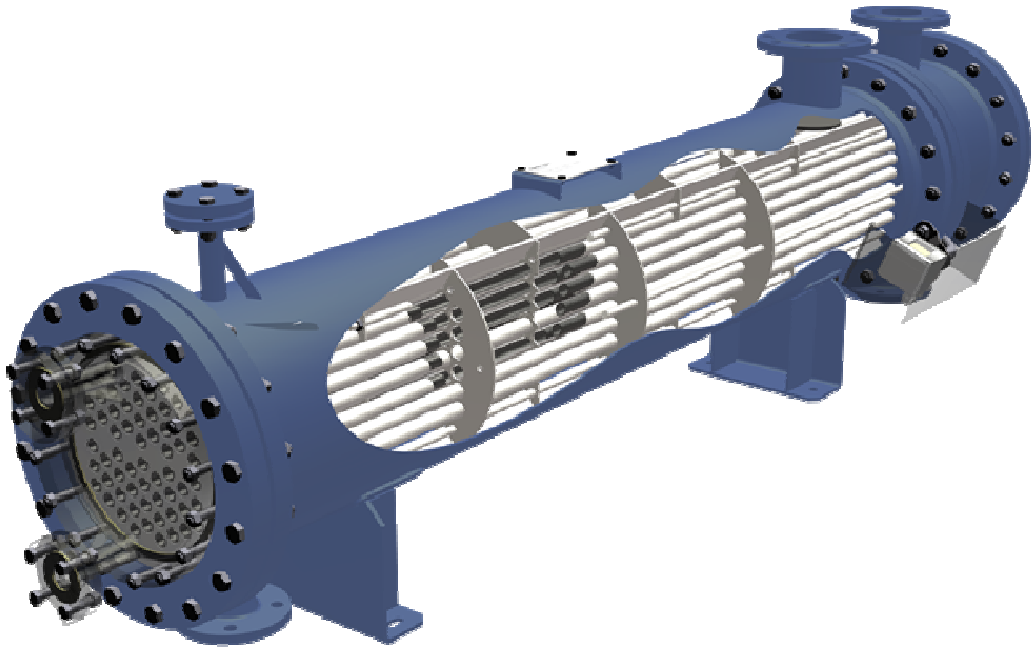
Руководство по эксплуатации и обслуживанию

Кожухотрубчатый теплообменник FUNKE



Кожухотрубчатый теплообменник

Номер аппарата: _____

Номер FK/позиция: _____

◆ Издание: 16.02.2021

FUNKE Wärmeaustauscher Apparatebau GmbH ◆ Zur Deßel 1 ◆ 31028 Gronau ◆ телефон: +49 5182 582 0 ◆ факс: +49 5182 582 48 ◆ E-Mail: info@funke.de

Содержание

Раздел **стр.:**

1 Общее 4

1.1 Адрес сервисной службы 4
1.2 О данном Руководстве по эксплуатации и обслуживанию 4
1.3 Выделение содержащихся в тексте предупреждений и указаний по эксплуатации 4
1.4 Применение в соответствии с назначением 5
1.5 Идентификация/заводская табличка 5
1.6 Объём поставки 6

2 Указания по эксплуатации и безопасности 7

2.1 Общие указания по эксплуатации 7
2.2 Общие указания по безопасности 7

3 Принцип работы кожухотрубчатого теплообменника 9

3.1 Типы конструкции 9
3.2 Специальная конструкция: теплообменник FUNKE с повышенным уровнем безопасности 9
3.3 Обзор типов 10

4 Транспортировка и хранение 13

4.1 Транспортировка 13
4.2 Временное хранение 13

5 Монтаж 15

5.1 Приёмный контроль 15
5.2 Условия монтажа 15
5.3 Установка аппарата 15
5.4 Подготовка к монтажу 16
5.5 Анкерные крепления 17
5.6 Подсоединить трубопроводы и систему заземления. 18

6 Пуск 21

7 Эксплуатация 23

7.1 Общие указания 23

7.2 Нормальный режим эксплуатации 23

8 Останов 24

9 Обслуживание 26

9.1 Техническое обслуживание всех типов кожухотрубчатых теплообменников 26

9.1.1 Контроль границы смены нагрузки 26

9.1.2 Визуальный контроль 26

9.1.3 Проверка цинковых протекторов (анодов протекторной защиты) 27

9.1.4 Измерение толщины кожуха 27

9.1.5 Мойка/чистка 27

9.2 Указания по обслуживанию теплообменников FUNKE с повышенным уровнем безопасности 28

9.3 Ревизия теплообменников с несъёмным пучком труб 28

9.4 Ревизия теплообменников со съёмным пучком труб 28

9.4.1 Демонтаж пучка труб 29

9.4.2 Монтаж пучка труб 30

1 Общее

1.1 Адрес сервисной службы

FUNKE Wärmeaustauscher Apparatebau GmbH

Zur Deßel 1

D-31028 Gronau (Leine)

тел.: +49 5182 582 0

факс: +49 5182 582 48

E-mail: info@funke.de

1.2 О данном Руководстве по эксплуатации и обслуживанию

В настоящем Руководстве по эксплуатации и обслуживанию содержатся информация о конструкции и принципе работы кожухотрубчатого теплообменника FUNKE () и инструкции по хранению, монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию аппарата. Для специальных конструкций теплообменника имеется дополнительная инструкция по эксплуатации и обслуживанию. В каждом отдельном случае следует учитывать специфическую спецификацию заказа!

Настоящее Руководство по эксплуатации и обслуживанию вместе с чертежом и прочими согласованными в контракте документами (см. раздел 1.6) является эксплуатационной документацией кожухотрубчатого теплообменника. В определённых местах настоящего Руководства по эксплуатации и обслуживанию содержатся ссылки на применяемые документы, в частности, на чертёж **XXXXXXXXXX**.

1.3 Выделение содержащихся в тексте предупреждений и указаний по эксплуатации

Содержащиеся в Руководстве по эксплуатации и обслуживанию важные указания выделяются следующим образом:



Части текста, описывающие методы работы и инструкции, которые следует обязательно соблюдать во избежание ущерба здоровью людей или повреждения оборудования, обозначены стоящим после текста предупредительным треугольником.



Части текста, описывающие методы работы, условия эксплуатации и инструкции по безопасности, которые следует точно соблюдать для обеспечения надёжной работы и экономичной работы теплообменника, обозначены стоящим после текста восклицательным знаком.

Указание: *Части текста, содержащие общие рекомендации или правила, начинаются со слова «Указание».*

1.4 Применение в соответствии с назначением

Применение кожухотрубчатых теплообменников FUNKE в соответствии с назначением состоит в передаче теплоты от одной среды к другой без смешивания обеих сред.

Кожухотрубчатые теплообменники FUNKE , если в заказе не указано иное, рассчитаны на специфицированные заказчиком условия эксплуатации (температуру, давление, расход и параметры протекающей среды) и изготавливаются в соответствии с требованиями директивы о приборах под давлением ЕС 2014/68.



Для внесения изменений в конструкцию аппарата или иного, чем указано в соответствующей заказу спецификации, режима работы требуется предварительное письменное согласие фирмы FUNKE Wärmeaustauscher Apparatebau GmbH. В ином случае гарантийные обязательства и ответственность фирмы аннулируются.



Эксплуатация аппарата с сильными колебаниями температуры и гидродинамическими ударами может привести к его механическому повреждению и не допускается!

Кожухотрубчатый теплообменник FUNKE является сосудом под давлением, на который распространяются требования директивы о сосудах под давлением 2014/68/EG от 15 мая 2014 года, а также иные международные стандарты. Эти стандарты указаны на чертеже.

1.5 Идентификация/заводская табличка

Каждый кожухотрубчатый теплообменник FUNKE поставляется с заводской табличкой, на которой указаны основные технические данные *теплообменника*. При всех запросах касательно теплообменника следует указывать:

- тип аппарата
- номер чертежа
- номер аппарата
- номер подтверждения заказа или номер FK (комиссионный номер FUNKE).

Заводская табличка окончательно установленного аппарата должна быть доступна и хорошо читаема. Табличка закреплена на внешней стороне оболочки и содержит следующие данные:

типовое обозначение	Кожухотрубчатый теплообменник				
номер чертежа	XXXXXXXXX				
номер заказа / позиция Funke					
номер аппарата					
организация	--				
		объём кожуха	**объём труб**	**объём обеспечивающей безопасность камеры***	
рабочее давление(PS)	мин./макс.	/	/	-- / --	bar
рабочая температура (TS)	min./max.	/	/	-- / --	°C
испытательное давление (PT)				--	bar
группа сред		--	--	--	
объём		0		--	L
* только для теплообменников FUNKE с повышенным уровнем безопасности типов SWF и SWP					

*Указание: Прочие технические данные, например, габариты, соединения, номинальная толщина стенки и особенности конструкции указаны на чертеже **XXXXXXXXXX**.*

1.6 Объём поставки

Кожухотрубчатые теплообменники FUNK поставляются полностью собранными и готовыми к монтажу. В обычный объём поставки входят:

- 1 **теплообменник**
- 1 комплект **рабочей документации**, состоящий как минимум из:
  - руководства по эксплуатации и обслуживанию (настоящий документ),
  - рабочего чертежа
  - сертификата испытания под давлением
  - анализа опасностей
  - других, согласованных в контракте документов, например. сертификата соответствия или заявления о соответствии, сертификата материала, расчёта прочности, технологической карты сварки и др.
- В объём поставки могут также входить **запасные части** (фланцевые уплотнения, цинковый протектор и т.п.). Они указаны в спецификации под номерами с 700 по 799.
- **Вспомогательные материалы** (лаки, герметики, грунтовки и т.п.): Они указаны в спецификации под номерами с 900 по 999.
- В целях консервации заполненные на заводе азотом кожухотрубные теплообменники поставляются укомплектованными изнашивающимися частями (крышками, уплотнениями и т.д.). Они указаны в спецификации под номерами с 200 по 299.

2 Указания по эксплуатации и безопасности

2.1 Общие указания по эксплуатации



Кожухотрубчатые теплообменники являются аппаратами под давлением. Пользователь аппаратов должен допускать к эксплуатации и обслуживанию аппаратов только персонал, имеющий необходимые знания для обслуживания и эксплуатации этого типа оборудования.

Он обязан, в частности, обеспечить соблюдение всех правил техники безопасности и предписаний по профилактике производственного травматизма.

Должны выполняться также все национальные и международные нормы, касающиеся аппаратов под давлением (в Европе: директива об устройствах под давлением 2014/68/EG), опасных жидкостей и газов, а также эксплуатационной безопасности, профилактике производственного травматизма, противопожарной защите и охране окружающей среды. (в Германии: закон о безопасности труда и соответствующие постановления.)

Кожухотрубчатый теплообменник FUNKE должен эксплуатироваться только со средами, на которые он был рассчитан в соответствии с заказом и которые указаны на чертеже и заводской табличке (см. указания о группах сред в пункте Идентификация/заводская табличка и соответствующие контрактные документы). Ф-ма FUNKE Wärmeaustauscher Apparatebau GmbH ни при каких обстоятельствах не несёт ответственности за ущерб здоровью людей или имуществу, возникший вследствие эксплуатации теплообменника с не предусмотренными в расчётах средами.

Все работы на кожухотрубчатом теплообменнике должны выполняться только в том случае, если аппарат не находится под давлением, опорожнён и имеет температуру не выше 40° C!

Поскольку в рамках данного документа невозможно рассмотреть все комбинации сред и материалов, то в нём отсутствуют также и рекомендации по применяемым для промывки аппарата жидкостям. Мы рекомендуем пользователю при выборе соответствующих жидкостей руководствоваться собственным опытом и практикой уже существующего производства.

2.2 Общие указания по безопасности



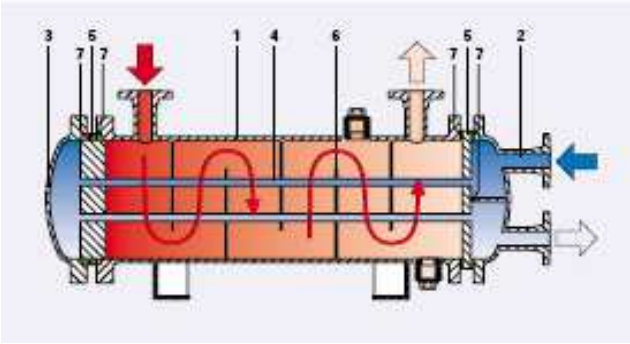
Если кожухотрубчатый теплообменник работает с жидкостями группы 1 (EU) или опасными жидкостями и газами, то в соответствии с классом опасности следует принять дополнительные меры безопасности.

При рабочих температурах свыше 90°C необходимо предусмотреть на соответствующих участках достаточную теплоизоляцию и установить предупредительные щиты и ограждения! Опасность ожога!

Если кожухотрубчатый теплообменник смонтирован в зоне, в которой при его разгерметизации может возникнуть опасность для людей, то следует установить защиту от брызг и капель! Опасность ожога!

3 Принцип работы кожухотрубчатого теплообменника

Кожухотрубчатый теплообменник представляет собой необогреваемую ёмкость под давлением, состоящую из двух отдельных находящихся под давлением камер (пространство кожуха и пространство труб). По пучку труб протекает одна среда, в то время, как пучок труб снаружи омывается другой средой. Разделённые стенкой внутренних труб среды движутся противотоком относительно друг друга и при разности их температур обмениваются теплотой, не смешиваясь друг с другом.



1 Кожух теплообменника

2 Соединительная камера

3 Возвратная камера

4 Внутренние трубы

5 Трубные решётки

6 Отражательные перегородки

7 Уплотнение

Рисунок 1 Типичные детали кожухотрубчатого теплообменника

Как показано на Рисунке 1, одна среда протекает через пространство кожуха, а другая - через пространство труб. Проходящий через пространство кожуха поток в целях оптимизации мощности так перенаправляется отражательными перегородками, чтобы образовывалось как можно большее количество направленных к трубам поперечных потоков, омывающих трубы во встречных направлениях. Форма перегородок и расстояние между ними выбираются в соответствии с конкретным вариантом применения; например, в теплообменнике типа TDW отражательные перегородки заменены шнеками.

В зависимости от целесообразности, скорости и потери давления среда движется по внутренним трубам одним или несколькими потоками. Если не учитывать потери от излучения, поступающее количество теплоты равно отдаваемому количеству теплоты.

3.1 Типы конструкции

Отдельные типовые ряды кожухотрубчатых теплообменников FUNKE отличаются друг от друга следующими основными критериями.

- Геометрия трубного пространства: теплообменники с прямыми трубами, U-образными трубами и теплообменники с повышенным уровнем безопасности
- Вид монтажа пучка труб: несъёмный или съёмный
- Типовая или специальная конструкция

Указание*: Подробное описание отдельных кожухотруб*чат*ых теплообменников FUNKE содержится в спецификациях или проспектах соответствующих типов аппаратов.*

3.2 Специальная конструкция: теплообменник FUNKE с повышенным уровнем безопасности

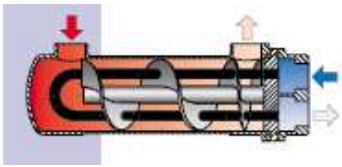
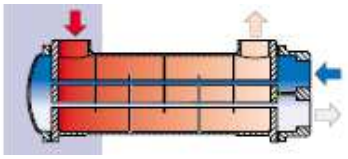
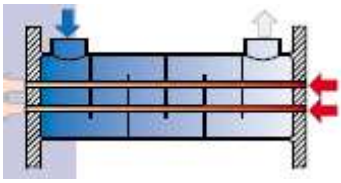
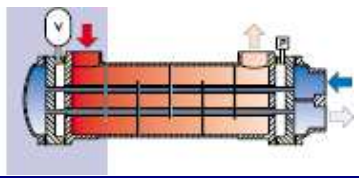
Теплообменник FUNKE с повышенным уровнем безопасности можно назвать „два теплообменника в одном“. Рабочие среды отделены друг от друга не одной, а двумя стенками

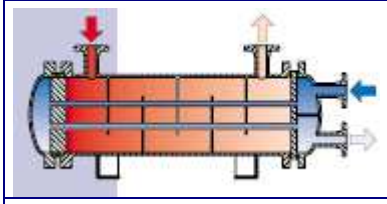
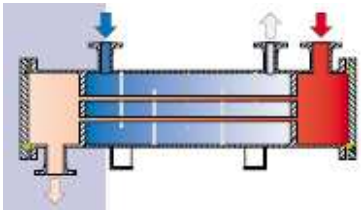
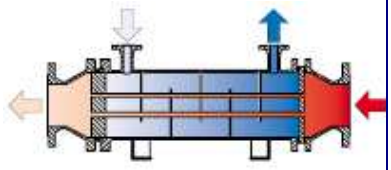
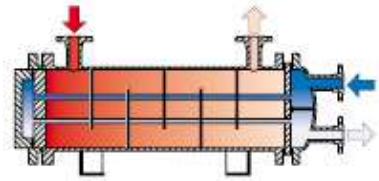
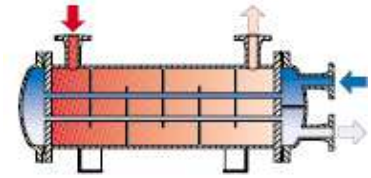
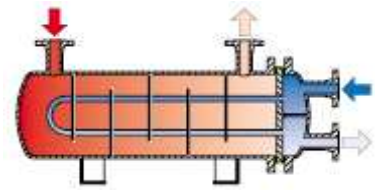
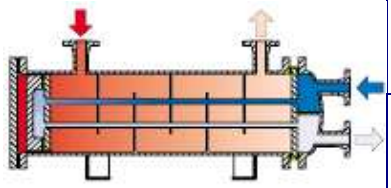
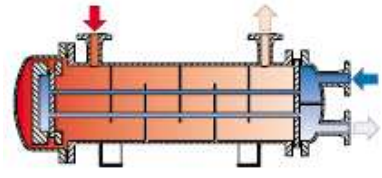
труб. Пространство между стенками заполнено уплотняющей жидкостью, пригодной для использования также и в пищевом производстве. Уплотняющая жидкость, служащая одновременно теплоносителем, подсоединена к расширительному баку и реле давления. При прорыве стенки трубы давление среды немедленно передаётся по уплотняющей жидкости реле давления, после чего срабатывает электрический выключатель реле. В результате выдаётся сигнал протечки и, в зависимости от схемы, включается сигнализация или выключается установка.

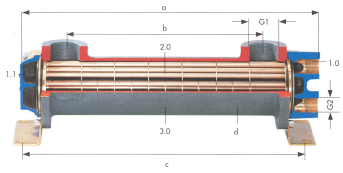
Теплообменники FUNKE с повышенным уровнем безопасности находят свое применение в случаях, когдасмешение теплопроводящих сред (газов или жидкостей) должно быть полностью исключено.

3.3 Обзор типов

В нижеследующей таблице содержится обзор всех типовых рядов кожухотрубчатых теплообменников FUNKE, рассортированных по вышеназванным критериям.

Принципиальная схема	Типовой ряд	объём трубы	Пучок труб	Тип
	TDW	U-образная труба	съёмный	серийный
	BCF	прямая труба	неподвижный	серийный
	CCF	прямая труба	неподвижный	серийный
	SSCF	прямая труба	неподвижный	серийный
	BCU	U-образная труба	неподвижный	серийный
	CCUG	U-образная труба	несъёмный/съёмный	серийный
	CCUT	U-образная труба	съёмный	серийный
	SSCU	U-образная труба	несъёмный/съёмный	серийный
	BCP	прямая труба	съёмный	серийный
	CCP	прямая труба	съёмный	серийный
	SSCP	прямая труба	съёмный	серийный
	CCFA	прямая труба	неподвижный	серийный
	SSCFA	прямая труба	неподвижный	серийный
	SWF	прямая труба	безопасный	серийный
	SSWF	прямая труба	безопасный	серийный
	SWP	прямая труба	безопасный	серийный
	SSWP	прямая труба	безопасный	серийный

Принципиальная схема	Типовой ряд	объём трубы	Пучок труб	Тип
	CP / CXP CPS	прямая труба	съёмный	серийный
	WRA 200	прямая труба	неподвижный	серийный
	A100	прямая труба	съёмный	специальный
	C100	прямая труба	съёмный	специальный
	CX100	как C100	как C100	специальный
	C200	прямая труба	неподвижный	специальный
	CX200	как C200	как C200	специальный
	C210	как C200	как C200	специальный
	C300	U-образная труба	съёмный	специальный
	CX300	как C300	как C300	специальный
	C320	как C300	как C300	специальный
	C400	прямая труба	съёмный	специальный
	CX400	как C400	как C400	специальный
	C500	прямая труба	съёмный	специальный
	CX500	как C500	как C500	специальный

Принципиальная схема	Типовой ряд	объём трубы	Пучок труб	Тип
	UNIVEX	прямая труба	съёмный	серийный

4 Транспортировка и хранение



Ф-ма FUNKE Wärmeaustauscher Apparatebau GmbH не несёт ответственности за ущерб здоровью людей и имуществу, возникший из-за несоблюдения указанных далее правил и мер предосторожности.

4.1 Транспортировка

При транспортировке и хранении теплообменника следует соблюдать следующие общие правила:

- Теплообменник может транспортироваться только после полного сброса давления.
- Теплообменник следует перевозить в горизонтальном положении на подходящей подставке (например, входящих в объём поставки деревянных сёдлах), чтобы избежать точечных нагрузок на кожух.
- При транспортировке следует использовать соответствующую крепёжную снасть, предотвращающую сдвиг груза без опасности деформации и повреждения поверхности аппарата, особенно уплотняющих поверхностей. Можно использовать, например, натяжные ремни.
- Запрещено крепить снасть за патрубки, фланцы и иные соединительные элементы.
- Транспортировка и хранение аппарата при температурах ниже точки замерзания (0°C) не допускаются.
- Все отверстия типа фланцев, патрубков и т.п. должны быть закрыты специальными транспортными заглушками во избежание попадания внутрь аппарата жидкостей и посторонних предметов.
- Кожухотрубчатые теплообменники со съёмным пучком труб следует транспортировать и хранить в полностью собранном состоянии.
- Запасные пучки перед отгрузкой с завода закрываются с торцевой стороны заглушками, оборачиваются плёнкой и упаковываются в ящики с использованием подкладок. Во избежание повреждения аппарата следует удалять транспортную упаковку непосредственно перед монтажом.

4.2 Временное хранение

При временном хранении кожухотрубчатых теплообменников FUNKE перед монтажом должны соблюдаться следующие условия:

- Место хранения должно быть ровным и рассчитанным на вес теплообменника, чтобы исключить возможность его опрокидывания.
- При временном хранении кожухотрубчатый теплообменник FUNKE должен быть защищён от неблагоприятного воздействия окружающей среды.
- При длительном хранении свыше 180 дней необходимо законсервировать аппарат. Обычно консервация для длительного хранения осуществляется на заводе путём заполнения аппарата азотом под небольшим (несколько десятых долей бара) избыточным давлением. Для этого на заводе на кожухотрубчатый теплообменник устанавливаются специальные герметичные транспортные заглушки с газовой арматурой и манометром.

- При хранении вне помещения кожухотрубчатый теплообменник должен быть защищён от влаги, солнечных лучей и мороза.
- Теплообменник хранится в горизонтальном положении на подставках (например, входящих в обмен поставки деревянных сёдлах), чтобы избежать точечных нагрузок на кожух.

5 Монтаж

В этой главе описан монтаж кожухотрубчатого теплообменника FUNKE. Монтаж должен осуществляться в указанной далее последовательности.

5.1 Приёмный контроль

При поставке кожухотрубчатого теплообменника FUNKE следует сначала удалить транспортную упаковку и проверить поставку на комплектность и отсутствие повреждений. Объём поставки указан в товарной накладной. При обнаружении транспортных повреждений следует немедленно после приёмки груза сделать соответствующую запись на товарной накладной фирмы-экспедитора.

Особенно тщательно необходимо проверять состояние фланцевых соединений и навесного оборудования.

5.2 Условия монтажа

Должны быть завершены все подготовительные работы, в частности строительство фундамента.

Фундамент, а также несущие и опорные конструкции должны выдерживать (статический) собственный вес кожухотрубчатого теплообменника, включая вес рабочей или испытательной жидкости и все возможные динамические нагрузки (например, гидравлические удары) и, одновременно, обеспечивать аппарату надёжную опору без вибраций.

Обычно кожухотрубчатый теплообменник устанавливается на ровной горизонтальной поверхности, если только в спецификации заказа не указано иное монтажное положение.

Кожухотрубчатый теплообменник должен устанавливаться так, чтобы к нему обеспечивался доступ со всех сторон для проведения инспекций, и была хорошо видна заводская табличка.

Кожухотрубчатый теплообменник должен быть так защищён от механического воздействия (например, транспортного и подъёмного оборудования), чтобы исключалась возможность его повреждения.

Кожухотрубчатый теплообменник следует защитить от доступа к нему посторонних лиц.

Если существует опасность пожара, в ходе которого возможно повреждение стенок находящихся под давлением камер, обеспечивающих безопасность деталей или несущих элементов кожухотрубного теплообменника, то следует предусмотреть необходимые противопожарные меры и средства пожаротушения.

Далее, следует исключить возникновение температур окружающей среды, превышающих максимально допустимую рабочую температуру кожухотрубного теплообменника и защитить уплотнения теплообменника от механического воздействия или агрессивных веществ (кислот или газов).

Все необходимые для монтажа и подсоединения аппарата сварочные и монтажные работы (в отношении модификаций и реконструкций см. указания в разделе) 1.4) должны выполняться имеющим соответствующую квалификацию и опыт персоналом. Обязанность по обеспечению необходимого количества квалифицированных работников лежит на осуществляющем монтаж предприятии.

5.3 Установка аппарата

Кожухотрубчатый теплообменник обычно поставляется в закреплённом горизонтальном или вертикальном положении на деревянном поддоне и после поставки может сниматься с поддона вилочным автопогрузчиком вместе с подставкой или подниматься с подставки краном.

Крупногабаритные кожухотрубчатые теплообменники перемещаются краном в подвешенном состоянии. Выбор крана осуществляется до монтажа с учётом веса и геометрии теплообменника. При крупногабаритных аппаратах с большим расстоянием между точками крепления подъёмной снасти может потребоваться использование второго крана или подъёмной балки.

В процессе монтажа аппарата должны соблюдаться следующие правила техники безопасности:



При погрузочно-разгрузочных работах необходимо использовать соответствующую подъёмную снасть и подъёмные механизмы, обслуживаемые имеющим достаточный опыт квалифицированным персоналом.

Следует в обязательном порядке соблюдать все правила техники безопасности при работе с подъёмными механизмами и аналогичными устройствами!

Подъём кожухотрубчатого теплообменника при сильном ветре запрещён. Существует серьёзная опасность неконтролируемого раскачивания поднимаемого груза!

Во время подъёма аппарата запрещено нахождение людей под висящим грузом и в зоне его перемещения.

Нельзя применять для подъёма аппарата голые стальные тросы, цепи и иную подъёмную снасть, способную повредить поверхность кожухотрубчатого теплообменника FUNKE.

Запрещено поднимать кожухотрубчатый теплообменник за патрубки или соединительные фланцы!

Следует тщательно крепить несущие тросы и, в случае необходимости, фиксировать их от скольжения!

Необходимый инструмент:

- Один или несколько кранов соответствующей грузоподъёмностью с достаточной высотой крюка
- Подъёмные ремни, петли и прочая подъёмная снасть с соответствующим допуском безопасности.

Метод:

- Если на корпусе кожухотрубчатого теплообменника имеются монтажные проушины, то подъёмные ремни следует крепить к ним.
- Если проушины или иные специальные приспособления для крепления подъёмной снасти отсутствуют, то несколько достаточно прочных ремней следует обернуть вокруг кожуха кожухотрубчатого теплообменника.

5.4 Подготовка к монтажу

Перед монтажом кожухотрубчатого теплообменника следует проверить:

- завершены ли соответствующие подготовительные работы для последующего монтажа, например, строительство фундаментов

- соответствуют ли данные, указанные на заводской табличке аппарата (см. раздел 1.5) проектным параметрам установки
- соответствуют ли соединительные размеры и расположение соединений проектным данным установки
- соблюдается ли направление потоков сред

Любые отклонения допускаются только при наличии письменного согласия фирмы FUNKE Wärmeaustauscher Apparatebau GmbH. При обнаружении отклонений следует немедленно проконсультироваться с фирмой FUNKE Wärmeaustauscher Apparatebau GmbH.

Необходимый инструмент:

- Измерительные инструменты (рулетки, калибры) для контроля размеров
- Угловые шлифовальные машины с отрезными кругами для обрезки заваренных патрубков, например, у законсервированных аппаратов
- Угловые шлифовальные машины со шлифовальными кругами для подготовки швов привариваемых патрубков
- Стандартный инструмент типа гаечных ключей и т.п.

Метод:

- Если кожухотрубчатый теплообменник поставляется заполненным в целях консервации азотом, то следует открыть расположенные в самой высокой точке контура газовыпускные клапаны (см. чертёж **XXXXXXXXXX**) чтобы выпустить азот.
- Удалить резьбовые транспортные заглушки и крышки фланцев и патрубков. Сохранить их для использования в будущем.



Демонтаж заглушек и крышек должен осуществляться обученным персоналом, чтобы при этом не были повреждены уплотнительные поверхности патрубков и фланцев.

- Использованные при транспортировке крепёжные элементы повторному применению не подлежат и утилизируются.
- Приваренные заглушки отрезаются по середине шва отрезным шлифовальным кругом, после чего поверхность в соответствии с технологической картой сварки подготавливается к подсоединению трубопровода.

5.5 Анкерные крепления

После установки кожухотрубчатого теплообменника на его окончательное место он закрепляется анкерами на фундаменте или опорной конструкции так, чтобы обеспечивалась его полная устойчивость. В общих случаях применяются комбинированные анкера (не входят в объём поставки), ввинчиваемые через соответствующие отверстия в опорах в поверхность фундамента.

Указание: В заказе может быть предусмотрен и иной вид крепления. Вид и размеры крепления выбираются в соответствии с проектной документацией установки.

Необходимый инструмент:

- Измерительные инструменты (рулетки, калибры) для контроля размеров, а также разметки анкерных отверстий.
- Перфоратор со сверлом по камню для сверления соответствующих анкерных отверстий в бетонном фундаменте.
- Динамометрический ключ с соответствующими вставками.
- Стандартный инструмент типа гаечных ключей и т.п.

Метод:

1. С помощью рулетки проверить соответствие расстояний между осями отверстий в опорах данным, указанным в чертеже **XXXXXXXXXX** (см. схему расположения отверстий или указанные цифрами размеры).
2. Просверлить необходимое количество анкерных отверстий в фундаменте или опорной конструкции.
3. Вставить и закрепить анкера в соответствии с инструкцией изготовителя.
4. По истечении указанного времени отверждения насадить на верхнюю часть анкеров шайбы и гайки и затянуть с моментом, указанным в проектной документации установки.
5. Установить дополнительные анкерные крепления (например, боковые) если таковые предусмотрены (соответствующие крепёжные элементы в объём поставки не входят).

5.6 Подсоединить трубопроводы и систему заземления.

Оснащение кожухотрубчатого теплообменника трубопроводами, КИП и фитингами зависит от конкретного заказа и указано в документации заказа. Обычно чертёж аппарата включает в себя таблицу всех соединений.

Если предусмотрено в проекте установки (например, конструкционной взрывозащите согласно директиве ATEX 1999/92/EG или иной директиве), кожухотрубчатый теплообменник включается в систему выравнивания потенциалов установки. Для этого могут быть предусмотрены конструкционные точки заземления Расположение точек подключения указано на чертеже **XXXXXXXXXX**.

При монтаже трубопроводов следует учитывать следующее:



Во избежание опасности для персонала, связанной с брызгами или каплями горячей среды, подсоединяемые трубопроводы должны быть полностью опорожнены и не должны находиться под давлением. Температура трубопроводов должна составлять менее 40°C.



Во избежание последующей разгерметизации соединения не должны находиться под воздействием сил или моментов , если только эти силы и моменты не были учтены при проектировании.

Между поршневыми нагнетающими устройствами и кожухотрубчатым теплообменником должны устанавливаться амортизаторы для гашения вибрации.

Следует избегать использования отсечных клапанов!

Система трубопроводов должна быть защищена от внезапных гидродинамических ударов и

колебаний температуры. В новых чертежах указываются также допустимые нагрузки на патрубки (см. таблицу "NOZZLE LOADS").

Внешняя вибрационная нагрузка на систему трубопроводов не допускается.

Питающие и отводящие трубопроводы и газопроводы должны, по возможности, оборудоваться запорными клапанами, чтобы можно было отсекать кожухотрубчатый теплообменник от системы для выполнения работ по обслуживанию.

При скрепляемых болтами фланцах следует использовать только болты и уплотнения, предписанные изготовителем или поставленные вместе с аппаратом фирмой FUNKE Wärmeaustauscher Apparatebau GmbH.

При свариваемых фланцах сварка должна выполняться в строгом соответствии с технологической картой сварки сварщиком, имеющим необходимую для конкретного случая применения квалификацию. После завершения сварочных работ проводятся предписанные неразрушающие испытания (ZfP).

Необходимый инструмент:

- Измерительные инструменты (рулетки, калибры) для контроля размеров
- Динамометрический ключ с соответствующими вставками.
- Сварочный аппарат, пригодный для проведения работ согласно технологической карте сварки
- Стандартный инструмент типа гаечных ключей и т.п.
- Уплотнительный материал для резьбовых соединений, например, тефлоновая лента
- Омметр для контроля электрической проводимости системы выравнивания потенциала

Метод:

1. Затянуть все соединительные болты с соответствующим моментом или сварить швы согласно технологической карте сварки, после чего провести предписанные проверки и испытания.



*Следует соблюдать указанные на чертеже **XXXXXXXXXX** моменты затяжки или указанное в технологической карте сварки исполнение сварочных швов. В остальном действуют предписания, содержащиеся в проектной документации установки.*

По завершению сварочных работ дальнейшие работы могут выполняться только после того, как испытаниями/проверками будет подтверждено безупречное качество сварочных швов.

2. Согласно проектной документации соединить кожухотрубчатый теплообменник с помощью провода выравнивания потенциала (цельный трос или проводник; не входит в объём поставки) с соседними секциями ветки трубопровода.
3. С помощью омметра измерить электрическое сопротивление между соединёнными вышеуказанным способом частями; сопротивление должно быть равным или близким к нулю.

4. Если конструкцией предусмотрены соответствующие патрубки для контура или контуров кожухотрубчатого теплообменника, то в самых высоких точках контуров следует предусмотреть один или несколько воздуховыпускных клапанов (не входят в объём поставки) для выпуска воздуха при заполнении аппарата. Расположение, количество и соединительные размеры клапанов указаны в чертеже **XXXXXXXXXX**. В аппаратах без воздуховыпускных патрубков возможность для выпуска воздуха обычно имеется в другом месте трубопровода.
   При поставке каждый воздуховыпускной патрубок закрыт муфтами и уплотнениями, зафиксированными болтами. Болты следует вывернуть, после чего извлечь муфты с уплотнениями и сохранить их для применения в будущем (например, для использования в период технического обслуживания аппарата).
5. **Только для теплообменника FUNKE с повышенным уровнем безопасности:**
   Подсоединить реле давления согласно схеме электрических соединений (см. проектную документацию установки или рабочую документацию реле давления).

6 Пуск

Пуск и ввод в эксплуатацию можно осуществлять только после выполнения следующих условий:

- кожухотрубчатый теплообменник смонтирован с учётом условий установки (см. 5.2) и после соответствующей подготовки монтажа (см. 5.4),
- все трубопроводы подсоединены в соответствии с инструкцией (см. 5.5) и
- все обеспечиваемые заказчиком ограничители и регуляторы исправны и готовы к работе.



При заполнении кожухотрубчатого теплообменника средой группы I (опасные вещества) должны соблюдаться соответствующие специальные правила техники безопасности и противопожарной защиты.
Персонал должен иметь в своём распоряжении сертификаты безопасности применяемых опасных веществ и обязан ознакомиться с ними.

Во избежание повреждения аппарата из-за шоковой температурной нагрузки следует обеспечить мягкий пуск теплообменника, то есть, выполнить холодный пуск без давления и затем медленно вывести аппарат на нужный температурный режим с необходимым давлением.
В случае невозможности мягкого пуска необходимо заполнить аппарат сначала холодной, а затем горячей средой.

Заполнение горячей средой пустого контура охлаждения не допускается! При контакте горячей среды со стенками внутри аппарата может возникнуть спонтанное испарение с последующими механическими повреждениями вследствие паровых ударов и термического шока в сочетании с выделением брызг или капель горячей среды. В этом случае существует опасность ожога!

Следует избегать переполнения кожухотрубчатого теплообменника.

Необходимый инструмент (при фланцевом монтаже):

- Динамометрический ключ с соответствующими вставками.
- Стандартный инструмент типа гаечных ключей и т.п.

Метод:

1. Документация заказа и рабочая документация кожухотрубчатого теплообменника (см. раздел 1.6) проверить, предписана ли определённая последовательность пусковых операций. Это имеет место, например, при некоторых типах кожухотрубного теплообменника с неподвижной трубной решёткой, у которых пучок труб не оборудован внутренними компенсаторами для выравнивания различных коэффициентов теплового расширения.
2. Перед подачей в кожухотрубчатый теплообменник давления следует подтянуть все соединительные болты с предписанным моментом затяжки, поскольку толщина уплотнений уменьшилась.



*Следует соблюдать указные на чертеже **XXXXXXXXXX** моменты вращения, в ином случае применяются моменты вращения, указанные в проектной документации установки.*

3. В заключение следует открыть каждый воздуховыпускной клапан в верхней точке контура и заполнить кожухотрубчатый теплообменник сначала холодной, а затем тёплой средой.



При заполнении следует контролировать показания манометров и уровнемеров. Указанные на заводской табличке кожухотрубчатого теплообменника параметры могут превышаться только при наличии письменного разрешения фирмы FUNKE Wärmeaustauscher Apparatebau GmbH.

4. После заполнения аппарата необходимо ещё раз тщательно удалить воздух из всех контуров.



Остатки воздуха в системе ведут к ухудшению теплопередачи и не позволяют кожухотрубчатому теплообменнику достичь своей полной мощности.

5. Подача давления и тепла в аппарат должна осуществляться не резко, а постепенно, в ином случае трубы теплообменника могут быть повреждены.



Пуск кожухотрубчатого теплообменника должен осуществляться так, чтобы при росте температуры и давления не возникали недопустимые механические напряжения. При пуске не должен превышаться максимально допустимый градиент температур 50°C/ч.

6. После достижения рабочего давления следует проверить герметичность всех фланцевых и резьбовых соединений.



При обнаружении протечки следует немедленно прервать процесс пуска. Продолжить процесс пуска можно только после устранения причин протечки. Разгерметизация может привести к неконтролируемой эмиссии среды с самыми тяжёлыми последствиями (ранение или гибель людей).

7. Затем выполняется останов кожухотрубчатого теплообменника, то есть, давление в кожухе и трубах сбрасывается и температура снижается до значения ниже 40°C.



Останов кожухотрубчатого теплообменника должен осуществляться так, чтобы при снижении температуры и давления не возникали недопустимые механические напряжения. При пуске не должен превышаться максимально допустимый градиент температур 50°C/h

8. После сброса давления и охлаждения аппарата все резьбовые соединения следует вновь подтянуть с заданным моментом вращения.
9. Затем вновь осуществить пуск кожухотрубчатого теплообменника и проверить его герметичность.
10. При отсутствии протечек ввод в эксплуатацию можно продолжить.

7 Эксплуатация

7.1 Общие указания

Кожухотрубчатый теплообменник и всё вспомогательное оборудование должны обслуживаться и контролироваться квалифицированным и прошедшим инструктаж персоналом так, чтобы исключалась любая опасность как для самого персонала, так и для третьих лиц. Следует обязательно соблюдать защитные зоны и безопасные расстояния, предусмотренные законами, стандартами или предписаниями.

7.2 Нормальный режим эксплуатации

Для нормального режима эксплуатации кожухотрубчатого теплообменника действуют следующие указания по технике безопасности:



Кожухотрубчатый теплообменник может эксплуатироваться только при наличии и работоспособности всех предусмотренных законами, стандартами или предписаниями защитных устройств. Эти устройства должны оставаться полностью работоспособными в течение всего срока эксплуатации без внесения влияющих на их эффективность изменений.

В частности, при эксплуатации заполненного опасными веществами кожухотрубчатого теплообменника следует обязательно соблюдать специальные местные правила техники безопасности и противопожарной защиты. Эксплуатационный персонал должен иметь в своём распоряжении сертификаты безопасности соответствующих опасных веществ и обязан ознакомиться с ними.

В случае возникновения в нормальном режиме эксплуатации нештатной ситуация, например, вследствие повышения давления, реакции или опасного воздействия извне следует незамедлительно принять необходимые контрмеры и, если потребуется, остановить установку.

Внеплановая ревизия кожухотрубчатого теплообменника необходима в том случае, если при нарушении технологического процесса допустимое давление будет превышено более, чем на 10% или рабочая температура будет значительно ниже или выше значения, указанного на заводской табличке (см. раздел 1.5).

Если после аварийной ситуации будут обнаружены повреждения кожухотрубчатого теплообменника, то его следует незамедлительно остановить.

8 Останов

Перед остановом или выводом из эксплуатации кожухотрубчатого теплообменника следует убедиться в том, что при этом не будет нарушена эксплуатационная безопасность установки.



В частности, при выводе из эксплуатации кожухотрубчатого теплообменника с опасными средами должны обязательно соблюдаться специфические правила техники безопасности и противопожарной защиты. Эксплуатационный персонал должен иметь в своём распоряжении сертификаты безопасности соответствующих опасных веществ и обязан ознакомиться с ними.

При вскрытии кожухотрубчатого теплообменника может потребоваться ношение индивидуальных средств защиты дыхания, обеспечивающих надёжную защиту от конкретной среды.

Перед отсоединением труб следует полностью удалить из них взрывоопасные, ядовитые или загрязняющие окружающую среду жидкости/газы и собрать их так, чтобы в окружающую среду не могли попасть даже малые их количества.

При наличии в кожухотрубчатом теплообменнике взрывоопасных или ядовитых газов и газовых смесей перед вскрытием аппарата следует обязательно продуть его.



Останов кожухотрубчатого теплообменника должен осуществляться так, чтобы при снижении температуры и давления не возникали недопустимые механические напряжения. При пуске не должен превышаться максимально допустимый градиент температур 50°C/ч

Необходимый инструмент:

- Устройства для сбора опасных веществ
- Стандартный инструмент типа гаечных ключей и т.п.
- Уплотнительный материал для резьбовых соединений, например, тефлоновая лента

Порядок вывода из эксплуатации:

1. Выключить насосы, компрессоры и прочие генераторы давления.
2. Закрыть запорную арматуру перед и за теплообменником (сначала на стороне более высокого давления!) и безопасным способом сбросить избыточное давление. Проверить отсутствие давления на рабочем манометра.
3. Проверить, остыл ли аппарат ниже 40°C. Если нет, то подождать, пока его температура не упадёт ниже 40°C.
4. Перед отсоединением труб следует полностью удалить из них взрывоопасные, ядовитые или загрязняющие окружающую среду жидкости/газы и собрать их. См. указания по безопасности!
5. При наличии в кожухотрубчатом теплообменнике FUNKE взрывоопасных или ядовитых газов и газовых смесей перед вскрытием аппарата следует обязательно продуть его химически безопасной или нейтрализующей средой. См. Указания по безопасности!



Поскольку в рамках данного документа невозможно рассмотреть все комбинации сред и материалов, то в нём отсутствуют также и рекомендации по применяемым для промывки/чистке аппарата жидкостям. Мы рекомендуем пользователю при выборе соответствующих жидкостей руководствоваться собственным опытом и практикой уже существующего производства.

6. Подать воздух в кожухотрубчатый теплообменник и опорожнить полости.

9 Обслуживание

Регулярно, но не реже одного раза в месяц кожухотрубчатый теплообменник должен проверяться обученным персоналом на герметичность (визуальный контроль) и работоспособность (контроль эксплуатационных параметров). Эксплуатационные параметры кожухотрубчатого теплообменника должны регулярно сниматься и анализироваться, чтобы, например, своевременно распознать засор/закупорку полостей аппарат.

Должны выполняться предусмотренные законами, стандартами и предписаниями испытания и их периодичность. Периодическое техобслуживание проводится в соответствии с имеющимся опытом и с учётом требований конкретного производства. В общих случаях рекомендуется проводить техническое обслуживание через каждые 500-2000 рабочих часов.



Вскрытие кожухотрубчатного теплообменника для обслуживания и ремонта необходимо только в рамках капитальной ревизии или при повышенной потере давления, колебаниях температуры или протечках, которые иным способом устранить не удаётся (см. соответствующие указания по вскрытию теплообменника в главе Останов).

Для замены изнашивающихся частей, например, цинковых стержневых протекторов (анодов протекторной защиты) и уплотнений следует использовать оригинальные части FUNKE.

9.1 Техническое обслуживание всех типов кожухотрубчатых теплообменников

Самое позднее при заметной потере мощности следует удалить из теплообменника накопившийся воздух и промыть его.

Техническое обслуживание теплообменника FUNKE допускается только в том случае, если в нём полностью сброшено давление.

9.1.1 Контроль границы смены нагрузки

Прежде всего, следует на основе рабочих протоколов установки определить число смен нагрузки (циклов пуска-останова), которым до сих пор подвергался кожухотрубчатый теплообменник. Если этот параметр уже достиг указанного в соответствующей инструкции предельного значения (например, 1000 циклов без документального подтверждения согласно инструкции AD 2000), то расчётный срок службы аппарата истёк и его следует немедленно вывести из эксплуатации.

9.1.2 Визуальный контроль

Визуальный контроль обычно проводится при каждом обслуживании и каждой ревизии. Он включает в себя следующие рабочие операции:

1. Проверить поверхность аппарата на наличие признаков коррозии, при обнаружении коррозии удалить её (см. раздел 9.1.3).
2. Проверить фланцевые уплотнения соединительной камеры и, если имеется, возвратной камеры на внешние признаки протечек.
3. С максимальной тщательностью проверить все трубы на следы коррозии и эрозии, а также посторонние предметы, в случае необходимости очистить трубы (см. раздел 9.1.3).

9.1.3 Проверка цинковых протекторов (анодов протекторной защиты)

Если кожухотрубчатый теплообменник оснащён цинковыми протекторами (в качестве анодов протекторной защиты), то следует проверить их состояние.

В цинковых протекторах предусмотрено сигнальное отверстие: если через это отверстие выходит охлаждающая среда (например, вода), то анод изношен и подлежит замене.

Если цинковые протекторы покрылись слоем накипи (и, самым, гальванически изолированы), то их следует очистить.

9.1.4 Измерение толщины кожуха

В работающих с коррозийной средой кожухотрубчатых теплообменниках при использовании углеродистой стали для нагруженных давлением деталей предусмотрен припуск на коррозию.

Указание*: У кожухотрубчатых теплообменников Funke этот припуск на коррозию, как правило, указывается на чертеже в рубрике «МАТЕРИАЛЫ» / MATERIALS.*

Толщина стенки измеряется регулярно, а также при каждой ревизии в нескольких точках с использованием, например, высокоточного ультразвукового измерительного прибора. Если толщина кожуха, то есть, толщина «здорового металла» уменьшилась на величину припуска на коррозию, то кожух является изношенным и аппарат достиг конца срока своей службы.

9.1.5 Мойка/чистка

Внешняя чистка: Стальные кожухотрубчатые теплообменники, имеющие нанесённое методом холодного отверждения силиконово-акриловое покрытие, моются с использованием губки, тряпки или мягкой щётки и слабощелочного моющего раствора. После мойки в случае необходимости повреждённое покрытие восстанавливается. Не имеющие лакокрасочного покрытия кожухотрубные теплообменники из строительной стали консервируются антикоррозийным средством. Нержавеющая сталь подвергается на заводе травлению, пассивации и сушке; этот вид стали консервации не требует.

Внутренняя чистка: Если мощность аппарата упала, то следует выпустить из кожухотрубчатого теплообменника FUNKE воздух и промыть его вручную или выполнить химическую чистку.

При использовании очищающих жидкостей необходимо выполнять следующие указания по технике безопасности:



При применении некоторых растворов для химического удаления извести система должна быть открыта для выхода образующихся при этом газов.

Если выделяющиеся газы раздражают дыхательные пути, то следует пользоваться противогазами и обеспечить достаточную вентиляцию для того, чтобы избежать вдыхания газов.

Паспорта безопасности для соответствующих опасных веществ должны быть доступны для обслуживающего персонала и должны быть им подтверждены.

Процесс чистки состоит из следующих операций:

1. Очистка всех грязеуловителей и фильтров соответствующей системы.
2. Ручная промывка труб водяной струёй. Стойкое загрязнение удаляется с помощью не повреждающих материал щёток.
3. Околотрубное пространство кожуха в зависимости от расстояния между трубами в большинстве случаев может быть очищено только химическим способом.

4. Для химического удаления извести в трубах и вокруг труб используется безопасная для конструкционного материала очищающая жидкость. Следует соблюдать указания по технике безопасности!
5. Для последующей нейтрализации используется 5-процентный раствор соды (Na_2CO_3).
6. Для удаления остатков масел используется безопасное для конструкционного материала и допущенное к применению обезжиривающее средство.

9.2 Указания по обслуживанию теплообменников FUNKE с повышенным уровнем безопасности

Оборудованное реле давления и расширительным баком безопасное пространство представляет собой закрытую систему и обслуживания не требует. Ни при каких обстоятельствах не следует вскрывать обеспечивающую безопасность камеру, поскольку это негативно повлияет на функцию теплообменника и его безопасность. (Отвинчиваются только болты крышки, но не болты фланца кожуха!)

Если в результате случайного вскрытия обеспечивающей безопасность камеры произойдёт потеря уплотняющей жидкости, то её следует обязательно восполнить. Небольшие количества уплотняющей жидкости можно заказать у фирмы FUNKE
для её последующего использования на месте. При значительных потерях уплотняющей жидкости теплообменник с повышенным уровнем безопасности следует демонтировать и отослать на фирму FUNKE Wärmeaustauscher Apparatebau GmbH для ремонта.

Пополнение уплотняющей жидкости осуществляется следующим образом:

1. Сбросить давление в кожухе и трубах и снизить температуру в аппарате до значения ниже 40°C (согласно главе 8 Руководства по эксплуатации, однако не стравливать воздух и не опорожнять трубы и кожух аппарата.



Нельзя отворачивать заглушку бокового патрубка расширительного бака в процессе работы теплообменника или до тех пор, пока теплообменник не остынет до температуры менее 40°C. Жидкость в расширительном баке может быть горячей. Существует опасность получения ожога от брызг жидкости!

2. Отвернуть заглушку бокового патрубка расширительного бака.
3. Расширительный бак заправляется до середины без воздуха.
4. Заполнить максимально 50 % объёма расширительного бака. Максимальная высота заполнения ограничивается расположенным горизонтально заливным патрубком.
5. Установить на место заглушку.
6. Вновь запустить кожухотрубчатый теплообменник (см. главу 6).

9.3 Ревизия теплообменников с несъёмным пучком труб

Так как разборка или демонтаж пучка труб в таких теплообменниках невозможны, то инспекция пространства кожуха и труб может осуществляться только методом эндоскопии. Для этого потребуется, в зависимости от конструкции аппарата, отсоединение определённых трубопроводов.

9.4 Ревизия теплообменников со съёмным пучком труб

Демонтаж пучка труб требуется, например, только при проведении плановой капитальной ревизии или необходимости полной замены пучка труб.

9.4.1 Демонтаж пучка труб

При демонтаже пучка труб необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности:



Во избежание опасности здоровью людей и повреждения аппарата должны выполняться соответствующие предписания по профилактике производственного травматизма и правила работы с тяжёлыми грузами.

Далее, проводятся следующие подготовительные мероприятия:



В зоне выполнения работ обеспечивается ровная площадка для укладки пучка труб, способная выдержать вес труб и имеющая длину, вдвое превышающую длину кожухотрубного теплообменника.

Следует предусмотреть соответствующие подставки, предотвращающие прогиб демонтированного пучка труб. Подставки укладываются у вскрываемого конца аппарата примерно на высоте отражательные перегородок. Для трубных решёток и отражательных перегородок требуются подставки разной высоты!

При тяжёлых аппаратах используется перемещающийся в продольном направлении портальный кран или иное грузоподъёмное устройство согласно данным, указанным в разделе Установка аппарата

На рабочей площадке следует подготовить перемещающиеся в продольном направлении салазки с гидравлическим подъёмником для укладки пучка труб.

При наличии вышеописанных условий выполняются следующие операции по демонтажу пучка труб:

1. Поднять кожухотрубчатый теплообменник на рабочую площадку и уложить на соответствующие подставки (например, входящие в объём поставки деревянные сёдла) так, чтобы на кожух аппарата не воздействовали точечные нагрузки.
2. Отвинтить фланцевые болты (и, в зависимости от конструкции, болты крепления возвратной камеры), снять камеру вместе с уплотнением и переместить в сторону.
3. Если уплотнение не снимается вместе с камерой, то следует отсоединить его лёгкими ударами резинового молотка. Если отсоединить уплотнение с помощью резинового молотка не удаётся, необходимо проконсультироваться с фирмой FUNKE Wärmeaustauscher Apparatebau GmbH.
4. Установить первую подставку непосредственно под открытый конец кожухотрубчатого теплообменника.
5. Извлечь трубную решётку и сразу же поставить её на первую подставку, чтобы избежать прогиба пучка труб.



При крупногабаритных кожухотрубчатых теплообменниках с тяжёлым пучком труб для этой цели в трубной доске или ином подходящем месте предусмотрены резьбовые отверстия для стяжных болтов.

6. Поместить подъёмный ремень под демонтированную трубную решётку, для чего слегка приподнять пучок труб.

7. Теперь вытянуть пучок труб дальше и поместить его на следующую поставку, и так далее, до тех пор, пучок труб не будет извлечён полностью.
8. Теперь можно приступить чистке пучка труб и кожуха. Инструкции по чистке содержатся, например, в абзаце 9.1.5 на странице 27.



Дальнейшая разборка пучка труб невозможна, так как трубы или приварены к трубной решётке и отражательным перегородкам или развальцованы в них. Попытка извлечь трубы ведёт к аннулированию гарантии и ответственности поставщика.

9.4.2 Монтаж пучка труб

1. Монтаж пучка труб осуществляется, как описано в 9.4.1, но в обратной последовательности.



При этом необходимо обратить внимание на следующие моменты:

- *Следует использовать новые фланцевые уплотнения (информацию о запчастяхсм.в , раздел Объём поставки),*
- *уплотнительные поверхности фланцев необходимо тщательно очистить от всех отложений с помощью безопасного для конструкционного материала и допущенного к применению обезжиривающего и чистящего средства*
- *все остатки старого уплотнения должны быть полностью удалены так, чтобы при этом не была повреждена уплотнительная поверхность фланца*
- *осторожно вставить пучок труб в направляющие в днище кожуха (если имеются)*
- *затянуть болты фланца в перекрёстном порядке (по диагонали)*
- *моменты затяжки фланцевых болтов указаны на чертеже **XXXXXXXXXX** или в проектной документации установки.*

2. Пуск аппарата после завершения монтажа и проверка его герметичности осуществляются согласно инструкции в главе .6.