

- подсистема сбора и обработки экспериментальных данных с датчиков аэродинамической трубы;

- подсистема измерения скорости потока на основе вихревого датчика или датчика давления;

- подсистема регулирования и поддержания скорости потока в аэродинамической трубе.

3.1. Подсистема сбора и обработки экспериментальных данных с датчиков аэродинамической трубы. Подсистема сбора и обработки экспериментальных данных выполнена на базе модуля E14-140 российской фирмы L-CARD.

Разработанная система привязана к имеющемуся ПУТВ (пульт управления тензосами), с помощью которого имеется возможность автономно настраивать тензосы. На аналоговые входы (каналы 0, 1, 2) модуля E14-140 подаются сигналы с тензосов (X , Y , Mz соответственно); сигнал с датчика давления P подключен к аналоговому каналу 3.

Модуль E14-140 подключен к компьютеру через USB-порт. Программа сбора данных опрашивает данные 4-х аналоговых каналов и производит соответствующую обработку и отображение измеренных параметров на экране компьютера.

3.2. Подсистема измерения скорости потока на основе вихревого датчика. Подсистема измерения скорости потока на основе вихревого датчика выполнена на микроконтроллере (МК) AVR ATmega32 фирмы ATMEL. Рабочая программа располагается в электрически перепрограммируемой памяти МК. К МК подключен жидкокристаллический индикатор (ЖКИ), на который выводится показание скорости потока.

Вихревой датчик под действием потока воздуха вырабатывает последовательность импульсов, период следования которых пропорционален скорости потока. Данные импульсы подаются на формирователь импульсов в пульте управления, а затем – в измеритель скорости. Программа, зашитая в МК, преобразует измеренный период импульсов (средний за 20 импульсов) в значение скорости при помощи соответствующего коэффициента, который загружается в память МК из компьютера.

3.3. Подсистема регулирования и поддержания скорости потока в трубе. Данные о скорости потока вводятся в компьютер и постоянно сравниваются с заданным значением. Через 1-й канал ЦАП модуля E14-140 на пульт управления двигателем подается соответствующее управляющее напряжение. Управляющее напряжение формируется либо по пропорциональному закону, либо по ПИД-

закону регулирования (пропорционально-интегрально-дифференциальному), в зависимости от выбора экспериментатора.

4. Программное обеспечение информационно-измерительной системы. Программное обеспечение предназначено для сбора данных с тензосов (компоненты X , Y и Mz), измерения скорости потока в трубе (используя данные либо с вихревого датчика, либо с датчика давления), управления скоростью потока воздуха, а также для математической обработки полученных результатов.

Отображение информации и взаимодействие оператора с программой осуществляется с помощью ряда вкладок, которые отображаются непосредственно на экране монитора. Информация, выводимая на вкладки, поступает из компьютера, а также заносится оператором с помощью «мыши» и клавиатуры.

Заключение. Таким образом, представляемый в данной работе автоматизированный информационно-измерительный комплекс предназначен для ввода данных аэрофизического эксперимента непосредственно в компьютер. Использование системы автоматизации позволяет существенно увеличить эффективность проведения аэрофизического эксперимента.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 09-07-00480) и средств гранта № 6 НГТУ по модернизации лабораторного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кураев А.А., Обуховский А.Д., Однорал В.П., Подружин Е.Г., Саленко С.Д. Лабораторный практикум по аэродинамике. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. – 52 с.
2. Gilyov V.M., Zapryagaev V.I., Zvegintsev V.I., Garkusha V.V., Pishchik B.N. Automatization system for aerophysical experiments // Intern. Conf. on the Methods of Aerophys. Research: Proc. Pt. II. – Novosibirsk, 2002. – P. 63 – 67.

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН С ПНЕВМО-ЭЖЕКЦИОННОЙ ЭВАКУАЦИЕЙ БУРОВОГО ШЛАМА

Гилёв А.В.

*Сибирский федеральный университет
Красноярск, Россия*

Эффективность пневмо-эжекционной эвакуации бурового шлама [1, 2] из взрывных

скважин может быть оценена посредством расчета технико-экономических показателей процесса бурения в сравнении с пневмоочисткой.

Расчет выполнен на основе результатов опытно-промышленных испытаний шнекового пневмо-эжекционного эвакуатора ШПЭ-244,5

на Мазульском известняковом руднике при бурении сложноструктурных блоков в закастованных массивах.

Расход сжатого воздуха, необходимого для эффективного удаления бурового шлама из скважины, F , м³/с, [3]:

$$F = K_B \cdot S \cdot V_3 \cdot \sqrt{\frac{P_3}{z_t \cdot \rho_0 \cdot R \cdot T_t}},$$

где K_B – коэффициент, учитывающий наличие воды в воздухе (при бурении с подачей технологической воды в скважину), $K_B = 1,3–1,5$;

S – площадь поперечного сечения кольцевого пространства призабойной зоны скважины, м² (при бурении долотом Ш 244,5 ОК-ПВ),

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot (D_c^2 - d_d^2),$$

где D_c – диаметр скважины, м; d_d – средний диаметр корпуса долота, м; V_3 – эквивалентная скорость потока сжатого воздуха, которая в нормальных условиях достаточна для выноса

бурового шлама из скважины, $V_3 = 15–20$ м/с; P_3 – давление сжатого воздуха в призабойной зоне скважины, Па:

$$P_3 = P_k - \Delta P_{ш} - \Delta P_d,$$

где P_k – давление сжатого воздуха на выходе из компрессора, Па; $\Delta P_{ш}$, ΔP_d – потери давления сжатого воздуха, соответственно, в пневмосистеме бурового станка и долоте, Па (по расчетам, выполненным с учетом известных исходных данных [4], $\Delta P_{ш} = 0,025 \cdot 10^6$ Па, $\Delta P_d = 0,2 \cdot 10^6$ Па); z_t – коэффициент отклонения от закона идеального газа (при малых значени-

ях P_3 и T_t коэффициент $z_t = 1$); ρ_0 – плотность воздуха при нормальных условиях, $\rho_0 = 1,205$ кг/м³; R – газовая постоянная, $R = 287$ Дж/(кг·К); T_t – температура сжатого воздуха в зоне забоя скважины, равная примерно 300 К.

Расход сжатого воздуха при пневмоочистке скважины:

$$F_{п} = 1,4 \cdot 0,011 \cdot 17 \cdot \sqrt{\frac{0,375 \cdot 10^6}{1 \cdot 1,205 \cdot 287 \cdot 300}} = 0,497, \text{ м}^3/\text{с} (30 \text{ м}^3/\text{мин}).$$

Расход сжатого воздуха при пневмо-эжекционной эвакуации бурового шлама из скважины:

$$F_{пэ} = 1,4 \cdot 0,011 \cdot 17 \cdot \sqrt{\frac{0,225 \cdot 10^6}{1 \cdot 1,205 \cdot 287 \cdot 300}} = 0,386, \text{ м}^3/\text{с} (23 \text{ м}^3/\text{мин}).$$

Необходимая мощность привода компрессора N_k , кВт, бурового станка

$$N_k = 1510,9 \cdot F \cdot (P_k^{0,145} - 0,714).$$

Отсюда необходимая мощность привода компрессора при бурении скважин с пневмоочисткой:

$$N_{\text{кп}} = 1510,9 \cdot 0,497 \cdot (0,6^{0,145} - 0,714) = 161, \text{ кВт.}$$

Необходимая мощность привода компрессора при бурении скважин с пневмо-эжекционной эвакуацией бурового шлама:

$$N_{\text{кпэ}} = 1510,9 \cdot 0,386 \cdot (0,45^{0,145} - 0,714) = 103, \text{ кВт.}$$

От установленной мощности электродвигателей станка СБШ-250 МНА-32 (409 кВт) мощность привода компрессора составляет:
при пневмоочистке скважины от бурового шлама –

$$N_{\text{кп}} = \frac{160 \cdot 100}{409} = 39 \%;$$

при пневмо-эжекционном удалении бурового шлама –

$$N_{\text{кп}} = \frac{103 \cdot 100}{409} = 25 \%;$$

т.е. снижается по сравнению с пневмоочисткой на 14 %.

При уменьшении расходуемой мощности привода компрессора с использованием

пневмо-эжекционной эвакуации бурового шлама снижение годового расхода электроэнергии по сравнению с пневмоочисткой на один буровой станок составляет

$$W = (N_{\text{кп}} - N_{\text{кпэ}}) \cdot T_{\text{ч}} = (161 - 103) \cdot 4016 = 232928, \text{ кВт} \cdot \text{ч.},$$

где $T_{\text{ч}}$ – среднее количество часов работы в год станка СБШ-250 МНА-32, $T_{\text{ч}} = 4016$ ч.

Экономия средств за счет снижения расхода электроэнергии на один буровой станок

типа СБШ при бурении скважин с пневмо-эжекционным удалением бурового шлама составляет

$$\mathcal{E} = W \cdot C_{\text{эл}} = 232928 \cdot 1,23 = 286500 \text{ руб.},$$

где $C_{\text{эл}}$ – принятая средневзвешенная стоимость 1 кВт·ч электроэнергии при потреблении её станком в течение 5000 час в год, руб.

Для 5 станков Мазульского известнякового рудника годовая экономия электроэнергии составит примерно 1,5 млн. руб.

Таким образом, пневмо-эжекционный способ позволяет повысить эффективность процесса эвакуации бурового шлама за счет управления (авторегулирования) его концентрацией посредством изменения режимов подачи сжатого воздуха, снизить энергетические затраты на бурение, осуществить проходку глинистых пород и закарстованных массивов с меньшими расходами на процесс бурения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2281378 Российская Федерация, МПК⁷ E21B 10/44, 49/00. Способ эвакуации бурового шлама из скважины и устройство для его осуществления. / А.В. Гилёв, В.Д. Буткин, В.Т. Чесноков и [др.]. Заявитель и патентообладатель ГАЦМиЗ - № 2004131410/03; заявл. 27.10.04; опубл. 10.08.06, Бюл. № 22.

2. Гилёв, А.В. Совершенствование пневмотранспортных систем буровых станков/А.В. Гилёв, В.Д. Буткин, С.В. Збинец. – Горный журнал. – 2010. - № 12. – С. 45 – 47.

3. Маковой, Н. Гидравлика бурения / Н. Маковой; пер. с рум. М.: Недра, 1986. – 536 с.

4. Перетолчин, В.А. Вращательное и шарошечное бурение скважин на карьерах / В.А. Перетолчин. – М.: Недра, 1983. – 175 с.