



УДК 622

ВИБРАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА НИЗКОПРОНИЦАЕМЫЕ УГОЛЬНЫЕ ПЛАСТЫ ИСТОЧНИКАМИ НАЗЕМНОГО И ШАХТНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

VIBRATION IMPACT ON LOW PERMEABLE COAL SEAMS BY GROUND AND MINE SOURCES

Павленко Михаил Васильевич

кандидат технических наук, доцент, кафедра БЭГП, Национальный исследовательский технологический университет НИТУ «МИСиС» (горный институт)
mihail_mggy@mail.ru

Аннотация. Увеличение проницаемости угольных пластов, с целью интенсивности трещинообразования, для дегазации массива, достигается при использовании наземного виброгенератора колебаний установленного на скважине, пробуренной с поверхности на газонасыщенный низкопроницаемый массив, через которую было проведено предварительное гидровоздействие. В случае воздействия на угольный массив из подземных выработок воздействие осуществляется с использованием шахтных источников виброколебаний, приложенных колебаний к стенкам параллельных скважин для образования системы равнонаправленных трещин в низкопроницаемом газонасыщенном пласте.

В качестве исследовательской задачи автором была определена попытка оценить применение технологии на шахтных объектах, как с поверхности, так и из подземных выработок с использованием вибрационного воздействия на низкопроницаемый газонасыщенный угольный массив для получения требуемого эффекта и реализации поставленной задачи.

Ключевые слова: угольный пласт, вибрация, скважина, низкопроницаемый, трещина, колебания, газонасыщенный.

Pavlenko Mikhail Vasilyevich

Candidate of Technical Sciences, Associate professor, department BEGP, NUST (MISIS) National research technological University «Moscow Institute of steel and alloys» (Mining Institute)
mihail_mggy@mail.ru

Annotation. The increase in the permeability of coal seams, with the aim of intensity of cracking, for degassing of the array is achieved by using ground vibration generator, oscillations, installed on the well drilled from the surface in low permeability gas-saturated massif, through which conducted a preliminary hydraulic action. In the case of exposure to an array of coal from the underground workings exposure is carried out with the use of mine sources vibration oscillations applied vibrations to the walls of parallel wells for the formation of the system multidirectional cracks in low-permeability gas-saturated layer.

As a research problem, the author has identified an attempt to evaluate the use of technology at mine sites, both from the surface and from underground workings using vibration impact on low-permeable gas-saturated coal massif to obtain the desired effect and the implementation of the task.

Keywords: coal seam, vibration, borehole, low permeability, crack, wobble, gas-saturated.

Востребованность в горной промышленности современных методов увеличения метаноотдачи из газонасыщенных угольных пластов наряду со значительным увеличением глубины разработки и низкой эффективностью используемых традиционных методов привели к снижению эффективности газоотдачи с увеличением глубины разработки.

Одна из основных проблем газоотдачи из низкопроницаемых высокогазоносных угольных пластов – извлечение метана из угольного массива, поэтому особую актуальность приобретают методы, способствующие интенсификации метаноотдачи.

Применяемые в настоящее время традиционные методы дегазации газоносных угольных пластов при подготовке к безопасной и эффективной выемке не дают желаемого результата, а в ряде случаев становятся неприемлемыми. В этой связи проведение исследований в направлении разработки новых эффективных методов по увеличению проницаемости для интенсификации метаноотдачи из низкопроницаемых угольных пластов, которые бы не отличались высокой стоимостью и сложностью осуществления процесса представляют особый интерес.

Одним из методов, который оказывает влияние на процесс интенсификации метаноотдачи, является вибрационное воздействие на газонасыщенный угольный массив через скважину с дневной поверхности. При этом вибрационное воздействие на угольный массив осуществляется как через поверхностные, так и подземные скважины.

Исследования вибрационных воздействий можно рассматривать как очередной этап в увеличении проницаемости под воздействием виброисточников. Воздействие носит как самостоятельный характер, так и в комплексе с гидровоздействием с применением механических и гидравлических генераторов колебаний в трещиновато-пористой среде.

При прохождении вибрационной волны через низкопроницаемый угольный пласт, предварительно подвергнутый гидровоздействию, в массиве образуется система газопроводящих трещин, что способствует увеличению глубины дегазации угольного пласта.



Колебания давления, генерируемого вибраторами, распространяясь в пористой среде и пластовой жидкости, обуславливают появление новых систем трещин и микротрещин в угольном массиве, разрушение пространственной структуры ее составляющих. Возрастает также подвижность границ раздела системы «вода-метан», уменьшается поверхностное натяжение жидкости на границе с твердой поверхностью, возрастает скорость капиллярной пропитки воды в трещиновато-пористой структуре угля. Колебания давления в обводненном пласте способствуют интенсификации процессов пропитки угля, что ведет к увеличению поглотительной способности нагнетательных скважин гидрораздействия, увеличению радиуса обработки угольного пласта и появления новых систем трещин.

По результатам натурных исследований проведенных на шахтном поле эффективным методом воздействия является вибрационный метод, показавший увеличение гидропроводности массива, что связано с вовлечением в зону влияния блочно-трещиноватого массива низкопроницаемого угольного пласта. Внедрение жидкости в угольный массив с целью создания значительной сети трещин в процессе вибровоздействия, через скважину с дневной поверхности рассматривается одной из важных стадий заблаговременной подготовки месторождения к безопасной и эффективной выемке.

Поэтому обработка пласта идет на определенных частотах, при этом на каждом этапе решается своя инженерная задача. Проведенные натурные эксперименты показали, что на первом этапе работ по вибровоздействию в пределах расстояния первых длин волн используется частота 4–6 Гц, при этом образуется дополнительная сеть трещин, которая заполняется водой.

На втором этапе, при котором деформация сжатия в угольном массиве сменяется деформацией растяжения, используется частота 10–15 Гц, идет интенсивный процесс трещинообразования в блочном массиве.

На третьем заключительном этапе, когда размеры блочно-трещиноватого массива составляют 0,1–0,3 м и вибровоздействие выполняется на частоте 30–40 Гц, закачивается жидкость в поры и микropоры, обеспечивается глубокая пропитка массива и объемное насыщение угольного массива водой.

Вибрационная обработка угольного пласта заключается в облучении газонасыщенного массива вибрационным полем ($>1,0 \text{ Вт/м}^2$), при распространении которого возникают эффекты, способствующие интенсификации трещинообразования и притока метана из пласта в скважину. Так, при выполнении вибровоздействия через скважину на угольный пласт (поле шахты «Комсомольская» ОАО «Воркутауголь») с поверхности осуществлялось после гидрораздействия с применением двух электродвигателей самобалансного вибровозбудителя суммарной мощностью 20 кВт, по расчетным данным позволило создать вибрационное поле $1,1\text{--}1,3 \text{ Вт/м}^2$ на расстоянии 50 м от скважины.

В центр научных поисков выдвигается обоснование механизма вибровоздействия на частотах, вызывающих резонанс в угольном пласте и обеспечивающих создание максимально благоприятных условий для возникновения новых систем трещин для устойчивой метаноотдачи из угольного массива. Поэтому требуется научное обоснование подходов к формированию условий и предпосылок применения вибрационного метода воздействия на низкопроницаемый угольный пласт, разработке организационных механизмов технологии воздействия.

Механизм вибровоздействия на угольный пласт, в который предварительно закачана жидкость, заключается в следующем. В процессе гидрораздействия создается одна, реже две гидропроводные системы трещин, при этом вода поступает в мелкие поры и трещины как не смачиваемая фаза в низкопроницаемом массиве и заполняет нижнюю часть пласта, однако в процессе вибровоздействия дренируется по объему угольного массива и поступает в верхнюю, так и в нижнюю часть пласта под действием вибрационной энергии. Если собственная частота системы «уголь-жидкость» совпадает с частотой вибрационного поля, то возникает резонанс, и вибрационная энергия перекачивается в кинетическую энергию жидкости в пласте, что приводит к перемещению её в трещине.

Эти особенности воздействия на жидкость привели к выводу о целесообразности совмещения процесса гидрораздействия и вибрационного знакопеременного воздействия с целью совмещения их основных достоинств. Указанный способ обеспечивает увеличение радиуса воздействия на пласт и зависит от мощности используемого виброисточника колебаний.

Тем не менее, разработка метода воздействия для повышения эффективности дегазации месторождения не должна зависеть только от интенсифицирующих факторов воздействия на пласт, но и отвечать требованиям правильного выбора технологии активного воздействия в соответствии с конкретными геологическими условиями.

Изменением режимов движения жидкости по раскрытым трещинам при вибровоздействии достигается увеличением количества и размеров зияния трещин, а при увеличении времени воздействия процесс реализуется и в поровом пространстве. Необходимо отметить, что в данном случае волновой импульс, полностью сформировавшись в скважине, вызывает изменения в угольном массиве. Область воздействия на угольный пласт принята достаточно широкая и соответствует глубине проникновения жидкости в блоках угольного массива в период гидрораздействия.

Следовательно, вибрационные колебания в угольном пласте, вызывая изменения напряженно-деформационного состояния массива, также оказывают дополнительное влияние на проницаемость и пористость массива.



Выполнены теоретические и проведены практические работы по увеличению проницаемости низкопроницаемого угольного массива при вибрационном воздействии через скважину с дневной поверхности. Даны расчетные рекомендации резонансных частот в зависимости от их глубины залегания угольного пласта.

Литература:

1. Опарин В.Н., Симонов Б.Ф., Юшкин В.Ф. и др. Геомеханические и технические основы увеличения нефтеотдачи пластов в виброволновых технологиях. – Новосибирск : Наука, 2010.
2. Курленья М.В., Симонов Б.Ф., Сердюков С.В., Чередников Е.Н., Колодяжный С.А. Об эффективности вибросейсмического воздействия с дневной поверхности на нефтепродуктивные пласты // Физ.-техн. проблемы разработки полез. ископаемых. – 1998. – № 1. – С. 14-17.
3. Лопухов Г.П. О механизме вибросейсмического воздействия на нефтяной пласт, представленный иерархической блочной средой // Ежегодник ВНИИнефть. – 1996. – С. 63–90.
4. Лопухов Г.П., Павленко М.В., Сальников А.Н. Блочное строение горной породы каменноугольной системы // Горная промышленность. – 2016. – № 4 (128). – С. 68–69.
5. Павленко М.В. Вибрационные воздействия в технологии интенсификации трещинообразования и объемной пропитки жидкостью угольного массива // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : Изд. «Горная книга». – 2017. – № 6. – С. 40–45.
6. Павленко М.В. и др. Вибрационное воздействие через скважину с дневной поверхности с целью увеличения проницаемости угольного массива // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : Изд. «Горная книга», 2001. – № 1. – С. 40–43.
7. Odeh A.S. Mathematical modeling of the behavior of hydrocarbon reservoirs the present and the future / in «Advances in transport phenomena in porous media» Bear J. and Corapcioglu M.Y. eds. // Martinus Nijhoff Publ. – 1987. – P. 821–848.
8. Duhon R.D. An investigation of the effect of ultrasonic energy on the flow of fluids in porous media : Ph.D. thesis, Univ. of Oklahoma. – 1964.
9. Dawe R.A., Mahers E.G., Williams J.K. Pore scale physical modeling of transport phenomena in porous media / in «Advances in transport phenomena in porous media» Bear J. and Corapcioglu M.Y. eds. // Martinus Nijhoff Publ. – 1987. – P. 48–76.

References:

1. Oparin V.N., Simonov B.F., Yushkin V.F., etc. Geomechanical and technical bases of increase in oil recovery of layers in vibrowave technologies. – Novosibirsk : Nauka, 2010.
2. Kurlenya M.V., Simonov B.F., Serdyukov S.V., Cherednikov of E.H., Kolodyazhny S.A. About efficiency of vibroseismic impact from a day surface on petroproductive layers // Fiz.-tekh. problems of development got, minerals. – 1998. – № 1. – P. 14–17.
3. Lopukhov G.P. O burdocks the mechanism of vibroseismic impact on the oil layer presented by the hierarchical block environment // the Year-book Vniineft. – 1996. – P. 63–90.
4. Lopukhov G.P., Pavlenko M.V., Sal'nikov A.N. Block structure of rock of a coal system // Mining industry. – 2016. – № 4 (128). – P. 68–69.
5. Pavlenko M.V. Vibration influences in technology of an intensification of cracking and volume impregnation by liquid of the coal massif // the Mountain information and analytical bulletin. – M. : Prod. «Mountain book». – 2017. – № 6. – P. 40–45.
6. Pavlenko M.V., etc. Vibration influence through the well from a day surface for the purpose of increase in permeability of the coal massif // the Mountain information and analytical bulletin. – M. : Prod. «Gornayaknig», 2001. – № 1. – P. 40–43.
7. Odeh A.S. Mathematical modeling of the behavior of hydrocarbon reservoirs the present and the future / in «Advances in transport phenomena in porous media» Bear J. and Corapcioglu M.Y. eds. // Martinus Nijhoff Publ. – 1987. – P. 821–848.
8. Duhon R.D. An investigation of the effect of ultrasonic energy on the flow of fluids in porous media : Ph.D. thesis, Univ. of Oklahoma. – 1964.
9. Dawe R.A., Mahers E.G., Williams J.K. Pore scale physical modeling of transport phenomena in porous media / in «Advances in transport phenomena in porous media» Bear J. and Corapcioglu M.Y. eds. // Martinus Nijhoff Publ. – 1987. – P. 48–76.