НАДЗОР (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

Гриценко В.Б., начальник отдела по надзору за взрывоопасными, взрывопожароопасными и химически опасными объектами Западно-Уральского управления Ростехнадзора

В последнее время при про ведении проверок участились случаи, связанные с нарушением норм промышленной безопасно сти при эксплуатации и обслужи вании воздушных компрессоров.

Нарушаются такие требования:

В инструкциях по эксплуатации воздушных компрессорных уста-новок, воздухоразделительных установок – отсутствие паспортов заводов-изготовителей, в инструк-ции по эксплуатации не включаются требования заводов-изготовителей в части проведения периодических мероприятий по фильтрам, компрес-сорам, воздушным ресиверам и тру-бопроводной системе. Отсутствует в документах порядок проведения профилактических мероприятий, в том числе и обезжиривания. Исполь-зуются растворы и растворители, не указанные в документах заводов-изготовителей, заменяются смазоч-ные композиции без согласования с заводом-изготовителем. Выдержка из ПБПРВ-88 «Правила безопасности при производстве и потреблении про-дуктов разделения воздуха»:

«6.7. Для смазки поршневой груп-пы компрессоров, подающих воздух в воздухоразделительные установки, не оснащенные цеолитовыми блоками комплексной очистки воздуха, следу-ет использовать масло для прокатных станов марки П-28 по ГОСТ 6480-78, обладающее высокой термической стойкостью. Применение масла К-28 ТУ 38-101182-71 допускается толь-ко по согласованию с разработчиком компрессора…

6.9. Для предотвращения образо-вания продуктов разложения масла должен быть установлен контроль за температурой воздуха после каждой ступени поршневого компрессора и приняты необходимые меры для под-держания ее на возможно более

низ-ком уровне, но не более 433 К (160° С)…

6.13. Наличие нагара в клапанных коробках и трубопроводах поршне-вых компрессоров не допус-кается. Проверка и удаление нагара должны проводиться в соответствии с инструк-цией по эксплуатации компрессора, но не реже, чем через 2200 ч работы компрессора.

6.14. Методы и сроки очистки во-дяных полостей холодильников и ру-башек цилиндров компрессоров от отложений должны быть внесены в технологические регламенты или тех-нологические инструкции».

В ПБ 11-544-03, выпущенном вза-мен ПБПРВ-88, все это сведено к сле-дующему:

«6.10. Наличие нагара в клапан-ных коробках и трубопроводах порш-невых компрессоров не допус-кается. Проверка и удаление нагара прово-дятся в соответствии и в сроки, уста-новленные технологической инструк-цией…

с. 129 и далее:

«…Анализ обстоятельств взрывов и загораний в воздушных компрес-сорных установках показывает, что они всегда связаны с накоплением в газовом тракте или трубопроводах нагаромасляных отложений. Мине-ральное масло – это смесь различных предельных и непредельных углево-дородов. В газовом тракте компрес-сора масло подвергается сложным видоизменениям. Это – окисление компонентов при температурах 1500° С и более и повышающемся парци-альном давлении кислорода в возду-хе. Процесс окисления в значительной мере активизируется благодаря тому, что масло находится в газовом тракте в виде тонких пленок и аэрозоля, обе-спечивающих большую площадь кон-такта масла с воздухом. Наряду с этим, процессы окисления интенсифициру-ются в результате каталитического воз-действия окислов металлом и частиц атмосферной пыли, содержащихся в компримируемом воздухе.

В процессе первичного окисле-ния углеводородов их полного окис-ления не происходит,

и образуются различные неустойчивые соединения (пероксиды и гидропероксиды угле-водородов). При повышенных темпе-ратурах наряду с окислением может происходить разрушение молекул углеводородов и образование угле-родистых соединений – нагара.

Скорость образования нагара в решающей степени зависит от вида масла, давления и температуры сжатия воздуха. По некоторым дан-ным, при температурах менее 150-1600° С образование нагара прак-тически исключается, а при более высоких температурах скорость об-разования нагара пропорциональна квадрату повышения температуры. Поэтому понижение в максимально возможной степени температур сжа-тия – одна из основных задач в борьбе с нагарообразованием. Образующий-ся нагар пропитывается находящимся в газовом тракте маслом и продукта-ми неполного окисления масла и от-кладывается в виде нагаромасляных отложений на клапанах, в клапанных коробках, в межступенчатых комму-никациях и трубопроводах…

Слои нагаромасляных отложений представляют собой весьма пористую массу, имеющую малую теплопрово-дность. Процессы окисления проходят с выделением тепла, поэтому окисле-ние входящих в отложения компо-нентов сопровождается повышением температуры, что способствует ин-тенсивности процессов окисления. С другой стороны, возрастание толщи-ны слоя отложений ухудшает условия отвода тепла из внутренних слоев, что способствует дальнейшему разогреву.

Это, в конечном счете, и приводит к интенсивному окислению углеводо-родов, их самовоспламенению и рас-пространению горения по всему слою отложений. Воспламенение нагара может инициировать воспламенение парокапельной фазы масла, находя-щегося в потоке воздуха, проходящего в зоне отложений. Наряду с нагаромас-ляными отложениями, в коммуника-циях компрессоров может находиться достаточно много масла, выносимого в виде аэрозоля из последних ступе-ней, работающих, как правило, при сравнительно низких температурах, и затем накапливающегося на стенках трубопровода в виде пленки. То есть в трубопроводах обычно существует гетерогенная система: горючая пленка – газообразный окислитель.

Процесс детонации таких систем исследовался рядом авторов. В. Е. Гор-деевым с соавторами показана воз-можность перехода медленного го-рения пленки масла в детонационное горение с увеличением скорости рас-пространения пламени до 1800-3000 м/с. При этом создается условие для распространения горения, возникше-го в одном месте, на все масло, нахо-дящееся в трубопроводе… Таким об-разом, накопление нагаромасляных отложений и замасливание коммуни-каций и воздухопроводов создает

по-тенциальные возможности взрывов и загораний большой мощности.

Для предотвращения таких взры-вов и загораний необходимо: мак-симально возможно снижать темпе-ратуру сжатия, что достигается путем рационального распределения степе-ни сжатия по ступеням компрессора, не допускать работы с неисправными клапанами, повышать эффективность межступенчатого охлаждения; при-менять смазочные масла, исключаю-щие нагарообразование; предотвра-щать попадание в цилиндры масла из картера; обеспечивать надлежащую очистку от пыли компримируемого воздуха; подавать в цилиндры мини-мально необходимое количество мас-ла; систематически контролировать интенсивность нагарообразования в компрессорах и трубопроводах и сво-евременно производить их очистку…

При подборе смазочных компрес-сорных масел показатели склонно-сти к нагарообразованию являются одними из основных показателей. Наименьшее нагарообразование на-блюдалось при использовании масла П-28, изготовленного из саруханской и карачурской нефти… было также рекомендовано использовать масло К-28, изготавливающееся на Волго-градском НПЗ... Были также попытки применения в компрессорах импорт-ных масел, используемых в прокатных станах (например, «Энергол»). Оказа-лось, что при применении таких масел наблюдается сильное нагарообразо-вание. Необходимо подчеркнуть, что опыт эксплуатации свидетельствует о значительном влиянии запылен-ности воздуха на скорость образова-ния нагара. Известны неоднократные случаи, когда реконструкция воздуш-ных фильтров или обеспечение их эффектив ной работы приводили к прекращению нагарообразования в компрессорах. В тех случаях, когда не удается исключить образование на-гара, необходимо регулярно очищать от него газовый тракт компрессора и межступенчатые коммуникации, а иногда и внешние трубопроводы. Осмотр клапанных коробок воздуш-ных компрессоров должен произво-диться не реже одного раза в месяц.

Наряду с традиционными механи-ческими способами удаления нагара в последнее время все шире начина-ют применяться способы химической очистки. При этом характерно, что если раньше применялось пропа-ривание острым паром в комплекте с воздействием каустиком, что ино-гда приводило к вспышкам, проис-ходившим сразу же после очистки, то в настоящее время в газовый тракт компрессора и трубопроводы подают различные поверхностно-активные вещества, обеспечивающие весьма эффективное удаление нагаромасля-ных отложений…»

«Повышение надежности и эконо-мичности поршневых компрессоров» (выдержка. Воропай П. И. 1980)

«…Нагаромасляные отложения, образовавшиеся под влиянием тем-пературного воздействия, при опре-деленных условиях сами становятся источником повышенных температур. В поглощенном отложениями масле происходят реакции окисления. Эти реакции экзотермичны.

В процессе первичного окисления образуются неустойчивые соединения (пероксиды и гидропероксиды угле-водородов). При нагревании распад пероксидных соединений происходит по связям О-О по цепному механизму. Под воздействием тепла реакция рас-пада переходит во взрыв…

В поршневых компрессорах на-гаромасляные отложения не сгорают, их толщина прогрессивно увеличива-ется, достигая в некоторых случаях 25 мм и больше [с.305]…

Первой стадией образования нага-ра на горячих нагнетательных клапанах поршневых воздушных компрессоров является образование тонкой пленки лака. Лаки – это нагаромасляные от-ложения, образующиеся в результате окисления масла в тонком слое при высокой температуре. Чем тоньше слой масла, тем больше скорость его испарения и образования лака. При повышении температуры воздуха, обдувающего тонкий слой масла, ско-рость образования лака увеличивает-ся. Чем меньше устойчивость масла к окисляющему действию кислорода, тем интенсивнее его лакообразоваяие [с.287]…

Более тяжелые неиспарившиеся капли масла под воздействием вы-сокой температуры воздуха образуют смолистые вещества, находящиеся на лаковой пленке и на поверхностях тру-бопровода, имеющих сравнительно низкие температуры, не вызывающие образования лаковой пленки, при длительном воздействии воздуха на нагаромасляные отложения они кар-бонизируются, образуя соединения типа асфальтенов и твердых углистых отложений – карбоидов. В их состав входит свыше 55% асфальтогенных кислот – продуктов окисления масла. В состав нагаромасляных отложений входят также продукты износа дета-лей цилиндро-поршневой группы, механические примеси, находящиеся в воздухе, частички кокса [с.288]…

Анализируя причины пожаров и взрывов компрессорных установок, исследователи давно пришли к выво-ду, что наиболее опасным фактором, способствующим их

возникновению, является самовоспламенение нага-ромасляных отложений. Учитывая, что саморазогрев нагаромасляных отложений способен не только вос-пламенять горючие смеси, но и фор-мировать их за счет испарения мас-ла из отложений, создавая условия перехода горения нагаромасляных отложений во взрыв смеси сжатого воздуха с парокапельной фазой сма-зочного масла, можно понять, какую опасность представляют нагаромасля-ные отложения при эксплуатации воз-душных поршневых компрессорных станций [с.32]...»

Согласно РД-15-13-2008 «Мето-дические рекомендации о порядке проведения экспертизы промышлен-ной безопасности компрессорных установок, используемых на угольных шахтах и рудниках», проверка нали-чия нагаромасляных отложений в на-гнетательных полостях компрессора и примыкающих к КУ трубопроводах является одним из этапов экспертизы компрессорной установки.