

Влияние масштабных и субъективных факторов на работу технических систем обеспечения безопасности технологических процессов с использованием защитного газа

Н.А. Гапонюк, доцент

О.Г. Калугина, аспирант

В.А. Львов, старший преподаватель

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

e-mail: olga_kalugina@mail.ru

Ключевые слова:

безопасность систем содержания объектов под избыточным давлением защитного газа, промышленная чистота защитного газа, адсорбционная осушка воздуха.

Представлена сравнительная оценка средней интенсивности отказов базовых элементов пневматических систем. Рассмотрена структура отказов технических систем обеспечения безопасности технологических процессов с использованием защитного газа. Отмечено определяющее влияние условий эксплуатации систем и параметров промышленной чистоты защитного газа на безопасность технологических процессов. Выявлено, что независимо от уровня сложности системы многие виды ее отказов, обусловленных негативным влиянием масштабных и субъективных факторов, связаны с отсутствием объективного контроля промышленной чистоты защитного газа в его источнике и с неоднозначностью определяющих характеристик, закрепленных в действующих нормативных документах. Установлено, что проектирование, создание и эксплуатация технических систем обеспечения безопасности технологических процессов с использованием защитного газа зачастую ведутся на основе принципов характерных для технологических процессов производства, без учета особенностей работы объектов защиты.

1. Введение

В последние десятилетия ущерб от техногенных аварий становится сопоставимым с ущербом от природных катаклизмов и региональных конфликтов. Решить проблемы техносферной безопасности существующими методами зачастую удается, поэтому при разработке и совершенствовании современных технических систем «человек–машина–среда», обеспечивающих надежность и безопасность технологических процессов (ТС БТП), наряду с традиционными подходами должны применяться новые подходы, в частности учитывающие влияние масштабных и субъективных факторов [1].

Традиционные подходы, позволяющие прогнозировать и предотвращать отказы и аварии в ТС БТП,

развиваясь на основе стандартных инженерных решений, остаются эффективным инструментом при разработке, совершенствовании и анализе хорошо структурированных технических систем, построенных на принципах автоматического управления (САУ), где функции человека сводятся к разработке, изготовлению, обслуживанию, отладке и контролю работы системы. Важно, что само управление здесь осуществляется без участия человека, на базе теории автоматического управления и основных функций САУ, таких как автоматический контроль и измерение, автоматическая сигнализация, автоматическая защита, автоматические пуск и остановка различного оборудования системы, автоматическое регулирование и поддержание заданных режимов ее работы и т.д.

Однако на верхнем уровне сложности современных ТС БТП, созданных на принципах автоматизированного управления (АСУ), в которых САУ обычно выступают лишь в качестве подсистем АСУ, а наличие человека в контуре управления играет важную роль и является принципиальным условием, применение комплексных подходов, основанных на вероятностно-статистических оценках, учитывающих влияние масштабных и субъективных факторов, дает определенные преимущества, особенно в области обеспечения пожарной и промышленной безопасности.

2. Технические системы обеспечения безопасности технологических процессов с использованием защитного газа

ТС БТП с использованием защитного газа могут выступать в качестве самостоятельного вида взрывозащиты технических объектов различного назначения [2]. ТС БТП обеспечивают не только безопасность работы отдельных объектов, особенно во взрывоопасных и потенциально взрывоопасных средах, но и определяют надежность и долговечность функционирования всей защищаемой технологической системы в целом путем увеличения климатостойкости её оборудования [3].

В ряде случаев наряду с обеспечением непрерывного объективного контроля за расходными характеристиками, давлением газовой защитной среды и герметичностью объектов, содержащихся под избыточным давлением, особую роль в ТС БТП с использованием защитного газа играют подсистемы сигнализации и противоаварийной автоматической защиты, а также процессы бесперебойной подачи защитного газа, удовлетворяющего специальным нормируемым требованиям [4]. Для единичных, компактно расположенных объектов ТС БТП возникающие при этом задачи обычно не выходят за рамки САУ и решаются известными организационно-техническими, технологическими и эксплуатационными мероприятиями на основе применения сертифицированного оборудования в составе специальных автоматических установок, обеспечивающих бесперебойную подачу качественного защитного газа [2]. Исключение может составлять лишь специфика их проведения и применения.

Подобные установки можно отнести к классу относительно простых и замкнутых САУ, имеющих в контуре управления сравнительно небольшое число обратных связей и способных находиться лишь в двух состояниях: исправном и неисправном, но их влияние на безопасность функционирования рассматриваемых ТС БТП трудно переоценить. Действительно, при отказе одного из элементов таких САУ и/или выходе одной из определяющих характе-

ристик за пределы нормируемых значений подобные системы либо полностью прекращают выполнять свою функцию с включением соответствующей защиты и сигнализации, либо — при наличии резервирования — продолжают ее выполнять.

Однако при обеспечении надежной и безопасной работы ТС БТП часто остаются не решенными вопросы обоснованного выбора самих определяющих характеристик САУ и установления в контуре управления соответствующих обратных связей, правильного применения методов объективного контроля и регистрации определяющих характеристик САУ, а также определения их нормируемых значений, прежде всего по отношению к параметрам промышленной чистоты защитного газа [2, 4, 5]. Для отдельно расположенных объектов ТС БТП по мере увеличения их количества, протяженности и удаленности друг от друга первостепенными становятся проблемы надежности и безопасности, связанные с ростом влияния масштабных и субъективных факторов. Здесь уже начинают проявляться основные признаки АСУ, когда в условиях большого потока обрабатываемой информации на человека возлагаются функции своевременного принятия наиболее важных решений и ответственности за их последствия. Это обуславливает необходимость применения в составе подобных ТС БТП автоматических установок по производству и подаче защитного газа, работающих в непрерывном автономном режиме, но требующих постоянного контроля и периодического обслуживания. При этом простое тиражирование САУ, пригодных для защиты единичных объектов ТС БТП, как правило, не дает желаемого результата и приводит лишь к необоснованным затратам.

Для обеспечения одновременной защиты нескольких объектов ТС БТП оправдано применение единого автоматического источника защитного газа (АИЗГ), играющего роль самостоятельной подсистемы АСУ, способной выполнять относительно независимые функции, направленные на достижение общей цели ТС БТП [2, 4, 5]. Подобные ТС БТП с использованием защитного газа можно отнести к классу достаточно сложных, многоуровневых и открытых АСУ, испытывающих значительное влияние внешней среды. Такие АСУ могут находиться сразу в нескольких состояниях, обусловленных наличием дефектов, неисправностей, повреждений и частичных отказов составных элементов системы. По сравнению с простыми САУ это предусматривает наличие в контуре управления АСУ существенно большего числа обратных связей, в том числе направленных на компенсацию ошибочных — как непреднамеренных, так и намеренных — действий человека, влекущих негативные последствия для функционирования ТС БТП.

Однако подобные ТС БТП нередко разрабатываются, производятся и эксплуатируются без учета их специфики, лишь на основе экономических критериев и только с использованием принципов организации САУ, которые характерны для АСУ технологических процессов производства. Применительно к ТС БТП эти критерии и принципы часто не только оказываются не эффективными, но и могут привести к значительному ущербу, прежде всего из-за существенного влияния масштабных и субъективных факторов. Причем такие ТС БТП могут постоянно иметь достаточно большое число скрытых дефектов, неисправностей и повреждений АСУ, т.е. фактически иметь множество неконтролируемых функциональных состояний, которые могут привести к появлению скрытых, внезапных и непрогнозируемых отказов объектов защиты.

3. Системы содержания под избыточным газовым давлением кабельных линий местных сетей связи

Характерным примером систем подобного рода могут служить технические системы содержания под избыточным газовым давлением кабельных линий местных сетей связи [4–7], а особенно городских телефонных сетей (ГТС) [8, 9], где наряду с обеспечением требований взрыво- и пожаробезопасности имеется ряд жестких технологических ограничений, обусловленных особенностями их функционирования. Расположенные под землей, в том числе и в потенциально взрывопожароопасных средах, эти технические системы во многом определяют процес-

сы безопасности и жизнеобеспечения городов и населенных пунктов [8–10].

Несмотря на активное внедрение сотовой связи, оптических кабелей и кабелей с гидрофобным заполнением, в настоящее время технические системы по содержанию кабельных линий связи под избыточным газовым давлением по-прежнему остаются одним из наиболее эффективных средств, обеспечивающих сохранность, долговечность, надежность и безопасность их работы [5]. Такие системы не только позволяют дистанционно контролировать герметичность защитных оболочек, а при их повреждении предохраняют сердечник электрокабеля от проникновения влаги и других химических веществ, как следствие, приводящих к аварийным ситуациям, но и обеспечивают возможность определить место повреждения оболочки и устранить его [5, 7], а также восстановить сопротивление изоляции жил электрокабеля [9]. Очевидно, что в подобного рода ТС БТП вопросы надежности работы САУ, жизнеобеспечения, пожарной и промышленной безопасности, а также эффективности и устойчивости функционирования АСУ в целом становятся неразрывно связанными между собой. Упрощенная функциональная схема АСУ содержания кабельных линий ГТС под избыточным газовым давлением представлена на рис. 1.

Данную АСУ можно отнести к классу открытых, многоуровневых, сложных систем управления. Ее нижний уровень включает так называемые компрессорно-сигнальные установки (КСУ), как правило, с адсорбционной осушкой воздуха [4, 5], одновремен-

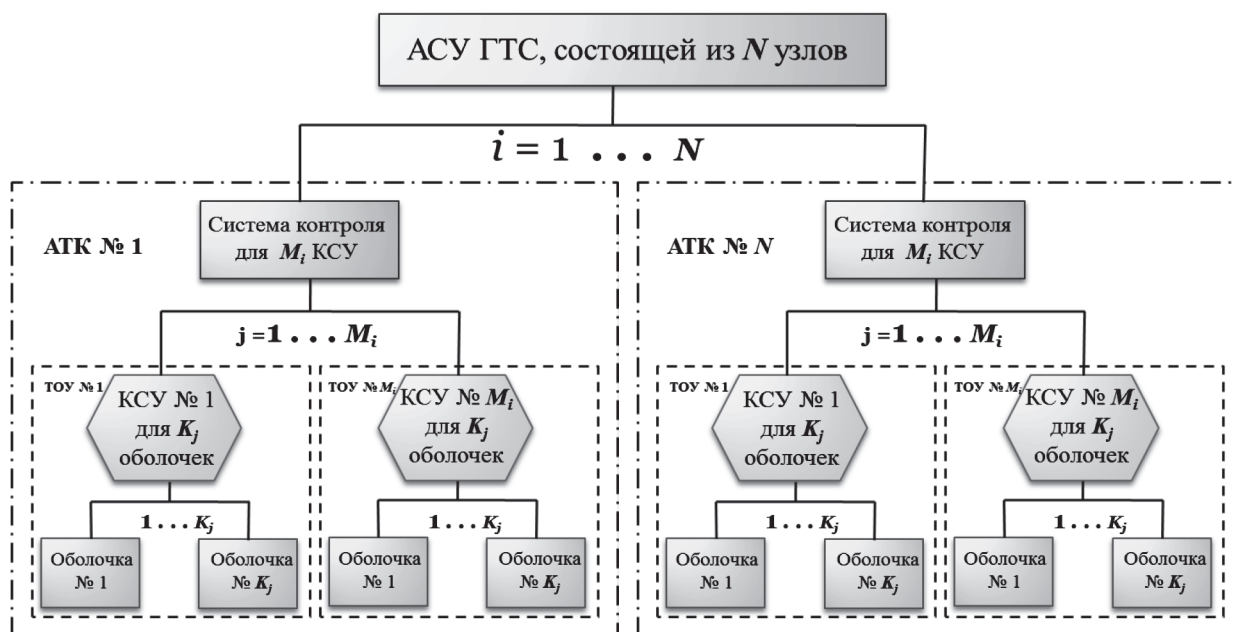


Рис. 1. Упрощенная функциональная схема АСУ содержания кабельных линий ГТС под избыточным газовым давлением

но выполняющие роль как АИЗГ, так и относительно самостоятельной САУ. Они обычно обеспечивают автоматический контроль, выдачу необходимой информации и производят ее первичную обработку. Кроме того, они самостоятельно формируют сигналы управления установкой, а также транслируют аварийные сигналы, поступающие непосредственно из блока управления КСУ, которые необходимы для выявления и устранения отказов и повреждений — как в установке, так и в объектах защиты. Здесь влияние масштабных и субъективных факторов обычно проявляется в виде неправильного прогноза последствий нештатных действий сотрудников, особенно в начале развития аварийных ситуаций, обусловленных внешней средой.

Более высокий уровень рассматриваемой АСУ составляет система контроля за работой нескольких КСУ и защищаемых ими объектов, как правило, в рамках АТС и/или узла связи. С этого уровня единичная КСУ и ее объекты защиты начинают выступать в качестве единого технологического объекта управления (ТОУ), имеющего несколько режимов функционирования — пусковой, нормальный, аварийный, регламентный, ремонтный и т.п. При этом совместно функционирующие ТОУ и АСУ образуют автоматизированный технологический комплекс (АТК) с участием многих людей.

На АТК обычно возлагаются не только функции взаимодействия с операторами, но и анализ и обработка всей поступающей из КСУ информации, включая принятие решений о проведении текущего и аварийного ремонта структурных элементов КСУ и защищаемых объектов. В результате на этом уровне АСУ негативное проявление масштабных и субъективных факторов во многом обусловлено индивиду-

альными эксплуатационными особенностями АТК. Причем отрицательное влияние условий эксплуатации, масштабных и субъективных факторов достигает максимальных значений в рамках ГТС мегаполисов.

Верхний уровень данной открытой АСУ обычно направлен на работу с АТК. Он в качестве подсистемы, как правило, входит в состав единой системы управления и эксплуатации ГТС. На основе полученной информации этот уровень в основном обеспечивает согласованность действий, направленных на достижение бесперебойного функционирования кабельных линий связи, работающих в едином и непрерывном технологическом цикле работы ГТС. Верхний уровень подобных АСУ испытывает большое субъективное и масштабное воздействие внешней среды, поскольку взаимодействует не только с другими системами ГТС, но и с людьми, участвующими в их работе.

Очевидно, что независимо от масштаба ГТС и степени влияния внешней среды, основу таких многоуровневых и открытых АСУ, включая АТК, составляют АИЗГ, т.е. КСУ, поскольку именно их безотказная и безопасная работа во многом определяет эффективность функционирования всех уровней АСУ. На первый взгляд, по уровню надежности работы структурных элементов пневматических систем единичных КСУ эти установки практически ничем не отличаются от элементов САУ пневматических систем общепромышленного назначения (табл. 1). Наиболее слабыми элементами здесь можно считать дроссели, фильтры и резервуары высокого давления, испытывающие циклические нагрузки, поэтому при проектировании и эксплуатации этим элементам необходимо уделять больше внимания.

Данные табл. 2 свидетельствуют об увеличении доли эксплуатационных, а также внезапных и непро-

Таблица 1

Средняя интенсивность отказов структурных элементов пневматических систем общепромышленного назначения и КСУ $\lambda \cdot 10^6, \text{ч}^{-1}$		
Наименование компонента	В пневматических системах [11]	КСУ в составе ТОУ
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

Таблица 2

Осредненное распределение отказов по стадиям жизненного цикла, характеру и причинам возникновения, %			
Характер и причина отказов	Доля отказов в общепромышленных пневматических системах [11]	Средняя доля отказов КСУ в составе ТОУ	Средняя доля отказов КСУ в составе АТК
<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 изменения параметров</i>			
Внезапные	40	70–80	80–90
Постепенные	60	20–30	10–20
<i>из них:</i>			
Прогнозируемые	20	10–20	5–15
Непрогнозируемые	80	80–90	85–95

гнозируемых отказов КСУ в составе ТОУ по сравнению с общепромышленными пневматическими системами.

подавляющее большинство этих отказов обусловлено влиянием масштабных и субъективных факторов, которые связаны с нарушением требований, предъявляемых к промышленной чистоте защитного газа, в частности нормируемой влажности осушенного воздуха, подаваемого в кабельные оболочки [4]. Указанное обстоятельство позволяет сделать вывод, что большинство единичных КСУ в составе ТОУ работают в более жестких эксплуатационных условиях, чем обычные пневматические системы общепромышленного назначения. Доля таких эксплуатационных, внезапных и непрогнозируемых отказов (см. табл. 2) возрастает при работе совокупности КСУ, работающих в едином и непрерывном технологическом цикле АТК, что однозначно указывает на специфичность работы блока адсорбционной осушки воздуха КСУ в эксплуатационных условиях ГТС.

Очевидно, что подобная специфика не только обусловлена особенностями процесса эксплуатации кабельных линий связи, содержащихся под избыточным воздушным давлением, но и во многом определяется функциональными, структурными и производственными ошибками, допущенными исполнителями при разработке и создании КСУ, которые проявляются лишь на стадии их эксплуатации. Указанные обстоятельства заставляют обратиться к детальному анализу характерных отказов КСУ с адсорбционной осушкой воздуха, вызванных влиянием масштабных и субъективных факторов.

4. Компрессорно-сигнальные установки с адсорбционной осушкой воздуха и их характерные отказы

Первоначально для реализации комплекса мероприятий по содержанию кабельных линий связи под избыточным воздушным давлением были созданы КСУ, построенные на групповом принципе непрерывного автоматического обслуживания до 30 или 60 кабельных линий связи (КСУ-М, КСУ-60, КСУ-2М и др.) с передачей аварийных сигналов в пределах здания АТС (рис. 2) [5–7]. В них в качестве защитного газа использовалась газовая смесь, получаемая при адсорбционной осушке и очистке атмосферного воздуха с термической регенерацией сорбента (силикагеля).

Характерно, что расчет и проектирование этих КСУ [7] осуществлялся на базе опыта разработок общепромышленных осушителей пневматических систем различного назначения [12, 13], в первую очередь направленного на решение технологических и экономических задач, связанных с наиболее эффек-

тивным использованием адсорбента. При этом уже на стадии разработки практически не учитывались специфика работы объектов защиты и особенности функционирования таких структурных элементов ГТС БТП, как «среда» и «человек», в том числе и в эксплуатационных условиях ГТС [14, 15].

В результате при отказе отдельных структурных элементов этих типов КСУ или их неправильном обслуживании и (или) эксплуатации постоянно возникал целый ряд опасных технологических ситуаций, обусловленных негативным влиянием масштабных и субъективных факторов. В том числе опасность прямого поступления капельной влаги из КСУ непосредственно в сердечник электрокабелей связи, защищенных герметичной оболочкой, с последующим развитием аварийной ситуации, вплоть до опасности возникновения пожара и (или) выхода из строя нескольких кабельных линий связи.

Термическая регенерация силикагеля в этих типах КСУ осуществлялась путем нагрева адсорбента с помощью электрического нагревательного элемента, расположенного внутри каждого из адсорберов (осушительных камер), с одновременной продувкой влажным воздухом прямогоком. При этом объем воздуха, поступившего на регенерацию, не контролировался, а зависел от фактического диаметра отверстия нерегулируемого дросселя [5, 12], т.е. напрямую определялся субъективными факторами, как на стадии изготовления, так и на стадии эксплуатации КСУ.

Использование количества срабатываний ЭКМ в качестве основы для определения расчетного объема обрабатываемого воздуха в цикле адсорбции этих КСУ не учитывало масштабного фактора, заключающегося в том, что при увеличении количества защищаемых объектов и расходах, близких к максимальной производительности этих установок, различия между расчетным и действительным объемом превышали критические значения, которые не компенсировались коэффициентами запаса. К аналогичным последствиям приводило влияние субъективного фактора, связанного с использованием компрессоров с пониженной производительностью. В результате в конце цикла адсорбции в защищаемые объекты в течение длительного времени начал подаваться воздух с повышенным содержанием влаги. При этом контроль влажности осушенного воздуха в этих КСУ осуществлялся качественным методом с помощью индикаторного силикагеля, который по своей разрешающей способности не может регистрировать развитие постепенного отказа, а способен только зафиксировать наличие аварийной ситуации [16]. Можно сделать вывод, что влияние масштабных и субъективных факторов на рабо-

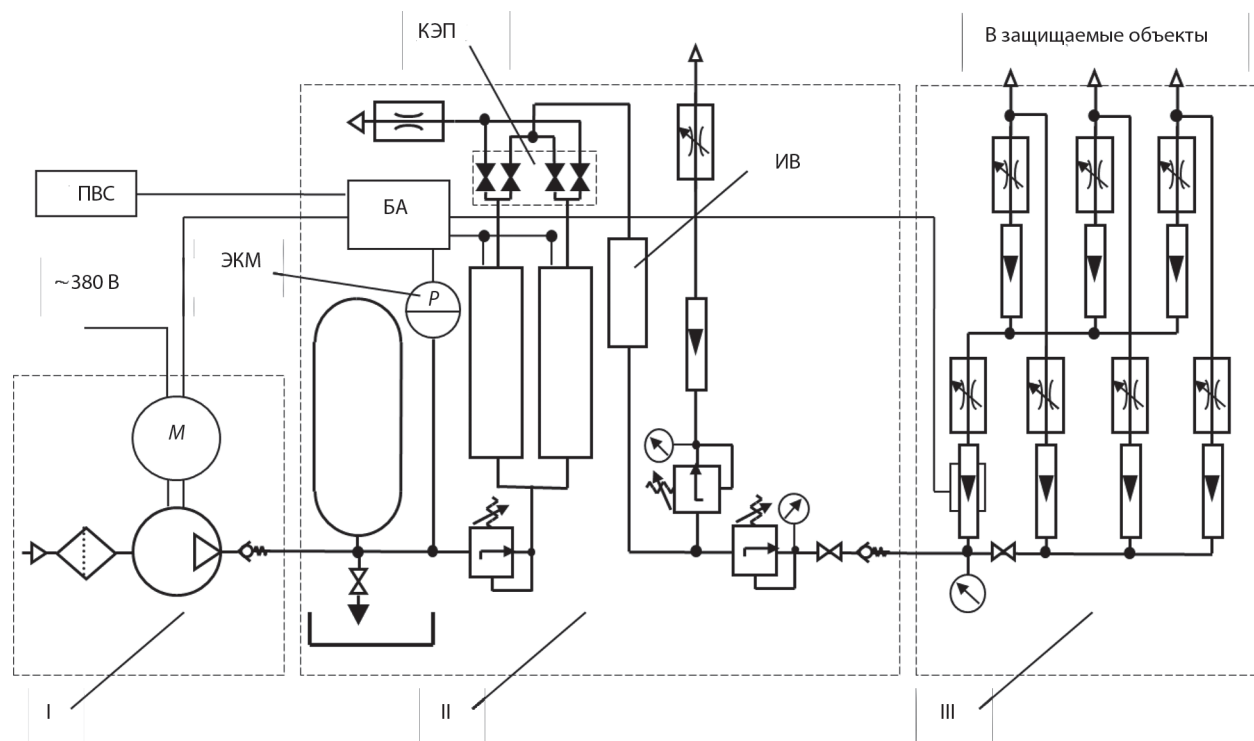


Рис. 2. Структурная схема КСУ с термической регенерацией силикагеля:
I – компрессорная группа, II – блок осушки и автоматики, III – блок распределительных стивов, ПВС – пульт выносной сигнализации, БА – блок автоматики, КЭП – механический командно-электропневматический прибор, ЭКМ – электроконтактный манометр, ИВ – индикатор влажности.

ту КСУ с термической регенерацией сорбента было настолько высоким, что применение установок данного типа в эксплуатационных условиях крупных ГТС оказалось не только не эффективным, но и не безопасным.

Для устранения влияния масштабных и субъективных факторов было проведено дальнейшее усовершенствование КСУ (КСУ БН-60, КСУ БН-120, КСУ БН-240 и др.) [7, 17], которое позволило полностью исключить поступление капельной влаги из этих установок, путем применения короткоцикловой безнагревной адсорбции. При этом производительность установок была увеличена до таких расходов, что они стали обслуживать до 240 и более кабельных линий связи. Однако данные табл. 2 показывают, что это не привело к полному устранению негативного проявления масштабных и субъективных факторов, особенно в эксплуатационных условиях ГТС мегаполисов. Это обусловлено тем, что разработка этих установок по-прежнему проводилась на основе проектирования общепромышленных осушителей без учета специфики работы объектов защиты и особенностей функционирования структурных элементов АСУ ТС БТП.

Следует особо отметить, что основная доля внезапных, непрогнозируемых отказов, связанных с не-

контролируемым поступлением влаги в защищаемые объекты, в этих установках по-прежнему приходится на работу адсорбционного блока осушки воздуха. В отличие от общепромышленных осушителей, где расходные характеристики устройств изменяются в относительно узком диапазоне, в КСУ, как и в источниках защитного газа, аналогичные характеристики могут изменяться в очень широком диапазоне (несколько порядков), что вплоть до настоящего времени не учитывается разработчиками.

В подобных установках отсутствуют автоматическая система контроля влажности воздуха, подаваемого в защищаемые объекты, а также гибкая обратная связь между их расходными характеристиками и объемом воздуха, подаваемого на регенерацию. Более того, в установках подобного типа имеют место скрытые дефекты и повреждения, выявление и предупреждение которых требует специальных исследований физико-химических процессов, протекающих в реальных условиях эксплуатации [18]. Именно эти обстоятельства во многом обуславливают возникновение внезапных, непрогнозируемых отказов ТС БТП с использованием защитного газа, устранить которые можно только путем дальнейшего совершенствования циклов работы АИЗГ с учетом особенностей АСУ ТС БТП.

5. Выводы

1. ТС БТП с использованием защитного газа часто разрабатываются, производятся и эксплуатируются без учета их специфики, лишь на основе экономических критериев и только с использованием принципов организации САУ, которые характерны для АСУ технологических процессов производства, что может привести к значительному ущербу, прежде всего из-за существенного влияния масштабных и субъективных факторов.
2. На нижнем уровне АСУ ТС БТП с использованием защитного газа влияние масштабных и субъективных факторов, обычно проявляется в неправильном прогнозе последствий нештатных действий сотрудников, особенно в начале развития аварийных ситуаций, обусловленных внешней средой.
3. Независимо от масштаба ТС БТП с использованием защитного газа и степени влияния внешней среды основу многоуровневых и открытых АСУ, включая АТК, составляют АИЗГ, поскольку именно их безотказная и безопасная работа во многом

определяет эффективность функционирования всех уровней АСУ.

4. Большинство единичных АИЗГ в составе ТОУ работают в более жестких эксплуатационных условиях, чем обычные пневматические системы общепромышленного назначения, при этом подавляющее большинство отказов ТОУ обусловлено влиянием масштабных и субъективных факторов, в основном связанных с нарушением требований, предъявляемых к промышленной чистоте защитного газа, в частности нормируемой влажности осушенного воздуха, подаваемого в объекты защиты.
5. В отличие от общепромышленных осушителей воздуха, где расходные характеристики устройств изменяются в относительно узком диапазоне, в АИЗГ ТС БТП с использованием защитного газа аналогичные характеристики могут изменяться в очень широком диапазоне (несколько порядков), что вплоть до настоящего времени не учитывается разработчиками этих систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Переездчиков И.В.* Разработка основ анализа опасности промышленных систем «человек-машина-среда» на базе четких и нечетких множеств: автореф. дис. ... докт. техн. наук. М., 2005.
2. ГОСТ ИЕС 60079–2–2011. Взрывоопасные среды. Оборудование с видом взрывозащиты заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением «р». М.: Стандартинформ, 2014.
3. *Карвовский Г.А.* Электрооборудование и окружающая среда. М.: Энергоатомиздат, 1984.
4. РД 45.070-99. Установки компрессорно-сигнальные для местных сетей связи. Общие технические требования. СПб.: ЛОНИИС, 1999.
5. Руководство по содержанию кабельных линий городских телефонных сетей под избыточным воздушным давлением. М.: Радио и связь, 1982.
6. Руководство по строительству линейных сооружений местных сетей связи. Т. 2. М.: ССКТЬ-ТОМАСС, 1995.
7. Руководство по эксплуатации линейно-кабельных сооружений местных сетей связи. М.: УЭС Госкомсвязи России, 1998.
8. *Барон Д.А., Гроднев И.И., Евдокимов В.Н.* Строительство кабельных сооружений связи. М.: Радио и связь, 1988.
9. Jack Price. It's raining in our cables // Outside Plant. June. 1998. P. 44–47.
10. *Белов С.В.* Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность). М.: Юрайт, 2011.
11. *Сырыцын Т.А.* Надежность гидро- и пневмопривода. М.: Машиностроение, 1981.
12. *Кельцев Н.В.* Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984.
13. *Глизманенко Д.Л.* Получение кислорода. М.: Химия, 1972.
14. *Павлихин Г.П., Львов В.А., Бурлаков А.В.* Особенности контроля параметров защитного газа в объектах при содержании их под избыточным давлением // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2004. № 3(14). С. 115–123.
15. *Львов В.А., Никольский В.Ф.* Практическая климатология кабельных линий электросвязи // Вестник связи. 2004. № 4. С. 167–172.
16. *Львов В.А., Никольский В.Ф.* Функциональные возможности индикатора влажности // Вестник связи. 2003. № 11. С. 62–67.
17. *Львов В.А., Никольский В.Ф.* Особенности контроля параметров воздуха, подаваемого в кабельные линии // Вестник связи. 2002. № 11. С. 98–101.
18. *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.

REFERENCES

1. *Pereezdchikov I.V.* *Razrabotka osnov analiza opasnosti promyshlennykh sistem «chelovek-mashina-sreda» na baze chetkikh i nechetkikh mnozhestv. Dokt. Diss.* [Development of bases hazard analysis of industrial systems "man-machine-environment" on the basis of clear and fuzzy sets. Doct. Diss.]. Moscow, 2005.

2. State Standard IEC 60079–2–2011. Explosive atmospheres - Part 2: Equipment protection by pressurized enclosure «p». Moscow, Standartinform Publ., 2014. 46 p. (in Russian)
3. Karvovskij G.A. *Jelektrooborudovanie i okružhajushhaja sreda* [Electrical equipment and environment]. Moscow, Jenergoatomizdat Publ., 1984.
4. Guidance Document 45.070-99. Compressor-signal for local networks. General technical requirements. St. Petersburg, LONIIS Publ., 1999. (in Russian)
5. Instruction of content of cable lines of urban telephone networks under excessive air pressure. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1982. (in Russian)
6. Instruction of the construction of linear structures of local networks. V. 2. Moscow, SSKTB-TOMASS Publ., 1995. (in Russian)
7. Operating Manual of outside plant local networks. Moscow, UJeS Goskomsvjazi Rossii Publ., 1998. (in Russian)
8. Baron D.A., Grodnev I.I., Evdokimov V.N. *Stroitel'stvo kabel'nyh sooruzhenij svjazi: Spravochnik* [Construction of cable communication structures]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1988.
9. Jack P. It's raining in our cables. Outside Plant, 1998, no. June, pp. 44–47.
10. Belov S.V. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti i zashhita okružhajushhej sredy (tehnosfernaja bezopasnost')* [Life safety and environmental protection (technosphere safety)]. Moscow, Jurajt Publ., 2011.
11. Syrytsyn T.A. *Nadezhnost' gidro- i pnevmoprivoda* [Reliability of hydraulic and pneumatic actuator]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1981.
12. Kel'tsev N. V. *Osnovy adsorbtsionnoj tekhniki* [Fundamentals of adsorption technology]. Moscow, Himija Publ., 1984.
13. Glizmanenko D.L. *Poluchenie kisloroda* [Preparation of oxygen]. Moscow, Himija Publ., 1972.
14. Pavlikhin G.P., L'vov V.A., Burlakov A.V. Peculiarities of gas protection parameters in object under overpressure. *Vestnik MGTU im. N.Je. Baumana* [Journal of Bauman Moscow State Technical University], 2004, I. 3, pp. 115–123. (in Russian)
15. L'vov V.A., Nikol'skij V.F. Applied climatology telecommunication cable lines. *Vestnik svjazi* [Journal of communication], 2004, I. 4, pp. 167–172. (in Russian)
16. L'vov V.A., Nikol'skij V.F. The functionality of the moisture indicator. *Vestnik svjazi* [Journal of communication], 2003, I. 11, pp. 62–67. (in Russian)
17. L'vov V.A., Nikol'skij V.F. Features of the control parameters of the air fed into the cable line. *Vestnik svjazi* [Journal of communication], 2002, I. 11, pp. 98–101. (in Russian)
18. Pavlikhin G.P., L'vov V.A., Kalugina O.G. Evaluation of silica gel water capacity for pneumatic systems' safe operation assurance. *Bezopasnost' v tekhnosfere* [Safety in technosphere], 2014, I. 6, pp. 43–52. (in Russian) DOI: 10.12737/6635

Influence of Large-scale and Subjective Factors on Technical Systems Ensuring Safety of Technological Processes Involving Protective Gas

N.A. Gaponuk, Docent, Bauman Moscow State Technical University

O.G. Kalugina, Postgraduate Student, Bauman Moscow State Technical University

V.A. L'vov, Senior Lecturer, Bauman Moscow State Technical University

Comparative assessment of the average failure rate of the basic elements of pneumatic systems has been presented. Structure of technical systems failures to ensure safety of technological processes involving protective gas has been described. Decisive influence of operating conditions and parameters of protective gas industrial purity on safety of technological processes has been revealed. Regardless of the complexity level of the system, the occurrence of many kinds of failure is caused by negative impact of large-scale and subjective factors associated with the absence of objective monitoring of protective gas industrial purity. Design, construction and operation of technical systems ensuring safety of technological processes involving protective gas is often based on principles typical for technological processes, not taking into account the specific features of operation of objects of protection.

Keywords: safety systems for pressurized protective gas, industrial purity of protective gas, adsorption air-drying.

Анонс

Читайте в журнале в 2015 г.

1. Физическое моделирование концентрированных вихревых вихрей (аналитический обзор).
2. Вихревая технология стратификации газов для решения экологических вопросов в нефтегазовых и химических производствах (аналитический обзор).
3. Формирование терминологической системы понятия «безопасность» (в техносфере).
4. Федеральное учебно-методическое объединение "Техносферная безопасность и природообустройство": структура, организация работы и задачи.