

Использование промышленно-бытовых стоков «Промзоны» комбината, после предварительной очистки, в системе оборотного водоснабжения решает как экономические, так и экологические проблемы, связанные с водопотреблением и водоотведением ОАО «МГОК».

УДК [622.411.333: 621.643]:622.831.325.3

Л.А. Новиков, Б.В. Бокий

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ МЕТАНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ НА УЧАСТКЕ ДЕГАЗАЦИОННОГО ГАЗОПРОВОДА**

Розглянуто математична модель руху метано-повітряної суміші на ділянці дегазаційного газопроводу та приведені результати розрахунку її витрачених характеристик на ділянках газопровідної мережі. Зроблено аналіз отриманих значень втрат тиску метано-повітряної суміші на ділянках мережі.

### **MATHEMATICAL MODEL OF METHANE-AIR MIX MOVEMENT ON DEGASATION PIPELINE SITE**

The mathematical model of methane-air mix movement on a degasation pipeline site is considered and bring the results of the account of its expenditures characteristics on gas-carrying network site are given. The analysis of the received meanings of losses of pressure of a methane-air mix on network sites is made.

Существующие математические модели движения метано-воздушной смеси (МВС) на участках газопроводной сети [1, 2 и др.], а также близкие им модели движения воздуха по гибким и жестким вентиляционным трубопроводам [3], не достаточно полно учитывают физическую сущность и влияние местных сопротивлений на расходные характеристики МВС и воздуха. К таким сопротивлениям относятся, например, повороты газопровода, водяные “пробки”, места установки водоотделителей, а также капли влаги в МВС. К примеру, в местах скопления пыли и шлама (арматура, колена и т.д.) потери проходного сечения трубопровода могут достигать 30%, а в местах скопления воды (пониженные места трубопровода, места сопряжений участков с наклонными и вертикальными) потери пропускной способности трубопровода могут достигать 50% разрежения, создаваемого вакуум насосами [4].

Учет местных сопротивлений в математических моделях, в частности при определении давления в конечном сечении участка газопровода, осуществляется путем соответствующего подбора проходного сечения регулировочной задвижки на участке газопровода, увеличением длины участков, использованием коэффициентов, учитывающих состояние магистральных газопроводов (с учетом и без учета влаги, сконденсированной на их внутренней поверхности). Данные способы учета местных сопротивлений в некоторых случаях не могут быть использованы, например, в случае, когда на участке газопровода существует водяная пробка [5], которая в течение некоторого промежутка времени

полностью перекрывает проходное сечение газопровода. В этом случае изменяются расходные характеристики МВС. Причем, изменения этих характеристик носят колебательный и нестационарный во времени характер, и зависит от формы, поведения и времени существования водяной пробки.

Целью данной статьи является разработка математической модели, позволяющей рассматривать газодинамику МВС на участках газопровода с более детальным учетом существующих в газопроводной сети местных сопротивлений.

При построении математической модели будем использовать модель движения МВС вместе с влагой на участках всасывающей газопроводной сети фрагмента ДС (рис. 1) [5], а также приведенные в этой работе выражения, позволяющие определять потери давления МВС на прямолинейных участках газопровода (с учетом наличия в МВС мелких капель влаги) и в местах поворота газопровода (без учета присутствия влаги в МВС). Длины участков газопроводной сети, углы наклона участков к горизонтальной плоскости, а также места расположения водоотделителей, регулировочных задвижек и дегазационных скважин выбраны произвольно.

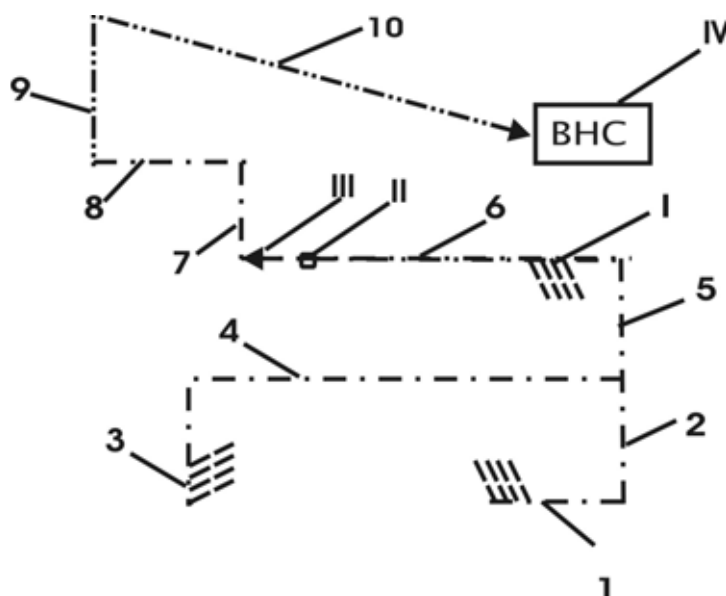


Рис.1 – Схема фрагмента ДС: 1-11- участки газопроводной сети (вертикальный участок 11 на схеме не виден); I- дегазационные скважины; II- водоотделитель; III – регулировочная задвижка; IV– вакуум насосная станция; — — — — — трубопровод с  $D = 325$  мм; — · — — — — трубопровод с  $D = 426$  мм

В математической модели [5] давление в конечном сечении участка газопровода, представляет собой зависимость вида

$$P_{ki} = \Phi (P_{n1}, u_i, \alpha_i, Q_{oi}, c_i), \quad (1)$$

где  $P_{ni}$  – давление МВС в начальном сечении первого участка, Па;  $u_i = Q_{omi} \cdot Q_{oi}^{-1}$  – объемная доля метана в МВС на  $i$ -том участке газопровода (в долях);  $\alpha_i$  - параметр, учитывающий влияние изменения геодезического напора на  $i$ -том участке

газопровода;  $Q_{oi} = Q_{оhi} + \Delta Q_{он}$  - объемный расход МВС, приведенный к нормальным условиям, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{оhi} = Q_{оmi} + Q_{овi}$  - объемный, приведенный к нормальным условиям, расход подсосываемого воздуха в начальном сечении  $i$  - того участка газопровода, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{оmi}$  и  $Q_{овi}$  - объемный, приведенный к нормальным условиям расход соответственно метана и воздуха, поступающих из скважин дегазационного пункта, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta Q_{он}$  - объемный, приведенный к нормальным условиям расход воздуха, подсосываемого через эквивалентные неплотности, сосредоточенные в начальном сечении  $i$ -го участка газопровода, м<sup>3</sup>/с;  $c_i$  - параметр, определяющий сопротивление  $i$ -го участка газопровода, Па<sup>2</sup>·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>.

Значения  $Q_{оmi}$ ,  $Q_{овi}$  и  $\Delta Q_{он}$  определяются из выражений

$$Q_{оmi} = a_{mi} \cdot [(P_{оhi} + h_i)^2 - (P_{оhi} - B_{hi})^2]^{0.5};$$

$$Q_{овi} = a_{vi} \cdot [2 \cdot P_{оhi} \cdot B_{hi} - B_{hi}^2]^{0.5};$$

$$\Delta Q_{онi} = G_i \cdot B_{hi} \cdot 10^{-6},$$

где  $a_{mi}$ ,  $a_{vi}$  - параметры, определяющие эквивалентную проводимость систем трещин, по которым движутся к скважинам соответственно метан и воздух, м<sup>3</sup>/(с·Па);  $h_i$  - избыточное давление в полостях из которых истекает метан, Па;  $B_{hi} = P_{оhi} - P_{hi}$  - вакуум в газопроводе в начальном сечении  $i$ -го участка газопровода, Па;  $P_{hi}$  и  $P_{оhi}$  - соответственно давление в начальном сечении  $i$ -го участка газопровода и соответствующее ему барометрическое давление в выработке, Па;  $G_i = 0.5 \cdot b \cdot l_i$  - параметр, определяющий эквивалентную неплотность  $i$ -того участка газопровода, м<sup>3</sup>/(с·Па);  $b$  - удельный подсос воздуха, м<sup>3</sup>/с·км·мПа;  $l_i$  - длина  $i$ -того участка газопровода, м.

Величина  $\Delta Q_{оки}$  в конечном сечении  $i$ -го участка газопровода определяется аналогично по известным значениям  $B_{ki} = P_{оки} - P_{ki}$

Газодинамические параметры МВС:  $\mu_{мвс}$  - динамическая вязкость, Па·с;  $\nu_{мвс}$  - кинематическая вязкость, м<sup>2</sup>/с;  $\rho_{мвс}$  - плотность МВС, кг/м<sup>3</sup>, определяются соответственно из выражений:  $\mu_{мвс} = (1-u_i) \cdot \mu_v + u_i \cdot \mu_m$ ;  $\nu_{мвс} = (1-u_i) \cdot \nu_v + u_i \cdot \nu_m$ ;  $\rho_{мвс} = (1-u_i) \cdot \rho_v + u_i \cdot \rho_m$ , где  $\mu_v$ ,  $\nu_v$  - соответственно динамическая и кинематическая вязкость воздуха, Па·с, м<sup>2</sup>/с;  $\mu_m$ ,  $\nu_m$  - соответственно динамическая и кинематическая вязкость метана, Па·с, м<sup>2</sup>/с;  $\rho_m$  и  $\rho_v$  - плотность метана и воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Как известно, вода, поступающая в газопровод, локализуется на его внутренней поверхности в виде капель, отдельных скоплений (особенно в местах прогибов ставов и в местах сопряжений участков газопровода с наклонными и вертикальными) и образует течения. Эти образования распределены неравномерно по длине газопровода и являются местными аэродинамическими сопротивлениями. Заменяем приближенно все капли на поверхности газопровода водяной пленкой толщиной  $\Delta = const$ , м, покрывающей всю его поверхность. Тогда в качестве диаметра газопровода  $D_i$  будем принимать величину  $D_i - 2 \cdot \Delta$ .

Число Рейнольдса ( $Re$ ) при движении МВС по  $i$ -тому участку газопровода будем определять из выражения

$$Re_i = V_{мвс} \cdot (D_i - 2 \cdot \Delta) \cdot [(1 - u_i) \cdot \mu_г + u_i \cdot \mu_м]^{-1}$$

Рассмотрим параметр  $c_i$ , входящий в зависимость (1). Значение параметра  $c_i$  прямо пропорционально зависит от коэффициента сопротивления трению прямолинейного участка газопровода  $\lambda_i$ , который в свою очередь определяется по известному значению  $Re_i$ , определяемому экспериментальным путем. Для удобства определения коэффициента  $\lambda_i$ , можно порекомендовать формулу Ф. А. Шевелева [6], которую используют при переходных режимах в газопроводах, когда коэффициент  $\lambda$  зависит не только от значений условной эквивалентной шероховатости, но и от числа  $Re$  (в случае присутствия воды в газопроводах, могут иметь место значительные колебания расходных характеристик МВС на его участках).

$$\lambda_i = \left( \frac{8.44 \cdot 10^{-7}}{D_i - 2 \cdot \Delta} + \frac{1}{Re_i} \right)^{0.3}$$

Для  $j$ -го узла ДС, значения  $Q_{он i}$  и  $Q_{ом i}$  будут определяться из выражений

$$Q_{он i, i: \Gamma_{о, j}} = \sum_{j: \Gamma_{дн, j} \cup \Gamma_{уз, j}} Q_{ок, i} ;$$

$$Q_{ом i, i: \Gamma_{о, j}} = \sum_{j: \Gamma_{дн, j} \cup \Gamma_{уз, j}} Q_{ом i} ,$$

где  $\Gamma_{о, j}$  – множество ветвей, отводящих МВС из  $j$ -го узла ДС;  $\Gamma_{дн, j}$  – множество ветвей, подводящих МВС к рассматриваемому узлу из дегазационных пунктов;  $\Gamma_{уз, j}$  – множество ветвей, подводящих МВС к  $j$ -му узлу из других узлов сети.

В работе [5] приведено выражение для потерь давления в пневмотранспортных воздуховодах  $\Delta P_{пн}$ , служащих для транспортировки (переноса) твердых примесей. В случае, когда мы рассматриваем аналогичную картину переноса капель воды МВС в газопроводе, процесс движения капель в отличие от твердых частиц будет гораздо сложнее. Это связано со следующими факторами: Силами молекулярного сцепления капли с поверхностью газопровода; переменным во времени значением ее массы и коэффициента аэродинамической формы (особенно для крупной капли), а также процессом испарения капли, который все более выражен с уменьшением ее диаметра. Поэтому примем упрощающие допущения: Капля ведет себя как твердая частица; имеет шарообразную форму и малый диаметр.

Потери давления МВС на участках газопровода с учетом присутствия в МВС влаги будем обозначать как  $\Delta P_{smi}$ , определяемые аналогично, как и  $\Delta P_{пн}$ .

Условие движения капли вместе с МВС на горизонтальных и вертикальных

участках газопровода определяется соответственно из выражений:  $V_{к.х i} = V_{мвс i} - V_{тр.к i}$ ;  $V_{к.у i} = V_{мвс i} - V_{в.к i}$ , где  $V_{тр.к i}$  и  $V_{в.к i}$  соответственно скорость трогания и витания капли воды, м/с.

Скорость трогания капли воды можно приближенно определить по формуле

$$V_{тр.к i} \approx \sqrt{\frac{8 \cdot r_k \cdot \rho_{во} \cdot g}{3 \cdot \rho_{мвс} \cdot C_{у.к}}}, \quad (2)$$

где  $r_k$  – радиус капли, м;  $\rho_{во}$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $C_{у.к}$  – коэффициент подъемной силы, действующей на каплю.

Выражение для скорости витания капли воды имеет вид

$$V_{в.к i} \approx \frac{2 \cdot \rho_{во} \cdot g \cdot r_k^2}{9 \cdot \rho_{мвс} \cdot v_{мвс}} \quad (3)$$

Для значений  $V_{тр.к i}$  и  $V_{в.к i}$  должно выполняться условие  $V_{тр.к i} < V_{мвс i}$ ,  $V_{в.к i} < V_{мвс i}$  при  $0 < r_k < r_{кmax}$ . В случае если  $r_k \geq r_{кmax}$ ,  $V_{тр.к i} \geq V_{мвс i}$  и  $V_{в.к i} \geq V_{мвс i}$ . При выборе значений  $r_k$ , можно руководствоваться кривыми устойчивости капель, движущихся в воздушном потоке [7].

Значение  $Re$  для капель воды, движущихся в горизонтальном направлении определяется по формуле:  $Re_{к. х i} = V_{к. х i} \cdot 2 \cdot r_k \cdot \nu_{мвс}^{-1}$  (аналогично определяются значения  $Re_{к. у i}$  по известным значениям вертикальной составляющей скорости капли  $V_{к. у i}$ ). Согласно приведенному в работе [8] графику зависимости коэффициента лобового сопротивления шара от числа Рейнольдса, по известным значениям  $Re_{к. х i}$  определяются соответствующие значения  $C_{х.к i}$

В выражение для потерь давления МВС  $\Delta P_{sm i}$  при ее движении вместе с влагой на прямолинейном участке газопровода, входит скорость капель воды  $V_i$ , которую можно определить из выражения

$$V_i = V_{к.х i} \cdot \cos \alpha_{н. i} + V_{к.у i} \cdot \sin \alpha_{н. i}, \quad (4)$$

где  $\alpha_{н. i}$  – угол наклона  $i$ -го участка газопровода к горизонтальной плоскости, град.

При внезапном уменьшении площади поперечного сечения  $f_i$  (м<sup>2</sup>)  $i$ -го участка газопровода, например, в месте его стыковки с другим ( $i+1$ )-м участком, имеющим площадь поперечного сечения  $f_{i+1} < f_i$ , потери давления МВС определяются по формуле

$$\Delta P_{суж i} = 0.5 \cdot \rho_{мвс} \cdot \left( \frac{V_{мвс i} \cdot f_i}{f_{i+1}} \right)^2 \cdot \left( \frac{1}{\epsilon} - 1 \right)^2, \quad (5)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент сжатия струи, значение которого определяется по таблице [8] в зависимости от соотношения  $f_{i+1} / f_i$ ;  $v_{мвс\ i+1} = v_{мвс\ i} \cdot f_{i+1}^{-2} \cdot f_i^2$  – скорость МВС на (i+1)-м участке газопровода, м/с.

Уменьшение площади проходного сечения i-го участка газопровода (кроме вертикальных участков) происходит и в результате присутствия скоплений воды (рис. 2).

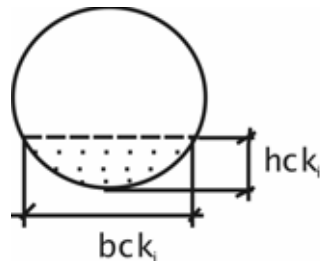


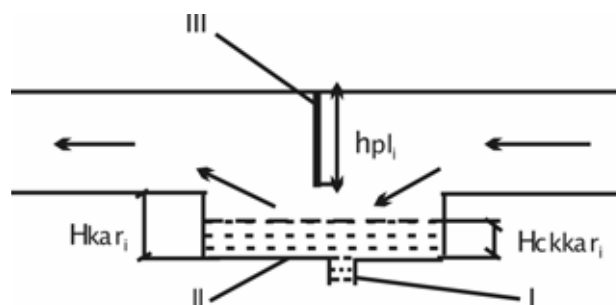
Рис. 2 – Форма скопления воды на i-том участке газопровода:  $h_{ck_i}$  – высота скопления воды, м;  $b_{ck_i}$  – ширина скопления воды, м

Для потерь давления в местах скоплений воды будут справедлива формула (5), где значение  $\varepsilon$  будет аналогично зависеть от соотношения:

$$f'_i \cdot f_i^{-1} \approx 1 - 0,849 \cdot D_i^{-2} \cdot b_{ck_i} \cdot h_{ck_i},$$

где  $f'_i$  – площадь проходного сечения трубы в месте скопления воды.

Водоотделитель, установленный на i-том участке газопровода, создает сопротивление движущейся МВС. Это связано с наличием пластины, перекрывающей часть сечения газопровода и установленной напротив водоотделителя перпендикулярно потоку МВС (рис.3). Капли воды, переносимые МВС, огибают пластину (или стекают по ней), попадая при этом в карман, сделанный в газопроводе для накопления воды и сообщающийся с водоотделителем.



I – труба, соединяющая карман и водоотделитель (на рисунке не показан); II – карман высотой  $H_{ckar_i}$ , м; III – пластина длиной  $h_{pl_i}$ , м;  $H_{ckkar_i}$  – высота уровня воды в кармане, м;  $\leftarrow$  – направление движения капель воды, переносимых МВС

Рис. 3 – Участок газопровода, на котором установлен водоотделитель.

Потери давления  $\Delta P_{води}$  (Па) МВС на i-том участке газопровода в месте установки водоотделителя будут определяться из выражения:

$$\Delta P_{вод i} = \Delta P_{суж i} + \Delta P_{рас i},$$

где  $\Delta P_{суж i}$  – потери давления МВС в месте сужения проходного сечения (до пластины), Па;  $\Delta P_{рас i}$  – потери давления МВС в месте расширения проходного сечения (за пластиной), Па. В месте сужения проходного сечения, значение коэффициента  $\varepsilon$  будет зависеть от соотношения  $f_i' : f_i^{-1} \approx 1,27 \cdot (H_{кар i} - h_{ск k i}) \cdot D_i^{-1}$ .

Давления МВС в конечных сечениях участков газопровода фрагмента ДС определяется из уравнений

$$P_{k2} = P_{н1} - \Delta P_{нов 1} - \sum_{i=1}^2 \Delta P_{sm.i};$$

$$P_{k4} = P_{н3} - \Delta P_{нов 3} - \sum_{i=3}^4 \Delta P_{sm.i};$$

$$P_{k5} = 0.5 \cdot (P_{к 2} - \Delta P_{нов 2} + P_{к 4}) - \Delta P_{sm 5};$$

$$P_{k6} = P_{k5} - \Delta P_{нов 5} - \Delta P_{sm 6} - \Delta P_{вод 6} - \Delta P_{z6};$$

$$P_{k8} = P_{k6} - \sum_{i=6}^7 \Delta P_{нов.i} - \sum_{i=7}^8 \Delta P_{sm.i}$$

$$P_{k10} = P_{k8} - \sum_{i=8}^9 \Delta P_{нов.i} - \sum_{i=9}^{10} \Delta P_{sm.i} - \Delta P_{z10}$$

$$P_{k11} = P_{k10} - \Delta P_{нов 10} - \Delta P_{sm 11}$$

В качестве исходных данных для расчета расходных характеристик МВС на участках газопроводной сети были приняты: Геометрические параметры участков газопровода; газодинамические параметры МВС в газопроводе; значения  $P_{бн1}, P_{бн3}, P_{н1}, P_{н3}, b$ ; параметры, определяющие расходные характеристики дегазационных пунктов на участках 1, 3, 6; параметр  $\Delta$ ; площадь проходного сечения задвижки на 6-м участке -  $f_{z6}$ ; геометрические размеры и форма скоплений воды на 10-м участке; размеры пластины и кармана в месте установки водоотделителя на 6-м и 10-м участках; высота уровня воды в кармане; физические параметры шахтной воды; диаметр капель воды; коэффициент  $C_y$  для капли [9]; количество капель в  $1\text{ м}^3$  и в  $1\text{ м}^2$  МВС.

Расчет производился в MathCAD 2000 Professional. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета расходных характеристик МВС на участках газопроводной сети

Но- мер уча- стка $i$	Расход МВС $Q_{oi},$ $м^3/с$	Объ- ем- ная доля мета- на $u_i,$ доли	Потери давления МВС в газопроводе				Давление МВС в конечном сечении участка с учетом потерь давления МВС $P_{ksmi},$ Па	Давление МВС в ко- нечном се- чении участка без учета потерь давления МВС $P_{ki},$ Па
			в мес- тах пово- ротов $\Delta P_{повi},$ Па	с уче- том влаги в МВС $\Delta P_{smi},$ Па	в мес- тах скоп- лений воды $\Delta P_{сужi},$ Па	в мес- тах уста- новки водо- отделит елей $\Delta P_{водi},$ Па		
1	0,056	0,553	2					
1-2				118,53				
2			2,032				86763	86884
3	0,06	0,537	2,06					
3-4				115,7				
4			0				84768,7	84886
5	0,148	0,43	3,97	7			85866,9	85878
6	0,067	0,453	6,84	82,2	120	137	85705,5	85796
7	0,09	0,355	6,761					
7-8				95,98				
8			6,761		0,07		85451,5	85706
9			20					
9-10				494				
10			19,65		0,095		84552,7	85232
11			0	3969			77090,2	81255

Определим перепад давлений МВС  $\Delta P_{ksm3-11} = P_{ksm11} - P_{н3}$  на суммарной длине участков 3-11 с учетом потерь давления. Согласно таблице 1 и исходным дан- ным для расчета расходных характеристик МВС на участках газопроводной се- ти, имеем  $P_{ksm11} = 77090,2$  Па;  $P_{н3} = 85000$  Па. Тогда  $\Delta P_{ksm3-11} = 7909,8$  Па. Если не учитывать потери давления, то тогда  $\Delta P_{к3-11} = P_{к11} - P_{н3} = 3745$  Па, что будет меньше значения  $P_{ksm11}$  в 2,1 раза. Из таблицы 1 видно, что на 6-м участке  $\Delta P_{sm6}$  больше чем  $\Delta P_{пов6}$  в 12,01 раза. Это означает, что в случае присутствия влаги в МВС, потери давления на участках газопровода будут заметно больше потерь давления в местах его поворота. Наибольшие потери давления на 6-м участке наблюдаются в месте скопления воды  $\Delta P_{суж6} = 120$  Па, особенно в месте уста- новки водоотделителя  $\Delta P_{вод6} = 137$  Па, что связано с уменьшением проходного сечения участка газопровода. Значение  $\Delta P_{повi}$  принимает наибольшее значение на 9-м и 10-м участках (соответственно  $\Delta P_{пов9} = 20$  Па и  $\Delta P_{пов10} = 19,65$  Па), что связано с уменьшением диаметра газопровода, а, следовательно, и увеличении скорости МВС. Наибольшие потери давления  $\Delta P_{smi}$  на участках приведенного выше фрагмента ДС, наблюдаются на 11-м вертикальном участке и достигают  $\Delta P_{sm11} = 3969$  Па. Это связано с уменьшением значения  $V_i$  (согласно формуле (4)  $V_{11} = V_{кв11}$  при  $\alpha_{н.11} = 90^0$ ), а, следовательно, и с увеличением сил лобового сопротивления капель воды. На всех участках газопровода  $P_{ksmi} > P_{ki}$  (обозначим



отклонение значений  $P_{ksmi}$  от  $P_{ki}$  за  $\Delta_{ki} = P_{ksmi} - P_{ki}$ ). Это особенно заметно, когда мы рассматриваем последовательное соединение нескольких участков, например, участок 7-8, где  $\Delta_{к8} = 254,5$  Па. Или отдельные участки большой длины, например участок 10, где  $\Delta_{к10} = 679,3$  Па. Причем, на увеличение значения  $\Delta_{к10}$  влияет не только длина участка, а и наличие на нем скоплений воды. Наибольшее значение  $\Delta_{ki}$  наблюдается на 11-м вертикальном участке, где  $\Delta_{к11} = 4164,8$  Па. Это вызвано в основном, большими значениями  $\Delta P_{ksmi}$ , а также расширением МВС при движении ее вверх.

Приведенные выше результаты расчетов расходных характеристик МВС, согласно математической модели движения МВС на участке дегазационного газопровода показывают, что в случае присутствия воды в ДС, необходимо учитывать потери давления, такие как  $\Delta P_{smi}$ ,  $\Delta P_{суж}$  и  $\Delta P_{води}$ , так как при больших притоках воды из дегазационных скважин в газопровод, они могут достигать существенных значений. В особенности это касается потерь давления  $\Delta P_{smi}$  на вертикальных участках газопровода.

Потери давления  $\Delta P_{нови}$  следует учитывать при  $V_{мвс} > 10$  м/с, так как при меньших значениях  $V_{мвс}$  эти потери будут малы и ими можно пренебречь.

При определении значений  $\Delta P_{smi}$  на участках газопровода, с целью упрощения было допущено, что все капли воды равномерно распределены в  $1\text{ м}^3$  МВС, имеют одинаковую форму и радиус  $r_k$ , причем, значения  $r_k$  зависят лишь от  $V_{мвс}$  на участках. Так как на самом деле мы имеем обратную картину, то для получения достоверной информации о размерах капель влаги в потоке МВС, необходимы экспериментальные исследования. Для этого можно воспользоваться способом улавливания капель воды на пластинку, покрытую сажей [7]. Способ позволяет определять дисперсность капель воды в газовом потоке.

В случае притоков воды в газопроводную сеть, на участках газопровода могут образовываться водяные пробки, приводящие к резкому увеличению, а затем спаду  $\Delta P_{суж}$  (после разрушения пробки), поэтому необходимы экспериментальные исследования этого явления. Тем более что процессы образования и разрушения водяных пробок являются не стационарными процессами, и полученные при их аналитическом исследовании зависимости достаточно сложны и не всегда применимы для инженерных расчетов.

Для уменьшения и предотвращения потерь пропускной способности газопровода в связи с загрязнениями его внутренней поверхности (особенно в местах поворотов газопровода и в пониженных местах) необходимо соблюдение требований к средствам, предотвращающим загрязнение дегазационных трубопроводов, изложенных в нормативном документе [4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Е.М. Левченко. Физическая модель дегазационного участкового трубопровода // Внезапные выбросы угля и газа, рудничная аэрология: Науч. сообщ. / ИГД им. А.А. Скочинского. – М., 1988. – С.127-133.
2. В.А. Стукало., А.Л. Кавера. Анализ состояния и меры по повышению эффективности проветривания и дегазации пластов-спутников шахты «Глубокая» ш/у «Донбасс» // Известия Донецкого горного института, 2002. - №3. – С.54-60.
3. К.К. Бусыгин. О требованиях к герметичности гибких шахтных вентиляционных труб // Уголь Украины. – 1999. - №7. – С.36-38.

4. Руководство по дегазации угольных шахт. - Киев., 2003. - С.109-111.
5. Л.А. Новиков., Т.В. Бунько., И.Е. Кокоулин., Б.В. Бокий. Влияние наличия влаги в дегазационном трубопроводе на его аэродинамические характеристики // Геотехническая механика: Межвед. Сб. науч. тр./ Ин-т геотех. Мех. НАН Украины. – Днепропетровск, 2003. – Вып. 44. – С.27-37.
6. А.М. Морев., И.И. Евсеев. Дегазация сближенных пластов. М. "Недра", 1975, С.141-142.
7. Конорев М.М., Нестеренко Г.Ф. Вентиляция и пылегазоподавление в атмосфере карьеров. Екатеринбург: ИГД УрО РАН. – 2000. – С.132-135.
8. Иванов О.П., Мамченко В.О. Аэродинамика и вентиляторы. Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1986. – С.51-69.
9. А.С. Данильчук., О.С. Туаев. К вопросу о капееже в вертикальных горных выработках // Изв. вузов. Горн. журн. – 1971. - № 1. – С.23-25.

**УДК 622.457.35:681.3.06**

**А.В. Пицък**

## **ДИАЛОГОВАЯ ПРОГРАММА ВЫБОРА ВЕНТИЛЯТОРА И РАСЧЕТА РАСХОДА ВОЗДУХА ДЛЯ ПРОВЕТРИВАНИЯ ТУПИКОВЫХ ВЫРАБОТОК**

Наведено параметри та властивості програми вибору вентилятора і розрахунку розходу повітря, визначені вхідні дані. Зображено алгоритм розрахунку розходу повітря, наведено використовуюємі способи. Дано технічні характеристики необхідного обладнання.

## **THE DIALOGUE PROGRAM OF FAN CHOICE AND ACCOUNT OF AIR CHARGE FOR AIRING DEADLOCK TUNNELS**

There're given parameters and properties of the program of fan choice and air charge account, the initial data are determined. The algorithm of air charge account is represented, the used ways given. The required characteristics of the equipment are given.

Диалоговая программа выбора вентилятора и расчета расхода воздуха направлена на повышение оперативности расчета расхода воздуха для тупиковых выработок, избежания возможных при "ручном" счете ошибок, повышение надежности расчета.

Диалоговая программа обеспечит:

- 1) повышение эффективности расчета требуемого расхода воздуха для проветривания тупиковых выработок;
- 2) повышение точности и надежности расчета;
- 3) надежность и обоснованность принимаемых решений по совершенствованию проветривания тупиковых выработок.

Диалоговая программа расчета расхода воздуха для тупиковых выработок предназначена для:

- 1) совершенствования анализа и перспективного планирования вентиляционных систем действующих шахт;
- 2) расчета требуемого расхода воздуха для проветривания подготовительных и тупиковых выработок шахт в диалоговом режиме непосредственно на шахтах работниками ВТБ (пользователи);
- 3) повышения оперативности и надежности текущего управления проветри-