УДК 622.143

Р.У. Джураев, М.В. Меркулов

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ДВС ПРИВОДА КОМПРЕССОРА И ИЗБЫТКОВ ВОЗДУХА ПРИ БУРЕНИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН С ПРОДУВКОЙ ВОЗДУХОМ

Бурения с продувкой воздухом в определенных условиях имеет ряд преимуществ. Для бурения разведочных скважин с продувкой воздухом применяют в основном передвижные компрессорные станции с двигателем внутреннего сгорания (ДВС). Однако в этом случае повышается энергоемкость бурения за счет применения компрессорных установок, мощность привода которых значительно больше, чем у насосов, применяемых в аналогичных условиях. Анализ работы передвижных компрессорных установок показывает, что значительная часть энергетических потерь приходится на ДВС привода компрессора, так как не вся сгораемая топлива преобразовывается в полезную мощность. Большее количество тепловой энергии отводится от двигателя в систему охлаждения и уносится с отработавшими газами. Изложена возможность повышения эффективности бурения скважин с продувкой воздухом путем использования утилизационной установки теплоты привода компрессора и избытков воздуха.

Ключевые слова: продувка воздухом, бурение, энергоемкость, скважина, вихревая труба, утилизация теплоты, компрессор, тепловые потери, ДВС.

Одним из прогрессивных и высокоэффективных способов бурения геологоразведочных скважин в определенных условиях является бурение с продувкой воздухом и другими газообразными агентами.

Сущность этого способа заключается в том, что для очистки забоя от разбуренной породы применяется газообразный агент, в частности сжатый воздух. При этом механическая скорость проходки увеличивается от 4–5 раз в более твердых и в 2–3 раза в мягких породах вследствие отсутствия гидростатического давления столба промывочной жидкости и отсутствия

ISSN 0236–1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 7. С. 186–192.

на забое фильтрационной глинистой корки или толстого ламинарного подслоя, которые препятствуют удалению продуктов разрушения породы с забоя. Чем ниже давление на забой, тем меньше требуется усилий для разбуривания породы, и наоборот. Стойкость буровых коронок возрастает от 2 до 5 раз, а иногда и больше. Масштабы увеличения зависят в первую очередь от свойств пород, глубины бурения и наличия водопротоков. При бурении с продувкой воздухом это объясняется отсутствием вторичного измельчения шлама на забое, практически мгновенно выносимого непосредственно из-под рабочих органов породоразрушающих инструментов высоко турбулентным потоком воздуха [4,5].

Однако, температура воздуха, поступающего от компрессора в скважину, на забое значительно увеличивается за счет перехода механической энергии работающего инструмента в тепловую, которая отрицательно сказываются на работе породоразрушающего инструмента за счет высоких контактных температур с различными необратимыми последствиями, также создает опасность возникновения осложнений, при бурении в многолетнемерзлых породах. Полностью устранить такие осложнения, можно лишь применяя дополнительное охлаждение воздуха до температуры, достаточной для поглощения выделенной на забое теплоты [4].

Для обеспечения заданной температуры воздуха при бурении скважин с продувкой используются различные охлаждающие устройства. Применяемые холодильные установки достаточно дорогие и энергоемкие. Нами предлагается применение вихревой трубы в качестве холодильно-нагревательной установки, принцип действия которой основан на эффекте вихревого температурного разделения газа, которая может снизить энергоемкость бурения [1, 5].

Увеличение скорости бурения скважин с продувкой охлажденным воздухом связано с повышением энергоемкости бурения за счет применения компрессорных установок, мощность привода которых значительно больше, чем у насосов, применяемых при бурении с промывкой в аналогичных условиях.

Анализ работы передвижных компрессорных установок показывает, что значительная часть энергетических потерь приходится на ДВС привода компрессора, так как не вся сгораемая топлива преобразовывается в полезную мощность. Большее количество тепловой энергии отводится от двигателя в систему охлаждения и уносится с отработавшими газами. По данным

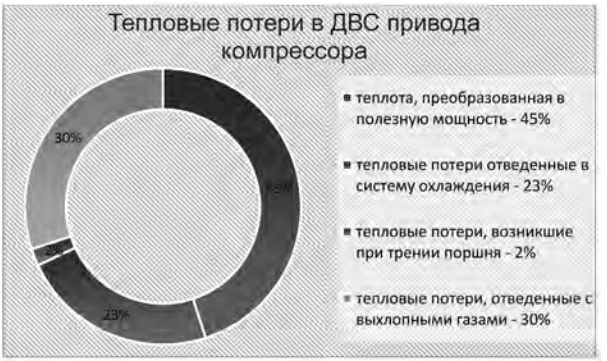

Рис. 1. Диаграмма тепловых потерь в дизельном двигателе привода компрессора

[3] на рис. 1 приведены тепловые потери дизельного двигателя. На геологоразведочных работах применяются поршневые и винтовые компрессорные установки производительностью 4–10 м^3/мин с приводом от дизельных двигателей мощностью 25–75 кВт и расходом топлива 6–16 кг/ч.

При сгорании топливо в ДВС только часть теплоты преобразуется полезную работу. Эта часть определяется эффективным КПД двигателя, величина которого зависит от ряда факторов и в реальных условиях не превышает 30–35% [2, 6]. Все остальное тепло отводится в атмосферу с выхлопными газами и от системы охлаждения двигателя. В настоящее время эта теплота не используется и теряется, загрязняя окружающую среду.

Например, общие потери теплового потока (50–55%) для компрессорной установки ЗИФ-ПВ-8/0,7 с дизельным двигателем Д-243 номинальной мощностью 60 кВт примерно эквивалентны теплоте сгорания 5–6 кг дизельного топлива в час.

При бурении скважин с продувкой воздухом компрессорные установки постоянно работает в номинальном режиме, например, компрессор ЗИФ-ПВ-8/0,7 вырабатывает 8 м^3/мин сжатого воздуха, а для бурения скважин с диаметром 76 мм используется только 3,5–4 м^3/мин, которая подается в скважину, другая часть сбрасывается в атмосферу.

С целью повышения эффективности компрессора и снижения затрат на теплоснабжение при бурении геологоразведочных скважин с продувкой воздухом с применением вихревой трубы нами предлагается следующая система утилизации теплоты ДВС компрессора и нагретого воздуха, выходящего с горячего выхода вихревой трубы (рис. 2).

Схема работает следующем образом: сжатый воздух из ресивера *3* компрессора *1* подается в вихревые трубы *5*, где происходит температурное разделение воздуха на холодный и горячий потоки. После разделения в вихревых трубах *5* холодный поток воздуха подается в скважину. Горячий поток воздуха через сопло *4* смешивается с тепловым потоком, поступающим с выхлопными газами ДВС, и подается в теплообменник *7*. Теплообменник создает сопротивление движению выхлопных газов, что снижает полезную мощность двигателя и повышает его расход топлива. Для снижения вредного влияния сопротивлений теплообменника, горячий поток высокого давления с вихревой трубы подается в сопло, установленное в выхлопном трубопроводе. В сопле происходит эффект эжекции, при котором струя горячего потока воздуха с вихревой трубы выходя с большой скоростью из сопла создает разрежение и увлекает за собой выхлопные газы. При этом снижается сопротивление движению выхлопных газов создаваемое теплообменником, что способствует снижению расхода топлива двигателем.

Схема движения воздушного потока при бурении с продувкой воздухом с применением вихревой трубы приведена на рис. *3*. Горячей поток воздуха отводится к утилизатору теплоты. Сжатый воздух с ресивера компрессора *1*, через влагоотделитель *2*, подается в вихревую трубу *3*, где происходит температурное разделение потоков воздуха. Холодный поток через вертлюг *4* подается в бурильные трубы *5*, охлаждая коронку *7* и очищая забой от шлама, поднимается по кольцевому зазору и поступает через герметизатор *6* устья скважины в шламоуловитель *8*.

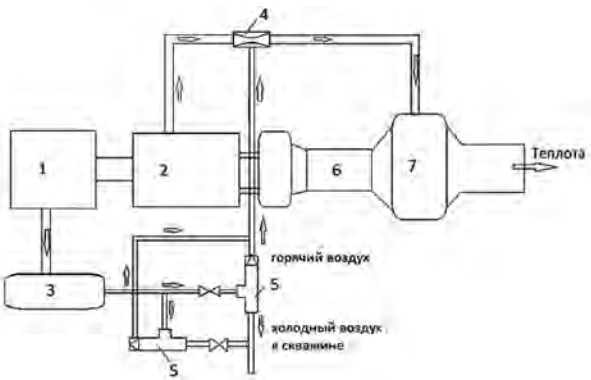

Рис. 2. Схема использования теплоты ДВС компрессора и вихревой трубы: 1 – компрессор; 2 – ДВС; 3 – ресивер компрессора; 4 – сопло; 5 – вихревая труба; 6 – вентилятор; 7 – теплообменник

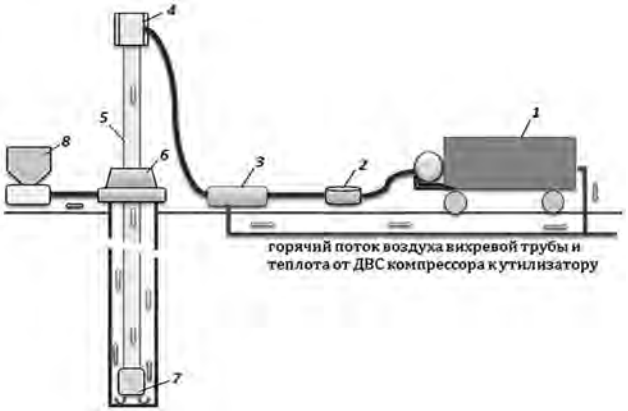

Рис. 3. Схема движения воздушного потока при бурении с продувкой воздухом с применением вихревой трубы: 1 – компрессор; 2 – влагоотделитель; 3 – вихревая труба; 4 – вертлюг; 5 – бурильная труба; 6 – герметизатор; 7 – коронка; 8 – шламоуловитель

Расчеты утилизационной установки для передвижного компрессора с мощностью привода ДВС 46 кВт показали, что тепловой поток, отводимый, системой охлаждения дизеля составляет 42,3 кВт, а тепловой поток, передаваемый выхлопными газами и горячем потоком вихревой трубы в теплообменник 17 кВт. Таким образом, общая мощность источников теплоты передаваемый в теплообменник составляет 59,3 кВт.

Утилизируемую теплоту ДВС компрессора и горячего выхода вихревой трубы, возможно, использовать на отопление объектов производственного и бытового назначения, а также на технологические нужды производства. При этом экономия очевидна, т.к. теплота от ДВС и вихревой трубы непосредственно используется на теплоснабжение объекта, при этом сокращаются закупки топлива для этих нужд. Экономический эффект возрастает от применения такой технологии при ее реализации в условиях постоянного повышения цен на топливо, с учетом затрат на его транспортировку к месту эксплуатации энергоустановки.
Использование утилизируемой теплоты позволит снизить потери теплоты в окружающую среду и повысить КПД энергоисточника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Джураев Р. У.*, *Меркулов М. В.* Результаты экспериментальных исследований вихревой трубки применительно к бурению геологоразве-

дочных скважин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 4. – С. 349–352.

2. *Лимитовский А. М. Меркулов М. В. Косьянов В. А.* Энергообеспечение технологических потребителей геологоразведочных работ. – М.: РГГРУ, 2008.

3. http://www.denisov-vinskiy.ru./energoauditorskoe/list/.

4. *Джураев Р. У.*, *Меркулов М. В.* Анализ бурения скважин с продувкой воздухом // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 12. – С. 327–330.

5. *Джураев Р. У.*, *Меркулов М. В.* О возможности применения вихревых труб при бурении геологоразведочных скважин // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2013. – № 3. – С. 76–78.

6. *Меркулов М. В.*, *Косьянов В. А.* Теплотехника и теплоснабжение геологоразведочных работ. Учебное пособие. Сер. Высшее профессиональное образование. – Волгоград, 2009. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Джураев Рустам Умарханович[1] – аспирант, e-mail: strong0185@mail.ru,
Меркулов Михаил Васильевич[1] – доктор технических наук, профессор,
[1] Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 7, pp. 186–192.

UDC 622.143

R.U. Dzhuraev, M.V. Merkulov

UTILIZATION OF THE HEAT ENGINE DRIVING THE COMPRESSOR AND THE EXCESS AIR WHEN DRILLING EXPLORATION WELLS WITH AIR PURGE

Drilling with air purge under specific conditions has several advantages. For the drilling of exploratory wells with a purge air is a used mainly mobile compressor station with internal combustion engine (ICE). However, in this case the energy intensity increases due to the use of drilling rigs of compressor, a drive power which is considerably greater than the pumps used in similar conditions.

Analysis mobile compressor units work shows that a substantial portion of energy losses in the engine driving the compressor, since not all the combustible fuel is converted into useful power. A larger amount of heat is removed from the engine cooling system and is carried away with the exhaust gases.

In this article we discussed the possibility of increasing the efficiency of drilling wells with scavenging air by the use of a utilization installation of heat drive the compressor and excess air.

Key words: purging air, drilling, energy intensity, borehole, vortex tube, heat recovery, compressor, heat loss, internal combustion engines.

AUTHORS

Dzhuraev R.U.[1], Graduate Student, e-mail: strong0185@mail.ru,
Merkulov M.V.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor,
[1] Russian State Geological Prospecting University
named after Sergo Ordzhonikidze (MGRI-RSGPU), 117997, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Dzhuraev R. U., Merkulov M. V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 4, pp. 349–352.
2. Limitovskiy A. M. Merkulov M. V. Kos'yanov V. A. *Energoobespechenie tekhnologicheskikh potrebiteley geologorazvedochnykh rabot* (Energy supply technology consumer exploration work), Moscow, RGGRU, 2008.
3. http://www.denisov-vinskiy.ru./energoauditorskoe/list/.
4. Dzhuraev R. U., Merkulov M. V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 12, pp. 327–330.
5. Dzhuraev R. U., Merkulov M. V. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka*. 2013, no 3, pp. 76–78.
6. Merkulov M. V., Kos'yanov V. A. *Teplotekhnika i teplosnabzhenie geologorazvedochnykh rabot*. Uchebnoe posobie. Ser. Vysshee professional'noe obrazovanie (Heat engineering and heat exploration. Tutorial. Ser. Higher professional education), Volgograd, 2009.

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА ПО ИЗВЕСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА

Белин Владимир Арнольдович – доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой, НИТУ «МИСиС», e-mail: BVAMGGU@mail.ru,
Ачеева Элина Асламбековна[1] – кандидат технических наук, доцент, e-mail: elina.acheeva@mail.ru,
Гуриева Евгения Юрьевна[1] – кандидат технических наук, доцент, e-mail: gurlika@yandex.ru,
[1] Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ).

Рассмотрены преимущества и недостатки способа пневмозаряжания при ведении взрывных работ. Электризация в зарядном шланге может привести к воспламенению аэровзвеси. Следствием этого может стать незапланированный взрыв. Основные параметры, которые необходимо контролировать в процессе транспортирования, – это электрический заряд и термодинамическая температура гранулированного ВВ. В статье приведена взаимосвязь этих величин и дана таблица максимальных значений электрического заряда, потенциала и максимальной энергии электрического поля для некоторых аэровзвесей.

Ключевые слова: электризация, пневмотранспортирование, разогрев, теплопроводность, электрический заряд, количество теплоты, тепловой поток.

DETERMINING THE MAXIMUM VALUE OF THE ELECTRIC CHARGE BY A KNOWN TEMPERATURE OF EXPLOSIVE INFLAMMATION

Belin V.A., National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia,
Acheeva E.A.[1],
Gurieva E.Yu.[1],
[1] North Caucasus Mining-and-Metallurgy Institute (State Technological University),
362021, Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania, Russia.

Existence of several advantages of such method as pneumocharging allow to use it wide by blasting operations and make urgent research of theoretical basis and safety studies of this method. But it has some disadvantages, namely the electrification in charging hose, which can bring to inflammation of aerosuspension. This may cause an unplanned explosion. To prevent this, it is necessary to study factors that bring to explosive heating by the minimal ignition temperature. The main parameters that are necessary to control during transportation are the electric charge and the thermodynamic temperature of the granular explosive. The article describes the relationship of these quantities and it is given a table of the maximum values of the electrical charge, the potential and the highest possible energy of electric field for some aerosuspension.

Key words: electrization, pneumatictransportation, heating, thermal conductivity, electrical charge, the quantity of heat, thermal flow.