

УДК 622.831.325.3

Анализ особенностей водокольцевых и ротационных насосов для дегазации на действующих шахтах

Проанализированы возможности применения водокольцевых и ротационных насосов для дегазации на действующих и закрытых шахтах с учетом опыта их эксплуатации в Украине и других странах.

В связи с предложениями внедрения на действующих угольных шахтах, опасных по газу и пыли, вакуум-насосных станций (ВНС) с ротационными (сухими) насосами рассмотрим их достоинства и недостатки в сравнении с ВНС с водокольцевыми вакуумными насосами.

Вакуум-насосные станции с водокольцевыми вакуумными насосами. Такие станции успешно эксплуатируются на шахтах в разных угледобывающих странах мира в условиях высокого загрязнения отсасываемой метановоздушной смеси угольной и породной пылью, а также другими механическими твердыми частицами, нередко обладающими абразивными свойствами. При этом они способны отсасывать метановоздушную смесь с концентрацией метана менее 25 %. Установка пламепреградителей во время эксплуатации – скорее превентивная мера, так как водокольцевой насос создает в процессе работы постоянно действующий водяной затвор.

Для обеспечения долговременной (не менее 5 лет) эксплуатации

водокольцевых насосов передвижных дегазационных установок (например, ПДУ-50М) достаточно устанавливать пылеуловители, отсекающие фракции твердых частиц размером более 2 мм. При этом мелкая фракция пыли, которой значительно больше содержится в метановоздушной смеси, достигает насоса, проскакивает его и оседает в водоотделителе дегазационной установки или в резервуарах-охладителях стационарных ВНС.

На примере применения в подземных условиях передвижной дегазационной установки ПДУ-50М-1 с установленным пылеуловителем, рассмотрим пропорции между твердыми частицами, отделенными в пылеуловителе, и частицами, осажденными из воды, в водоотделителе. К моменту образования в водоотделителе установки осадка в виде твердого шлама объемом ориентировочно 700 л в пылеуловителе находилось 25 л сухих твердых частиц. При этом протяженность всасывающего трубопровода составляла более 1500 м.

Водокольцевые вакуумные насосы обеспечивают перепад давления более 900 мбар (90 кПа), благодаря чему в глубоких шахтах создаются условия для надежной работы дегазационной сети при протяженности трубопроводов



Г. С. ЛЕВЧИНСКИЙ,
канд. техн. наук
(АО «ПОИСК, А. С.»)

4000 – 5000 м, а в отдельных случаях и больше. Ввиду того что основной базовый принцип дегазации – удаление метановоздушной смеси на поверхность, а глубина отработки угольных пластов в Украине по многим шахтам перешагнула рубеж 1000 м, вакуум, создаваемый дегазационными насосами, имеет очень важное значение.

Регулирование отсасываемой метановоздушной смеси у водокольцевых насосов в шахте позволяет изменять ее объем от 50 до 100 % номинальной подачи. Однако, если приоритетной задачей является не добыча метана, а извлечение метановоздушной смеси любой концентрации в целях обеспечения безопасности в горных выработках, вряд ли это имеет принципиальное значение. Тем более, что нередко дегазационные станции эксплуатируются с максимальной возможной подачей, а регулирования объема можно достигать дополнительной установкой вакуумных насосов подачей 50 – 75 м³/мин.

В настоящее время машиностроительные предприятия Украины выпускают водокольцевые вакуумные насосы подачей 25, 50, 75, 150 и 300 м³/мин, что позволя-

ет удовлетворить потребности угольной промышленности не только нашей страны.

Одним из достоинств, имеющим, на наш взгляд, немаловажное значение, является отсутствие необходимости в сервисном обслуживании вакуум-насосных станций, оснащенных водокольцевыми насосами украинского производства, по следующим причинам:

- конструкция насосов, обладающих высокой надежностью в эксплуатации (до 5 лет без капремонта), проста и доступна для профилактики и ремонтов, поэтому персонал шахт имеет опыт их эксплуатации и ремонта;

- водокольцевые насосы и запасные части к ним изготавливают в Украине при максимальном удалении одного из заводов 500 км (г. Сумы) от шахт, а изготовители насосов подачей 50 и 75 м³/мин находятся в пределах 150 км.

Недостатками вакуумных водокольцевых насосов считаются необходимость для их эксплуатации воды и наличие влаги в метановоздушной смеси на выходе из них. Однако работа водокольцевых насосов на воде имеет преимущества и в эксплуатации, и в безопасности (водяной затвор), т. е. недостаток – только опасность замерзания, что при эксплуатации в подземных условиях не актуально, а при эксплуатации таких насосов на поверхности уже давно решено.

Наличие влаги в метановоздушной смеси на выходе из ВНС – это действительно проблема при ее утилизации мобильными теплоэлектростанциями на основе газовых двигателей. Но применение метановоздушной смеси после выхода из водокольцевых насосов в качестве топлива в котельных (ГП «Угольная компания «Краснолиманская», ОП «Шахта «Степная», на шахтах ОАО «Краснодонуголь» и других) особых проблем не вызывает. В этой связи целесообразно профинансировать научно-исследовательские институты для разработки и изготовления агрегатов, позволяющих утилизировать метановоздушную смесь с повышенным содержанием влаги, учитывая при этом, что даже в Германии (откуда в Украину поставляют утилизационные ТЭС) более 60 % прибыли получают от продажи сертификатов ЕСВ по Киотскому протоколу [1], а также оплачивают получаемую таким образом электроэнергию по «зеленому» тарифу.

Вакуум-насосные станции с ротационными (сухими) вакуумными насосами. Основные декларируемые достоинства ротационных вакуумных насосов – отсутствие воды и подача отсасываемой не-

посредственно из горных выработок метановоздушной смеси с меньшей влажностью, чем после водокольцевых насосов. Отсутствие потребности в воде является естественным условием того, что помещения (как модульные, так и стационарные) для ротационных насосов будут теоретически по габаритным размерам меньше. Однако из-за необходимости установки фильтров для очистки метановоздушной смеси и сепараторов для снижения влажности это можно проверить только на практике.

Применение ротационных насосов для откачивания метановоздушной смеси на закрытых шахтах, в то время, когда в горных выработках нет людей, не вызывает сомнений по следующим причинам:

- остановка процесса извлечения метана на отработанных полях закрытых шахт не влияет на безопасность шахтеров;

- целесообразность откачивания метана из подземного пространства определяется в первую очередь экономическими расчетами.

К сожалению, все намного сложнее при использовании ротационных вакуумных насосов в случае их использования на действующих шахтах, где основное требование – непрерывное удаление метановоздушной смеси из выработанного пространства и дегазационных скважин, а главная цель этого мероприятия – обеспечение безопасности шахтеров, а также сохранение оборудования и объемов добычи угля.

Главный принцип действия «сухих» ротационных насосов основан на малых зазорах между вращающимися частями (или вращающимися частями и корпусом в зависимости от конструкции), что является причиной их высокой чувствительности к запыленности отсасываемой газовой смеси. Содержащиеся в ней угольная пыль, породные частицы и продукты коррозии трубопроводов – потенциальный источник искрообразования и повышенного фрикционного износа ротационных насосов. Столкнувшись с этой проблемой, сторонники применения ротационных насосов в качестве предотвращения попадания пыли в насос устанавливают фильтры тонкой очистки (установки МДУ-РВ), газовые фильтры в комплексе с пламепреградителями, которые служат дополнительным препятствием для твердых частиц (установки МДРС).

Однако установка фильтров тонкой очистки газовой смеси, которые задерживают пыль размером более 5 мк (0,005 мм), создает дополнительное сопротивление для всасывания вакуумным насосом, а по мере засорения этих фильтров пылью сопротивление будет только увеличиваться, умень-

шая подачу насоса и ухудшая режим его эксплуатации (тем более, что такие фильтры могут засоряться и влагой из воздуха). В то же время у водокольцевых вакуумных насосов (на примере установок ПДУ-50М) размер сетки пылеуловителя соответствует ячейке сетки огнепреградителя – 2 мм. При этом режим работы и подача водокольцевых насосов практически не меняются, а потребность остановки определяется степенью заполнения емкости водоотделителя «высаженной» из метановоздушной смеси пылью – шламом в объеме 0,7 – 0,9 м³.

Таким образом, размер твердых частиц, проходящих через водокольцевой насос без ухудшения его эксплуатационных свойств, в 400 раз больше, чем в «сухих» ротационных насосах. На шахте «Краснолиманская» при дегазации в подземных условиях объем пыли, «проскочившей» с водой через насос, составил за два месяца 700 л, т. е. количество замен (или чисток) фильтров тонкой очистки для «сухих» насосов трудно представить. На установках с «сухими» ротационными насосами F-60 (Германия) при засорении пламепреградителей срабатывает автоматика, и станция отключается [2].

Очевидно, что при засорении фильтров будет происходить аналогичное отключение или ротационные насосы будут работать с низким КПД. Более того, чем ниже возможности вакуумного насоса создавать разницу в давлении на всасе и нагнетании, тем меньше объем удаляемой метановоздушной смеси в случае частичного засорения пламепреградителя (не обжуждая фильтр).

Все ротационные насосы Европы имеют максимальную разницу в давлении на всасывании и нагнетании в 500 мбар (50 кПа) [3]. Если применять дополнительное охлаждение ротационных насосов, то появляется возможность достигать максимальную разницу давлений 800 мбар (80 кПа), однако при этом резко увеличивается расход электроэнергии (до 8 раз), а стоимость самой ВНС возрастает в 3 раза [4]. Другим возможным вариантом охлаждения метановоздушной смеси в «сухих» насосах может быть подсос воздуха, но в таком случае будет снижаться концентрация метана.

Водокольцевые насосы имеют максимальную разницу в давлении на всасе и нагнетании до 900 мбар (90 кПа) без применения дополнительных мер. При этом температура исходящей метановоздушной смеси не превышает 44 – 50 °С на выходе из насоса (против 150 °С у ротационных). Максимальный перепад давления в насосах непосредственно влияет на длину трубопроводов, отводящих ме-

тановоздушную смесь. Учитывая, что глубина шахт Донбасса более 1000 м, а общая протяженность трубопроводов достигает 4 – 6 км, перепад давления имеет немаловажное значение.

Еще один показатель для сравнения особенностей ротационных и водокольцевых насосов – опасность воспламенения метановоздушной смеси и ее возможное распространение по трубопроводу. Как водокольцевые, так и ротационные насосы оснащаются пламепреградителями. Однако в ротационных насосах при возникновении пламени в трубопроводе преградой будет служить только пламепреградитель (который только удерживает, и то определенное время, пламя в одной точке), а в водокольцевых насосах имеется дополнительно гидрозатвор в виде водяного кольца.

Выводы. На действующих шахтах метановоздушную смесь (независимо от концентрации метана) следует удалять с помощью водокольцевых вакуумных насосов, чтобы максимально обеспечить безопасность шахтеров.

Для извлечения метановоздушной смеси в целях дальнейшей утилизации на закрытых шахтах наиболее предпочтительны ротационные «сухие» вакуумные насосы. Однако для них даже на закрытых шахтах необходимо малое содержание пыли в метановоздушной смеси и ее низкая влажность.

Обеспечить максимально возможный объем утилизации метановоздушной смеси с концентрацией метана более 25 %, извлекаемой на действующих шахтах водокольцевыми насосами, можно, продолжив исследования по разработке новых способов, отказавшись при этом от стереотипа по переработке такой смеси с помощью двигателей внутреннего сгорания (учитывая при этом неопределенности дальнейшего действия Киотского протокола).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакхаус К. Сравнительный анализ компрессоров ВНС шахт / К. Бакхаус, Д. Н. Застрелов, А. П. Садов, М. П. Тумайкин // Уголь. – 2012. – № 5. – С. 70 – 72.
2. Безпflug В. А. Фирма Pro-2 представляет: оптимальный ряд ВНС сухого типа / В. А. Безпflug, С. Хоппе // Уголь. – 2009. – № 4. – С. 69 – 72.
3. Бакхаус К. Расчет вакуума и выбор насоса вакуумно-насосной станции шахтной дегазации / К. Бакхаус, И. А. Яценко, В. Н. Орлов, В. В. Касьянов // Уголь Украины. – 2012. – № 6. – С. 20 – 25.
4. Безпflug В. А. Экономическая оценка различных технологий утилизации шахтного метана / В. А. Безпflug, В. В. Касьянов // Уголь Украины. – 2008. – № 1. – С. 47 – 48.