

02, февраль 2016

УДК 62-764+66.081+544.723.23

Анализ отказов источников защитного газа с адсорбционной очисткой сжатого воздуха

Калугина О.Г., аспирант

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

*Научный руководитель: Павлихин Г.П., д.т.н, профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

pavlikhin@bmstu.ru

Безопасность практической реализации вида взрывозащиты электрооборудования «Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением» [1] во многом зависит от надежной работы применяемого источника защитного газа [2]. В качестве источника защитного газа здесь должно использоваться устройство (компрессор, воздуходувка, газопровод или баллон со сжатым газом), обеспечивающее безопасную, контролируемую и бесперебойную подачу в оболочку защитного газа [3].

В случае эксплуатации единичных, компактно расположенных оболочек, возникающие при этом задачи, обычно решаются известными организационно-техническими, технологическими и эксплуатационными мероприятиями, на основе применения воздуходувки или баллона со сжатым газом [2,3]. Исключение может составлять лишь специфика их проведения и применения.

Для отдельно расположенных оболочек, по мере увеличения их количества, в качестве общего источника защитного газа оправдано использование автоматизированных устройств на основе применения газопроводов или компрессоров, оснащенных индикацией, сигнализацией и защитой, которые работают в непрерывном автономном режиме [2,3].

Несмотря на то, что загрязнения и классы чистоты сжатого воздуха регламентируются нормативными документами [4], применительно к виду взрывозащиты электрооборудования «Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением» действующими стандартами [3] запрещается применять атмосферный воздух из

магистралей компрессоров общего назначения без предварительной очистки. В этом случае возникают дополнительные задачи обусловленные необходимостью применения средств очистки воздуха, работающих с общим автоматизированным источником защитного газа в едином технологическом цикле. При этом нормативные документы регламентируют эти вопросы лишь в наиболее общем виде [2,3].

В результате разработки, производители и службы эксплуатации подобного рода систем вынуждены, либо использовать свой предшествующий опыт, либо обращаться к опыту специалистов смежных областей. Как следствие, могут возникать ошибки, непосредственно влияющие не только на безотказность работы оборудования, но и на безопасность протекающих процессов.

В полной мере эти проблемы начинают обнаруживаться в случае применения устройств адсорбционной очистки сжатого воздуха, обеспечивающих наибольшее качество защитного газа. Дело в том, что здесь имеют место ошибки, скрытые дефекты и повреждения, выявление которых требует специальных исследований физико-химических процессов, протекающих в реальных эксплуатационных условиях [5,6].

При этом наиболее остро указанные проблемы проявляются в сложных разветвленных системах, взаимодействующих между собой в едином и непрерывном технологическом цикле, когда в работе могут находиться несколько отдельно установленных общих автоматизированных источников защитного газа с адсорбционной очисткой сжатого воздуха.

В результате, для объективной оценки безопасности протекающих процессов, становится крайне необходимым анализ отказов источников защитного газа с адсорбционной очисткой сжатого воздуха.

Поскольку статистическая обработка отказов требует достаточно большого количества экспериментальных данных, проведение исследований непосредственно на источниках защитного газа в реальных системах с видом взрывозащиты типа «р», крайне затруднено и не безопасно. Поэтому для выполнения количественных оценок в качестве объекта экспериментального исследования настоящей работы была выбрана система содержания кабельных линий городских телефонных сетей (ГТС) под избыточным воздушным давлением [7], имеющая аналогичные требования и ограничения.

При этом, в качестве общего автоматизированного источника защитного газа анализировались компрессорно-сигнальные установки (КСУ), предназначенные для адсорбционной осушки воздуха, непрерывной автоматической подачи его под

избыточным давлением в кабели с целью защиты от попадания влаги и контроля их герметичности. Структурные схемы исследованных КСУ представлены на рис.1-4.

Схема установки, представленная на рисунке 1 характерна для аппаратного оформления цикла осушки воздуха с термической регенерацией силикагеля. При этом регенерация силикагеля осуществляется методом прямотока, что не исключает непосредственного поступления капельной влаги в защищаемые объекты.

Схемы установок, представленные на рисунках 2-4 характерны для аппаратного оформления короткоцикловой безнагревной адсорбции, в которой регенерация силикагеля осуществляется без дополнительного подвода теплоты, противотоком осушенным воздухом.

Не зависимо от цикла работы, КСУ включают в себя следующие основные блоки:

I – компрессорная группа

II – блок осушки и автоматики

III – блок распределительных статов

ПВС – пульт выносной сигнализации

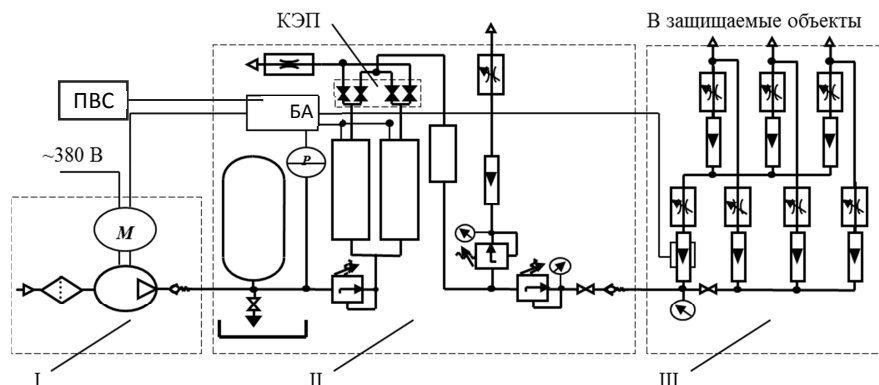


Рис. 1. КСУ с термической регенерацией силикагеля

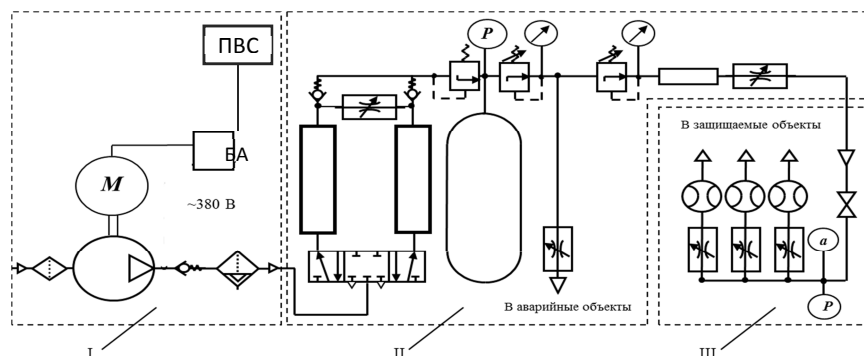


Рис. 2. КСУ с безнагревной регенерацией силикагеля осушенным воздухом в переключающихся адсорберах

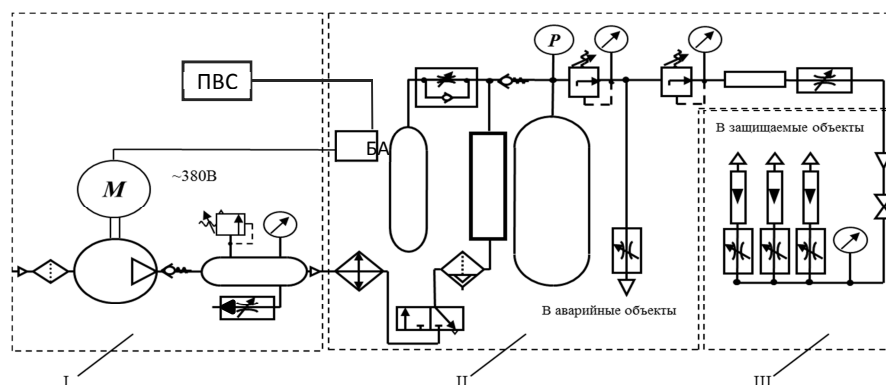


Рис. 3. КСУ с безнагревной регенерацией силикагеля осушенным воздухом из дополнительного ресивера

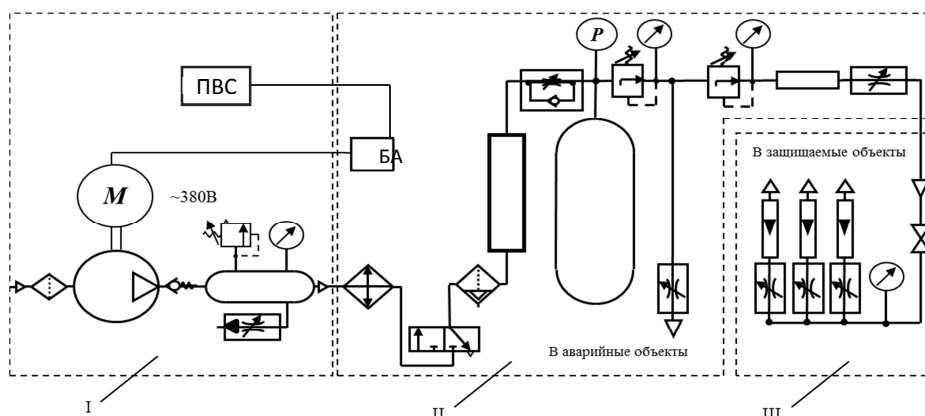


Рис. 4. КСУ с безнагревной регенерацией силикагеля осушенным воздухом из основного ресивера

Согласно [2] источник защитного газа должен содержать входные и выходные трубы, регуляторы давления, клапаны и другие компоненты, причем компоненты системы повышения давления сюда не входят. Аналогичное аппаратное оформление характерно и для основных блоков КСУ, которое проектируется и производится на базе общепромышленных осушителей и пневматических компонентов.

Указанное обстоятельство позволяет при анализе отказов компонентов источников защитного газа использовать в качестве базы сравнения аналогичные величины, характерные для компонентов общепромышленных пневматических систем. В таблице 1 представлена средняя интенсивность отказов базовых компонентов пневматических систем и КСУ.

Таблица 1

Средняя интенсивность отказов базовых компонентов
пневматических систем и КСУ $\lambda \cdot 10^6, \text{ч}^{-1}$

Наименование компонента	В пневматических системах [8]	В единичных КСУ
Клапаны обратные	3-15	4
Клапаны запорные	3-19	3,5
Электропневматические клапаны	0,22-14	3
Дроссели	0,5	1,5
Датчики давления, температуры	3,5	1,5
Регуляторы давления и расхода	2,14	1,5
Элементы пневматические	1,4	1,3
Фильтры	0,01-1,6	1,5
Клапаны предохранительные	0,25-14	0,3
Резервуары для высокого давления	0,18	0,19
Соединения трубопроводов	0,03	0,01

Результаты, представленные в таблице 1 показывают, что величины средней интенсивности отказов базовых компонентов пневматических систем общепромышленного назначения и КСУ являются сопоставимыми и не противоречат друг другу. В тоже время интенсивность отказов КСУ в целом превосходит аналогичные значения для пневматических систем общепромышленного назначения, что указывает на необходимость учета специфических особенностей разработки и эксплуатации источников защитного газа с адсорбционной очисткой сжатого воздуха.

Указанные обстоятельства позволяют сделать вывод, что для выявления причин отказов источников защитного газа, необходимо проведение классификации отказов по другим критериям, в частности по их проявлению на всех стадиях жизненного цикла.

Данные по отказам КСУ в целом представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характер и причины отказов на различных стадиях жизненного цикла

Характер и причины отказов	Доля отказов в общепромышленных пневматических системах [8], %	Средняя доля отказов в единичных КСУ, %	Средняя доля отказов совокупности КСУ, %
<i>Стадия жизненного цикла</i>			
Конструкционные	20	15-20	10-15
Производственные	50	10-15	5-10
Эксплуатационные	30	65-75	75-85
<i>Характер изменений параметров</i>			
Внезапные	40	70-80	80-90
Постепенные	60	20-30	10-20
из них:			
Прогнозируемые	20	10-20	5-15
Непрогнозируемые	80	80-90	85-95

Полученные результаты свидетельствуют об увеличении доли внезапных, непрогнозируемых отказов в КСУ по сравнению с общепромышленными пневматическими системами. Это позволило сделать вывод, что большинство КСУ в сложных разветвленных системах работают в более жестких эксплуатационных условиях, чем оборудование общепромышленного назначения. При этом в разветвленных системах применение средств контроля и защиты не устраняет вероятность возникновения внезапных непрогнозируемых отказов.

Следует особо отметить, что основная доля внезапных, непрогнозируемых отказов, связанных с поступлением влаги в защищаемые объекты, приходится на работу адсорбционного блока осушки воздуха КСУ. Это прежде всего связано с тем, что в отличие от общепромышленных осушителей, где расходные характеристики устройств изменяются в относительно узком диапазоне, в КСУ, также как и в источниках защитного газа, аналогичные характеристики могут изменяться в очень широком диапазоне (несколько порядков).

Кроме того в подобных устройствах отсутствует гибкая обратная связь между их расходными характеристиками и объемом воздуха, подаваемого на регенерацию. Именно это обстоятельство во многом обуславливает возникновение внезапных, непрогнозируемых отказов источников защитного газа, прежде всего связанных с

влиянием масштабных и субъективных факторов, устранение которых возможно только путем совершенствования циклов работы и конструктивного оформления автоматизированных общих источников защитного газа с адсорбционной очисткой сжатого воздуха. При этом выявление основных параметров, оказывающих непосредственное влияние на физико-химические процессы, протекающие в реальных эксплуатационных условиях, следует отнести к актуальным и практически значимым задачам техносферной безопасности.

Список литературы

- [1]. ГОСТ 12.2.020-76. ССБТ. Электрооборудование взрывозащищенное. Термины и определения. Классификация. Маркировка. Введ. 1980-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1996. 12 с.
- [2]. ГОСТ ИЕС 60079-2-2011 Взрывоопасные среды. Ч. 2. Оборудование с видом взрывозащиты заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением «р». Введ. 2011-11-29. М.: Стандартинформ, 2014. 46 с.
- [3]. ГОСТ 22782.4-78. Электрооборудование взрывозащищенное с видом взрывозащиты «Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением». Технические требования и методы испытаний. Введ. 1980-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1982. 33 с.
- [4]. ГОСТ Р ИСО 8573-1-2005. Сжатый воздух. Ч. 1. Загрязнения и классы чистоты. Введ. 2005-03-11. М.: Стандартинформ, 2005. 12 с.
- [5]. Павлихин Г.П., Львов В.А., Калугина О.Г. Вероятностно-статистическая модель процесса осушки воздуха в установках для содержания оболочек под избыточным давлением // Безопасность в техносфере. 2012. № 6. С. 20-27.
- [6]. Павлихин Г.П., Львов В.А., Калугина О.Г. Оценка влагоемкости силикагеля для обеспечения безопасной эксплуатации пневматических систем // Безопасность в техносфере. 2014. № 6. С. 43-52.
- [7]. Руководство по содержанию кабельных линий городских телефонных сетей под избыточным воздушным давлением. М.: Радио и связь, 1982. 72 с.
- [8]. Сырицын Т.А. Надежность гидро- и пневмоприводов. М.: Машиностроение, 1981. 216с.