

УДК 622.817.47:622.411.332

Методика определения фактической подачи вакуум-насосов дегазационных систем

Приведены результаты экспериментального определения аэродинамической характеристики вакуум-насоса НВВП-50 номинальной подачей $75 \text{ м}^3/\text{мин}$. Разработана методика определения фактических аэродинамических характеристик вакуум-насосов, эксплуатируемых на шахтах.

Ключевые слова: дегазация, вакуум-насос, аэродинамическая характеристика.

Контактная информация: sergminee@gmail.com, poiskac@ya.ru

Для снижения выделения метана в горные выработки на шахтах Донбасса с 1952 г. применяют дегазацию углепородного массива скважинами, пробуренными в кровлю разрабатываемого пласта. Впоследствии дегазация получила применение на шахтах Кузбасса, Воркуты, Караганды и других угольных месторождений СССР [1]. Для каптирования газа использовали водокольцевые вакуум-насосы РМК-2 (ВВН-3), РМК-3 (ВВН-12) и РМК-4 (ВВН-25) номинальной (максимальной) подачи на всасе 3,6; 11,5 и $27 \text{ м}^3/\text{мин}$ соответственно. Однако в связи с увеличением метанообильности шахт начали применять вакуум-насосы номинальной подачи $50 \text{ м}^3/\text{мин}$ (ВВН-50, ЖВН-50 и НВ-50) и $150 \text{ м}^3/\text{мин}$ (ВВН2-150, ДВВН-150 и ВВК2-150).

В 2010 г. АО «ПОИСК, А.С.» разработало и начало изготавливать вакуум-насосы НВВП-50 (конструктивно отличающиеся от вакуум-насосов ВВН-50), которые и сегодня успешно эксплуатируются на шахтах Украины и России.

В целях исследования подачи вакуум-насоса НВВП-50 был изготовлен испытательный стенд (рис. 1) и разработана методика определения подачи в зависимости от давления во всасывающей патрубке (аэродинамическая характеристика в режиме всасывания).

Стенд состоит из дегазационной установки, оснащенной вакуум-насосом НВВП-50 с электродвигателем мощностью 110 кВт, и водоотделителя. К всасывающей патрубке закреплен всасывающий участок газопровода диаметром 219 мм и длиной 5600 мм, оснащенный задвижкой и штуцером для измерения разрежения. К выхлопу водоотделителя присоединен нагнетательный участок газопровода диаметром 219 мм (внутренний диаметр 205 мм), в котором установлена стандартная дисковая диафрагма. Участок нагнетательного газопровода перед дисковой диафрагмой имеет длину 5600 мм, что составляет $27,3d_r$ (d_r – внутренний диаметр газопровода, мм), а за ней – 3800 мм, т. е. $18,5d_r$.

На стенде измеряли такие параметры: атмосферное давление у стенда барометром; разрежение во всасывающем газопроводе пе-



С. П. МИНЕЕВ, доктор техн. наук
(ИГТМ им. Н. С. Полякова
НАН Украины)



В. Н. КОЧЕРГА, инж.
(ИГТМ им. Н. С. Полякова
НАН Украины)



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

ред вакуум-насосом U-образным ртутным манометром; потери давления на дисковой диафрагме U-образным водяным манометром; избыточное давление в нагнетательном участке газопровода на дисковой диафрагме U-образным ртутным манометром; температуру каптируемого воздуха в нагнетательном участке газопровода ртутным термометром.

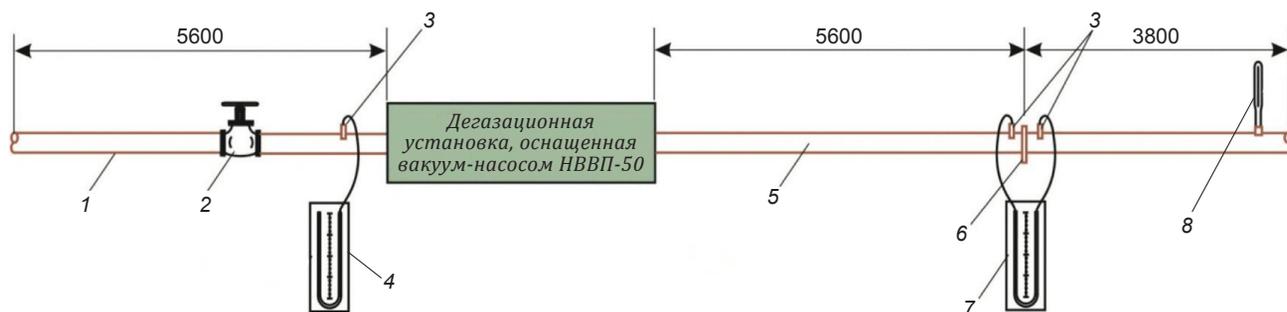


Рис. 1. Схема стенда для определения аэродинамических характеристик вакуум-насосов: 1 и 5 – всасывающий и нагнетательный участки газопровода диаметром 219 мм; 2 – задвижка; 3 – штуцеры; 4 и 7 – U-образные ртутный и водяной манометры; 6 – дисковая диафрагма (ГОСТ 8.563.1); 8 – термометр ртутный.

Согласно СОУ [2] расход метановоздушной смеси в условиях измерения вычисляли по формуле

$$Q_{\phi} = 66,1 \cdot 10^{-6} (0,61 - 0,055m + 0,45m^2) d_0^2 \sqrt{\Delta P_d / \rho},$$

где m – модуль дисковой диафрагмы,

$$m = d_0^2 / d_r^2,$$

d_0 – диаметр отверстия дисковой диафрагмы, мм;
 ΔP_d – потери давления на дисковой диафрагме, Па;
 ρ – объемная плотность метановоздушной смеси, кг/м³,

$$\rho = 15,1 \cdot 10^{-6} (224 - C) \cdot P_r / (273 + t_r),$$

C – содержание метана в метановоздушной смеси, %;
 P_r – давление метановоздушной смеси в нагнетательном газопроводе, Па,

$$P_r = P_a + P_n,$$

P_a – атмосферное давление в месте установки дисковой диафрагмы, измеренное барометром, Па;
 P_n – избыточное давление в нагнетательном участке газопровода перед дисковой диафрагмой, измеренное U-образным ртутным манометром, Па.

Давление на всасе вакуум-насоса рассчитывали по формуле

$$P_{вс} = P_a - B_{вс},$$

где $B_{вс}$ – разрежение во всасывающем газопроводе перед вакуум-насосом, измеренное U-образным ртутным манометром, Па.

Расход метановоздушной смеси, приведенный к нормальным условиям ($P_r = 101\,080$ Па и температура воздуха в нагнетательном газопроводе $t_r = 0$ °C),

$$Q_{см.н} = 2,7 \cdot 10^{-3} Q_{\phi} \cdot P_r / (273 + t_r).$$

Для испытательного стенда

$$Q_{\phi} = 73,8 \cdot 10^{-2} \sqrt{\Delta P_d / \rho}.$$

Подачу вакуум-насоса НВВП-50 вычисляли, учитывая, что атмосферное давление составляет 99 484 Па, температура воздуха 12 °C.

При полностью открытой задвижке разрежение на всасе вакуум-насоса составило 798 Па, перепад давления на дисковой диафрагме 12 360 Па, избыточное давление в нагнетательном газопроводе 12 103 Па, температура воздуха в нагнетательном газопроводе 14 °C. Для измеренных величин выполнены расчеты $P_{вс}$, P_r , ρ , Q_{ϕ} и $Q_{см.н}$ (таблица).

После постепенного увеличения разрежения на всасе вакуум-насоса (см. таблицу) за счет повышения аэродинамического сопротивления

Разрежение, Па	Давление на всасе, Па	Потери давления на диафрагме, Па	Давление на выхлопе, Па	Температура воздуха на выхлопе, °C	Объемная плотность смеси на выхлопе, кг/м ³	Расход смеси, м ³ /мин,	
						в условиях измерения	приведенный к нормальным условиям
798	98688	12360	111587	14	1,31	71,67	75,4
17024	82460	7960	107198	18	1,25	58,9	58,7
31388	68096	5680	105070	20	1,21	50,6	49,1
45220	54264	3540	102942	22	1,18	40,4	38,2
58786	40698	2220	101612	25	1,154	32,4	29,9
65968	33516	1340	100814	27	1,14	25,3	23,0

всасывающего газопровода путем плавного перекрытия задвижки получена зависимость подачи вакуум-насоса от давления во всасывающем патрубке (рис. 2).

Экспериментально установленная зависимость подачи вакуум-насоса НВВП-50 от давления во всасывающем патрубке описывается линейным уравнением

$$P_{вс} = 3325 + 1303 Q_{см.н.}$$

Начиная с 2010 г. вакуум-насосами НВВП-50 оснащаются подземные дегазационные установки ПДУ-50М-1, изготавливаемые АО «ПОИСК, А.С.». Их использование на шахтах «Краснолиманская» и «Пионер» позволило на 10–15 % повысить эффективность дегазации выработанного пространства отротками от газопровода («свечами») за счет увеличения объема капируемой метановоздушной смеси.

Работа водокольцевых вакуум-насосов в условиях, когда разрежение на всасе превышает 53 200 Па, сопровождается повышением температуры воды и отложением на внутренних поверхностях солей калия, магния и железа [2]. Загрязнение поверхности накипными отложениями уменьшает внутренний объем насоса, т. е. приводит к снижению его подачи.

При проектировании дегазационных систем не предусмотрено учитывать снижение подачи вакуум-насосов с увеличением срока их эксплуатации [2]. В связи с этим на некоторых шахтах фактические объемы капируемой метановоздушной смеси существенно ниже расчетных. Чтобы результаты расчетов были точными, необходимо определять фактические аэродинамические характеристики вакуум-насосов, эксплуатируемых 5 лет и более. С этой целью следует выполнить три-четыре измерения расхода капируемого газа при разрежении на всасе от 66 500 до 1 330 Па по изложенной методике. Регулировать разрежение надо задвижками на всасывающем участке газопровода и выхлопной трубе.

В случае снижения подачи вакуум-насоса более чем на 20 % по сравнению с заводскими показателями его рекомендуется отремонтировать или заменить. Если же такой возможности нет, необходимо рассчитывать максимально возможную нагрузку на очистные забои с учетом их фактической подачи.

Вакуум-насосы НВВП-50 взаимозаменяемы с насосами ВВН2-50М, которые ранее установ-

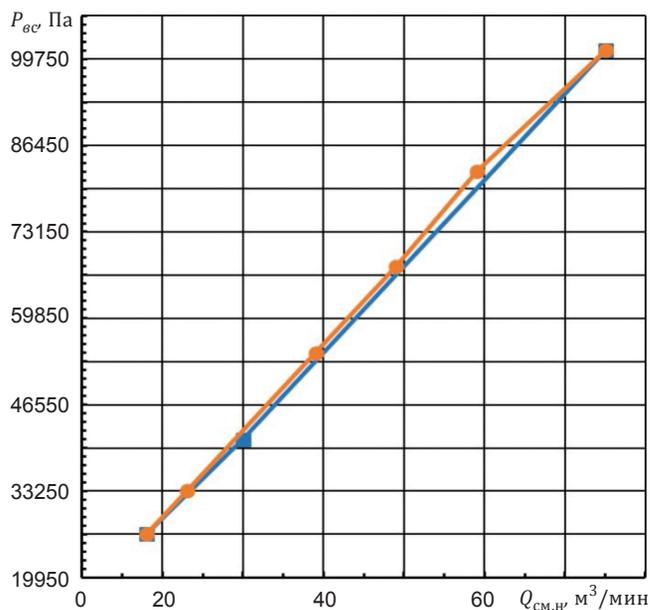


Рис. 2. Характеристика вакуум-насоса НВВП-50, работающего в режиме всасывания: — фактическая; — расчетная.

ливали на установках ПДУ-50М. Таким образом, замена изношенных насосов ВВН2-50М (номинальная подача 50 $m^3/мин$) на насосы НВВП-50 номинальной подачей 75 $m^3/мин$ позволяет повысить производительность дегазационной системы минимум на 30 % (при одновременной работе нескольких насосов).

Выводы. Использование предложенной методики позволит определять фактические аэродинамические характеристики эксплуатируемых на шахтах вакуум-насосов, что требуется для достоверных расчетов производительности действующих дегазационных систем и соответственно максимально допустимой нагрузки на очистные работы.

Производство вакуум-насосов НВВП-50 номинальной подачей 75 $m^3/мин$ расширило ассортимент применяемых на шахтах Украины вакуум-насосов и позволяет увеличить производительность дегазационной системы без реконструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морев А. М. Дегазация угольных шахт и использование метана / А. М. Морев, Н. М. Сахаров. – Донецк: Донбасс, 1974. – 112 с.
2. Дегазация угольных шахт. Требования к способам и схеме дегазации: СОУ 10.1.00174088.001-2004. – К.: Минтопэнерго Украины, 2004. – 167 с.