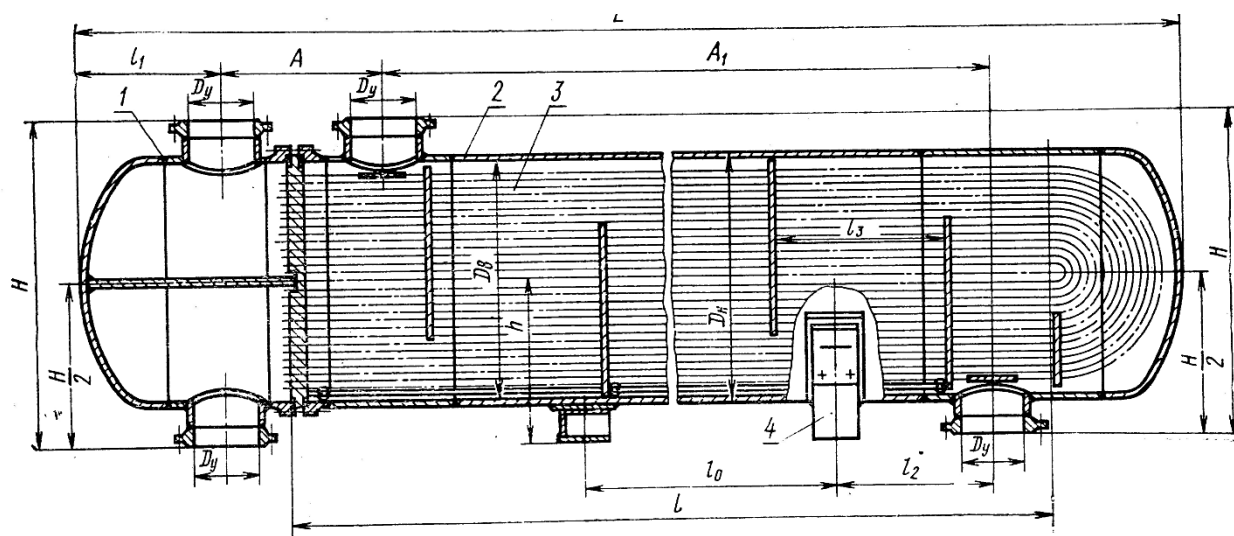
Таблица 2

Диаметр кожуха в мм		Сортамент труб в мм	Площадь проходного сечения одного хода по трубам в $\text{м}^2 \cdot 10^3$ при расположении		Диаметр кожуха в мм	Сортамент труб в мм	Площадь проходного сечения одного хода по трубам в $\text{м}^2 \cdot 10^3$ при расположении		
			по вершинам квадрата	по вершинам треугольника			по вершинам квадрата	по вершинам треугольника	
$D_{\text{н}}$	325	20x2	7	-	$D_{\text{в}}$	800	20x2	58	68
		25x2	8	-			25x2	63	74
		25x2,5	7	-			25x2,5	57	67
	426	20x2	14	-		1000	20x2	90	114
		25x2		-			25x2	108	125
		25x2,5	13	-			25x2,5	98	113
$D_{\text{в}}$	500	20x2	22	-		1299	20x2	147	168
		25x2	25	-			25x2	163	185
		25x2,5	23	-			25x2,5	148	168
	600	20x2	33	39	1400	20x2	202	234	
		25x2	37	43		25x2	227	262	
		25x2,5	33	39		25x2,5	206	238	

Площадь проходных сечений по межтрубному пространству теплообменников должна соответствовать табл. 3

Таблица 3

Диаметр кожуха в мм		Сортамент труб в мм	Площади проходных сечений в м ² · 10 ³ при расположении			
			по вершинам квадрата		по вершинам треугольника	
			В выпезе перегородки*	Между перегородками*	В выпезе перегородки*	Между перегородками*
D _н	325	20х2	1,0	2,5	-	-
		25х2		2,7	-	-
	426	20х2	1,8	4,6	-	-
		25х2	2,0	4,7	-	-
D _в	500	20х2	2,6	6,0	-	-
		25х2	2,3	7,0	-	-
	600	20х2	5,1	10,0	4,4	6,0
		25х2	4,8	9,2		
	800	20х2	9,3	17	9,0	8,8
		25х2	9,0		7,7	9,0
	1000	20х2	13,0	25,0	12,6	13,0
		25х2	12,7	24,0	11,7	14,0
	1200	20х2	19	36,0	17,0	21,0
		25х2		35,0	17,4	17,0
	1400	20х2	24	47,0	22,0	28,0
		25х2		45,0		22,0



1—камера распределительная; 2—кожух; 3—труба теплообменная; 4—опора.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Конденсаторы кожухотрубчатые с плавающей головкой [ГОСТ 14247-69]

Поверхности теплообмена конденсаторов должны соответствовать указанным в табл. 1

Таблица 1

Диаметр кожуха в мм	Диаметр труб d_n в мм	Количество ходов по трубам	Поверхность теплообмена в m^2
600	20	2	135,0
		4	122,0
		6	116,0
	25	2	109,0
		4	97,0
		6	90,0
800	20	2	249,0
		4	231,0
		6	222,0
	25	2	196,0
		4	176,0
		6	169,0
1000	20	2	407,0
		4	385,0
		6	374,0
	25	2	330,0
		4	307,0
		6	289,0
1200	20	2	612,0
		4	585,0
		6	570,0
	25	2	490,0
		4	459,0
		6	447,0
1400	20	2	841,0
		4	806,0
		6	790,0
	25	2	685,0
		4	650,0
		6	635,0

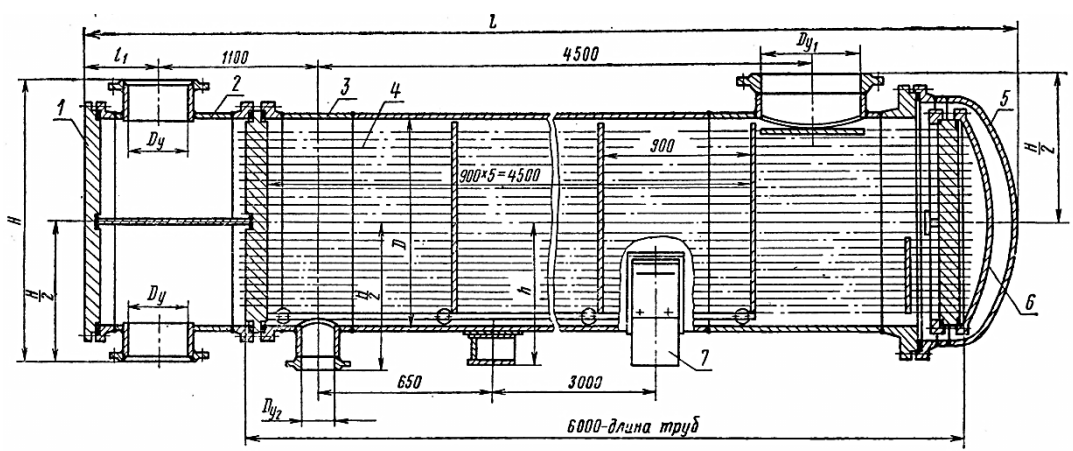
Примечания:

1. Поверхность теплообмена указана для гладких труб
2. Геометрическая характеристика накатанных труб принимается по технической документации, утвержденной в установленном порядке

Площади проходных сечений по трубам в конденсаторах должны соответствовать табл. 2

Таблица 2

Диаметр кожуха D в мм	Сортамент труб в мм	Количество ходов по трубам	Площадь проходного сечения одного хода по трубам в $\text{м}^2 \cdot 10^3$	Диаметр кожуха D в мм	Сортамент труб в мм	Количество ходов по трубам	Площадь проходного сечения одного хода по трубам в $\text{м}^2 \cdot 10^3$
600	20x2,0	2	36,0	1000	25x2,5	4	51,0
	25x2,0		40,0		20x2,0	6	33,0
	25x2,5		36,0		25x2,0		36,0
	20x2,0	4	16,0		25x2,5	2	33,0
	25x2,0		17,0	1200	20x2,0		162,0
	25x2,5		15,0		25x2,0		179,0
	20x2,0	6	9,0		25x2,5	4	162,0
	25x2,0		8,0		20x2,0		78,0
	25x2,5				25x2,0	6	85,0
					25x2,5		77,0
800	20x2,0	2	64,0	1400	20x2,0	2	50,0
	25x2,0		69,0		25x2,0		55,0
	25x2,5		63,0		25x2,5	6	50,0
	20x2,0	4	31,0		20x2,0		222,0
	25x2,0		30,0		25x2,0	4	250,0
	25x2,5		27,0		25x2,5		226,0
	20x2,0	6	20,0		20x2,0	6	107,0
	25x2,0		21,0		25x2,0		116,0
	25x2,5		19,0		25x2,5	6	106,0
					20x2,0		63,0
1000	20x2,0	2	107,0				
	25x2,0		119,0				
	25x2,5		108,0				
	20x2,0	4	49,0				
	25x2,0		56,0				



1—крышка распределительной камеры; 2—камера распределительная; 3—кожух; 4—труба теплообменная; 5—крышка кожуха; 6—крышка плавающей головки; 7—опора.

Теплообменники кожухотрубчатые с плавающей головкой.

Поверхность теплообмена по наружному диаметру труб теплообменников должна соответствовать указанным в табл. 1

Таблица 1

Диаметр кожуха		Наружный диаметр труб, мм	Число ходов по трубам	Поверхность теплообмена, ≈ м² при длине труб, мм и при расположении их в решетке				
наружный	внутренний			по вершинам квадратов			по вершинам треугольников	
				3000	6000	9000	6000	9000
325	-	20 25	2	13 10	26 20	- -	- -	- -
426	400	20 25		23 19	46 38	- -	- -	- -
530	500	20 25		38 31	76 62	- -	- -	- -
630	600	20	2 4	- -	117 107	176 160	131 117	196 175
		25	2 4	- -	96 86	144 129	105 -	157 141
-	800	20	2 4	- -	212 197	318 295	243 225	364 337
		25	2 4	- -	170 157	255 235	181 173	286 259
-	1000	20	2 4	- -	346 330	519 495	402 378	603 567
		25	2 4	- -	284 267	426 400	325 301	488 451
-	1200	20	2 4	- -	514 494	771 741	604 576	906 864
		25	2 4	- -	423 403	635 604	489 460	733 690
-	1400	20	2 4	- -	715 693	1072 1040	831 798	1246 1197

Площади проходных сечений по трубам в теплообменниках должны соответствовать табл. 2

Таблица 2

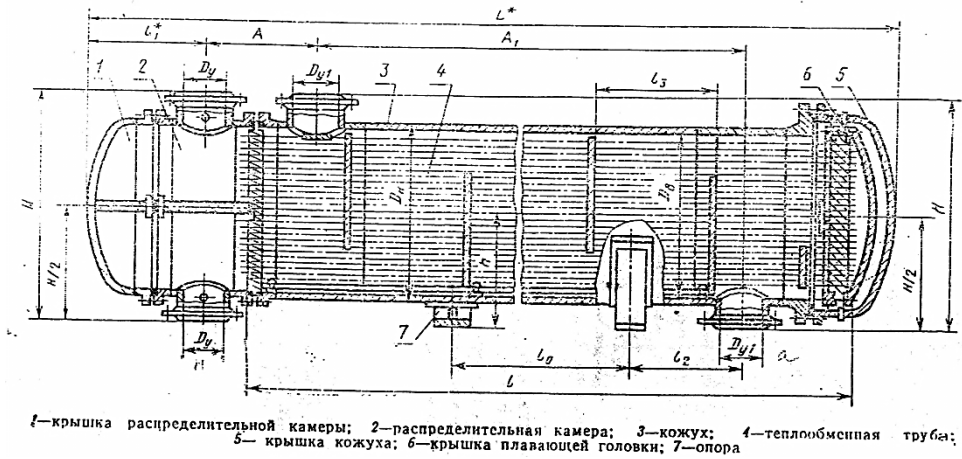
Диаметр кожуха в мм		Сортамент труб в мм	Число ходов по трубам	Площадь проходного сечения одного хода по трубам в м ² · 10 ³ при расположении	
наружный	внутренний			по вершинам квадратов	по вершинам треугольников
325	-	20x2	2	7	-
		25x2		7	-
		25x2,5		7	-
426	400	20x2		12	-
		25x2		14	-
		25x2,5		13	-
530	500	20x2		20	-
		25x2		23	-
		25x2,5		20	-
630	600	20x2		30	34
		25x2		34	37
		25x2,5		31	34
		20x2	4	13	14
		25x2		15	16
		25x2,5		13	15
-	800	20x2	2	56	63
		25x2		60	69
		25x2,5		55	63
		20x2	4	25	25
		25x2		23	24
		25x2,5		21	22
-	1000	20x2	2	92	106
		25x2		103	119
		25x2,5		94	108
		20x2	4	43	49
		25x2		41	51
		25x2,5		37	46
-	1200	20x2	2	135	160
		25x2		155	179
		25x2,5		140	163
		20x2	4	64	76
		25x2		72	86
		25x2,5		65	78
-	1400	20x2	2	188	220
		25x2		214	247
		25x2,5		194	224
		20x2	4	84	102
		25x2		99	110
		25x2,5		90	100

Площади проходных сечений по межтрубному пространству теплообменников должны соответствовать табл. 3

Таблица 3

Диаметр кожуха, мм		Диаметр труб, мм	Площади проходных сечений в м ² · 10 ² при расположении			
наружный	внутренний		По вершинам квадратов		По вершинам треугольников	
			В выпезе перегородки*	Между перегородками*	В выпезе перегородки*	Между перегородками*
325	-	20 25	1,2	2,0 2,2	-	-
426	400	20 25	2,0 1,9	3,3	-	-
530	500	20 25	3,1 3,0	5,4 5,0	-	-
630	600	20 25	4,8 4,3	8,2 7,4	4,2 4,0	6,4
-	800	20 25	7,8 7,4	12,0	7,1 6,8	9,3 9,7
-	1000	20 25	11,5 11,7	18,0 19,0	10,5 11,2	14,0 12,5
-	1200	20 25	13,8 12,6	28,0	14,7 11,3	19,7 18,4
-	1400	20 25	17,9 17,4	30,0 31,8	19,8 15,3	24,0 21,0

* Проходное сечение определено определено для 1-го ряда по ГОСТ 13202-77



**Количество трубок по ГОСТ для теплообменников кожухотрубчатых с
неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатых с
температурным компенсатором на кожухе**

Диаметр кожуха	Наружный диаметр труб, мм	Количество труб, при длине труб, мм						
наружный		1000	1500	2000	3000	4000	6000	9000
159	20	16	21	20	19	-	-	-
	25	13	13	13	13	-	-	-
273	20	64	64	60	61	-	-	-
	25	38	38	38	38	-	-	-
325	20	-	101	100	101	100	-	-
		-	90	88	90	90	-	-
	25	-	64	64	62	62	-	-
		-	55	57	55	56	-	-
426	20	-	-	183	180	183	180	-
		-	-	167	165	167	167	-
	25	-	-	108	110	111	110	-
		-	-	102	102	99	100	-
630	20	-	-	390	387	390	390	-
		-	-	374	372	370	369	-
		-	-	334	334	334	334	-
		-	-	318	318	314	316	-
	25	-	-	255	259	258	257	-
		-	-	242	242	239	240	-
		-	-	204	208	207	206	-
		-	-	197	195	194	193	-
-	20	-	-	717	717	717	717	1075
		-	-	693	690	689	690	1035
		-	-	637	637	637	637	958
		-	-	621	616	617	618	926
	25	-	-	465	463	465	465	699
		-	-	439	442	443	442	662
		-	-	401	403	404	403	605
		-	-	382	382	385	384	575
-	20	-	-	-	1173	1174	1173	1760
		-	-	-	1136	1139	1139	1706
		-	-	-	1072	1071	1072	1608
		-	-	-	1046	1043	1043	1566
		-	-	-	-	-	-	-

Диаметр кожуха	Наружный диаметр труб, мм	Количество труб, при длине труб, мм						
наружный		1000	1500	2000	3000	4000	6000	9000
	25	-	-	-	747	748	747	1121
		-	-	-	718	720	718	1076
		-	-	-	667	666	667	1000
		-	-	-	641	643	641	964
-	20	-	-	-	-	1700	1701	2550
		-	-	-	-	1660	1659	2487
		-	-	-	-	1580	1579	2370
		-	-	-	-	1545	1545	2317
	25	-	-	-	-	1083	1083	1083
		-	-	-	-	1048	1049	1047
		-	-	-	-	987	985	987
		-	-	-	-	959	958	958

Количество трубок по ГОСТ для теплообменников кожухотрубчатых с U-образными трубами

						Лист
						44
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

**Количество трубок по ГОСТ для конденсаторов кожухотрубчатых с
плавающей головкой**

Диаметр кожуха в мм	Диаметр труб d_n в мм	Поверхность теплообмена в м ²	Количество труб
600	20	135,0	358
		122,0	324
		116,0	308
	25	109,0	231
		97,0	206
		90,0	191
800	20	249,0	661
		231,0	613
		222,0	589
	25	196,0	416
		176,0	374
		169,0	359
1000	20	407,0	1080
		385,0	1022
		374,0	993
	25	330,0	701
		307,0	652
		289,0	614
1200	20	612,0	1624
		585,0	1553
		570,0	1513
	25	490,0	1040
		459,0	975
		447,0	949
1400	20	841,0	2232
		806,0	2139
		790,0	2097
	25	685,0	1454
		650,0	1380
		635,0	1348

Количество трубок по ГОСТ для теплообменников кожухотрубчатых с плавающей головкой

Диаметр кожуха		Наружный диаметр труб, мм	Число ходов по трубам	Количество труб при длине труб, мм и при расположении их в решетке				
наружный	внутренний			по вершинам квадратов			по вершинам треугольников	
				3000	6000	9000	6000	9000
325	-	20 25	2	69 42	69 42	- -	- -	- -
426	400	20 25		122 81	122 81	- -	- -	- -
530	500	20 25		202 132	202 132	- -	- -	- -
630	600	20	2 4	- -	311 284	311 283	348 311	347 310
		25	2 4	- -	204 183	204 183	223 -	222 200
-	800	20	2 4	- -	563 523	563 522	645 597	644 596
		25	2 4	- -	361 333	361 333	384 367	405 367
-	1000	20	2 4	- -	918 876	918 876	1067 1003	1067 1003
		25	2 4	- -	603 567	603 566	690 639	691 638
-	1200	20	2 4	- -	1364 1311	1364 1311	1603 1529	1603 1529
		25	2 4	- -	898 856	599 855	1038 977	1038 977
-	1400	20	2 4	- -	1898 1839	1897 1840	2205 2118	2205 2118
		25	2 4	- -	1240 1191	1240 1190	1433 1363	1432 1363

Список используемой литературы

1. Мазутные хозяйства ТЭС / Ю. Г. Назмеев . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 612 с.
2. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара/Александров А. А., Григорьев Б. А. Изд-во: МЭИ, 2006 . – 168 с.

						Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		
						47