

Колтюбинговое бурение – некоторые проблемы адаптации к скважине

Coiled Tubing Drilling – Some Problems of Adaptation to the Well

В.С. ВОЙТЕНКО, профессор, академик РАН

V.S. VOITENKO, professor, member of the Russian Academy of Natural Sciences

Колтюбинговому бурению присущ целый ряд неоспоримых достоинств, которые и определяют его столь стремительное развитие [1]. Прежде всего, это возможность бурения скважины в целом или отдельных участков ее ствола на депрессии, что позволяет:

1. Разбуривать нефтегазовые и все вышележащие пласты пористых пород, которые могут содержать нефть или газ, при давлении в скважине ниже пластового. Этим предупреждается возможность проникновения в пласт бурового раствора и его частиц, а также исключается отфильтровывание фильтрата из раствора. Тем самым обеспечивается сохранение природных коллекторских свойств пласта и предупреждается снижение будущих дебитов нефти и газа.
2. Выявлять и досконально изучать все перспективные на нефть и газ горизонты по разрезу скважины уже в процессе бурения, что особенно важно при поисково-разведочных работах.
3. Поднимать более достоверные образцы керна.
4. Определять встречаемые в разрезе водяные пласты и пропластки с изучением характера водопритокков и пластовых давлений.
5. Относительно быстро поднимать до поверхности частицы выбуренной породы (нет такого отставания их при подъеме в затрубном пространстве, как при обычном бурении). Поэтому интерпретация геологического разреза скважины по шламу отличается высокой точностью.
6. Резко увеличивать технико-экономические показатели отработки долот (проходка и механическая скорость могут увеличиваться в разы) из-за меньшего угнетающего давления и износа породоразрушающего инструмента,

CTdrilling has a number of undisputable advantages, which provided for its rapid development. [1]. In the first place, this is an opportunity of underbalanced drilling of the whole well or some certain sections of the borehole. It allows for:

1. Destroying O&G and all underlying porous formations, which may contain oil or gas, when the pressure in the well is lower than that in the formation. It prevents the possibility of penetration of drilling mud and its particles into the formation and rules out the possibility of filtering off filtrate from the solution. It guarantees the preservation of the natural collecting properties of the formation and prevents the reduction of future debits of oil and gas.
2. Revealing and thorough studying of all O&G prospective horizons along the well section even during the drilling process, which is especially important for exploration.
3. Lifting more authentic representative core.
4. Defining water formations and interstratified layers occurring in the section, studying the nature of water influx and formation pressure.
5. Relatively fast lifting of the particles of drilled rock up to the surface (there is no such delay in their lifting in the annulus like during conventional drilling). That is why the interpretation of the geological well log according to rock cuttings is very precise.
6. Sharp raise of technical and economic performance of the bit run (bit run drilling rate may be multiplied) due to lesser depression and wearing out of the formation breaking tools as well as better treating of the bottomhole from the drilled cuttings.
7. Identifying Production Index for all promising horizons in time.

а также лучшей очистки забоя от выбуренной породы.

7. Своевременно устанавливать индекс продуктивности всех перспективных горизонтов.
8. Исключить поглощения промывочных растворов при бурении в зонах с аномально низкими давлениями и др.

Следует особо подчеркнуть, что первое из перечисленных преимуществ обеспечивает достижение той важнейшей цели, ради которой и бурится скважина, – достоверное выявление нефтегазоносности и оценку реальных промышленных значений продуктивных пластов в поисково-разведочных и практически стопроцентное получение потенциальных дебитов в эксплуатационных скважинах.

Вместе с тем необходимо учитывать специфические особенности гидравлики колтюбингового бурения: малый затрубный зазор; небольшие скорости восходящего потока в затрубном пространстве; большие потери на гидравлические сопротивления в гибкой трубе; меньшие, чем при традиционном бурении возможности достигнуть эффективного (объемного) режима разрушения породы на забое из-за малой нагрузки на породоразрушающий инструмент, незначительного крутящего момента и достаточно высокой скорости вращения ротора забойного двигателя; ограничение интенсивности закачки бурового раствора в гибкой трубе и наземном оборудовании.

Кроме того, необходимо указать на ограничение применимости колтюбингового бурения горно-геологическими условиями: безопасно его можно применять только в разрезах с консолидированными горными породами (доломиты, известняки, сцементированные песчаники и т.п.).

В районах же с тяжелыми формами проявления горного давления [2] опасность увеличивается и, в первую очередь, из-за нарушений целостности ствола в результате осыпей, обвалов и вязко-пластического течения пород, слагающих стенки скважины, что чревато проработками, затяжками и прихватами инструмента.

Для нормальной адаптации колтюбингового бурения к скважине в таких условиях требуются:

1. Детальная проработка гидравлической программы по определению достаточной гидравлической мощности для вращения долота забойным двигателем, эффективной очистки забоя и обеспечения скорости восходящего потока раствора в затрубном пространстве, достаточной для подъема шлама на поверхность.
2. Выбор типа и параметров бурового раствора

8. Excluding absorption of the sludge during drilling in abnormally low pressure, etc.

It should be stressed that the first of the above-mentioned advantages guarantees achieving of the principal objective of well drilling that is reliable delineation of O&G contact and assessment of production formations economic value in exploration wells and assurance of receiving potential debit in production wells.

At the same time the peculiarities of CT drilling hydraulics should be taken into account: low hole clearance, low ascending flow velocity in the annular space; high loss for flow resistance in CT; more limited, as compared to traditional drilling, possibilities for achieving an effective mode of bottomhole rock breaking due to low load on rock-breaking tool, low torque and high rotation speed of the downhole motor; limited drilling mud injection in CT and surface equipment.

Besides, it is necessary to point to limitations imposed on CT drilling by geological factors: Its safe use is possible only in consolidated rock sections (dolomites, limestone, cemented sandstone, etc).

In the regions with severe forms of ground pressure [2] the danger increases. Mostly due to the fact that the integrity of the borehole is violated by slides, cavings, visco-plastic flow of rocks, constituting the well walls. Such a situation may result in wiper trips, tight pull and sticking of the tools.

The following conditions are necessary to adapt CT drilling to such a well:

1. Detailed hydraulic program on defining the necessary hydraulic power for rotating the bit with a downhole motor, effective bottomhole clearance and providing of velocity of the ascending flow in the annular space, high enough for lifting the cuttings to the surface.
2. Selection of the type and characteristics of the drilling mud with good lubricities, providing for maximal stability of rocks in the well walls.

The second objective can be successfully met by a clear understanding of the mechanism of rock pressure manifestations.

The essence of the contemporary views on the problem comes down to the following.

Having adapted to the conditions of all-around compression, the rocks acquire in the process of development certain relatively stable properties, including concrete density, poriness, permeability, springiness and margin of elastic energy. In case the original stress field in the massif is produced by the influence of gravity alone, the value of this energy can be roughly defined as the product of formation depth and the weighted mean of the density of overlying (till day surface) formations.

с хорошими смазочными свойствами, обеспечивающего максимальную устойчивость горных пород в стенках скважины.

Вторая задача успешно может быть решена на основе ясного понимания механизма проявлений горного давления в скважине.

Суть современных представлений по этой проблеме сводится к следующему.

В результате приспособления к условиям всестороннего сжатия горные породы в процессе формирования приобретают определенные относительно устойчивые свойства, в том числе определенную плотность, пористость, проницаемость, влажность и запас упругой энергии. Если начальное поле напряжений в горном массиве сформировано только под влиянием силы тяжести, то величину этой энергии можно ориентировочно определить как произведение глубины залегания породы на средневзвешенное значение плотности вышележающих (до дневной поверхности) пород.

Вскрытие горного массива нарушает установившееся состояние изостазии. Около скважины формируется локальное силовое поле с максимальной концентрацией напряжений на ее стенке.

Природные факторы так же, как и в случае нарушения равновесия горного массива тектоническими силами, начинают работу по восстановлению состояния изостазии. Но из-за концентрации напряжений, гидродинамического и физико-химического воздействия бурового раствора этот процесс около скважины протекает более интенсивно. Причем главное заключается не столько в повышении отдельных компонент напряжений, сколько в том, что их распределение становится существенно отличным от гидростатического. Новые компоненты напряжений способствуют развитию различно направленных деформаций.

Когда несущая способность пород оказывается недостаточной, то около скважины образуется некоторая предельная область, или область пониженных напряжений (рисунок 1). Породы в этой области могут претерпевать весь спектр неупругих деформаций: от хрупкого разрушения до вязкопластичного течения. В результате они увеличиваются в объеме и перемещаются в ствол скважины. При этом напряжения в предельной области уменьшаются, происходит разрядка упругой энергии пласта.

Количество упругой энергии, расходуемой на перемещение породы, пропорционально коэффициенту ее объемного сжатия, глубине залегания, мощности пласта и радиусу влияния скважины.

Uncovering of the rock massif breaks the established isostasy condition. Local force field is created near the wall with maximal concentration of stress on its wall.

As in the case of breaking rock massif balance by tectonic forces, the natural factors begin to restore the isostasy state. Due to concentration of stress, hydrodynamic and physic-chemical influence of the drilling mud, this process is going on more intensively near the well. The main reason is not the rise of certain components of stress, but the fact that their distribution substantially differs from their distribution in hydrostatic condition. New components of stress contribute to the development of differently directed deformations.

When the bearing capacity of the rock is insufficient, a critical undertension area is produced near the well (Figure 1). The rocks in this area can be subjected to all kinds of inelastic stress: from brittle crushing to viscoplastic flow. As a result they grow in size and move to the borehole. At the same time the stress in the critical area reduces with discharge of elastic stress energy of the formation.

The amount of elastic energy, consumed for overburden recasting is proportional to the coefficient of its volumetric contraction, occurrence depth, formation thickness and radius of well impact.

The destruction of rocks in nearwellbore depends on the intensiveness of acting stresses, rheological properties and completion velocity.

Under certain conditions the discharge of elastic energy may be accompanied by bursts, slides and cavings. The possibility of such phenomena increases with the depth of the well, high velocity and pore pressure.

The processes near the well develop in time and reflect various forms of geopressure, which may end either at the stage of new stress field emergence (in such case the deformations remain elastic) or may be accompanied by non-elastic deformations (an area with rocks in critical conditions appears).

In the first case the borehole and integrity of its support remain intact. The negative impact of geopressure in this case can affect only the filtering properties of the productive formation in the near-wellbore area.

The second form of geopressure is accompanied by formation of cavings and well narrowing. Cavings emerge in case of brittle crushing. The well narrowing prevails in the conditions of visco-plastic flow. In case the borehole is fixed, additional loads weight on the production string.

Under invariable initial conditions the

Разрушение пород в приствольной зоне зависит от интенсивности действующих напряжений, реологических свойств и скорости вскрытия горного массива.

При определенных условиях разрядка упругой энергии может сопровождаться «стрелянием», осыпями и обвалами пород. Вероятность этих явлений повышается с глубиной скважины, с увеличением механической скорости бурения и поровых давлений.

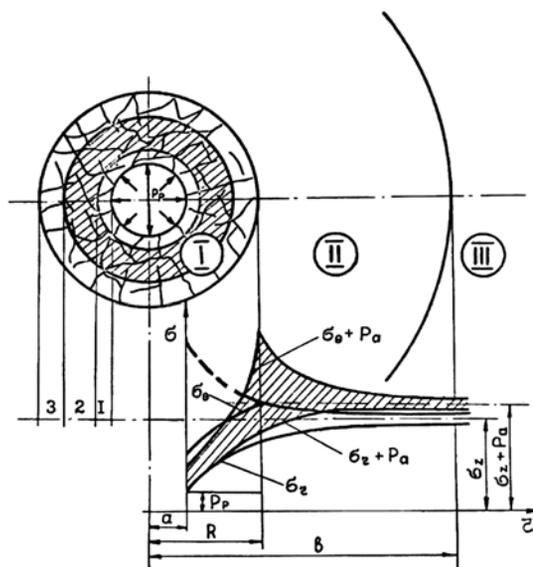
Процессы около скважины развиваются во времени и отражают различные формы проявлений горного давления, которые могут заканчиваться либо на стадии образования около нее нового поля напряжений (при этом деформации около нее остаются в пределах упругих), либо сопровождаются неупругими деформациями (т.е. образованием области, в которой породы переходят в предельное состояние).

При первой форме ствола скважины и целостность ее крепи не нарушаются. Отрицательное последствие проявления горного давления в этой форме может сказываться только на ухудшении фильтрационных свойств продуктивного пласта в приствольной зоне.

Вторая форма проявления горного давления сопровождается кавернообразованием и сужением стволов скважины. В случае хрупкого разрушения происходит кавернообразование. Когда же превалирует вязкопластичное течение – сужение ствола. Если ствол будет закреплен, то в последнем случае на обсадную колонну начнут действовать дополнительные нагрузки.

При неизменных начальных условиях после реализации упругой энергии в пределах влияния скважины развитие предельной области заканчивается и вместе с ним должны прекратиться осложнения, обусловленные проявлениями горного давления. В частности, в случае незакрепленной скважины новое равновесное состояние наступит, когда в ствол будет «выдавлен» объем породы, равный разности объемов породы, заключенной в области пониженных напряжений до и после перехода ее в предельное состояние, или пока не будет израсходован излишний для нового состояния изостазии запас упругой энергии пласта в пределах влияния скважины. Если ствол скважины будет закреплен раньше, чем произойдет реализация процесса, то неизрасходованная часть этой энергии может быть передана на крепь скважины в виде горного давления.

В реальных условиях эти явления могут носить более сложный характер, например, из-за возможных перемещений по вертикали



1 – $n \geq 5$; 2 – $n = 3$; 3 – $n < 3$; a, R, b – радиусы соответственно ствола, предельной области, влияния скважины; $\sigma_z, \sigma_r, \sigma_\theta$ – главные нормальные напряжения, соответственно осевое, кольцевое, радиальное; P_p – гидратационные напряжения; r – текущий радиус; P_p – давление столба бурового раствора.

Рисунок 1 – Схема проявления горного давления в скважине. I – предельная область; II – область упругих деформаций; III – нетронутый горный массив

1 – $n \geq 5$; 2 – $n = 3$; 3 – $n < 3$; a, R, b – radii of borehole, critical area, well impact respectively; $\sigma_z, \sigma_r, \sigma_\theta$ – principal normal stresses, axial, circular and radial, respectively; P_a – hydration stresses; r – reference radius; P_p – pressure of mud column.

Figure 1 – Scheme of ground pressure in the well. I – critical area; II – area of elastic deformations; III – intact mass

expansion of critical area stops after the elastic energy act. Complications, prompted by geopressure, end at the same time. In case the well is not fixed, new equilibrium occurs, when the rock volume will be pressed into the borehole. This volume should be equal to the difference between the volumes of rocks in the undertension area before and after its transition into the critical state. The equilibrium can also be reached, when the reserve of the elastic energy of the formation near the well, which is excessive for a new state of isostasy, is exhausted. In case the borehole was fixed before the process, the unspent energy (geopressure) may be transmitted to the support of well.

In real conditions these phenomena may be more complicated, because of the possible vertical movement of the rocks, constituting the formation. If we assume that the overlying deposits are going to subside, the process of arching into the well will be practically continuous, though it may be less intensive than in the beginning.

In case the fluid (oil, gas, etc.) is extracted from the well with pore component falling till the

пород, вмещающих пласт. Если допустить, что вышелегающие породы будут оседать, то процесс «выдавливания» пород в ствол скважины будет практически непрерывным, хотя, возможно, и менее интенсивным по сравнению с начальным периодом.

В случае отбора флюида (нефть, газ и др.) из пласта, если будет допущено падение поровой компоненты до критического значения, когда порода не выдержит возрастающих эффективных напряжений, может начаться «дискование» пласта с разделением его на отдельные замкнутые блоки. Это явление чревато ранним обводнением скважины и резким снижением нефтегазоотдачи.

Напряженно-деформированное состояние горных пород в пристволевой зоне может в значительной степени изменяться из-за физико-химического воздействия бурового раствора: увлажнение, адсорбционное разупрочнение, действие гидратационных напряжений, растворение, выщелачивание и т.д.

В глинистых породах при определенных условиях около скважины может образоваться защитная оболочка, или зона динамического равновесия (рисунок 1) с влажностью, соответствующей трем – четырем значениям энергетического параметра (n):

$$n = \frac{G}{G_m S_0}, \quad (1)$$

где G – весовая влажность породы;

G_m – количество жидкости, необходимое для образования 1 м^2 мономолекулярного слоя (для воды $G_m = 3 \cdot 10^{-7}$ кг);

S_0 – удельная поверхность породы.

Прочность породы при такой влажности еще достаточно высокая. В то же время при этих условиях могут активно протекать процессы осмотической дегидратации и ионообменные, сопровождающиеся переходом слабосвязанной воды в прочносвязанную.

В соляных породах образование зоны динамического равновесия возможно в связи с тем, что здесь увлажнение идет с одновременным растворением.

В результате растворения вода насыщается солью. С увеличением же ее минерализации процессы растворения и увлажнения замедляются.

Перечисленные явления (наряду с перераспределением напряжений и снижением диффузионных и эрозионных процессов в результате уменьшения скорости восходящего потока и образования застойных зон в кавернах) могут замедлить или полностью предотвратить развитие предельной области и, следовательно, сужение и кавернообразование ствола скважины.

Таким образом, эти осложнения являются

critical point and the rock failing to resist the growing actual stress, diskings of the formation may begin with its further division on separate closed section. This phenomenon may result in early flooding and production fall.

The stressed-deformed state of rocks in the near-wellbore area may be substantially altered by physical-chemical impact of the drilling mud: sludging, absorption weakening, action of aquatic stress, resorption, desalination, etc.

Protective sheath or steady state area may appear in argillaceous rocks under certain conditions (Figure 1). Its humidity corresponds to 3–4 values of the energy parameter. (n)

$$n = \frac{G}{G_m S_0}, \quad (1)$$

with G – gravimetric rock humidity;

G_m – amount of liquid, necessary for production of 1 m^2 of unimolecular layer (for water $G_m = 3 \cdot 10^{-7}$ kg);

S_0 – rock surface area.

Under such humidity the rock strength is still high enough. At the same time such conditions can give way to osmotic dehydration and ion-exchange processes, during which the loosely-coupled water becomes absorbed.

In saliferous rocks the emergence of the zones of dynamic equilibrium is possible, because humidification is going on simultaneously with resorption.

As a result of resorption the water is saturated with salt. As it gets more mineralized, the processes of resorption and humidification go slower.

The above-mentioned phenomena (alongside redistribution of stress and lowering of the diffusion and erosion processes as a result of lower speed of the ascending flow and emergence of static zones in the caverns) may slow down or completely prevent the spread of the critical area and, consequently narrowing and caving of the well.

Thus, these complications are brought about the development of critical area. That is why the efforts of the specialists should be concentrated on development and implementation of activities preventing this occasion.

When the section has weak rocks (clay, saliferous rocks), especially with high pore pressure, this goal is often almost unattainable. In such case measures are necessary to create the protective sheath in the near-wellbore area and use the positive aspects of the geopressure.

The first objective is achieved by using special recipes of drilling mud, the second one is obtained by a variety of engineering methods

следствием развития предельной области. Поэтому усилия специалистов должны быть направлены первую очередь на разработку и реализацию мероприятий, предупреждающих ее появление.

При наличии в разрезе очень слабых пород (глинистые, соляные и т.п.), особенно с высокими поровыми давлениями, эта цель часто оказывается практически недостижимой. В таких случаях должны быть предприняты меры, способствующие формированию в пристволенной зоне защитной оболочки или позволяющие использовать в нужном направлении нежелательные последствия проявления горного давления.

Первое достигается применением специальных рецептур буровых растворов, второе – комплекса таких инженерных методов, как направленное использование кавернообразования, отбор породы из предельной области, специальные режимы бурения, выделение интервалов, опасных в отношении нарушения обсадных колонн, проверка сопротивляемости обсадных труб смятию горным давлением и др.

Для реализации физико-химических факторов управления проявлениями горного давления необходимо, чтобы специалисты имели на вооружении надежный метод оценки совместимости буровых растворов с горными породами.

На основании специально проведенных нами исследований установлено, что цель количественного прогнозирования поведения горных пород при контакте с буровым раствором достигается путем испытания деформирования образцов породы в его среде в условиях одноосного сжатия при интенсивности напряжений и температуре (100 °C), соответствующих глубине залегания изучаемого пласта.

Эти испытания отличаются от методов набухания большей информативностью, а от опытов на образцах – моделях скважин – простотой, оперативностью и доступностью.

Испытания выполняют на установке рычажного типа (рисунок 2), в которой поддерживается постоянная в течение опыта нагрузка и осуществляется регистрация деформирования образцов с помощью записывающего устройства.

Глубина залегания породы учитывается через интенсивность напряжений $i = \sigma_{\phi} / \sigma_0$ (σ_{ϕ} – напряжение испытания образцов; σ_0 – их кратковременная прочность). С этой целью в соответствии с гипотезой прочности Губера определяют критическую глубину $h_{кр}$, на

like the targeted use of caving, selection of rock from the critical area, special drilling modes, defining intervals, dangerous for the production strings, examination of casing pipes' resistance to geopressure crushing.

In order to implement the physical-chemical factors of geopressure control, the experts should have a reliable method for assessing of drilling muds with various types of rocks.

Special research activities helped to find out that the quantitative forecasting of the rock response to drilling muds can be made by testing the deformed rocks in their environment and in the conditions of uniaxial compression, intensive pressure and temperature (100 °C), corresponding to the depth of the explored formation.

These tests give more information than swelling methods, and they are simpler, more available and operational than tests on samples of well models.

The tests are done on lever-type units (Figure 2), which have constant load during the experiment. The units register the deformed rocks with the help of a recording device.

The stratification depth is calculated via stress intensity $i = \sigma_{\phi} / \sigma_0$ (σ_{ϕ} – stress of samples testing; σ_0 – their short-term resistance power). Therefore, in compliance with Huber's strength hypothesis, the critical depth $h_{кр}$, at which the rock in the well wall is going to enter the critical state, is defined

$$h_{кр} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\sigma_0}{g(\rho_n - \rho_p)} \quad (2)$$

The stress for the depth $h < h_{кр}$ is calculated by formula

$$\sigma_{\phi} = \frac{1}{3} \sigma_0 \frac{h}{h_{кр}} \quad (3)$$

In case, when $h > h_{кр}$, the formula goes like this

$$\sigma_{\phi} = \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_0 \quad (4)$$

On the ground of experimental data, the coefficient of stability \mathfrak{N} , taking into account the softening action of the solution, is defined by formula,

$$\mathfrak{N} = \frac{\mathfrak{E}_b t_p}{\mathfrak{E}_p t_b} \quad (5)$$

with $\mathfrak{E}_b, \mathfrak{E}_p$ – absolute values of the ultimate strain of rock samples during test time in compensation liquid and drilling mud, respectively; t_p – time of testing sample in the drilling mud; t_b – time from the torque test till destruction of the sample in the control liquid.

Distilled water or solution from the drilling well

которой порода в стенке скважины перейдет в предельное состояние:

$$h_{кр} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\sigma_0}{g(\rho_n - \rho_p)} \quad (2)$$

Для глубины $h < h_{кр}$ напряжение испытания вычисляют по формуле

$$\sigma_\phi = \frac{1}{3} \sigma_0 \frac{h}{h_{кр}} \quad (3)$$

В случае $h > h_{кр}$ принимают

$$\sigma_\phi = \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_0 \quad (4)$$

На основании опытных данных коэффициент устойчивости N , учитывающий разупрочняющее действие раствора, определяют по формуле

$$N = \frac{\epsilon_b t_p}{\epsilon_p t_b} \quad (5)$$

где ϵ_b, ϵ_p – абсолютные значения предельных деформаций образцов породы за время испытания, соответственно, в контрольной жидкости и буровом растворе; t_p – время испытания образца в буровом растворе; t_b – время от момента нагружения до разрушения образца в контрольной жидкости.

В качестве контрольной жидкости или жидкости сравнения в зависимости от цели испытаний можно использовать дистиллированную воду или раствор из бурящейся скважины.

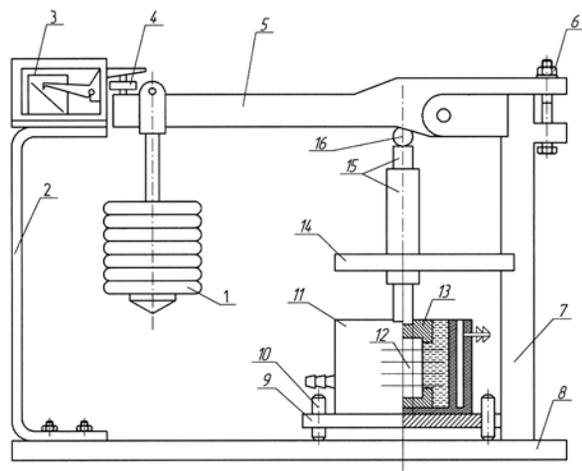
Коэффициент устойчивости может изменяться в широком диапазоне: от единицы в контрольной жидкости до 5000 и более в растворах на углеводородной основе. Его значение может быть и меньше единицы, если разупрочняющее действие испытуемого раствора будет больше, чем контрольной жидкости.

Буровой раствор с наибольшим значением коэффициента устойчивости обеспечит максимальную устойчивость горной породы в стенках скважины.

Эффективность изложенного интегрального метода оценки разупрочняющего действия бурового раствора подтверждена масштабными лабораторными исследованиями и натурными наблюдениями. ☉

ЛИТЕРАТУРА

1. Колтюбинг: основы и практика применения в горном деле / В. С. Войтенко [и др.]; под общ. ред. В. С. Войтенко – Минск: Юнипак, 2007. – 584 с.
2. Киреев, А. М. Управление проявлениями горного давления при строительстве нефтяных и газовых скважин / А. М. Киреев, В. С. Войтенко. – Тюмень: Экспресс, 2006. – Том I – 280 с.



1 – груз; 2 – стойка; 3 – записывающее устройство; 4 – регулировочный винт; 5 – рычаг; 6 – натяжной болт; 7 – стойка; 8 – основание; 9 – плита; 10 – шпилька; 11 – сосуд для жидкости с термостатирующей рубашкой; 12 – образец горной породы; 13 – вкладыши; 14 – кронштейн; 15 – плунжерная пара; 16 – шарик.

Рисунок 2 – Экспериментальная установка для исследования влияния буровых растворов на деформируемость образцов горных пород в условиях одноосного сжатия при температуре до 100 °С

1 – load; 2 – column; 3 – recording device; 4 – setting screw; 5 – lever; 6 – adjusting bolt; 7 – column; 8 – footing; 9 – stove; 10 – pin; 11 – liquid vessel with thermostat case; 12 – sample of rock; 13 – follower; 14 – support; 15 – plunger pair; 16 – ball.

Figure 2 – Experimental unit for studying the impact of drilling muds on deformation of rock samples under conditions of uniaxial compression and the temperature of 100 °C

may be used as a control liquid or comparison liquid depending on the objective of testing.

The stability coefficient may change in a wide diapason: from 1 in the control liquid till 5 000 and more in hydrocarbon-based solution. Its value can be below 1, if the weakening impact of the tested solution exceeds that of the control liquid.

The drilling mud with the biggest stability coefficient is going to provide the maximal stability of the rocks in well walls.

The efficiency of the given integral method of evaluation of the drilling mud weakening impact is confirmed by large-scale laboratory research work and natural observations. ☉

REFERENCES

1. Coiled tubing: theory and practice of application in mining. / V. S. Voitenko [et alia]; edited by V. S. Voitenko – Minsk: Unipak, 2007. – p. 584.
2. Kireyev, A. M. Geopressure management during the construction of oil and gas wells. / A. M. Kireyev. V. S. Voitenko. - Tyumen: Express, 2006. – V. I – p. 280.