

Монтаж энергетических установок

с

газовыми и дизельными двигателями (Инструкции по проектированию и монтажу)

июнь 2012 г.

Настоящее руководство и все приведенные в нем иллюстрации защищены авторским правом. Все права, в т.ч. при частичном использовании, принадлежат автору. Любое использование, выходящее за рамки Закона об авторском праве, недопустимо без письменного разрешения автора и преследуется по закону. В частности это относится к тиражированию, переводу, созданию микрофильмов, а также сохранению и обработке в электронных системах.

© MWM GmbH Мангейм 2012 г.

Передача товарных знаков, общеупотребительных названий, торговых названий, наименований товаров и т.д. в данном руководстве (в т.ч. без специального обозначения) не дает права считать данные наименования свободными в контексте законодательства о защите товарных знаков и использовать их в произвольном порядке.

Если в данном руководстве приводятся прямые или косвенные цитаты из законов, предписаний или нормативов (например, DIN, VDI, VDE и т.д.), авторы руководства и компания MWM не несут ответственности за правильность, точность или актуальность этой информации. Для работы рекомендуется приобрести полный текст предписаний или нормативов в действующей редакции.

Приведенные в данном руководстве рисунки, чертежи, эскизы и схемы соединений представляют собой общую информацию для проектирования. Для конкретных проектов обязывающую силу имеет соответствующая проектная документация.

Чертежи в данном руководстве не подлежат регулярному внесению изменений. Они будут обновлены только в следующей редакции руководства.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее руководство предназначено для лиц, знакомых с эксплуатацией установки MWM, и не является руководством по эксплуатации для конечного заказчика. В связи с этим руководство не содержит информацию пользователя согласно DIN 8418. Однако оно выполняет аналогичные функции, т.к. соблюдение приведенных здесь указаний способствует нормальной работе установки и защищает конечного пользователя от опасности, возможной при эксплуатации установки.

Эксплуатационная безопасность и длительный срок службы обеспечиваются только при условии надлежащего монтажа установки. При этом также возможно более простое и быстрое проведение работ по техобслуживанию. Данное руководство содержит информацию о правильном монтаже установки и всех предельных значениях, подлежащих соблюдению.

Учитывая большое количество возможных вариантов монтажа, здесь можно дать только общие инструкции. Для оптимального монтажа агрегатов требуются опыт и специальные знания. Приведенные здесь стандарты, нормативы и предписания могут быть указаны не полностью. В каждом конкретном случае необходимо проверить и учитывать местные предписания.

На этапе проектирования рекомендуется консультироваться с MWM или авторизованным торговым партнером.

Компания MWM не принимает притязания на предоставление гарантии и не несет ответственности за убытки, возникшие в результате несоблюдения указаний данного руководства.

Мы с удовольствием принимаем критику и конструктивные предложения по улучшению или дополнению данного руководства.

MWM GmbH
VD-S, июнь 2012 г.

Содержание

Раздел	Заголовок
1	Монтаж установок с дизельными и газовыми двигателями
2	Мощность агрегата
3	Агрегат блочной ТЭЦ
4	Требования по установке агрегата
5	Вентиляция машинного помещения
6	Системы охлаждения двигателей
7	Топливная система
8	Смазочная система
9	Система воздуха для горения топлива
10	Выхлопная система
11	Пневматическая система
12	Контрольно-измерительные приборы и ограничители
13	Пустой раздел
14	Электрические распределительные системы
15	Островной режим с газовыми двигателями
16	Ступени нагрузки
17	Кабельная разводка
18	Транспортировка и размещение агрегатов
19	Указания по размещению и монтажу агрегатов
20	Прокладка трубопроводов
21	Безопасность труда, предотвращение несчастных случаев, защита окружающей среды

Монтаж энергетических установок

Раздел 1

Монтаж установок с дизельными и газовыми двигателями для объединения выработки тепловой и электрической энергии на блочных теплоэлектроцентралях

июнь 2012 г.

Содержание

1.	Монтаж установок с дизельными и газовыми двигателями для объединения выработки тепловой и электрической энергии на блочных теплоэлектроцентралях (блочные ТЭЦ)	3
1.1	Виды эксплуатации	3
1.1.1	Эксплуатация для производства тепла	3
1.1.2	Эксплуатация для производства электричества	4
1.1.2.1	Параллельно-сетевой режим	4
1.1.2.2	Островной режим	4
1.1.2.2.1	Режим резервного электроснабжения.....	4
1.1.2.2.2	Запуск из полностью обесточенного состояния (серый пуск)	5
1.1.3	Эксплуатация согласно количеству газообразного топлива	5
1.1.4	Двухгазовый режим	5

1. Монтаж установок с дизельными и газовыми двигателями для объединения выработки тепловой и электрической энергии на блочных теплоэлектроцентралях (блочные ТЭЦ)

Агрегат с дизельным или газовым двигателем состоит из двигателя внутреннего сгорания, генератора, муфты сцепления, опорной рамы и опоры. Двигатель и генератор жестко закрепляются на опорной раме. Этот блок рассматривается как агрегат блочной ТЭЦ и служит для выработки электричества и тепла.

Модуль блочной ТЭЦ состоит из агрегата блочной ТЭЦ и следующих компонентов:

- Теплообменник охлаждающей воды
- Теплообменник отработавших газов
- Глушитель шума отработавших газов
- Система очистки отработавших газов
- Топливный бак или система газоснабжения
- Подача смазочного масла
- Система контроля агрегата

Блочная теплоэлектроцентраль состоит из одного или нескольких модулей блочной ТЭЦ, распределительной системы с элементами управления, приточной системы вентиляции и вытяжной системы вентиляции.

Основные положения, требования, перечень компонентов, указания по исполнению и техобслуживанию агрегатов для производства энергии приводятся в стандарте DIN 6280-14 (см. рис. 1.1).

Внимание!

Запрещается вносить какие-либо изменения и встраивать постороннее оборудование в поставляемые агрегаты, компоненты и распределительные шкафы.

Для обеспечения электромагнитной совместимости необходимо для подключения компонентов установки (например, преобразователей частоты) использовать только экранированные кабели в соответствии с указаниями производителя. См. также разделы 14 и 17.

1.1 Виды эксплуатации

Установку можно использовать преимущественно для производства электричества или тепла.

1.1.1 Эксплуатация для производства тепла

При эксплуатации для производства тепла задающим параметром отдачи мощности блочной ТЭЦ является потребление тепла. Для удовлетворения текущей потребности в тепле блочная ТЭЦ может получать поддержку от других производителей тепла.

1.1.2 Эксплуатация для производства электричества

При эксплуатации для производства электричества задающим параметром отдачи мощности блочной ТЭЦ является потребление электричества.

1.1.2.1 Параллельно-сетевой режим

В параллельно-сетевом режиме блочная ТЭЦ снабжает потребителей, например, до достижения максимальной электрической мощности согласно номинальной мощности двигателя. Дополнительные потребности покрываются через сеть электроснабжения. В периоды высокого тарифа агрегаты могут обслуживать пики нагрузки.

В случае сбоя сети блочная ТЭЦ может работать в островном режиме.

1.1.2.2 Островной режим

В островном режиме блочная ТЭЦ автономно предоставляет потребителям требуемую мощность.

Агрегаты должны в любом рабочем состоянии удовлетворять потребности подключенных потребителей. Это относится к подключению и сбросу нагрузки.

Распределительная система отвечает за управление нагрузками, чтобы не допустить перегрузки агрегатов. Пики нагрузки не должны превышать максимальные допустимые ступени нагрузки, отдельно заданные для каждого типа агрегата (см. раздел «Подключения нагрузки для газовых двигателей»). Это относится к подключению и сбросу нагрузки. При этом следует учитывать мощность включения, а не номинальную мощность потребителей (описание см. в разделе 15 «Островной режим» и разделе 16 «Подключения нагрузки»).

1.1.2.2.1 Режим резервного электроснабжения

При условии принятия соответствующих дополнительных мер блочную ТЭЦ также можно использовать для резервного электроснабжения в случае сбоя сети согласно:

DIN VDE 0100-710 и DIN VDE 0100-560

DIN EN 50172 и DIN VDE 0100-718

Режим резервного электроснабжения необходимо согласовать в каждом конкретном случае, для него требуется разрешение. Согласно перечисленным выше стандартам не все агрегаты пригодны для резервного электроснабжения. Необходимо учитывать ступени нагрузки для отдельных двигателей.

Тепловая энергия, производимая одновременно с резервным электроснабжением, должна использоваться в максимальном объеме (например, использование тепла или производство холода), для чего следует при необходимости применять аккумуляторы тепла. При резервном электроснабжении необходимо обеспечить отвод тепла, например, с помощью аккумуляторов и/или устройства аварийного охлаждения.

1.1.2.2 Запуск из полностью обесточенного состояния (серый пуск)

Запуск из полностью обесточенного состояния является аварийной функцией газовых агрегатов и применяется только в экстренных случаях. Запуск газового агрегата осуществляется без вспомогательных приводов для предварительной смазки и насосов охлаждающей воды. Газовый агрегат запускается напрямую после замыкания соответствующего контакта в системе управления ТЕМ. Насосы охлаждающей воды включаются непосредственно после включения вспомогательных приводов. Кроме того, не выполняется предварительный контроль герметичности на участке регулирования газа.

Двигатели модельного ряда TCG 2016 и TCG 2020 пригодны для запуска из полностью обесточенного состояния, двигатели модельного ряда TCG 2032 - не пригодны (см. также раздел 15.7).

1.1.3 Эксплуатация согласно количеству газообразного топлива

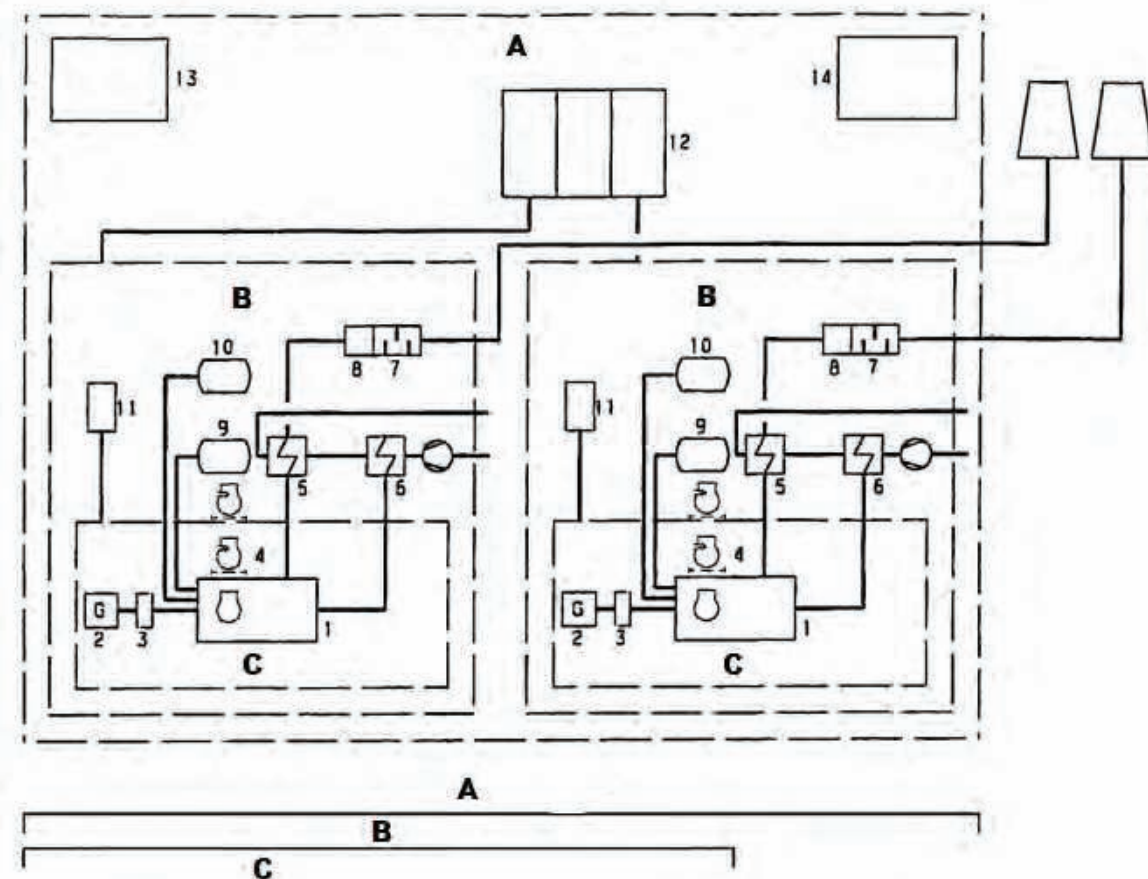
В этом режиме задающим параметром является имеющееся количество газообразного топлива (например, биогаз, очистной или свалочный газ). В зависимости от количества газа в установках с несколькими двигателями выполняется включение или выключение агрегатов. В установках с одним агрегатом его мощность регулируется в соответствии с количеством газа.

1.1.4 Двухгазовый режим

В особых случаях газовые агрегаты оснащаются для работы с двумя видами газа. Например, если в качестве газообразного топлива подаются природный и очистной газы, при недостаточном количестве очистного газа возможно переключение агрегата на природный газ. Переключение выполняется в выключенном состоянии агрегата.

Рис. 1.1

Определение и разграничение компонентов блочной ТЭЦ согласно DIN 6280-14



A	Блочная теплоэлектроцентраль (блочная ТЭЦ)	
B	Модуль блочной ТЭЦ	
C	Агрегат блочной ТЭЦ	
1	Поршень, двигатель внутреннего сгорания	8 Система очистки отработавших газов
2	генератор	9 Топливный бак или система газоснабжения
3	Муфта сцепления и опора	10 Подача смазочного масла
4	Фильтры воздуха для горения топлива (могут располагаться отдельно от двигателя)	11 Система контроля агрегата
5	Теплообменник отработавших газов	12 Распределительная система и элементы управления
6	Теплообменник охлаждающей воды	13 Приточная система вентиляции
7	Глушитель шума отработавших газов	14 Вытяжная система вентиляции

Монтаж энергетических установок

Раздел 2

Мощность агрегата

июнь 2012 г.

Содержание

2.	Мощность агрегата.....	3
2.1	Потребление тепла	3
2.2	Потребление электричества	3
2.3	Количество топлива	3
2.3.1	Газ.....	3
2.3.2	Жидкое топливо.....	4
2.4	Параметры мощности, указываемые на заводских табличках	4
2.4.1	Заводская табличка двигателя	4
2.4.1.1	Дизельные двигатели	4
2.4.1.2	Газовые двигатели	4
2.4.2	Заводская табличка генератора	5
2.4.3	Заводская табличка агрегата	5

2. Мощность агрегата

Для расчета размера агрегата следует определить потребление электричества и тепла на основе годовых показателей.

2.1 Потребление тепла

На основе кривой потребления тепла можно определить размер и количество агрегатов для работы в режиме производства тепла. При эксплуатации для производства тепла необходимо обязательно учитывать производство и потребление электричества, т.к. вследствие выбранного режима работы может произойти обратная подача электричества и/или получение электричества от сети.

2.2 Потребление электричества

Главным фактором для расчета согласно потреблению электричества в параллельно-сетевом режиме является кривая потребления электричества. При этом следует также проверить необходимость распределения общей мощности на несколько агрегатов. Для работы в режиме резервного электроснабжения следует наряду с потреблением электричества в параллельно-сетевом режиме также учитывать мощность резервного электроснабжения. Необходимо определить «важные» и «менее важные» потребители и допустимое время перерыва снабжения.

Не все потребители включены одновременно или одновременно достигают свой максимальный уровень потребления электричества (коэффициент одновременности).

Некоторые потребители получают эффективную мощность, а некоторые - полную мощность (коэффициент мощности, косинус фи). Необходимо также учитывать особых потребителей, например, с пиками нагрузки или с предельно высокими требованиями к постоянству напряжения и частоты.

В особых климатических условиях (большая высота, высокая температура и влажность воздуха) двигатель и генератор не способны работать с номинальной мощностью (снижение мощности согласно ISO 8528-1, DIN VDE 0530 или DIN EN 60034).

2.3 Количество топлива

2.3.1 Газ

Мощность и количество агрегатов определяются в соответствии с количеством имеющегося газа. При этом разрешается эксплуатация агрегатов в диапазоне мощности 50 - 100%. В режиме длительной эксплуатации мощность должна превышать 70%.

2.3.2 Жидкое топливо

В зависимости от мощности и количества агрегатов создаются запасы жидкого топлива.

2.4 Параметры мощности, указываемые на заводских табличках

В генераторном агрегате двигатель, генератор и агрегат имеют отдельные заводские таблички.

2.4.1 Заводская табличка двигателя

2.4.1.1 Дизельные двигатели

На заводской табличке двигателя указываются значения отдаваемой механической мощности согласно 3046-7. Мощность указывается в кВт (киловатт).

На заводской табличке могут быть указаны, например, значения мощности с обозначениями SCXN и SFN.

Их значение:

S	рабочая мощность
C	мощность при длительной эксплуатации
X	перегрузка 10% за 1 час в течение 12 часов
N	полезная мощность
F	заблокированная мощность

2.4.1.2 Газовые двигатели

Для газовых двигателей всегда указывается мощность SCN (мощность при длительной эксплуатации без перегрузки) согласно DIN 3046-7. На испытательном стенде газовые двигатели проверяются на основе природного газа. Если предусматривается эксплуатация двигателей с другими видами газа, на заводской табличке дополнительно указывается мощность для этих видов газа. Вид газа указывается в виде дополнения к обозначению мощности.

На заводской табличке могут быть указаны, например, следующие значения мощности:

SCN n:	мощность при длительной эксплуатации на основе природного газа; n = природный газ (natural gas); эта мощность проверяется на испытательном стенде
SCN b:	мощность при длительной эксплуатации на основе биогаза; b = биогаз (biogas)

Возможные дополнения:

m	рудничный газ (mine gas)
s	очистной газ (sewage gas)
l	свалочный газ (landfill gas)

2.4.2 Заводская табличка генератора

На заводской табличке генератора указывается типовая кажущаяся мощность согласно IEC 60034 и коэффициент мощности ($\cos \Phi$) генератора. Значения указываются в кВА (киловольт-ампер), коэффициент мощности является безразмерной величиной.

2.4.3 Заводская табличка агрегата

На заводской табличке агрегата указывается номинальная электрическая мощность агрегата. Обозначение вида мощности соответствует DIN 8528-1. Мощность указывается в кВтэл (киловатты электрические). Обозначения мощности:

- SOP мощность агрегата при длительной эксплуатации
- PRP переменная мощность агрегата при длительной эксплуатации
- LTP ограниченная по времени мощность агрегата

Агрегаты с газовыми двигателями предназначены для длительной эксплуатации, поэтому на заводской табличке агрегата всегда указывается вид мощности SOP. Для дизельных агрегатов могут быть также указаны виды мощности PRP и LTP (в зависимости от способа применения).

Монтаж энергетических установок

Раздел 3

Агрегат блочной ТЭЦ

июнь 2012 г.

Содержание

3.	Агрегат блочной ТЭЦ.....	3
3.1	Конструкция агрегата	3
3.2	Агрегат.....	3
3.2.1	Контроль двигателя и кабельная разводка	3
3.2.2	Примеры агрегатов	14
3.3	Генераторы	19
3.3.1	Общие сведения.....	19
3.3.2	Регулирование напряжения генератора	20
3.3.2.1	Общий принцип работы регулятора напряжения.....	21
3.3.2.2	Настройка задатчика номинального значения	21
3.3.3	Защита генератора	21
3.3.3.1	Контрольные устройства для защиты генератора согласно ISO 8528 часть 4	21
3.3.4	Заземление	22

3. Агрегат блочной ТЭЦ

3.1 Конструкция агрегата

Агрегаты состоят из следующих основных компонентов:

- дизельный или газовый двигатель
- генератор
- крутильно-упругая муфта
- опорная рама
- эластичные опорные элементы

Двигатель и генератор соединены между собой посредством крутильно-упругой муфты и жестко закреплены на опорной раме. Опорная рама закреплена на фундаменте с помощью эластичных опорных элементов.

На агрегате установлены все эластичные разъемы для подключения топливных систем. Вспомогательные агрегаты для предварительной смазки и контроля уровня смазочного масла размещены на опорной раме.

Для каждого двигателя необходимо предусмотреть предварительный подогрев. В зависимости от конструкции установки устройство предварительного подогрева можно разместить на агрегате или внутри установки.

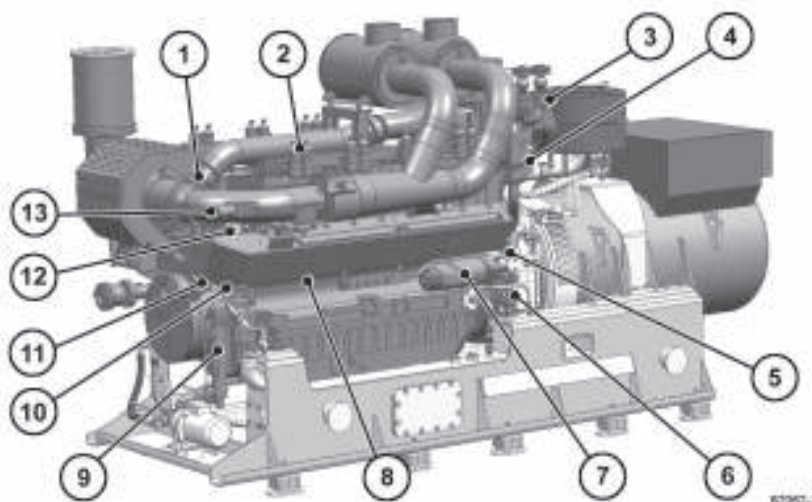
3.2 Агрегат

3.2.1 Контроль двигателя и кабельная разводка

Газовый двигатель оснащен датчиками для контроля и управления. Датчики соединены кабелями с многофункциональной шиной на уровне ряда цилиндров А и В. От каждой многофункциональной шины ведут общие кабели к системе управления ТЕМ (см. раздел 14.1). На двигателе все заземленные компоненты соединены с медной шиной. Эту шину необходимо соединить с заземлением распределительной системы. Обзор датчиков представлен на рисунках двигателей ниже.

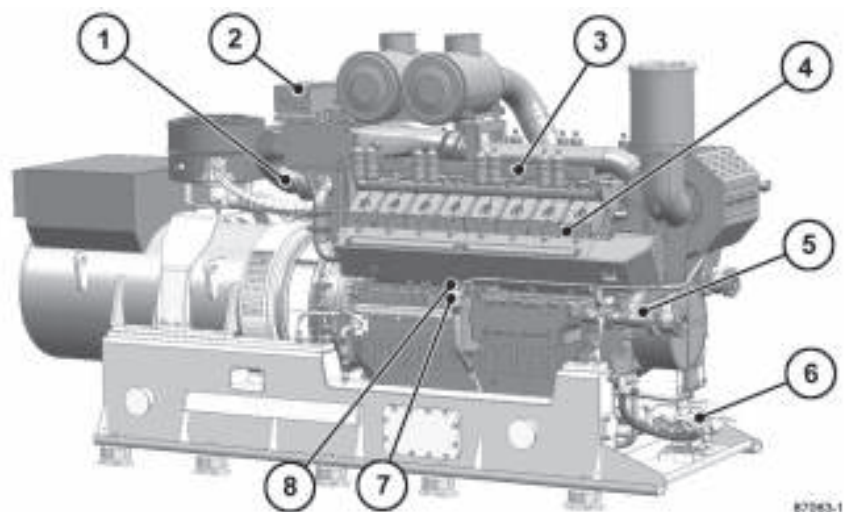
Дизельный двигатель также оснащен датчиками для контроля и управления. Эти датчики соединены кабелями с распределительной коробкой двигателя, установленной на агрегате.

Рис. 3.1а Двигатель TCG 2016 V08 C, V12 C и V16 C – размещение датчиков



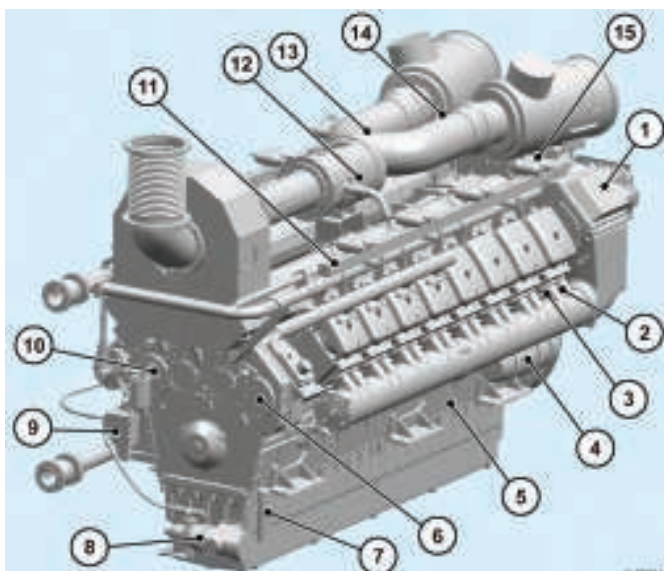
- 1 Датчик температуры смеси перед турбокомпрессором
- 2 Катушка зажигания
- 3 Датчик температуры охлаждающей жидкости (низкотемпературный контур, вход)
- 4 Исполнительное устройство
- 5 Реле стартера
- 6 Датчик маховика - размещение в зависимости от модели
- 7 Стартер
- 8 Датчик детонационного сгорания
Один датчик на два цилиндра
- 9 Датчик уровня смазочного масла
- 10 Датчик распределительного вала
- 11 Датчик температуры охлаждающей жидкости (выход двигателя)
- 12 Датчик давления картера
- 13 Шаговый двигатель газоздушного смесителя

Рис. 3.1b Двигатель TCG 2016 V08 C, V12 C и V16 C – размещение датчиков



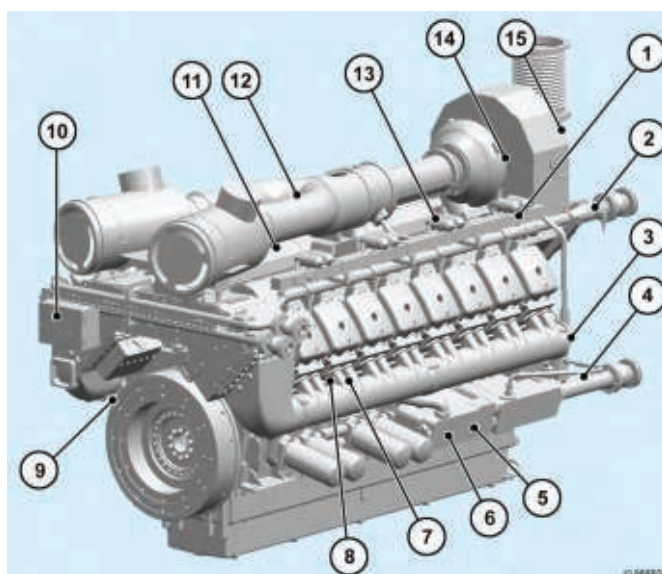
- 1 Датчик температуры заряда после охладителя смеси
- 2 Устройство управления зажиганием
- 3 Многофункциональная шина, ряд цилиндров В
- 4 Датчик температуры в камере сгорания
Один датчик на каждый цилиндр
- 5 Датчик температуры охлаждающей жидкости (высокотемпературный контур)
- 6 Насос предварительной смазки
- 7 Датчик температуры смазочного масла
- 8 Датчик давления смазочного масла

Рис. 3.2а Двигатель TCG 2020 V12(K) и V16(K) – размещение датчиков



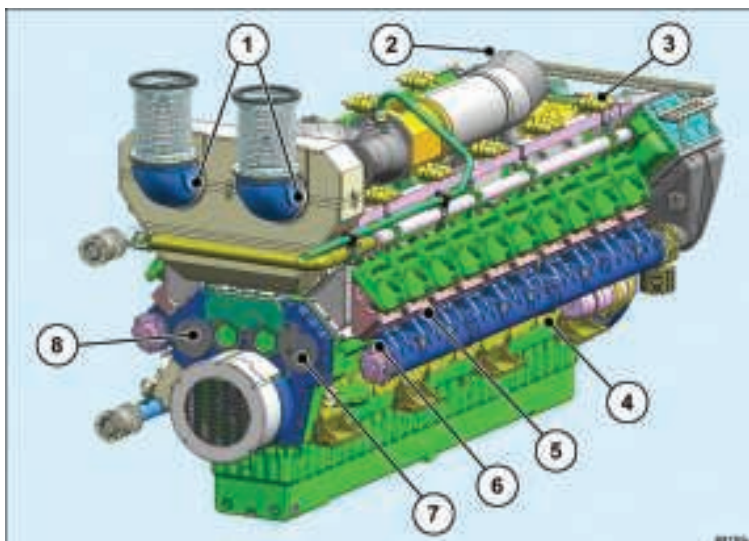
- | | |
|----|---|
| 1 | Датчик температуры охлаждающей жидкости перед охладителем смеси |
| 2 | Датчик детонационного сгорания
Один датчик на каждый цилиндр |
| 3 | Датчик температуры в камере сгорания
Один датчик на каждый цилиндр |
| 4 | Стартер |
| 5 | Реле стартера |
| 6 | Датчик давления картера |
| 7 | Датчик уровня смазочного масла |
| 8 | Насос предварительной смазки |
| 9 | Датчик давления смазочного масла |
| 10 | Датчик распределительного вала |
| 11 | Многофункциональная шина, ряд цилиндров А |
| 12 | Датчик приближения, газовоздушный смеситель |
| 13 | Датчик температуры всасываемого воздуха
Двигатель V16 |
| 14 | Датчик температуры всасываемого воздуха
Двигатель V12 |
| 15 | Катушка зажигания
Одна катушка зажигания на каждый цилиндр |

Рис. 3.2b Двигатель TCG 2020 V12 и V16 – размещение датчиков



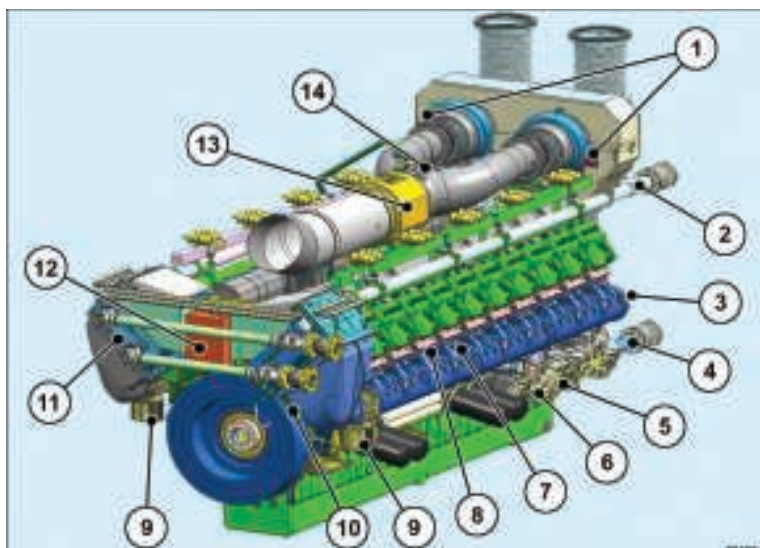
- 1 Многофункциональная шина, ряд цилиндров В
- 2 Датчик температуры охлаждающей жидкости (выход двигателя)
- 3 Датчик температуры смеси
- 4 Датчик температуры охлаждающей жидкости (вход двигателя)
- 5 Датчик температуры смазочного масла
- 6 Датчик давления смазочного масла
- 7 Датчик детонационного сгорания
Один датчик на каждый цилиндр
- 8 Датчик температуры в камере сгорания
Один датчик на каждый цилиндр
- 9 Датчик импульсов маховика
- 10 Устройство управления зажиганием
- 11 Исполнительное устройство
- 12 Шаговый двигатель: газовоздушный смеситель
- 13 Катушка зажигания
Одна катушка зажигания на каждый цилиндр
- 14 Датчик частоты вращения турбокомпрессора
- 15 Датчик температуры турбокомпрессора

Рис. 3.3а Двигатель TCG 2020 V20 – размещение датчиков



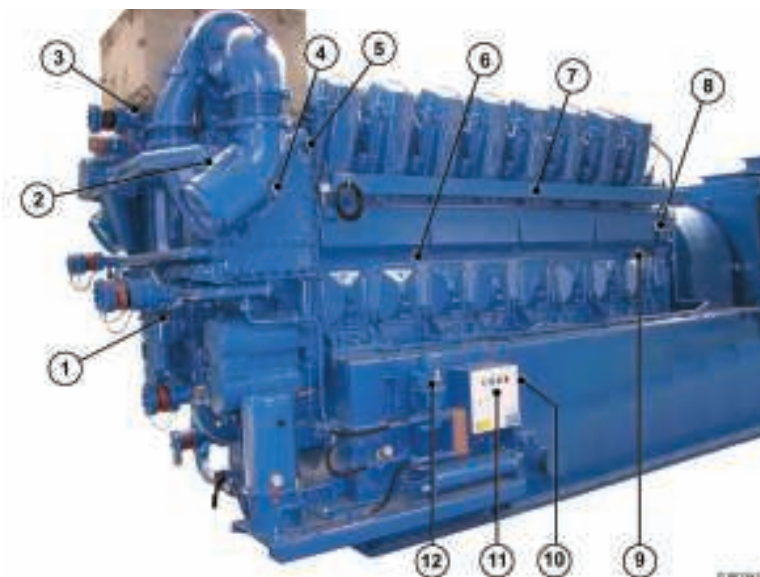
- 1 Датчик температуры турбокомпрессора
- 2 Датчик температуры всасываемого воздуха
- 3 Катушка зажигания
Одна катушка зажигания на каждый цилиндр
- 4 Реле стартера
- 5 Датчик температуры в камере сгорания
Один датчик на каждый цилиндр
- 6 Датчик детонационного сгорания
Один датчик на каждый цилиндр
- 7 Датчик давления картера
- 8 Датчик распределительного вала

Рис. 3.3b Двигатель TCG 2020 V20 – размещение датчиков



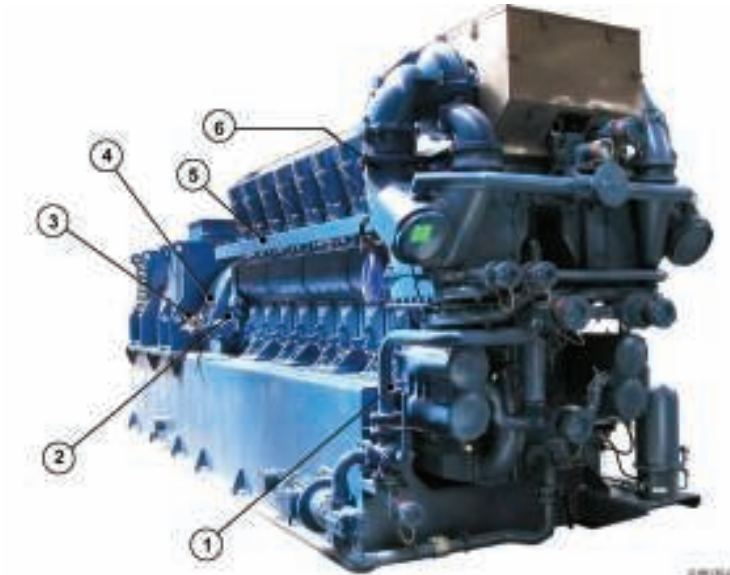
- 1 Датчик частоты вращения турбокомпрессора
- 2 Датчик температуры охлаждающей жидкости (выход двигателя)
- 3 Датчик температуры смеси
- 4 Датчик температуры охлаждающей жидкости (вход двигателя)
- 5 Датчик температуры смазочного масла
- 6 Датчик давления смазочного масла
- 7 Датчик детонационного сгорания
Один датчик на каждый цилиндр
- 8 Датчик температуры в камере сгорания
Один датчик на каждый цилиндр
- 9 Исполнительное устройство
- 10 Датчик импульсов маховика
- 11 Датчик температуры охлаждающей жидкости перед охладителем смеси
- 12 Устройство управления зажиганием
- 13 Датчик приближения, газоздушный смеситель
- 14 Шаговый двигатель газоздушного смесителя

Рис. 3.4а Двигатель TCG 2032 V12 и V16 – размещение датчиков



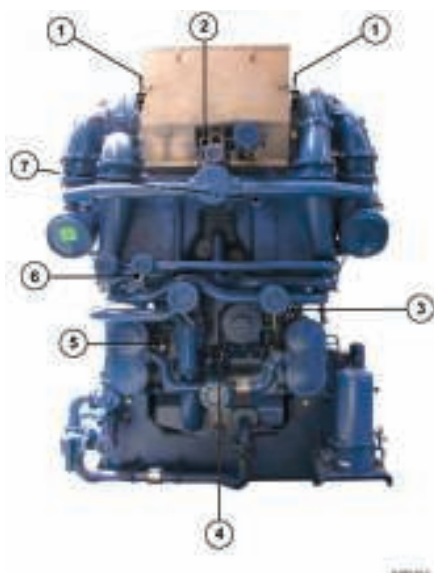
- 1 Датчик температуры охлаждающей жидкости (высокотемпературный контур, вход)
- 2 Датчик приближения, газоздушный смеситель
Один датчик на каждый газоздушный смеситель
- 3 Датчик температуры охлаждающей жидкости (высокотемпературный контур, выход)
- 4 Датчик температуры смеси
Один датчик на каждый газоздушный смеситель
- 5 Шаговый двигатель газоздушного смесителя
Один шаговый двигатель на каждый газоздушный смеситель
- 6 В зависимости от модели: датчик температуры коренного подшипника
- 7 Многофункциональная шина, ряд цилиндров А
- 8 Датчик распределительного вала
- 9 Датчик давления картера
- 10 Электрический насос агрегата для подогрева (охлаждающая жидкость)
- 11 Электрический подогреватель
для охлаждающей жидкости и смазочного масла
- 12 Электрический насос агрегата для подогрева (смазочное масло)

Рис. 3.4b Двигатель TCG 2032 V12 и V16 – размещение датчиков



- 1 Датчик температуры смазочного масла
- 2 Предохранитель запуска для валоповоротного устройства двигателя
- 3 Электромагнитный клапан для пневмостартера
- 4 Датчик маховика - размещение в зависимости от модели
- 5 Многофункциональная шина, ряд цилиндров В
- 6 Датчик температуры заряда
По одному датчику со стороны А и В
Двигатель V12: между цилиндрами А4 и А5, а также перед В6
Двигатель V16: между цилиндрами А6 и А7, а также перед В8

Рис. 3.4с Двигатель TCG 2032 V12 и V16 – размещение датчиков



- 1 Датчик частоты вращения турбокомпрессора
Один датчик на каждый турбокомпрессор
- 2 Исполнительное устройство
- 3 Датчик температуры охлаждающей жидкости (высокотемпературный контур, вход)
- 4 Датчик уровня смазочного масла
- 5 Датчик давления смазочного масла
(давление смазочного масла перед масляным фильтром)
- 6 Датчик температуры охлаждающей жидкости (низкотемпературный контур, вход)
- 7 Датчик давления заряда со стороны А, охладитель смеси - в зависимости от модели

Рис. 3.4d Двигатель TCG 2032 V12 и V16 – размещение датчиков



- 1 Датчик маховика - размещение в зависимости от модели
- 2 Датчик давления смазочного масла
(давление смазочного масла после фильтра)
- 3 Катушка зажигания
Одна катушка зажигания на каждый цилиндр
- 4 Устройство управления зажиганием
- 5 Датчик температуры в камере сгорания
Один датчик на каждый цилиндр
- 6 Датчик детонационного сгорания
Один датчик на каждый цилиндр
- 7 Датчик давления заряда
По одному датчику со стороны А и В

3.2.2 Примеры агрегатов

На рисунках 3.6 - 3.9 показаны агрегаты с газовыми двигателями модельного ряда 2016, 2020, 2032

Точные размеры агрегатов указаны на чертежах агрегатов в проектной документации.

Рис. 3.5 Двигатель TCG 2016 V16 C с генератором Marelli MJB 400 LC 4
Вес агрегата ок. 7140 кг

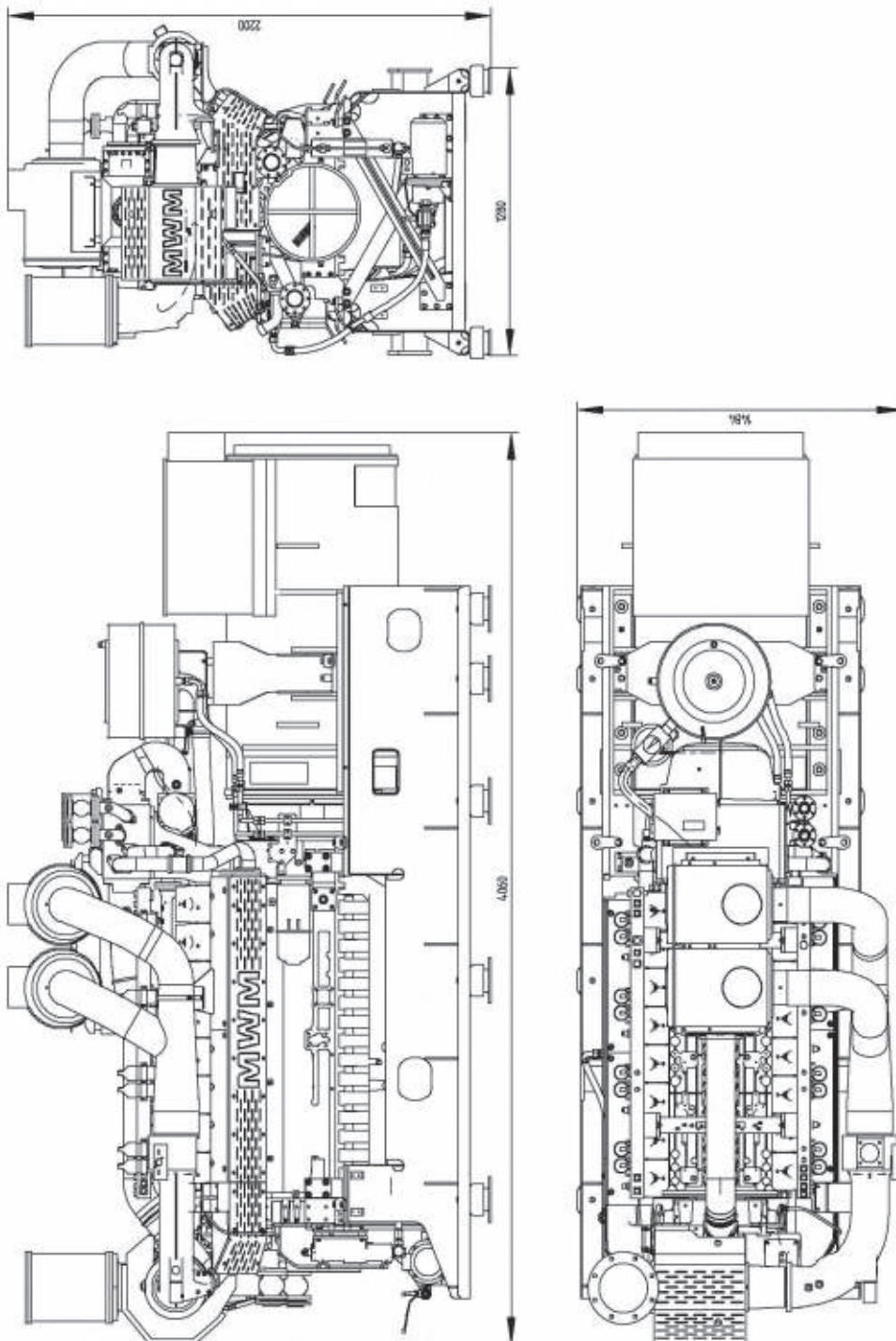


Рис. 3.6 Двигатель TCG 2020 V16 с генератором Marelli MJB 500 MC4
 Вес агрегата ок. 13900 кг

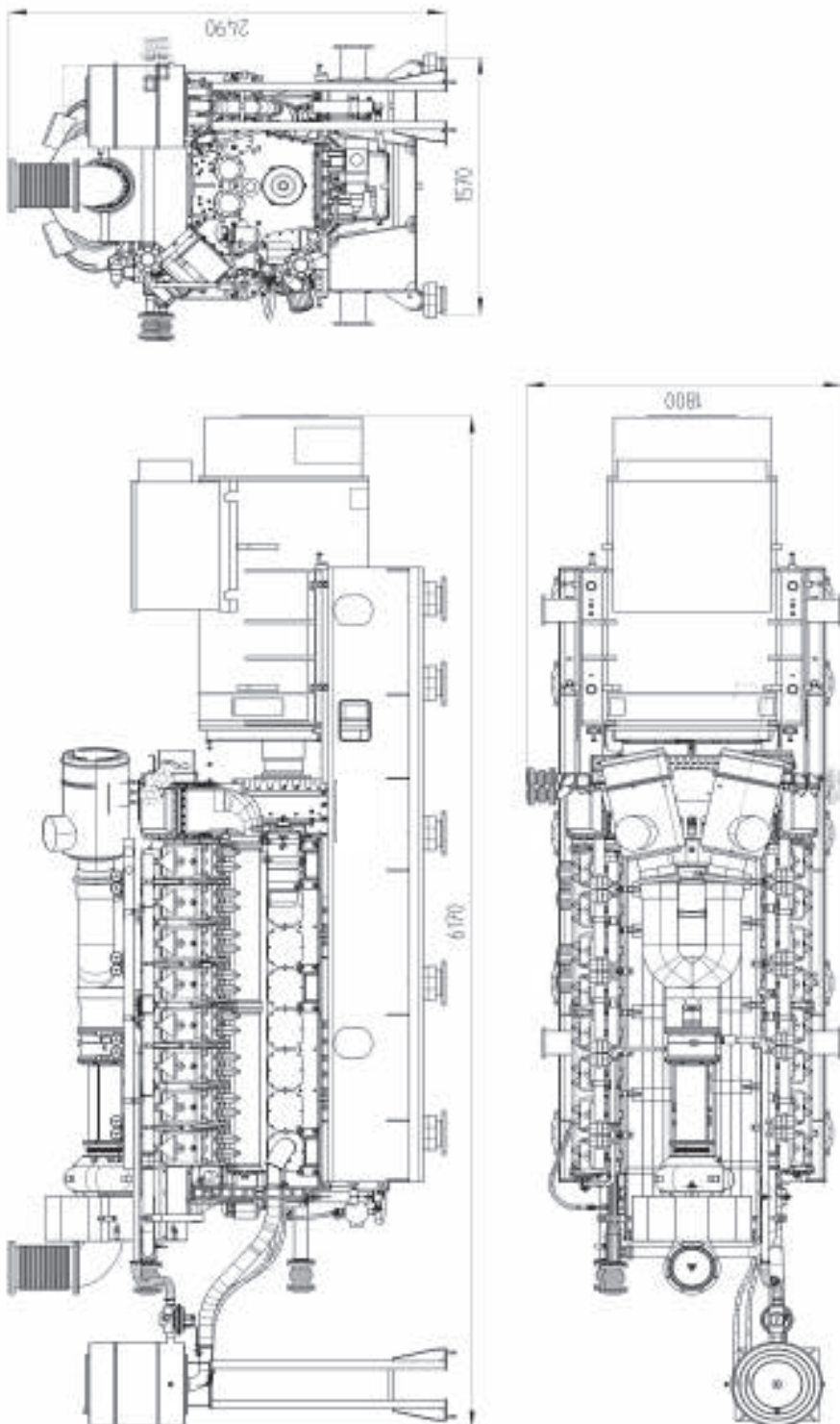


Рис. 3.7 Двигатель TCG 2020 V20 с генератором Marelli MJB 560 LA 4
 Вес агрегата ок. 19000 кг

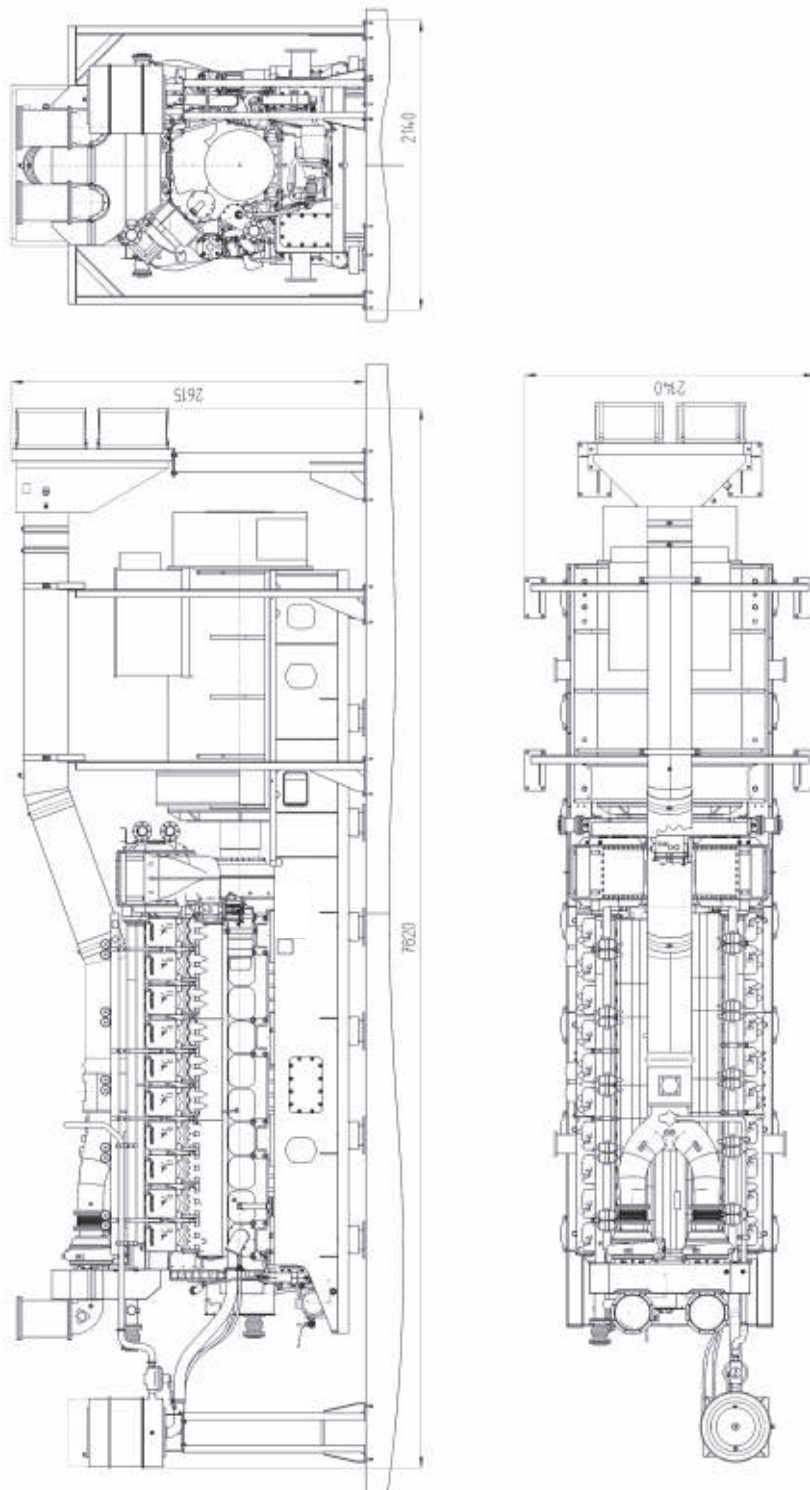
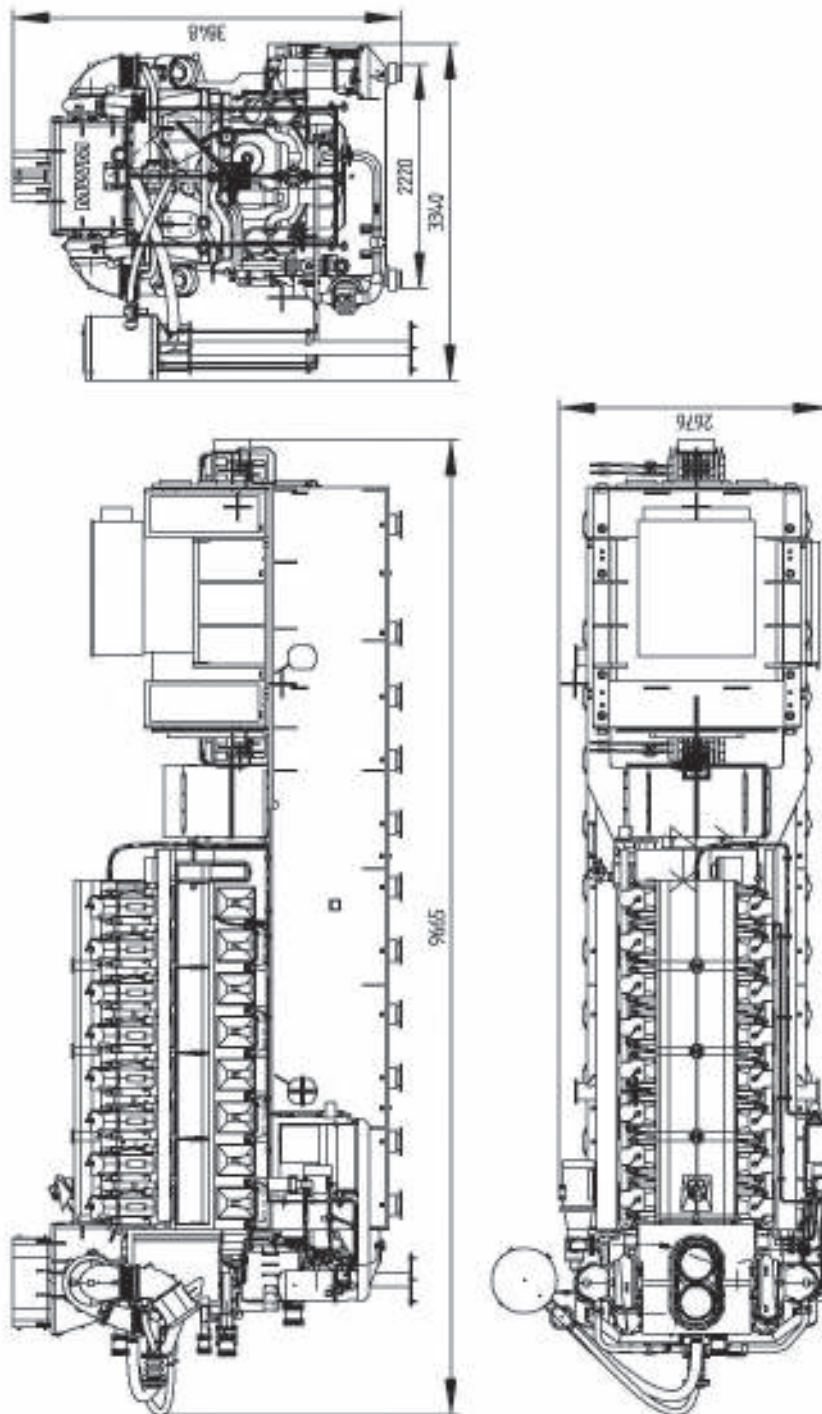


Рис. 3.8 Двигатель TCG 2032 V16 с генератором Marelli MJH 800 MC6
Вес агрегата ок. 53700 кг



3.3 Генераторы

3.3.1 Общие сведения

В стандартном исполнении применяются бесщеточные синхронные генераторы, которые в зависимости от условий эксплуатации пригодны для работы с параллельно-сетевым режимом и/или режимом резервного электроснабжения. В зависимости от мощности и параметров сети это генераторы низкого напряжения 400 - 690 В или генераторы среднего напряжения 3 - 15 кВ.

КПД генераторов составляет 95,0 - 97,8% в зависимости от размера и значения $\cos \phi$.

Например, генератор 494 кВА с $\cos \phi = 0,8$ имеет КПД 95,5%, а генератор среднего напряжения 5336 кВА с $\cos \phi = 0,8$ имеет КПД 97,2%. Если генератор работает с $\cos \phi = 1$, КПД повышается прилб. на 1-1,5%.

В соответствии с DIN VDE 0530 и DIN EN 60034 генераторы рассчитаны на эксплуатацию при температуре окружающей среды 40°C на высоте 1000 м над уровнем моря. При более высокой температуре окружающей среды или при размещении на большей высоте необходимо учитывать уменьшение мощности согласно указаниям производителя.

В стандартном исполнении генераторы могут работать с коэффициентом мощности 0,8 - 1 (индуктивный диапазон). Таким образом в параллельно-сетевом режиме можно улучшить значение $\cos \phi$ для передачи в сеть, если генераторы используются в качестве фазокомпенсаторов.

Для работы в емкостном диапазоне необходимо согласовать генератор соответствующим образом! В зависимости от страны эксплуатации имеются различные предписания по статической и динамической поддержке сети, которые необходимо учитывать при расчете агрегатов с газовыми двигателями.

В режиме резервного электроснабжения необходимо учитывать максимальную допустимую несимметричную нагрузку генератора (в зависимости от мощности генератора и производителя она составляет ок. 30% между максимальным и минимальным значением фазного тока).

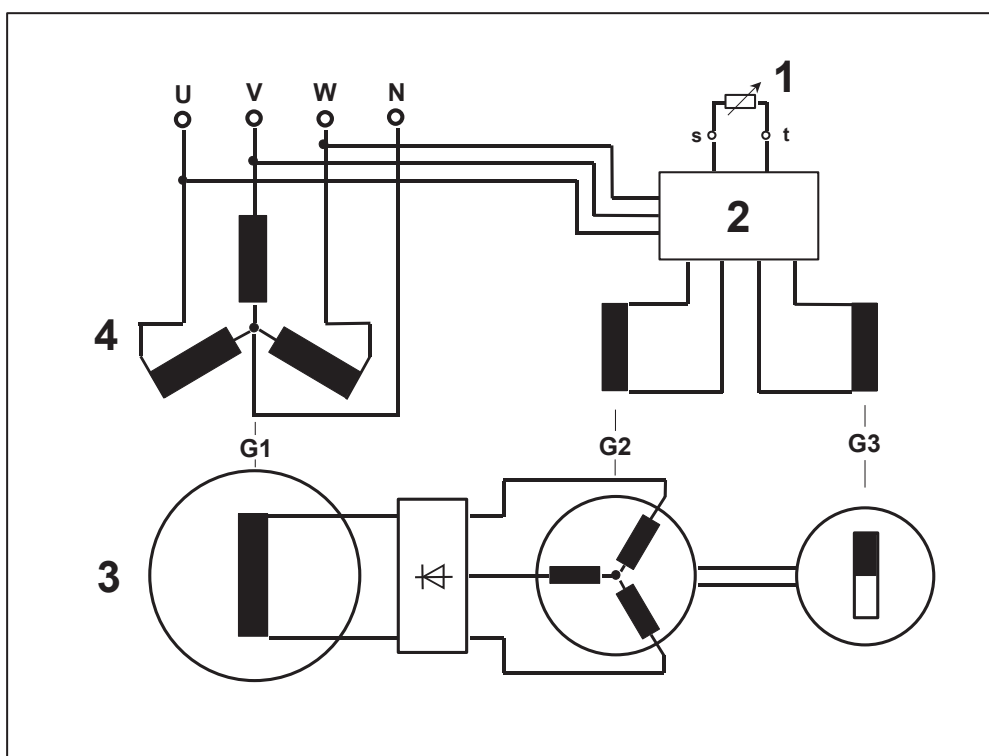
Рис. 3.9 Генератор



3.3.2 Регулирование напряжения генератора

Регулятор напряжения служит для поддержания постоянного напряжения генератора. Регулятор напряжения, как правило, встроен в соединительную коробку генератора или в распределительную систему. Схема регулирования показана на рис. 3.10.

Рис. 3.10 Регулирование напряжения генератора



- | | |
|----|---------------------------------|
| 1 | Задатчик номинального значения |
| 2 | Регулятор напряжения |
| 3 | Ротор |
| 4 | Статор |
| G1 | Главная машина трехфазного тока |
| G2 | Возбудитель трехфазного тока |
| G3 | Вспомогательный возбудитель |

3.3.2.1 Общий принцип работы регулятора напряжения

Вспомогательный возбудитель G3 через исполнительный элемент регулятора напряжения подает напряжение на обмотку возбуждения бесщеточного возбудителя G2. Созданное в трехфазной обмотке ротора напряжение выпрямляется в трехфазной мостовой схеме, состоящей из кремниевых диодов, и в виде постоянного тока подается на индуктор генератора G1. Стабилизация напряжения главного генератора при переменной нагрузке выполняется путем изменения тока возбуждения.

3.3.2.2 Настройка задатчика номинального значения

Регулятор напряжения получает номинальное значение напряжения от задатчика номинального значения и фактическое значения напряжения на клеммах генератора от клемм статора U, V, W. Напряжение на клеммах генератора регулируется путем изменения тока возбуждения. Разность между номинальным и фактическим значением напряжения определяет изменение тока возбуждения. На объекте следует отрегулировать задатчик номинального значения согласно имеющемуся уровню напряжения. В зависимости от модели генератора диапазон настройки задатчика номинального значения составляет 5 - 10% от номинального напряжения генератора.

3.3.3 Защита генератора

Для защиты генераторов необходимо использовать контрольные устройства согласно ISO 8528. Эти контрольные устройства не входят в комплект системы TEM.

3.3.3.1 Контрольные устройства для защиты генератора согласно ISO 8528 часть 4

Ниже перечислены контрольные устройства для защиты генератора, которые обязательно должны быть установлены в распределительной системе:

- защита от короткого замыкания
- защита от перегрузки

Настоятельно рекомендуются следующие защитные устройства:

- защита от тока перегрузки с задержкой
- защита от тока перегрузки в зависимости от напряжения
- защита от тока перегрузки в зависимости от направления
- защита от обратной мощности
- развязка от сети
- ограничение реактивного тока
- защита от дифференциального тока

Также рекомендуются следующие защитные устройства:

- защита системы от замыкания на землю
- защита статора от замыкания на землю
- защита от несимметричной нагрузки

3.3.4 Заземление

Генератор соединен с опорной рамой посредством заземляющей ленты. Вывод заземления агрегата необходимо подключить к системе заземления блочной ТЭЦ.

Для обеспечения надлежащего заземления агрегата необходимо соблюдать предписания местной организации по энергоснабжению или указания по технике безопасности.

Монтаж энергетических установок

Раздел 4

Требования по установке агрегата

июнь 2012 г.

Содержание

4.	Требования по установке агрегата	3
4.1	Агрегатное помещение	3
4.1.1	Место размещения	3
4.1.2	Требования, предъявляемые к агрегатному помещению	3
4.2	Фундамент и гашение колебаний	5
4.2.1	Фундаментный блок	5
4.2.2	Упругие опоры	6
4.2.3	Оценка колебаний	7
4.2.4	Каналы для прокладки кабелей и трубопроводов	7
4.3	Шумы	7
4.3.1	Акустические зависимости	8
4.3.2	Возможности уменьшения шумов	10

4. Требования по установке агрегата

4.1 Агрегатное помещение

Наряду с тщательным подбором и расчетом мощности агрегата необходимо выполнить ряд условий на объекте, чтобы обеспечить безопасную и бесперебойную эксплуатацию агрегата с малыми затратами на техобслуживание.

Необходимо уже на этапе проектирования строительных объектов с энергетическими агрегатами выяснить все основные вопросы, связанные с размещением и установкой агрегата. Какие-либо изменения в дальнейшем и специальные решения, как правило, требуют высоких затрат и не приносят желаемого результата. Необходимо с самого начала предусмотреть возможности расширения в будущем.

4.1.1 Место размещения

Проектирование начинается с выбора места для установки агрегата. Чтобы свести к минимуму потери при передаче энергии к потребителю, рекомендуется размещать агрегат вблизи потребителя. Однако зачастую требования, предъявляемые к уровню шумов и колебаний, приводят к тому, что агрегаты устанавливаются вдали от жилых зданий.

При наличии отдельного здания для производства энергии, как правило, легче решаются вопросы вентиляции помещения, изоляции колебаний, подачи и хранения топлива, монтажа оборудования и доступности для персонала.

Агрегатные помещения в крупных зданиях (универмаги, больницы, административные здания и т.д.) должны по возможности примыкать к наружной стене, т.к. при этом обеспечивается удобный подвод и отвод воздуха для охлаждения и проветривания помещения. Агрегатное помещение может располагаться на первом этаже, в подвале или на более высоких этажах здания (для небольших агрегатов).

При выборе строительных материалов необходимо учитывать требования по звукоизоляции и гашению колебаний.

4.1.2 Требования, предъявляемые к агрегатному помещению

Агрегатное помещение должно иметь достаточные размеры. Слишком маленькие помещения затрудняют эксплуатацию, техобслуживание и проветривание.

Вокруг агрегата необходимо обеспечить свободное пространство шириной 1 м для TCG/TCD 2016 и 2020 или 2 м для более крупных двигателей. При этом стартерные батареи должны располагаться как можно ближе к электростартеру. Для TCG 2032 необходимо обеспечить свободное пространство 2 x 5

м (зона предварительного монтажа блоков цилиндров) с фундаментом достаточной грузоподъемности и доступом для подъемного крана. В идеальном случае эта зона располагается рядом с двигателем, чтобы использовать одинаковый подъемный кран для предварительного монтажа блоков цилиндра и установки готового двигателя. Кроме того, размер помещения зависит от наличия прочего оборудования: теплового агрегата, распределительной системы, участка регулирования газа, топливного бака, масляного бака, батареи, трубопровода отработавших газов и амортизаторов. Амортизаторы для подачи и вытяжки воздуха также требуют значительного пространства. Необходимо предусмотреть отверстия соответствующих размеров для монтажа агрегата, а также для приточно-вытяжной вентиляции установки (см. раздел 5 «Вентиляция машинного помещения»).

В каждом агрегатном помещении должно постоянно находиться грузоподъемное устройство (подъемный кран), грузоподъемность которого должна соответствовать весу самого тяжелого компонента из находящихся в помещении. Необходимо гарантировать возможность подъема отдельных компонентов двигателя (поршни, шатуны, головки цилиндров и пр.) или двигателя полностью. Это позволяет более быстро и удобно проводить монтаж и дальнейшие работы по техобслуживанию.

Агрегатное помещение должно иметь достаточную высоту для того, чтобы можно было с помощью подъемного устройства извлекать поршни и шатуны. Длина и ширина помещения должны гарантировать беспрепятственную работу со всех сторон агрегата и предусматривать свободное пространство для размещения отдельных компонентов агрегата и запчастей.

Наряду с проектированием агрегатного помещения необходимо определить упругость и форму фундамента и способ прокладки трубопроводов и кабелей. Также следует заранее предусмотреть особые меры по обеспечению звукоизоляции и гашения колебаний с целью снижения корпусных шумов.

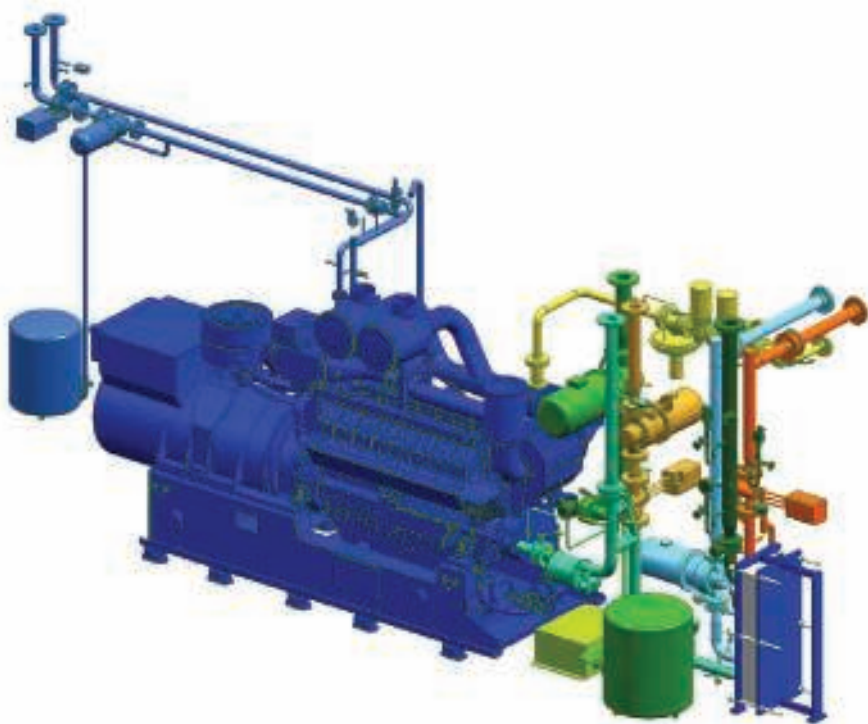
Для агрегатов небольшой мощности возможно размещение агрегата и распределительной системы в одном помещении; для крупных установок рекомендуется размещать распределительную систему в отдельном изолированном помещении (пост управления).

При проектировании агрегатного помещения также следует учитывать путь транспортировки, чтобы при необходимости демонтировать и повторно установить двигатель или генератор (нагрузка на пол и наличие свободного пространства).

Рекомендуемый и проверенный на практике пример размещения агрегата показан на рис. 4.1.

Если доступ к агрегату и его компонентам сильно ограничен (например, вследствие малых размеров машинного помещения), при проведении работ по гарантии производителя может потребоваться возмещение дополнительных расходов по причине труднодоступности оборудования.

Рис. 4.1 Пример размещения TCG 2016 V16 C



Всем заинтересованным лицам производитель готов предоставить дополнительную документацию о стандартных способах размещения агрегатов перед началом детального проектирования. В крупных проектах следует представить строительные чертежи или их эскизы.

4.2 **Фундамент и гашение колебаний**

В агрегатах с поршневыми двигателями не во всех случаях возможна полная компенсация сил и моментов инерции. Упругие опоры позволяют значительно сократить передачу возникающих колебаний и шумов на фундамент, поэтому при установке агрегатов всегда следует предусмотреть упругую опору между опорной рамой и фундаментным блоком.

4.2.1 **Фундаментный блок**

Возведение фундамента проводится с особой тщательностью, для этого рекомендуется привлечь специалиста по исследованию грунта. Расходы на эту процедуру несравнимы с расходами на принятие дополнительных мер, которые могут потребоваться, например, в случае передачи колебаний на соседние здания.

Под фундаментным блоком и вблизи его должны отсутствовать водоносные жилы, т.к. они способны передавать колебания на очень дальние расстояния. Грунт с высоким уровнем грунтовых вод также

способен сильнее передавать колебания, чем сухой грунт. В зависимости от местных условий необходимо установить фундаментный блок на опорную плиту или свайный ростверк.

Ответственность за изготовление и возведение фундамента всегда несет строительная организация или архитектор. Они должны провести оценку несущей способности грунта и определить прочность фундаментного блока путем выбора требуемой бетонной смеси и железной арматуры в соответствии с условиями на объекте.

Для проведения расчетов заказчику могут быть предоставлены данные о нагрузках агрегата на фундамент и данные о частоте собственных колебаний упругих опор.

Фундаментный блок не должен соприкасаться с фундаментными стенами здания или полом. Зазор между фундаментным блоком и полом можно заполнить эластичным материалом. Для установки упругих опор необходимо выровнять поверхность фундамента по горизонтали и обработать поверхность крупным скребком без затирки. Максимальный допуск на гладкость поверхности фундамента составляет ± 2 мм. Установка агрегата на керамическую плитку, бесшовный пол и т.п. не допускается.

4.2.2 Упругие опоры

Для обеспечения максимально возможной изоляции колебаний и корпусного шума агрегата относительно фундамента используются стальные пружинные опорные элементы. Благодаря этим опорным элементам уменьшается передача динамических сил на фундамент. Изоляция низких частот в зданиях имеет очень важное значение. Для этого также используются мягкие стальные пружины. Изоляция корпусного шума обеспечивается за счет отражения на основании опоры вследствие разделения стали и резины.

Расчет упругих опор проводится для каждого конкретного случая. Частота собственных колебаний агрегата и упругой опоры должна быть значительно ниже рабочей частоты вращения агрегата.

Используемые опорные элементы обеспечивают степень изоляции 88 - 94%.

При наличии особо высоких требований можно использовать двойной фундамент с упругими опорами.

Используемые в агрегатах пружинные элементы могут регулироваться по высоте в пределах определенного диапазона. Их необходимо правильно отрегулировать, т.е. нагрузка на каждый элемент должна быть одинаковой. Неправильно отрегулированные пружинные элементы со временем разрушаются и не обеспечивают требуемую изоляцию колебаний. Пружинные элементы способны лишь частично компенсировать неровности фундамента. Слишком большая неровность фундамента и неправильно отрегулированные пружинные элементы приводят к неравномерной нагрузке и деформации опорной рамы агрегата. В результате не обеспечивается оптимальное размещение генератора и двигателя. Также может произойти непредвиденное разрушение узлов.

4.2.3 Оценка колебаний

Для агрегатов применим стандарт DIN ISO 8528-9, который определяет порядок измерения и оценки механических вибраций в генераторных агрегатах с приводом от поршневых двигателей внутреннего сгорания.

4.2.4 Каналы для прокладки кабелей и трубопроводов

Трубопроводы для охлаждающей воды и отработавших газов можно прокладывать под полом. Размеры каналов выбираются в соответствии с размером трубопроводов и условиями на объекте. Каналы для трубопроводов и каналы для кабелей должны быть выполнены отдельно, при этом следует дополнительно различать силовые, управляющие и сигнальные кабели. Каналы размещаются под наклоном в направлении от фундаментного блока, а в нижних точках каналов устанавливаются водоотводы с маслоотделителями. Каналы закрываются сверху рифлеными листами или решетками. За изготовление каналов и крышек всегда отвечает заказчик.

4.3 Шумы

В связи с непрерывным ростом законодательных требований к акустике при установке агрегатов с двигателями внутреннего сгорания здесь лишь вкратце описываются основные проблемы с возникновением шумов и их возможные решения.

Основными источниками шумов являются шумы при сгорании топлива внутри двигателя, механические шумы двигателя, шумы при всасывании топлива и выпуске отработавших газов. Вентиляторы, насосы и прочие вспомогательные приводы также могут повышать уровень шумов. Кроме того, избыточная скорость воздуха может приводить к образованию шумов (см. раздел 5.4 «Указания по проектированию»).

Меры по уменьшению шума затруднительны на источнике шума, поэтому большинство защитных мер направлено на снижение передачи шумов за пределы агрегатного помещения.

4.3.1 Акустические зависимости

Шумы состоят из ударных волн различной частоты, поэтому все измерения шумов принципиально являются измерениями давления на различных частотах. Поэтому все измерения шумов принципиально являются измерениями давления на различных частотах. Низкочастотные шумы более благоприятны для человеческого уха, чем высокочастотные шумы. Звуковые волны на частоте более 16 000 - 20 000 Гц в общем случае не воспринимаются человеком.

Для сравнения громкости звука на различных объектах были разработаны объективные методы измерения. Оценка выполняется по определенным частотным характеристикам, которые заданы в стандартах DIN EN 61672-1 и DIN EN 61672-2. Это нормирующие кривые А, В, С и D (таблица 4.1). Нормирующие кривые в упрощенном виде воспроизводят частотную характеристику человеческого уха, реагирующего на узкополосный шум. Кривая А применима в диапазоне менее громкого звука, а кривые В и С соответствуют громким и очень громким звукам. Кривая D действительна для самолетных шумов.

Таб. 4.1

Частота	Нормирующая кривая			
	А дБ	В дБ	С дБ	Д дБ
31,5	-39,4	-17,1	-3,0	-16,5
63	-26,2	-9,3	-0,8	-11,0
125	-16,1	-4,2	-0,2	-6,0
250	-8,6	-1,3	0,0	-2,0
500	-3,2	-0,3	0,0	0,0
1000	0,0	0,0	0,0	0,0
2000	1,2	-0,1	-0,2	8,0
4000	1,0	-0,7	-0,8	11,0
8000	-1,1	-2,9	-3,0	6,0

Шумы двигателей, как правило, оцениваются в дБ(А).

Измеренное значение при 125 Гц воспринимается человеком на 16,1 дБ тише, чем аналогичное значение при 1000 Гц.

Уровень шума зависит от расстояния до измерительного прибора и места размещения двигателя. На небольшом расстоянии до источника шума уровень звукового давления увеличивается, а на большом расстоянии - уменьшается. Это уменьшение уровня звукового давления также называется затуханием при распространении.

Для точечных источников:

$$L_{(r2)} = L_{(r1)} - 10 \log \left(\frac{r2}{r1} \right)^2$$

$L_{(r1)}$ = уровень звукового давления 1 $L_{(r2)}$ = уровень звукового давления 2
 $r1$ = расстояние 1 $r2$ = расстояние 2

Пример:

$$L_{(r2)} = 70 - 10 \log \left(\frac{20}{10} \right)^2 = 64 \text{ дБ}$$

$L_{(r1)} = 70 \text{ дБ}$ $r1 = 10 \text{ м}$ $r2 = 20 \text{ м}$

При увеличении расстояния в 2 раза уровень звукового давления уменьшается на 6 дБ.

В установках с несколькими агрегатами суммарный уровень шума рассчитывается по законам акустики:

$$L_{\Sigma} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

L_{Σ} = суммарный уровень L_i = отдельный уровень

Пример:

$$L_{\Sigma} = 10 \log \left(10^{\frac{70,5}{10}} + 10^{\frac{71,5}{10}} + 10^{\frac{72,5}{10}} + 10^{\frac{75,5}{10}} + 10^{\frac{77,0}{10}} \right) = 81,1 \text{ дБ}$$

$L_1 = 70,5 \text{ дБ}$ $L_2 = 71,5 \text{ дБ}$ $L_3 = 72,5 \text{ дБ}$

$L_4 = 75,5 \text{ дБ}$ $L_5 = 77,0 \text{ дБ}$

Для суммы n одинаковых уровней L действует упрощенная формула:

$$L_{\Sigma} = L + 10 \log n$$

При сложении 2-х одинаковых уровней звукового давления суммарный уровень повышается на 3 дБ.

Если агрегат размещается в закрытом помещении, уровень шума повышается по сравнению с уровнем шума вне помещения, т.к. стены помещения препятствуют распространению звука. В небольших помещениях без акустических материалов шум равномерно распределяется почти во всех точках.

Акустическими преимуществами обладают большие помещения со стенами из звукопоглощающего материала (не керамическая плитка и аналогичные строительные материалы).

4.3.2 Возможности уменьшения шумов

Стандартные стены толщиной 24 см или 36 см заглушают поступающие изнутри шумы на 40 - 50 дБ. Для подачи и отвода воздуха следует предусмотреть звукоизоляционные участки длиной 2 - 3 м с глушением шумов ок. 40 дБ. При соблюдении количества охлаждающего воздуха (см. раздел 5 «Вентиляция машинного помещения») скорость воздуха на звукоизоляционном участке не должна превышать ок. 8 м/с со стороны нагнетания и ок. 6 м/с со стороны всасывания.

Если в агрегатном помещении используются акустические материалы (например, пластины звуковой изоляции), достигается снижение уровня шума прикл. на 3 дБ, а при принятии более комплексных мер - прикл. на 10 дБ. Особое внимание следует обратить на уменьшение шумов отработавших газов. С помощью соответствующих глушителей здесь можно снизить уровень шумов прикл. на 60 дБ.

Акустические вопросы в значительной степени зависят от условий на объекте и поэтому решаются только в индивидуальном порядке. Производитель предоставляет октавные анализы шумов отработавших газов и двигателей.

Меры по звукоизоляции разрабатываются совместно со специализированными предприятиями.

Возможные меры:

- глушение шумов ОГ с помощью глушителей отражения, глушителей поглощения и глушителей активного типа;
- установка агрегата с изоляцией корпусного шума;
- установка поглощающих кулис на отверстиях для подачи и отвода воздуха из агрегатного помещения;
- заключение агрегата в звукоизоляционный кожух;
- звукоизоляция агрегатного помещения и установка плавающего пола (выполняется специализированными предприятиями).

Не использовать волокнистые материалы (например, Heraklith) для внутренней отделки помещений. В результате воздушных колебаний частицы материала отделяются и засоряют воздушные фильтры, что может привести к повреждению двигателя.

При звукоизоляции здания необходимо учитывать не только стены, но и окна, двери и прочие конструкции.

В акустическом анализе необходимо учесть дополнительные источники звука, такие как вспомогательные приводы или вентиляторные панели, которые расположены вне машинного помещения. Участки регулирования газа, участки регулирования давления на входе и участки регулирования нулевого давления, находящиеся вне машинного помещения или вне звукоизоляционного кожуха, также могут вызывать дополнительные шумы и должны быть учтены в акустическом анализе.

Монтаж энергетических установок

Раздел 5

Вентиляция машинного помещения

июнь 2012 г.

Содержание

5.	Вентиляция машинного помещения.....	3
5.1	Вентиляционные системы.....	4
5.1.1	Система нагнетания (рекомендуется).....	4
5.1.2	Система всасывания (не рекомендуется).....	4
5.1.3	Комбинированная система (рекомендуется).....	4
5.1.4	Вентиляция с помощью вентиляторов с частотным регулированием.....	5
5.1.5	Регулирование циркуляции воздуха.....	5
5.2	Расчет требуемого воздуха.....	8
5.2.1	Требуемый воздух для сгорания топлива в двигателе.....	8
5.2.2	Требуемый воздух для охлаждения двигателя и компонентов.....	8
5.3	Расчет теплоты излучения.....	9
5.3.1	Теплота излучения двигателя.....	9
5.3.2	Теплота излучения генератора.....	9
5.3.3	Теплота излучения вспомогательных компонентов.....	9
5.3.4	Теплота излучения потребителя тепла.....	10
5.3.5	Общая теплота излучения.....	10
5.3.6	Требуемый объем воздуха (без воздуха для сгорания топлива в двигателе).....	10
5.4	Компоненты вентиляционной системы.....	12
5.4.1	Наружная защитная решетка.....	12
5.4.2	Звукоизоляционные кулисы.....	12
5.4.3	Жалюзи.....	13
5.4.4	Фильтры.....	13
5.4.5	Вентиляторы.....	13
5.4.6	Воздушные каналы.....	14
5.5	Указания по проектированию.....	14
5.5.1	Кратность воздухообмена.....	14
5.6	Указания по эксплуатации вентиляционной системы для газовых двигателей.....	15

5. Вентиляция машинного помещения

Машинное помещение нагревается за счет конвекции и излучения установленных в нем двигателей, генераторов, потребителей тепла и трубопроводов.

Во избежание недопустимо высокой температуры оборудования, компонентов оборудования и распределительной системы необходимо выводить это тепло через вентиляционную систему.

Кроме того, при очень низкой температуре окружающей среды необходимо обеспечить соблюдение минимальных значений температуры всасываемого воздуха, указанных в техническом паспорте каждого агрегата. Здесь рекомендуется использовать теплоту излучения компонентов для нагревания машинного помещения. В этом случае здание также должно быть герметичным и иметь хорошую теплоизоляцию.

Таким образом, вентиляционная система имеет особо важное значение, т.к. она обеспечивает отвод теплоты излучения в летний период и позволяет использовать теплоту излучения для нагревания машинного помещения в зимний период.

Общее правило: необходимо соблюдать значения температуры всасываемого воздуха (и минимальные значения температуры) согласно техпаспорту каждого агрегата!

Необходимо обеспечить пусковую температуру не ниже допустимого значения. См. также раздел 9.2 «Требования к воздуху для горения топлива».

Существуют три типа вентиляционных систем для машинных помещений (см. рис.. 5.1).

5.1 Вентиляционные системы

5.1.1 Система нагнетания (рекомендуется)

Окружающий воздух с температурой окружающей среды всасывается вентилятором, нагнетается в машинное помещение и затем выводится наружу через вентиляционные отверстия. В машинном помещении преобладает повышенное давление.

Данная система рекомендуется прежде всего в средах с высоким содержанием пыли (пустынные зоны). Благодаря повышенному давлению в машинном помещении предотвращается проникновение пыли внутрь помещения через щели в стенах или открытые двери и окна. Используемые вентиляционные системы необходимо оснастить соответствующими фильтрами для отделения пыли, например, инерционными фильтрами, карманными фильтрами и т.д. Степень фильтрации приточных фильтров должна соответствовать степени фильтрации фильтра класса G3. См. также раздел 5.4.4.

5.1.2 Система всасывания (не рекомендуется)

Окружающий воздух подается в машинное помещение через приточную систему (наружная защитная решетка, фильтр, звукоизоляционная кулиса и жалюзи), проходит через машинное помещение, всасывается вентилятором и выводится наружу. В машинном помещении преобладает пониженное давление.

Вентиляционную систему необходимо организовать на стороне всасывания таким образом, чтобы пониженное давление в машинном помещении было значительно ниже 1 мбар. Избыточное пониженное давление в машинном помещении, особенно для установок с газовыми двигателями, которые всасывают воздух для сгорания топлива из машинного помещения, может привести к нарушениям запуска (см. также раздел 5.5 «Указания по эксплуатации вентиляционной системы для газовых двигателей»). Кроме того, избыточное пониженное давление затрудняет открывание дверей машинного помещения, которые в экстренной ситуации служат для аварийного выхода и поэтому открываются наружу. Установка работает подобно большому пылесосу, а через щели в стенах и окнах в помещение проникает нефильтрованный вторичный воздух, что со временем приводит к повышенному загрязнению машинного помещения. Степень фильтрации приточных фильтров должна соответствовать степени фильтрации фильтра класса G3. См. также раздел 5.3.4.

5.1.3 Комбинированная система (рекомендуется)

Воздух для вентиляции машинного помещения нагнетается приточным вентилятором внутрь помещения и всасывается вторым вентилятором со стороны вытяжки. Благодаря согласованию приточной и вытяжной системы давление воздуха в машинном помещении приблизительно соответствует давлению окружающей среды.

Данная система всегда применяется в установках, где имеются значительные потери давления со стороны подачи и вытяжки воздуха. Это особенно характерно для систем, в которых воздух для вентиляции машинного помещения всасывается и выводится на участках большой протяженности, а такие компоненты, как наружная защитная решетка, звукоизоляционные кулисы, жалюзи и фильтры создают высокое падение давления.

5.1.4 Вентиляция с помощью вентиляторов с частотным регулированием

При работе с газовыми двигателями температура всасываемого воздуха может изменяться в относительно узком диапазоне. Температура не должна опускаться ниже минимального значения, указанного в техпаспорте, т.к. в противном случае нагнетатель турбокомпрессора выполняет накачку. Двигатели с перепускным клапаном отработавших газов имеют более широкий диапазон температуры всасываемого воздуха.

Вентилятор с постоянной частотой вращения, рассчитанный на работу в летний период, не способен в зимний период удовлетворить требования по минимальной температуре всасываемого воздуха двигателя. Путем подстройки объемного потока вентилятора и использования теплоты излучения двигателя и генератора вентиляторы с частотным регулированием позволяют поддерживать необходимую температуру всасываемого воздуха при изменении условий окружающей среды. Регулирование температуры всасываемого воздуха путем подстройки объемного потока вентилятора возможно при температуре окружающей среды ок. 0°C, для более низких температур окружающей среды требуется система циркуляции воздуха.

5.1.5 Регулирование циркуляции воздуха

Во избежание недопустимо низкой температуры в машинном помещении можно регулировать температуру в помещении путем добавления отходящего воздуха в подводимый воздух.

Во всех системах необходимо организовать подачу воздуха таким образом, чтобы воздух протекал через все машинное помещение, между приточным и вытяжным отверстиями не возникали короткие замыкания и на выделяющих тепло компонентах обеспечивалась достаточная циркуляция воздуха. При необходимости следует установить воздушные каналы для целенаправленной подачи воздуха на отдельные компоненты в машинном помещении.

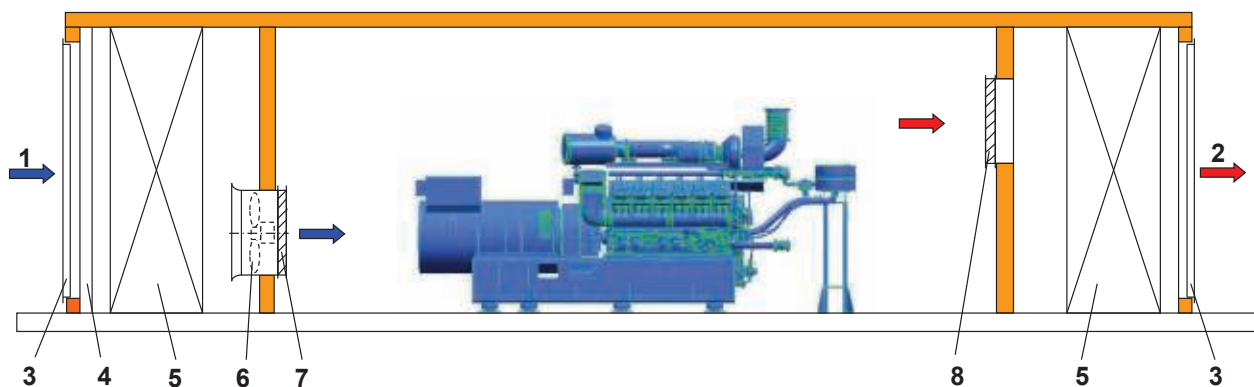
Чтобы свести к минимуму выделение тепла в машинном помещении и требуемый объем воздуха для вентиляции, необходимо изолировать глушители и трубопроводы ОГ внутри машинного помещения. Изоляция систем ОГ всегда требуется внутри зданий.

Во многих случаях воздух для сгорания топлива в двигателях всасывается из машинного помещения. При проектировании приточных вентиляторов следует учитывать этот дополнительный объем воздуха. В

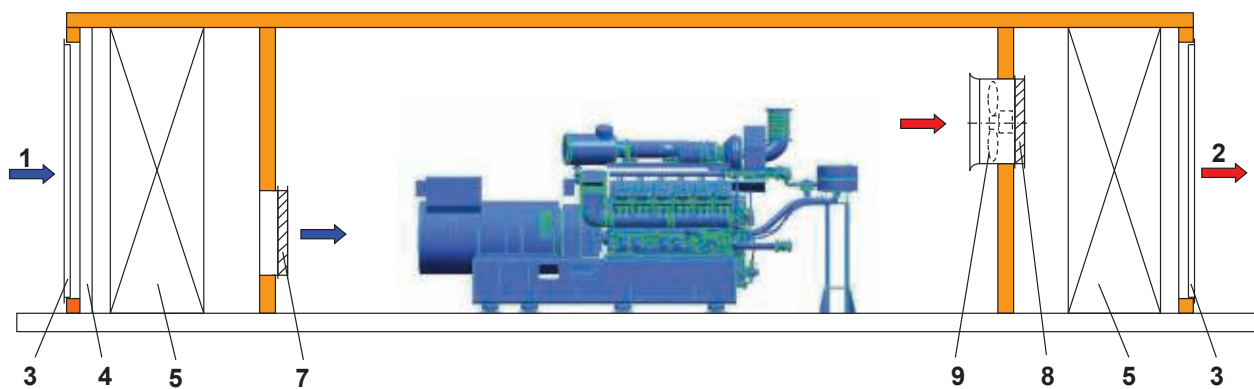
зависимости от конструкции установки воздушные фильтры двигателя могут находиться в зонах, где уже произошло сильное нагревание воздуха. В этом случае необходимо направить «холодный» воздух на воздушные фильтры через отдельные вентиляционные каналы.

Рис. 5.1а Вентиляционные системы

Система нагнетания

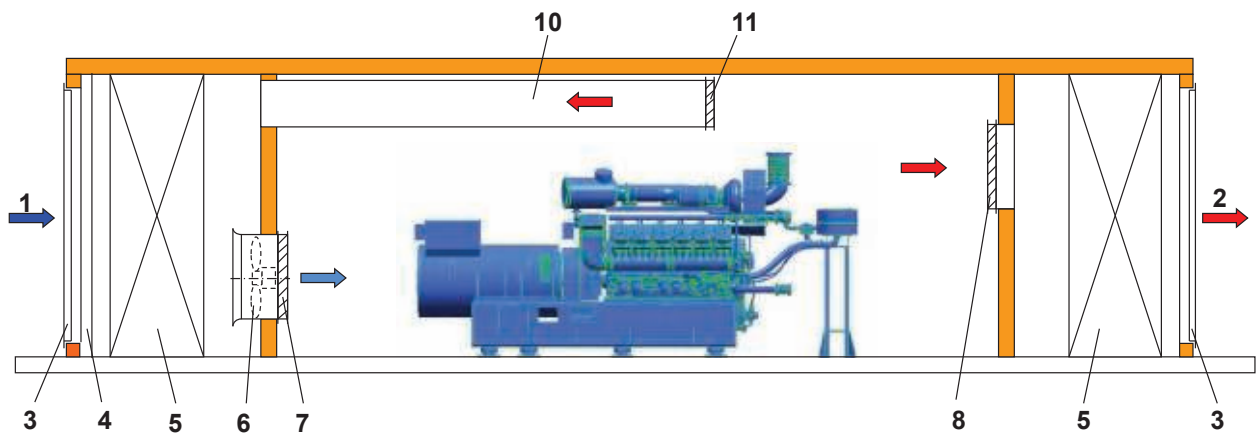


Система всасывания (не рекомендуется)

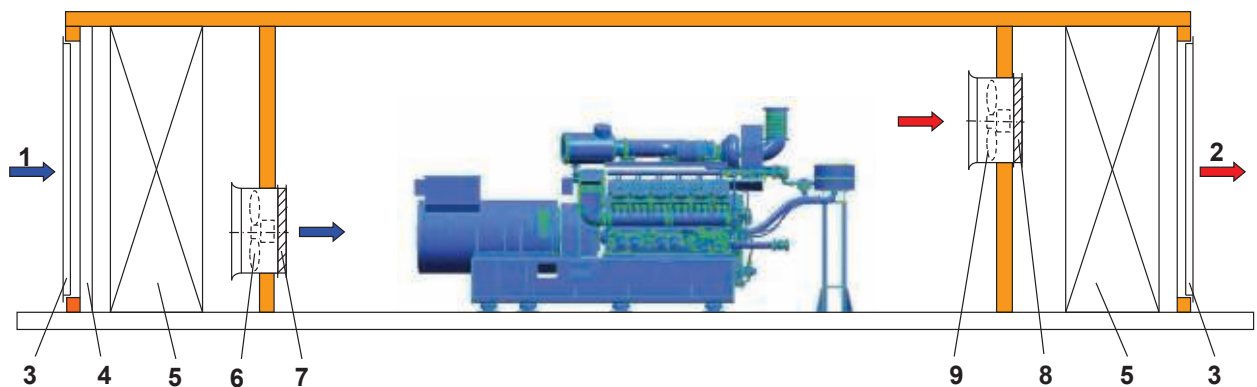


- 1 Приточный воздух
- 2 Отходящий воздух
- 3 Наружная защитная решетка
- 4 Фильтры
- 5 Звукоизоляционная кулиса
- 6 Приточный вентилятор
- 7 Жалюзи приточного воздуха
- 8 Жалюзи отходящего воздуха
- 9 Вытяжной вентилятор

Рис. 5.1b Вентиляционные системы
Система с регулированием циркуляции воздуха (рекомендуется)



Комбинированная система (рекомендуется)



- 1 Приточный воздух
- 2 Отходящий воздух
- 3 Наружная защитная решетка
- 4 Фильтры
- 5 Звукоизоляционная кулиса
- 6 Приточный вентилятор
- 7 Жалюзи приточного воздуха
- 8 Жалюзи отходящего воздуха
- 9 Вытяжной вентилятор
- 10 Циркуляционный канал
- 11 Жалюзи циркуляционного воздуха

5.2 Расчет требуемого воздуха

При проектировании вентиляционной системы необходимо определить требуемый объем воздуха, который рассчитывается как сумма следующих параметров:

5.2.1 Требуемый воздух для сгорания топлива в двигателе

Если двигатель всасывает воздух для сгорания топлива из машинного помещения, этот воздух подается через вентиляционную систему машинного помещения и поэтому учитывается при расчетах. Температура воздуха для сгорания топлива является одним из факторов, влияющих на мощность двигателя. В связи с этим необходимо убедиться в том, что температура воздуха в зоне всасывания соответствует значению, заданному при расчете мощности двигателя.

5.2.2 Требуемый воздух для охлаждения двигателя и компонентов

Теплота излучения двигателя, генератора и прочих выделяющих тепло компонентов в машинном помещении (насосы, сепараторы, теплообменники, котлы и т.д.) выводится через вентиляционную систему машинного помещения.

Выделяющие тепло компоненты, включаемые только периодически (например, компрессоры), в большинстве случаев не учитываются при расчете требуемого охлаждающего воздуха.

5.3 Расчет теплоты излучения

Для расчета требуемого воздуха следует сначала определить теплоту излучения двигателя и генератора.

5.3.1 Теплота излучения двигателя

Теплота излучения двигателя всегда указывается в техническом паспорте.

Для дизельных двигателей теплота излучения приблизительно рассчитывается как процентная доля x от теплоты сгорания топлива, поданной на двигатель:

$$Q_M = \frac{P_M}{\eta_M} * x$$

Q_M	[кВт]	Теплота излучения двигателя
P_M	[кВт]	Механ. мощность двигателя
η_M	[%]	Механ. КПД двигателя
x	[%]	Доля излучения в %

Доля излучения TCD 2016 составляет 3%, а для TCD 2020 доля излучения составляет 2,5% от подводимой тепловой мощности. Подводимая тепловая мощность рассчитывается как произведение удельного расхода топлива, механической мощности и низшей теплоты сгорания топлива.

5.3.2 Теплота излучения генератора

Теплота излучения генератора рассчитывается по следующей формуле:

$$Q_G = (P_M - P_G)$$

Q_G	[кВт]	Теплота излучения генератора
P_G	[кВт]	Мощность генератора
P_M	[кВт]	Мощность двигателя

5.3.3 Теплота излучения вспомогательных компонентов

Для расчета теплоты излучения трубопроводов, особенно трубопроводов ОГ, глушителей ОГ, охладителей и насосных агрегатов требуются значительные усилия. Опыт показывает, что эта теплота излучения составляет ок. 10% от теплоты излучения двигателя.

$$Q_H = 0,1 * Q_M$$

Q_H	[кВт]	Теплота излучения вспомогательных компонентов
Q_M	[кВт]	Теплота излучения двигателя

5.3.4 Теплота излучения потребителя тепла

Если компоненты, использующие тепловую энергию, размещаются в агрегатном помещении, теплота излучения теплообменников охлаждающей воды и ОГ составляет ок. 1,5% от соответствующего полезного тепла согласно техпаспорту.

$$Q_W = 0,015 * (Q_{KW} + Q_{Abg})$$

Q_W	[кВт]	Теплота излучения потребителя тепла
Q_{KW}	[кВт]	Теплота охлаждающей воды двигателя
Q_{Abg}	[кВт]	Полезная теплота ОГ двигателя

5.3.5 Общая теплота излучения

Общая теплота излучения Q_S рассчитывается как сумма перечисленных выше параметров:

$$Q_S = Q_M + Q_G + Q_H + Q_W$$

В зависимости от условий окружающей среды теплота излучения частично выводится через стены машинного помещения. Эта доля теплоты зависит от температуры окружающей среды и конструкции стен машинного помещения и поэтому с трудом поддается расчету. Этой величиной можно пренебречь.

5.3.6 Требуемый объем воздуха (без воздуха для сгорания топлива в двигателе)

Требуемый объем воздуха рассчитывается на основе общей теплоты излучения, допустимого повышения температуры воздуха в машинном помещении и удельной теплоемкости воздуха:

$$m_{Lerf} = \frac{Q_S * 3600}{\Delta T * c_p}$$

m_{Lerf}	[кг/ч]	Требуемый массовый поток воздуха для охлаждения
Q_S	[кВт]	Общая теплота излучения
ΔT	[К]	Допустимое повышение температуры
c_{pL}	[кДж/кгК]	удельная теплоемкость воздуха (1,005 кДж/кгК)

Приведенная выше формула служит для расчета требуемого массового потока воздуха. Для расчета требуемого объемного потока воздуха необходимо учесть плотность воздуха.

Плотность зависит от температуры, давления и относительной влажности воздуха. Требуемый объемный поток воздуха:

$$V_{Lerf} = \frac{m_{Lerf}}{\rho_L}$$

m_{Lerf} [кг/ч] Требуемый массовый поток воздуха
 V_{Lerf} [м³/ч] Требуемый объемный поток воздуха
 ρ_L [кг/м³] Плотность воздуха (например, 1,172 кг/м³ при 1002 мбар и 25°C)

Давление воздуха снижается по мере роста геодезической высоты. В таблице представлены значения давления и плотности воздуха в зависимости от температуры и геодезической высоты.

Указанные значения действительны для сухого воздуха. С ростом относительной влажности воздуха плотность воздуха уменьшается. При относительной влажности воздуха 60% возможно снижение плотности на величину до 10%.

Таб. 5.2

Давление и плотность воздуха в зависимости от геодезической высоты при 25°C								
Геодез. высота			Геодез. высота			Геодез. высота		
Температура			Температура			Температура		
в м	25°C		в м	25°C		в м	25°C	
	мбар	кг/м ³		мбар	кг/м ³		мбар	кг/м ³
0	1013	1,184	700	940	1,099	1800	835	0,976
100	1002	1,172	800	930	1,087	2000	817	0,955
200	991	1,159	900	920	1,075	2200	800	0,935
300	981	1,147	1000	910	1,064	2400	783	0,915
400	970	1,135	1200	890	1,041	2600	766	0,896
500	960	1,122	1400	871	1,019	2800	750	0,877
600	950	1,11	1600	853	0,997	3000	734	0,858

Для пересчета плотности на другие температуры используется следующая формула:

$$\rho_L(t) = \rho_L(25^\circ\text{C}) * \frac{(273 + 25)}{(273 + t)}$$

$\rho_L(25^\circ\text{C})$ [кг/м ³]	Плотность воздуха при 25°C
$\rho_L(t)$ [кг/м ³]	Плотность воздуха при температуре t
t [°C]	Температура воздуха

В установках, всасывающих воздух из машинного помещения, необходимо со стороны подачи воздуха дополнительно учитывать объем воздуха для сгорания топлива в двигателе. В разделе 9.2 приводятся ориентировочные значения объема воздуха для сгорания топлива в различных моделях двигателей.

5.4 Компоненты вентиляционной системы

Основными компонентами системы вентиляции машинного помещения являются наружная защитная решетка, звукоизоляционные кулисы, жалюзи, фильтры, воздушные каналы и вентиляторы.

5.4.1 Наружная защитная решетка

Наружные защитные решетки устанавливаются на наружной стене машинного здания со стороны подачи и вытяжки воздуха. Они предотвращают проникновение дождя и снега в вентиляционную систему. В наружную защитную решетку необходимо встроить решетку для защиты от птиц, чтобы не допустить проникновения мелких животных и птиц внутрь установки.

5.4.2 Звукоизоляционные кулисы

Особенно в случаях, когда установки размещаются в жилых районах или районах с ограничениями по шуму, может потребоваться принятие комплексных мер по звукоизоляции вентиляционной системы установки. В этом случае необходимо установить звукоизоляционные кулисы со стороны подачи и вытяжки воздуха. При проектировании необходимо учитывать воздушный поток, протекающий через кулисы, требуемый коэффициент звукоизоляции и поперечное сечение имеющегося канала. В зависимости от этих параметров выбирается глубина и толщина кулис и расстояние между кулисами. Проектирование звукоизоляционных кулис проводится специализированными предприятиями и с надлежащей тщательностью, т.к. дополнительные изменения в случае недостижения требуемых значений связаны с высокими затратами.

5.4.3 Жалюзи

Жалюзи перекрывают вентиляционную систему на стыке между машинным помещением и окружающей средой в случае простоя установки, что позволяет предотвратить переохлаждение помещения в зимний период. Жалюзи перемещаются с помощью электроприводов, которые получают сигналы управления от распределительной системы. В крупных установках целенаправленное управление отдельными жалюзи позволяет подавать охлаждающий воздух на определенные участки установки. В зимний период можно использовать управление жалюзи для регулирования температуры в машинном помещении.

5.4.4 Фильтры

Фильтры устанавливаются в вентиляционную систему в обязательном порядке. Это особенно касается установок, расположенных на территории промышленных объектов с высокой степенью загрязнения воздуха (например, мусорные свалки, угольные шахты, цементные заводы, металлургические предприятия и т.д.), и установок в климатических зонах с высокой вероятностью песчаных бурь. Здесь необходимо выбрать тип фильтрации в зависимости от вида загрязнения. Например, для отделения тяжелых частиц применяются инерционные фильтры, а для удаления легких волокон следует предусмотреть стандартные тканевые фильтры, которые могут иметь крупные размеры ввиду относительно большого объема воздуха.

Разрешается применять фильтры согласно DIN EN 779, класс фильтрации G3. При предъявлении особых требований необходимо выбрать более высокий класс фильтрации. Необходимо обеспечить эффективный контроль фильтров.

5.4.5 Вентиляторы

Как правило, используются осевые вентиляторы, иногда также применяются радиальные вентиляторы. Все вентиляторы рассчитываются в соответствии с требуемым объемом воздуха и разностью давления. Для регулирования температуры в машинном помещении можно изменять объем пропускаемого воздуха с помощью вентиляторов с переменной частотой вращения или путем включения и выключения отдельных вентиляторов.

Внимание: при использовании отдельных вентиляторов необходимо учитывать, что вертикальные вентиляторы (особенно осевые модели) под действием разности давления вращаются в обратную сторону. В крупных вентиляторах это может вызвать затруднения.

При расчете размеров вентиляторов необходимо правильно выбрать резерв давления с учетом встроенных в вентиляционную систему компонентов (наружные защитные решетки, звукоизоляционные кулисы, жалюзи и т.д.), чтобы обеспечить требуемый объем воздуха.

5.4.6 Воздушные каналы

В зависимости от конструкции установки или положения машинного помещения внутри крупного здания (например, агрегаты аварийного питания в подвале) требуется передача воздуха для вентиляции машинного помещения на участках большой протяженности. Для этого используются воздушные каналы. При проектировании вентиляторов необходимо учитывать потери давления в воздушных каналах. Во избежание образования конденсата необходимо изолировать воздушные каналы, расположенные вне помещений.

5.5 Указания по проектированию

После расчета требуемого объема воздуха необходимо выполнить отверстия и каналы таким образом, чтобы обеспечить следующие скорости воздуха:

Таб. 5.3

Компонент	Скорость воздуха (м/с)
Приточное/вытяжное отверстие	1,5 - 2,5 / 2,5 - 4
Воздушный канал	10 - 20
Свободный поток в машинном помещении	0,3
Звукоизолированный участок	6 - 8

Необходимо учитывать дополнительные ограничения по уровню шумов.

5.5.1 Кратность воздухообмена

Кратность воздухообмена также является характеристикой вентиляционной системы.

Она указывает количество воздухообменов в час, т.к. сколько раз за час происходит полная замена воздуха внутри машинного помещения.

Опыт показывает, что кратность воздухообмена на крупных установках внутри зданий не должна превышать 100.

В очень маленьких машинных помещениях (например, контейнеры) или при высокой температуре окружающей среды кратность воздухообмена составляет до 500.

5.6 Указания по эксплуатации вентиляционной системы для газовых двигателей

Работа вентиляционной установки может повлиять на давление на входе воздуха для сгорания топлива и таким образом запуск двигателя будет затруднен или невозможен. В этом случае следует перед запуском открыть только жалюзи на стороне подачи и вытяжки воздуха. Управление вентиляторами выполняется таким образом, чтобы особенно на этапе запуска и синхронизации агрегата отсутствовали скачки давления в машинном помещении, т.е. на этапе запуска вентиляторы должны работать с постоянной частотой вращения.

Монтаж энергетических установок

Раздел 6

Системы охлаждения двигателей

июнь 2012 г.

Содержание

6.	Системы охлаждения двигателей	4
6.1	Одноконтурное охлаждение	4
6.2	Двухконтурное охлаждение	4
6.2.1	Газовые двигатели	4
6.2.1.1	Пример организации систем охлаждения газовых двигателей	5
6.2.2	Дизельные двигатели	8
6.3	Ориентировочные значения для контуров охлаждения	10
6.3.1	Давление	10
6.3.1.1	Минимальное давление	10
6.3.1.2	Максимальное давление	10
6.3.2	Расположение насосов	10
6.3.3	Максимальный допустимый температурный градиент	10
6.4	Компоненты системы водяного охлаждения	11
6.4.1	Теплообменник охлаждающей воды	11
6.4.1.1	Использование теплообменников охлаждающей воды для аварийного охлаждения сырой водой	12
6.4.2	Теплообменник отработавших газов	13
6.4.3	Охлаждающие установки	13
6.4.3.1	Вентиляторная панель	13
6.4.3.1.1	Регулирование вентиляторной панели	14
6.4.3.1.2	Вентиляторная панель типа "сэндвич" (не рекомендуется)	15
6.4.3.2	Башенные охладители	15
6.4.4	Холодильные машины	16
6.4.5	Насосы охлаждающей воды	16
6.4.6	Уравнительные баки, мембранные расширительные сосуды	17
6.4.7	Регуляторы температуры	18
6.4.8	Группа контроля охлаждающей воды	18
6.4.9	Предварительный подогрев охлаждающей воды	18
6.5	Трубопроводы	19
6.6	Выпуск воздуха из систем охлаждения	19
6.7	Качество охлаждающей жидкости	20
6.8	Контур нагрева	20
6.9	Охлаждающая среда в контуре нагрева	21
6.10	Предписания по расчету параметров контура нагрева	24
6.11	Аварийный контур охлаждения	24

6. Системы охлаждения двигателей

Применяемые системы охлаждения работают на основе водяного охлаждения и являются закрытыми системами со стороны двигателей.

В двигателях агрегатов в основном используются два типа охлаждения: одноконтурное и двухконтурное охлаждение.

При организации системы необходимо учитывать приведенную ниже информацию. Отклонения возможны только с письменного согласия производителя.

6.1 Одноконтурное охлаждение

В двигателях с одноконтурным охлаждением охлаждающая среда протекает через масляный радиатор, охладитель смеси и двигатель, т.е. отвод тепла полностью осуществляется внутри контура водяного охлаждения двигателя.

6.2 Двухконтурное охлаждение

Двигатели с двухконтурным охлаждением оснащены контуром водяного охлаждения двигателя и дополнительным контуром водяного охлаждения смеси или наддувочного воздуха с более низкой температурой. Вследствие пониженной температуры тепло, как правило, выводится из контура охлаждения смеси через радиаторный охладитель или башенный охладитель с отдельным контуром в окружающую среду.

6.2.1 Газовые двигатели

Все двигатели модельных рядов TCG 2016 C, TCG 2020 и TCG 2032 оснащены двухступенчатой системой охлаждения смеси. Ступень НТ встроена в контур охлаждения двигателя, а в контуре охлаждения смеси тепло выводится через ступень НТ.

В двигателях TCG 2032 масляный радиатор установлен не на двигателе - в зависимости от конструкции всей системы радиатор можно устанавливать в контур охлаждения двигателя со стороны подачи воды, в контур охлаждения смеси или в контур горячей воды. При этом необходимо соблюдать указания, приведенные в разделе 8.2.

6.2.1.1 Пример организации систем охлаждения газовых двигателей

Тепло, сохраненное в охлаждающей воде, через теплообменник установки передается в целях дальнейшего использования в контур горячей воды или какой-либо другой технологический процесс. Если утилизация тепла отсутствует, тепло выводится в окружающую среду через радиаторный или башенный охладитель. Запрещается передавать воду башенного охладителя непосредственно через двигатель! Здесь необходимо предусмотреть развязывающий теплообменник или закрытый башенный охладитель.

В общем случае выполняется регулирование входной температуры охлаждающей воды, причем в зависимости от конструкции установки регулятор температуры находится непосредственно в контуре двигателя или в контуре нагрева. Для перекачки охлаждающей воды всегда используются электрические насосы, точная настройка расхода охлаждающей воды выполняется с помощью регулируемого дросселя. Объемное расширение компенсируется мембранным расширительным сосудом, а уровень воды в контуре охлаждения контролируется с помощью т.н. контрольной группы. Эта группа содержит предохранительный клапан, продувочный клапан, воздуховыпускной клапан и защита от недостатка воды.

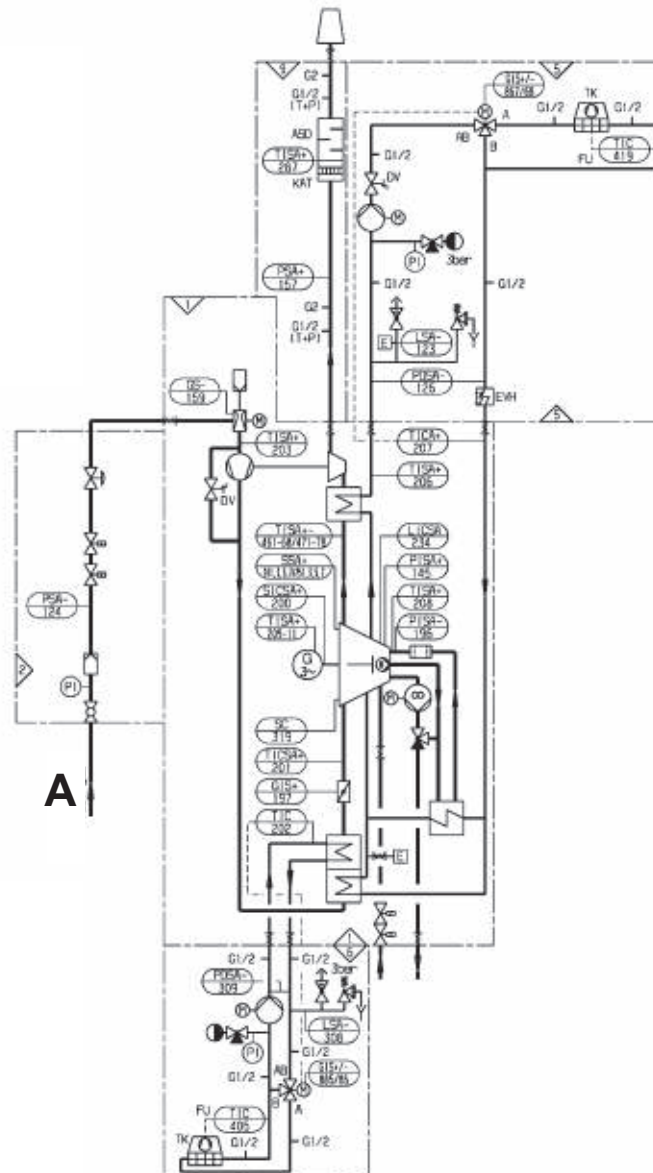
По аналогии с контуром двигателя, контур охлаждения смеси также оснащен электрическим циркуляционным насосом, мембранным расширительным сосудом, контрольной группой и регулятором температуры.

В установках с несколькими двигателями не разрешается объединение контуров охлаждения двигателей, т.к. в этом случае невозможно обеспечить точное регулирование входной температуры для каждого из двигателей.

На рис. 6.1 показана система охлаждения без утилизации тепла.

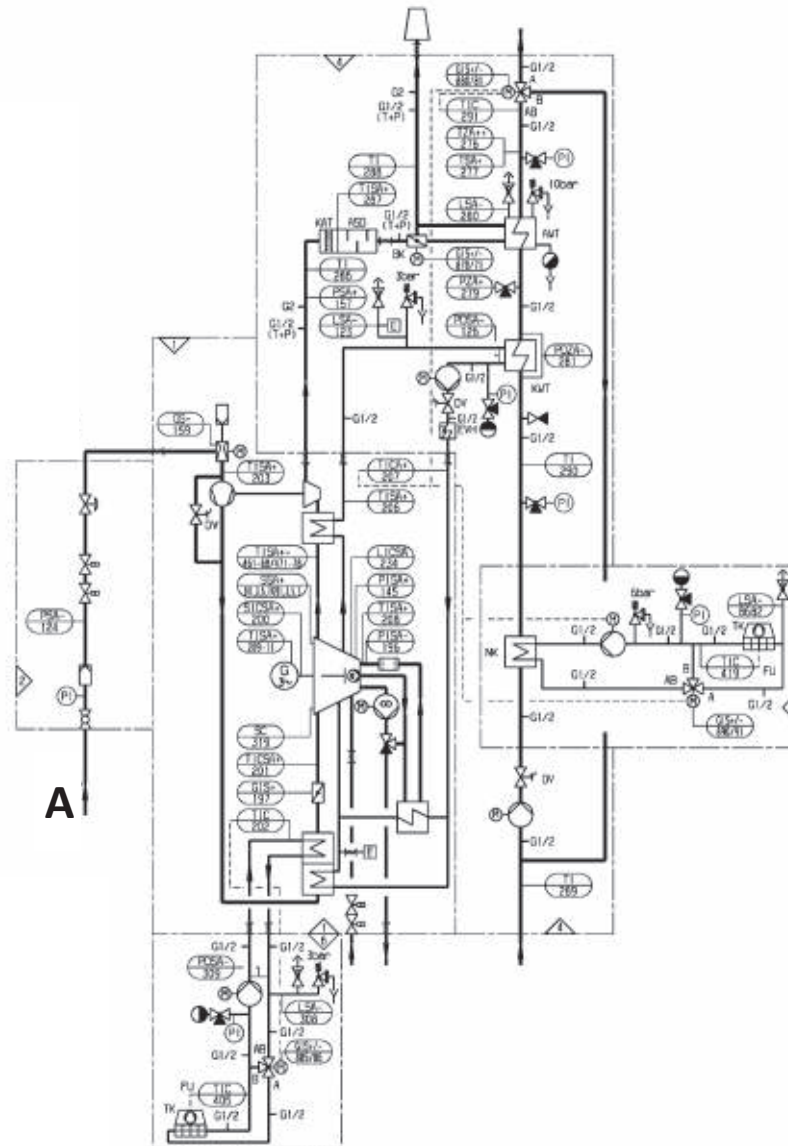
На рис. 6.2 показана система охлаждения с утилизацией тепла.

Рис. 6.1 Схема трубопроводов и КИП для установки без утилизации тепла



A	Газообразное топливо	ASD	Глушитель шума отработавших газов
1	Агрегат	DV	Дроссельная арматура
2	Участок регулирования газа	EVH	Электрический предварительный подогрев
5	Охлаждение двигателя	FU	Преобразователь частоты
6	Охлаждение смеси	KAT	Катализатор
		TK	Вентиляторная панель

Рис. 6.2 Схема трубопроводов и КИП для установки с утилизацией тепла



A	Газообразное топливо	ASD	Глушитель шума отработавших газов
1	Агрегат	AWT	Теплообменник отработавших газов
2	Участок регулирования газа	BK	Байпасный клапан
4	Утилизация тепла	DV	Дроссельная арматура
6	Охлаждение смеси	EVH	Электрический предварительный подогрев
7	Аварийный контур охлаждения	FU	Преобразователь частоты
		KAT	Катализатор
		KWT	Теплообменник охлаждающей воды
		NK	Аварийный охладитель
		TK	Вентиляторная панель

6.2.2 Дизельные двигатели

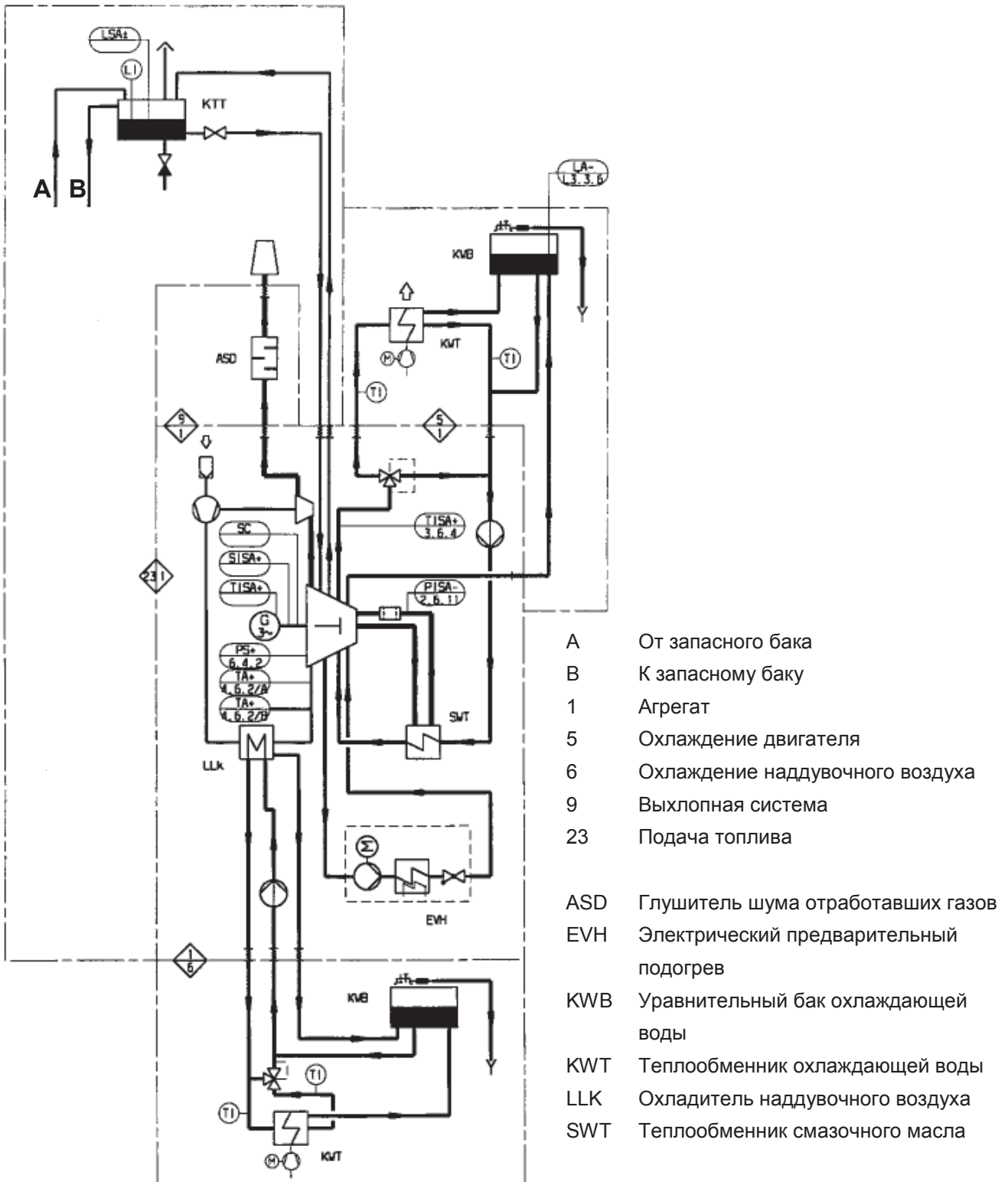
Дизельные двигатели модельных рядов TCD 2016 и TCD 2020 могут быть оснащены встроенными насосами охлаждающей воды или отдельными электрическими насосами.

В модельных рядах TCD 2016 и TCD 2020 используются одноступенчатые охладители наддувочного воздуха.

В отличие от газовых двигателей, дизельные двигатели чаще применяются только для производства энергии, т.е. тепло, сохраняемое в охлаждающей воде, полностью выводится наружу через радиаторные или башенные охладители. Вместо мембранных расширительных сосудов, как правило, используются уравнительные баки охлаждающей воды, которые оснащены устройством контроля уровня и клапаном для защиты от пониженного/повышенного давления.

В дизельных двигателях не требуется точная регулировка температуры охлаждающей воды до заданного значения. Поэтому здесь достаточно установить механические термостаты с твердым наполнителем с коэффициентом пропорциональности регулирования температуры до 10К.

На рис. 6.3 показана схема трубопроводов и КИП для дизельного двигателя с двухконтурным охлаждением.



6.3 Ориентировочные значения для контуров охлаждения

6.3.1 Давление

Все значения давления жидкостей указаны в барах избыточного давления.

Все теплообменники, насосы и вентиляторные панели предназначены для работы при 10 бар, водомасляный теплообменник в TCG 2032 - при 16 бар.

6.3.1.1 Минимальное давление

Минимальное требуемое рабочее давление на выходе двигателя составляет 1,5 бар. С середины 2012 года все газовые двигатели оснащаются устройством контроля давления в охлаждающем контуре двигателя на выходе охлаждающей воды. При давлении ниже 1,5 бар выводится предупреждение, а при давлении ниже 1,0 бар происходит отключение двигателя. Мембранные расширительные сосуды должны иметь достаточные размеры для того, чтобы при неработающей установке обеспечивалось минимальное давление 1,5 бар.

6.3.1.2 Максимальное давление

Максимальное допустимое давление на выходе двигателя составляет 2,5 бар. Предохранительный клапан, расположенный непосредственно на выходе двигателя, открывается при давлении ок. 3 бар.

6.3.2 Расположение насосов

Если внешние сопротивления в контуре двигателя (теплообменники, регулирующие клапаны и т.д.) приводят к значительным потерям давления, на выходе двигателя необходимо установить насос, т.к. в противном случае будет невозможно обеспечить максимальное допустимое давление на выходе двигателя или минимальное требуемое давление.

6.3.3 Максимальный допустимый температурный градиент

Если вторичные температуры на входах контура двигателя, контура охлаждения смеси и контура аварийного охлаждения и температура на входе контура нагрева регулируются заказчиком, необходимо соблюдать максимальную допустимую скорость изменения температуры 1 К/мин.

Это необходимо для того, чтобы обеспечить стабильное регулирование и ограничить внешние мешающие воздействия.

В общем случае необходимо предусмотреть достаточный резерв для всех охладителей и насосов.

6.4 Компоненты системы водяного охлаждения

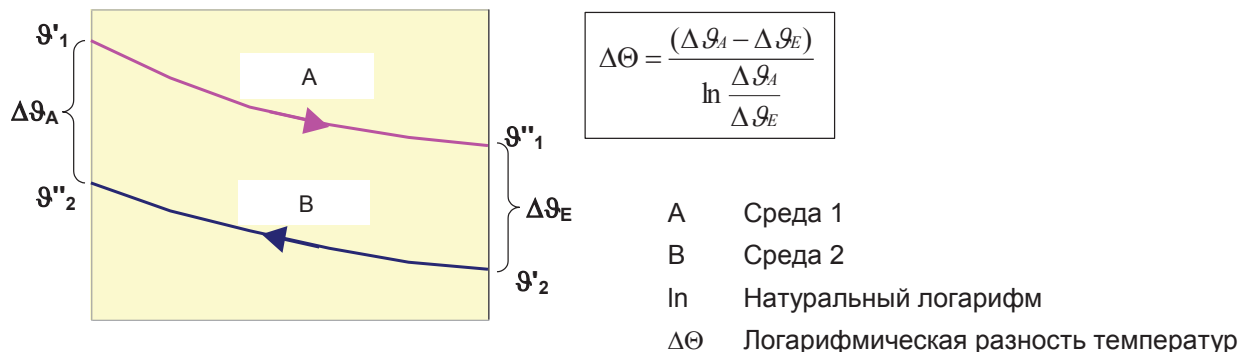
6.4.1 Теплообменник охлаждающей воды

Тепловая мощность согласно техпаспорту +15% запас мощности и 5% запас площади с учетом загрязнения. Необходимо соблюдать заданные значения температуры на входе и выходе двигателя (см. техпаспорт двигателя).

Значения температуры на вторичной стороне выбираются таким образом, чтобы теплообменник охлаждающей воды имел логарифмическую разность температур не менее 4К, а разность температур на входе и выходе составляла не менее 2К (см. также рис. 6.4).

Для жидких охлаждающих сред на вторичной стороне используются пластинчатые теплообменники или трубчатые охладители. Пластинчатые теплообменники имеют очень компактные размеры и легко подвергаются очистке. Мощность можно в определенной степени регулировать путем изменения количества пластин.

Рис. 6.4 Логарифмическая разность температур



Пример

Теплообменник охлаждающей воды двигателя в контуре нагрева имеет следующие расчетные параметры:

Сторона двигателя:	входная температура ϑ'_1 :	90°C	
	выходная температура ϑ''_1 :	84°C	
Сторона контура нагрева:	входная температура ϑ'_2 :	70°C	
	выходная температура ϑ''_2 :	85°C	
В результате: $\Delta\vartheta_A$:		(90°C-85°C)	= 5K
	$\Delta\vartheta_E$:	(84°C-70°C)	= 14K
	$(\Delta\vartheta_A - \Delta\vartheta_E)$:	(5-14)K	= -9K
	$\ln(\Delta\vartheta_A/\Delta\vartheta_E)$:	$\ln(5/14)$	= -1,0296
	$\Delta\Theta$:	(-9 K/-1,0296)	= 8,74K

Таким образом, данный пластинчатый теплообменник соответствует минимальным требованиям $\Delta\Theta \geq 4\text{K}$, $\Delta\vartheta_A$ и $\Delta\vartheta_E \geq 2\text{K}$.

6.4.1.1 Использование теплообменников охлаждающей воды для аварийного охлаждения сырой водой

Если требуется аварийное охлаждение сырой водой, следует провести регулирование выходной температуры аварийного охладителя также с первичной стороны (см. рис. 6.5а).

В результате через охладитель протекает теплая вода только в том случае, если требуется отвод избыточного тепла. Объемный поток на вторичной стороне выбирается таким образом, чтобы выходная температура не превышала ок. 45°C.

Ни в коем случае не выполнять регулирование по схеме, представленной на рис. 6.5b, где через пластинчатый теплообменник аварийного охлаждения постоянно протекает теплая вода. В результате, в зависимости от расхода, сырая вода на вторичной стороне может достичь температуры теплой воды. Со временем этот пластинчатый теплообменник покроется отложениями извести.

Температурный градиент на стороне сырой воды не должен превышать +/- 1 К/мин.

Для сервоприводов контроллер ввода-вывода в системе ТЕМ имеет цифровые выходы для сигнала +/- 24 В, который позволяет открывать и закрывать клапан. Чтобы обеспечить надлежащее регулирование, время рабочего хода клапана (от упора до упора) должно составлять припл. 1 минуту.

Рис. 6.5а Правильная организация организация

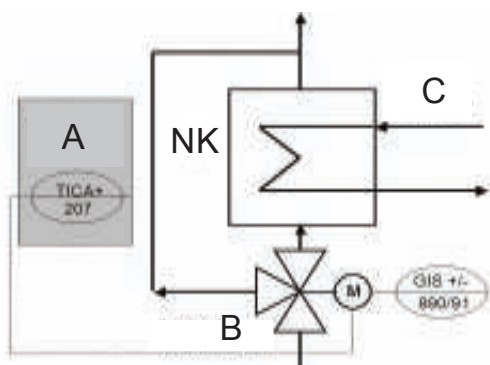
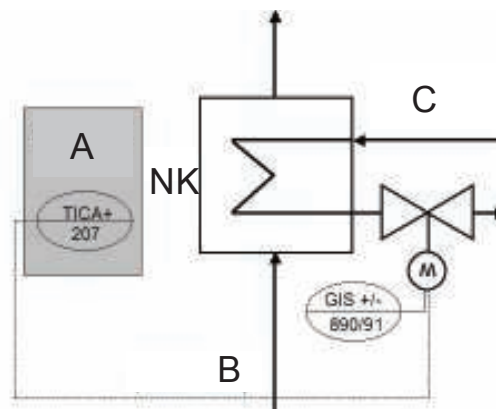


Рис. 6.5b Неправильная организация



- A Контур охлаждения двигателя
- B Первичная сторона (контур двигателя/нагрева)
- C Вторичная сторона
- NK Аварийный охладитель

6.4.2 Теплообменник отработавших газов

Тепловая мощность согласно техпаспорту +7% запас мощности и 10% запас площади с учетом загрязнения.

В биогазовых установках при данных параметрах запас площади не требуется.

При определении температуры охлаждения отработавших газов необходимо учитывать содержание H₂S и серы в газообразном топливе, чтобы избежать образования кислого конденсата, повреждающего теплообменник отработавших газов.

Рекомендуемые температуры охлаждения отработавших газов:

Природный газ:	≥ 120°C
Очистной газ:	≥ 150°C
Свалочный газ и газ из растит.сырья:	≥ 180°C

В целях обеспечения достаточного охлаждения теплообменника отработавших газов необходимо соблюдать указанный изготовителем минимальный объемный поток. После выключения агрегата насос должен некоторое время продолжать работать, чтобы вывести застоявшееся тепло из теплообменника ОГ в водяную систему охлаждения. Данная функция предусмотрена в системе TEM.

6.4.3 Охлаждающие установки

Охлаждающая установка должна отводить возникающее тепло при максимальной температуре окружающей среды.

Если в качестве охлаждающей среды на вторичной стороне используется воздух, применяются вентиляторные охлаждающие установки и башенные охладители.

Небольшие вентиляторные охлаждающие установки могут быть выполнены в форме торцевых охладителей (вертикально расположенная охлаждающая решетка), а крупные установки изготавливаются в виде вентиляторных панелей. В торцевых охладителях вентиляторы нагнетают воздух через охлаждающую решетку, а в вентиляторных панелях воздух всасывается через охлаждающую решетку.

Необходимо учитывать высокий уровень шума вентиляторов при размещении установок в жилых районах. Здесь можно использовать более медленно работающие вентиляторы или принять особые меры по звукоизоляции.

6.4.3.1 Вентиляторная панель

Тепловая мощность согласно техпаспорту +15% запас мощности и +5% запас площади.

Если существует риск загрязнения из окружающей среды (например, листья, пыльца растений, песок, угольная пыль и т.д.), необходимо увеличить расстояние между ламелями таким образом, чтобы

предотвратить слишком быстрое засорение поверхности охладителя, т.к. в противном случае вследствие ухудшения теплообмена не будет обеспечиваться отвод тепла.

В воздухоохладителях необходимо добавлять антифриз в охлаждающую воду, чтобы не допустить замерзания.

При установке вентиляторной панели необходимо обеспечить достаточное расстояние под панелью для надлежащего притока воздуха. При наличии нескольких охладителей следует обеспечить достаточное расстояние между охладителями, чтобы предотвратить короткие замыкания воздушных потоков.

Если вентиляторная панель размещается на высоте более 15 м над двигателем, необходимо установить связующий теплообменник между двигателем и вентиляторной панелью, чтобы обеспечить соблюдение максимальных допустимых значений рабочего давления внутри двигателя, приведенных в п. 6.3.1.2.

6.4.3.1.1 Регулирование вентиляторной панели

Мощность вентиляторной панели зависит от температуры окружающей среды и количества или частоты вращения включенных вентиляторов. Регулирование мощности вентиляторной панели путем изменения количества включенных вентиляторов называется "ступенчатое регулирование", а регулирование путем изменения частоты вращения вентиляторов называется "частотное регулирование FU". Частотное регулирование дает преимущество непрерывной подстройки мощности охладителя в соответствии с отводимой тепловой мощностью. Для различных типов двигателей регулирование вентиляторных панелей для отдельных контуров охлаждения проводится согласно таблице 6.2.

Для отвода тепла из контура охлаждения смеси и/или контура охлаждения двигателя (аварийного охлаждения) через вентиляторные панели следует учитывать следующие правила для газовых двигателей.

Таб. 6.2:

	Охладитель GK	Охладитель МК	Охладитель НК
TCG 2032	Регул. FU	Регул. FU	Регул. FU
TCG 2020	Регул. FU	Регул. FU	Регул. FU
TCG 2016 C	Регул. FU	≥ 6 ступеней	≥ 6 ступеней

FU = преобразователь частоты; GK = контур охлаждения смеси ; МК = контур охлаждения двигателя; НК = контур аварийного охлаждения

Во всех газовых двигателях необходимо организовать отвод тепла из контура охлаждения смеси через вентиляторные панели с частотным регулированием.

Для охлаждения МК и НК двигатель TCG 2016 C может быть оснащен системой охлаждения, состоящей из не менее чем 6 ступеней (6 вентиляторов). Меньшее количество ступеней не допускается. Как вариант рекомендуется частотное регулирование.

При очень низкой температуре окружающей среды (регулярно менее -15°C) все контуры охлаждения должны иметь частотное регулирование.

Только так можно гарантировать, что в любых условиях окружающей среды соблюдаются требуемые условия работы газовых двигателей.

6.4.3.1.2 Вентиляторная панель типа "сэндвич" (не рекомендуется)

В особой конструкции вентиляторной панели типа "сэндвич" две отдельные ступени охлаждения расположены друг над другом, и на них подается воздух от общего вентилятора. Первая ступень обозначается как ступень NT (низкая температура), а вторая ступень обозначается как ступень HT (высокая температура). На ступени NT, как правило, отводится тепло смеси, а на ступени HT - тепло охлаждающей воды двигателя. Данная конструкция охладителя применяется только в установках для производства электроэнергии, т.к. только в электрических модулях возможна равномерная загрузка ступеней HT и NT вентиляторной панели. В установках с утилизацией тепла ступень HT вентиляторной панели типа "сэндвич" используется в целях аварийного охлаждения. Частота вращения вентиляторов при использовании тепла (нет или лишь незначительный отвод тепла через аварийное охлаждение) определяется объемом тепла смеси, отводимым через ступень NT. В связи с этим аварийный охладитель (ступень HT вентиляторной панели типа "сэндвич") при частичной загрузке контура аварийного охлаждения имеет слишком большие размеры и может привести к нестабильности регулирования температуры охлаждающей воды. Поэтому применение охладителей данного типа в установках с утилизацией тепла не разрешается.

6.4.3.2 Башенные охладители

Башенные охладители работают по принципу испарительного охлаждения водой и применяются в закрытом или открытом варианте. В открытом башенном охладителе происходит частичное испарение циркулирующей охлаждающей воды (ок.3%). Необходимо всегда добавлять объем испаренной воды; также необходимо предусмотреть удаление шлама, чтобы предотвратить недопустимое сгущение солей, растворенных в добавляемой воде, на башенном охладителе.

Во всех контурах охлаждения двигателей применяется вода с антикоррозионной защитой и/или антифризом, поэтому эти контуры охлаждения можно подключать к открытому башенному охладителю только через развязывающий теплообменник.

В открытых мокрых башенных охладителях необходимо более часто проводить очистку пластинчатого теплообменника, т.к. внутри башенного охладителя образуются водоросли на пластинах теплообменника. По мере роста толщины слоя водорослей в пластинчатом

теплообменнике ухудшается теплопередача. В результате не отводится тепло из охлаждаемых контуров.

В закрытых башенных охладителях трубопроводы охлаждающей воды опрыскиваются водой, эта вода испаряется, и происходит охлаждение среды внутри трубопровода. В контуре охлаждения отсутствуют потери воды, поэтому закрытые башенные охладители можно напрямую подключать к контуру охлаждения двигателя. Основными расчетными параметрами для обеспечения экономичной работы башенного охладителя являются температура и влажность воздуха.

6.4.4 Холодильные машины

По возможности следует избегать непосредственного подключения холодильных машин к контуру охлаждения двигателя. В случае утечек возможно проникновение, например, LiBr в контур охлаждения двигателя. Чтобы предотвратить это, используется связующий теплообменник в контуре охлаждения двигателя.

В некоторых случаях требуемая температура воды в холодильной машине достигается только путем непосредственного подключения машины к контуру охлаждающей воды двигателя. При этом необходимо выполнить следующие условия:

- соблюдать требования, предъявляемые к качеству охлаждающей воды двигателя, антикоррозийных или антиобледенительных средств;
- добавки охлаждающей воды, разрешенные производителем двигателя, должны быть также разрешены для холодильной машины;
- утечки в теплообменнике холодильной машины могут привести к повреждению охлаждающей системы и двигателя - производитель не несет ответственности за эти убытки.

6.4.5 Насосы охлаждающей воды

Установленные на двигателе насосы охлаждающей воды работают непосредственно от двигателя через зубчатые передачи (в модельном ряду TCD 2016 также через клиновые ремни), тогда как насосы, установленные отдельно, работают от электродвигателей.

В двигателях во встроенными насосами охлаждающей воды пропускная способность и напор насосов выбраны таким образом, чтобы обеспечить достаточный запас давления для протекания воды через установку и разность температуры на входе и выходе двигателя в пределах заданного диапазона. Компоненты установки должны быть рассчитаны таким образом, чтобы их падение давления соответствовало остаточному напору встроенного насоса (без потерь давления на двигателе). Допустимое падение давление в установке указано в соответствующих технических паспортах.

В установках с утилизацией тепла из охлаждающей воды необходимо точное соблюдение температуры на входе и выходе двигателя в целях получения максимально возможного КПД и срока

службы компонентов. Для улучшения индивидуальной регулировки требуемой пропускной способности и напора в этих установках используются электронасосы. При расчете параметров теплообменников и вентиляторных панелей необходимо учитывать заданные запасы мощности, указанные в п. 6.4.1, 6.4.2 и 6.4.3.1. При расчете размеров насосов следует учитывать повышенный объемный поток с запасом мощности, а также связанные с этим повышенные потери давления. Для достижения требуемой разности температур необходима точная настройка расхода охлаждающей воды с помощью дроссельной арматуры.

В контурах охлаждения двигателя (ГК и МК) и в контурах охлаждения с теплообменником отработавших газов необходимо задать постоянный объемный поток, при этом значение не должно опускаться ниже заданного минимального объемного потока. В противном случае может произойти перегревание и повреждение двигателя или теплообменника отработавших газов. По этой причине в данных контурах не разрешается применение насосов с частотным регулированием.

6.4.6 Уравнительные баки, мембранные расширительные сосуды

Для компенсации объемного расширения при нагревании охлаждающей воды в системе охлаждения необходимо предусмотреть уравнительные баки или мембранные расширительные сосуды. В установках с газовыми двигателями всегда применяются мембранные расширительные сосуды, а уравнительные баки используются преимущественно в установках с дизельными двигателями.

Уравнительные баки охлаждающей воды должны быть расположены в верхней точке системы охлаждения. Уравнительная линия бака подключается со стороны всасывания насоса охлаждающей воды. Все воздуховыпускные линии должны быть подключены к уравнительному баку. Выход должен находиться ниже уровня воды. Уравнительные баки оснащаются клапаном для защиты от повышенного/пониженного давления, который при повышенном давлении ок. 0,25 бар продувает воздушную/паровую смесь, а при пониженном давлении ок. 0,1 бар впускает наружный воздух в бак. Система охлаждения закрыта, проникновение воздуха практически исключено. Кроме того, на уравнительных баках устанавливается защита от недостатка воды, которая предотвращает опорожнение баков и всасывание воздуха в установку. Эта защита от недостатка воды включается вместе с защитой от недостатка воды соответствующего контура в последовательную электрическую цепь. Объем уравнительного бака должен составлять ок. 15% от общего объема охлаждающей жидкости в системе.

В мембранных расширительных сосудах компенсация объемного расширения при нагревании охлаждающей воды происходит за счет сжатия газового пузыря. Результирующий рост статического давления в системе зависит от размеров выбранного расширительного сосуда. Расширительные сосуды подключаются со стороны всасывания насоса. При использовании мембранного расширительного сосуда необходимо установить предохранительный клапан для защиты контура охлаждающей воды от избыточного давления. В контурах охлаждения двигателя и смеси применяются предохранительные клапаны с давлением срабатывания 3,0 бар. Клапаны располагаются как можно ближе к выходу охлаждающей воды двигателя.

При расчете параметров расширительных сосудов необходимо учитывать статическое давление, падение давления потока между предохранительным клапаном и расширительным сосудом, а также водяной затвор. Объем водяного затвора в контурах охлаждения двигателя и смеси должен составлять ок. 10-15% от объема охлаждающей воды, однако не должен превышать 20 литров.

6.4.7 Регуляторы температуры

В качестве регуляторов температуры используются механические термостаты с твердым наполнителем без вспомогательной энергии или электронные регуляторы с электронным сервоприводом.

Механические регуляторы температуры с расположенными внутри термостатами с твердым наполнителем обладают высокой прочностью и не требуют техобслуживания. Коэффициент пропорциональности регулирования температуры составляет 8-10К. В зависимости от текущей мощности двигателя и условий эксплуатации охладителя температура охлаждающей воды изменяется в пределах диапазона регулирования. При этом регулирование постоянной температуры не выполняется. Эти регуляторы применяются только в установках, где не требуется точное регулирование температуры до заданного номинального значения. Как правило, это установки для производства электроэнергии с дизельными агрегатами.

Электронные регуляторы температуры способны регулировать температуру до постоянного номинального значения. Точная настройка температуры особенно важна для установок с утилизацией тепла и одновременным требованием высокого общего КПД.

Номинальные внутренние диаметры регуляторов температуры задаются таким образом, чтобы падение давления на регуляторе при соответствующем расходе воды составляло 0,2-0,5 бар в проходе (байпасный клапан закрыт).

В установках с газовыми двигателями всегда применяются электронные регуляторы температуры.

6.4.8 Группа контроля охлаждающей воды

Группа контроля охлаждающей воды выполняет три функции: защита от повышенного давления, выпуск воздуха из контура охлаждения и контроль уровня охлаждающей воды. Группа контроля охлаждающей воды устанавливается в верхней точке системы водяного охлаждения непосредственно после двигателя. В двигателях модельного ряда TCG 2016 С к контрольной группе необходимо подключить воздуховыпускную линию.

Кроме того, необходимо контролировать поток охлаждающей жидкости двигателя с помощью разности давления.

6.4.9 Предварительный подогрев охлаждающей воды

Для надежного запуска двигателя агрегаты газовых двигателей всегда оснащаются предварительным подогревом охлаждающей воды. Для предварительного подогрева воды и масла в моделях TCG 2032 используются комплексные агрегаты с насосом, теплообменником, штифтовыми нагревателями и электрическим регулированием. Для модельных рядов TCG 2016 C и TCG 2020 была разработано устройство предварительного подогрева, которое устанавливается в трубопровод охлаждающей воды перед двигателем. В качестве циркуляционного насоса используется насос охлаждающей воды с электроприводом. Регулирование осуществляется с помощью системы TEM.

Предварительный подогрев также необходим в дизельных агрегатах, если требуется быстрая передача нагрузки на агрегат или возможно понижение температуры в машинном помещении ниже 10°C.

6.5 Трубопроводы

Трубопроводы для систем охлаждения всегда изготавливаются из бесшовных стальных труб. Не разрешается применение оцинкованных стальных труб и медных труб.

См. указания в разделе 20.

При расчете размеров трубопроводов необходимо соблюдать следующие ориентировочные значения:

- Скорость потока со стороны установки: < 3,5 м/с
- Скорость потока со стороны всасывания насоса: < 2,0 м/с
- Падение давления потока в соответствующем контуре охлаждения при расчетном объемном потоке не должно превышать напор используемого насоса.

Трубопроводы прокладываются с минимальной длиной и без механического напряжения. Все компоненты должны быть жестко установлены, при необходимости следует обеспечить вибрационную развязку. Не допускать изгиба труб под острым углом и сужения труб. Материалы уплотнителей, резиновых муфт и шлангов должны обладать устойчивостью к воздействию антикоррозионных средств, топлива и смазочного масла.

6.6 Выпуск воздуха из систем охлаждения

Необходимо обеспечить постоянный выпуск воздуха из системы водяного охлаждения. В системах с уравнительными баками восходящие воздуховыпускные линии подключаются снизу к уравнительному баку. В установках с мембранными расширительными сосудами выпуск воздуха осуществляется через воздуховыпускной клапан, встроенный в контрольную группу или трубопровод. Подводящая линия охлаждающей воды располагается таким образом, чтобы избежать образования скоплений воздуха в системе, при необходимости следует предусмотреть дополнительные устройства для постоянного выпуска воздуха или воздуховыпускные краны в верхних точках системы.

Для обеспечения надежной работы системы охлаждения без скачков давления необходимо обязательно организовать выпуск воздуха из системы или автоматический отвод образуемых воздушных пузырей.

В системах с уравнительными баками уравнительная линия должна быть с минимальным сопротивлением подключена в нисходящем направлении со стороны всасывания циркуляционного насоса.

6.7 Качество охлаждающей жидкости

В двигателях с жидкостным охлаждением требуется очистка и контроль охлаждающей жидкости, т.к. в противном случае возможны повреждения вследствие коррозии, кавитации или замерзания.

Подробные сведения о качестве воды, антикоррозийных и антиобледенительных средствах содержатся в техническом циркуляре для охлаждающей жидкости, где также указаны разрешенные добавки к охлаждающей жидкости известных производителей. Применение каких-либо иных средств запрещается.

6.8 Контур нагрева

В установках с утилизацией тепла создаваемое в двигателе тепло передается в контур нагрева. Основными компонентами для подключения контура нагрева со стороны модуля являются теплообменник охлаждающей воды, теплообменник отработавших газов, циркуляционный насос, дроссельный клапан и трехходовой клапан для регулирования температуры. Тепловая мощность, отводимая от двигателя через охлаждающую воду и отработавшие газы, а также соответствующие значения расхода и разности температур заданы для различных режимов работы двигателей. Пропускная способность циркуляционного насоса в контуре нагрева определяется разностью температур между подводящей и возвратной линиями контура нагрева. При расчете размеров насосов следует учитывать повышенный объемный поток с запасом мощности, а также связанные с этим повышенные потери давления. См. рис. 6.2, системный предел 4.

В контуре нагрева также необходимо предусмотреть устройство для поддержания давления, которое, как правило, устанавливается в качестве сборника в возвратной линии.

Контур нагрева организуется таким образом, чтобы независимо от операций управления и регулирования обеспечить протекание среды по заданной ветви контура нагрева (раздел 6.7, часть 1) без изменений разности давления (гидравлическая развязка). Для этого рекомендуется использовать аккумуляторы тепла (см. рис. 6.6), которые обеспечивают развязку контуров производства и утилизации тепла.

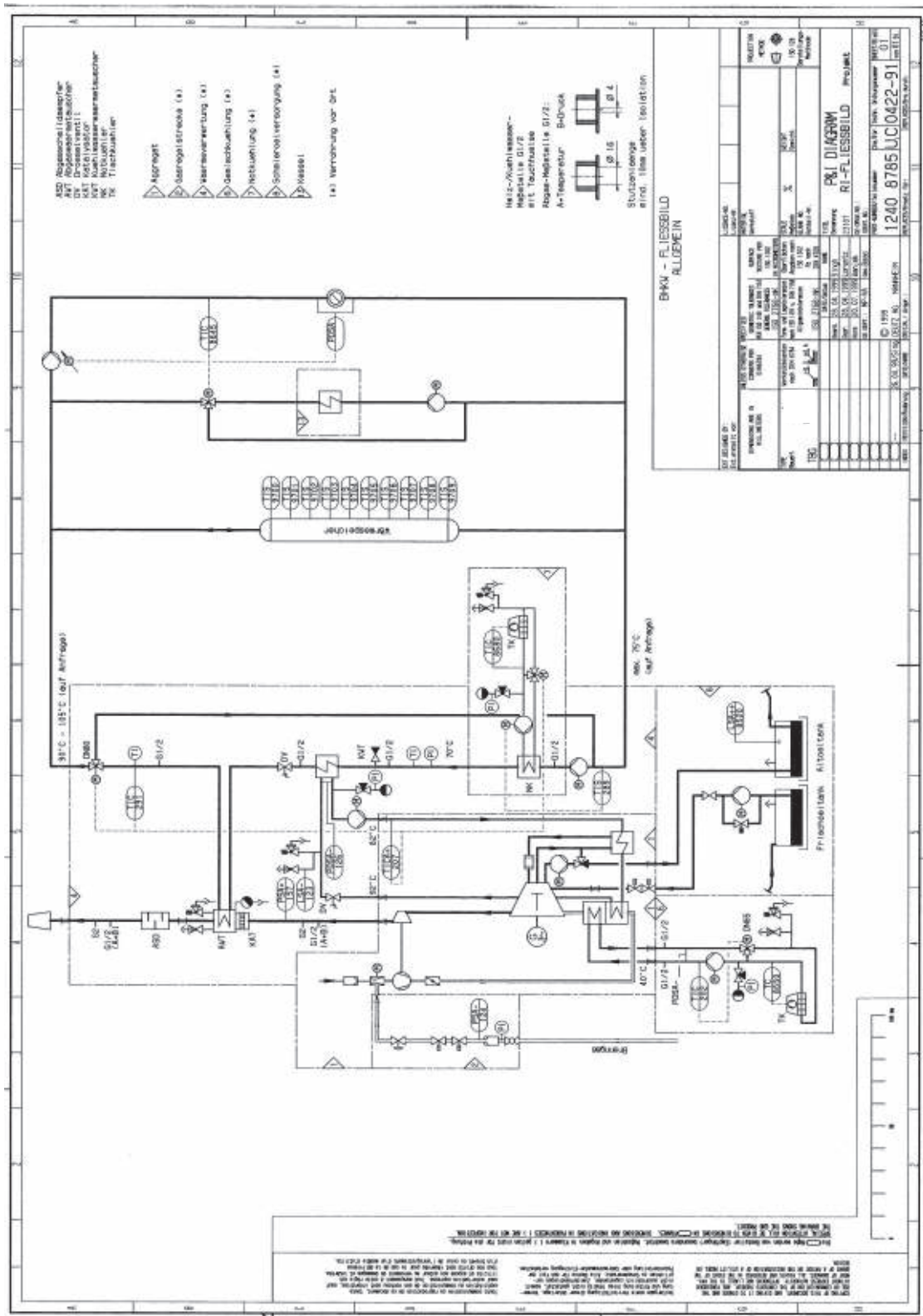
6.9 Охлаждающая среда в контуре нагрева

Контур нагрева представляет собой закрытый контур. Здесь также необходимо поддерживать определенное качество воды. Особенно кислород, хлориды и сероводород способствуют образованию коррозии в системе. Растворенные соли выпадают в виде кристаллов в точках повышенного теплообмена и приводят к образованию отложений, которые отрицательно влияют на теплообмен (например, котельная накипь). Особенно в теплообменниках отработавших газов, где вода имеет высокую температуру, существует опасность образования кристаллических отложений в точках теплопередачи.

Эти проявления можно сократить путем добавления ингибиторов в горячую воду и выбора соответствующих материалов теплообменников. Проверка проводится для каждого конкретного случая.

Если теплообменник отработавших газов встраивается в контур нагрева и качество горячей воды не соответствует минимальным требованиям к качеству воды в контурах нагрева согласно техническому циркуляру для охлаждающей жидкости, необходимо предусмотреть отдельный связующий контур с дополнительным теплообменником между теплообменником ОГ и потребителем тепла. Таким образом обеспечивается защита теплообменника ОГ от повреждений вследствие загрязнения горячей воды.

Рис. 6.6 Схема трубопроводов и КИП с гидравлической развязкой систем производства и утилизации тепла



Легенда к схеме трубопроводов и КИП на рис. 6.6

1	Агрегат
2	Участок регулирования газа
4	Утилизация тепла
6	Охлаждение смеси
7	Аварийный охладитель
8	Подача смазочного масла
13	Котел
ASD	Глушитель шума отработавших газов
AWT	Теплообменник отработавших газов
DV	Дроссельный клапан
KAT	Катализатор
KWT	Теплообменник охлаждающей воды
NK	Аварийный охладитель
TK	Вентиляторная панель

6.10 Предписания по расчету параметров контура нагрева

При расчете параметров контура нагрева действуют предписания для водонагревательных и котельных установок.

Предписания:

- | | |
|----------------|--|
| DIN EN 12828 | Системы отопления зданий (для макс. рабочей температуры 105°C) Если при проектировании и строительстве установок для производства тепла требуются страховочные температуры > 110°C, рекомендуется провести предварительное согласование с TÜV или другим уполномоченным органом, чтобы определить желаемое и необходимое для назначения испытательных сроков (Положение об эксплуатационной безопасности BetrSichV) оснащение. |
| TRD 604 лист 1 | Эксплуатация котельных установок с парогенераторами группы IV без постоянного надзора |
| TRD 604 лист 2 | Эксплуатация котельных установок с водоподогревателями группы IV без постоянного надзора |
| TRD 702 | Котельные установки с водоподогревателями группы II |

В зависимости от температуры в подводящей линии контура нагрева (90°C, 100°C или 120°C) необходимо установить соответствующие датчики для защиты теплообменника ОГ и контура нагрева. Сигналы датчиков обрабатываются в системе TEM.

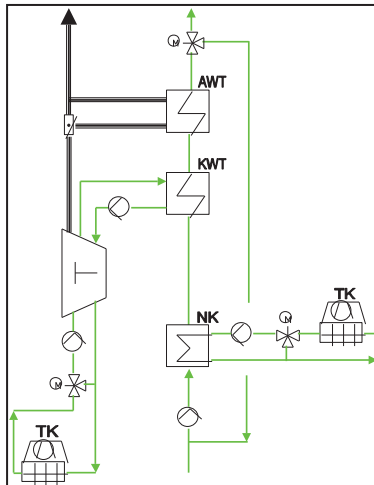
Для систем наблюдения (датчики с обработкой сигналов в системе TEM) было выдано разрешение TÜV, что позволяет быстрее проводить отдельные испытания TÜV для каждой установки.

6.11 Аварийный контур охлаждения

В установках, где не всегда гарантируется теплоотвод через контур нагрева, но при этом должна обеспечиваться электрическая мощность агрегата, отвод тепла из двигателя осуществляется через аварийный контур охлаждения. Способ подключения аварийного контура охлаждения зависит от конструкции установки. В зависимости от расположения теплообменника отработавших газов или масляного радиатора установки в установках с двигателями TCG 2032 необходимо подключать аварийный контур охлаждения таким образом, чтобы гарантировать надежную работу этих компонентов также без теплоотвода через контур нагрева.

Как правило, теплоотвод выполняется с помощью аварийного теплообменника, встроенного в контур нагрева и подключенного к вентиляторной панели или башенному охладителю. См. рис. 6.7. При расчете размеров насосов следует учитывать повышенный объемный поток с запасом мощности, а также связанные с этим повышенные потери давления.

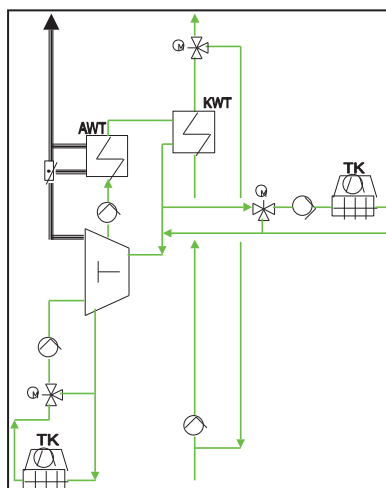
Рис. 6.7 Аварийное охлаждение со связующим теплообменником в контуре нагрева



- AWT = Теплообменник отработавших газов
- KWT = Теплообменник охлаждающей воды
- NK = Аварийный охладитель
- TK = Вентиляторная панель

Если производимое двигателем тепло, т.е. тепло охлаждающей воды, отработавших газов и смазочного масла (для 2032), передается через теплообменник в контур нагрева, можно включить аварийный охладитель непосредственно в контур охлаждения двигателя без дополнительного связующего теплообменника. См. рис. 6.8.

Рис. 6.8 Непосредственное включение аварийного охлаждения в контур двигателя



- AWT = Теплообменник отработавших газов
- KWT = Теплообменник охлаждающей воды
- TK = Вентиляторная панель

Монтаж энергетических установок

Раздел 7

Топливная система

июнь 2012 г.

Содержание

7.	Топливная система	3
7.1	Сорта топлива	3
7.2	Жидкое топливо.....	3
7.2.1	Топливные системы	4
7.2.2	Открытые системы	4
7.2.3	Компоненты топливной системы	6
7.2.3.1	Суточная топливная цистерна	6
7.2.3.2	Фильтрация топлива	6
7.2.3.3	Измерение расхода.....	7
7.2.3.4	Конечный подогреватель.....	7
7.2.4	Расчет размеров топливопроводов.....	7
7.3	Газообразное топливо	8
7.3.1	Метановое число	8
7.3.2	Попутные газы и сопутствующие вещества.....	8
7.3.3	Водяной пар, пары углеводородов и пыль в газе	9
7.3.4	Осушка газов с охлаждением.....	9
7.3.5	Фильтр с активированным углем	10
7.3.6	Очистка смеси.....	11
7.3.7	Участок регулирования газа	13
7.3.7.1	Участок предварительного регулирования	14
7.3.7.2	Двухгазовый режим	15
7.3.7.3	Указания по установке участков регулирования газа	16
7.3.7.4	Указания для продувочных и воздушных линий на участках регулирования газа.....	17
7.3.8	Смеситель газа	18
7.3.9	Дроссельный клапан	19
7.3.10	Первый запуск биогазовых установок	19
7.4	Указания по монтажу и техобслуживанию газовых установок.....	19
7.4.1	Предписания	19
7.4.2	Техобслуживание и ремонт	20

7. Топливная система

7.1 Сорты топлива

В зависимости от конструкции топливной системы двигатели различных модельных рядов могут работать на жидком или газообразном топливе. В таблице 7.1 приводятся данные о типе топлива для различных модельных рядов.

Таб. 7.1

Модельный ряд	Жидкое топливо	Газообразное топливо
TCD 2016	■	
TCG 2016 C		■
TCD 2020	■	
TCG 2020(K)		■
TCG 2032		■

7.2 Жидкое топливо

Двигатели на основе жидкого топлива работают по 4-тактному дизельному принципу: в камере сгорания цилиндра происходит сжатие воздуха и впрыск топлива под высоким давлением. Смесь воздуха и топлива воспламеняется и сгорает.

Виды топлива, разрешенные для различных модельных рядов двигателей, можно разделить на две группы: дистиллятное топливо и смешанное топливо. Подробная спецификация различных типов топлива и общие указания по очистке топлива содержатся в соответствующих технических циркулярах.

Основным критерием классификации топлива является вязкость, которая зависит от температуры и, как правило, указывается в сантистоксах (сСт) при определенной температуре. В зависимости от вязкости топлива на установке требуется трудоемкая очистка топлива перед его подачей на сжигание в двигателе.

7.2.1 Топливные системы

Предлагаемые MWM дизельные двигатели модельного ряда TCD 2016 и TCD 2020 предназначены только для работы с дистиллятным и смешанным топливом.

7.2.2 Открытые системы

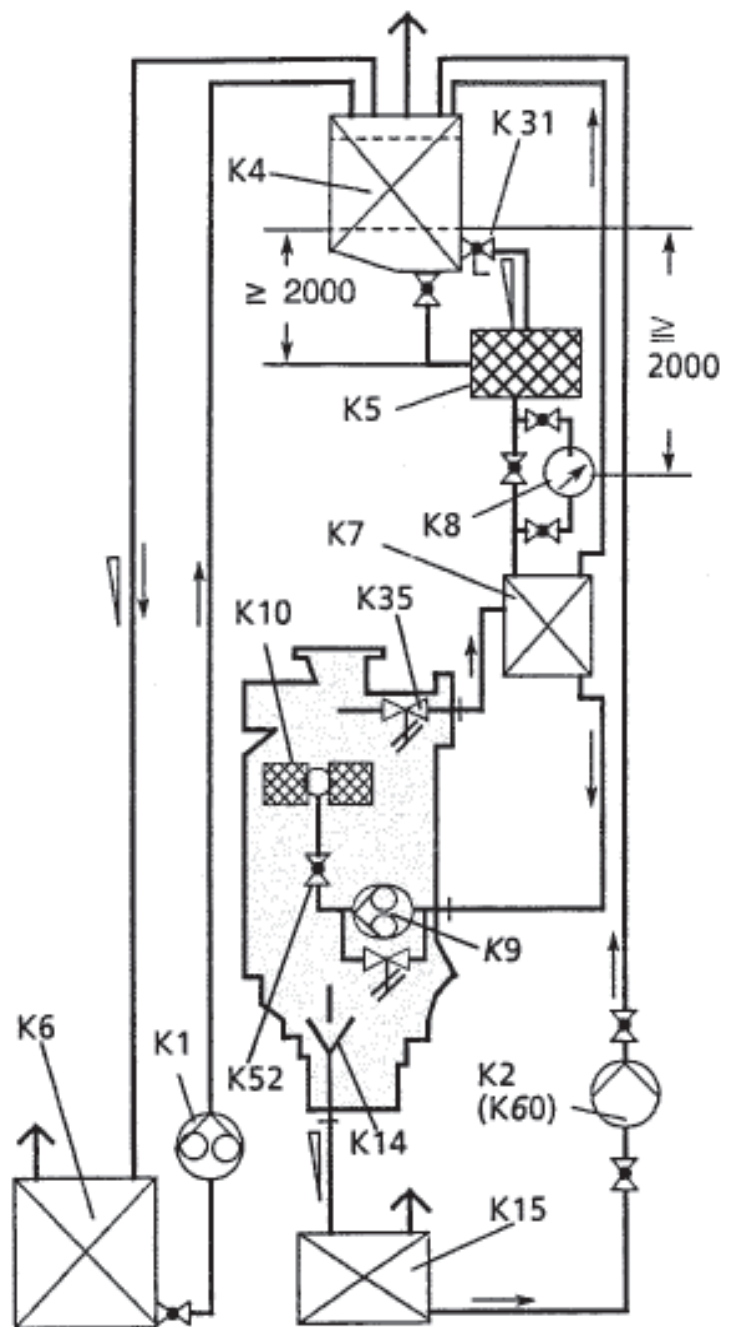
Открытая система означает, что топливо под атмосферным давлением подается в топливную систему двигателя. Эта система применяется при работе с дистиллятным и смешанным топливом.

На рис. 7.1 показана топливная система для дистиллятного топлива.

Топливо хранится в суточной цистерне K4. Посредством подводящей линии суточная цистерна соединена с топливоподкачивающим насосом K9, который в зависимости от типа двигателя может быть установлен на двигателе или отдельно в виде отдельного насосного агрегата, подающего топливо на впрыскивающие насосы двигателя. Пропускная способность топливоподкачивающего насоса в 2-3 раза превосходит фактический расход топлива в двигателе. Избыточное топливо поступает обратно в суточную цистерну через регулировочный перепускной клапан K35, обратную линию и промежуточный бак K7. Очень малые утечки масла на впрыскивающих клапанах и насосах в зависимости от типа двигателя поступают в обратную линию топлива, ведущую к суточной цистерне, или собираются в сливном масляном баке K15, который опорожняется в суточную цистерну по достижении верхней отметки уровня заполнения.

Рис. 7.1 Топливная система для дистиллятного топлива

- К 1 Агрегат перекачивающего насоса
- К 2 Ручной лопастной насос
(или К 60)
- К 4 Суточная цистерна
- К 5 Двойной фильтр предварительной очистки
- К 6 Запасной бак
- К 7 Промежуточный бак
- К 8 Расходомер
- К 9 Подкачивающий насос
- К10 Фильтр тонкой очистки
- К14 Сливная масляная воронка
- К15 Сливной масляный бак
- К17 Одинарный фильтр предварительной очистки
- К31 Быстродействующий клапан отсечки
- К35 Перепускной клапан
- К52 Обратный клапан
- К60 Электронасос для слива утечек топлива



7.2.3 Компоненты топливной системы

7.2.3.1 Суточная топливная цистерна

Для стационарных установок предусмотрена суточная цистерна, рассчитанная на эксплуатацию двигателя в течение 8-10 часов. Цистерна должна быть расположена на уровне не менее чем 500 мм над уровнем впрыска, чтобы обеспечить предварительный напор топлива, подаваемого на подкачивающий насос. В зависимости от дополнительных компонентов в подводящем топливопроводе (например, фильтр предварительной очистки или расходомер топлива) необходимо установить суточную цистерну на большей высоте в целях компенсации потерь давления, возникающих в топливопроводе, однако максимальная высота не должна превышать 5 метров над уровнем впрыска, т.к. в зависимости от конструкции впрыскивающих насосов высокий предварительный напор топлива может привести к разжижению смазочного масла во время простоя оборудования. В результате возможно проникновение топлива в смазочную систему через зазор плунжера во впрыскивающих насосах.

В связи с этим двигатели модельного ряда TCD 2020, снабжаемые топливом из верхнего топливного бака, всегда должны быть оснащены электромагнитным клапаном в подводящем и обратном топливопроводе.

Во избежание загрязнения системы не разрешается размещать разъемы непосредственно у дна резервуара.

В зависимости от размеров суточная топливная цистерна устанавливается на стальных кронштейнах или стальном каркасе.

При выборе и установке цистерны необходимо соблюдать соответствующие официальные предписания по обращению с опасными веществами. Резервуары должны иметь защиту от утечек, т.е. под резервуаром необходимо разместить приемную ванну с переключающим контактом для сигнализации утечек, или резервуар должен иметь двойные стенки с прибором для обнаружения утечек. Как правило, для заполнения резервуаров используется перекачивающий топливный насос. Управление перекачивающими насосами осуществляется посредством одного или нескольких зондов уровня, встроенных в суточную топливную цистерну. В случае ошибочного включения контакты минимального и максимального уровня формируют аварийный сигнал. Резервуары, не имеющие обратной линии к запасному баку, должны быть оснащены независимым контактом уровня для защиты от переполнения.

Дополнительно можно оснащать суточные цистерны устройствами для локальной или дистанционной индикации уровня топлива в цистерне.

Для суточной топливной цистерны необходимо обеспечить вывод воздуха наружу.

7.2.3.2 Фильтрация топлива

В подводящий топливопровод к двигателю встраивается фильтр грубой очистки с размером ячеек 200 мкм, который служит для защиты отдельных или установленных на двигателе топливоподкачивающих насосов. Перед впрыскивающими насосами размещается фильтр тонкой очистки с размером ячеек 10 мкм.

7.2.3.3 Измерение расхода

Существуют два способа измерения расхода топлива:

Измерение расхода с помощью индикатора часового типа

При измерении расхода с помощью индикатора часового типа между суточной цистерной и двигателем размещается промежуточный бак. Расходомер встраивается в линию, ведущую к промежуточному баку. Подводящий и обратный топливопровод к двигателю подключаются к промежуточному баку. В результате расходомер измеряет только эффективный расход топлива. Воздух из промежуточного бака выпускается в суточную цистерну.

Примечание: если топливо из суточной топливной цистерны поступает через расположенный выше купол, необходимо установить промежуточный бак на высоте не менее чем 2 м ниже суточной цистерны, чтобы через воздуховыпускную линию промежуточного бака не всасывался воздух и столб топлива обрывался в подводящей линии.

Измерение расхода с помощью двух индикаторов часового типа

При измерении расхода с помощью двух индикаторов часового типа один индикатор встраивается в подводящий топливопровод к двигателю, а второй индикатор - в обратный топливопровод. Счетчики оснащены датчиками импульсов. На основе разности импульсов электронным способом рассчитывается эффективный расход топлива в двигателе.

7.2.3.4 Конечный подогреватель

При работе со смешанным топливом требуется предварительный подогрев топлива для достижения заданной вязкости впрыскивания 9,5 - 12 сСт. Для этого в подводящий топливопровод к двигателю встраивается конечный подогреватель, в котором с помощью температурного регулирования происходит нагревание топлива до требуемой температуры впрыскивания.

7.2.4 Расчет размеров топливопроводов

При расчете размеров топливопроводов за основу берется средняя скорость жидкости в трубе. Эта скорость должна составлять 1,0 - 2,0 м/с. При прокладке трубопроводов необходимо соблюдать указания, приведенные в разделе 18 «Прокладка трубопроводов».

Для топливопроводов разрешается использовать только стальные или медные трубы.

7.3 Газообразное топливо

Двигатели, работающие на основе горючего газа, представляют собой 4-тактные двигатели внутреннего сгорания с принудительным зажиганием. Газовоздушная смесь подается в камеру сгорания и принудительно воспламеняется с помощью свечи зажигания.

В качестве горючих газов, как правило, используется природный газ, очистной газ, свалочный газ и биогаз. По сравнению с природным газом очистной газ, свалочный газ и биогаз имеют более низкую теплотворную способность и поэтому рассматриваются как слабые газы. Основными составляющими газов являются углеводороды (метан, этан, бутан и пропан), азот и диоксид углерода.

В техническом циркуляре для горючих газов перечислены минимальные требования, предъявляемые к горючим газам.

Применение специальных газов (нефтяной газ, рудничный газ и т.д.) для эксплуатации двигателей необходимо согласовать с производителем.

7.3.1 Метановое число

Важной характеристикой газов, используемых в газовых двигателях, является детонационная стойкость: газовая смесь не должна самостоятельно воспламениться до момента зажигания, а после зажигания не должна происходить внезапная детонация смеси за счет реакций самовоспламенения.

Для оценки детонационной стойкости газа используется метановое число. Это число показывает, в какой степени детонационная стойкость исследуемого горючего газа в испытываемом двигателе соответствует детонационной стойкости эквивалентной смеси метана и водорода. Для обеспечения детонационной безопасности применяемых газов необходимо соблюдать метановое число, указанное в техпаспортах. Метановое число горючего газа можно определить с помощью газоанализатора. В соответствующей рабочей карте описывается порядок действий по отбору газовых проб. Эта рабочая карта прилагается в комплекте ко всем руководствам по эксплуатации.

7.3.2 Попутные газы и сопутствующие вещества

Основным попутным газом для очистного газа и биогаза является сероводород. Свалочный газ сопровождается хлоро- и фтороуглеводородами. В результате при сгорании в отработавших газах образуются сернистая, соляная и фтористоводородная кислоты, которые опасны для двигательной установки, смазочного масла и всей выхлопной системы. Во избежание повреждений в выхлопной системе со стороны установки, которые возможны вследствие падения температуры ниже точки росы этих кислот, не разрешается охлаждение отработавших газов ниже 180°C. При охлаждении ниже 180°C требуется соответствующая очистка горючего газа (например, обессеривание).

Кроме того, свалочные газы зачастую загрязнены газообразными силоксанами. В процессе сгорания в газовом двигателе силоксаны превращаются в диоксид кремния и образуют отложения, которые приводят к более быстрому износу двигателя, поршней и гильз цилиндров. Здесь обязательно требуется очистка газа.

В техническом циркуляре для горючих газов перечислены минимальные требования, предъявляемые к горючим газам. Эти параметры относятся только к газам в газовых двигателях. Если установки оснащены катализаторами в выхлопной системе, наряду с минимальными требованиями к газу в двигателях необходимо учитывать дополнительные ограничения в зависимости от выбранного типа катализатора. Как правило, требуется очистка газа.

Необходимо провести исследование используемых газов, чтобы определить точное содержание вредных веществ и сравнить его с предельными значениями.

7.3.3 Водяной пар, пары углеводородов и пыль в газе

Чтобы исключить возможность образования конденсата в двигателе во всех рабочих состояниях, в т.ч. при холодном запуске двигателя, необходимо ограничить содержание водяного пара в двигателе. Относительная влажность горючего газа не должна превышать 80% при минимальной температуре газа. Более высокие значения влажности требуют особого разрешения.

Пары высших углеводородов приводят к снижению метанового числа. При конденсации этих паров во впускном тракте происходит гетерогенное капельное горение. Возникает опасность горения с детонацией. При этом также невозможно соблюдение требований по чистоте отработавших газов.

Содержание пыли (размер частиц 3-10 мкм) в газе ограничено до 10 мг/м³nCH₄ в горючем газе. Более высокое содержание пыли с данным размером частиц приводит к образованию отложений и сильному загрязнению смазочного масла, что также повышает износ.

7.3.4 Осушка газов с охлаждением

Для всех биогенных специальных газов и всех газов с относительной влажностью более 80% требуется осушка газа. Для этого рекомендуется технология осушки газов с охлаждением. Биогаз (из растительного сырья), очистной и свалочный газы, как правило, насыщены влагой и поэтому непригодны для непосредственного применения. Положительным побочным эффектом осушки газов с охлаждением является вымывание вредных веществ из газа. Особенно водорастворимые вещества (например, аммиак) переходят в конденсат.

Система осушки газов с охлаждением состоит из газоохладителя, каплеотделителя и газонагревателя. Газоохладитель, как правило, оснащен блоком холодной воды; он снижает точку росы и абсолютную влажность горючего газа. Каплеотделитель обеспечивает отделение даже самых мелких капель из потока газа, поэтому эти капли не испаряются в ходе последующего нагревания. Последующее нагревание не изменяет абсолютную влажность, однако снижает относительную влажность. Только на этом этапе происходит осушка газа. Для нагревания используется водяной газонагреватель с газовым теплообменником, который использует теплоту охлаждаемого газа, или входная теплота компрессора.

Прочие конструкции системы возможны, если выполняются все необходимые функции. Подземные газопроводы обладают низкой эффективностью в классах мощности предлагаемых агрегатов, т.к. они, как правило, непригодны для круглогодичного охлаждения газа.

7.3.5 Фильтр с активированным углем

Для тонкой очистки биогаза от серы используется легированный или пропитанный активированный уголь. Биологические методы позволяют надежно и экономично удалять из биогаза высшие сероводородные фракции, однако зачастую биологических методов бывает недостаточно для того, чтобы полностью очистить биогаз от серы и обеспечить безопасную работу катализатора окисления с теплообменником отработавших газов в выпускном тракте.

Легированный или пропитанный активированный уголь (как правило, йодид калия) поглощает сероводород (H_2S) на поверхности угля и каталитически окисляет его в простую серу (S). H_2S в виде газа может повторно десорбировать (причиной может стать теплый или влажный горючий газ, например, в случае выхода из строя системы осушки газов с охлаждением), тогда как десорбция простой серы как твердого вещества невозможна. Благодаря этой химической реакции сера более прочно связана с углем. При этом также повышается наполнительная способность активированного угля. Для качественного активированного угля в хороших условиях эксплуатации (см. указания производителя) наполнительная способность составляет 500 г серы на 1 кг активированного угля или выше. Таким образом на многих биогазовых установках достигается относительно высокий срок службы 2000 - 8000 часов эксплуатации.

Если активированный уголь соответствует параметрам потока газа (скорость набегающего потока и падение давления) и соблюдено время нахождения горючего газа в слое активированного угля, йодированный активированный уголь способен уменьшить содержание H_2S до такой степени, что H_2S будет невозможно обнаружить полевыми измерительными приборами. Эта степень очистки сохраняется в течение всего срока службы. Активированный уголь обладает очень высокой реактивностью, поэтому его можно мысленно разделить на три слоя: незаполненный активированный уголь до зоны адсорбции, зона адсорбции (малые размеры по сравнению с размером резервуара) и заполненный слой за активным слоем. Зона адсорбции перемещается через адсорбер в направлении потока газа. На выходе газа при измерении содержания H_2S невозможно измерить это перемещение зоны адсорбции, т.е. на выходе отсутствует возможность определения загрузки адсорбера.

Если зона адсорбции доходит до выхода адсорбера, содержание H_2S в течение нескольких дней повышается до полной концентрации на входе. Это явление называется «проскок», необходимо принять технические меры для его предотвращения.

Первый вариант: предусмотреть постоянный контроль H_2S в слое активированного угля на небольшом расстоянии от выхода газа, чтобы при отборе газовой пробы из слоя активированного угля подавалось предупреждение. Таким образом можно предотвратить проскок зоны адсорбции через активированный уголь путем замены активированного угля, однако при этом всегда также выбрасывается определенное количество незаполненного активированного угля.

Второй вариант: две отдельные схемы загрузки активированного угля. Рабочий фильтр для адсорбции и контрольный фильтр, который в случае проскока рабочего фильтра гарантирует продолжение тонкой очистки газа от серы. Непрерывное измерение концентрации H_2S между двумя слоями позволяет сделать вывод о проскоке рабочего фильтра. В ходе замены полностью заполненный рабочий фильтр

выбрасывается, контрольный фильтр становится новым рабочим фильтром, а новый контрольный фильтр заполняется свежим активированным углем. Для этого используется пересыпка или соответствующая система заслонок. Если контрольный фильтр имеет достаточно большие размеры (например, не меньше рабочего фильтра), возможна отсрочка замены рабочего фильтра. Это позволяет проводить замену активированного угля одновременно с техобслуживанием двигателя.

Не разрешается шунтирование активированного угля байпасом. Во-первых, в этом случае сложно подтвердить, что байпас не был введен в действие и горючий газ обладал требуемым качеством. Во-вторых, даже краткой эксплуатации двигателя на основе горючего газа с содержанием H₂S достаточно для образования серной кислоты в катализаторе ОГ и дальнейшей конденсации этой кислоты в теплообменнике ОГ.

Наполнительная способность активированного угля также зависит от влажности и температуры газа. В общем случае газ должен быть сухим (не допускать пересушки) и не очень холодным, т.к. это замедляет химическую реакцию на поверхности активированного угля. Точные данные приведены в техпаспортах для активированного угля. Для более точного контроля состояния газа при использовании активированного угля следует предварительно включить в схему систему охлаждения газов с охлаждением и последующим нагреванием для кондиционирования.

Адсорбция кремнийорганических углеводородов отличается от адсорбции H₂S. Она выполняется для очистного и свалочного газа, а также частично для горючего газа в биогазовых установках, предназначенных для переработки отходов.

Для адсорбции кремнийорганических соединений используется нелегированный активированный уголь. Вредные вещества поглощаются на поверхности угля. При этом химическая реакция отсутствует, поэтому возможна десорбция поглощенных веществ.

Дополнительные трудности заключаются в том, что активированный уголь обладает не очень высокой накопительной способностью для углеводородов, а также что происходит адсорбция не только кремнийорганических соединений, но всех углеводородов (несмотря на то, что чистые углеводороды не нарушают процесс сгорания в двигателе и поэтому их сепарация не требуется).

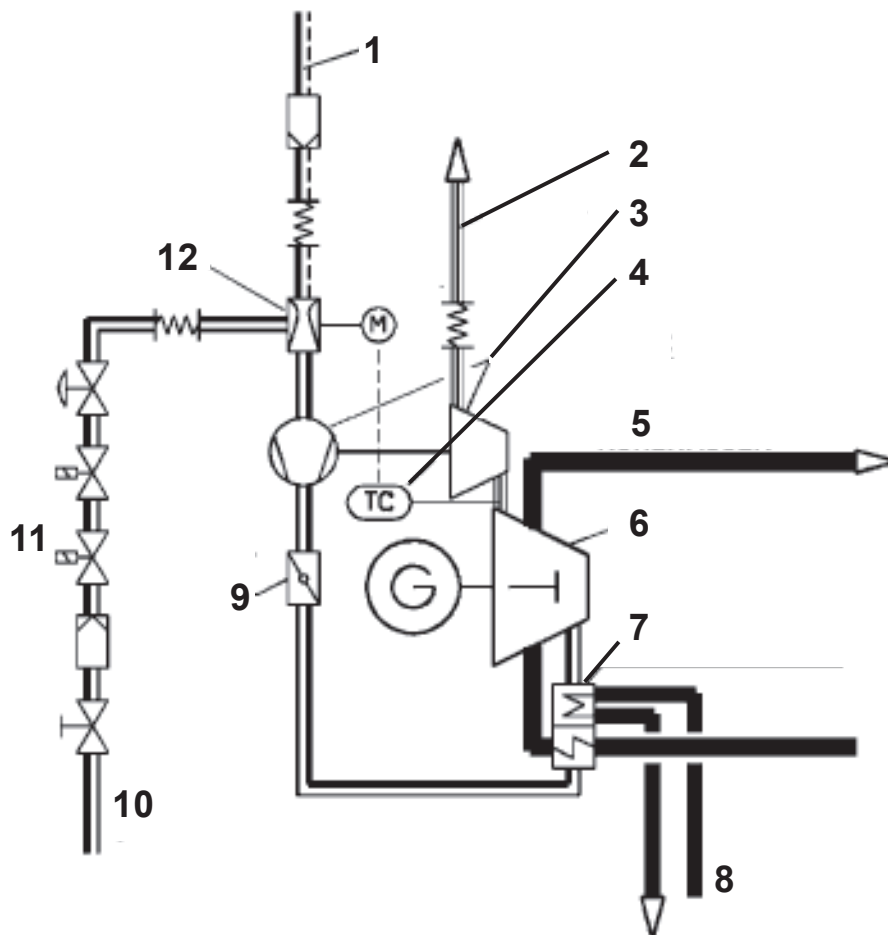
Таким образом, для тонкой очистки газов от серы разработана надежная экономичная система, тогда как удаление других вредных веществ с помощью активированного угля является намного более трудоемким и дорогостоящим процессом, поэтому здесь необходимо принять обдуманное решение.

7.3.6 Очистка смеси

Регулирование уровня выбросов в ОГ газового двигателя осуществляется путем управления газовой смесью. Основными компонентами для очистки газоздушнoй смеси перед ее подачей в камеру сгорания являются участок регулирования газа, смеситель Вентури и дроссельный клапан.

На рис. 7.2 показаны компоненты для очистки газа в схеме сжигания бедной топливной смеси.

Рис. 7.2 Принцип сжигания бедной топливной смеси с турбонаддувом, двухконтурным охлаждением и регулированием температуры в камере сгорания



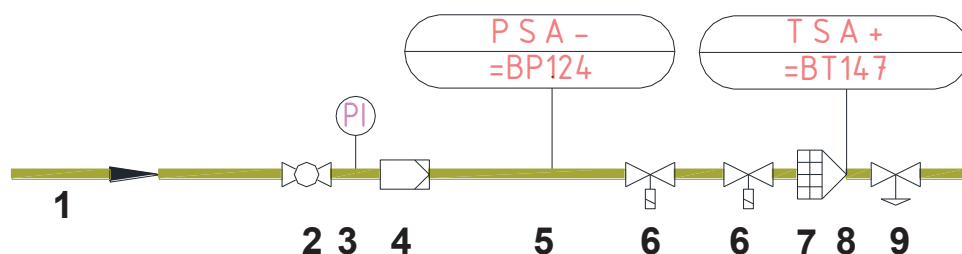
- | | |
|----|---|
| 1 | Воздух для горения топлива |
| 2 | Отработавший газ |
| 3 | Турбокомпрессор |
| 4 | Измерение температуры в камере сгорания |
| 5 | Охлаждающая вода |
| 6 | Двигатель |
| 7 | Охладитель смеси |
| 8 | Водяной контур охлаждения смеси, ступень NT |
| 9 | Дроссельный клапан |
| 10 | Газ |
| 11 | Участок регулирования газа |
| 12 | Смеситель с серводвигателем для регулирования смеси |

7.3.7 Участок регулирования газа

Для эксплуатации газовых двигателей разрешается использовать только разрешенные производителем агрегатов участки регулирования газа. Перед смешиванием газа и воздуха в смесителе Вентури необходимо уравнивать давление газа и воздуха. За это отвечает мембранный регулятор нулевого давления на участке регулирования газа. Принципиальная схема участка регулирования газа показана на рис. 7.3. Регуляторы нулевого давления, как правило, представляют собой регуляторы без вспомогательной энергии. На входе участка регулирования газа расположен ручной шаровой кран. Затем встроен газовый фильтр для защиты от загрязнений. В качестве фильтрующего элемента используется фильтрующий коврик со степенью очистки ок. 85% для частиц >5 мкм. Затем установлены два запорных клапана: при размере до DN100 - это электромагнитные клапаны, а при размере более DN100 - это пневматические клапаны со встроенным компрессором. При работе с горючими газами, которые могут содержать кислород (например, свалочный или очистной газ), после двух запорных клапанов размещается устройство защиты от обратного удара пламенем с контролем температуры. После этого устанавливается регулятор нулевого давления. Перед каждым электромагнитным клапаном всегда встраивается реле минимального давления. В зависимости от требований по безопасности установки участка регулирования газа могут оснащаться устройством контроля герметичности, промежуточным воздуховыпускным клапаном или реле максимального давления.

Участки регулирования газа с нулевым давлением работают с предварительным давлением до 200 мбар. При более высоком предварительном давлении требуется особая конструкция участка регулирования газа или участок предварительного регулирования.

Рис. 7.3 Участок регулирования газа

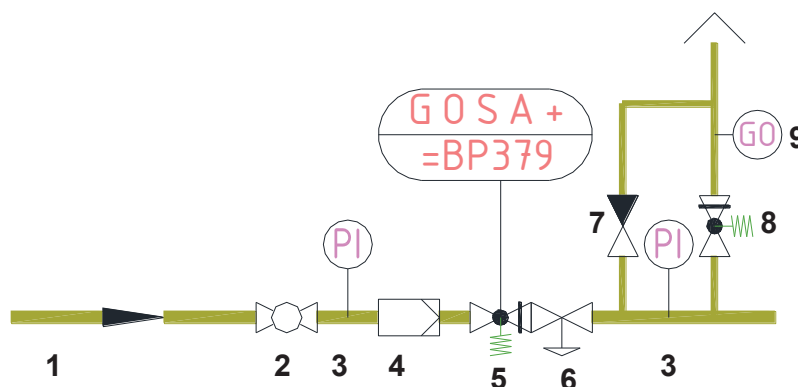


1	Газ	6	Электромагнитный клапан*
2	Шаровой кран	7	Защита от обратного удара пламенем*
3	Манометр	8	Датчик температуры
4	Газовый фильтр	9	Регулятор нулевого давления
5	Реле давления		* не для природного газа

7.3.7.1 Участок предварительного регулирования

На участке предварительного регулирования газа давление газа снижается до уровня ниже 200 мбар. Основными компонентами участка предварительного регулирования являются шаровой кран на входе, газовый фильтр, регулятор давления газа с предохранительным запорным клапаном (SAV) и предохранительным продувочным клапаном (SBV). Предохранительный запорный клапан перекрывает подачу газа, если давление на выходе участка предварительного регулирования превышает заданное предельное значение. Небольшие скачки давления, которые возникают, например, при закрывании электромагнитных клапанов на дальнейшем участке регулирования газа, компенсируются путем открывания продувочного клапана против усилия пружины. На рис. 7.4 показан участок предварительного регулирования газа.

Рис. 7.4 Участок предварительного регулирования газа



- | | | | |
|---|---|---|--|
| 1 | Газ | 6 | Регулятор давления |
| 2 | Шаровой кран | 7 | Воздуховыпускной кран |
| 3 | Манометр | 8 | Предохранительный продувочный клапан (SBV) |
| 4 | Газовый фильтр | 9 | Индикатор утечки газа |
| 5 | Предохранительный запорный клапан (SAV) | | |

7.3.7.2 Двухгазовый режим

Для каждого типа газа требуется отдельный участок регулирования газа с фильтрацией, запорными клапанами и точным регулированием давления. После прохождения участков регулирования газа оба типа газа через общий трубопровод подаются в двигатель.

Двухгазовый режим возможен только при наличии универсального смесителя газа (регулируемый зазор).

Переключение между типами газа выполняется во время простоя двигателя путем переключения электромагнитных клапанов на участках регулирования газа.

При наличии особых требований также возможно смешивание газа перед участком регулирования газа. Здесь требуются испытания и расчеты параметров для каждого конкретного случая.

7.3.7.3 Указания по установке участков регулирования газа

Участок регулирования газа размещается в одном помещении с газовым двигателем, для того чтобы регулятор давления реагировал на изменения давления всасываемого воздуха.

При применении агрессивных газов (очистной газ, свалочный газ или биогаз) не разрешается использовать цветные металлы (латунь) в газопроводящих элементах.

Регуляторы давления газа и трубопроводы устанавливаются без механических напряжений. Стрелка на корпусе исполнительного механизма должна указывать в направлении потока. Участок регулирования газа размещается горизонтально. Регуляторы и контрольные приборы всегда размещаются в нормальном положении.

Выпускные трубопроводы от предохранительного продувочного клапана (SBV) с достаточным поперечным сечением выводятся наружу за пределы машинного помещения.

Участки регулирования газа располагаются как можно ближе к газовому двигателю. Расстояние между выходом участка регулирования газа и входом в смеситель газа на газовом двигателе не должно превышать 3 м, в трубопроводе должно быть не более трех колен 90°.

Примечание: дальнейшая фильтрация газа перед входом в газовый двигатель отсутствует, поэтому требуется внутренняя очистка трубопровода между участком регулирования газа и смесителем газа. См. также раздел 20.1.

Если горючая смесь также содержит кислород (например, очистной газ, свалочный газ или биогаз), существует опасность обратного удара пламенем в газопроводе. Чтобы предотвратить пробой пламени в газопроводе, стандартные участки регулирования газа оснащены устройствами длительной защиты от обратного удара пламенем с контролем температуры. Для встроенных устройств защиты от обратного удара пламенем расстояние между двигателем и участком регулирования газа не должно превышать 40 номинальных диаметров трубы газопровода. При большем расстоянии необходимо предусмотреть защиту от детонации, способную выдерживать длительное горение.

Для подключения к двигателю используется гибкий шланг под углом 90° или специальный компенсатор, который устанавливается без механических напряжений.

В зависимости от оснащения установки в подводящий трубопровод перед участком регулирования газа можно установить счетчик количества газа.

Анализаторы для контроля температуры в устройствах защиты от обратного удара пламенем, клапане SAV на участке предварительного регулирования и счетчиках количества газа встраиваются в распределительную систему.

Для обеспечения безопасности на газовой двигательной установке необходимо предусмотреть ручное запорное устройство в безопасной точке на подводящем газопроводе за пределами машинного помещения. В случае опасности необходимо быстро закрыть это запорное устройство. Рекомендуется использовать клапаны с дистанционным управлением и постоянной подачей вспомогательной энергии (например, замыкающая пружина).

7.3.7.4 Указания для продувочных и воздушных линий на участках регулирования газа

Воздушные трубопроводы, ведущие наружу, прокладываются без сужения поперечного сечения (с учетом падения давления) и в соответствии с размерами, заданными производителем регулятора давления газа и защитного устройства.

Не разрешается запирать воздушные линии. Не объединять продувочные и разгрузочные линии в одну общую линию с воздушными линиями. Исключение составляют вентиляционные линии на устройствах, в которых вентиляционные и предохранительные продувочные компоненты объединены конструктивно. На рис. 7.5 показан участок предварительного регулирования, который не отвечает этим требованиям, т.к. воздушная и продувочная линии объединены в одну общую линию - это недопустимо!

Выпускные отверстия ведущих наружу трубопроводов должны находиться на безопасном расстоянии от источников возгорания, иметь защиту от наружной коррозии и засорения с помощью соответствующих устройств. Они должны быть расположены таким образом, чтобы исключить возможность проникновения вытекающего газа в закрытые помещения и возникновения каких-либо иных недопустимых нарушений или опасностей.

Рис. 7.5 Участок предварительного регулирования с недопустимым объединением продувочного и воздушного трубопровода



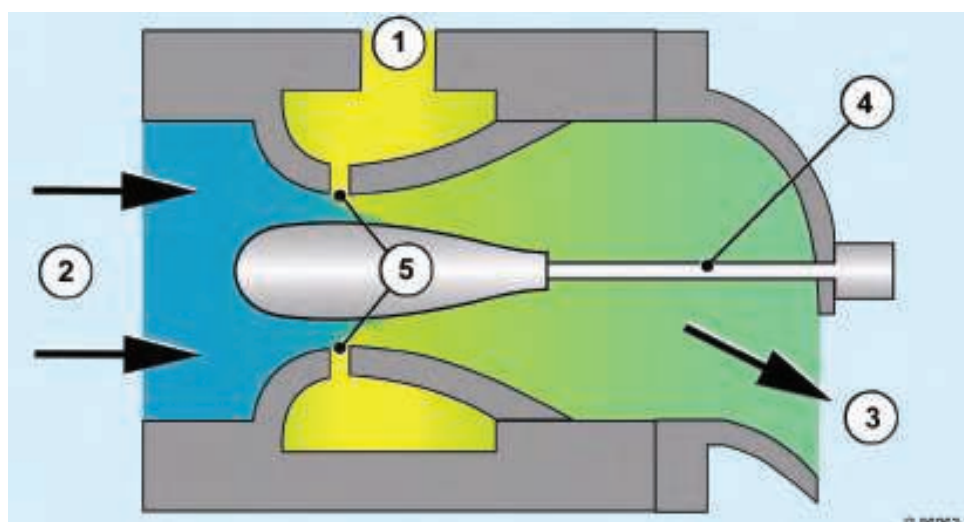
7.3.8 Смеситель газа

В смесителе происходит смешивание воздуха и газа. Смеситель представляет собой трубу Вентури. Воздух поступает на сужающуюся насадку и затем проходит через расширяющийся диффузор. В месте сужения поток ускоряется, после чего на диффузоре поток задерживается с минимальными потерями. При ускорении в месте сужения (насадка) образуется пониженное давление, поэтому через зазор на минимальном поперечном сечении происходит самостоятельное всасывание газа. При последующей задержке давление снова возрастает почти до уровня атмосферного давления, и таким образом процесс смешивания проходит без значительного падения давления.

Преимущество данного смесителя заключается в том, что соотношение воздуха и газа остается постоянным, в т.ч. если для изменения мощности регулируется положение дроссельного клапана, а следовательно, и центральный массовый поток воздуха.

Применяется универсальный смеситель газа, в котором можно изменять газовый зазор с помощью серводвигателя. Главное условие для точного соблюдения соотношения газа и воздуха: давление газа перед зазором должно быть равно давлению воздуха перед трубой Вентури. На рис. 7.6 показан принцип работы газозвушного смесителя с регулируемым зазором.

Рис. 7.6 Универсальный смеситель газа



- | | |
|---|---|
| 1 | Подача газа |
| 2 | Подача воздуха |
| 3 | Выход газозвушной смеси |
| 4 | Соединительный рычажный механизм к шаговому двигателю |
| 5 | Газовый зазор |

7.3.9 Дроссельный клапан

Дроссельный клапан предназначен для регулирования количества уплотненной смеси, подаваемой на двигатель, т.е. в конечном итоге он позволяет регулировать мощность или частоту вращения двигателя.

7.3.10 Первый запуск биогазовых установок

Если на начальном этапе отсутствует биогаз, для запуска установки можно использовать альтернативные газы. Допустимые альтернативные газы и настройки двигателя перечислены в техническом циркуляре.

Ввиду ограниченной максимальной механической мощности и более высокой теплотворной способности альтернативного газа установленный участок регулирования биогаза, как правило, имеет слишком крупные размеры. В связи с этим следует задать по возможности минимальное входное давление альтернативного газа (ок. 5 - 30 мбар).

Применение жестких заглушек для снижения входного давления невозможно (недостаточный объемный поток при запуске или холостом ходе).

Соответствующая настройка регулятора нулевого давления проводится уполномоченным специалистом по вводу в эксплуатацию.

7.4 Указания по монтажу и техобслуживанию газовых установок

7.4.1 Предписания

При установке газопроводов и компонентов газовой системы необходимо учитывать повышенные требования по безопасности.

При проведении работ в системе и при выборе компонентов системы необходимо соблюдать предписания DIN, TRD, DVGW и т.д. Перечень основных предписаний:

DIN 6280-14	Теплоэлектроцентрали блочного типа с поршневыми двигателями внутреннего сгорания. Основы, требования, компоненты, исполнение и техническое обслуживание
DIN 6280-15	Теплоэлектроцентрали блочного типа с поршневыми двигателями внутреннего сгорания. Испытания
DIN EN 161	Клапаны отсечные автоматические для газовых горелок и газовых приборов
DIN EN 14382	Защитные устройства для газорегулирующих станций и установок. Защитные перекрывающие устройства для давления на выходе до 100 бар
DIN 3394	Клапаны автоматические регулирующие (DIN 3394-2 заменен на DIN EN 161)

G 262 Применение газов из возобновляемых источников в общественных системах газоснабжения

G 490/I Газорегулирующие установки для давления на входе до 4 бар

G 491 Газорегулирующие установки для давления на входе 4 - 100 бар

G 493/I Критерии квалификации производителей газорегулирующих и измерительных установок

G 495 Газорегулирующие установки и установки для общего измерения газа. Контроль и техобслуживание

G 600 Технические правила газопроводки

GUV-R 127 Техника безопасности для мусорных свалок

GUV 17.5 Техника безопасности для станций очистки сточных вод. Строительство и оснащение

BGV – D2 50 Работы на газопроводах

- После установки газопровода и арматуры уполномоченный специалист должен подтвердить правильность проведения монтажа в соответствии с законодательными предписаниями.
- Перед вводом газового участка в эксплуатацию необходимо заранее подать соответствующую заявку в ответственный орган надзора.

7.4.2 Техобслуживание и ремонт

При проведении работ на газопроводах необходимо соблюдать предписания BGV-D и DVGW G 495. Особенно следует помнить о том, что любые работы в газовой системе (например, открывание участка регулирования газа, демонтаж и техобслуживание какого-либо прибора) выполняются только после сброса давления и только обученным и квалифицированным персоналом. При выборе интервалов техобслуживания необходимо обязательно учитывать рекомендации производителя приборов по проведению визуального контроля, осмотра, проверки исправности и техобслуживания.

Монтаж энергетических установок

Раздел 8

Смазочная система

июнь 2012 г.

Содержание

8.	Смазочная система	3
8.1	Агрегат.....	3
8.2	Установка	3
8.2.1	Бак свежего масла.....	4
8.2.2	Бак отработанного масла	4
8.2.3	Суточная цистерна	4
8.2.4	Установки в контейнерах	4
8.3	Очистка смазочного масла	4
8.3.1	Газовые двигатели	4
8.3.2	Дизельные двигатели	4
8.4	Сорта смазочного масла	5
8.5	Смазочное масло в биогазовых установках	5
8.6	Предварительная смазка двигателей	5
8.7	Замена смазочного масла, пополнение смазочного масла	6

8. Смазочная система

8.1 Агрегат

Двигатели оснащены системами смазки с мокрым картером. В таблице 8.1 перечислены смазочные системы для различных моделей двигателей.

Таб. 8.1

Тип двигателя	Мокрый картер Масляный поддон на двигателе	Расширенный масляный бак на опорной раме	Внешний масляный бак на установке
TCD 2016	■		
TCD 2020	■		
TCG 2016 V08 C	■		■
TCG 2016 V12/16 C	■	■	■
TCG 2020	■	■	
TCG 2032	■		

Все модели двигателей оснащены встроенными нагнетательными насосами смазочного масла, а для фильтрации и охлаждения смазочного масла используются встроенные или внешние фильтры и масляные радиаторы.

Внешние масляные радиаторы и их компоненты должны быть рассчитаны на давление не менее 16 бар.

Агрегаты с двигателями TCG 2020 могут быть оснащены дополнительным масляным баком, который размещается на опорной раме. В моделях TCG 2016 C можно установить дополнительный внешний масляный бак на установке.

8.2 Установка

В моделях TCG 2032 необходимо расположить компоненты внешнего контура смазки (например, теплообменники) на уровне агрегата или ниже агрегата, чтобы во время простоя оборудования не допустить обратного потока масла от этих компонентов в масляный поддон. В установках с TCG 2032 необходимо разместить внешний масляный радиатор как можно ближе к агрегату, чтобы свести к минимуму расход смазки в системе установки.

8.2.1 Бак свежего масла

Бак свежего масла должен быть расположен таким образом, чтобы избежать опорожнения под действием силы тяжести. Размер запасного бака зависит от режима эксплуатации установки и требуемого объема масла. В качестве минимального размера рекомендуется выбрать объем для одной замены масла + расход масла между двумя интервалами замены масла.

8.2.2 Бак отработанного масла

В качестве минимального размера рекомендуется выбрать объем для двух операций замены масла.

8.2.3 Суточная цистерна

Если предусмотрена суточная цистерна для пополнения, она должна быть рассчитана на расход ок. 200 часов эксплуатации (например, ок. 600 дм³ для TCG 2032).

8.2.4 Установки в контейнерах

В контейнерах свободное пространство ограничено в зависимости от установленных агрегатов и комплектующих. Здесь возможно только частичное соблюдение приведенных выше указаний по расчету размеров баков свежего и отработанного масла.

8.3 Очистка смазочного масла

Качество смазочного масла является одним из основных факторов, определяющих срок службы смазываемых компонентов двигателя и отвечающих за бесперебойную работу установки. Поэтому техобслуживание масляных фильтров и сепараторов должно проводиться с особой тщательностью.

8.3.1 Газовые двигатели

Газовые двигатели оснащены масляными фильтрами, которые не имеют ограничений в эксплуатации. На установке не требуется принятие дополнительных мер по очистке смазочного масла.

8.3.2 Дизельные двигатели

Если для работы двигателей используется топливо низкого качества (смешанное топливо, остатки от перегонки нефти), также повышается степень загрязнения смазочного масла. Наряду со встроенными масляными фильтрами двигателей необходимо установить дополнительные фильтры или

фильтровальные автоматы на установке. При необходимости следует организовать сепарацию смазочного масла в параллельном потоке.

8.4 Сорты смазочного масла

В техническом циркуляре для смазочного масла перечислены разрешенные сорта смазочных масел известных производителей. Запрещается использовать другие смазочные масла без предварительного согласования. Кроме того, в этих циркулярах содержатся данные касательно интервалов замены смазочного масла, анализа отработанных масел и техобслуживания установленных на двигателе масляных фильтров.

Перед вводом в эксплуатацию необходимо сравнить результаты анализа поставленного свежего масла с заводской спецификацией производителя.

8.5 Смазочное масло в биогазовых установках

В техническом циркуляре «Оптимизация потоков масла в биогазовых установках» приводятся дополнительные указания по применению смазочного масла в газовых двигателях на биогазовых установках.

8.6 Предварительная смазка двигателей

Во всех типах двигателей предусмотрена предварительная смазка, позволяющая значительно снизить износ двигателей. Для этого применяются насосные агрегаты предварительной смазки с электрическим приводом, которые, как правило, размещены на опорной раме агрегата. Насос предварительной смазки устанавливается в смазочную систему таким образом, чтобы в ходе предварительной смазки обеспечить протекание масла через все компоненты между масляным насосом и двигателем (фильтры, радиаторы). Пропускная способность и напор насосных агрегатов соответствуют типу двигателя.

Предварительная смазка двигателей выполняется во время простоя двигателей непосредственно перед запуском. Также можно организовать периодическую предварительную смазку, при которой смазка выключенного двигателя выполняется с заданными интервалами и в течение заданного времени.

В установках с газовыми двигателями управление предварительной смазкой осуществляется через систему ТЕМ. Для дизельных двигателей необходимо предусмотреть управление в шкафу управления вспомогательными агрегатами.

Если двигатель включен, предварительная смазка не работает.

TCG 2032 не оборудован периодической предварительной смазкой, поэтому здесь требуется предварительная смазка перед каждым запуском.

8.7 Замена смазочного масла, пополнение смазочного масла

Замена смазочного масла проводится в соответствии с руководством по эксплуатации данного типа двигателя. В агрегатах, работающих в непрерывном режиме, расход смазочного масла компенсируется путем заливки свежего масла.

При замене смазочного масла необходимо также заменить масло во всех прочих компонентах установках, например, трубопроводах и теплообменниках. Для этого в нижних точках системы должны быть предусмотрены отверстия для слива смазочного масла. В зависимости от конструкции установки можно использовать стационарный или передвижной насос для слива масла.

Заливка свежего масла осуществляется из бака свежего масла с помощью заправочного насоса. Пополнение смазочного масла выполняется вручную или автоматически. В установках с газовыми двигателями пополнение смазочного масла регулируется системой TEM.

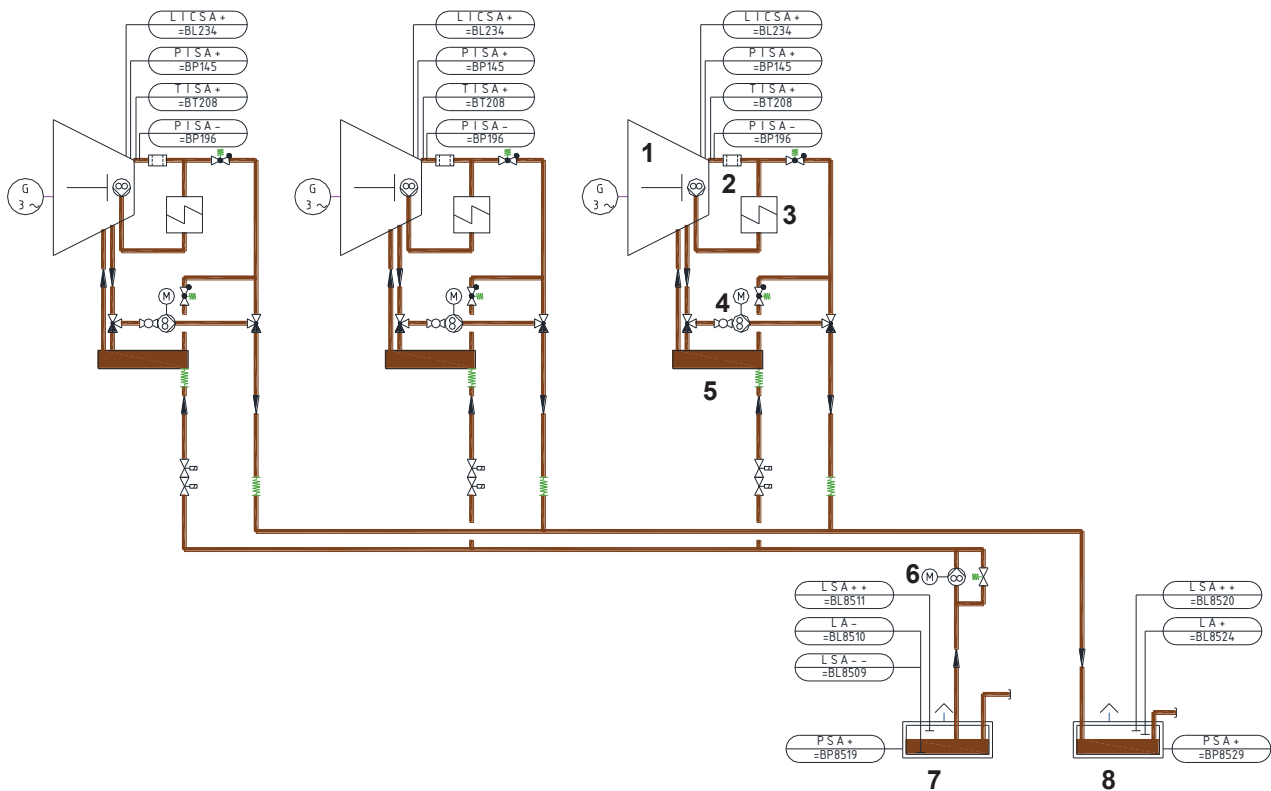
Перед двигателем в линии заливки смазочного масла последовательно установлены два электромагнитных клапана. По достижении минимального уровня в масляном поддоне система TEM открывает электромагнитные клапаны (и/или запускает заправочный насос), после чего начинается заливка масла. По достижении максимального уровня электромагнитные клапаны закрываются (и/или заправочный насос выключается).

При пополнении под действием силы тяжести из суточной цистерны следует убедиться в том, что трубопроводы имеют достаточное поперечное сечение и вязкость масла не повышается вследствие холода.

Для опорожнения масляного поддона при замене масла напорная линия насоса предварительной смазки через трехходовой клапан подключается к баку отработанного масла. При замене смазочного масла трехходовой клапан переключается, и масло из масляного поддона перекачивается в бак отработанного масла. Затем заливается свежее масло с помощью заправочного насоса. Трехходовой клапан после насоса предварительной смазки снова переводится в положение предварительной смазки. После включения насоса предварительной смазки вся смазочная система заполняется маслом.

Во время работы и при хранении свежего и/или отработанного масла необходимо соблюдать соответствующие правила техники безопасности и прочие законодательные предписания.

Рис. 8.1 Смазочная система установки



- 1 Газовый двигатель
- 2 Масляный фильтр
- 3 Масляный радиатор
- 4 Насос предварительной смазки
- 5 Масляный бак на опорной раме
- 6 Насос свежего масла
- 7 Бак свежего масла
- 8 Бак отработанного масла

Монтаж энергетических установок

Раздел 9

Система воздуха для горения топлива

июнь 2012 г.

Содержание

9.	Система воздуха для горения топлива	3
9.1	Определения	3
9.1.1	Окружающий воздух.....	3
9.1.2	Всасываемый воздух/воздух для горения топлива	3
9.2	Требования к воздуху для горения топлива	3
9.2.1	Температура и давление воздуха для горения топлива	3
9.2.2	Состав воздуха для горения топлива	4
9.2.3	Чистота воздуха для горения топлива	6
9.2.4	Тропические условия	7
9.3	Количество воздуха для горения топлива	8
9.4	Способы фильтрации воздуха для горения топлива	9
9.4.1	Инерционно-масляные воздушные фильтры	9
9.4.2	Воздушный фильтр - бумага/пластмасса.....	10
9.5	Глушитель	10
9.6	Всасывающий трубопровод	10
9.7	Потери давления	11
9.8	Вентиляция картера	12
9.8.1	Диапазон регулировки давления в картере для дизельных двигателей TCD 2020	12

9. Система воздуха для горения топлива

9.1 Определения

9.1.1 Окружающий воздух

Окружающим воздухом называется воздух во внешней среде, который служит для снабжения воздухом дизельных и газовых двигательных установок. Температура окружающего воздуха – это температура, измеренная на уровне земли, как правило, на высоте 2 м над землей, на которую не влияет солнечное излучение, тепло почвы или теплопроводность.

9.1.2 Всасываемый воздух/воздух для горения топлива

Всасываемый воздух или воздух для горения топлива, – это воздух, находящийся непосредственно перед воздушным фильтром дизельного или газового двигателя. В вентиляционной системе установки всасываемый воздух или воздух для горения топлива фильтруется и, в зависимости от конструкции воздухопровода и количества подаваемого воздуха, нагревается относительно температуры окружающего воздуха.

9.2 Требования к воздуху для горения топлива

9.2.1 Температура и давление воздуха для горения топлива

В техпаспортах указывается мощность двигателей согласно ISO 3046-1 и электрическая мощность на зажимах генераторного агрегата согласно ISO 8528-1. В обоих стандартах установлены следующие нормальные условия для параметров воздуха для горения топлива:

Температура воздуха:	298K (25°C)
Давление воздуха:	1000 мбар (100 кПа)
Относительная влажность воздуха:	30%

Значения мощности в стандартных техпаспортах частично отклоняются от этих нормальных условий - в зависимости от типа двигателя (например, дизельный или газовый двигатель) здесь определены особые условия. Например, двигатель TCD 2016 в стандартном исполнении рассчитан на максимальную температуру воздуха для горения топлива 40°C. Вместо давления воздуха указывается высота монтажа.

Если значения температуры воздуха для горения топлива и высоты монтажа отличаются от нормальных условий в большую сторону, требуется снижение мощности.

При запуске и эксплуатации двигателей действуют следующие требования касательно температуры воздуха для горения топлива:

При эксплуатации двигателей необходимо соблюдать температуру воздуха для горения топлива (минимальное и расчетное значение) в соответствии с техпаспортами или технологическими схемами.

Для запуска двигателей в машинном помещении необходимо обеспечить следующую температуру воздуха для горения топлива:

Дизельные и газовые двигатели с воздухоподогревателем:	$\geq 5 - 10^{\circ}\text{C}$
Газовые двигатели с воздухоподогревателем или перепускным клапаном:	$\geq 5 - 10^{\circ}\text{C}$
Газовые двигатели без воздухоподогревателя и перепускного клапана:	$\leq 10\text{K}$ ниже расчетной температуры согласно техпаспорту или технологической схеме

9.2.2 Состав воздуха для горения топлива

Воздух для горения топлива представляет собой обычную смесь сухого воздуха и водяного пара. Содержание водяного пара в воздухе определяется относительной влажностью при определенном давлении и температуре воздуха. В общем случае воздух для горения топлива не должен содержать кислото- и щелочеобразующие компоненты, так как, например, диоксид серы (SO_2) реагирует с водой (H_2O) и превращается в сернистую кислоту. Основные компоненты сухого воздуха на уровне нормального нуля (НН) указаны в таблице 9.1.

Таб. 9.1

Основные компоненты сухого воздуха	
Газ	Объемная доля [%]
Азот N ₂	78,084
Кислород O ₂	20,946
Диоксид углерода CO ₂	0,035
Аргон Ar	0,934
Сумма	99,999

Оставшиеся 0,001 объемных процента приходятся на газы в малых количествах. Это, как правило, инертные газы: неон (18 млн-1), гелий (5 млн-1) и криптон (1 млн-1).

Вблизи промышленных предприятий или химических установок возможно значительное ухудшение состава воздуха для горения топлива за счет выделения технологических газов, таких как сероводород (H₂S), хлор (Cl), фтор (F), аммиак (NH₃) и т.д.

В техническом циркуляре по газообразному топливу определены предельные значения содержания «вредных» попутных газов, таких как сера (S), сероводород (H₂S), хлор (Cl), фтор (F) и аммиак. При этом предполагается, что воздух для горения топлива имеет состав согласно таблице 9.1., т.е. изначально не содержит серы, сероводорода, хлора и т.д. На основе заданных предельных значений содержания попутных газов в газообразном топливе можно также рассчитать предельные значения для газозвушной смеси и воздуха для горения топлива.

Пример:

В техническом циркуляре указано предельное значение содержания аммиака в газообразном топливе, равное 30 мг/м³ CH₄. При сжигании природного газа (при условии 100% CH₄) для сжигания 1 нормального кубического метра природного газа требуется ок. 17 нормальных кубических метров воздуха. Теперь на основе этих данных можно вычислить, что доля аммиака в воздухе для горения топлива может составлять всего 1,8 (30/17) мг/м³, чтобы соблюсти указанное для газообразного топлива предельное значение 30 мг/м³ CH₄. Если газообразное топливо уже содержит аммиак, допустимая доля аммиака в воздухе для горения топлива соответственно уменьшается.

Аналогичным образом рассчитываются максимальные предельные значения для других вредных попутных газов, содержащихся в воздухе для горения топлива. Эти значения приводятся в таблице 9.2.

Таб. 9.2

Допустимое загрязнение воздуха для горения топлива	
Компонент	Доля [мг/м ³ воздуха]
сера (всего) S или сероводород H ₂ S	< 130 < 135
Хлор (всего) Cl фтор (всего) F или сумма хлора и фтора	< 5,9 < 2,9 < 5,9
аммиак NH ₃	< 1,8
масляные пары >C ₅ <C ₁₀ масляные пары >C ₁₀	< 176 < 14,7
кремний (органический) Si	< 0,59

Указанные в таблице 9.2 предельные значения действительны только для модельных рядов TCG 2016 C, TCG 2020 и TCG 2032.

К дизельным двигателям эти предельные значения не применяются.

Воздух для горения топлива не должен содержать кислотообразующие компоненты SO₂, SO₃, HCl или HF (а также другие вещества). В условиях повышенной температуры и влажности (например, в тропической зоне) возможно образование конденсата в охладителе смеси, поэтому наличие кислотообразующих компонентов здесь может привести к разъеданию кислотами. В тракте отработавших газов кислотообразующие компоненты менее опасны, т.к. здесь температура не опускается ниже точки росы.

Перечисленные в таблице 9.2 компоненты воздуха для горения топлива могут отрицательно влиять на интервалы техобслуживания двигателей, а также повреждать или разрушать подключенные системы снижения уровня выбросов.

В связи с этим при расчете системы воздуха для горения топлива необходимо следить за тем, чтобы всасывание воздуха не осуществлялось на участках, где возможно загрязнение вредными попутными газами, например, в помещениях, где вследствие установленного оборудования (например, холодильных установок) или протекающих процессов возникает повышенная концентрация попутных газов.

9.2.3 Чистота воздуха для горения топлива

Мелкий песок или пыль существенно сокращают срок службы двигателя, если они напрямую всасываются двигателем.

Поэтому подаваемый в двигатель воздух для горения топлива должен соответствовать определенным критериям чистоты. Обязательные фильтры воздуха для горения топлива выполнены в виде воздушных фильтров тонкой очистки класса F6 – F7. Средние КПД этих фильтров в отношении атмосферной пыли установлены в DIN EN 779. Обеспечиваемая фильтрами этих классов степень очистки указана в таблице 9.3:

Таб. 9.3

Размер частиц >мкм	Степень очистки в %	
	Класс F6	Класс F7
0,5	30	65
1,0	50	85
1,5	70	95
2,0	80	98
2,5	85	>99
3,0	95	>99
4,0	>99	>99
Средний КПД (%) по DIN EN 779	$60 \leq E_m \leq 80$	$80 \leq E_m \leq 90$

В зависимости от условий окружающей среды, из которой производится отбор воздуха для горения топлива в двигателе, для предварительной очистки выбирается соответствующий этим условиям вид фильтра или комбинация фильтров.

Как уже упоминалось в разделе 5 «Вентиляция машинного помещения», в вентиляционную систему машинного помещения необходимо установить фильтры класса G3 для грубой очистки пыли. После грубой очистки пыли размер частиц пыли в воздухе составляет порядка 1 мкм, а концентрация пыли в воздухе составляет порядка 0,5 - 1 мг/м³. Это примерно соответствует концентрации пыли, принимаемой за основу при расчете воздушных фильтров грузовых автомобилей на обычных европейских дорогах.

9.2.4 Тропические условия

В тропическом климате с постоянно или переменнo высокой влажностью в некоторые месяцы года количество осадков превышает атмосферное испарение. Это ведет к высокой влажности при относительно высокой средней температуре окружающей среды, в среднем 25°C в году. Поэтому содержание воды (водяного пара) в воздухе или воздухе для горения топлива очень высоко.

При применении двигателей внутреннего сгорания с высоким наддувом и охлаждением наддувочного воздуха или охлаждением смеси всасываемый с воздухом водяной пар конденсируется, превращаясь в воду, и становится причиной коррозии и износа таких деталей, как охладитель наддувочного воздуха

или смеси, дроссельная заслонка, трубка ресивера, клапаны и т.д. Если воздух для горения топлива или газообразное топливо дополнительно загрязнены попутными кислото- и щелочеобразующими газами, такими как диоксид серы (SO₂), это ведет к образованию сернистой кислоты, что в несколько раз увеличивает коррозию на указанных деталях.

В зависимости от модели двигателя для работы в таких условиях предлагается т.н. «тропическое исполнение», снижающее коррозию соответствующих деталей. Также необходимо обеспечить отсутствие кислотообразующих компонентов во всасываемом воздухе.

9.3 Количество воздуха для горения топлива

Количество воздуха для горения топлива для дизельных двигателей приводится в таблице 9.4. Указанные здесь средние значения могут отличаться от фактических значений в зависимости от спецификации двигателя, однако они являются достаточными для проектирования компонентов установки. Для расчета объемного потока воздуха для горения топлива следует поделить количество воздуха для горения топлива на плотность воздуха.

$$V_L = m_L / \rho_L$$

V_L = Объемный поток воздуха
 m_L = Массовый поток воздуха
 ρ_L = Плотность воздуха
 (зависит от температуры и давления)

Таб. 9.4

Тип двигателя	Количество воздуха для горения топлива
	mL [кг/кВт-ч]
TCD 2016	5,8
TCD 2020	6,0

Плотность воздуха при различных температурах и давлениях указана в разделе 5.3.6.

Количество воздуха для горения топлива в газовых двигателях изменяется в зависимости от состава газообразного топлива и рабочего соотношения воздуха для горения топлива. Указанные в таблице 9.5 удельные значения количества воздуха для горения топлива действуют для самой распространенной области применения газовых двигателей: сжигание природного газа с бедной топливной смесью.

Таб. 9.5

Тип двигателя	Количество воздуха для горения топлива mL [кг/кВт-ч]
TCG 2016 C	5,2
TCG 2020(K)	5,2
TCG 2032	5,0

Точные данные приведены в техническом паспорте.

9.4 Способы фильтрации воздуха для горения топлива

9.4.1 Инерционно-масляные воздушные фильтры

Эти фильтры разрешается использовать только в дизельных двигателях.

Фильтры применяются при нормальном и среднем уровне образования пыли 1-1,5 мг/м³ от объема воздуха для горения топлива. Фильтры могут устанавливаться в машинном помещении или вне помещения. Расчетные параметры фильтров должны соответствовать объемному потоку воздуха для горения топлива в двигателе. При использовании фильтров недостаточного размера вместе с воздухом для горения топлива может захватываться масло, а при использовании фильтров слишком большого размера используемый волокнистый материал недостаточно смачивается и в результате ухудшается качество фильтрации.

При использовании предварительных отделителей интервалы техобслуживания фильтров увеличиваются приблизительно в 3 раза. Предварительные отделители работают по центробежному принципу и отделяют частицы пыли >8 мкм. Они особенно подходят для применения в зонах, где часто происходят песчаные бури или окружающий воздух загрязнен частицами пыли >8 мкм вследствие технологических процессов.

Как уже описано выше, при работе инерционно-масляных воздушных фильтров существует опасность попадания масла в воздухозаборную систему двигателя, что иногда приводит к превышению установленных в техническом циркуляре предельных значений масляных паров в газообразном топливе.

Поэтому применение инерционно-масляных воздушных фильтров в газовых двигателях недопустимо.

9.4.2 Воздушный фильтр - бумага/пластмасса

В большинстве случаев применения при относительно чистом воздухе (концентрация пыли < 1 мг/м³) для фильтрации воздуха используются фильтры, имеющие пластинчатую, мешочную или круглую конструкцию. Эти фильтры с соответствующими корпусами установлены на двигатели TCD/TCG 2016 и TCD/TCG 2020. В модельном ряду 2032 для каждого ряда цилиндров предусмотрен отдельно установленный корпус фильтра, который содержит по четыре фильтрующих элемента. В зависимости от исполнения в этот корпус также встроен предварительный нагреватель всасываемого воздуха. Аналогичный предварительный нагреватель всасываемого воздуха может дополнительно использоваться для двигателей модельного ряда TCG 2020 при предъявлении соответствующих требований к температуре воздуха для горения топлива.

Вследствие сильного падения давления при загрязнении в этих фильтрах предусмотрен контроль пониженного давления или индикатор пониженного давления. Чем чище воздух для горения топлива, тем медленнее загрязняется фильтр. Кроме того, загрязненный фильтр потребляет больше энергии, чем чистый фильтр, что в конечном итоге означает слегка повышенный расход топлива. В наиболее неблагоприятном случае происходит накачивание компрессора, что приводит к нарушению безопасной работы агрегата. Необходимо своевременно заменить воздушные фильтры, чтобы не допустить возникновения этой критической ситуации.

9.5 Глушитель

В воздушных фильтрах, установленных вне агрегатного помещения, через воздухопровод наружу также передается шум компрессора, слышимый как высокочастотный свист. В этих случаях в линиях всасывания необходимо предусмотреть глушители шума, размеры которых определяются с учетом соответствующих норм.

9.6 Всасывающий трубопровод

Если воздушные фильтры установлены не на двигателе, то между двигателем и воздушным фильтром должен быть проложен всасывающий трубопровод. Для прокладки этого трубопровода следует использовать гладкие и чистые (например окрашенные или оцинкованные) трубы. Трубопровод не должен опираться на двигатель, т.е. между корпусом воздухозаборника и трубопроводом необходимо установить резиновые муфты или гофрированные шланги. Муфты и шланги не должны пережиматься, образуя узкие участки. Все точки соединения во всасывающем трубопроводе между фильтром и впуском в двигатель должны быть герметичны. Если всасывающий трубопровод выполнен с уклоном в сторону двигателя, перед двигателем необходимо установить водосборник с возможностью слива воды.

Ориентировочным значением для расчета размеров всасывающих трубопроводов является скорость воздуха в линии всасывания. Скорость воздуха должна составлять ≤ 20 м/с.

9.7 Потери давления

Воздухозаборная система с трубопроводами, отводами, фильтрами, глушителями и т.д. является причиной падения давления в системе. Возникающее при номинальном объемном потоке падение давления не должно превышать значения, заданные для отдельных модельных рядов двигателей. Эти значения приведены в таблице 9.6.

Таб. 9.6

Модельный ряд двигателей	Макс. допуст. пониж. Давление [мбар]
TCG 2016 C	5*
TCD 2020	20
TCG 2020(K)	5*
TCG 2032	5*

* допустимое пониженное давление перед воздушным фильтром

9.8 Вентиляция картера

Двигатели модельных рядов TCD/TCG 2016, TCD/TCG 2020 и TCG 2032 оснащены замкнутой вентиляцией картера, т.е. пары из картера через маслоотделитель поступают обратно во всасывающий трубопровод. Отделенное смазочное масло возвращается в кривошипную камеру.

Для двигателей TCD 2020, эксплуатируемых на ступени мощности G4, используется открытая вентиляция картера, т.е. линия вентиляции картера проходит из картера через встроенный маслоотделитель наружу.

Таб. 9.7

Тип двигателя	Вариант вентиляции картера	
	замкнутый	вывод наружу
TCD 2016	■	
TCG 2016 C	■	
TCD 2020	■	<(только G4)
TCG 2020(K)	■	
TCG 2032	■	

9.8.1 Диапазон регулировки давления в картере для дизельных двигателей TCD 2020

Дизельные двигатели: макс. 0,5 мбар пониженное давление
 макс. 1,5 мбар повышенное давление

Монтаж энергетических установок

Раздел 10

Выхлопная система

июнь 2012 г.

Содержание

10.	Выхлопная система	3
10.1	Допустимое противодавление отработавших газов	3
10.2	Компоненты выхлопной системы	7
10.2.1	Катализаторы	7
10.2.1.1	Указание по проектированию катализаторов	7
10.2.1.1.1	Подъемные проушины	7
10.2.1.1.2	Изоляция	7
10.2.1.1.3	Монтаж	7
10.2.1.1.4	Проверка	10
10.2.1.2	Предписания по монтажу катализаторов окисления	10
10.2.1.2.1	Уплотнители	10
10.2.1.2.2	Винты	10
10.2.1.2.3	Монтаж	11
10.2.1.3	Очистка катализаторов	11
10.2.1.4	Рекомендации по эксплуатации катализаторов окисления	12
10.2.1.5	Допустимый состав отработавших газов	14
10.2.1.6	Катализаторы окисления для двигателей на основе биогаза и очистного газа	15
10.2.2	Глушитель шума отработавших газов	15
10.2.3	Теплообменник отработавших газов	16
10.2.4	Компоненты отработавших газов в биогазовых установках	17
10.2.5	Выхлопные заслонки	18
10.2.5.1	Обход компонентов выхлопной системы	18
10.2.5.2	Установки с несколькими двигателям и общим выпускным трубопроводом	18
10.2.6	Прокладка выпускных трубопроводов	22
10.2.7	Дополнительные указания по проектированию теплообменников ОГ и глушителей	23
10.2.7.1	Подъемные проушины	23
10.2.7.2	Корпусный шум	23
10.2.7.3	Монтаж	23
10.2.7.4	Очистка теплообменника отработавших газов	23
10.2.8	Дымовые трубы	24

10. Выхлопная система

Выхлопная система предназначена для вывода газов, образующихся в процессе сгорания в двигателе, в атмосферу. В целях соблюдения экологических предписаний, действующих на месте размещения установки и определяющих уровень выбросов ОГ и шумов, конструкция выхлопной системы должна соответствовать установленным требованиям.

Если невозможно обеспечить процесс сгорания в двигателе, позволяющий выполнить требования местных экологических предписаний относительно уровня выбросов ОГ, то необходима последующая обработка отработавших газов, например, с помощью катализаторов и пламенных нейтрализаторов.

Уровень шумов ОГ можно свести к минимуму путем установки глушителей.

Каждый двигатель оснащается отдельной выхлопной системой.

10.1 Допустимое противодавление отработавших газов

Основными параметрами при расчете выхлопной системы являются массовый поток, температура и допустимое противодавление отработавших газов.

Превышение допустимого противодавления ОГ оказывает существенное влияние на мощность, расход топлива и тепловую нагрузку двигателя. Противодавление ОГ измеряется непосредственно после турбины при полной нагрузке и не должно превышать допустимого значения.

Противодавление ОГ возникает вследствие сопротивления потока в трубопроводах, коленах, компенсаторах, теплообменниках ОГ, катализаторах, глушителях, искроуловителях, защитных колпаках от дождя и дымовых трубах. При расчете противодавления необходимо учитывать все сопротивления.

Сопротивления потока в трубопроводах ОГ и коленах в зависимости от объемного потока ОГ определяются с помощью диаграммы на рис. 10.1.

Сопротивления встроенных в выхлопную систему компонентов указаны в технических паспортах этих компонентов.

Допустимые значения противодавления ОГ для различных моделей двигателей приводятся в таблице 10.1.

Таб. 10.1

Модельный ряд двигателей	доп. противодействие ОГ минимальное / расчетное [мбар]
TCD 2016	- / 35
TCG 2016 C	30 / 50
TCD 2020	- / 20
TCG 2020(K)	30 / 50
TCG 2032	30 / 50

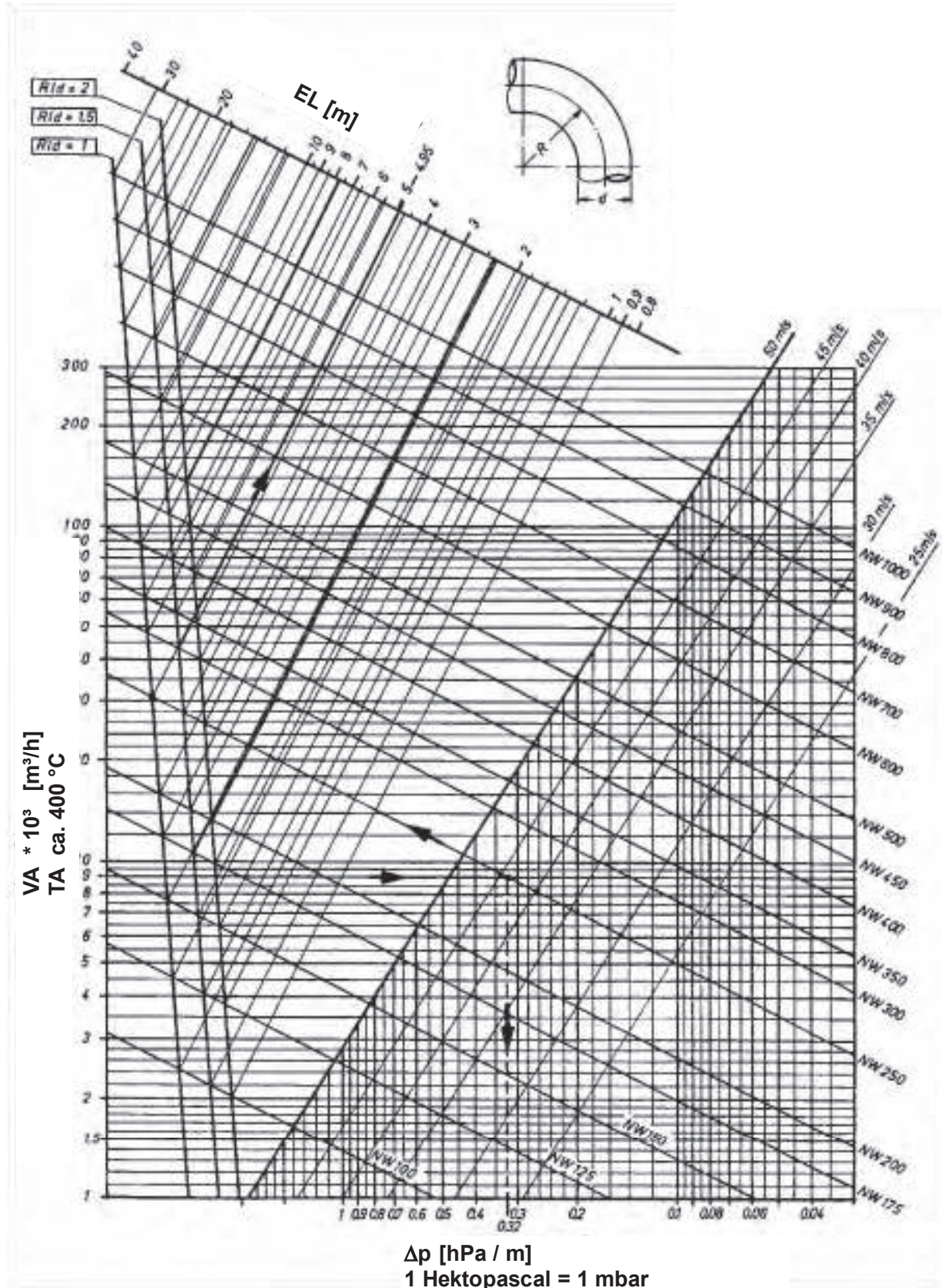
Измерение противодействия ОГ после турбины

При расчете параметров выхлопной системы необходимо учитывать данные, приведенные в технических паспортах для различных модельных рядов двигателей.

Ориентировочным значением при расчете выхлопной системы также служит скорость отработавшего газа в выпускной трубе. Эта скорость должна составлять 20 - 35 м/с.

При выборе материалов следует учитывать повышение температуры в диапазоне частичных нагрузок.

Рис. 10.1 Сопротивления потока в трубопроводах ОГ



Легенда к рис. 10.1

VA	Объемный поток ОГ
TA	Эталонная температура ОГ
Δp	Падение давления на 1 метр прямого трубопровода
EL	Запасная длина для колена трубы 90°
NW	Номинальный внутренний диаметр выпускной трубы в мм
R	Радиус колена трубы
d	Диаметр трубы в мм

Пример к рис. 10.1

Дано:	VA = 9000 м ³ /ч	
	прямой трубопровод:	l = 10 м
	колена:	3 колена 90° с R/d=1
Следует найти:	Δp трубопровода	
Решение:	NW 250	
	ок. 44 м/с	
	$\Delta p = 0,32$ гПа/м в прямой трубе	
Запасная длина для одного колена:	4,95 м	
Общая длина трубы:	$L_{\text{общ}} = 10 + (3 \cdot 4,95) = 24,85$ м $\Delta p_{\text{общ}} = 24,85 \cdot 0,32 = 8$ гПа (мбар)	

10.2 Компоненты выхлопной системы

10.2.1 Катализаторы

Все газовые двигатели работают по принципу сжигания бедных смесей, при котором благодаря значительному избытку воздуха показатели NOx уже при сгорании не превышают предельных значений TA-Luft¹ (NOx ≤ 500 мг/м³). В зависимости от типа двигателя и требований по уровню выбросов для компонента CO требуется наличие катализатора окисления. Это особенно экономичная технология, обеспечивающая чистоту и безопасность во всех рабочих точках. По сравнению с другими системами катализаторов, катализатор окисления обладает наибольшей устойчивостью к воздействию вредных веществ в горючем газе. Катализатор должен быть первым узлом в выхлопной системе.

Для удовлетворения требований TA-Luft дизельные двигатели TCD 2016 и TCD 2020 должны быть оснащены системами дополнительной обработки ОГ со стороны установки.

10.2.1.1 Указание по проектированию катализаторов

10.2.1.1.1 Подъемные проушины

Корпус катализатора, особенно в больших двигателях, может иметь вес более 100 кг, поэтому уже на этапе проектирования следует принять во внимание последующий монтаж. Корпус с конусами с обеих сторон обычно подвешивается с помощью кольцевых строп. В условиях ограниченного пространства или при других формах корпуса может потребоваться установка подъемных проушин. Это особенно важно при использовании крупных катализаторных пластин, которые вставляются в головную часть теплообменников или глушителей.

10.2.1.1.2 Изоляция

Изоляция катализатора должна быть выполнена таким образом, чтобы ее можно было легко удалить в целях очистки или замены катализатора. Это также удобно для подтягивания винтов на фланцевых соединениях.

10.2.1.1.3 Монтаж

При отсутствии специальных указаний возможна установка катализаторов в любом положении: горизонтально, вертикально или под углом. Только при конструкции корпуса с конусами различной

¹ TA-Luft (Technische Anleitung Luft) = Техническая инструкция по контролю качества воздуха

длины необходимо следить за направлением потока. Как правило, входной конус имеет более длинную и узкую форму, чем выходной конус.

При установке катализатора важно, чтобы отработавший газ равномерно протекал через катализатор. В противном случае не выполняется оптимальное снижение содержания вредных веществ, а на катализатор в определенных точках воздействуют избыточные нагрузки, что приводит к повреждениям катализатора.

Чтобы избежать этого, возможны два варианта монтажа:

При монтаже катализатор в выпускной трубопровод необходимо согласовать диаметр выпускного трубопровода с диаметром катализатора, используя конические переходники. Для максимально равномерной подачи потока на катализатор входной конус должен иметь форму $10^\circ - 20^\circ$ (см. рис. 10.2), а выпускной трубопровод располагается соответствующим образом (участок успокоения).

Номинальный внутренний диаметр выпускной трубы перед входным конусом выбирается таким образом, чтобы скорость потока ОГ составляла менее 40 м/с.

При монтаже катализатора в глушитель или теплообменник требуется головная часть с радиальной подачей отработавшего газа (см. рис. 10.3), чтобы гарантировать равномерную подачу потока. Расстояние между серединой входной трубы и фланцевым соединением катализатора должно быть не менее диаметра катализатора. Номинальный внутренний диаметр входного штуцера перед катализатором выбирается таким образом, чтобы скорость потока ОГ составляла менее 40 м/с.

Монтаж в головную часть глушителя и конструкция с конусами служат для того, чтобы обеспечить максимально равномерную подачу потока на катализатор. Только при равномерной подаче потока достигается полная эффективность катализатора.

В ходе эксплуатации катализаторы и их корпуса должны быть свободны от механических напряжений, возникающих вследствие расширения трубопроводов ОГ при рабочей температуре. В соответствующих точках выхлопной системы следует установить компенсаторы.

Рис. 10.2

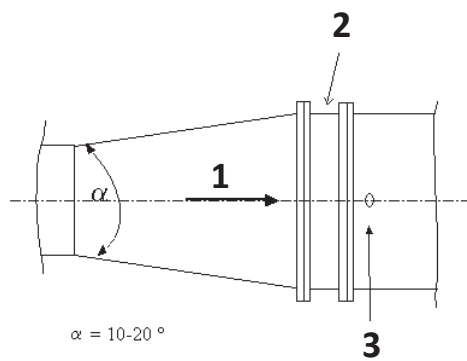
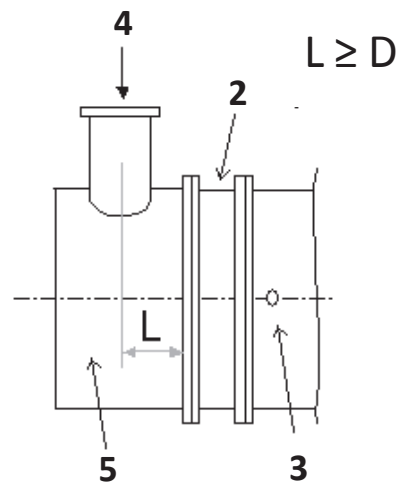


Рис. 10.3



- | | |
|---|---|
| 1 | Направление потока отработавших газов |
| 2 | Катализатор |
| 3 | Штуцер для измерения температуры |
| 4 | Вход отработавших газов |
| 5 | Головная часть |
| D | Диаметр катализатора |
| L | Расстояние от входа катализатора до середины входа ОГ |

10.2.1.1.4 Проверка

Катализатор необходимо регулярно проверять на наличие механических повреждений и загрязнений. При работе с очищенным природным газом и низким расходом масла достаточно проводить проверку один раз в год. При применении других типов газа, в дизельных двигателях или при повышенном расходе масла может потребоваться проверка с интервалом 2 - 6 месяцев.

Эти регулярные проверки позволяют предотвратить нежелательный простой установки.

Уже на этапе проектирования необходимо предусмотреть удобный доступ к катализатору и возможность быстрого проведения проверок.

10.2.1.2 Предписания по монтажу катализаторов окисления

Катализаторы поставляются в комплекте с перфорированным фланцевым корпусом для монтажа в глушитель (головная часть) или в виде конических катализаторов с соединительными фланцами для монтажа в выпускной трубопровод.

При соединении фланцев катализаторов необходимо соблюдать предписание по монтажу 1240 2390 UE 0499-41:

10.2.1.2.1 Уплотнители

Уплотнители предназначены для работы при максимальной температуре среды 650°C. Уплотнители состоят из сегментов, один комплект уплотнителей состоит из двух слоев. Стыки сегментов отдельных слоев должны всегда располагаться со смещением относительно друг друга. Ввиду особых свойств уплотнителей в высокотемпературном диапазоне требуется точное соблюдение предписаний по монтажу.

10.2.1.2.2 Винты

Винты изготовлены из жаропрочного материала, который предназначен специально для работы в высокотемпературном диапазоне.

10.2.1.2.3 Монтаж

- Установка должна быть охлаждена.
- Направление потока через катализатор; опорная крестовина для матрицы со стороны отвода потока.
- Выполнить очистку и контроль уплотнительных поверхностей.
- Установить катализатор и уплотнители, слегка смазать винты высокотемпературной пастой, вставить и слегка затянуть винты вручную.
- Проверить правильность посадки уплотнителей.
- Поочередно затянуть винты группами по 2 - 6 штук с приложением момента 40 Нм.
- Затем последовательно по кругу затянуть все винты с приложением момента 50 Нм.
- Теперь можно включить установку.
- При температуре ОГ выше 400°C необходимо после 20 часов работы подтянуть фланцевые соединения с приложением номинального момента затяжки, чтобы компенсировать усадку уплотнителей. Затяжка проводится в охлажденном состоянии.
- Во избежание повреждений корпуса в ходе эксплуатации важно, чтобы корпус не подвергался воздействию напряжений при сжатии или растяжении. По этой причине монтаж корпуса катализатора всегда должен выполняться без механического напряжения.
- Для поддержания требуемого температурного режима катализатор всегда следует устанавливать как можно ближе к двигателю, поэтому перед катализатором, как правило, отсутствуют длинные трубопроводы и прочие узлы. В связи с этим достаточно использовать простой компенсатор, который даже при наличии колена трубы может воспринимать осевые и радиальные силы. Если за корпусом катализатора имеется длинный трубопровод, здесь также следует установить компенсатор.
- Если корпус катализатора встраивается в трубопровод, он опирается на фундамент или стальную конструкцию с помощью одной или нескольких опор. Также возможно подвешивание. Если корпус катализатора посредством фланцевого соединения встроен в головную часть теплообменника или глушителя, головную часть следует отдельно подпереть с помощью подвижного седла. В этом случае точка опоры будет находиться на теплообменнике или глушителе. Таким образом обеспечивается установка корпуса без механического напряжения, а также возможность удобного монтажа и демонтажа.

10.2.1.3 Очистка катализаторов

Если для очистки катализатора требуется открывание фланцевого соединения, после очистки следует установить новые уплотнители и винты.

Перед этим следует полностью удалить остатки уплотнителей.
Монтаж проводится согласно приведенным выше указаниям.

10.2.1.4 Рекомендации по эксплуатации катализаторов окисления

Удаление углеводородов и оксида углерода с помощью катализатора окисления является простым методом очистки отработавших газов, при этом данный катализатор обладает очень широким рабочим диапазоном.

Для надежной работы катализаторов необходимо учитывать следующее:

- Избегать перебоев в зажигании, т.к. несгоревшее топливо в катализаторе может привести к нежелательному дожиганию с недопустимо высокой температурой отработавших газов. Даже температуры ниже точки плавления носителя (от 700°C) вызывают преждевременное старение, а по мере роста температуры увеличивается риск повреждения катализатора.
- Взрывные зажигания в выпускном тракте могут привести к механическому разрушению катализатора, если в конструкции заказчика не предусмотрены предохранительные клапаны.
- Во избежание теплового старения следует поддерживать температуру ОГ на входе в катализатор на уровне 400 - 560°C. Экзотермическая реакция в катализаторе приводит к повышению температуры ОГ. Эта температура не должна превышать 650°C. Поэтому после катализатора необходимо установить устройство контроля температуры, которое в случае превышения предельного значения прерывает подачу топлива.
- Катализаторы, встраиваемые после дизельных двигателей, должны работать при температуре более 430°C, т.к. только в этом случае не происходит загрязнение частицами сажи.
- Необходимо использовать моторные масла с низким содержанием золы и присадок, чтобы свести к минимуму образование отложение на катализаторе. Засорение каналов золой может привести к значительному нарушению работы катализатора.
Не допускать воздействия влаги или растворителей на катализатор; исключение составляет прохождение точки росы при включении и выключении установки.
- Во влажном состоянии необходимо обеспечить защиту катализатора от замерзания. Единственное исключение: остаточная влага от конденсата, образуемого при холодном запуске при низкой температуре окружающей среды. Например, допускается монтаж на крыше контейнера, если полностью исключена возможность проникновения наружной влаги в выпускную трубу.

- В биогазовых установках применение катализаторов окисления возможно только при условии предварительной тонкой очистки горючего газа от серы с защитой от проскока (см. раздел 9, горючие газы). Под воздействием сернистых соединений происходит старение катализаторов окисления. Однако более серьезные повреждения возникают в теплообменнике ОГ. В результате окисления SO_2 (образуется из сернистых соединений в отработавшем газе двигателя) до SO_3 происходит смещение точки росы, и в стандартных теплообменниках ОГ точка росы опускается ниже минимального уровня, что приводит к конденсации сернистой кислоты. Последствия: быстрое интенсивное загрязнение теплообменника ОГ и разъедание кислотами вплоть до полного разрушения теплообменника ОГ.
- При работе со свалочными или очистными газами возможно только ограниченное применение катализаторов окисления, в т.ч. при установке системы очистки газа перед двигателем.
- Следующие вещества вызывают утомление катализатора и поэтому не должны присутствовать в горючем газе:
силикон, кремний, натрий, кальций, свинец, висмут, ртуть, марганец, калий, железо, мышьяк, сурьма, кадмий; частично также органические и неорганические соединения хлора, серы и фосфора.
- Катализатор встраивается перед глушителем, чтобы предотвратить засорение отделяющимися волокнами абсорбера. Засорение катализатора приводит к повышению противодавления и снижению эффективности устранения вредных веществ. Волокна очень сложно удалять из каналов катализатора. Монтаж катализатор после глушителя отражения допускается в том случае, если до глушителя в линии ОГ используются только детали из нержавеющей стали.
- Для защиты от перегрева монтаж катализаторов в выхлопную систему следует выполнять только по окончании всех работ по регулировке двигателя и при исправно работающем двигателе. Это касается как ввода в эксплуатацию, так и последующих работ по техобслуживанию.
- Сера в виде SO_2 при температуре более 420°C практически не оказывает влияния на катализатор. Однако следует учитывать, что в катализаторе происходит частичное окисление SO_2 до SO_3 . Если при этом точка росы в выхлопной системе опускается ниже минимального уровня, SO_2 превращается в сернистую кислоту, а SO_3 - в серную кислоту. Точка росы составляет ок. 140°C .
- Твердые вещества, которые содержатся в потоке ОГ и образуют отложения на катализаторе, не наносят непосредственного вреда, однако со временем эффективность катализатора снижается. Активная поверхность частично закрывается. По мере роста отложений происходит засорение отдельных каналов. Поток ОГ может протекать только через оставшиеся свободные каналы. В результате увеличивается объемная скорость и ухудшается обмен. Рост противодавления в выхлопной системе

приводит к снижению мощности и последующему отключению двигателя. Этот процесс можно контролировать путем простого измерения разности давления.

10.2.1.5 Допустимый состав отработавших газов²

Срок службы катализатора в значительной степени зависит от концентрации антикатализаторов, поэтому отработавшие газы не должны содержать вредных для катализаторов соединений кремния, силикона, серы, фосфора, мышьяка, тяжелых металлов и т.д. Концентрация антикатализаторов не должна превышать указанных далее значений.

Антикатализатор	Гарантийный срок	
	8000 часов эксплуатации или 1 год	16000 часов эксплуатации или 2 года
Силикон	≤ 0 мкг/нм ³	≤ 0 мкг/нм ³
Кремний	≤ 0 мкг/нм ³	≤ 0 мкг/нм ³
Мышьяк	< 1 мкг/нм ³	< 1 мкг/нм ³
Ртуть	< 1 мкг/нм ³	< 1 мкг/нм ³
Свинец	< 2 мкг/нм ³	< 1 мкг/нм³
Кадмий	< 10 мкг/нм ³	< 10 мкг/нм ³
Цинк	< 100 мкг/нм ³	< 50 мкг/нм ³
Висмут	< 1 мкг/нм ³	< 1 мкг/нм ³
Сурьма	< 1 мкг/нм ³	< 1 мкг/нм ³
Сероводород	< 10 мг/нм ³	< 5 мг/нм ³
Сера	< 10 мг/нм ³	< 5 мг/нм ³
Аммиак	< 100 мг/нм ³	< 100 мг/нм ³
Фосфорные соединения и галогены	< 5 мг/нм ³	< 1 мг/нм ³
Хлор	< 10 мкг/нм ³	< 10 мкг/нм ³
Натрий	< 10 мкг/нм ³	< 10 мкг/нм ³
Кальций	< 10 мкг/нм ³	< 10 мкг/нм ³
Марганец	< 10 мкг/нм ³	< 10 мкг/нм ³
Калий	< 10 мкг/нм ³	< 10 мкг/нм ³
Железо	< 10 мг/нм ³	< 5 мг/нм ³

² Источник: Air Sonic

10.2.1.6 Катализаторы окисления для двигателей на основе биогаза и очистного газа³

Большинство производителей катализаторов не предоставляет гарантию, если двигатели работают на основе свалочного или очистного газа. Поэтому на этапе проектирования следует выяснить условия предоставления гарантии, если катализатор встраивается в систему на основе биогаза или очистного газа.

Проблема в этих установках заключается в том, что эксплуатирующее предприятие не способно предсказать, какие вредные вещества будут содержаться в отработавших газах через несколько недель, месяцев или лет.

Даже если проводятся подробные анализы, выявляющие низкое содержание вредных веществ, это всего лишь ситуация на текущий момент. Как правило, отработавшие газы исследуются не на все возможные вредные вещества, и более того, через несколько дней состав отработавшего газа может полностью измениться.

Это также подтверждает тот факт, что в аналогичных установках на основе очистного газа были получены очень различные показатели срока службы одинаковых катализаторов.

При работе с биогазом ситуация немного отличается. Здесь можно в каждом конкретном случае проверить возможности предоставления гарантии. Однако здесь требуется точный анализ отработавших газов и точное описание установки.

При отсутствии достаточной системы очистки газов в установках на основе очистного газа, свалочного газа и биогаза не предоставляется гарантия на эффективность катализаторов для устранения вредных веществ.

10.2.2 Глушитель шума отработавших газов

Глушители предназначены для поглощения шумов отработавших газов во время работы двигателя до уровня, приемлемого в конкретных условиях эксплуатации. Применяются глушители отражения, глушители поглощения и комбинированные глушители. Глушители отражения имеют максимальную эффективность в диапазоне нижних частот 125 - 500 Гц, а глушители поглощения - в диапазоне 250 - 1000 Гц. Комбинированный глушитель состоит из двух частей: глушителя отражения и глушителя поглощения. Комбинированный глушитель сочетает в себе свойства обоих типов глушителей и поэтому обеспечивает высокие показатели глушения в широком диапазоне частот.

В случае, если требуемое глушение шумов ОГ не обеспечивается за счет комбинированного глушителя, необходимо установить дополнительные глушители поглощения после комбинированного глушителя. Для изоляции корпусных шумов следует встроить компенсатор между глушителями.

См. также раздел 4.3 «Шумы».

³ Источник: Air Sonic

При рабочей температуре происходит тепловое расширение глушителей отработавших газов. Соответственно, на этапе проектирования необходимо предусмотреть неподвижные и подвижные опоры.

10.2.3 Теплообменник отработавших газов

Теплообменники ОГ применяются для утилизации тепла ОГ. Они изготавливаются в соответствии с требованиями Директивы ЕС для напорного оборудования (PED 97/23/ЕС). Испытания проводятся на основе национальных предписаний, например, TRD⁴ и памятки AD⁵, действующих в стране производителя.

Как правило, теплообменники ОГ в блочных ТЭЦ изготавливаются из нержавеющей стали (1.4571). Выходная температура ОГ в двигателях на основе природного газа составляет 120°C. Во избежание коррозии необходимо не допускать падения температуры ОГ ниже точки росы.

Во всех установках, где теплообменники ОГ расположены над двигателем, необходимо предусмотреть достаточный непрерывный слив конденсата. Это позволяет предотвратить проникновение воды в двигатель через выпускной трубопровод в случае прорыва воды в теплообменнике ОГ.

В установках на основе очистного или свалочного газа при выборе материалов следует обратить особое внимание на повышенное содержание серы, хлоридов, соляной кислоты и фтористоводородной кислоты в ОГ. Эти вещества оказывают сильное коррозионное воздействие и могут привести к повреждениям даже теплообменников ОГ из нержавеющей стали.

Если существует риск повышенной концентрации хлора и других галогенированных веществ в горячем газе, в избежание локальной коррозии (точечная коррозия, коррозия под напряжением) вместо тонкостенных труб из нержавеющей стали следует использовать толстостенные трубы из низколегированной котельной стали. Эта сталь более устойчива к точечной коррозии и коррозии под напряжением. Чтобы предотвратить поверхностную коррозию, необходимо обеспечить защиту от конденсации указанных выше веществ и воды из отработавших газов. Не охлаждать ОГ ниже 180°C. Необходимо соблюдать качество воды согласно требованиям для горячей воды (технический циркуляр для охлаждающей жидкости).

В крупных контурах нагрева существует опасность несоблюдения минимальных требований, предъявляемых к качеству воды. В этом случае настоятельно рекомендуется разместить небольшой закрытый сопряженный контур между теплообменником ОГ и контуром нагрева. Согласно техническому циркуляру для охлаждающей воды содержание хлоридов в контуре нагрева не должно превышать 20 мг/л. При повышенном содержании ионов хлоридов и повышенной температуре на входе контура нагрева трубопроводы из нержавеющей стали, которые обычно используются в теплообменниках ОГ, склонны к коррозионному растрескиванию, способному вызвать разрушение

⁴ TRD = Технические правила для паровых котлов = Technical Directions for Steam Boilers

⁵ AD = Рабочая группа по вопросам напорных резервуаров = Pressure Vessels Working Party

теплообменников ОГ. Поэтому при непосредственном подключении теплообменника ОГ к контуру нагрева и при температуре воды $>110^{\circ}\text{C}$ необходимо использовать теплообменник ОГ с водопроводящими компонентами (трубы, трубная доска и оболочка) из обычной стали, если это не противоречит ограничениям со стороны ОГ.

(см. также раздел 6.7 «Контур нагрева» и 6.8 «Охлаждающая среда в контуре нагрева»)

При рабочей температуре происходит тепловое расширение теплообменников ОГ. Соответственно, на этапе проектирования необходимо предусмотреть неподвижные и подвижные опоры.

10.2.4 Компоненты отработавших газов в биогазовых установках

При расчете параметров выхлопной системы в биогазовых установках необходимо учитывать следующее:

- При допустимой концентрации серы (в целом) макс. $2,2 \text{ г/м}^3\text{н}$ или H_2S макс. 0,15% от объема в биогазе разрешается охлаждение отработавших газов до температуры не ниже 180°C . Параметры биогаза должны непрерывно поддерживаться на постоянном уровне. Разрешается использование катализатора окисления.
- Если требуется охлаждение ОГ до 120°C , необходимо ограничить концентрацию серы до $< 0,1 \text{ г/м}^3\text{н}$ или H_2S до $< 70 \text{ млн.}_1$ (дополнительно к минимальным требованиям, предъявляемым к горючим газам).
- При применении катализаторов окисления требуется тонкая очистка горючего газа от серы. Она должна полностью удалять H_2S (предел обнаружения полевыми измерительными приборами, однако не выше $5 \text{ млн.}_1 \text{ H}_2\text{S}$). Это технически реализуется с помощью угольного адсорбера с легированным или пропитанным активированным углем.
- В биогазовых установках рекомендуется встраивать глушители ОГ перед теплообменником ОГ, т.к. это снижает риск конденсации кислот при повышенной температуре ОГ.
- Кроме того, необходимо предусмотреть надежный отвод конденсата. В ходе эксплуатации следует регулярно проверять отвод конденсата, также следует обеспечить защиту от замерзания в зимний период.
- Необходимо регулярно проводить очистку теплообменника ОГ со стороны дымовых газов.
- В связи с риском образования конденсата необходимо изолировать все узлы, пропускающие отработавшие газы, обязательно также вне помещений.

10.2.5 Выхлопные заслонки

В большинстве случаев выхлопные системы устанавливаются отдельно для каждого двигателя. В этих системах используются выхлопные заслонки в качестве исполнительных заслонок для обхода компонентов системы. В выхлопных системах, где несколько двигателей подключается к общему выпускному трубопроводу, выхлопные заслонки предназначены для отделения двигателей от общего выпускного трубопровода. Пример: подача отработавших газов от нескольких двигателей на абсорбционную холодильную машину.

В закрытом состоянии выхлопные заслонки не обладают герметичностью, здесь всегда имеются утечки.

В зависимости от области применения следует учитывать требования по герметичности выхлопных заслонок (например, TRD 604 лист 2).

10.2.5.1 Обход компонентов выхлопной системы

Для обхода компонентов выхлопной системы, например, теплообменников ОГ и/или парогенераторов, применяются выхлопные заслонки с электрическим или пневматическим сервоприводом. Эти заслонки используются только в качестве исполнительных заслонок и не имеют функций регулировки. Как правило, применяются комбинации из двух заслонок, которые под действием серводвигателя и рычажного механизма открываются и закрываются в противоположном направлении.

10.2.5.2 Установки с несколькими двигателям и общим выпускным трубопроводом

В установках с несколькими двигателям и общим выпускным трубопроводом необходимо обязательно обеспечить защиту от неконтролируемого обратного потока отработавших газов в неработающий двигатель. Обратный поток ОГ приводит к образованию коррозии на этом двигателе. Далее перечислены различные возможности для защиты от обратного потока ОГ с помощью выхлопных заслонок.

Система выхлопных заслонок с отдельной выпускной трубой

В данной системе в трубопровод после двигателя встраивается выхлопная заслонка. После заслонки поток ОГ через комбинацию байпасных клапанов выводится наружу по отдельной выпускной трубе или подается в общий выпускной трубопровод (см. рис. 10.4). При останове двигателя выхлопная заслонка после двигателя (заслонка 1) и заслонка к общему выпускному трубопроводу (заслонка 2) закрываются, а заслонка в ведущем наружу трубопроводе (заслонка 3) открывается. При работе других двигателей в общем выпускном трубопроводе преобладает повышенное давление, а через заслонку 2 происходит утечка газа в промежуточное пространство. Ввиду относительно малого

количества утечек газа и относительно большого свободного поперечного сечения ведущего наружу трубопровода (заслонка 3 открыта) утечки газа поступают наружу, при этом обеспечивается защита двигателя благодаря закрытой заслонке 1.

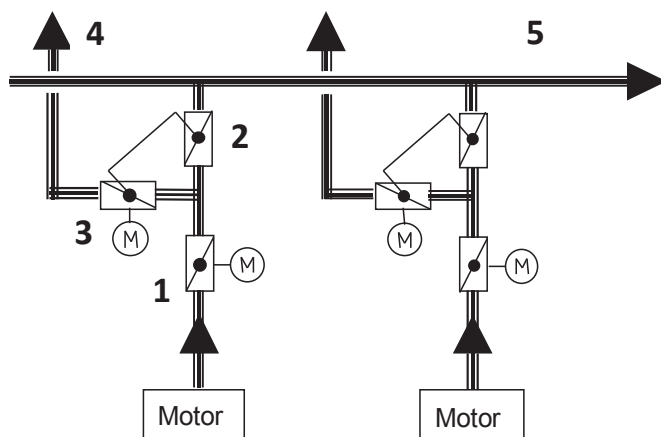
Перед запуском одного из двигателей открывается выхлопная заслонка 1 за двигателем, и отработавшие газы начинают поступать наружу через открытую заслонку 3. После запуска двигателя комбинация заслонок переключается, ведущий наружу трубопровод перекрывается и открывается линия в общий выпускной трубопровод.

Данная конструкция имеет следующие преимущества:

- Возможность отдельной работы каждого двигателя независимо от выпускного трубопровода в общей системе.
- Возможность запуска каждого двигателя без противодействия ОГ.
- В режиме с поточным управлением возможно изменение количества тепла ОГ путем переключения на ведущий наружу байпас.

Данная конструкция настоятельно рекомендуется при использовании общей выхлопной системы для нескольких двигателей.

Рис. 10.4 Общая выхлопная система с ведущим наружу байпасом



- | | |
|---|-----------------------------|
| 1 | Выхлопная заслонка 1 |
| 2 | Выхлопная заслонка 2 |
| 3 | Выхлопная заслонка 3 |
| 4 | Ведущий наружу байпас |
| 5 | Общий выпускной трубопровод |

Система выхлопных заслонок с вдуванием запирающего воздуха

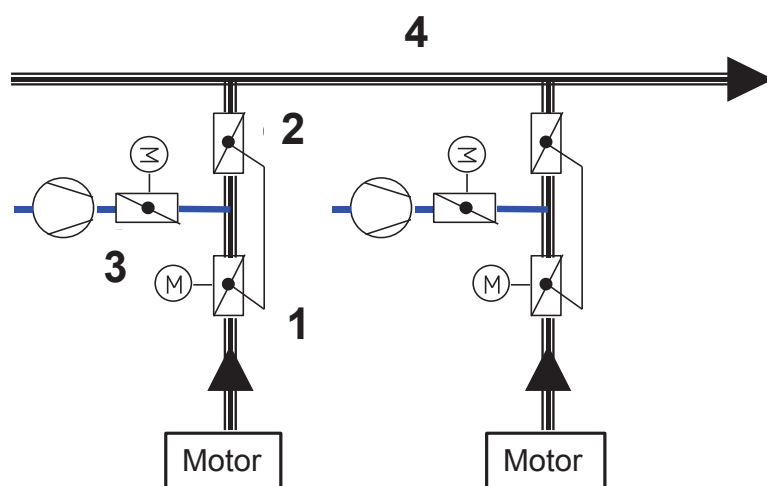
В этой системе в выпускной трубопровод, ведущий к общей выпускной трубе, встроены две выхлопные заслонки, которые одновременно закрываются и открываются с помощью сервопривода. На участке между заслонками подключается линия запирающего воздуха. Для подачи запирающего воздуха используется нагнетатель с подключенной к нему запорной заслонкой (см. рис. 10.5).

Во время простоя двигателя обе выхлопные заслонки (заслонка 1 и 2) закрыты, а на участок между заслонками подается запирающий воздух. Давление запирающего воздуха должно превышать максимальное противодействие ОГ в общем выпускном трубопроводе, а количество запирающего воздуха должно превышать количество утечек на выхлопных заслонках. Таким образом, проникновение утечек газа из общего выпускного трубопровода в неработающий двигатель невозможно.

Перед запуском двигателя обе выхлопные заслонки открываются, запорная заслонка 3 перед нагнетателем закрывается, нагнетатель запирающего воздуха выключается. Запуск двигателя осуществляется против противодействия ОГ в общем выпускном трубопроводе.

Преимущество: не требуется отдельный трубопровод, ведущий наружу.

Рис. 10.5 Общая выхлопная система с вдуванием запирающего воздуха



- | | |
|---|-----------------------------|
| 1 | Выхлопная заслонка 1 |
| 2 | Выхлопная заслонка 2 |
| 3 | Воздушная заслонка |
| 4 | Общий выпускной трубопровод |

Система выхлопных заслонок с промежуточным выпуском воздуха

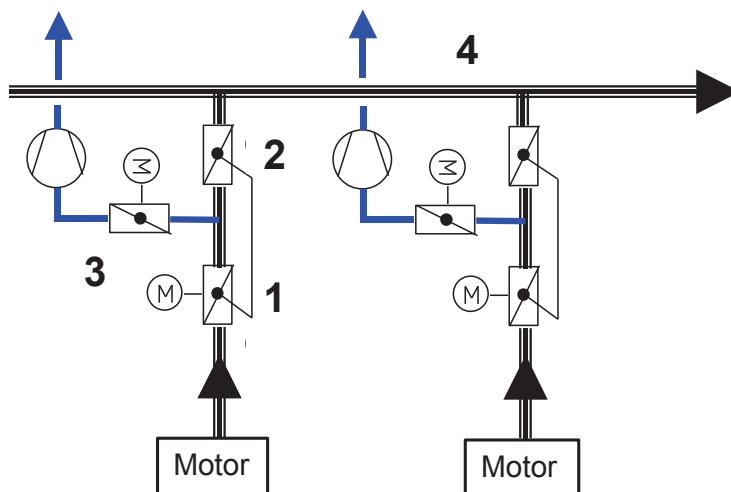
В этой системе в выпускной трубопровод, ведущий к общей выпускной трубе, встроены две выхлопные заслонки, которые одновременно закрываются и открываются с помощью сервопривода. На участке между заслонками подключается воздуховыпускная линия. Утечки газа на участке между заслонками всасываются с помощью вытяжного вентилятора с расположенной перед ним запорной заслонкой и выводятся наружу (см. рис. 10.6).

Во время простоя двигателя обе выхлопные заслонки (заслонка 1 и 2) закрыты, а на участке между заслонками постоянно поддерживается слегка повышенное давление за счет вытяжного вентилятора. Поступающие через заслонки утечки газа всасываются вентилятором и выводятся наружу. Таким образом, проникновение утечек газа в неработающий двигатель невозможно.

Перед запуском двигателя обе выхлопные заслонки открываются, запорная заслонка 3 перед вентилятором закрывается, вытяжной вентилятор выключается. Запуск двигателя осуществляется против противодействия ОГ в общем выпускном трубопроводе.

Недостаток: требуется отдельный трубопровод, ведущий наружу, однако поперечное сечение этого трубопровода намного меньше сечения выпускного трубопровода (см. рис. 10.4).

Рис. 10.6 Общая выхлопная система с промежуточным выпуском воздуха



- | | |
|---|-----------------------------|
| 1 | Выхлопная заслонка 1 |
| 2 | Выхлопная заслонка 2 |
| 3 | Воздушная заслонка |
| 4 | Общий выпускной трубопровод |

10.2.6 Прокладка выпускных трубопроводов

Ввиду относительно высокой температуры отработавших газов наблюдается очень высокое тепловое расширение (ок. 1 - 1,5 мм/м при 100°C).

Во избежание недопустимо высоких механических напряжений в выпускных трубопроводах необходимо в подходящих точках установить компенсаторы для компенсации теплового расширения выпускных труб и компонентов. В зависимости от способа прокладки трубопроводов используются подвижные и неподвижные опоры. Не разрешается опирать выпускные трубопроводы на турбокомпрессор ОГ или двигатель. Первая точка опоры должна находиться непосредственно после компенсатора на выходе турбокомпрессора. Особенно встроенные компоненты выхлопной системы, такие как теплообменники, катализаторы, глушители и т.д., необходимо защитить от механических напряжений вследствие теплового расширения выпускных труб. Для этого на входе и выходе встраиваются компенсаторы в соответствии с указаниями производителя (необходимо соблюдать допустимое осевое и продольное смещение). Ввиду высоких рабочих температур выхлопная система полностью изолируется. Только для трубопроводов, проложенных вне помещений, достаточно установить защиту от прикосновения на выхлопные трубопроводы после теплообменника ОГ.

10.2.7 Дополнительные указания по проектированию теплообменников ОГ и глушителей

10.2.7.1 Подъемные проушины

Для более удобного монтажа компонентов может потребоваться установка подъемных проушин.

10.2.7.2 Корпусный шум

При креплении следует учитывать возможные шумовые аспекты. В этом случае необходимо свести к минимуму передачу корпусного шума на другие узлы. Для этого в опоры или подвески устанавливаются гасители колебаний. Это выполняется для стоячей или подвесной конструкции. Так как для обеспечения температурного режима трубопроводы и корпус катализатора изолированы, для большинства установок дополнительная звукоизоляция этих узлов не требуется.

10.2.7.3 Монтаж

При монтаже корпусов катализаторов, теплообменников ОГ и глушителей шума ОГ следует не допускать опрокидывания этих узлов.

Это неминуемо приводит к повреждениям корпуса и компонентов. Имеющиеся опоры предназначены только для расчетных нагрузок при монтаже. Поэтому заказчик должен приложить к заказу описание условий для монтажа компонентов. Если компоненты не привинчиваются к фундаменту или стальной конструкции, а имеют опору на подшипнике скольжения, в ходе монтажа необходимо следить за тем, чтобы между скользящей пластиной и опорной пластиной всегда имелось достаточное количество смазки. В ходе дальнейшей эксплуатации следует регулярно проверять смазку пластин.

10.2.7.4 Очистка теплообменника отработавших газов

При монтаже теплообменника ОГ необходимо предусмотреть достаточное свободное пространство для очистки теплообменника.

10.2.8 Дымовые трубы

Особенно в жилых районах необходимо предотвратить недопустимые выбросы отработавших газов двигателей в атмосферу. Через дымовые трубы отработавшие газы выводятся в атмосферу на большой высоте.

Чтобы не допустить понижения температуры ОГ ниже точки росы, необходимо изолировать дымовые трубы. Скорость ОГ в дымовой трубе должна составлять 15 - 20 м/с. При скорости более 20 м/с существует опасность резонансных колебаний столба газа. Высокая выходная скорость приводит к динамическому подъему над дымовой трубой и улучшает распространение отработавших газов, однако при этом повышается уровень шумов.

Тяга в дымовой трубе, зависящая от высоты дымовой трубы, снижает противодавление в выхлопной системе. Путем установки обтекателей на выходе дымовой трубы можно частично или полностью компенсировать тягу в дымовой трубе, поэтому при неблагоприятных условиях следует ожидать противодавление также в дымовой трубе.

Дымовые трубы оснащаются постоянным водоотводом; необходимо исключить риск загрязнения в результате погодных воздействий (дождь, снег и т.д.).

В нижней точке каждого компонента необходимо предусмотреть постоянный водоотвод. Вопросы утилизации конденсата решаются в индивидуальном порядке, при необходимости следует направлять конденсат в систему нейтрализации.

Монтаж энергетических установок

Раздел 11

Пневматическая система

июнь 2012 г.

Содержание

11.	Пневматическая система	3
11.1	Компоненты пневматической системы	5
11.1.1	Компрессоры	5
11.1.2	Резервуары сжатого воздуха	5
11.1.3	Трубопроводы сжатого воздуха	5
11.2	Пневматическая система низкого давления	6
11.3	Указание по технике безопасности	6
11.4	Качество сжатого воздуха	6

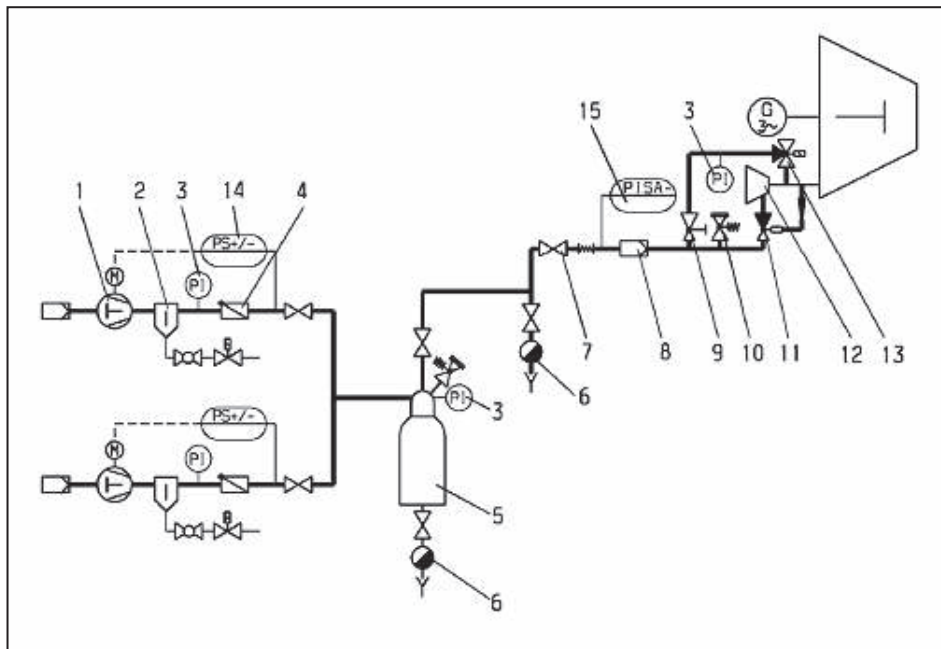
11. Пневматическая система

Для запуска некоторых моделей двигателей применяется сжатый воздух. Запуск производится с помощью пневмостартера посредством зубчатого обода маховика. В таблице 11.1 представлены системы запуска для различных модельных рядов.

Таб. 11.1

Тип двигателя	Пневмостартер через зубчатый обод	Электрический стартер
TCD /TCG 2016		■
TCG 2020(K)		■
TCD /TCG 2020	■	■
TCG 2032	■	

На рис. 11.1 показана система пускового воздуха для двигателя с пневмостартером.



- 1 Компрессор
- 2 Маслоотделитель
- 3 Манометр
- 4 Обратный клапан
- 5 Резервуар сжатого воздуха
- 6 Конденсатоотводчик
- 7 Запорный клапан высокого давления
- 8 Грязеуловитель
- 9 Редукционный клапан
- 10 Предохранительный клапан
- 11 Пусковой клапан
- 12 Стартер
- 13 Управляющий клапан
- 14 Реле давления/компрессор ВКЛ./ВЫКЛ.
- 15 Реле давления/аварийный сигнал - мин. давление

Компрессор (1) через обратный клапан (4) и маслоотделитель (2) заполняет резервуар сжатого воздуха (5), который оснащен водоотделителем (6). Давление заполнения резервуара отображается на манометре (3). Через запорный клапан высокого давления (7) и грязеуловитель (8) подается сжатый воздух на пусковой клапан (11). При поступлении сигнала запуска пусковой клапан открывается через управляющий клапан (13), и на стартер (12) подается сжатый воздух. Происходит запуск двигателя.

11.1 Компоненты пневматической системы

11.1.1 Компрессоры

Компрессоры в избыточном количестве представляют собой дизельные или электрические компрессоры с соответствующим оснащением для запуска без давления. Сжатие выполняется, как правило, в два этапа с промежуточным охлаждением, конечное давление сжатия составляет 30 бар. Конструкцию компрессоров необходимо согласовать с общим объемом подключенных резервуаров сжатого воздуха.

11.1.2 Резервуары сжатого воздуха

Резервуары сжатого воздуха предназначены для вертикальной или горизонтальной установки. Объем резервуара определяется в соответствии с типом и количеством подключенных двигателей, а также необходимым количеством запусков без дополнительного заполнения резервуаров.

Следует регулярно удалять воду из резервуаров сжатого воздуха. Вода из вертикальных резервуаров сливается через клапанную головку, тогда как горизонтальные резервуары устанавливаются под наклоном в направлении днища резервуара, чтобы обеспечить надлежащий водоотвод на днище резервуара. В общем случае рекомендуются устройства автоматического водоотвода. Эти устройства всегда располагаются под резервуаром, а сливная линия от резервуара всегда должна быть направлена вниз.

11.1.3 Трубопроводы сжатого воздуха

В заправочный трубопровод между компрессором и резервуаром сжатого воздуха необходимо установить масло- и водоотделитель, который подлежит регулярному техобслуживанию.

Пусковая линия между резервуаром сжатого воздуха (верхняя часть резервуара) и главным пусковым клапаном двигателем должна иметь минимальную длину и минимальное количество изгибов. В зависимости от прокладки трубопроводов в нижних точках следует предусмотреть устройства автоматического водоотвода.

В пусковую линию рекомендуется установить грязеуловитель с водоотводным клапаном. При установке грязеуловителя необходимо учитывать положение (сито всегда снимается вниз) и направление потока.

В установках с несколькими двигателями кольцевой трубопровод может повлиять на эксплуатационную надежность установки.

Необходимо немедленно удалять сварочные отходы и прочие загрязнения из трубопровода сжатого воздуха.

Пусковые трубопроводы всегда изготавливаются из нержавеющей стали (см. также раздел 20.2)!

11.2 Пневматическая система низкого давления

В двигателях модельного ряда TCG 2032 в стандартном исполнении на пневматические запорные клапаны на участке регулирования газа через разъем в пусковой группе подается сжатый воздух под давлением не более 10 бар.

11.3 Указание по технике безопасности

При проведении работ с двигателем необходимо всегда прерывать подачу сжатого воздуха на двигатель, чтобы не допустить случайного запуска двигателя.

11.4 Качество сжатого воздуха

Сжатый воздух должен быть очищен от пыли и масла. Необходимо выполнить компрессоры и воздушные фильтры соответствующим образом.

Монтаж энергетических установок

Раздел 12

Контрольно-измерительные приборы и ограничители

июнь 2012 г.

Содержание

12.	Контрольно-измерительные приборы и ограничители	3
12.1	Контроль согласно DIN EN 12828	3
12.2	Контроль согласно TRD 604	4
12.3	Измерение температуры	4
12.3.1	Указания по установке датчиков температуры	4
12.4	Контроль разности давления	5
12.5	Контроль противодействия ОГ	5

12. Контрольно-измерительные приборы и ограничители

Эти устройства служат для защиты и регулирования модуля блочной ТЭЦ. Кроме того, выполняются требования по технике безопасности, предъявляемые производителями тепла.

Для контрольно-измерительных приборов и ограничителей требуется Заявление о соответствии требованиям ЕС и маркировка CE согласно Директиве для низковольтного оборудования 2006/95/EG или Директиве по электромагнитной совместимости 2004/108/ЕС.

При монтаже контрольно-измерительных приборов и ограничителей необходимо соблюдать указания производителя, приведенные в руководствах по эксплуатации и техобслуживанию.

В общем случае в ходе монтажа необходимо соблюдать следующее:

- допустимая температура окружающей среды;
- допустимая рабочая среда;
- допустимая температура среды;
- допустимое рабочее давление;
- допустимое положение при монтаже;
- допустимая скорость потока;
- требуемая минимальная глубина погружения.
- Выбор кабелей в соответствии с разделом 17 (экранированный соединительный кабель для датчиков)

12.1 Контроль согласно DIN EN 12828

Устройства для ограничения температуры, давления, потока и недостатка воды должны отвечать следующим требованиям:

- реле и ограничители температуры должны пройти испытания согласно DIN EN 14597 (ограничители с блокировкой повторного включения);
- ограничители давления должны пройти испытания опытного образца согласно памятке VdTÜV «Давление 100/1» с блокировкой повторного включения;
- ограничители потока должны пройти испытания опытных образцов согласно памятке VdTÜV «Поток 100»;
- ограничители уровня воды должны пройти испытания опытного образца согласно памятке VdTÜV «Уровень воды 100/2»;

12.2 Контроль согласно TRD 604

Для ограничения температуры, давления и недостатка воды необходимо использовать устройства особой конструкции.

Ограничители потока должны соответствовать требованиям памятки VdTÜV «Поток 100».

12.3 Измерение температуры

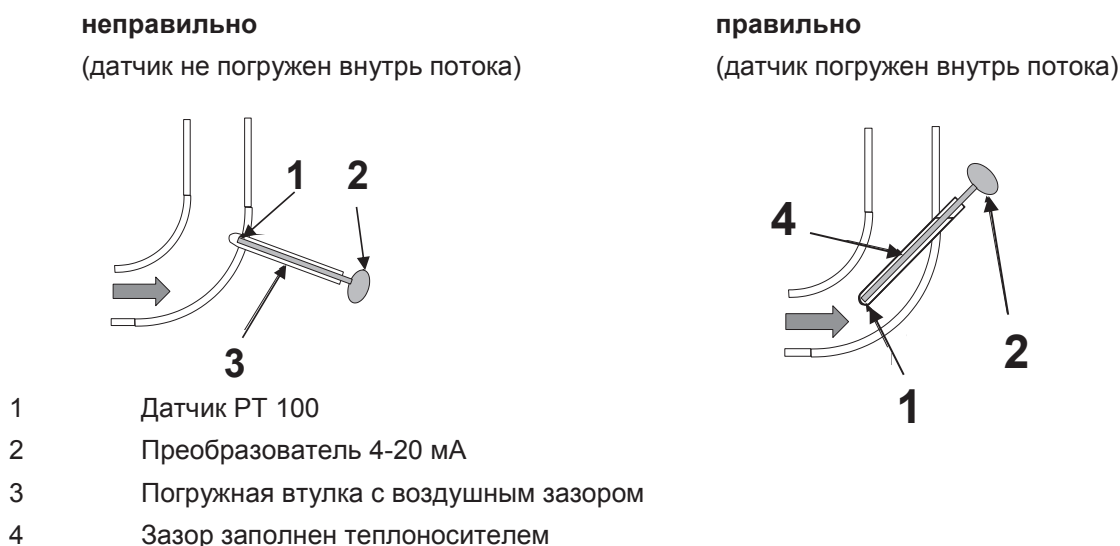
Для измерения температуры используются термометры сопротивления в водяных контурах и термопары в контурах отработавшего газа. Под действием температуры происходит изменение сопротивления или напряжения термопары, которое с помощью преобразователя в головке щупа преобразуется в единый сигнал 4 - 20 мА.

12.3.1 Указания по установке датчиков температуры

Обязательным условием хорошего регулирования является быстрая регистрация динамических изменений температуры. Способ установки оказывает значительное влияние на скорость срабатывания и погрешность измерения.

На рис. 12.1 показаны примеры правильной и неправильной установки датчиков в трубопроводы. Длину погружных втулок следует отрегулировать по длине трубопроводов таким образом, чтобы наконечник датчика измерял температуру внутри потока. Датчик присоединяется к погружной втулке с помощью теплоносителя. Для этого подходят термостойкие масла и теплопроводящие пасты. Необходимо не допускать образования изолирующих воздушных зазоров между погружной втулкой и датчиком.

Рис. 12.1 Монтаж датчика температуры



12.4 Контроль разности давления

Для контроля разности давления используются дифференциальные реле давления.

12.5 Контроль противодействия ОГ

Для контроля противодействия отработавших газов применяется реле давления особой конструкции согласно памятке VdTÜV «Давление 100/1». Измерительная линия всегда располагается с подъемом в направлении датчика.

Монтаж энергетических установок

Раздел 13

Пустой раздел

июнь 2012 г.

Содержание

13. Это пустой раздел

Монтаж энергетических установок

Раздел 14

Электрические распределительные системы

июнь 2012 г.

Содержание

14.	Электрические распределительные системы	3
14.1	Система TEM для газовых двигателей	3
14.1.1	Система TEM EVO.....	3
14.1.2	Конструкция	4
14.1.3	Эксплуатационный журнал и история	4
14.1.4	Функции диагностики и обслуживания.....	5
14.1.5	Технические характеристики.....	6
14.1.6	Указания по монтажу контроллера ввода-вывода	6
14.2	Преимущества для пользователя.....	7
14.3	Управление и питание вспомогательных приводов	7
14.4	Силовой блок	7
14.5	Централизованное управление	8

14. Электрические распределительные системы

При оснащении и установке распределительных систем необходимо соблюдать общепринятые технические правила, а также следующие предписания: Директива для низковольтного оборудования 2006/95/EG, Директива по электромагнитной совместимости 2004/108/EC, предписания VDE 0116, VDE 0660 часть 500 и BGV A2. При работе со шкафами управления и распределительными шкафами с электрическими узлами и компонентами, обладающими электростатической чувствительностью (например, печатными платами), необходимо принимать во внимание соответствующее сервисное сообщение и указанные в нем стандарты DIN EN 61340 – 5 – 1 и DIN EN 61340-5-2. Распределительные устройства предназначены для эксплуатации при температуре окружающей среды 0 - 40°C и относительной влажности воздуха 5 - 70%. Температура внутри распределительного шкафа не должна превышать 45°C.

Исключение составляют стенные шкафы системы управления TEM, в которых внутренняя температура может повышаться до 50°C.

При необходимости следует обеспечить теплоотвод коммутационных узлов с помощью вентиляторов с термостатным управлением, чтобы не допустить превышения допустимой внутренней температуры. При повышенной температуре окружающей среды необходимо предусмотреть кондиционирование в помещении распределительной системы или в распределительном шкафу. Не допускать прямого воздействия солнечных лучей на распределительные шкафы.

14.1 Система TEM для газовых двигателей

Система TEM является головной частью модуля газового двигателя; она включает в себя функции управления двигателем, регулирования и контроля газового двигателя, а также дополнительные функции: аварийное охлаждение, регулирование контура нагрева и контроль. Система предоставляет функции управления и индикации для оператора, регулирует и оптимизирует сжигание газа в цилиндрах, управляет и контролирует агрегат двигателя и генератора со всеми вспомогательными устройствами. Функции контроля обеспечивают защиту агрегата от недопустимых граничных состояний и повышают срок службы. Встроенные функции регулирования обеспечивают оптимальные и воспроизводимые параметры двигателя во всех рабочих состояниях.

Во встроенном кратковременном и долговременном журнале на постоянном носителе данных сохраняются все основные измеренные значения, что позволяет полностью отслеживать собственные рабочие операции.

14.1.1 Система TEM EVO

Система TEM EVO содержит все перечисленные в разделе 14.1 функции в виде модулей.

Кроме того, широкий набор дополнительных функций позволяет настраивать систему TEM EVO в соответствии с конкретными условиями эксплуатации (например, регулирование по детонации (AKR), вентиляция машинного помещения, управление и регулирование вентиляторных панелей в контуре нагрева, контуре двигателя, контуре аварийного охлаждения и контуре охлаждения смеси, а также настройка параметров измеряемых значений, счетчиков и контуров регулирования, режим работы в зависимости от значения CH_4 и т.д.). В результате обеспечивается простота в обращении, высокая эксплуатационная надежность и оптимальная экономичность.

14.1.2 Конструкция

Система TEM EVO состоит из 3 компонентов:

- Агрегатный шкаф (AGS) в комплекте с присоединенными клеммами кабелями для агрегата содержит устройство управления агрегата и предохранительную цепь, одобренную в TÜV. Длина кабеля между газовым двигателем и шкафом TEM составляет 8 м (вариант: 15 м).
- Контроллер ввода-вывода для установки в шкаф вспомогательных агрегатов (HAS, макс. расстояние до агрегатного шкафа - 250 м, подключение с помощью экранированного 3-жильного шинного кабеля).
- Управляющий компьютер (макс. расстояние до агрегатного шкафа - 100 м, подключение с помощью экранированного 3-жильного кабеля), устанавливается в шкаф вспомогательных приводов или на внешнюю панель управления.

Данная конструкция сводит к минимуму затраты на прокладку кабеля внутри установки.

Агрегатный шкаф устанавливается в непосредственной близости от агрегата. Наряду с прошедшими заводскую проверку кабелями двигателя, присоединенные клеммами в агрегатном шкафу и прошедшие контроль кабели, ведущие к агрегату (штекерное соединение с агрегатом), обеспечивают быстрый ввод в эксплуатацию и высокую эксплуатационную надежность. Обмен сигналами между силовым блоком и системой TEM EVO осуществляется непосредственно в шкафу вспомогательных агрегатов посредством контроллера ввода-вывода. Данные в систему управления агрегатом передаются по помехозащищенной шине CAN.

Управляющий компьютер можно разместить в любой точки установки, т.е. в шкафу вспомогательных агрегатов или на пульте управления. Максимальное расстояние до шкафа TEM составляет 100 м.

14.1.3 Эксплуатационный журнал и история

Электронный эксплуатационный журнал системы TEM EVO с его функциями ведения протокола заменяет заполняемый вручную журнал. Все рабочие сообщения, важные для эксплуатации коммутационные операции и изменения параметров вносятся в протокол с точной меткой времени (дата/время).

В общей сложности система TEM-EVO может контролировать и различать более 600 различных событий. Это позволяет быстро и подробно анализировать работу агрегата, включая вспомогательные функции под управлением TEM EVO.

В истории записываются до 84 значений измерения. Возможно совместное отображение до 20 кривых измерения в одной диаграмме. Пользователь может самостоятельно составить набор кривых измерения.

Система TEM EVO выполняет запись истории на трех временных уровнях:

- История рабочего цикла: запись мгновенных значений в каждом рабочем цикле (1 рабочий цикл = 2 оборота коленчатого вала)
- 6-минутная история: запись мгновенных значений с интервалом в 1 секунду
- 40-часовая история: запись значений измерения с интервалом 6 минут.

14.1.4 Функции диагностики и обслуживания

В дополнение к истории и эксплуатационному журналу, базовая система TEM-EVO содержит функции диагностики и обслуживания, которые позволяют своевременно обнаружить отклонения и оптимизировать работу установки. Неисправности более быстро устраняются, а ввод в эксплуатацию проводится более быстро и удобно. Это значительно повышает общую экономичность модуля газового двигателя.

Здесь имеются следующие функции диагностики и обслуживания:

- Режим тестирования вспомогательного агрегата
- Цифровой регулятор частоты вращения
- Электронная система зажигания
- Настройка параметров
- Замена масла
- Электронный счетчик часов эксплуатации
- Выбор языка и принтера
- Настройка системы (версии ПО, серийные номера, настройки цветов, заставка экрана и т.д.)
- Дополнительные функции диагностики и обслуживания для опциональных компонентов (например, регулирование по детонации, двухгазовый режим)

Параметры обслуживания и диагностики также можно передавать с помощью аналогового или беспроводного модема (опция). Это позволяет сотрудникам технической службы MWM или сотрудникам собственной дежурной службы заказчика особенно быстро проводить дистанционную диагностику и удаленное обслуживание.

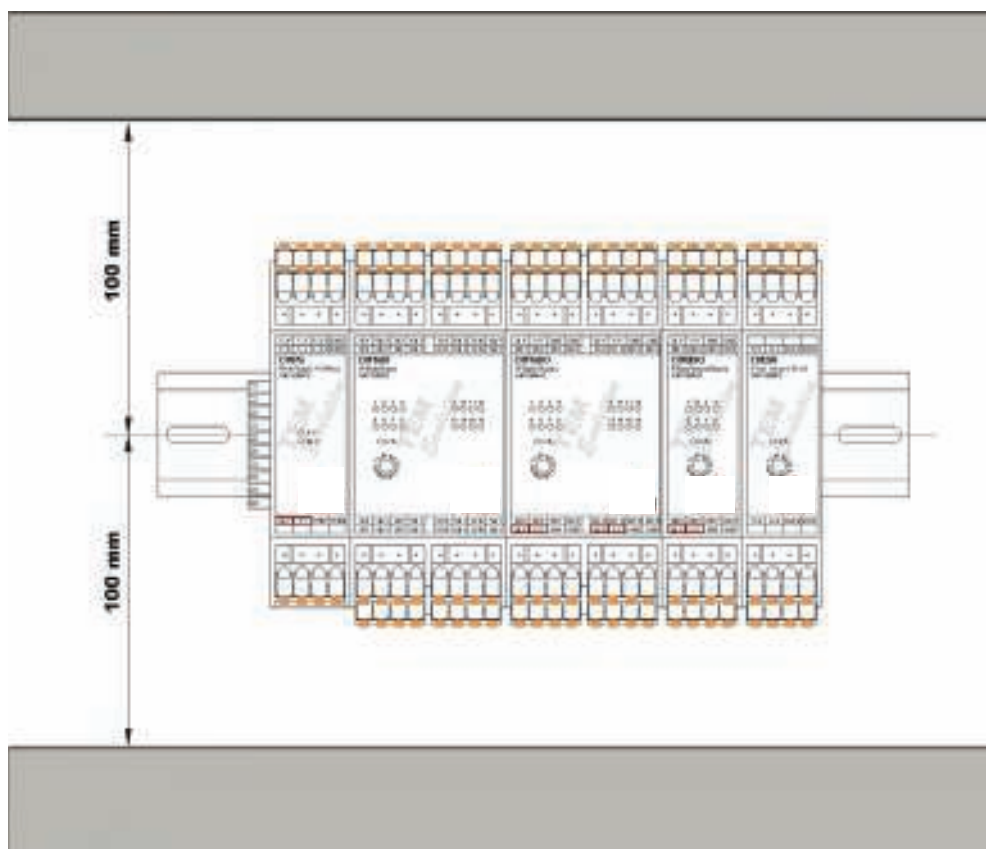
14.1.5 Технические характеристики

- Агрегатный шкаф: стандартные размеры 1200 x 800 x 300 мм (В x Ш x Г); степень защиты IP 54, рабочая температура 5 - 50°C, кабельные вводы снизу.
- Контроллер ввода-вывода: размеры 114,5 x 112 мм (Г x В); длина зависит от количества доп. компонентов; степень защиты IP 20, рабочая температура 5 - 45°C.
- Управляющий компьютер: размеры 311 x 483 x 101 мм (В x Ш x Г) вкл. лицевую панель; монтажная глубина 95 мм; монтажный вырез 282 x 454 мм (В x Ш); степень защиты с лицевой стороны IP 65, рабочая температура 5 - 40°C.

14.1.6 Указания по монтажу контроллера ввода-вывода

Контроллер ввода-вывода размещается на горизонтальной DIN-рейке 35 мм (EN 50022) в распределительном приборном шкафу. Модули должны располагаться вертикально (рис. 1), чтобы обеспечить достаточное проветривание. Расстояние между двумя кабельными каналами должно составлять 200 мм (не менее 160 мм).

Рис.1 Контроллер ввода-вывода



14.2 Преимущества для пользователя

Система TEM EVO дает следующие преимущества для пользователя:

- Компактная конструкция и интеграция множества периферийных дополнительных функций (утилизация тепла и т.д.).
- Высокий КПД двигателя благодаря регулированию оптимальной рабочей точки.
- Выбросы отработавших газов на постоянно низком уровне.
- Высокая безопасность установки благодаря автоматической проверке достоверности.
- Быстрое устранение неисправностей благодаря выводу на экран значений измерения, предупреждений и сообщений о неисправностях.
- Быстрое и недорогое обслуживание с помощью расширенных функций диагностики, а также кратковременной и долговременной истории.
- Эффективное дистанционное управление и удаленная диагностика через центральный пульт управления или любой другой внешний компьютер с помощью аналогового или беспроводного модема (дополнительная функция).
- Дополнительные функции удаленной диагностики, проводимой специалистами технической службы с помощью аналогового модема (дополнительная функция).

14.3 Управление и питание вспомогательных приводов

Наряду с системой TEM типовая установка содержит одну панель для каждого агрегата, предназначенную для вспомогательных приводов, синхронизации и защиты генераторов и соответствующих зарядных устройств.

Вспомогательные приводы - это все отводы мощности для насосов, регулирующих клапанов, заслонок, вентиляторов и т.д.

Синхронизация обеспечивает синхронное подключение к сети путем точной настройки частоты вращения двигателя в соответствии с частотой сети, напряжением и положением фаз.

Защита генератора включает в себя все необходимые и рекомендуемые контрольные устройства для защиты генератора согласно ISO 8528-4.

Зарядные устройства служат для зарядки батареи в нормальном режиме работы в зависимости от характеристик постоянного напряжения и постоянного тока.

14.4 Силовой блок

Внутри силового блока расположены силовой выключатель генератора и соответствующие преобразователи для защиты генератора. Измерительные преобразователи тока и напряжения также находятся в силовом блоке.

В небольших установках можно объединить силовой блок и панель вспомогательных приводов в одном шкафу.

В крупных установках и установках среднего напряжения силовые блоки размещаются в отдельном помещении распределительной системы.

14.5 Централизованное управление

Централизованное управление выполняет все общие функции управления и контроля, которые требуются в установке с несколькими двигателями.

Функции централизованного управления для отдельных агрегатов:

- выбор и отмена выбора;
- ввод заданной мощности для агрегатов;
- выбор режима работы;
- параллельно-сетевой режим, островной режим или режим резервного электроснабжения.

Возможные дополнительные функции централизованного управления:

- управление различными режимами работы;
- выбор типа газа;
- контроль сбоев сети;
- управление и контроль подачи смазочного масла и утилизации отработанного масла (суточная цистерна, бак отработанного масла);
- управление и питание центральных насосов;
- управление и питание центральных устройств аварийного охлаждения;
- управление и контроль аккумулятора тепла;
- режим работы в зависимости от размещения газового бака;
- управление и питание вентиляционной системы;
- управление и питание газовой сигнальной установки;
- управление и питание противопожарных устройств и т.д.

Также необходимо предусмотреть уровень ручного управления для локального управления установкой в случае сбоя системы управления процессами.

Монтаж энергетических установок

Раздел 15

Островной режим

июнь 2012 г.

Содержание

15.	Островной режим с газовыми двигателями.....	3
15.1	Общее описание островного режима	3
15.2	Островной режим после переключения из параллельно-сетевого режима	4
15.3	Островной режим без общественной сети	6
15.4	Режим резервного электроснабжения согласно DIN VDE 0100-710, DIN VDE 0100-560, DIN EN 50172, DIN VDE 0100-718	8
15.5	Распределение активной нагрузки в островном режиме	8
15.6	Запуск крупных потребителей.....	8
15.7	Запуск из полностью обесточенного состояния	9
15.8	Система заземления.....	9
15.9	Вредные выбросы	9
15.10	Подведение итогов.....	10

15. Островной режим с газовыми двигателями

15.1 Общее описание островного режима

Газовые двигатели могут работать в различных электрических режимах эксплуатации. Как правило, газовые двигатели работают параллельно общественной сети. Общественная сеть рассматривается как комплексная система с высокой инертностью, в которой подключение и отключение нагрузок отдельных потребителей не вызывает перепадов напряжения и частоты. В силу своей конструкции газовые двигатели предназначены для работы в параллельно-сетевом режиме с высоким КПД. Однако в некоторых случаях заказчик не имеет доступа постоянного или временного к общественной сети. Поэтому в качестве дополнительной функции предлагается островной режим.

В островном режиме регулирование мощности газового агрегата в системе ТЕМ невозможно. Регулятор мощности отключен, а регулятор частоты вращения поддерживает постоянную частоту. В островном режиме система ТЕМ не может оказывать влияние на нагрузку агрегата. По этой причине необходимо соблюдать граничные условия: температуру воздуха на входе и температуру охлаждающей воды на входе двигателя. Подключение и сброс нагрузки для каждого газового агрегата, особенно для агрегатов с высокими нагрузками (TCG 2016 C, TCG 2020, TCG 2032), необходимо регулировать с помощью системы управления нагрузками, предоставляемой заказчиком. Для этого установлены максимальные ступени нагрузки для каждого газового агрегата (см. раздел 16 «Подключения нагрузки»).

Для эксплуатации газовых агрегатов в островном режиме необходимо соответствующим образом изменить общую концепцию установки перед началом проектирования. Чтобы достичь хороших результатов проектирования, требуются однолинейная схема установки и данные о потребителях со стороны заказчика (реальная пусковая мощность и характеристики запуска), особенно для крупных потребителей (насосы и крупные вентиляторы). Также необходимо провести анализ концепции заземления установки в целом. Производитель оказывает поддержку на этапе проектирования с целью разработки эффективной и продуманной концепции.

Определены два варианта островного режима:

- Островной режим после переключения из параллельно- сетевого режима
- островной режим без общественной сети.

15.2 Островной режим после переключения из параллельно-сетевого режима

В нормальном режиме эксплуатации газовые агрегаты работают параллельно общественной сети. Регулирование агрегатов осуществляется с помощью регуляторов мощности в системе управления ТЕМ. Общественная сеть определяет частоту и напряжение агрегатов.

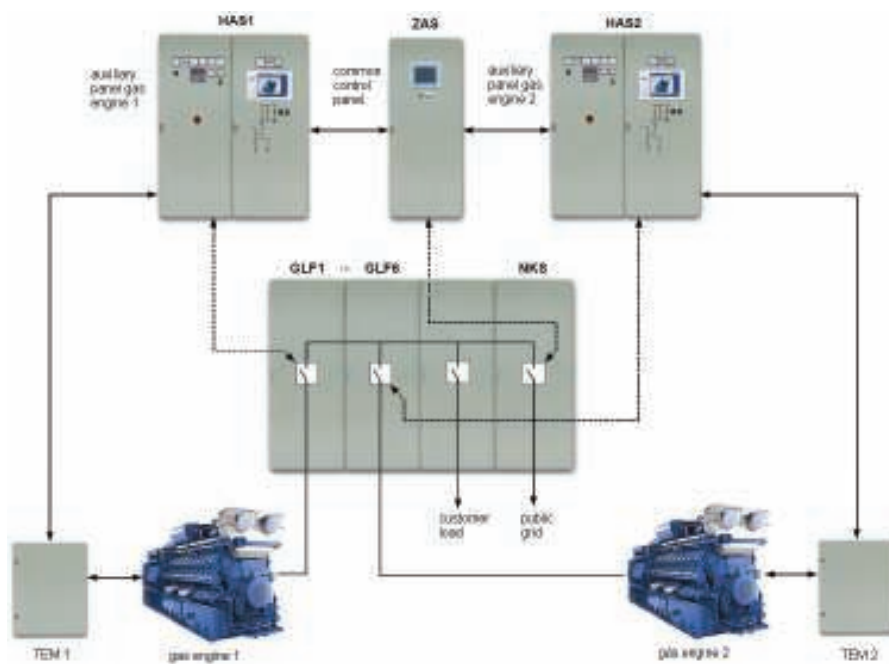
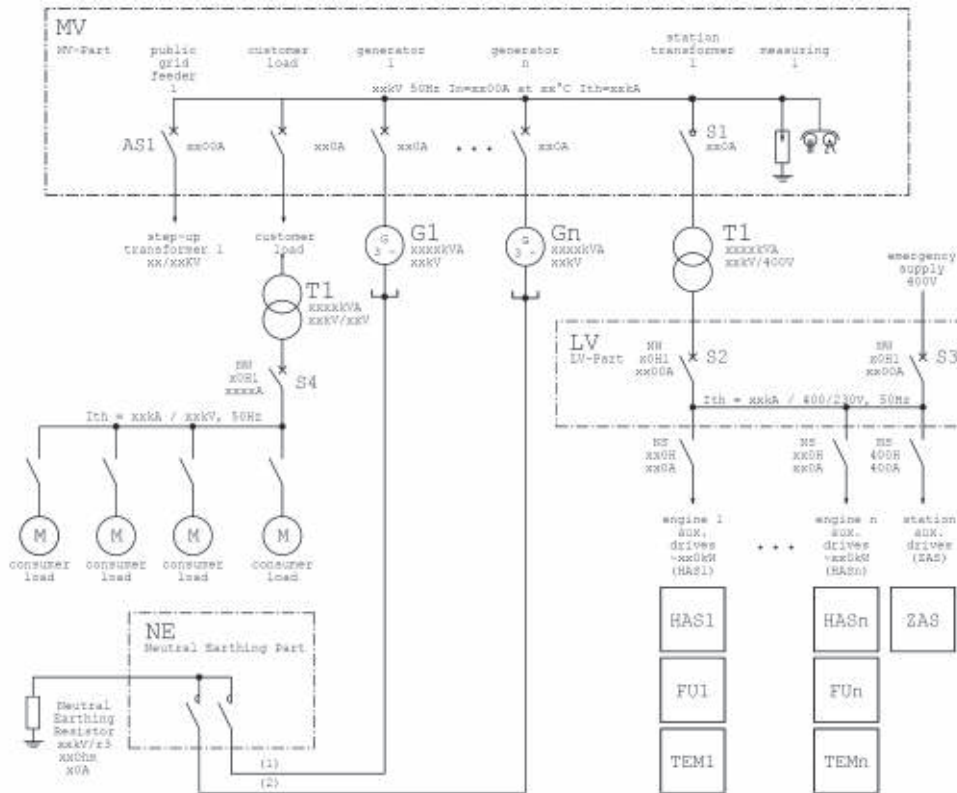
В случае сбоя сети происходит немедленное размыкание силового сетевого выключателя. Газовые агрегаты без перерыва обеспечивают питание потребителей заказчика.

На однолинейной схеме (рис. 15.1) показана типичная схема аварийного электроснабжения. Питание вспомогательных приводов осуществляется через трансформатор вспомогательных приводов.

В случае сбоя сети силовой сетевой выключатель размыкается, и газовый агрегат берет на себя функции электроснабжения потребителей установки. Как правило, переход из параллельно-сетевого режима в островной режим вызывает быстрые изменения нагрузки. Если эти изменения нагрузки превышают соответствующие ступени нагрузки, включается насос турбокомпрессора газового двигателя, а в наиболее неблагоприятном случае происходит отключение газового двигателя. Последствием этого является полный сбой электроснабжения системы.

Чтобы избежать этого, предлагаются различные решения, которые на этапе проектирования согласовываются с общими требованиями к установке. Для разработки подходящей концепции важно провести анализ поведения газовых двигателей с учетом потребителей.

Рис. 15.1 Островной режим после перехода из параллельно-сетевом режиме



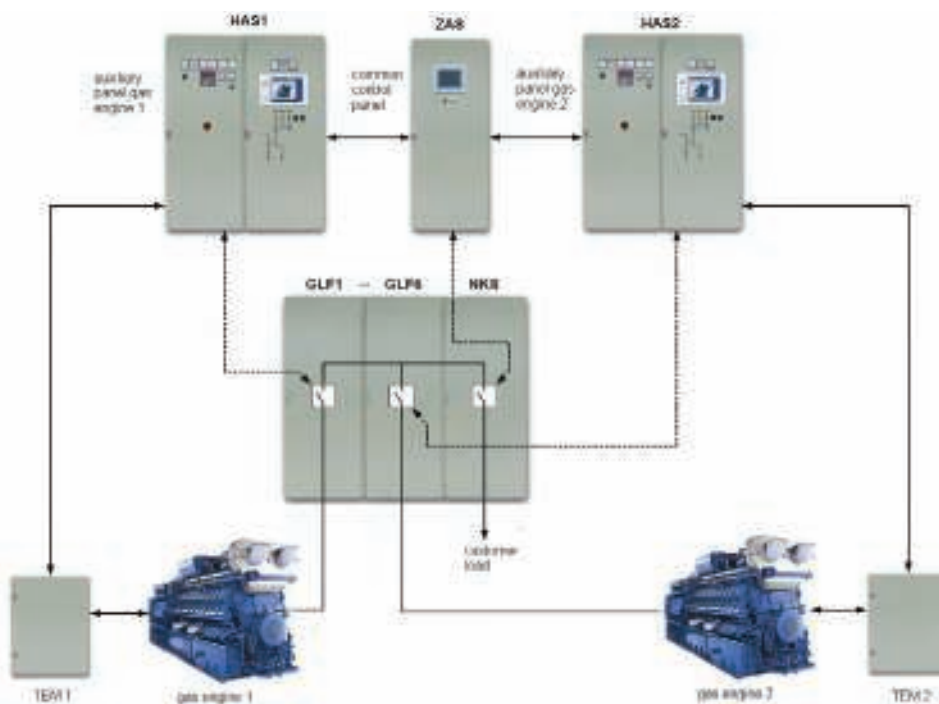
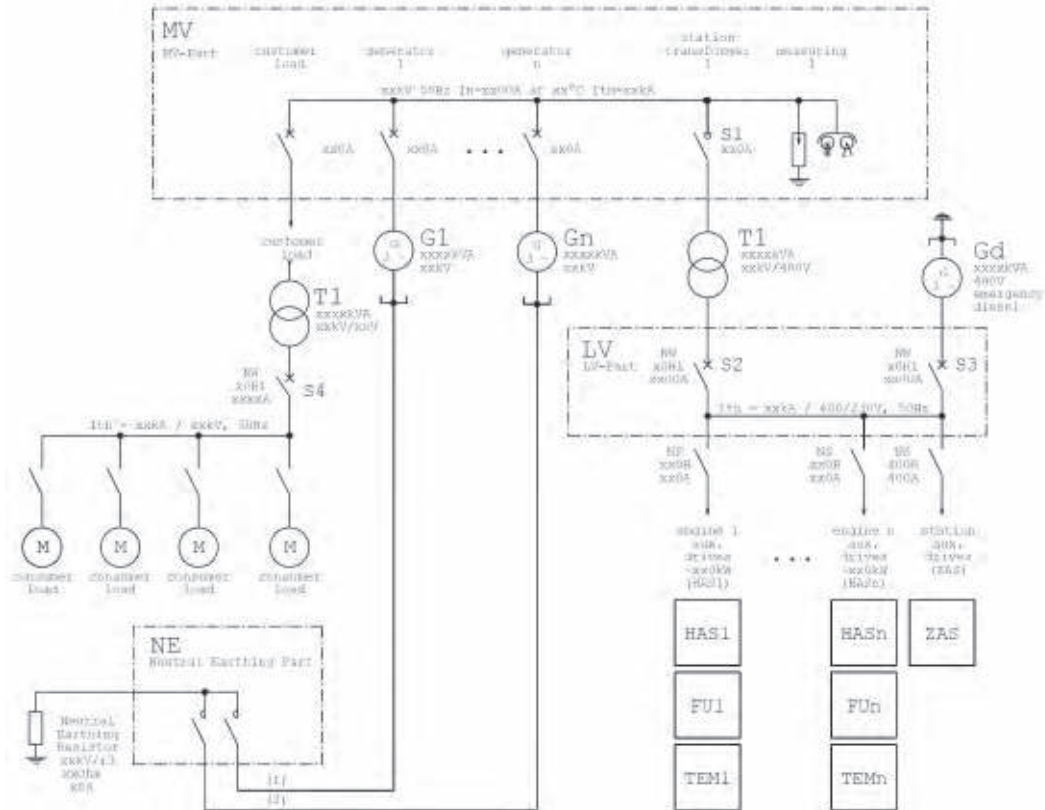
15.3 Островной режим без общественной сети

Для островного режима необходимо провести анализ процесса запуска, подключения нагрузки и сброса нагрузки. В некоторых случаях необходимо использовать аварийный дизельный агрегат или источник бесперебойного электропитания для электроснабжения вспомогательных приводов предварительной смазки и охлаждения (см. раздел 15.7 «Запуск из полностью обесточенного состояния»).

На однолинейной схеме (рис. 15.2) показана типичная схема островного режима. К цепи 400 В подключен аварийный дизельный агрегат, который запускается в первую очередь и обеспечивает электропитание вспомогательных приводов. Затем происходит запуск первого газового агрегата, который отвечает за электроснабжение потребителей заказчика и вспомогательных приводов через трансформатор. После этого можно отключить дизельный агрегат.

Если оператор желает отключить всю установку, выполняется поочередное выключение всех газовых агрегатов, кроме одного агрегата, и выключенные агрегаты охлаждаются. Затем запускается дизельный агрегат, и проводится синхронизация по шине вспомогательных приводов. Теперь можно разомкнуть выключатель трансформатора вспомогательных приводов. После этого выполняется останов последнего газового агрегата и его охлаждение. Очень важно обеспечить отвод тепла турбокомпрессора после выключения газового агрегата, чтобы не допустить его перегрева. По истечении времени охлаждения система ТЕМ отключает вспомогательные приводы агрегатов, дизельный агрегат также может быть выключен.

Рис. 15.2 Островной режим без общественной сети



15.4 Режим резервного электроснабжения согласно DIN VDE 0100-710, DIN VDE 0100-560, DIN EN 50172, DIN VDE 0100-718

В некоторых особых случаях при возникновении аварийной ситуации необходимо обеспечить электроснабжение основных потребителей в течение 15 секунд. Для реализации данного режима необходимо на этапе проектирования четко определить функции и параметры потребителей. Доступная через 15 секунд мощность соответствует первой ступени нагрузки согласно таблице нагрузок (см. раздел 16). Запуск газового двигателя возможен только в том случае, если он пригоден для запуска из полностью обесточенного состояния. Этим требованиям отвечают только установки с одним двигателем модельного ряда TCG 2016 C, TCG 2020 V12 и TCG 2020 V16. Двигатели TCG 2020 V20 не предназначены для эксплуатации в режиме резервного электроснабжения, т.к. они имеют слишком большое время запуска.

В островном режиме с несколькими газовыми агрегатами первый агрегат отвечает за резервное электроснабжение. Запуск остальных газовых агрегатов происходит после установления стабильного электропитания первого агрегата. Первый агрегат обеспечивает электроснабжение вспомогательных приводов последующих газовых агрегатов. Эти агрегаты синхронизируются с первым агрегатом. В некоторых особых случаях возможен запуск более чем одного газового агрегата, чтобы получить повышенную мощность для резервного электроснабжения. Доступная резервная мощность рассчитывается как первая ступень нагрузки, умноженная на количество включенных агрегатов. Этот особый случай эксплуатации газовых агрегатов требует подробного проектирования.

15.5 Распределение активной нагрузки в островном режиме

Если в островном режиме работают несколько газовых агрегатов, требуется распределение нагрузки между агрегатами. Для этого в общую систему управления встроен механизм выравнивания нагрузки. Система управления выполняет общую регулировку частоты для всех синхронизированных агрегатов, а также предоставляет оптимальные сигналы управления для повышения и понижения мощности каждого агрегата, чтобы избежать колебаний нагрузки между агрегатами.

15.6 Запуск крупных потребителей

Некоторые потребители, такие как насосы или вентиляторы, имеют эффективную пусковую мощность, которая в несколько раз превышает номинальную мощность. В случае высокой эффективной пусковой мощности требуются особые схемы запуска, например, схема «звезда-треугольник» или схема плавного пуска. Для потребителей с высоким пусковым моментом могут потребоваться блоки нагрузки, которые позволяют запускать таких крупных потребителей. В связи с этим необходимо проверить потребителей в установке заказчика и на этапе проектирования согласовать включение и выключение нагрузок.

15.7 Запуск из полностью обесточенного состояния

Запуск газового агрегата осуществляется без вспомогательных приводов для предварительной смазки и насосов охлаждающей воды. Газовый агрегат запускается напрямую после замыкания соответствующего контакта в системе управления ТЕМ. Насосы охлаждающей воды включаются непосредственно после включения вспомогательных приводов. Кроме того, не выполняется предварительный контроль герметичности на участке регулирования газа.

Запуск из полностью обесточенного состояния является аварийной функцией газовых агрегатов и применяется только в экстренных случаях. Ввиду высокого износа газовых двигателей данную функцию следует использовать не чаще трех раз в год.

Следующие газовые двигатели пригодны для запуска из полностью обесточенного состояния:

- TCG 2016 V08 C / V12 C / V16 C
- TCG 2020 V12 / V16 / V20
- TCG 2020 V12K / V16K

Запуск из полностью обесточенного состояния применяется только в островном режиме.

Двигатель TCG 2032 V12/V16 непригоден для запуска из полностью обесточенного состояния. Перед запуском этого двигателя требуется предварительная смазка, поэтому здесь необходимо электроснабжение вспомогательных приводов, например, с помощью аварийного дизельного агрегата или источника бесперебойного электропитания.

15.8 Система заземления

При проектировании установки необходимо на раннем этапе рассмотреть вопросы заземления в соответствии с однолинейной схемой заказчика. В особо сложных установках может потребоваться изменение концепции заземления согласно индивидуальным требованиям. Производитель агрегатов оказывает поддержку на этапе проектирования с целью разработки эффективной и продуманной концепции.

15.9 Вредные выбросы

В островном режиме система ТЕМ автоматически регулирует уровень выбросов отработавших газов. Как правило, этот уровень составляет $500 \text{ мг NO}_x/\text{нм}^3$ (для 5% O_2 в сухом состоянии) или выше и может задаваться при вводе установки в эксплуатацию. Повышенное обогащение газовой смеси улучшает реакцию газового двигателя на изменения нагрузки, однако приводит к росту показателя NO_x . Если в островном режиме уровень выбросов должен быть менее $500 \text{ мг}/\text{нм}^3$, следует выбрать более бедную газоздушную смесь. Таблицу ступеней нагрузки следует согласовать

соответствующим образом (см. раздел 21). Высота ступеней уменьшается, что означает увеличение количества ступеней от холостого хода до полной нагрузки.

15.10 Подведение итогов

Для организации бесперебойного островного режима необходимо на этапе проектирования провести анализ установки и требований заказчика. Для этого необходимо проверить следующую документацию заказчика в соответствии с требованиями, предъявляемыми к газовому двигателю (например, ступени нагрузки):

- однолинейная схема установки;
- фактическая пусковая мощность и условия запуска крупных потребителей;
- режим работы установки.

Монтаж энергетических установок

Раздел 16

Подключения нагрузки

июнь 2012 г.

Содержание

16.	Ступени нагрузки	3
16.1	Условия подключения нагрузки	3
16.2	Факторы, влияющие на ступени нагрузки	3
16.3	Ступени нагрузки в виде таблицы	4
16.4	Ступени нагрузки в виде диаграммы	4

16. Ступени нагрузки

Далее приводятся таблицы и диаграммы, в которых представлены возможности для принятия и сброса нагрузки в различных типах двигателей. Возможность принятия нагрузки зависит от типа и эффективной нагрузки двигателя.

16.1 Условия подключения нагрузки

Указанные в таблицах и диаграммах ступени нагрузки для различных модельных рядов двигателей действительны в следующих условиях:

- Выброс ОГ 500 мг NOx (стационарно)
- Работа на природном газе
- Прогретый двигатель
- Условия согласно ISO
- Длина трубопровода между регулятором нулевого давления на участке регулирования газа и газосмесительным клапаном не превышает 1,5 м
- Минимальное давление газа перед регулятором нулевого давления составляет 100 мбар (учитывать при расчете параметров установки)

При отклонении от этих условий ступени нагрузки изменяются.

При подключении электрических приводов (насосы, компрессоры) необходимо учитывать номинальную мощность и мощность включения.

16.□ Факторы, влияющие на ступени нагрузки

Следующие рабочие параметры оказывают влияние на высоту ступеней нагрузки:

- воздушные фильтры, чистые или загрязненные;
- повышенное противодавление ОГ;
- теплотворная способность топлива;
- износ двигателя;
- высота установки;
- температура всасывания;
- требования по уровню выбросов NOx.

16.3 Ступени нагрузки в виде таблицы

Первый столбец в таблице показывает, как двигатель постепенно принимает нагрузку - от ненагруженного состояния до 100%-й нагрузки. Во втором столбце указано необходимое время процесса регулирования между отдельными ступенями нагрузки. Указанные значения времени соответствуют требованиям DIN ISO 8528-5. В третьем столбце содержится уменьшение частоты вращения. Приведенные в таблице ступени нагрузки также необходимо учитывать при разгрузке двигателя.

В общем случае разрешается сброс произвольной нагрузки до 0%.

Пример: тип двигателя TCG 2016 C допускает подключение нагрузки 23% на первой ступени нагрузки. На второй ступени возможно подключение нагрузки 20%, а на третьей ступени - 15%. На последней ступени нагрузка равна 14% (от 86%-й нагрузки к 100%-й нагрузке). Между отдельными ступенями нагрузки двигателю требуется 15 секунд для процесса регулирования.

16.□ Ступени нагрузки в виде диаграммы

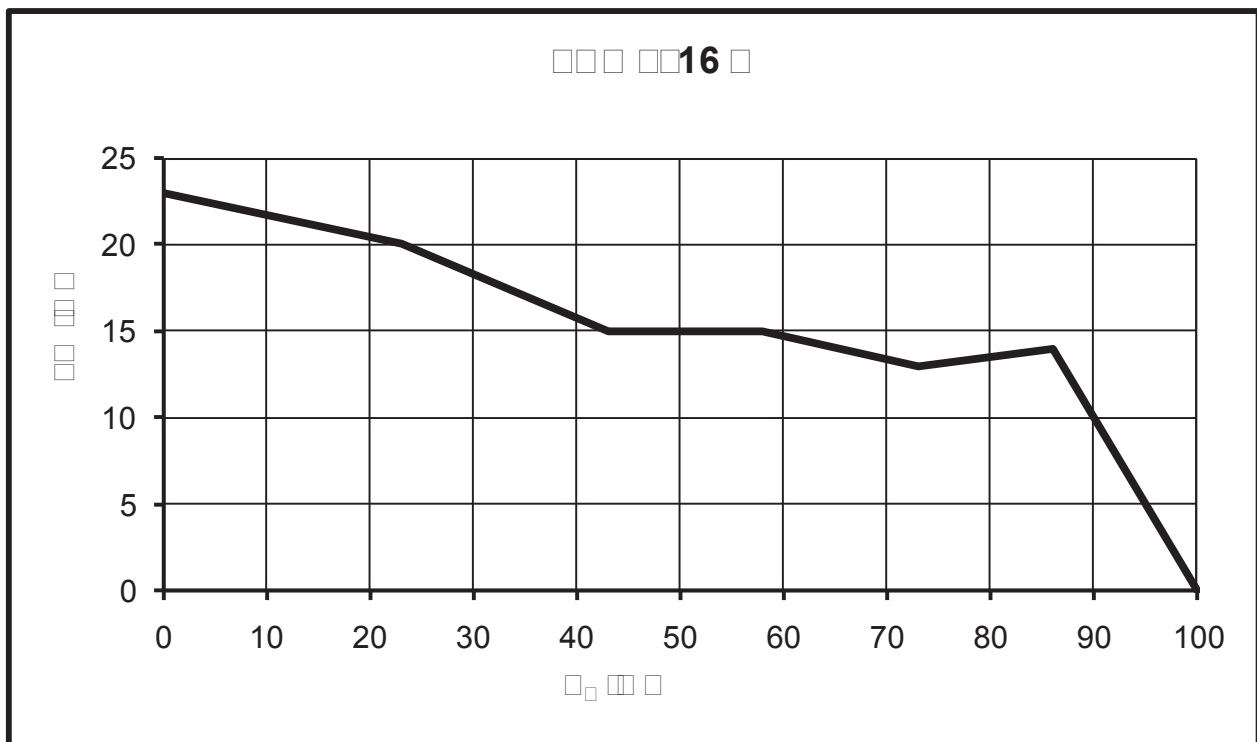
На диаграммах представлено допустимое принятие нагрузки двигателями. На оси абсцисс указывается текущая нагрузка двигателя, а на оси ординат - возможное подключение нагрузки относительно текущей нагрузки. Рассмотрим приведенный выше пример (TCG 2016 C). На диаграмме показана снижающаяся кривая в диапазоне нагрузки двигателя от 0% до 43%. В этом диапазоне нагрузки возможное подключение нагрузки уменьшается с 23% до 15% по мере увеличения мощности двигателя. В диапазоне нагрузки 43% - 58% возможное подключение нагрузки составляет 15%. В диапазоне нагрузки 58% - 73% продолжается снижение возможного подключения нагрузки. По достижении нагрузки 100% дальнейшее подключение нагрузки невозможно.

Ступени нагрузки для TCG 2016 C

Условия		
Температура всасываемого воздуха		30 °C
Входная температура GK	Природный газ	40°C
	Биогаз	40°C

Момент инерции генератора	
TCG 2016 V08	≥ 13,1 кгм ²
TCG 2016 V12	≥ 19,9 кгм ²
TCG 2016 V16	≥ 26,0 кгм ²

P_N [%]	$t_{f,in}$ [s]	n [%]
0 - 23	15	10
23 - 43	15	10
43 - 58	15	10
58 - 73	15	10
73 - 86	15	10
86 - 100	15	10



P_N Текущая нагрузка
 LS Ступень нагрузки

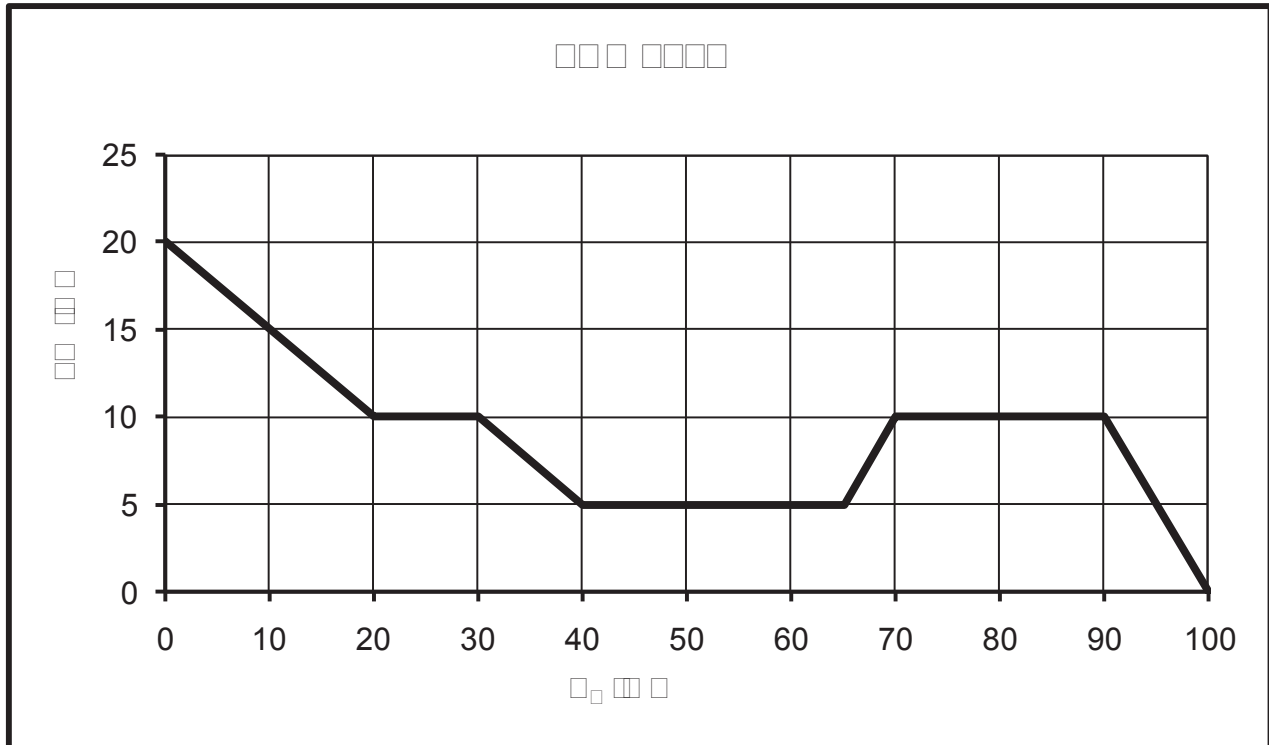
$t_{f,in}$ Время процесса регулирования
 n Уменьшение частоты вращения

Ступени нагрузки для TCG 2020

Условия			Момент инерции генератора	
Температура всасываемого воздуха		30 °C	TCG 2020 V12	≥ 44,6 кгм ²
Входная температура GK	Природный газ	40°C	TCG 2020 V16	≥ 57,0 кгм ²
	Биогаз	50°C	TCG 2020 V20	≥ 95,0 кгм ²

LS	LS	LS
0 - 20	15	11
20 - 30	15	10
30 - 40	15	9
40 - 45	15	9
45 - 50	15	8
50 - 55	15	7

LS	LS	LS
55 - 60	15	7
60 - 65	15	7
65 - 70	12	7
70 - 80	12	7
80 - 90	12	7
90 - 100	12	7



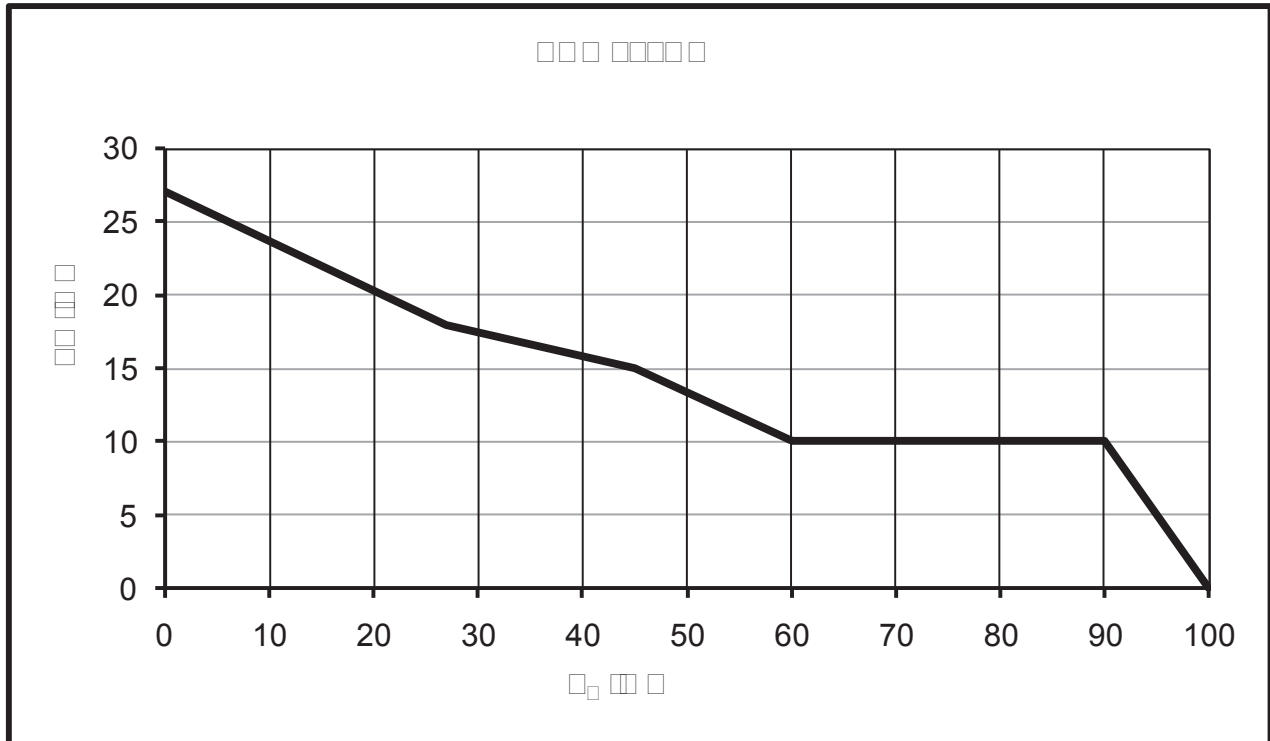
P_N Текущая нагрузка
 LS Ступень нагрузки

$t_{f,in}$ Время процесса регулирования
 n Уменьшение частоты вращения

Ступени нагрузки для TCG 2020 K

Условия			Момент инерции генератора	
Температура	30°C		TCG 2020 V12K	≥ 44,6 кгм ²
всасываемого воздуха				
Входная температура ГК	Природный газ	40°C	TCG 2020 V16K	≥ 57,0 кгм ²

LS	LS	LS
0 - 27	15	10
27 - 45	15	9
45 - 60	15	8
60 - 70	15	8
70 - 80	15	5
80 - 90	15	4
90 - 100	15	4



P_N Текущая нагрузка
 LS Ступень нагрузки

$t_{f,in}$ Время процесса регулирования
 n Уменьшение частоты вращения

Ступени нагрузки для TCG 2032

Условия

Температура всасываемого воздуха 25 °C

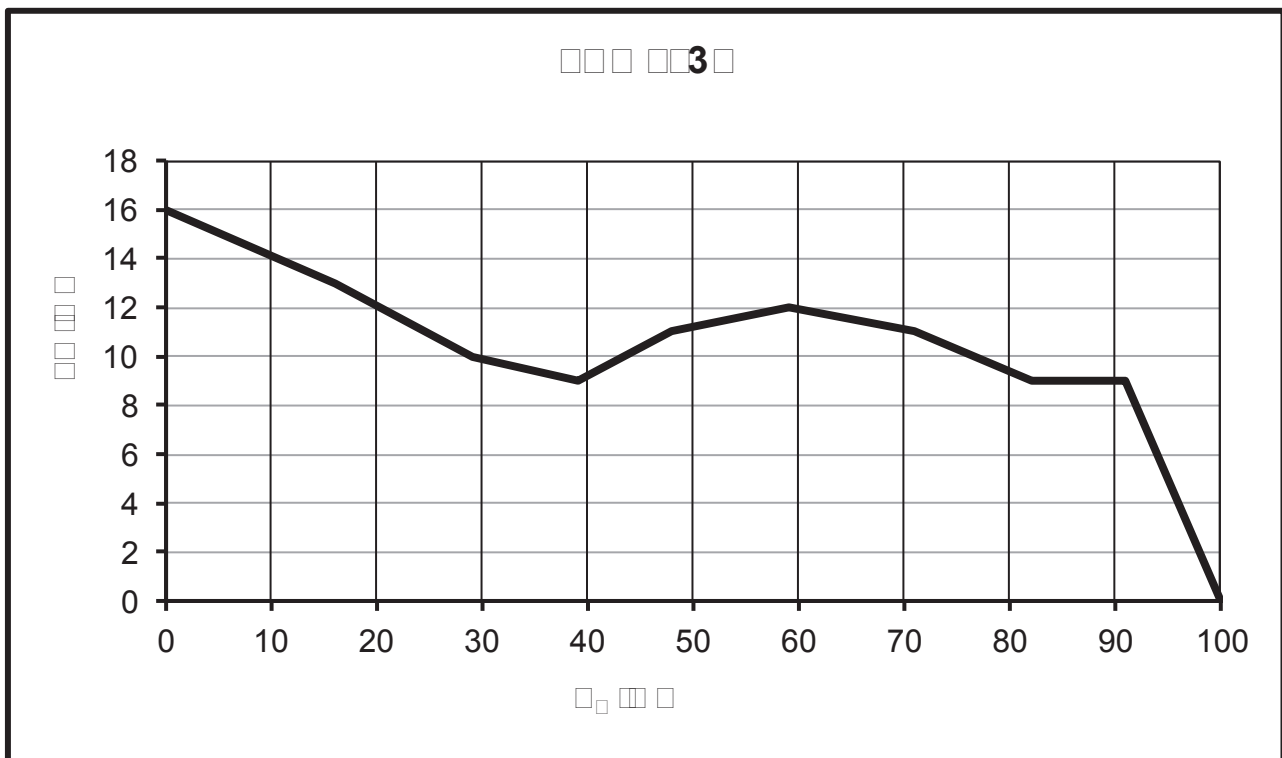
Входная температура ГК Природный газ 40°C

Момент инерции генератора

TCG 2032 V12 ≥ 550 кгм²

TCG 2032 V16 ≥ 710 кгм²

0 - 16	16 - 29	29 - 39	39 - 48	48 - 59	59 - 71	71 - 82	82 - 91	91 - 100
10	10	10	10	10	10	10	10	10
8	8	8	8	8	8	8	8	8



P_N Текущая нагрузка

LS Ступень нагрузки

$t_{f,in}$ Время процесса регулирования

n Уменьшение частоты вращения

Монтаж энергетических установок

Раздел 17

Кабельная разводка

июнь 2012 г.

Содержание

1 □	Кабельная разводка	3
17.1	Требования техники безопасности при эксплуатации кабелей и проводов	7
17.1.1	Основополагающие требования	7
17.1.2	Общие требования	7
17.1.3	Допустимая нагрузка в нормальном режиме	7
17.1.4	Режим работы	8
17.1.5	Условия окружающей среды	8
17.1.6	Условия и требования, предъявляемые к жесткой разводке	8
17.1.7	Требования, предъявляемые к гибкой разводке	9
17.2	Граничные условия безопасной эксплуатации кабелей и проводов	9
17.2.1	Условия эксплуатации	9
17.2.2	напряжение;	10
17.2.3	Допустимая нагрузка по току	10
17.2.4	Тепловые воздействия	11
17.2.5	Механические воздействия	11
17.2.6	Типы помещений	12
17.2.7	Способы применения и нагрузки	13
17.2.8	Виды механических нагрузок	13
17.3	Меры по обеспечению электромагнитной совместимости	13
17.3.1	Указания по электромагнитной совместимости при использовании преобразователей частоты	14
17.3.2	Кабельные каналы	14
17.3.3	Резьбовые кабельные соединители	15
17.4	Примеры разводки кабелей	16

1 □ Кабельная разводка

Кабельная разводка блочной ТЭЦ состоит из силовых кабелей, кабелей питания вспомогательных приводов, управляющих кабелей и сигнальных кабелей. Силовые кабели, кабели питания вспомогательных приводов, управляющие кабели и сигнальные кабели прокладываются отдельно.

Необходимо использовать гибкие, маслостойкие и тонкожильные управляющие кабели (например, H05VV5-F). Кабели для передачи сигналов должны быть дополнительно экранированы (экран из луженой медной оплетки с покрытием не менее 85%, например, H05VVC4V5-K; без алюминиевой пленки).

Для питания вспомогательных приводов используются гибкие, маслостойкие и тонкожильные соединительные кабели для двигателей (например, H05VV5-F).

Кабели, ведущие наружу, должны быть предназначены для наружного применения (устойчивость к погодным воздействиям и УФ-излучению, например, ÖLFLEX ROBUST 215C).

Кабели питания для приводов с частотным регулированием должны иметь экранирование (например, TOPFLEX EMV-UV-2YSLCYK-J). В приводах с частотным регулированием суммарная длина кабелей не должна превышать 100 м.

В качестве силовых кабелей генераторов используются многожильные (от 25 мм²) медные силовоточные кабели (например, NYY, N2XSY). Алюминиевые кабели обладают недостаточной гибкостью и поэтому непригодны. В условиях ограниченного пространства, например, в контейнерах, необходимо использовать тонкожильные силовоточные кабели (например, H07RN-F). Одножильные силовые кабели в трехфазной системе прокладываются, как показано на рисунках 17.1a и 17.1b. Подключаемые к генератору кабели должны закрепляться ниже или выше соединительной коробки и на достаточном расстоянии от средней линии генератора, чтобы избежать недостаточного радиуса кабеля при вводе в соединительную коробку и обеспечить возможность перемещения агрегата на амортизаторах без передачи избыточных механических нагрузок на кабель.

Для защиты от перегрузки и короткого замыкания необходимо предусмотреть линейные защитные автоматы для кабелей согласно DIN VDE 0641 или DIN EN 60898 и силовые выключатели для двигателей согласно DIN EN 60947-2 или IEC 947-4. При прокладке кабелей следует всегда учитывать действующий норматив DIN VDE 0100. Кабели прокладываются в соответствующих каналах или несущих системах. При прокладке кабелей необходимо исключить риск повреждения кабельной оболочки. На это следует обратить особое внимание при использовании кабельной несущей системы. Здесь следует предусмотреть соответствующую защиту кромок. Кабели всегда закрепляются таким образом, чтобы не допустить воздействия растягивающей нагрузки на клеммы (разгрузка от натяжения).

При прокладке кабелей необходимо соблюдать указания по обеспечению электромагнитной совместимости (см. раздел 17.3).

Необходимо использовать резьбовые кабельные соединители со встроенной разгрузкой от натяжения. Размеры выбираются в соответствии с наружными диаметрами кабелей.

Рис. 17.1a

Одножильные кабели в трехфазной системе, расстояние между кабелями равняется диаметру кабеля (прокладка в воздухе)

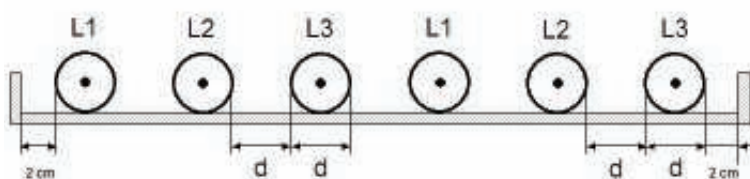
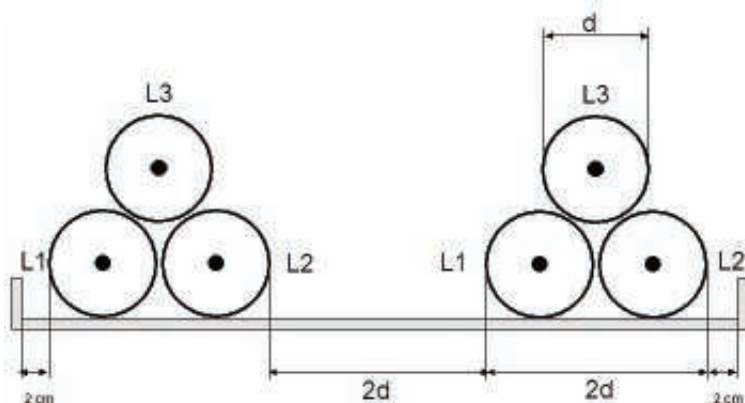


Рис. 17.1b

Одножильные кабели в трехфазной системе, треугольная схема (прокладка в воздухе)



При выборе и прокладке кабелей необходимо учитывать следующее:

- Не допускать механического или электрического взаимодействия смежных электрических цепей.
- Теплоотвод кабелей или химически-физическое воздействие материалов кабелей на смежные материалы, например, конструкционные и декоративные материалы, изоляционные трубы, крепежные элементы.
- Воздействие тепловой энергии электрического тока на материалы кабелей, соединений и подключений.

Перечень соответствующих стандартов и предписаний VDE приводится в таблице 17.1.

Табл. 17.1.

Перечень применимых стандартов:

Энергетические установки

DIN VDE 0100	Предписания по возведению силовых установок с номинальным напряжением до 1000 В
DIN VDE 0100 часть 100	Общие требования, область применения
DIN VDE 0100 часть 410	Меры безопасности, защита от опасных электрических токов
DIN VDE 0100 часть 430	Защита проводов и кабелей от перегрузки по току
Приложение 1 к части 430	Рекомендуемые значения допустимой нагрузки по току
DIN VDE 0100 часть 482	Выбор мер противопожарной защиты
DIN VDE 0100 часть 520 и 530	Возведение электрического оборудования - провода, кабели и токоведущие шины
	Возведение электрического оборудования - коммутационные и управляющие устройства
DIN VDE 0100 часть 559	Лампы и осветительное оборудование
DIN VDE 0100 часть 720	Пожароопасные производственные участки
DIN VDE 0100 части 726 - 738	Грузоподъемные механизмы
DIN VDE 0101	Возведение силовых установок с номинальным напряжением более 1 кВ
DIN VDE 0105	Эксплуатация силовых установок
DIN VDE 0107	Силовые установки в больницах и медицинских помещениях вне больниц
DIN VDE 0108 части 1 - 100	Возведение и эксплуатация силовых установок и безопасное электроснабжение зданий, рассчитанных на большое скопление людей, мест собрания, торговых предприятий, выставочных залов, многоэтажных домов, гостиниц, крупных автостоянок и рабочих зданий
DIN VDE 0165	Возведение электрических установок во взрывоопасных зонах
DIN VDE 0166	Электрические установки и их оборудование во взрывоопасных зонах
DIN VDE 0170/0171	Электрическое оборудование во взрывоопасных зонах
DIN VDE 0185	Молниеотводы, грозозащита зданий
DIN VDE 0207 части 1 - 24	Смеси электроизоляционные для защиты оболочек кабелей и изолированных проводов
DIN VDE 0245 часть 1	Провода для электрического и электронного оборудования в силовых установках
DIN VDE 0245 части 101 - 202	Управляющие кабели из ПВХ
DIN VDE 0250 части 1 - 819	Изолированные силовые кабели
DIN VDE 0253	Изолированные теплопроводы

Проводники энергии

DIN VDE 0262	Инсталляционные кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена и оболочкой из термопластичного ПВХ до 0,6/1 кВ
DIN VDE 0265	Кабели с полимерной изоляцией и свинцовой оболочкой для силовых установок
DIN VDE 0267	Кабели без содержания галогенов и с повышенной огнестойкостью, номинальное напряжение 6 - 30 кВ
DIN VDE 0271	Силовые кабели с изоляцией и оболочкой из термопластичного ПВХ, номинальные напряжения до 3,6/6 (7,2) кВ
DIN VDE 0276 часть 603	Силовые кабели с номинальным напряжением 0,6/1 кВ
DIN VDE 0276 часть 604	Силовые кабели с номинальным напряжением 0,6/1 кВ и повышенной огнестойкостью в случае пожара, для электростанций
DIN VDE 0276 часть 604/605	Дополнительные методы испытаний
DIN VDE 0276 часть 620	Распределительные кабели, номинальные напряжения 3,6 - 20,8/36 кВ
DIN VDE 0276 часть 1000	Допустимая нагрузка по току, общие положения, расчетные коэффициенты
DIN VDE 0276 часть 1001	Испытания проложенных кабелей с напряжением 6/10 - 18/30 кВ
DIN VDE 0281 части 1 - 404	Силовые кабели с ПВХ-изоляцией
DIN VDE 0282 части 1 - 808	Силовые кабели с резиновой изоляцией: теплостойкий резиновый и силиконовый одножильный провод, безгалогенный одножильный провод, сварочный кабель, управляющий кабель с резиновой изоляцией для лифтов, провода в резиновой трубке
DIN VDE 0284	Кабели с минеральной изоляцией до 750 кВ
DIN VDE 0289 части 1 - 101	Терминология силовых кабелей и изолированных силовых проводов
DIN VDE 0292	Обозначения гармонизированных кабелей и проводов для силовых установок
DIN VDE 0293	Обозначения жил силовых кабелей и изолированных силовых проводов до 1000 В
DIN VDE 0295	Проводники для кабелей и изолированных проводов в силовых установках
DIN VDE 0298 части 1 - 300	Применение кабелей и изолированных проводов в силовых установках, рекомендуемая нагрузка по току

Испытания, измерения

DIN VDE 0472 части 1 - 818	Испытания кабелей и изолированных проводов
DIN VDE 0473 до части 811	Общие методы испытаний материалов изоляции и оболочки кабелей и проводов
DIN VDE 0482 до части 268	Измерение плотности дыма при горении кабелей и проводов

Кабели связи, монтажные и инсталляционные кабели

DIN VDE 0811	Плоские кабели с круглыми проводниками, шаг 1,27 мм
DIN VDE 0812	Монтажные провода и гибкие монтажные канатики с ПВХ-изоляцией
DIN VDE 0839	Электромагнитная совместимость
DIN VDE 0881	Монтажные провода и гибкие монтажные канатики с расширенным температурным диапазоном
DIN VDE 0891 части 1 - 10	Особые положения и предписания для кабелей и изолированных проводов
DIN VDE 0899 части 1 - 5	Особые положения для световодов, отдельных жил, кабелей для применения внутри и вне помещений

1 □ 1 Требования техники безопасности при эксплуатации кабелей и проводов

1 □ 1.1 Основополагающие требования

При надлежащей эксплуатации кабели и провода рассматриваются как безопасные компоненты, не представляющие неприемлемой опасности для людей и имущества. Если отсутствуют иные предписания, кабели и провода разрешается применять только для передачи и распределения электрической энергии.

1 □ 1. □ Общие требования

Кабели выбираются таким образом, чтобы во всех ожидаемых рабочих состояниях выдерживать электрические напряжения и токи, возникающие в оборудовании, установке или ее компонентах. При монтаже, защите, эксплуатации и техобслуживании проводов необходимо в максимальной степени предотвратить все возможные опасности.

1 □ 1.3 Допустимая нагрузка в нормальном режиме

Поперечное сечение проводников выбирается таким образом, чтобы при заданной нагрузке по всей длине провода и в течение всего периода эксплуатации не происходило превышение допустимой рабочей

температуры. Нагревание или допустимая нагрузка кабеля или провода зависит от его конструкции, свойств материалов и условий эксплуатации.

Необходимо учитывать и не допускать дополнительного нагревания при взаимодействии с другими кабелями или проводами через нагревательные каналы, под действием солнечных лучей и т.д. При использовании крышек необходимо обеспечить беспрепятственную циркуляцию воздуха.

1□1.□ Режим работы

Режим работы описывает временные характеристики электрического тока. Непрерывный режим работы - это режим с постоянным током, длительность которого достаточна для достижения установившегося термического состояния оборудования, однако при этом не ограничена по времени. Допустимая нагрузка кабелей и проводов указывается для непрерывного режима работы, при этом достигается допустимая рабочая температура проводников.

1□1.□ Условия окружающей среды

Условия окружающей среды включают в себя температуру окружающей среды, потери тепла и тепловое излучение. Температура окружающей среды - это температура воздуха при отсутствии нагрузки на рассматриваемый кабель или провод. В качестве эталонного значения используется температура + 30°C.

Условия эксплуатации кабелей и проводов могут изменяться при потерях тепла (например, в закрытых помещениях, разделительных перегородках и т.д.) или тепловом излучении (например, под воздействием солнечных лучей).

1□1.6 Условия и требования, предъявляемые к жесткой разводке

К жесткой разводке кабелей предъявляются следующие требования:

- Кабели не должны соприкасаться с горячими поверхностями или проходить в непосредственной близости от горячих поверхностей, если это не указано в их спецификации.
- Не разрешается прокладывать кабели непосредственно в грунте.
- Необходимо выполнить крепеж кабелей надлежащим образом. При выборе расстояния между точками крепления следует учитывать вес кабеля.
- При использовании механических крепежных элементов следует не допускать повреждения кабелей.
- Кабели, используемые в течение длительного срока, могут быть повреждены при изменениях разводки. Это связано с естественным старением и ухудшением физических

свойства материалов изоляции и оболочки. Высокая температура способствует более быстрому старению.

•

1□1.□ Требования, предъявляемые к гибкой разводке

- Длина соединительного кабеля выбирается таким образом, чтобы обеспечить срабатывание устройств защиты от короткого замыкания.
- Не допускать повышенных нагрузок на кабели вследствие растяжения, сжатия, истирания, поворота или изгиба.
- Не допускать повреждения кабелей при контакте с соединителями или устройствами для разгрузки от натяжения.
- Не прокладывать кабели под крышками или другими компонентами оборудования. Существует риск сильного нагревания и механического повреждения кабелей.
- Кабели не должны соприкасаться с горячими поверхностями или проходить в непосредственной близости от горячих поверхностей.

1□□ Граничные условия безопасной эксплуатации кабелей и проводов

1□□1 Условия эксплуатации

Используемые кабели должны соответствовать условиям эксплуатации и степени защиты оборудования.

Условия эксплуатации включают в себя:

- напряжение;
- ток;
- меры безопасности;
- взаимодействие кабелей;
- способ прокладки;
- доступность.

Используемые кабели должны выдерживать все возможные внешние воздействия.

Внешние воздействия включают в себя:

- температура окружающей среды;
- дождь;
- водяной пар или накопление воды;
- наличие коррозионных, загрязняющих и прочих химических веществ;
- механические нагрузки (например, острые кромки металлических конструкций);
- животные (например, грызуны);

- растения (например, плесневые грибки);
- излучение (например, солнечные лучи).

Примечание: здесь следует учитывать, что цвет кабеля имеет важное значение. Черный цвет обеспечивает более высокую защиту от солнечных лучей (устойчивость к воздействию УФ-излучения), чем другие цвета.

1.1.1.1 **напряжение;**

Номинальное напряжение кабеля - это расчетное напряжение кабеля, используемое для проведения электрических испытаний. Номинальное напряжение указывается в виде двух значений U_0/U в Вольтах, где U_0 - это эффективное напряжение между наружным проводником и землей (металлическая оболочка кабеля или окружающая среда), а U - это эффективное напряжение между двумя наружными проводниками многожильного провода или системы одножильных проводов. В системе переменного напряжения номинальное напряжение кабеля должно как минимум соответствовать значениям U_0 и U системы.

Примечание: рабочее напряжение системы не должно превышать номинальное напряжение кабеля более чем на 10% в течение длительного времени.

1.1.1.3 **Допустимая нагрузка по току**

Номинальное поперечное сечение каждого проводника выбирается таким образом, чтобы допустимая нагрузка по току была не менее максимального тока длительной нагрузки, протекающего через проводник в нормальных условиях. Предельные температуры, для которых указывается допустимая нагрузка по току, не должны превышать для изоляции и оболочки соответствующих типов кабелей. К заданным условиям относится также способ прокладки используемого кабеля. Способ прокладки кабеля необходимо учитывать при расчете допустимых токов нагрузки.

Необходимо учитывать следующие условия:

- температура окружающей среды;
- взаимодействие кабелей;
- способ защиты от перегрузки по току;
- теплоизоляция;
- намотанные на катушку или смотанные в бухту кабели (следует избегать);
- частота тока (отклонение от 50 Гц);
- воздействия высших гармоник.

Поперечное сечение проводника выбирается не только в соответствии с допустимой нагрузкой по току (DIN VDE 0298-4). Здесь также необходимо учитывать требования по обеспечению защиты от опасных для человека токов, перегрузки по току, токов короткого замыкания и падения напряжения. Если кабели в течение длительного времени эксплуатируются при температуре выше заданных значений, возможны серьезные повреждения кабелей, которые могут привести к преждевременному выходу из строя или существенному ухудшению свойств кабелей.

1.1.1 Тепловые воздействия

Кабели выбираются, прокладываются и подключаются таким образом, чтобы обеспечивался беспрепятственный отвод ожидаемого количества тепла и не возникал риск возгорания смежных материалов. Предельные температуры для различных типов кабелей указываются производителем. Указанные значения ни в коем случае не должны превышаться вследствие взаимодействия внутренней тепловой энергии тока и условий окружающей среды. Типичный диапазон температура для стандартных кабелей при жесткой разводке составляет от -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$. При наличии более высоких температур следует использовать кабели с повышенной теплостойкостью.

1.1.2 Механические воздействия

При анализе рисков механического повреждения кабелей необходимо учитывать все возможные механические напряжения:

1.1.2.1 Напряжение при растяжении

Не допускать превышения заданных значений растягивающей нагрузки для кабелей. Типичные значения: 50 Н/мм^2 при жесткой разводке и 15 Н/мм^2 при гибкой разводке кабелей. В случае превышения этих значений рекомендуется использовать отдельный элемент для разгрузки от натяжения. При соединении элемента для разгрузки от натяжения с кабелем необходимо не допустить повреждения кабеля.

1.1.2.2 Напряжение при изгибе

Внутренний радиус изгиба кабелей выбирается таким образом, чтобы не допустить повреждения кабелей. Внутренний радиус изгиба для различных типов управляющих кабелей приблизительно равен 10-кратному диаметру кабеля (в зависимости от типа кабеля и производителя), а для силовых кабелей - 15-кратному диаметру кабеля. Необходимо проверить минимальный радиус изгиба для всех используемых проводов и кабелей.

При снятии изоляции следует не допускать повреждения проводника, т.к. это приводит к существенному ухудшению параметров изгиба.

Указанные радиусы изгиба действительны для температуры окружающей среды 20°C (± 10 K). Для других температур окружающей среды следует соблюдать указания производителя.

Необходимо избегать изгибов в непосредственной близости от внешних или внутренних точек крепления.

1.1.3 Напряжение при сжатии

Избыточное сжатие кабелей приводит к их повреждению.

1.1.4 Напряжение при кручении

Гибкие кабели в общем случае не рассчитаны на напряжение при кручении. Если напряжения при кручении неизбежны, необходимо согласовать каждый конкретный случай с производителем кабелей.

1.1.6 Типы помещений

Электрические производственные участки - это помещения и объекты, предназначенные преимущественно для эксплуатации электрических установок и, как правило, доступные только для обученного персонала (например, помещение распределительного устройства).

Закрытые электрические производственные участки - это помещения и объекты, предназначенные исключительно для эксплуатации электрических установок и всегда запираемые на ключ. Они доступны только для обученного персонала (например, закрытые распределительные системы).

Сухие помещения - это помещения и объекты, в которых, как правило, отсутствует конденсат или воздух не насыщен влагой.

Влажные помещения - это помещения и объекты, в которых безопасность оборудования снижается за счет наличия влаги, конденсата, химических и прочих воздействий.

Общие примечания:

классификация помещений согласно перечисленным выше типам помещений зачастую возможна только при наличии точной информации о местных условиях на объекте. Например, если в помещении имеется повышенная влажность только в одной определенной зоне, тогда как помещение в целом поддерживается в сухом состоянии путем регулярной вентиляции, это помещение не рассматривается как влажное помещение.

На блочных ТЭЦ невозможно исключить риск утечек масла и воды, поэтому здесь необходимо использовать маслостойкие и химически стойкие кабели.

1.1.1 Способы применения и нагрузки

Кабели классифицируются по способам применения:

- кабели для применения внутри помещений (например, помещение блочной ТЭЦ);
- кабели для применения вне помещений (например, подводный кабель для вентиляционной панели).

1.1.2 Виды механических нагрузок

Понятие «нагрузка» определяет возможность применения кабеля на определенных участках оборудования при определенных сочетаниях внешних воздействий, возникающих на этих участках.

С точки зрения нагрузки кабели разделяются на четыре категории:

- очень легкая нагрузка (например, вычислительные системы);
- легкая нагрузка (например, системы кондиционирования или обработки данных);
- нормальная нагрузка (например, машиностроение, блочные ТЭЦ, производство промышленного оборудования);
- тяжелая нагрузка (например, горная промышленность).

1.1.2.1 Применение внутри помещений

Кабель устанавливается или подключается к какому-либо устройству, которое постоянно находится внутри здания, т.е. внутри предусмотренной окружающей среды. Здание может использоваться в качестве коммерческого, жилого или промышленного здания.

1.1.2.2 Длительная эксплуатация вне помещений

Кабель спроектирован с учетом различных нагрузок, которые могут возникать вне помещений в пределах предусмотренной окружающей среды (включая погодные воздействия).

1.3 Меры по обеспечению электромагнитной совместимости

Разводка кабелей в значительной степени влияет на ЭМС установки. Кабели разделяются на четыре группы:

- группа I: очень высокая чувствительность к помехам (аналоговые сигналы, измерительные линии);
- группа II: высокая чувствительность к помехам (цифровые сигналы, кабели датчиков, коммутационные сигналы 24 В пост. тока);

- группа III: источник помех (управляющие кабели для индуктивных нагрузок, неподключенные силовые кабели);

- группа IV: сильный источник помех (выходные кабели преобразователей частоты, подключенные силовые кабели).

При прокладке кабелей необходимо по возможности избегать пересечения кабелей. Если пересечения неизбежны, кабели различных групп следует перекрещивать под прямым углом.

1□3.1 Указания по электромагнитной совместимости при использовании преобразователей частоты

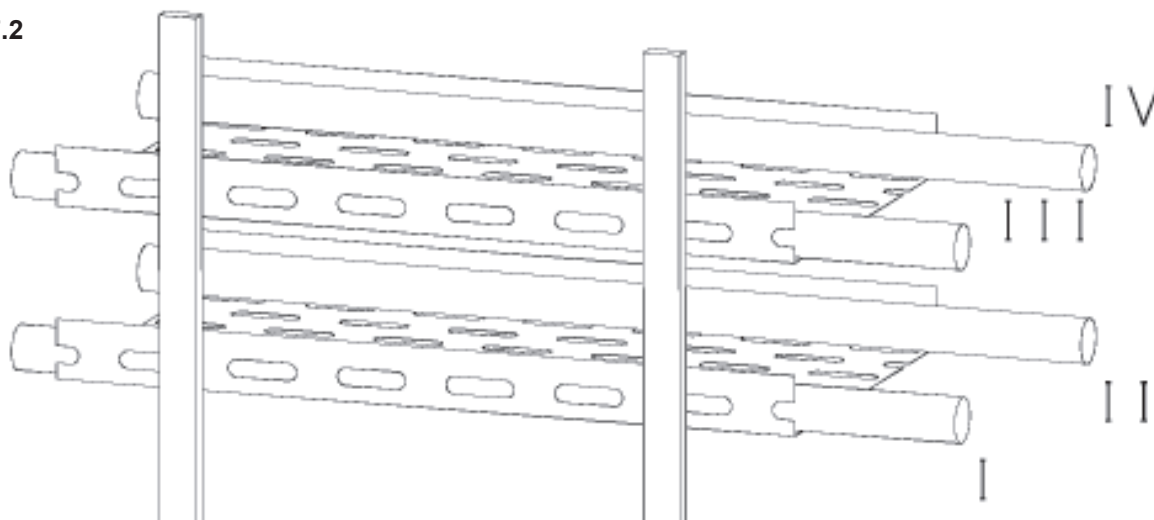
В зависимости от требований по ЭМС (класс окружающей среды 1 или 2) и типа преобразователя частоты требуются фильтры ЭМС.

Необходимо в обязательном порядке соблюдать указания по прокладке кабелей и обеспечению ЭМС, приведенные в руководстве по эксплуатации.

1□3.□ Кабельные каналы

- Металлические кабельные каналы встраиваются в подземную сеть и соединяются по всей длине.
- Уменьшение магнитного поля за счет расстояния между кабельными лотками (рис. 17.2).
- Кабели прокладываются в различных кабельных каналах.
- Кабели разделяются металлическими перегородками.

Рис. 17.2



Рекомендуемое минимальное расстояние между кабельными лотками составляет 0,15 м. Лотки следует электрически соединить с вертикальными опорами. Кабельный канал для сигнальных кабелей следует закрыть.

Силовые кабели генераторов всегда прокладываются отдельно.

1□3.3 Резьбовые кабельные соединители

При наличии особых требований по ЭМС следует использовать соответствующие резьбовые кабельные соединители для экранированных кабелей. В общем случае следует применять соединители из хромированной латуни.

1□□ Примеры разводки кабелей

Рис. 17.3

Разводка кабелей стартера. Кабели проложены симметрично и зафиксированы кабельными хомутами. Это исключает риск повреждения вследствие истирания.

правильно

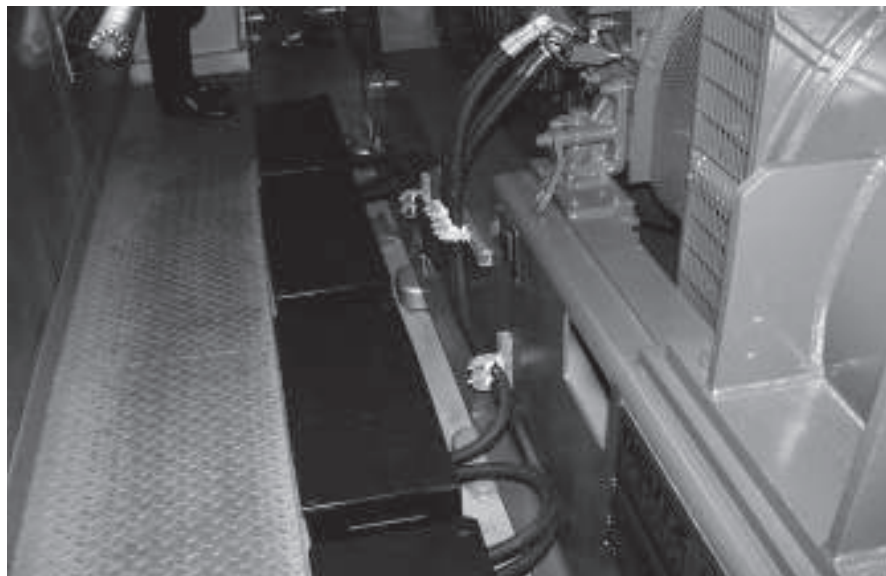


Рис. 17.4

Неправильный монтаж кабеля стартера.

Опасность истирания! Опасность короткого замыкания!

неправильно



Рис. 17.5

Кабели датчиков температуры и двигателей вентиляторов.

Кабели питания подводятся к устройствам с помощью монтажной системы. Ввод кабелей осуществляется по возможности снизу. Необходимо обеспечить надлежащую герметизацию кабельного ввода.

правильно

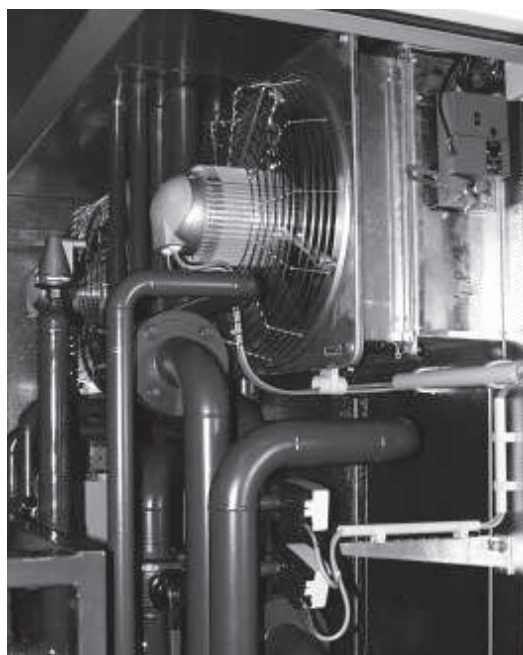


Рис. 17.6

Неправильная разводка кабелей. Не разрешается сматывать кабели двигателя в бухту, т.к. это вызывает дополнительную нагрузку на соединители и проблемы с ЭМС.

Опасность истирания! Проблемы с ЭМС!

неправильно



Рис. 17.7

Вертикальный отвод кабелей двигателя в кабельном лотке на уровне потолка. Кабельный лоток оснащен требуемой защитой кромок, а кабели зафиксированы кабельными хомутами (не использовать кабельные стяжки).

Пример плохой разводки: подводящий кабель регулирующего клапана газосмесителя. **Кабель не должен быть закреплен непосредственно на трубопроводе (опасность истирания)** и не должен быть смотан в бухту (помехи, механический износ).

правильно



неправильно

Рис. 17.8

На рисунке показан кабель, свободно проложенный непосредственно на корпусе двигателя и генератора. Это приводит к повреждению кабеля и проблемам с ЭМС.

Опасность истирания! Опасность короткого замыкания! Проблемы с ЭМС!

неправильно



Рис. 17.9

Выравнивание потенциала трубопровода охлаждающей воды через резиновый компенсатор. Кабель слишком длинный и соприкасается с изоляцией трубопровода отработавших газов.

Опасность истирания! Недопустимое нагревание!

неправильно

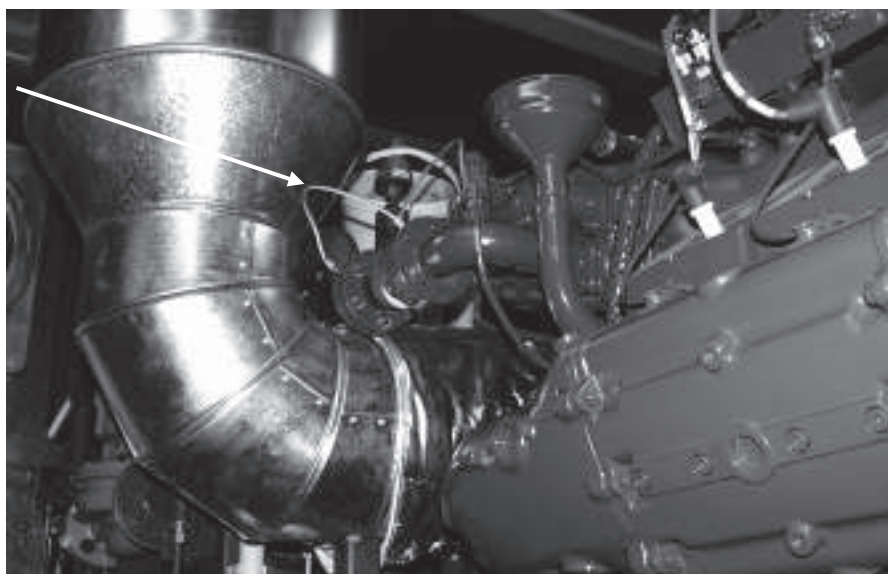


Рис. 17.10

Экран удален по слишком большой длине и не подключен отдельно к клемме. Жилы подключены к клеммам в виде длинных петель. Это приводит к проблемам с ЭМС и опасности короткого замыкания. Проблемы с ЭМС! Опасность короткого замыкания!

неправильно

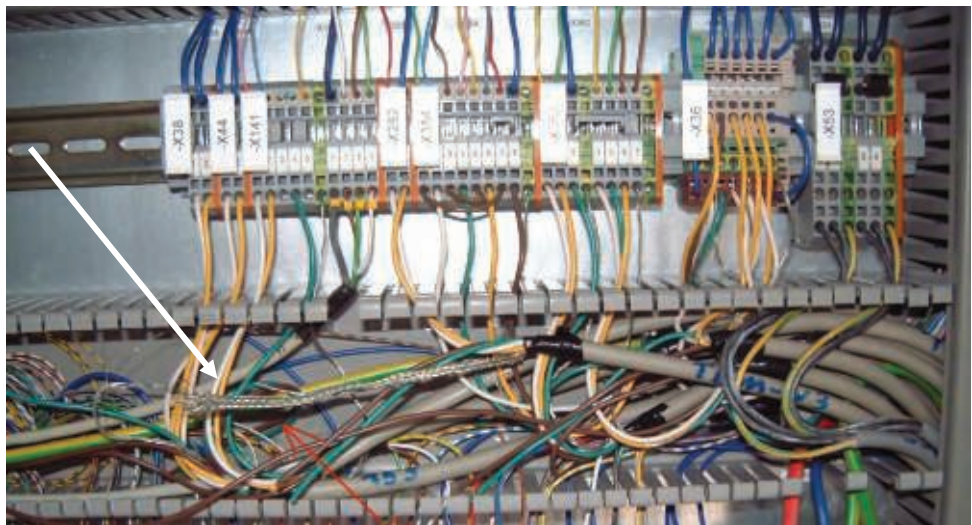


Рис. 17.11

Экран кабеля слишком длинный и не изолирован. На подводимых извне черных проводах отсутствуют наконечники. Опасность короткого замыкания!

неправильно

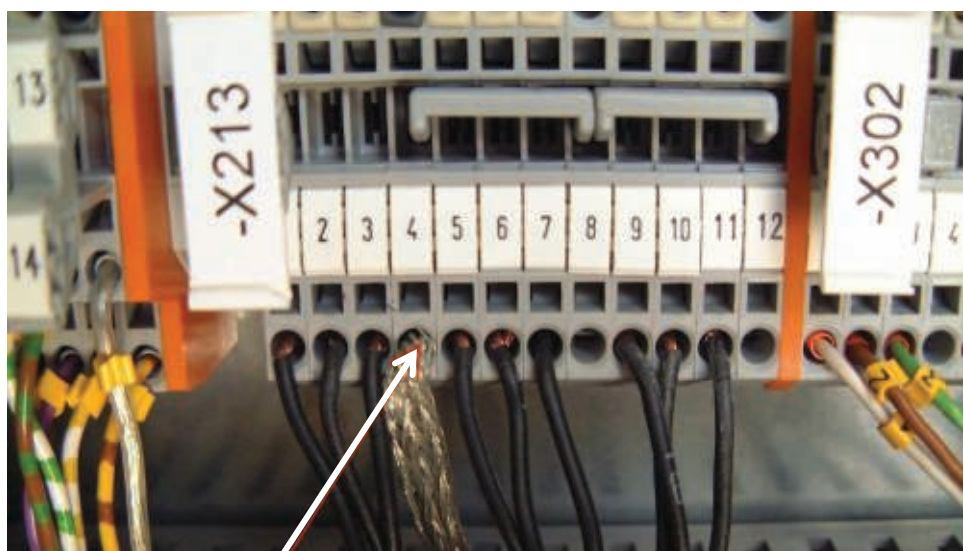


Рис. 17.12

Здесь показана прокладка кабелей ТЕМ к агрегату. Кабели проложены в кабельном лотке до двигателя. Силовые кабели закреплены после изгиба 90°, чтобы предотвратить истирание и обеспечить необходимую разгрузку от натяжения.

Изгиб силовых кабелей под углом 90° позволяет устранить колебания, воздействующие на резьбовые кабельные соединители.

правильно

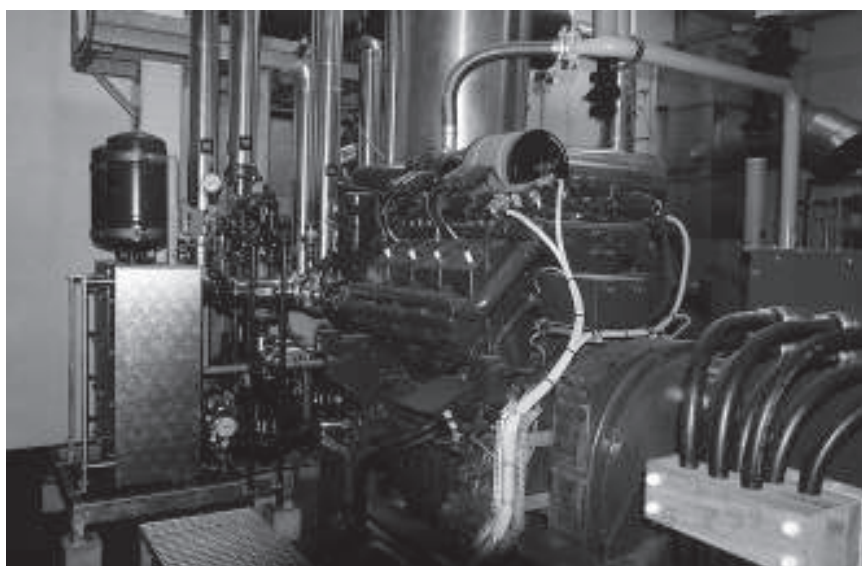


Рис. 17.13

Здесь показана правильная разводка кабелей с помощью хомутов и кабельных каналов.

правильно



Рис. 17.14

Здесь показана правильная разводка кабелей с помощью хомутов и кабельных каналов.

правильно



Рис. 17.15

Здесь показан шкаф ТЕМ, который находится непосредственно перед выпуском воздуха генератора. Это приводит к избыточному нагреванию шкафа ТЕМ. В результате повышается температура внутри шкафа и возникают нарушения.

Повышенная температура!

неправильно



Рис. 17.16

Не закрывать вентиляционные щели.
Опасность перегрева!

неправильно



Рис. 17.17

Силовые кабели должны вводиться в генератор надлежащим образом.
Опасность для жизни, опасность короткого замыкания и пожара!

неправильно



Рис. 17.18

Кабельный ввод закрыт, поэтому в отверстие не могут попасть посторонние предметы и вызвать короткое замыкание.

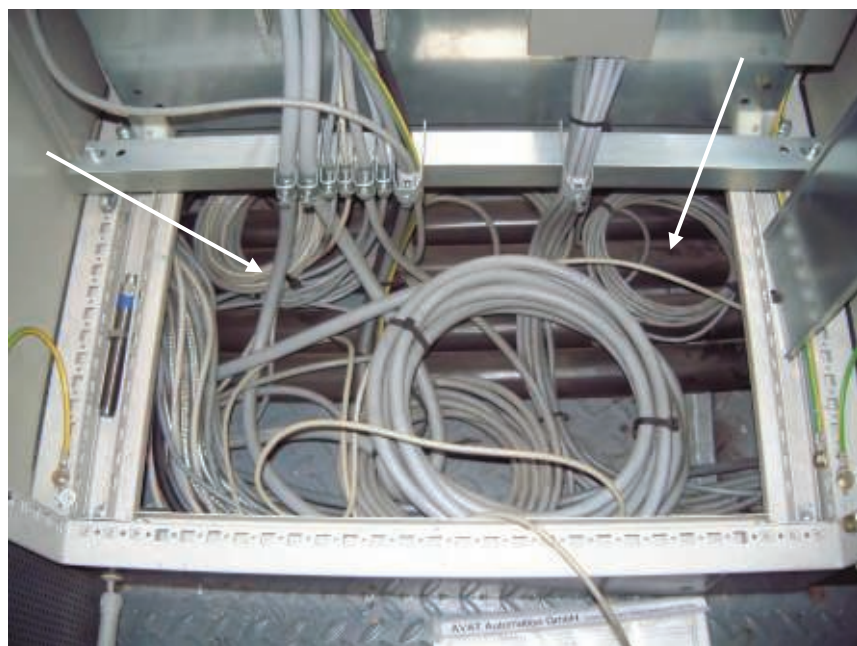
правильно



Рис. 17.19

Не разрешается прокладывать силовые кабели через шкафы управления и шкаф ТЕМ.
Проблемы с ЭМС!

неправильно



Монтаж энергетических установок

Раздел 18

Транспортировка и размещение агрегатов

июнь 2012 г.

Содержание

1 □	Транспортировка и размещение агрегатов	3
18.1	Предварительные замечания	3
18.2	Погрузка с помощью подъемного крана	3
18.2.1	Грузозахватные приспособления и подъемные механизмы	4
18.2.2	Техобслуживание грузозахватных приспособлений и подъемных механизмов	5
18.2.3	Ограничения в применении грузозахватных приспособлений и подъемных механизмов ...	5
18.3	Перевозка автомобильным или водным транспортом	5
18.4	Перегрузка и разгрузка	5
18.5	Хранение агрегатов и компонентов установки	6
18.6	Внос в помещение и установка на фундамент	7
18.6.1	Подготовка к вносу в помещение	7
18.6.2	Втягивание агрегата на фундамент	8
18.6.3	Опускание агрегата на фундамент	8
18.7	Транспортировка и установка контейнеров	11
18.7.1	Подъем контейнера	13
18.7.2	Транспортировка контейнеров	15
18.7.3	Установка контейнеров	16

1 □ **Транспортировка и размещение агрегатов**

1 □ 1 **Предварительные замечания**

Процедуру транспортировки агрегата от завода производителя до пункта назначения можно разделить на следующие этапы:

- погрузка агрегата на грузовой автомобиль с помощью стационарного или самоходного подъемного крана;
- доставка агрегата на грузовом автомобиле в пункт назначения или в порт для дальнейшей погрузки на судно
- перегрузка в порту или при смене транспортного средства;
- разгрузка агрегата в пункте назначения с помощью самоходного или стационарного подъемного крана;
- Внос в помещение и установка на фундамент

1 □ □ **Погрузка с помощью подъемного крана**

Для погрузки агрегатов на заводе используется цеховой или самоходный подъемный кран. Агрегаты закрепляются в точках захвата груза, расположенных сбоку на опорной раме, или - в особых случаях - с помощью двух двутавровых балок, которые находятся под опорной рамой и оснащены скобами для закрепления грузоподъемного механизма (тросы или цепи). Точки захвата груза расположены симметрично относительно центра тяжести агрегата, поэтому при использовании четырех тросов или цепей одинаковой длины поднимаемый агрегат находится в стабильном горизонтальном положении.

Один конец тросов или цепей следует закрепить на крюке подъемного крана или траверсе.

Другой конец тросов или цепей фиксируется в точках захвата груза. Надежность крепления должна быть гарантирована даже в случае неожиданного силового воздействия.

По этой причине для крепления тросов или цепей разрешается использовать только зажимные наконечники (подъемные зажимы) или текстильные ленты на транспортировочных держателях.

Тросы или цепи размещаются таким образом, чтобы они прилегали только к точкам захвата груза.

Это предотвращает повреждение компонентов агрегата вследствие соприкосновения с проходящими под углом тросами или цепями. Для этого используются соответствующие траверсы (см. рис. 18.1).

При отсутствии подходящих траверс необходимо установить на тросах или цепях распорные механизмы.

Рис. 18.1 Подъем агрегата



1□□1 Грузозахватные приспособления и подъемные механизмы

Грузозахватные приспособления, подъемные механизмы и стропы, используемые при подъеме и транспортировке тяжелых грузов, в ходе изготовления и эксплуатации подлежат контролю и испытанию согласно законодательным положениям. В ЕС они регламентируются Положением об эксплуатационной безопасности, а также предписаниями и правилами профессиональных объединений (BGR и BGV). Далее приведены некоторые существенные положения.

- Устройства для подъема и транспортировки должны использоваться только обученными лицами.
- Не превышать допустимую нагрузку устройств.

Перед каждым применением устройств необходимо проверить их исправность и убедиться в отсутствии повреждений, влияющих на безопасность и функциональность устройств (например,

разломы, надрезы, трещины, износ, деформация, повреждения вследствие воздействия тепла или холода и т.д.).

Не допускать перегрузки устройств вследствие ударов.

Тросы и цепи не должны иметь узлов и перекручиваний.

Тросы и цепи, не имеющие специальной защиты, запрещается вести через острые кромки; всегда необходимо предусматривать защиту кромок.

Необходимо избегать несимметричной нагрузки на устройства.

Укорачивание тросов и цепей должно выполняться надлежащим образом.

1□□□ Техобслуживание грузозахватных приспособлений и подъемных механизмов

Грузозахватные приспособления и подъемные механизмы через определенные временные интервалы (не реже раза в год) должны проверяться ответственным специалистом на наличие внешних дефектов, деформации, износа, коррозии, трещин и разрывов и при обнаружении недопустимых недостатков изыматься. В ходе техобслуживания запрещается вносить изменения, отрицательно влияющие на функциональность и грузоподъемность грузозахватного приспособления.

1□□3 Ограничения в применении грузозахватных приспособлений и подъемных механизмов

При высоких или низких температурах грузоподъемность грузозахватных приспособлений уменьшается.

1□3 Перевозка автомобильным или водным транспортом

При перевозке агрегатов автомобильным или водным транспортом необходимо предусмотреть прослойку между нижней поверхностью опорной рамы и грузовой платформой. Для этого рекомендуются стандартные противоскользкие коврики и эбонитовые или деревянные колодки. С помощью натяжных ремней, крепежных цепей, накладок и деревянных блоков необходимо обеспечить защиту от смещения и опрокидывания агрегата.

1□□ Перегрузка и разгрузка

Для перегрузки и разгрузки агрегатов, как правило, используются самоходные подъемные краны. При выборе подъемных механизмов и проведении работ необходимо учитывать аналогичные указания и предписания, как при погрузке агрегатов (см. раздел 18.2).

1 □ □ **Хранение агрегатов и компонентов установки**

В зависимости от хода реализации проекта может потребоваться промежуточное хранение агрегатов, распределительных устройств и компонентов установки до момента их монтажа. Во время хранения необходимо учитывать следующее:

- хранение осуществляется в сухом проветриваемом помещении;
- помещение должно быть отопляемым, если перепады температуры, обусловленные суточными колебаниями или холодным временем года, могут привести к снижению температуры ниже точки росы;
- хранение осуществляется с защитой от замерзания.

В техпаспортах отдельных компонентов указываются температуры хранения, которые зависят от материалов, используемых в компонентах. Прежде всего эластомерные уплотнители под действием низких температур становятся ломкими и склонными к разрушению.

Для распределительных шкафов с полупроводниковыми схемами указываются температуры хранения от -10 до +50°C.

Перечисленные выше условия могут не соблюдаться в ходе транспортировки или при промежуточном хранении в портах и на складах экспедиторских предприятий. Производитель не несет ответственности за убытки вследствие заморозков или воздействия влаги.

Для дизельных и газовых двигателей проводится консервация на срок 12 месяцев, по желанию возможна консервация на срок 24 месяца. Если период хранения превышает срок действия консервации, требуется повторная консервация. Срок действия консервации применим только при соблюдении перечисленных выше условий хранения.

Каждые 6 месяцев необходимо поворачивать генераторы - при этом не имеет значения, хранятся ли генераторы отдельно или установлены ли они в агрегат.

Компоненты установки, которые в целях эксплуатации размещаются вне помещения, также можно хранить вне помещения. Например, это вентиляторные охладители и глушители отработавших газов.

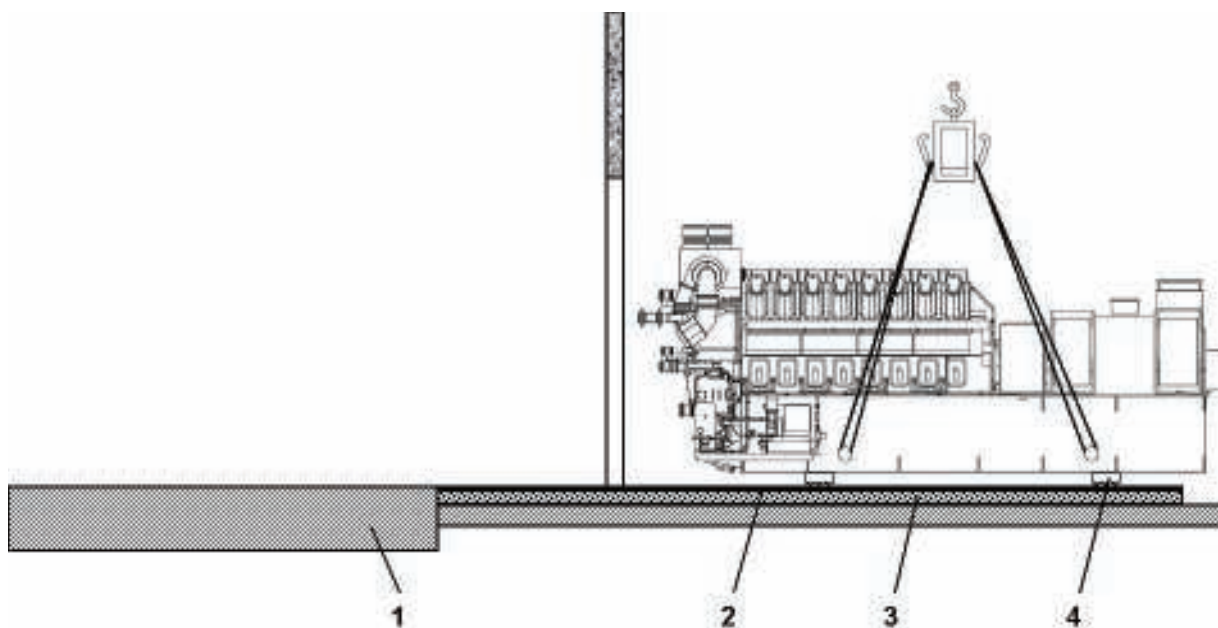
1□6 Внос в помещение и установка на фундамент

Процедура установки агрегата описывается на примере TCG 2032 V16.

1□6.1 Подготовка к вносу в помещение

В общем случае агрегат втягивается на фундамент через входное отверстие. Для этого рекомендуется соорудить двухколейную погрузочную платформу с нижней прослойкой из гравия и покрытием из стальных плит. Погрузочная платформа размещается в продольном направлении фундамента, верхняя кромка платформы должна совпадать с верхней кромкой фундамента. За пределами машинного помещения следует пристыковать погрузочную платформу таким образом, чтобы полностью разместить агрегат на платформе. Перед опусканием агрегата на платформу следует установить в четырех углах опорной рамы большегрузные ролики. См. рис. 18.2.

Рис. 18.2 Подготовка к вносу в помещение

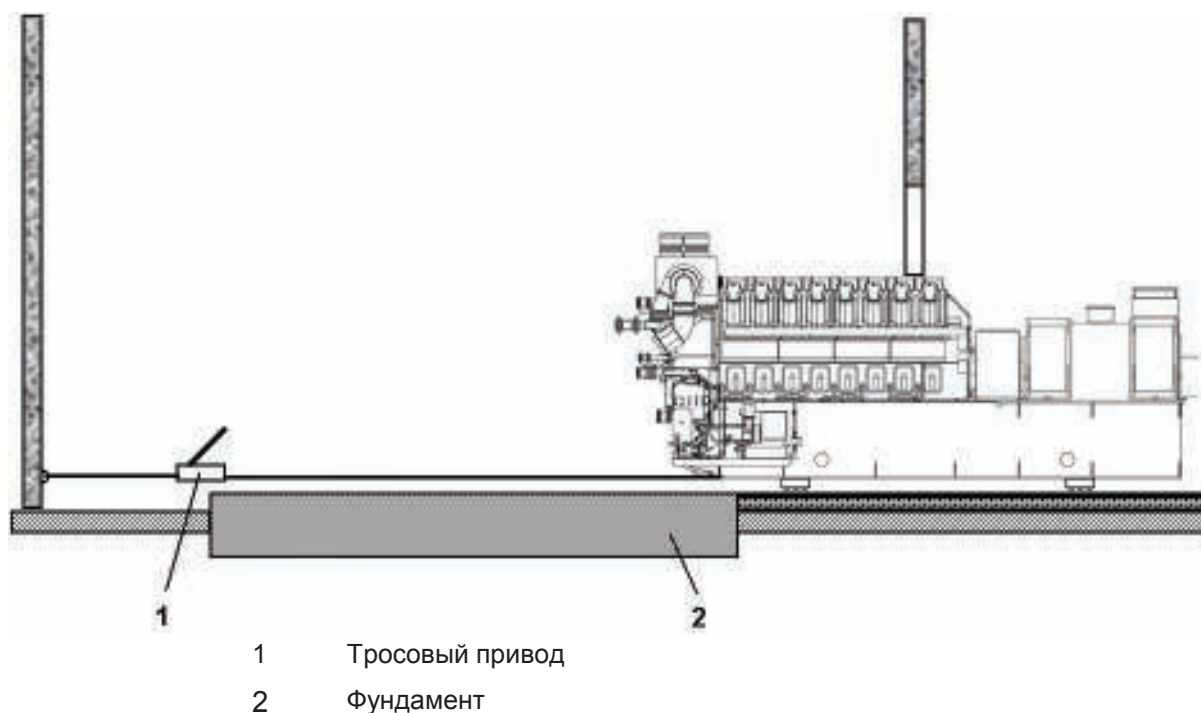


- | | |
|---|---------------------|
| 1 | Фундамент |
| 2 | Стальные плиты |
| 3 | Прослойка из гравия |
| 4 | Большегрузный ролик |

1□6.□ Втягивание агрегата на фундамент

После опускания агрегата на погрузочную платформу в обоих передних углах опорной рамы с помощью соответствующих скоб закрепляются два троса с тросовыми приводами. Для закрепления свободных концов тросов, например, на противоположной стене можно установить точки захвата груза. С помощью обоих тросовых приводов агрегат втягивается на фундамент до конечного положения, см. рис. 18.3. Поэтому уже при размещении агрегата на погрузочной платформе следует выровнять агрегат по центру и соосно продольной оси фундамента.

Рис. 18.3 Втягивание агрегата



1□6.3 Опускание агрегата на фундамент

После перемещения агрегата в конечное положение на фундаменте необходимо опустить его на фундамент. Для этого под опорной рамой размещаются как минимум четыре гидравлических цилиндра, позволяющие равномерно приподнять агрегат (см. рис. 18.4). Большегрузные ролики удаляются, затем привинчиваются пружинные элементы. После отпускания гидравлических цилиндров вес агрегата передается на пружинные элементы. Для обеспечения равномерной нагрузки на пружинные элементы необходимо отрегулировать их согласно соответствующему предписанию (см. рис. 18.5 и 18.6).

Рис. 18.4 Размещение подъемных цилиндров

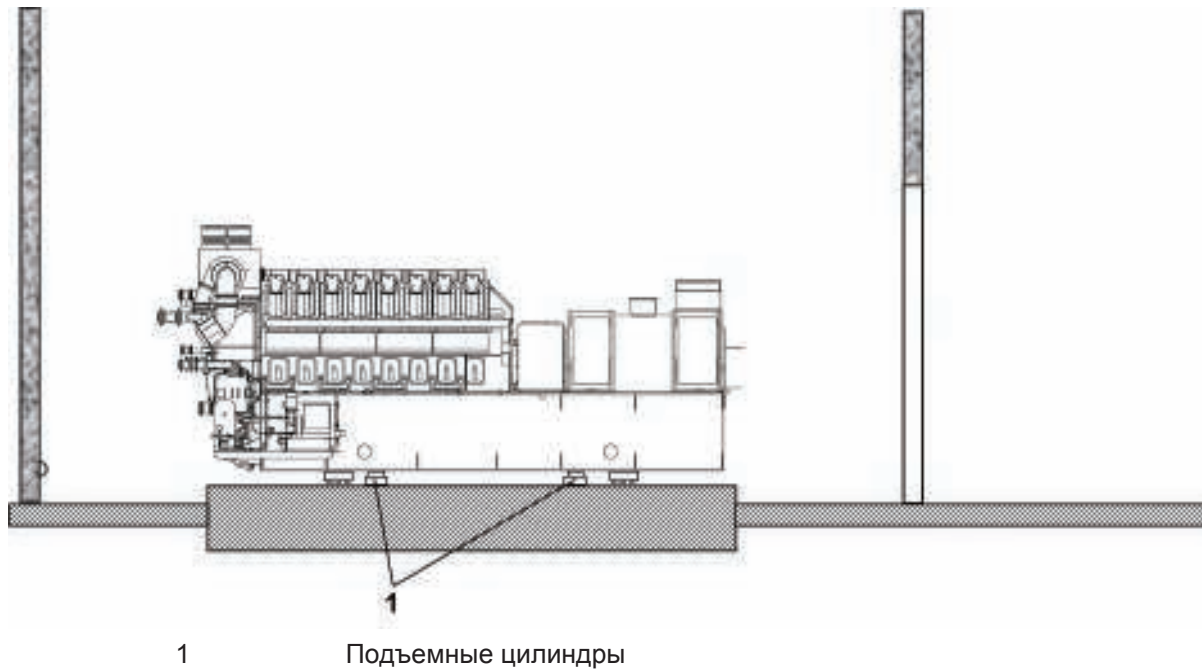


Рис. 18.5 Размещение пружинных элементов

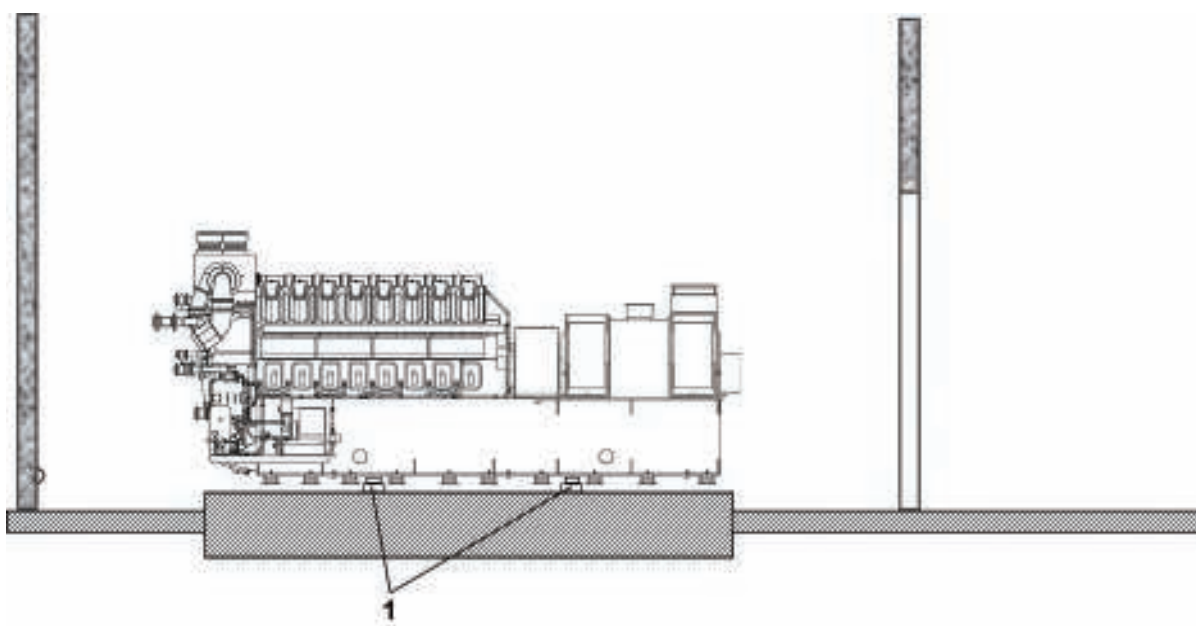
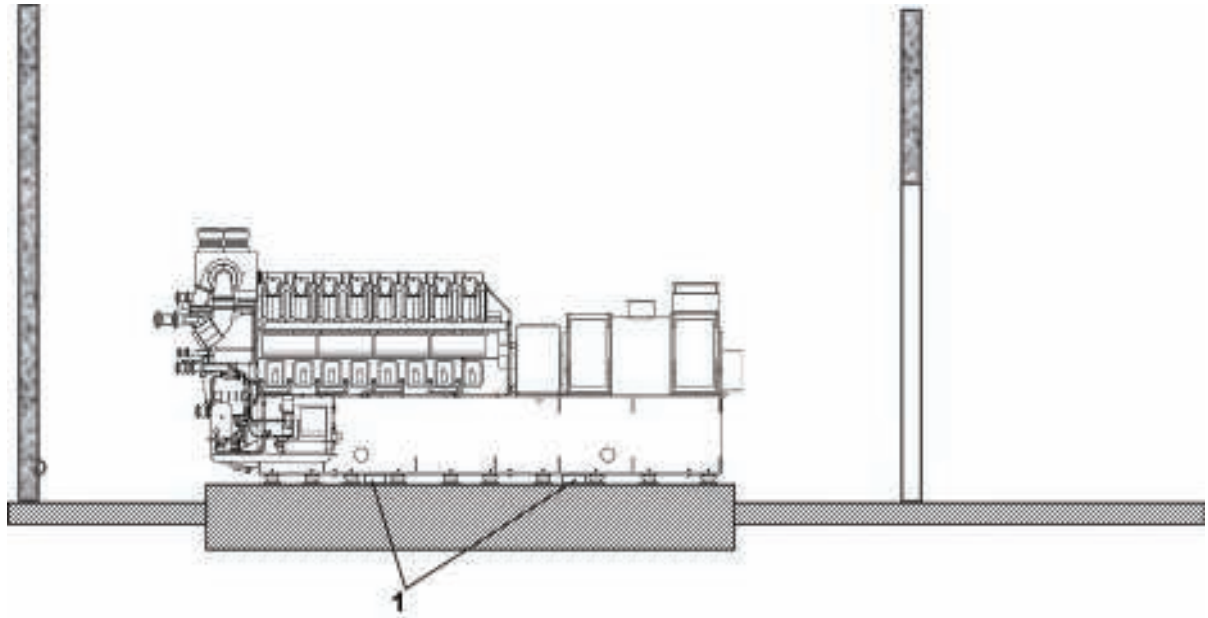


Рис. 18.6 Опускание агрегата на фундамент

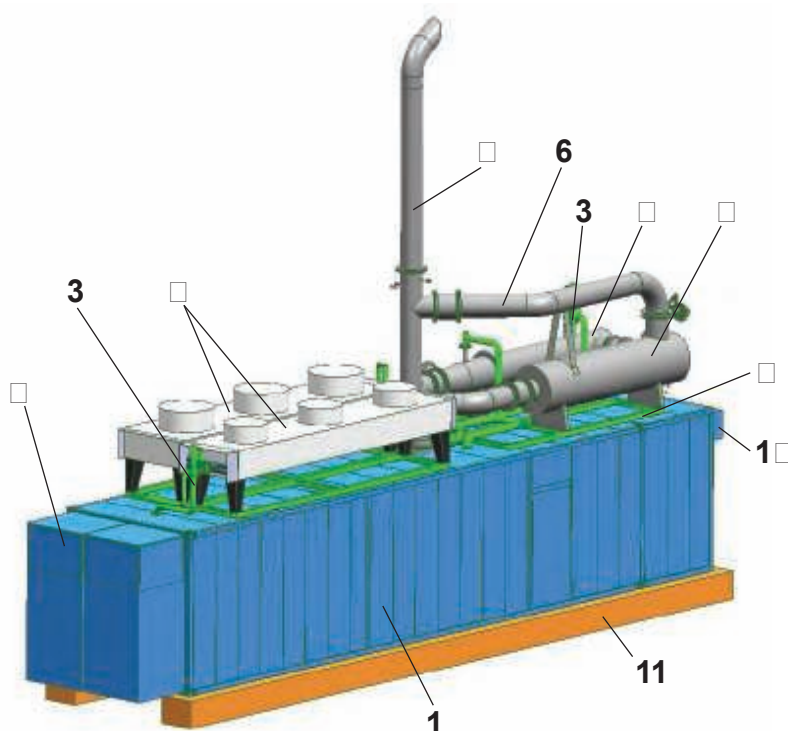


1 Подъемные цилиндры

1.1.1 Транспортировка и установка контейнеров

В контейнерных установках агрегат полностью собран и встроен в контейнер. Компоненты установки, такие как глушители ОГ, теплообменники ОГ и вентиляторные панели, размещены на одной общей или нескольких отдельных рамах из труб прямоугольного сечения на крыше контейнера. Эти рамы свободно лежат на крыше контейнера. Для транспортировки контейнерной установки следует снять расположенные на крыше компоненты и перевезти их как отдельный груз. На рис. 18.7 показана готовая контейнерная установка, а на рис. 18.8 - 18.10 показаны компоненты, подлежащие отдельной транспортировке. В качестве примера здесь представлена контейнерная блочная ТЭЦ, в которой компоненты установлены на крыше на отдельных рамах.

Рис. 18.7 Готовая контейнерная установка



- | | | | |
|---|-------------------------------|----|---|
| 1 | Контейнер | 7 | Теплообменник отработавших газов |
| 2 | Компоненты для подачи воздуха | 8 | Глушитель шума отработавших газов |
| 3 | Водопроводы | 9 | Рама |
| 4 | Вентиляторная панель | 10 | Кондиционер |
| 5 | Выпускная труба | 11 | Ленточный фундамент (обеспечивается заказчиком) |
| 6 | Выхлопной байпас | | |

Рис. 18.8 Контейнер без компонентов на крыше и кондиционера

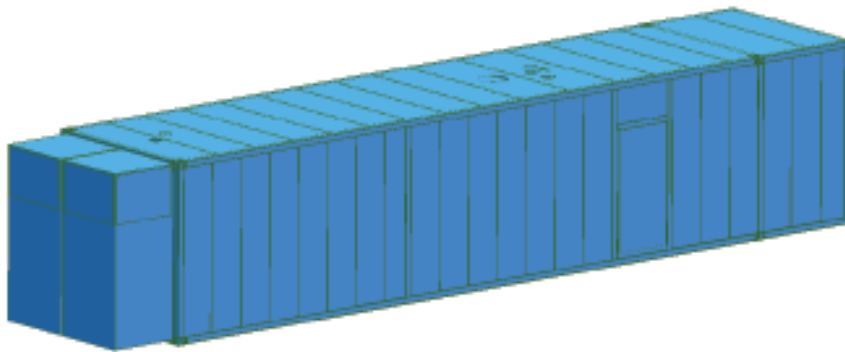


Рис. 18.9 Компоненты с рамой

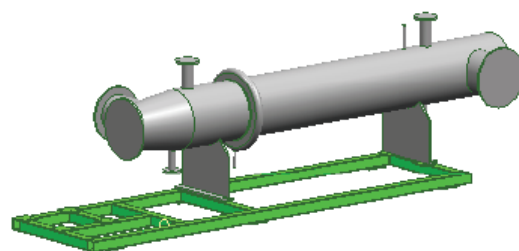
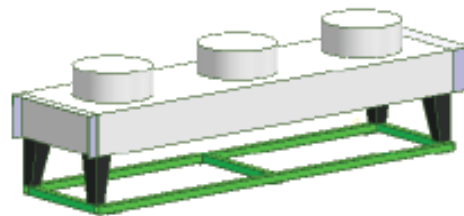
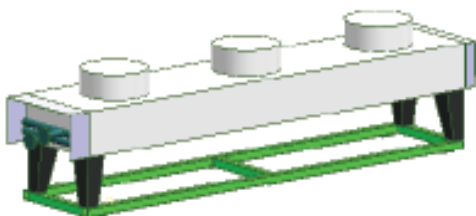


Рис. 18.10 Эти компоненты упаковываются отдельно



1□□1 Подъем контейнера

Для погрузки контейнера в целях дальнейшей транспортировки, перегрузки и разгрузки на строительном объекте необходимо приподнять контейнер и подвесить его к подъемному крану. Компоненты внутри контейнера, особенно агрегат на упругих опорах, надежно закрепляются на время транспортировки. Агрегат блокируется с помощью нескольких резьбовых стержней и колодок из твердой древесины, которые размещаются между опорной рамой агрегата и шиной фундамента. Кроме того, в четырех углах опорной рамы закрепляются натяжные ремни, которые прочно соединяются с проушинами в конструкции контейнера. Узлы для ввода в эксплуатацию и прочие детали, перевозимые свободно внутри контейнера, также надежно фиксируются.

Несмотря на все защитные меры подъем контейнера выполняется по возможности равномерно и с сохранением горизонтального положения контейнера. Для подъема используются приваренные к крыше контейнера угловые накладки, которые служат точками захвата груза. Длина тросов выбирается таким образом, чтобы крюк подъемного крана находился на уровне центра тяжести контейнера. Центр тяжести контейнера обозначен снаружи на боковой стенке контейнера. См. рис. 18.11 и 18.13.

Рис. 18.11 Подъем контейнера с помощью тросов

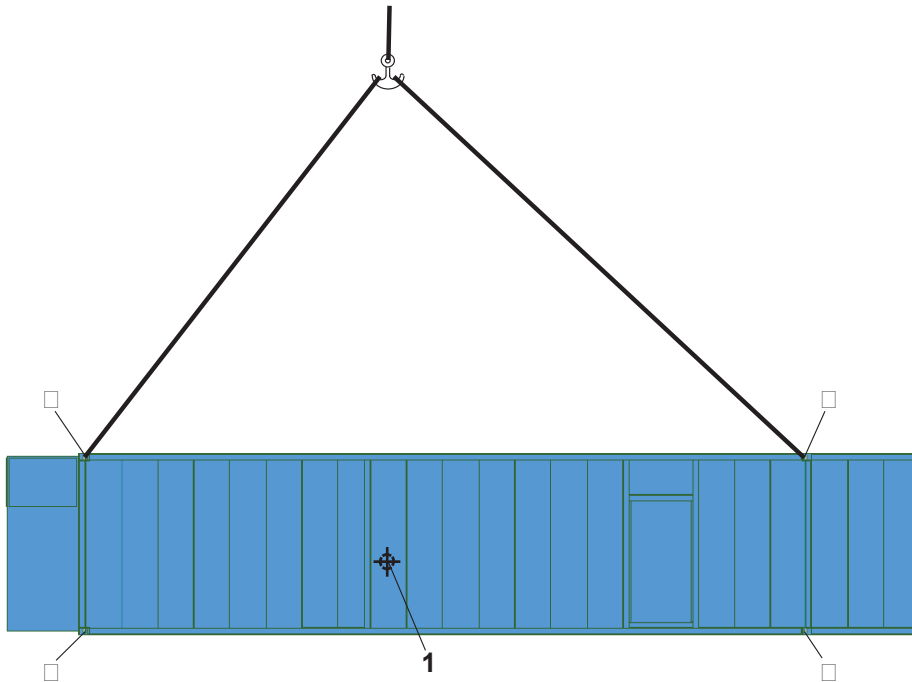
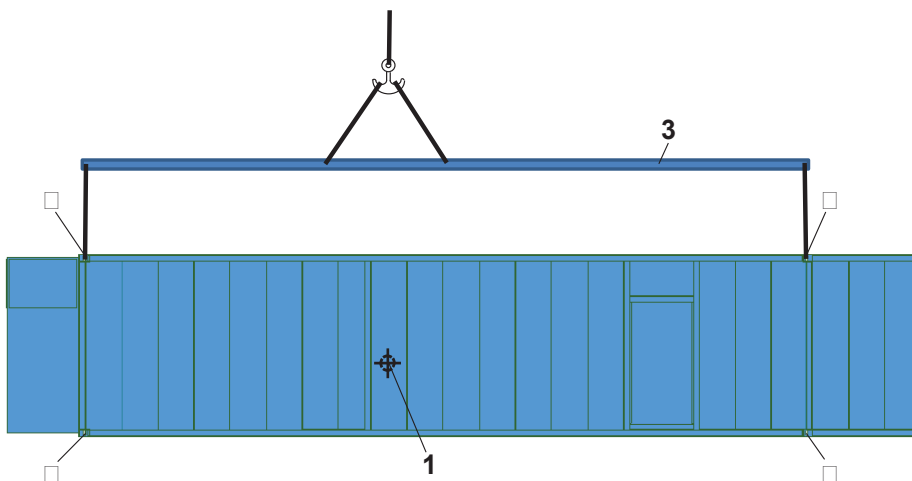


Рис. 18.12 Подъем контейнера с помощью траверсы



- 1 Маркировка центра тяжести
- 2 Угловые накладки контейнера
- 3 Траверса

Рис. 18.13 Подъем контейнера с помощью траверсы



1.1.1.1 Транспортировка контейнеров

Как правило, контейнер и комплектующие доставляются в пункт назначения на грузовом автомобиле. При межконтинентальной транспортировке контейнеры доставляются в морской порт и погружаются на суда. Из порта назначения контейнеры направляются автомобильным транспортом в конечный пункт.

Рис. 18.14 Транспортировка контейнера на низкорамном прицепе



В зависимости от спецификации также возможна упаковка контейнеров в ящики для перевозки морским путем.

При каждой перевозке необходимо надежно закрепить контейнер и установленные на раме компоненты. Для закрепления контейнера на низкорамном прицепе используются угловые накладки с нижней стороны контейнера. Применение угловых накладок на крыше контейнера в качестве точек крепления, как правило, приводит к повреждению контейнера. Вмятины и повреждения окраски неизбежны.

Рис. 18.15 Данный способ крепления приводит к образованию вмятин и повреждений окраски контейнера



1.1.3 Установка контейнеров

Контейнер устанавливается на сплошной фундаментной плите или нескольких ленточных фундаментах. В ленточных фундаментах, как правило, предусмотрены две ленты, проходящие под продольными кромками контейнера. В зависимости от расположения кабелей, выводимых из контейнера, необходимо предусмотреть в фундаменте или лентах фундамента соответствующие каналы или выемки. Расчет параметров фундамента (высота фундамента, марка бетона и опалубка) проводится специалистом по статике по поручению заказчика. Неровность фундамента не должна превышать 5 мм в продольном направлении и 2 мм в поперечном направлении.

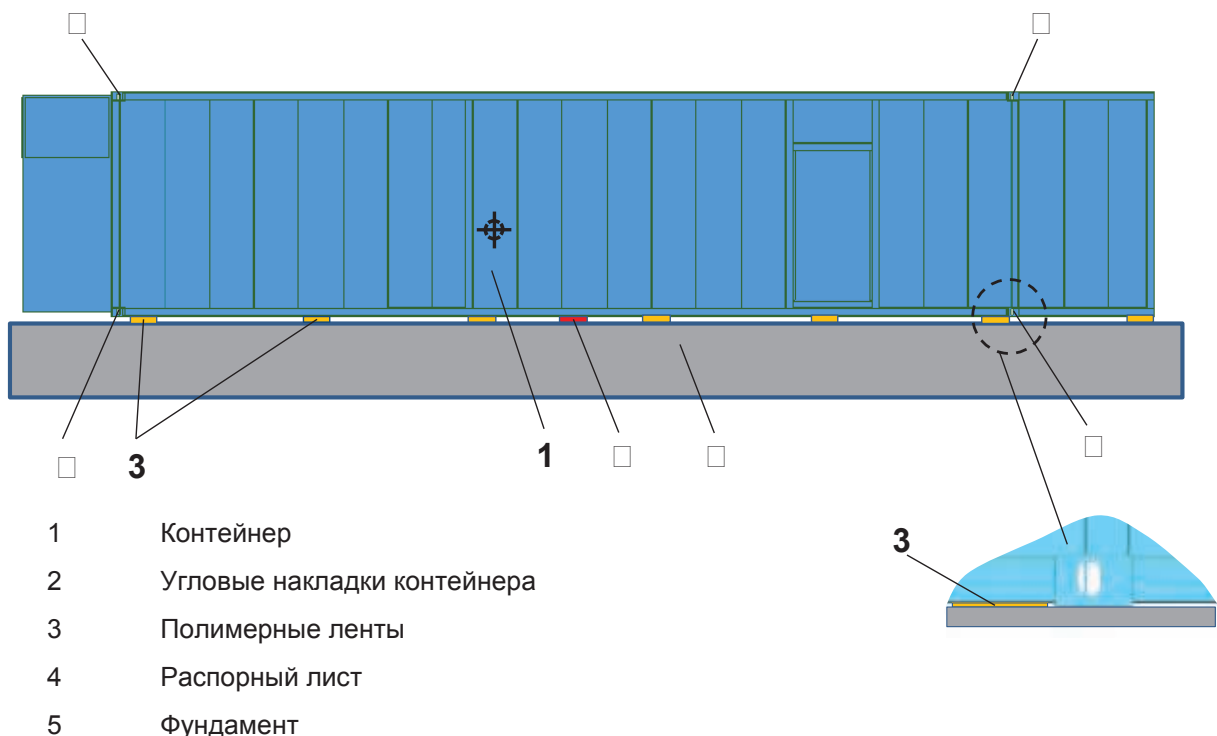
Перед опусканием контейнера на фундамент необходимо проверить следующее:

- проверить ровность и чистоту фундамента;

- проверить расположение выемок для вывода кабелей;
- проверить чистоту с нижней стороны контейнера.

После этого контейнер сначала временно опускается на фундамент. Под продольные балки контейнера подкладываются полимерные ленты длиной ок. 200 мм (прилагаются в комплекте). Эти полимерные ленты находятся в отсеке распределительной системы внутри контейнера. Ленты размещаются на расстоянии 1 - 2 м под продольными балками. Для этого следует слегка приподнять контейнер и переместить его в точное конечное положение. Затем следует опустить контейнер на фундамент. Теперь контейнер должен плотно опираться на уголки и полимерные ленты. При необходимости для устранения неровностей следует подложить листы из нержавеющей стали соответствующей толщины. Во избежание прогиба конструкции в ходе длительной эксплуатации следует установить по центру между обоими угловыми накладками подходящий распорный лист или листовую пакет из нержавеющей стали. См. рис. 18.16.

Рис. 18.16 Установка контейнера на фундамент



После установки контейнера выполняется монтаж и подключение компонентов на крыше. Также необходимо обеспечить внешние линии для подвода газа, масла и воды для контура нагрева, а также электрическое подключение.

В случае затруднений с открыванием дверей необходимо отрегулировать шарниры.

Монтаж энергетических установок

Раздел 19

Указания по размещению и монтажу агрегатов

июнь 2012 г.

Содержание

1 □	Указания по размещению и монтажу агрегатов	3
19.1	Транспортировка и размещение агрегатов.....	3
19.2	Защита агрегата	3
19.3	Упругие опоры	4
19.4	Крутильно-упругая муфта	4
19.5	Резиновые компенсаторы и шланги	6
19.5.1	Резиновые компенсаторы.....	10
19.5.1.1	Хранение	10
19.5.1.2	Размещение и монтаж	10
19.5.1.3	Монтаж	11
19.5.1.4	Размещение креплений труб	13
19.5.1.5	Защитные меры после монтажа	13
19.5.1.6	Нагрузки пониженного давления	13
19.5.2	Шланги.....	13
19.5.2.1	Хранение	13
19.5.2.2	Размещение и монтаж	14
19.5.2.3	Монтаж	19
19.5.2.4	Крепления труб.....	19
19.5.2.5	Защитные меры после монтажа	19
19.5.2.6	Приемочное испытание	19
19.5.3	Компенсаторы выхлопной системы	20
19.5.3.1	Хранение	20
19.5.3.2	Размещение и монтаж	20
19.5.3.2.1	Монтаж на двигателе (турбокомпрессор)	22
19.5.3.2.2	Монтаж на участке трубопровода	23
19.5.3.3	Монтаж	25
19.5.3.4	Размещение креплений труб в трубопроводе отработавших газов	28
19.5.3.5	Защитные меры после монтажа	29
19.5.3.6	Изоляция	29
19.6	Указания по вводу в эксплуатацию.....	29

1 □ Указания по размещению и монтажу агрегатов

Соблюдение этих указаний гарантирует правильное размещение и монтаж агрегатов в агрегатном помещении и предотвращает возможные повреждения вследствие ненадлежащего монтажа.

1 □ 1 Транспортировка и размещение агрегатов

В разделе 18 «Транспортировка и размещение агрегатов» приводится описание действий, необходимых для размещения агрегатов в предусмотренном для них месте.

1 □ □ Защита агрегата

После размещения и выравнивания агрегата на фундаменте и перед началом прокладки трубопроводов и кабелей следует накрыть агрегат тентом для защиты от пыли и загрязнений.

Не выполнять сварочные работы на агрегате, т.к. это может привести к повреждению электронных компонентов и подшипников в двигателе и генераторе!

Не использовать установленные на агрегат приборы (датчики, температурные зонды) или навесные компоненты (насосы, фильтры) в качестве проводящих элементов в ходе проведения монтажных работ.

Для поддержания исправности и эксплуатационной надежности установки следует учитывать следующее:

- Агрегатное помещение и помещение распределительной системы должны быть по возможности защищены от пыли. Пыль сокращает срок службы двигателя и генератора и нарушает работу системы управления.
- Конденсат и влажность в агрегатном помещении способствуют коррозии агрегата и распределительной системы. Высококачественные блочные ТЭЦ должны размещаться в сухих, по возможности отапливаемых помещениях (температура выше 5°C).
- После прохождения испытаний на заводском испытательном стенде двигатель подвергается внутренней консервации в соответствии с заводским стандартом MWM. Стандартная консервация рассчитана на 6 месяцев. Также возможна консервация на срок 12 месяцев. Продление срока консервации возможно после технического осмотра двигателя.
- В случае длительного простоя агрегата необходимо перед повторным вводом в эксплуатацию проверить сопротивление изоляции генератора. При повышенной влажности следует обеспечить просушку генератора (антиконденсатный подогрев или другие меры).
- Если агрегат размещается в контейнере, перед хранением или транспортировкой необходимо полностью опорожнить агрегат (опасность замерзания) и зафиксировать для защиты от смещения.

1□3 Упругие опоры

В стандартном исполнении в качестве эластичных опор агрегатов применяются стальные пружинные элементы. Эти элементы оснащены механизмом нивелирования. Под основанием опорного элемента находится резиновая пластина, которая устанавливается непосредственно на фундамент. При этом следует убедиться в том, что поверхность фундамента очищена от жира, смазки, топлива и прочих загрязнений. Поверхность фундамента должна обладать ровностью ± 2 мм и стандартной шероховатостью для бетонных фундамента. Не разрешается покрывать фундамент плиткой.

Винтовое или шпоночное соединение пружинных элементов с фундаментом не требуется. Однако для закрепления агрегата на фундаменте можно привинтить (соединить шпонками) 4 опорных элемента по углам агрегата или, при размещении в контейнере, зафиксировать с помощью стальных стопоров.

Количество и расположение пружинных элементов указаны на чертеже агрегата для конкретного заказа, где также приводятся указания по монтажу и выравниванию используемых стальных пружин.

В сейсмоопасных регионах предъявляются особые требования к опорам агрегатов. Здесь необходимо шпоночное соединение опор с фундаментом. Параметры соединения необходимо рассчитать с учетом строительной статике.

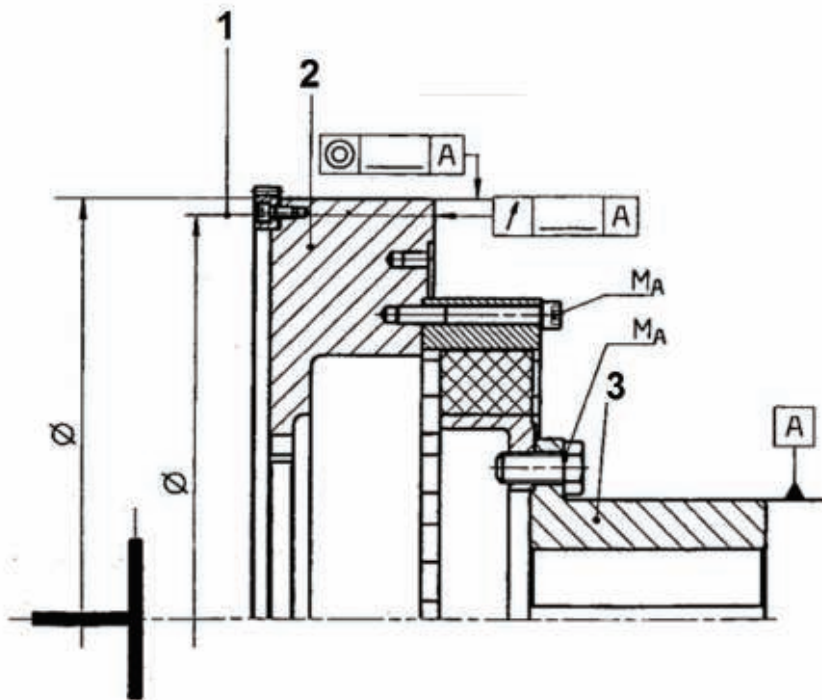
Если агрегат размещается в контейнере, перед транспортировкой необходимо установить транспортировочные фиксаторы между опорной рамой и фундаментными плитами в днище контейнера. Эти фиксаторы предотвращают движение агрегата на стальных пружинных элементах. Перед вводом агрегата в эксплуатацию следует снять транспортировочные фиксаторы.

1□□ Крутильно-упругая муфта

После выравнивания агрегата на фундаменте необходимо проверить вращение муфты без торцевого и радиального биения. Проверка проводится с помощью индикаторов часового типа. Общий принцип размещения индикаторов часового типа показан на рис. 19.1. Размеры и допуски на размещение и моменты затяжки винтов приводятся в чертеже агрегата для конкретного заказа.

Для коррекции выравнивания следует переместить генератор или подложить листовые подкладки под опору генератора.

Рис. 19.1 Размещение индикаторов часового типа



- 1 Базовый размер для проверки вращения без радиального биения
- 2 Маховик
- 3 Муфта

1 □ □ Резиновые компенсаторы и шланги

Компенсаторы и шланги предназначены для эластичного разделения трубопроводов для передачи рабочих сред на установке и агрегата на упругих опорах. Кроме того, компенсаторы и шланги служат для изоляции корпусного шума, передаваемого через трубопроводы на конструкцию здания.

В трубопроводах установки необходимо также предусмотреть компенсаторы и шланги для компенсации теплового расширения. Количество встраиваемых компенсаторов зависит от размещения трубопроводов и значения теплового расширения вследствие теплообмена передаваемой среды в трубопроводе.

Указание:

Перед монтажом компенсаторов и шлангов необходимо выровнять агрегат на фундаменте согласно указаниям в разделе 19.2 «Упругие опоры». Подключаемые со стороны установки трубопроводы не должны содержать воды или смазочного масла. После заполнения водой или смазочным маслом происходит упругий прогиб агрегата со стороны двигателя всего на 1 - 2 мм. При необходимости можно провести дополнительную юстировку упругих опорных элементов путем регулировки их высоты.

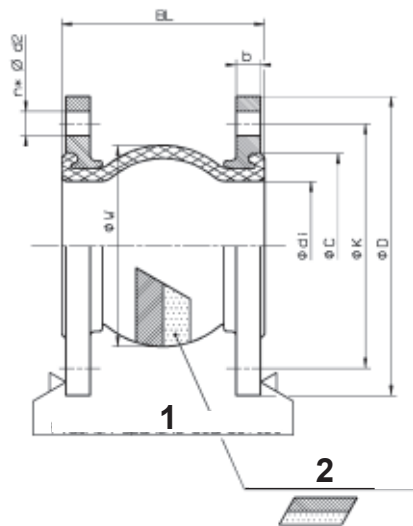
В таблицах 19.1 и 19.2 приводятся размеры фланцевых соединений и характеристики компенсаторов.

Таб. 19.1 Компенсаторы с фланцами согласно DIN 2501

		Размеры фланцев согл. □□ □□□1 □□						Сильфон				Подвижность				Компенсатор
DN	Труба согл. DIN 2448	PN	ØD	ØK	nxØd2	b	BL	Ødi	Эфф. попер. сеч. сильфона	Уплотн. поверхн.	Ø складок без давл.	Сжатие	Растяжение	Продольная ±	Угловая	Вес
32	42,4 x 2,6	16	150	100	4 x Ø18	16	125	35	28	75	74	30	10	10	25	4,4
40	48,3 x 2,6	16	150	110	4 x Ø18	16	125	35	28	75	74	30	10	10	25	4,4
50	60,3 x 2,9	16	165	125	4 x Ø18	16	125	43	40	85	86	30	10	10	25	4,5
65	76,1 x 2,9	16	185	145	4 x Ø18	16	125	64	68	104	110	30	10	10	25	4,9
80	88,9 x 3,2	16	200	160	8 x Ø18	18	150	73	108	117	137	40	10	10	20	5,9
100	114,3 x 3,6	16	220	180	8 x Ø18	18	150	88	124	136	146	40	10	10	15	7,2
125	139,7 x 4	16	250	210	8 x Ø18	18	150	115	187	164	175	40	10	10	15	9,1
150	168,3 x 4,5	16	285	240	8 x Ø22	18	150	145	245	190	198	40	10	10	12	10,9
175	193,7 x 5,4	16	315	270	8 x Ø22	18	150	167	320	215	225	40	10	10	10	15,7
200	219,1 x 5,9	16	340	295	8 x Ø22	20	175	194	425	265	260	45	15	15	8	19,8

*1) Контрфланцы согласно DIN 2633 с PN16 с винтами и самостопорящимися шестигранными гайками согласно DIN 985, однако без уплотнителей, заказываются отдельно
 Для DN 200 контрфланцы согласно DIN 2632 с PN10
 См. контрфланцы для компенсатора Stenflex, тип AS-a, компл. 1214 0948 UE 0112-38
 Компенсатор Stenflex AS-a, компл. 0311 2808 UC 0999-38
 Инструкция по монтажу № 6.000.9.000.242 лист 1-4

Ступени давления					Вакуум при монтажной длине ≤ BL
Температурная нагрузка до	°C	+ 50	+ 100	+ 110	
Макс. допуст. раб. давление *)	бар	16	10	6	Здесь требуются особые меры, которые выясняются по запросу!
Испыт. давление (+20°C)	бар	25	25	25	
Давление разрыва	бар	60	60	60	
*) при ударной нагрузке макс. рабочее давление уменьшается на 30%!					



- 1 Поверхности обработаны
режущим инструментом
- 2 Заводская табличка
красный/синий

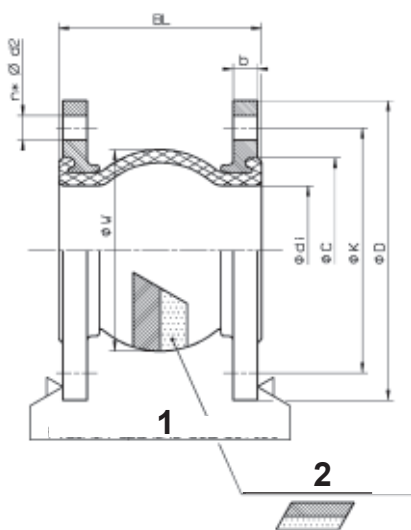
При наложении движений следует запросить значения у производителя.

Таб. 19.2 Компенсаторы с фланцами согласно VG 85356

		Размеры фланцев аналогично VG 85356 часть 1							Сильфон			Подвижность				Компенсатор
DN	Наруж. Ø трубы	PN	ØD	ØK	nxØd2	b	BL	Ødi	Эфф. попер. сеч. сильфона а	Уплотн. поверхн.	Ø склада без давл.	Сжатие	Растяжение	Продольная ±	Угловая	Вес
[мм]	[бар]	[мм]							см ²	[мм]				[°]	[кг]	
40	42	25	108	84	6 x Ø11	16	125	34	28	73	74	30	10	10	25	4,4
50	50	25	120	96	6 x Ø11	16	125	43	40	85	88	30	10	10	25	4,5
65	60	25	140	116	8 x Ø11	16	125	63	68	104	112	30	10	10	25	4,9
80	80	25	150	126	8 x Ø11	18	150	75	108	117	139	40	10	10	20	5,9
100	100	25	172	148	10 x Ø11	18	150	95	124	136	148	40	10	10	15	7,2
125	120	10	200	176	10 x Ø11	18	150	120	187	165	178	40	10	10	15	9,1
150	159	10	226	202	12 x Ø11	18	150	145	245	190	202	40	10	10	12	10,9

Ступени давления					Вакуум при монтажной длине ≤ BL
Температурная нагрузка до	°C	+ 50	+ 100	+ 110	
Макс. допуст. раб. давление *)	бар	16	10	6	
Испыт. давление (+20°C)	бар	25	25	25	
Давление разрыва	бар	60	60	60	

*) при ударной нагрузке макс. рабочее давление уменьшается на 30%!



- 1 Поверхности обработаны режущим инструментом
- 2 Заводская табличка красный/синий

При наложении движений следует запросить значения у производителя.

Для обеспечения правильного монтажа необходимо учитывать следующее:

19.5.1 Резиновые компенсаторы

Указания по монтажу резиновых компенсаторов Stenflex, тип AS-1

19.5.1.1 Хранение

Резиновые компенсаторы необходимо хранить в чистом и сухом помещении, защищать от любых повреждений, не перекатывать по сильфону. При хранении и установке вне помещения защищать от интенсивного воздействия солнечных лучей (например, защитными листами).

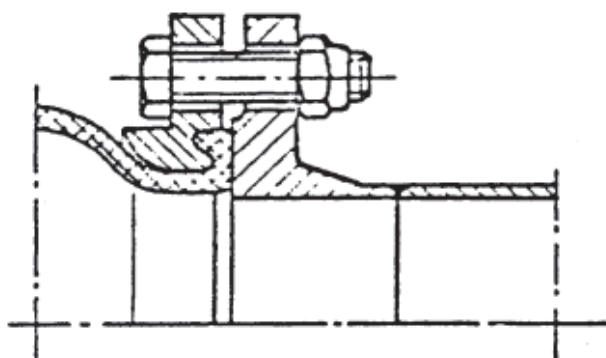
19.5.1.2 Размещение и монтаж

Компенсатор размещается таким образом, чтобы обеспечить доступ к месту монтажа и возможность контроля.

Перед началом монтажа следует проверить выемку и затем вставить в нее компенсатор путем его сжатия и с соблюдением требуемой монтажной длины.

Перед установкой компенсатора следует проверить консистенцию и свойства резинового сильфона, т.к. повышенная температура при хранении сильфона может привести к повышенной хрупкости.

Рис. 19.2



Фланец с гладкой уплотняющей поверхностью до внутреннего диаметра

Чем выше рабочая температура внутри компенсатора, тем быстрее происходит старение эластомера; в результате эластомер затвердевает, а в резине образуются трещины.

Если на внешней поверхности компенсатора наблюдаются глубокие трещины, из соображений безопасности следует заменить этот компенсатор.

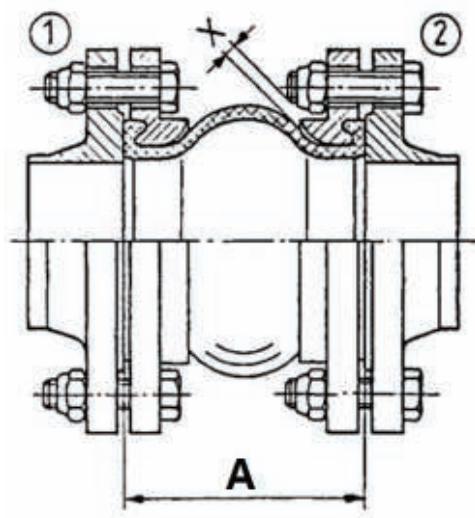
Монтаж компенсатора выполняется с защитой от кручения и с учетом максимальной допустимой подвижности (превышение допустимых значений не разрешается также в рабочем состоянии). На компенсатор должны воздействовать преимущественно нагрузки сжатия.

Также следует учитывать воздействие внешнего теплового излучения. Отверстия фланцев должны быть соосными.

При использовании приварных фланцев DIN и отбортованных фланцев VG не требуются дополнительные уплотнители, т.к. резиновый валик обеспечивает уплотнение. Запрещается использовать другие конструкции фланцев, т.к. это может привести к повреждению резинового валика.

19.5.1.3 Монтаж

Рис. 19.3



A = габаритная длина =
монтажная длина

Компенсаторы устанавливаются с помощью стандартных винтов с шестигранной головкой и самоподтягивающихся шестигранных гаек согласно DIN 985.

В качестве контрфланцев применяются исключительно приварные фланцы DIN или отбортованные фланцы VG.

При этом следует предусмотреть гайки со стороны контрфланцев, способ монтажа (1). Если это невозможно, следует выбрать длину винтов таким образом, чтобы размер X составлял не менее 15 мм, способ монтажа (2). (см. рис. 19.3)

Рекомендуется способ монтажа (1).

Винты затягиваются несколько раз равномерно в перекрестном порядке; при необходимости следует подтянуть винты после ввода в эксплуатацию. Избыточная затяжка может привести к повреждению резинового валика.

Чтобы не допустить повреждения резинового сильфона инструментами, следует со стороны сильфона держать гаечный ключ, а со стороны контрфланца поворачивать гаечный ключ.

Чтобы не повредить резиновую уплотнительную пластину вследствие слишком сильной затяжки фланцев, следует учитывать моменты затяжки согласно таблице 19.3.

Таб. 19.3 Моменты затяжки резиновых компенсаторов

Номин. диаметр DN	Момент затяжки [Нм]
40	10
50	10
65	10
80	10
100	10
125	15
150	15

В таблице указаны моменты затяжки для новых компенсаторов. При необходимости допускается превышение этих значений на 50%.

После 24 часов эксплуатации следует подтянуть винты, чтобы компенсировать усадку.

Необходимо учитывать указания по монтажу от поставщика компенсаторов.

19.5.1.4 Размещение креплений труб

При монтаже компенсаторов следует всегда устанавливать держатели или направляющие труб до и после компенсатора.

Если компенсаторы используются только для развязки колебаний (например, компенсаторы на агрегате с упругими опорами), до и после компенсатора следует установить неподвижные крепления. Компенсаторы, служащие для восприятия тепловых расширений трубопровода, как правило, с одной стороны имеют неподвижное крепление в виде держателя трубы, а с другой стороны - подвижное крепление в виде направляющей трубы. В зависимости от условий монтажа можно устанавливать подвижные крепления с обеих сторон. Расстояние от неподвижного или подвижного крепления до компенсатора не должно превышать 3 x DN.

См. раздел 20.5 «Держатели и опоры трубопроводов».

19.5.1.5 Защитные меры после монтажа

После монтажа следует закрыть компенсаторы, чтобы обеспечить защиту от нагревания в ходе сварки (брызги и грат при сварке) и внешних повреждений. Сильфон компенсатора следует защитить от загрязнений и не наносить на него краску.

19.5.1.6 Нагрузки пониженного давления

Если на компенсатор воздействуют нагрузки вследствие пониженного давления (вакуума), запрещается растягивать его в ходе монтажа. Рекомендуется слегка сжать компенсатор, т.к. это повышает его устойчивость к вакууму. Здесь требуются особые меры, которые выясняются по запросу. Необходимо учитывать указания по монтажу от поставщика компенсаторов.

19.5.2 Шланги

Указания по монтажу резиновых шлангов от DN 8 до DN 40 (огнестойкие)

19.5.2.1 Хранение

Шланги необходимо хранить в чистом и сухом помещении, защищать от любых повреждений. Не волочить шланги по полу или через острые кромки.

Размотать и выпрямить шланг. Если потянуть за один конец смотанного шланга, радиус изгиба шланга опускается ниже допустимого минимального значения и возникают недопустимые нагрузки кручения.

Рис. 19.4



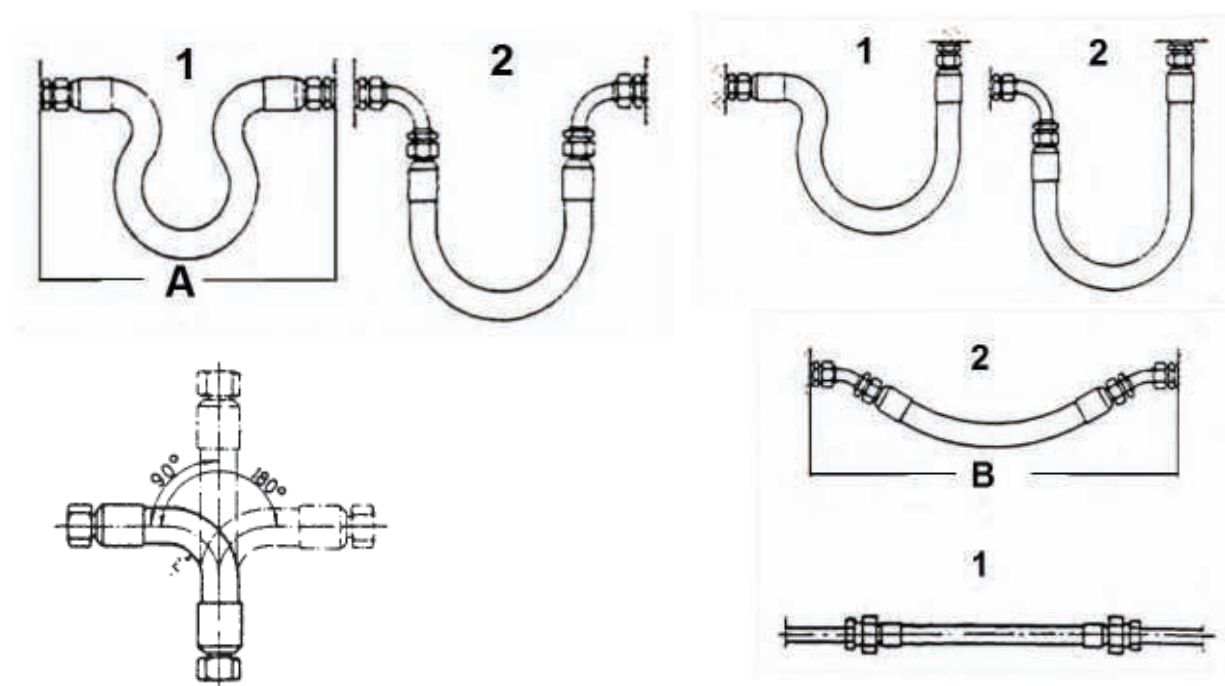
19.5.2.2 Размещение и монтаж

Шланг размещается таким образом, чтобы обеспечить доступ к месту монтажа и возможность контроля.

В ходе эксплуатации следует не допускать контакта шлангов друг с другом и прочими предметами.

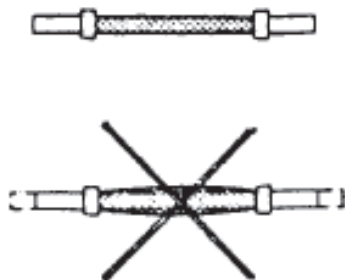
Радиус изгиба должен быть не меньше минимального допустимого значения (табл. 19.4). Избыточный изгиб или растяжение шланга недопустимы.

Рис. 19.5



- | | | | |
|---|-----------|---|-------------------------------|
| 1 | неверно | A | Недостаточная монтажная длина |
| 2 | правильно | B | Достаточная монтажная длина |

Установить шланг без внутреннего напряжения. Аксиальное сжатие не допускается, т.к. при этом оплетка отделяется от шланга и не обеспечивается требуемая прочность при сжатии.



Не изгибать шланги под слишком большим углом и не допускать перегибов. В точках подключения (резьбовые соединители) не должно быть напряжений при перемещении или изгибе. Так называемая нейтральная часть шланга должна иметь достаточные размеры.

При необходимости следует предусмотреть на концах шлангов стандартные угольники, колена или кольцевые резьбовые соединения. При выборе соединителей следует учитывать давление, температуру и вид рабочей среды. В случае движения следует установить шланг таким образом, чтобы ось шланга находилась в одной плоскости с направлением движения и в результате не возникало кручение.

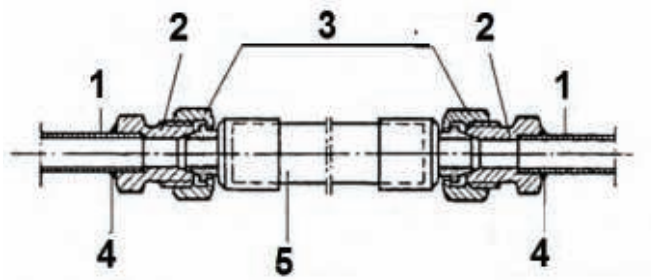
На резьбовых соединителях шлангов имеются припаиваемые штуцеры из So Ms 59 F 50Z (специальная латунь), которые можно снять с соединителей и соединить с соответствующими концами труб с помощью высокотемпературной пайки.

После измерения расстояния между соединяемыми трубами следует сначала припаять штуцер с одной стороны, проверить возможный радиус изгиба шланга и затем припаять штуцер с другой стороны.

Необходимо соблюдать допустимые радиусы изгиба, приведенные в таблице 19.5

Концы соединительных труб необходимо обрезать точно перпендикулярно оси труб.

Рис. 19.6



- | | |
|---|---------------------------|
| 1 | Соединительная труба |
| 2 | Припаяваемый штуцер |
| 3 | Накидная гайка |
| 4 | Высокотемпературная пайка |
| 5 | Шланг |

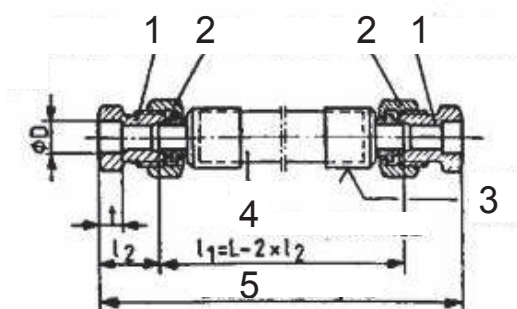
В таблице 19.4 приводятся минимальные радиусы изгиба при жесткой прокладке шлангов.

Если перемещение шланга (при очень малом радиусе изгиба) очень часто повторяется (= непрерывная эксплуатация), рекомендуется выбрать максимально возможный радиус изгиба (например, с помощью шарнирных соединений). Это предотвращает перегибы шланга и повышает его срок службы.

Таб. 19.4

Среда	DN [мм]	L [мм]	□ □ □ [мм] □ □	L2 [мм]	ØD для трубы [мм]	□ [мм]	Номин. давление [бар]		Испыт. давление [бар]	Макс. температура [°C] кратковременно	Обозначение шланга
							нормальное	при приемке			
Дизельное топливо	8	300	75	12,5	10 x 1,0	5	25	10	38	70	□CN□ 2277
	10	300	80	16,5	14 x 1,5	6	25	10	38		
Дизельное топливо, вода, смазочное масло	20	500	130	21,5	25 x 1,5	8	25	10	50	80 (дизель) 90 (вода) 125 (масло)	□LNW□ 2298
	32	700	180	21,5	35 x 2,0	8	25	10	50		
Морская вода	32	700	240	23,5	40 x 2,0	10	22	10	45	80	□LNW□ 2298
	20	500	130	21,5	25 x 1,5	8	25	10	50		
	32	700	180	21,5	35 x 2,0	8	25	10	50		
Смазочное масло, сжатый воздух, вода	8	300	115	12,5	10 x 1,0	5	215	170	510	90 (вода) 100 (воздух) 100/125 (масло)	1□□□ 2432
	10	300	130	16,5	14 x 2,0	6	180	150	435		
	20	500	240	21,5	25 x 2,0	8	105	80	255		
	32	700	350	21,5	35 x 2,0	8	63	60	150		
	40	700	450	23,5	45 x 2,5	10	50	40	120		

*1) r_{min} = минимальный радиус изгиба



- 1 Припаиваемый штуцер
- 2 Накладная гайка
- 3 до DN 60 - обжимная конструкция
более DN 70 - резьбовая конструкция
- 4 Шланг
- 5 Длина для заказа L

На рис. 19.7 представлена диаграмма коэффициента изгиба в зависимости от угла изгиба шланга. На этот коэффициент следует умножить минимальный радиус изгиба, чтобы рассчитать допустимый радиус изгиба для непрерывной эксплуатации.

Рис. 19.7

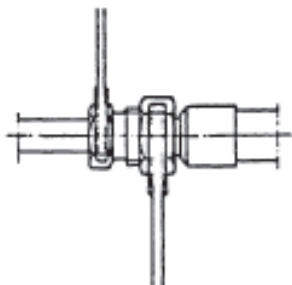


- A Угол изгиба
- B Коэффициент изгиба

19.5.2.3 Монтаж

В ходе монтажа следует затянуть шланг только с одной стороны. С другой стороны сначала выполняется свободное соединение. Пустой шланг следует 2 - 3 раза переместить в нужном направлении движения, чтобы устранить перекосы, и лишь затем затянуть соединение со второй стороны. При монтаже шлангов с резьбовыми соединителями необходимо использовать второй гаечный ключ для фиксации шланга (рис. 19.8).

Рис. 19.8



Подключить шланг без перекручивания.

При наличии поворотных резьбовых соединителей обязательно использовать второй гаечный ключ.

19.5.2.4 Крепления труб

При монтаже шлангов следует всегда устанавливать неподвижные или подвижные крепления до и после шланга. Расстояние от неподвижного или подвижного крепления до шланга не должно превышать $3 \times DN$.

19.5.2.5 Защитные меры после монтажа

После монтажа следует закрыть шланги, чтобы обеспечить защиту от нагревания в ходе сварки (брызги и грат при высокотемпературной пайке) и внешних повреждений. Шланг следует защитить от загрязнений и не наносить на него краску.

19.5.2.6 Приемочное испытание

Шланги обладают огнестойкостью и удовлетворяют требованиям всех систем классификации.

19.5.3 Компенсаторы выхлопной системы

Указания по монтажу аксиальных компенсаторов и

двойных аксиальных компенсаторов для выхлопных систем в стационарных установках

19.5.3.1 Хранение

Аксиальные компенсаторы необходимо хранить в чистом и сухом помещении, защищать от любых повреждений, не перекатывать по сильфону. При транспортировке всегда поднимать компенсаторы.

19.5.3.2 Размещение и монтаж

Компенсатор размещается таким образом, чтобы обеспечить доступ к месту монтажа и возможность контроля.

Перед началом монтажа следует проверить выемку для компенсатора и определить правильную монтажную длину.

С учетом максимальной допустимой подвижности (превышение допустимых значений не разрешается также в рабочем состоянии) следует выполнить монтаж компенсатора таким образом, чтобы в ходе монтажа и эксплуатации на компенсатор не воздействовали нагрузки кручения вследствие неблагоприятных механических напряжений трубы. На компенсатор должны воздействовать преимущественно нагрузки сжатия.

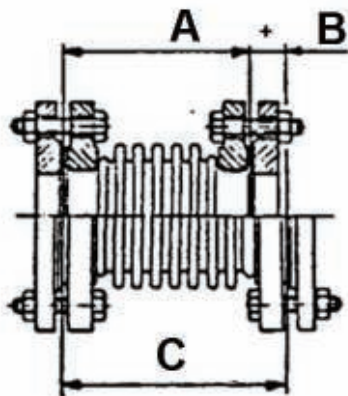
Отверстия фланцев должны быть соосными, уплотнитель необходимо выровнять по центру. Соединяемые трубы также должны находиться на одной прямой.

При указании длины компенсаторов используются различные обозначения.

Габаритная длина - это длина компенсатора, поставляемого от производителя (= поставляемая длина). Габаритная длина указана на заводской табличке компенсатора.

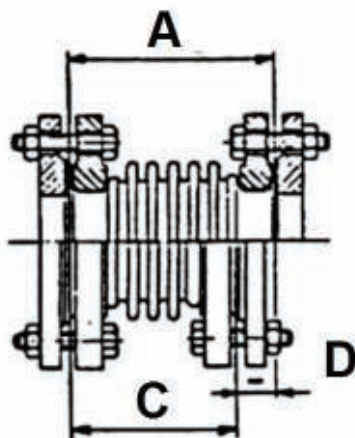
Монтажная длина - это сумма габаритной длины и предварительного напряжения (растяжение + или сжатие -) согласно рис. 19.9 и 19.10.

Рис. 19.9



- A Габаритная длина
- B Растяжение
- C Монтажная длина

Рис. 19.10



- A Габаритная длина
- C Монтажная длина
- D Сжатие

В холодном состоянии монтаж компенсатора выполняется с предварительным напряжением наполовину (растяжение + или сжатие -) в зависимости от способа размещения компенсатора. Это также рекомендуется в том случае, если аксиальное перемещение компенсатора используется неполностью. Например, если общее удлинение составляет всего 30 мм, а компенсатор допускает удлинение 66 мм, рекомендуется напряжение компенсатора ± 15 мм вместо - 30 мм, т.к. это также повышает его срок службы.

19.5.3.2.1 Монтаж на двигателе (турбокомпрессор)

При подключении выхлопных труб к компенсатору со стороны двигателя после турбины ОГ требуется выравнивание. Недостаточное выравнивание компенсатора со стороны двигателя приводит к возникновению недопустимых сил, воздействующих на корпус турбокомпрессора.

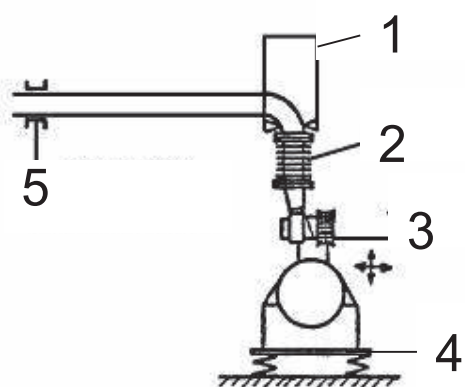
В связи с этим компания MWM составила указания по монтажу в виде чертежей для моделей TCG 2032, TCG 2020 V12 и V16 с турбокомпрессором TPS 52 и модели TCG 2020 V20 с турбокомпрессором TPS 48.

Чертежи с указаниями по монтажу:

- TCG 2020 V20 /TPS 48: 1242 0623 UB
- TCG 2020 V12/V16 / TPS 52: 1242 0619 UB
- TCG 2032 V16: 1228 2504 UB

Двигатель и особенно турбокомпрессор всегда должны быть свободны от напряжений, возникающих вследствие теплового расширения подключенных трубопроводов. В ходе эксплуатации компенсатор должен воспринимать только колебания агрегата с упругими опорами (рис. 19.11). Компенсатор устанавливается на турбокомпрессор таким образом, чтобы после нагревания трубопровода ОГ компенсатор снова приобретал свою габаритную длину без напряжения. Следующее неподвижное крепление трубопровода ОГ размещается непосредственно после компенсатора.

Рис. 19.11 Размещение неподвижного крепления трубопровода ОГ после двигателя



- 1 Неподвижное крепление
- 2 Аксиальный компенсатор
- 3 Турбокомпрессор
- 4 Агрегат с упругими опорами
- 5 Подвижное крепление (направляющая трубы)

19.5.3.2.2 Монтаж на участке трубопровода

Для расчета теплового расширения трубопровода используется эмпирическое правило:

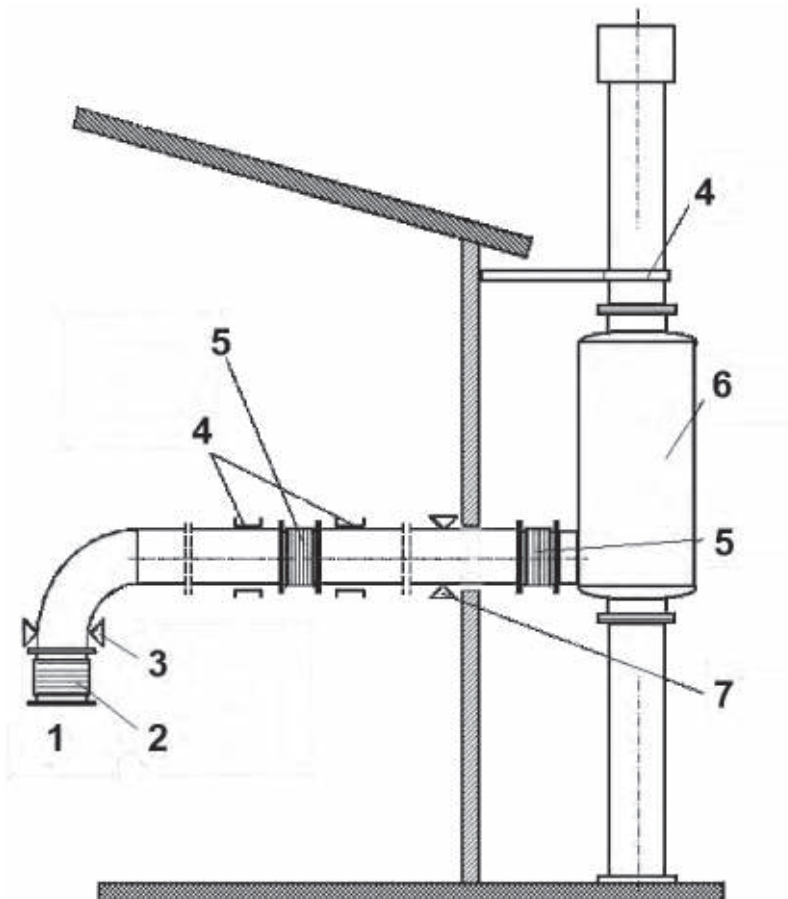
обычная сталь - тепловое расширение ок. 1 мм на 1 метр трубы и 100°C

нержавеющая сталь - тепловое расширение ок. 2 мм на 1 метр трубы и 100°C

Например, для трубы длиной 1 м при температуре 500°C тепловое расширение составляет ок. 5 мм (обычная сталь) или ок. 10 мм (нержавеющая сталь).

Как правило, на участке трубопровода ОГ встраиваются аксиальные компенсаторы для компенсации теплового расширения. Расположение компенсаторов указано на монтажном чертеже для конкретного заказа, при этом следует соблюдать инструкции по монтажу от производителя. В стандартном случае используется схема размещения, представленная на рис. 19.12.

Рис. 19.12 Неподвижные и подвижные крепления и компенсаторы в трубопроводе отработавших газов

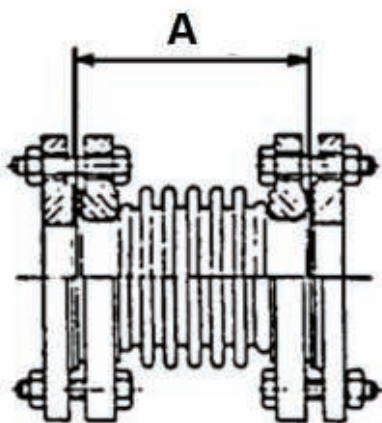


- 1 Двигатель
- 2 Компенсатор после двигателя
- 3 Неподвижное крепление после двигателя
- 4 Подвижное крепление (направляющая трубы)
- 5 Компенсатор
- 6 Глушитель
- 7 Неподвижное крепление

19.5.3.3 Монтаж

Перед началом монтажа внутри и после монтажа снаружи необходимо убедиться в том, что в складках сильфона отсутствуют посторонние предметы (грязь, цемент, изоляционный материал). Компенсаторы устанавливаются с помощью стандартных винтов с шестигранной головкой и гаек. В качестве контрфланцев применяются гладкие или отбортованные фланцы. При этом следует предусмотреть гайки со стороны контрфланцев, см. рис. 19.13.

Рис. 19.13

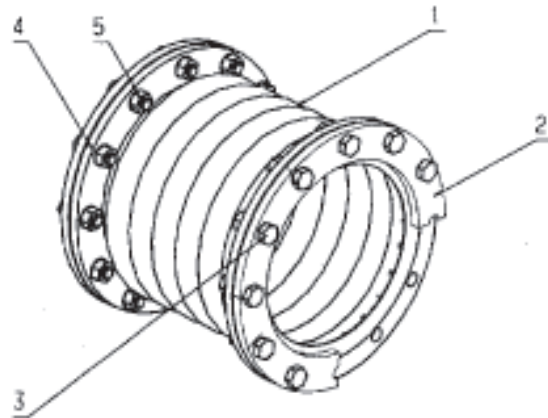
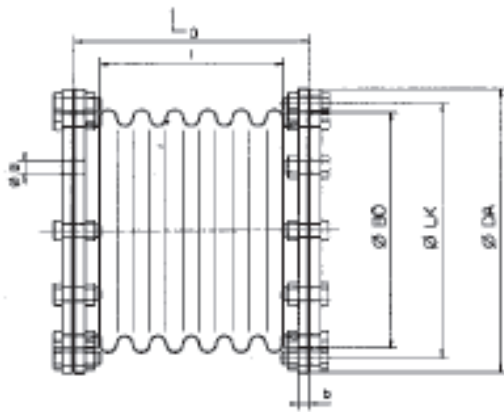


A Габаритная длина

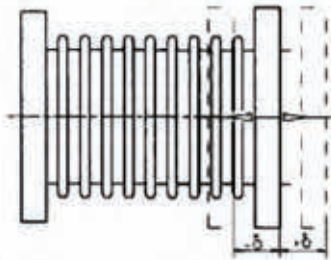
Винты затягиваются несколько раз равномерно в перекрестном порядке; при необходимости следует подтянуть винты после ввода в эксплуатацию.

Чтобы не допустить повреждения резинового сильфона инструментами, следует со стороны сильфона держать гаечный ключ, а со стороны контрфланца поворачивать гаечный ключ. Размеры компенсаторов и фланцев приводятся на рис. 19.14 и в таблице 19.5.

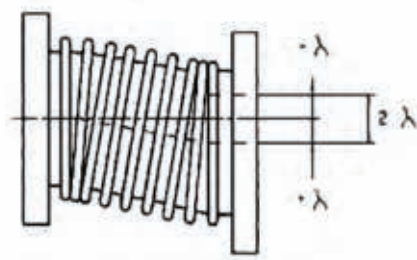
Рис. 19.14



A



B



- A Аксиальное перемещение сильфона
- B Продольное перемещение сильфона

Таб. 19.5

Технические характеристики аксиальных компенсаторов						Фланцы DIN 2501 – PN6							□1 Вес
Номинальный диаметр	Номинальная подвижность для 1000 циклов изменения нагрузки			Габаритная длина без напряжения	Длина складок	Диаметр					Винты		
	Аксиальная	Продольная	Аксиальная/радиальная			Снаружи	Окр. центров отв.	Отвер.	Валик	Толщ. листа	Кол-во	Резьба	
DN	25N мм	2ΔN мм	□ мм	L0 мм	□ мм	D□ мм	LK мм	B мм	B□ мм	b мм	N шт.	- □	□
100	50	6	1,0	118	60	210	170	18	147	14	4	□ 16	5,4
100	80	12	2,5	184	2 x 47								5,9
125	50	7,7	0,2	140	75	240	200	18	178	10	8	□ 16	5
125	200	114	2,0	340	272								6
150	50	6,9	0,2	145	78	265	225	18	202	10	8	□ 16	6
150	200	101,1	2,0	350	286								7
200	50	5,1	0,2	150	73	320	280	18	258	16	8	□ 16	11
200	200	81,2	2,0	370	291								14
250	50	3,6	0,1	150	65	375	335	18	312	16	12	□ 16	14
250	200	64,5	1,9	370	286								17
300	50	3,3	0,1	150	69	440	395	22	365	16	12	□ 20x2	18
300	200	54,4	1,6	365	285								21
350	50	3,3	0,1	155	74	490	445	22	415	16	12	□ 20x2	24
350	200	48,1	1,4	355	272								28
400	60	4,4	0,1	180	84	540	495	22	465	16	16	□ 20x2	29
400	180	39,2	1,2	365	279								35
450	60	4,1	0,1	185	98	595	550	22	520	16	16	□ 20x2	33
450	180	34,1	1,0	355	272								40
500	60	3,8	0,1	190	100	645	600	22	570	16	20	□ 20x2	36
500	180	30,4	0,9	360	270								44
600	60	2,8	0,1	190	89	755	705	26	670	20	20	□ 24x2	53
600	180	25,2	0,8	370	267								63
700	60	2,6	0,1	200	95	860	810	26	775	20	24	□ 24x2	63
700	180	21,3	0,6	365	262								74
800	60	1,9	0,1	185	79	975	920	30	880	20	24	□ 27x2	77
800	180	18,3	0,5	365	257								90

*1) Без контрфланца, винтов и гаек

Указанные значения действительны при комнатной температуре; в ходе эксплуатации ожидаются меньшие значения.

При температуре до 300°C можно пренебречь отклонениями.

Значения коррекции $K_{\Delta T}$ для более высоких температур см. в таблице 19.6.

Сумма всех относительных нагрузок не должна превышать 100% температурного коэффициента $K_{\Delta T}$.

При наложении теплового расширения и колебаний необходимо по отдельности учитывать путь и амплитуду согласно следующей формуле:

$$\left(\frac{2\delta_{axial,Auslegung}}{2\delta_{axial,Nenn}} \right) + \left(\frac{2\lambda_{lateral,Auslegung}}{2\lambda_{lateral,Nenn}} \right) + \left(\frac{\hat{a}_{Auslegung}}{\hat{a}_{Nenn}} \right) \leq K_{\Delta\vartheta} \cdot 100\%$$

Nenn: номинальное значение из таблицы 19.5

Auslegung: макс. подвижность в ходе эксплуатации

Компенсатор, состоящий из многостеночного сильфона 1.4541 (X6 CrNiTi 18 9) и отбортованного фланца RST 37-2, предназначен для работы при температуре до 550°C.

Компенсатор полностью поглощает только **одно** из указанных движений. Рабочее давление не должно превышать 1 бар (PN1).

Монтажная длина (габаритная длина + предварительное напряжение) зависит от общего расширения со стороны установки.

Габаритная длина L_0 соответствует длине в нейтральном состоянии.

Табл. 19.6 Влияние температуры на амплитуду движения¹

ϑ	°C	100	200	300	400	500	600
$K\Delta\vartheta$	--	1	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7
Материал	1.4541						

19.5.3.4 Размещение креплений труб в трубопроводе отработавших газов

При монтаже компенсаторов следует всегда устанавливать крепления труб до и после компенсатора, чтобы предотвратить боковой изгиб трубопровода. В зависимости от условий монтажа применяются неподвижные или подвижные крепления труб. Расстояние от неподвижного или подвижного крепления до компенсатора не должно превышать 3 x DN трубопровода.

Неподвижные крепления должны быть действительно неподвижными. Упругость неподвижного крепления не должна допускать перемещения трубопровода на несколько миллиметров перед тем, как крепление станет действительно неподвижным.

Подвижные крепления (направляющие труб) представляют собой трубные хомуты, которые охватывают трубу и пропускают ее без напряжения. Во избежание высокого сопротивления трению

¹ компания Witzmann, «Компенсаторы», стр. 99, 1990 г.

необходимо предотвратить возможное загрязнение или засорение пространства между направляющей и трубой.

Дополнительные крепления труб устанавливаются в зависимости от веса и размера трубопровода.

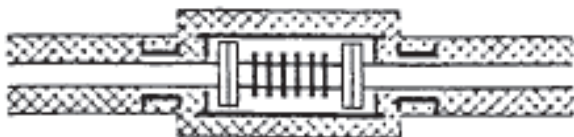
19.5.3.5 Защитные меры после монтажа

После монтажа следует закрыть компенсаторы, чтобы обеспечить защиту от нагревания в ходе сварки (брызги и грат при сварке) и внешних повреждений. Сильфон компенсатора следует защитить от загрязнений и не наносить на него краску.

19.5.3.6 Изоляция

Ввиду большого теплового излучения может понадобиться изоляция компенсаторов, особенно в машинном помещении. Для этого следует установить вокруг компенсатора на небольшом расстоянии скользящую трубную или листовую втулку, чтобы материал изоляции не прилегал непосредственно к поверхности компенсатора (см. рис. 19.16). В противном случае существует опасность попадания материала изоляции в складки сильфона. Для изоляции рекомендуется использовать безасбестовые изоляционные шнуры или изоляционные коврики. Не применять стекловату или кизельгур, т.к. они способствуют пылеобразованию.

Рис. 19.16



19.6 Указания по вводу в эксплуатацию

Перед вводом в эксплуатацию и передачей заказчику необходимо провести тщательную очистку агрегата.

Необходимо учитывать следующее:

проверить настройку упругих опорных элементов;

проверить выравнивание муфт;

проверить правильность монтажа компенсаторов;

компенсаторы в системе охлаждающей воды должны быть установлены без напряжений;

шланги должны иметь заданный радиус изгиба;

компенсаторы в выхлопной системе должны быть установлены с заданным предварительным напряжением;

кабели должны иметь разгрузку от натяжения и заданный радиус изгиба;

воздушные фильтры должны быть очищены от пыли и загрязнений.

Монтаж энергетических установок

Раздел 20

Прокладка трубопроводов

июнь 2012 г.

Содержание

20.	Прокладка трубопроводов	3
20.1	Общие указания по монтажу	3
20.2	Материалы трубопроводов	4
20.3	Указания по сварке и пайке трубопроводов	5
20.3.1	Сварка стальных труб	5
20.3.2	Твердая пайка труб	5
20.4	Разъемные соединения трубопроводов	6
20.4.1	Фланцевые соединения	6
20.4.2	Резьбовые соединения с уплотнением резьбы	6
20.4.3	Резьбовые трубные соединения	6
20.5	Держатели и опоры трубопроводов	7
20.6	Изоляция трубопроводов	7
20.7	Обработка поверхности, окраска	7

20. Прокладка трубопроводов

20.1 Общие указания по монтажу

- После гибки, сварки и перед прокладкой трубопроводы необходимо очистить изнутри: тщательно протравить кислотным раствором, очистить щелочным раствором (сода и т.п.) и промыть горячей водой с нейтральным показателем pH. Затем следует выполнить консервацию труб изнутри.
- При вводе установки в эксплуатацию необходимо тщательно очистить все трубопроводы изнутри от загрязнений, окалины и стружки, чтобы не допустить проникновения посторонних частиц в насосы, клапаны, теплообменники, датчики, двигатели внутреннего сгорания и т.д. Необходимо провести испытание давлением.
- Трубопроводы, диаметр которых не совпадает с разъемами комплектующих (насосы, компрессоры, охладители и т.д.), подключаются с помощью переходников или переходных резьбовых соединителей. Данные о расположении и размерах разъемов на этих аппаратах приводятся на соответствующих чертежах комплектующих.
- При монтаже измерительных приборов (счетчики тепла, газовые счетчики и т.д.) необходимо соблюдать предписания производителя. Это особенно касается расположения и входного и выходного участка.
- В системах, заполненных жидкостью, необходимо предусмотреть сливные и заполняющие устройства в нижних точках. В верхних точках следует предусмотреть воздуховыпускные устройства. В нижних точках встраиваются сливные и заполняющие краны с заглушкой и возможностью подключения шланга. В верхних точках устанавливаются воздуховыпускные краны или устройства автоматического выпуска воздуха.
- В трубопроводах с газообразными средами необходимо предусмотреть сборники конденсата и водоспускные краны в нижних точках. Трубопроводы должны находиться под наклоном относительно сборников конденсата.
- Трубопроводы для подачи свежего масла изготавливаются из медных труб (пайка стыков с помощью серебряного припоя). Также можно использовать холоднотянутые стальные трубы ERMETO (трубные соединения выполняются только посредством специальных резьбовых соединителей, сварка запрещается!). После прокладки трубопроводов для подачи свежего масла необходимо тщательно промыть их свежим маслом.
- Медные и стальные трубопроводы для подачи свежего масла также могут обжиматься маслостойкими фитингами. Не разрешается применять стандартные фитинги для сантехники, т.к. в них уплотнители изготавливаются не из маслостойких материалов.

20.2 Материалы трубопроводов

В таблице 20.1 перечислены материалы трубопроводов, используемых для передачи различных сред:

Таб. 20.1:

Среда	Разделение	Материал трубопровода
дистиллянтное топливо		сталь, медь
смешанное топливо		сталь
природный газ, рудничный газ		сталь, оцинкованная сталь, между участком регулирования газа и двигателем - сталь или нержавеющая сталь; эти трубопроводы должны быть абсолютно чистыми.
биогаз, очистной газ, свалочный газ, нефтяной газ		всегда нержавеющая сталь
вода	контур двигателя, контур охлаждения смеси, контур наддувочного воздуха, контур нагрева, контур аварийного охлаждения, контур сырой воды	всегда сталь; в зависимости от качества воды может потребоваться материал более высокого качества, например, при применении морской воды в контуре аварийного охлаждения и контуре сырой воды
смазочное масло, горячее циркулирующее моторное масло		нержавеющая сталь
свежее масло, отработанное масло		сталь, медь, нержавеющая сталь
сжатый воздух	пусковые линии	нержавеющая сталь
	заправочные линии	сталь
	линии управляющего воздуха (низкое давление)	сталь, медь
Отработавший газ	работа на основе природного газа, рудничного газа	перед теплообменником ОГ и внутри помещений: жаростойкая сталь (например, 15 Mo 3) после теплообменника ОГ и вне помещений: нержавеющая сталь
	работа на основе биогаза, очистного газа, свалочного газа, нефтяного газа	нержавеющая сталь (например, 1..4571)
	перед катализатором	всегда нержавеющая сталь 1.4571
конденсат	при наличии кислотных веществ	нержавеющая сталь
	прочие	сталь, медь, оцинкованная сталь

20.3 Указания по сварке и пайке трубопроводов

Сварные соединения являются однородными составляющими трубопроводов и обеспечивают абсолютную герметичность в ходе эксплуатации. Это наиболее экономичный и распространенный способ соединения труб. Подгонка, точное центрирование концов труб, подготовка сварных кромок и выбранная технология сварки составляют основу качества сварного соединения.

Внимание! При проведении сварочных работ в системе трубопроводов необходимо отсоединить все электрические кабели агрегата и демонтировать стальные компенсаторы.

При электросварке следует разместить электродную массу как можно ближе к точке сварки и обеспечить хороший контакт массы. На время проведения сварочных работ следует закрыть резиновые и стальные компенсаторы, чтобы не допустить их повреждения вследствие попадания искр.

См. также раздел 19.2.

20.3.1 Сварка стальных труб

Необходимо учитывать следующее:

Шероховатость поверхности срезов не должна превышать Rz 100.

Допустимые способы сварки согласно

DIN ISO 857-1: ручная дуговая сварка, сварка в среде инертного газа или дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде инертного газа

DIN EN 439: защитный газ аргон для защиты корней, расход аргона 5-7 л/мин

Подготовка сварного шва согласно

DIN EN ISO 9692-1

Руководство по определению уровней качества в зависимости от дефектов шва

DIN EN ISO 5817 или

Дополнительные сварочные материалы

- ручная дуговая сварка : стержневой электрод DIN EN ISO 2560

- дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде инертного газа: цельный стержень DIN EN 440, DIN EN 439, DIN EN 1668

- сварка в среде инертного газа: проволочный электрод DIN EN 440, DIN EN 439, DIN EN 1668

20.3.2 Твердая пайка труб

Твердая пайка труб выполняется согласно заводскому стандарту MWM H0340.

20.4 Разъемные соединения трубопроводов

20.4.1 Фланцевые соединения

Фланцевые соединения отличаются удобством монтажа и, как правило, применяются для подключения трубопроводов к двигателям, насосам, теплообменникам, резервуарам и т.д. Преимущественно используются фланцы PN10 или PN16 согласно DIN 2501, для сред с повышенным давлением (например, сжатый воздух) - соответственно с повышенным номинальным давлением.

При проведении техобслуживания и ремонта двигателей или компонентов установки зачастую требуется демонтаж трубопроводов, чтобы обеспечить более удобный доступ. Здесь особо рекомендуется применение фланцевых соединений в соответствующих точках.

Материалы уплотнителей фланцев выбираются в зависимости от нагрузки, давления и температуры среды. Во избежание утечек необходимо контролировать фланцевые соединения, поэтому фланцевые соединения следует по возможности размещать в доступных местах, чтобы при необходимости выполнить замену уплотнителя или подтянуть винты. В любом случае необходимо обеспечить визуальный контроль.

20.4.2 Резьбовые соединения с уплотнением резьбы

Как правило, используется трубная резьба Витворта согласно DIN EN 10226 для соединений с цилиндрической внутренней резьбой на арматуре, фитингах и пр. и с конической наружной резьбой на трубах с резьбой. Для повышения герметичности следует перед вкручиванием обернуть резьбу пенькой с уплотняющей замазкой или уплотнительными полимерными лентами.

В трубопроводах для передачи смазочного масла, топлива и газа следует использовать уплотнительную полимерную ленту.

20.4.3 Резьбовые трубные соединения

Для обеспечения герметичности при резьбовом соединении труб используется прогрессивное кольцо, с помощью которого создается соединение с геометрическим замыканием и защитой от утечек.

В этих трубопроводах разрешается применять только прецизионные стальные трубы, преимущественно с наружным диаметром 6 - 38 мм. В зависимости от толщины стенок и наружного диаметра труб требуются усилительные втулки.

При установке прогрессивного кольца необходимо соблюдать максимальную тщательность.

20.5 Держатели и опоры трубопроводов

Трубопроводы закрепляются на кронштейнах или стенах с помощью хомутов, круглых стальных скоб и т.д. В горизонтальных трубопроводах расстояние между опорами выбирается в соответствии с диаметром трубопровода. В трубопроводах, подверженных расширению вследствие высокой температуры среды, используются неподвижные и подвижные опоры, которые подбираются в зависимости от конкретных условий. При необходимости следует обеспечить изоляцию корпусного шума.

20.6 Изоляция трубопроводов

В зависимости от температуры передаваемой среды необходимо предусмотреть теплоизоляцию трубопроводов для защиты от прикосновения. Толщина изоляция выбирается таким образом, чтобы температура на поверхности изоляции не превышала 60°C. Защиту от прикосновения можно также обеспечить другими способами, например, путем установки перфорированных листов или колючей проволоки перед объектом.

20.7 Обработка поверхности, окраска

Все трубопроводы, кроме трубопроводов из нержавеющей стали, подлежат окраске. Для этого следует тщательно очистить трубы и нанести грунтовое покрытие, толщина сухого слоя ок. 30 мкм. Затем следует нанести покровный лак, толщина слоя ок. 40 мкм.

Если особые указания по окраске отсутствуют, следует выбрать цвета согласно DIN 2403. В этом стандарте определены цвета трубопроводов в зависимости от передаваемой среды.

На трубы с теплоизоляцией наносится только грунтовое покрытие.

На стальные трубы для отработавших газов необходимо нанести жаростойкое покрытие. Для этого берется термостойкий силикат цинка, по возможности 2 слоя, толщина каждого сухого слоя 40 мкм.

Монтаж энергетических установок

Раздел 21

Безопасность труда, предотвращение несчастных случаев, защита окружающей среды

июнь 2012 г.

Содержание

21.	Безопасность труда, предотвращение несчастных случаев, защита окружающей среды	3
21.1	Строительные леса, платформы, лестницы	3
21.2	Защита от шума	3
21.3	Противопожарная защита, план эвакуации	3
21.4	Защита от прикосновения	4
21.5	Устройства аварийного останова	4
21.6	Хранение и утилизация опасных веществ	4
21.7	Меры безопасности от поражения электрическим током	5
21.8	Предписания по предотвращению несчастных случаев при работе с электрическими установками	5
21.9	Анализ рисков	6

21. Безопасность труда, предотвращение несчастных случаев, защита окружающей среды

В ходе проектирования, монтажа, эксплуатации и техобслуживания установки с агрегатами двигателей необходимо соблюдать общие правила техники безопасности и предотвращения несчастных случаев.

Безопасность средств труда и установок, подлежащих регулярному контролю, на территории ЕС с 03 октября 2002 года определяется Положением об эксплуатационной безопасности (BetrsichV).

Основополагающие требования по безопасности и охране здоровья при проектировании и изготовлении машинного оборудования установлены Директивой 2006/42/ЕС. Далее особо указывается на некоторые меры.

21.1 Строительные леса, платформы, лестницы

- При монтаже компонентов установок, как правило, проводятся работы на высоте, что требует наличия лесов или платформ. Леса и платформы должны быть оснащены поручнями. Если на леса складываются тяжелые компоненты, должна быть обеспечена их достаточная грузоподъемность.
- Если часто используемая арматура или контрольно-измерительные приборы размещаются на большой высоте, необходимо предусмотреть стационарные платформы для обслуживания.
- Разрешается использовать только лестницы, имеющие допуск TÜV.
- При установке двигателей модельного ряда TCG 2032 заказчик должен обеспечить платформы для техобслуживания двигателей.

21.2 Защита от шума

Уровень шума в машинном помещении во время работы агрегатов двигателей достигает более 100 дБ(А), что при длительном воздействии на людей, находящихся в машинном помещении, в случае отсутствия защиты может привести к повреждению слуха. Поэтому при нахождении в машинном помещении во время работы агрегатов необходимо надевать наушники. На входах в машинное помещение необходимо установить указатели о необходимости ношения средств для защиты органов слуха.

21.3 Противопожарная защита, план эвакуации

- Газообразное и жидкое топливо для агрегатов двигателей, а также используемое в двигателях смазочное масло могут легко воспламениться в атмосфере. Поэтому необходимо не допускать неконтролируемого вытекания топлива. Обтирочные концы, пропитанные маслом или топливом, подлежат немедленной утилизации, т.к. в случае воспламенения они могут стать причиной крупного пожара. В зависимости от требований по

технике безопасности, предъявляемых на данной установке, необходимо предусмотреть стационарные средства пожаротушения с соответствующими устройствами оповещения и срабатывания. Необходимо разместить указатели с информацией о расположении средств пожаротушения (ручные огнетушители, гидранты и т.д.).

- Для путей эвакуации необходимо соблюдать заданную ширину (не менее 600 мм) и высоту (не менее 2000 мм). Необходимо обозначить пути эвакуации на случай пожара в машинном помещении и составить план эвакуации. Это особенно важно, если машинное помещение находится внутри крупного здания.
- Необходимо соблюдать законодательные предписания.

21.4 Защита от прикосновения

Для всех компонентов с подвижными частями (в машинном помещении это, прежде всего, агрегаты двигателей с приводными генераторами, компрессорами и электронасосами) необходимо предусмотреть соответствующие защитные устройства, которые предотвращают прикосновение к вращающимся частям установки. Защитные устройства можно снимать только для проведения работ по техобслуживанию и ремонту. В этом случае необходимо отсоединить оборудование от пусковых устройств таким образом, чтобы исключить возможность случайного запуска оборудования.

При эксплуатации агрегатов в линиях передачи рабочих сред, особенно в трубопроводах охлаждающей воды и отработавших газов, достигаются высокие температуры, поэтому прямое прикосновение приводит к ожогам. Эти трубопроводы необходимо оснастить теплоизоляцией или надежной защитой от прикосновения.

21.5 Устройства аварийного останова

Наряду с кнопками аварийного отключения на каждом агрегате, в какой-либо легко доступной точке машинного помещения, желательно вблизи эвакуационного выхода, следует разместить защищенный аварийный выключатель для останова установки в экстренной ситуации.

21.6 Хранение и утилизация опасных веществ

Топливо, смазочные масла, средства для очистки охлаждающей воды, электролиты и чистящие средства представляют собой опасные вещества, которые хранятся в крупных баках, бочках и прочих резервуарах в машинном помещении или примыкающих к нему помещениях. Места хранения выбираются таким образом, чтобы в случае повреждения резервуара исключить возможность попадания опасных веществ в систему сточных вод.

21.7 Меры безопасности от поражения электрическим током

Положение VDE 0100 содержит перечень мер для защиты от опасных контактных напряжений.

Здесь различаются:

- **Защита от непосредственного прикосновения**
Активные компоненты электрического оборудования (элементы, находящиеся под напряжением в ходе эксплуатации) необходимо полностью изолировать или за счет их конструкции, расположения или принятия особых мер обеспечить защиту от непосредственного прикосновения.
- **Защита от косвенного прикосновения**
Несмотря на полную исправность оборудования в начале эксплуатации, старение или износ могут привести к нарушениям изоляции, и в результате доступные для прикосновения токопроводящие детали могут воспринимать опасные контактные напряжения (более 50 В).

Работы с активными компонентами электрических установок разрешается проводить только в обесточенном состоянии.

Для создания и поддержания обесточенного состояния необходимо принять 5 мер безопасности:

- отключить;
- заблокировать от повторного включения;
- убедиться в отсутствии напряжения;
- заземлить и закоротить;
- укрыть или оградить соседние части, находящиеся под напряжением.

Только после выполнения всех 5 операций ответственный инспектор выдает разрешение на проведение работ на данном рабочем месте.

По завершении работ необходимо отменить принятые меры безопасности.

Команда на включение оборудования подается только после того, как от всех рабочих участков поступит разрешение на запуск установки, а от всех переключающих устройств поступит сигнал готовности к включению.

21.8 Предписания по предотвращению несчастных случаев при работе с электрическими установками

Необходимо соблюдать правила предотвращения несчастных случаев!

Особенно «Общие предписания» (BGV A1) и «Электрические установки и средства производства» (VBG4). При монтаже силовых установок действует VDE 0100 (до 1 кВ) или VDE 0101 (более 1 кВ), а при эксплуатации - DIN EN 50191 или VDE 0105.

Примечание: К монтажу и эксплуатации электрических установок и высоковольтных установок допускается только обученный персонал. Персонал, отвечающий за ввод в эксплуатацию генераторов среднего напряжения, должен пройти специальное обучение или инструктаж.

21.9 Анализ рисков

Для всех агрегатов MWM был проведен анализ рисков, результаты которого документально подтверждены. В анализе рисков приводится описание и оценка возможных опасностей в ходе монтажа, запуска, эксплуатации и техобслуживания агрегатов. Кроме того, здесь содержится перечень необходимых мер для снижения риска.