

УДК 622.24.05 (031); <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2022-6.04>

<https://orcid.org/0000-0002-9737-840X>

<https://orcid.org/0000-0003-1095-7431>

<https://orcid.org/0000-0001-9875-3008>

## ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЕ БУРЕНИЕ СКВАЖИН



**Т.Н. МЕНДЕБАЕВ<sup>1</sup>**,  
доктор технических наук,  
заслуженный деятель РК,  
главный научный сотрудник,  
[nvc\\_almas@mail.ru](mailto:nvc_almas@mail.ru)



**Н.Ж. СМАШОВ<sup>1</sup>**,  
доктор PhD, директор,  
[nur\\_cm@mail.ru](mailto:nur_cm@mail.ru)



**Ж.К. НУРХАНОВА<sup>2</sup>**,  
менеджер,  
[zhaniya.nurkhanova@bk.ru](mailto:zhaniya.nurkhanova@bk.ru)

<sup>1</sup>ТОО «НАУЧНО-ВНЕДРЕНЧЕСКИЙ ЦЕНТР «АЛМАС»,  
Республика Казахстан, 050009, г. Алматы, проспект Абая, 153, оф. 43

<sup>2</sup>ТОО «АВИК»,  
Республика Казахстан, г. Астана, ул. Иманова, 14

*Решение проблем сооружения глубоких скважин возможно при создании забойных средств принципиально на новой идейной основе, привлечением физических принципов, технических решении нетрадиционных в области буровой техники. Важно учесть энергетические ресурсы, нарастающие с глубиной.*

*Следуя этой концепции, исходя из задач геологоразведки, разработана и внедрена в производство бурения скважин забойная компоновка, конструктивными особенностями и технологическими возможностями ориентированная на комплексное решение проблем проводки скважин.*

*Конструктивно забойная компоновка, нацеленная на максимальное использование потенциальной энергии рабочей жидкости универсальна, предназначена для бурения скважин с отбором керна увеличенного диаметра (100 и более мм), так и со сплошным забоем.*

*Кроме наружной трубы и керноприемника, забойная компоновка оснащена алмазными бурильными головками со ступенчатой матрицей, с отдельной системой промысловых каналов, совокупно реализующие эффект гидромеханического разрушения горных пород. Введением в состав забойной компоновки турбулизатора-расширителя, преобразующего восходящего потока во вращательно-восходящий, эффективно решена проблема удаления шлама из-под торца ступенчатой матрицы.*

*Производственные испытания забойной компоновки с отбором керна прошли на месторождении полиметаллов Центрального Казахстана, сплошным забоем при бурении скважин подземных вод на территории Алматинской области.*

По результатам производственных испытаний установлено, что гидромеханическое разрушение горных пород особенно эффективно в сочетании с алмазными бурильными головками со ступенчатой матрицей. Присутствие в составе забойной компоновки турбулизатора-расширителя, позволило заметно увеличить количество поступающего шлама выбуренной породы в зумпф скважины, особенно при бурении скважин со сплошным забоем.

В сопоставимых геолого-технических условиях бурения скважин, серийные колонковые наборы HQ, диаметром бурения скважин 95,6 мм имели показатели: затраты энергии – 2,1 – 2,4 кВт/час, выход керна диаметром 63 мм – 93%, удельная кусковатость керна – 5 – 8 шт/на погонный метр бурения, углубка осуществлялась при осевой нагрузке 2200 – 2500 кгс, частоте вращения 500 – 700 об/мин.

Аналогичные показатели забойной компоновки: затраты энергии – 1,2 – 1,5 кВт/час, выход керна – 98 – 100%, удельная кусковатость – 2 – 3 шт, осевая нагрузка – 700 – 900 кгс, частота вращения – 300 – 400 об/мин.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бурение, скважина, жидкость, гидромеханическое, компоновка, бурильная головка, турбулизатор-расширитель.

## ҰҢҒЫМАЛАРДЫ ГИДРОМЕХАНИКАЛЫҚ БҰРҒЫЛАУ

**Т.Н. МЕНДЕБАЕВ**<sup>1</sup>, техника ғылымдарының докторы, ҚР еңбек сіңірген қайраткері, бас ғылыми қызметкер, [nvc\\_almaz@mail.ru](mailto:nvc_almaz@mail.ru)

**Н.Ж. СМАШОВ**<sup>1</sup>, философия докторы PhD, директор, [nur\\_cm@mail.ru](mailto:nur_cm@mail.ru)

**Ж.Қ. НҰРХАНОВА**<sup>2</sup>, менеджер, [zhaniya.nurkhanova@bk.ru](mailto:zhaniya.nurkhanova@bk.ru)

<sup>1</sup> ЖШС «АЛМАС» ҒЫЛЫМИ-ЕНГІЗУ ОРТАЛЫҒЫ  
Қазақстан Республикасы, 050009, Алматы қ., Абай даңғылы, 153, 43 кеңсе

<sup>2</sup> ЖШС «АВИК»  
Қазақстан Республикасы, Астана қ-сы, Иманов к-сі, 14

Терең ұңғымаларды салу мәселелерін шешу түбегейлі жаңа идеологиялық негізде кенжарларды құру, физикалық принциптерді тарту, бұрғылау техникасы саласындағы дәстүрлі емес техникалық шешімдер кезінде мүмкін болады. Тереңдікте өсетін энергия ресурстарын ескеру маңызды.

Осы тұжырымдамаға сүйене отырып, геологиялық барлау міндеттеріне сүйене отырып, Ұңғымаларды бұрғылау өндірісіне Ұңғымаларды жүргізу мәселелерін кешенді шешуге бағытталған конструктивтік ерекшеліктері мен технологиялық мүмкіндіктері бар кенжарлық орналасу әзірленді және енгізілді.

Құрылымдық жағынан, жұмыс сұйықтығының потенциалдық энергиясын барынша пайдалануға бағытталған кенжар орналасуы әмбебап болып табылады, диаметрі ұлғайтылған өзекті (100 және одан да көп мм) іріктеумен және үздіксіз кенжармен ұңғымаларды бұрғылауға арналған.

Сыртқы құбыр мен керней қабылдағышынан басқа, кенжар орналасуы тау жыныстарының Гидромеханикалық бұзылуының әсерін жиынтықта жүзеге асыратын жуу арналарының бөлек жүйесі бар сатылы матрицасы бар алмазды бұрғылау бастарымен жабдықталған. Жоғары ағынды айналмалы-жоғары ағынға айналдыратын кенжардың орналасуын енгізу арқылы сатылы матрицаның ұшынан шламды шығару мәселесі тиімді шешілді.

Орталық Қазақстанның полиметалл кен орнында, Алматы облысының аумағында жер асты суларының ұңғымаларын бұрғылау кезінде үздіксіз кенжарда Кернді іріктеумен кенжар құрамының өндірістік сынақтары өтті.

Өндірістік сынақтың нәтижелері бойынша тау жыныстарының Гидромеханикалық бұзылуы әсіресе сатылы матрицасы бар Гауһар бұрғылау бастарымен үйлескенде тиімді екендігі анықталды. Турбулизатор-кеңейткіштің кенжар орналасуының құрамында болуы

ұңғыманың зумпф-в, әсіресе үздіксіз кенжары бар Ұңғымаларды бұрғылау кезінде, бұрғыланған жыныстың түсетін шламының мөлшерін едәуір арттыруға мүмкіндік берді.

Ұңғымаларды бұрғылаудың салыстырмалы геологиялық-техникалық жағдайларында ұңғымаларды бұрғылау диаметрі 95,6 мм HQ сериялық бағаналы жынықтықтары көрсеткіштерге ие болды: энергия шығыны – 2,1-2,4 кВт/сағ, диаметрі 63 мм өзек шығымы-93%, өзектің меншікті кесіндісі – бұрғылаудың бір метріне 5-8 дана/, бұрғылау 2200-2500 кгс осьтік жүктеме кезінде жүзеге асырылды, айналу жиілігі 500-700 айн/мин.

Кенжардың орналасуының ұқсас көрсеткіштері: энергия шығыны – 1,2-1,5 кВт/сағ, ядро шығымы – 98-100% диаметрі 112 мм, меншікті кесіндісі-2-3 дана, осьтік жүктемесі – 700-900 кгс, айналу жиілігінде – 300-400 айн/мин.

**ТҮЙІН СӨЗДЕР:** бұрғылау, ұңғыма, сұйықтық, гидромеханикалық, орналасу, бұрғылау басы, турбулизатор-кеңейткіш.

## HYDRO-MECHANICAL DRILLING OF WELLS

**T.N. MENDEBAEV**<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Honored Worker of the Republic of Kazakhstan, Chief Researcher, [nvc\\_almas@mail.ru](mailto:nvc_almas@mail.ru)

**N.ZH. SMASHOV**<sup>1</sup>, PhD, Director, [nur\\_cm@mail.ru](mailto:nur_cm@mail.ru)

**ZH.K. NURKHANOVA**<sup>2</sup>, Manager, [zhaniya.nurkhanova@bk.ru](mailto:zhaniya.nurkhanova@bk.ru)

<sup>1</sup>LLP «SCIENTIFIC AND INNOVATION CENTER «ALMAS»,  
office 43, 153, Abay Avenue, Almaty, 050009, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup>«АВИК» LLP

14, Imanov str, Astana, Republic of Kazakhstan

*The solution to the problems of the construction of deep wells is possible when creating downhole tools on a fundamentally new ideological basis, involving physical principles, technical solutions unconventional in the field of drilling equipment. It is important to take into account the energy resources that increase with depth.*

*Following this concept, based on the tasks of geological exploration, a downhole layout has been developed and introduced into the production of drilling wells, with design features and technological capabilities focused on a comprehensive solution to the problems of well wiring.*

*Structurally, the downhole layout aimed at maximizing the potential energy of the working fluid is universal, designed for drilling wells with core sampling of increased diameter (100 mm or more), and with a solid face.*

*In addition to the outer pipe and core receiver, the downhole layout is equipped with diamond drill heads with a stepped matrix, with a separate system of flushing channels, collectively realizing the effect of hydro-mechanical destruction of rocks. By introducing into the composition of the bottom-hole layout, converting the ascending flow into a rotational-ascending one, the problem of removing sludge from under the end of the stepped matrix is effectively solved.*

*Production tests of the downhole layout with core sampling were carried out at the polymetals deposit of Central Kazakhstan, solid face during drilling of groundwater wells in the territory of the Almaty region.*

*According to the results of production tests, it was found that the hydro-mechanical destruction of rocks is especially effective in combination with diamond drill heads with a stepped matrix. The presence of a turbulator-expander in the bottom-hole layout made it possible to significantly increase the amount of incoming sludge of drilled rock in the well sump, especially when drilling wells with a solid face.*

*In comparable geological and technical conditions of drilling wells, serial core sets HQ with a drilling diameter of 95.6 mm had the following indicators: energy consumption – 2.1-2.4 kW / hour, core yield with a diameter of 63 mm – 93%, specific lumpiness of the core – 5-8 pcs / per linear meter of drilling, drilling was carried out at an axial load of 2200-2500 kgf, rotation speed 500-700 rpm.*

*Similar indicators of the downhole layout: energy consumption – 1.2-1.5 kW / hour, core yield – 98-100% with a diameter of 112 mm, specific lumpiness – 2-3 pieces, axial load – 700-900 kgf, rotation speed – 300-400 rpm.*

**KEY WORDS:** drilling, well, fluid, hydromechanical, layout, drill head, turbulator-expander.

**В**ведение. Актуальная задача современной геологоразведки месторождений полезных ископаемых, в особенности углеводородов – снижения энергозатрат процесса бурения скважин нарастающие с глубиной, повышение информативности и достоверности геологических материалов. Горные работы уходят все глубже, что предъявляют высокие требования к способам и средствам сооружения глубоких скважин.

Для решения проблем сооружения глубоких скважин потребуются забойные средства, спроектированные с условиями введения в их структуру физических эффектов, ресурсов нехарактерных для традиционной буровой техники.

Из анализа тенденции развития техники и технологии бурения скважин следует, что в этом отношении одним из ресурсов является гидромеханическое разрушение горных пород.

Эффект гидромеханического, объемного разрушения пород может быть реализован конструктивными особенностями забойных компоновок, ориентированные на максимальное использование потенциальной энергии рабочей жидкости.

Исходя из изложенного, была разработана и опробована на практике бурения скважин забойная компоновка, оснащенная алмазными бурильными головками со ступенчатой матрицей и отдельной системой промывки, осуществляющие гидромеханическое разрушение пород. В состав компоновки введен турбулизатор-расширитель, нацеленный на решение проблем выносы шлама из-под торца ступенчатой матрицы алмазной бурильной головки.

Решаемые проблемы забойной компоновки – снижения сопротивляемости горных пород к разрушению, следовательно энергозатрат, предохранения керна выбуренной породы от разрушения и размыва, переход на низкие значения осевой нагрузки на забой и частоты вращения бурильной колонны, отсюда сохранения проектной трассы скважин и обеспечение устойчивости ее стенок.

Необратима тенденция роста глубины бурения скважин, особенно на нефть и газ, подземные воды. Проблемы их проводки – энергозатраты растущие с глубиной, сохранения проектной трассы и устойчивости стенок скважин, получения достоверного, информативного геологического материала в виде керна.

Для получения качественного керна норвежской технологической компанией CoreJJ и компанией IntelligentCoringSystem (ICS) выдвинут совместный проект – спроектировать компоновку, которая может регистрировать основные параметры пласта и флюида вместе с внутрискважинной диагностикой [1].

В отношении сохранности столбиков керна, перспективными представляются бурильные головки содержащие продольные каналы для подачи промывочной жидкости вне зоны образования керна [2].

Еще одна проблема успешной проводки глубоких скважин – снижение энергозатрат процесса углубки скважин посредством повышения эффективности разру-

шения горных пород. Выгодным во всех отношениях считается режим объемного разрушения, возможного при оптимальном сочетании технологических режимов бурения скважин, соответствующих физико-механическим свойствам горных пород.

По результатам исследований влияния скорости вращения и интенсивности внедрения установлено, что с повышением скорости вращения породоразрушающего инструмента и снижением интенсивности ее внедрения в горную породу снижается энергоемкость ее разрушения [3].

Рост энергозатрат процесса разрушения пород возможен и при несовершенной системе удаления шлама с забоя скважин.

В целях повышения интенсивности выноса шлама с забоя скважин были проведены исследования водопропускной системы бурового долота [4].

Решение проблем снижения энергозатрат процесса углубки скважин возможно при создании средств бурения на неиспользованных ресурсных возможностях, меняющих вид разрушения пород, создающих энергосберегающие забойные условия углубки скважин с минимальными гидромеханическими воздействиями на ее стенки.

Значимый ресурс – гидроструйное разрушение пород, основанное на использовании энергии высокоскоростных струй воды. Струя, вырываясь из струеформирующих отверстий под большим давлением, образует работу по разрушению материала. Механизм разрушения породы заключается в том, что в процессе бурения скважин водоструйные удары о породу образуют кольцевую зону разрыхления. По мере того, как прочность пород уменьшается с появлением канавок, порода разрушается под воздействиями режущей части бурового долота [5].

Исследования показали [6], что гидроструйное бурение может увеличить механическую скорость по сравнению с роторным до 40%, снижением осевого усилия на породоразрушающий инструмент от 30 до 52%.

В области гидроструйных технологии, наиболее распространен гидромеханический способ разрушения горных пород, основанный на комбинации механического резцового инструмента и высокоскоростной струей воды [7].

Есть и гидроабразивное резание горных пород, основанное на совместном воздействии на материал высокоскоростных струи воды и абразивных частиц, находящихся внутри этих струй [8, 9]. В результате такого воздействия в породе прорезается щель определенной глубины и ширины. Причем, глубина щели в этом случае, 3 – 8 раз превышает глубину щели, получаемую при резании обычными высокоскоростными струями воды без добавления абразивного компонента.

Исследованиями [10] была сделана попытка инициирования и распространение трещин в горных породах при совместном воздействии механических и гидравлических способов. Установлено, что размеры и формы резцов существенно влияют на интенсивность распространения сети трещин. По их результатам, присутствие трещин на контакте взаимодействия напорной струи и породы, способствуют расширению и увеличению глубины проникновения жидкости в породу на забое скважин.

Ранними работами [11] доказано, что ступенчатая форма забоя скважин на 20 – 25 % снижает энергозатраты процесса разрушения пород. Недостаток ступенчатой формы забоя – трудности выноса шлама из-под торцевой поверхности породоразрушающего инструмента. Согласно выводам исследований [12], ухудшения удале-

ния шлама с забоя скважин приводит к переизмельчению и повышенному износу матрицы породоразрушающего инструмента.

Серией экспериментов доказано, что проницаемость горной среды является решающим фактором повышения эффективности гидромеханического разрушения горных пород [13, 14].

Исходя из изложенного, была разработана и опробована на практике бурения скважин забойная компоновка, состоящая из наружной трубы, внутри которой помещен керноприемник, оснащенный алмазной бурильной головкой со ступенчатой матрицей и турбулизатором-расширителем.

Конструктивные особенности алмазной бурильной головки – отдельная система промывки в виде продольных каналов, выходящих в кольцевые канавки на торцевой поверхности ступенчатой матрицы вне зоны образования керна. Тем самым, при менее энергозатратном гидромеханическом разрушении пород, обеспечивается структурная цельность керна на стадии формирования [15].

Введением в состав забойной компоновки между алмазной бурильной головкой и наружной трубой турбулизатора-расширителя, имеющего на внешней поверхности продольные уступы, образующие полости, расширяющиеся по направлению вращения, и замкнутые стенки полуцилиндрической формы, восходящий поток переходит во вращательно-восходящий. Этим обеспечивается интенсивный вынос шлама с забоя скважин, образуется источник подъемной силы движения потока в кольцевой полости между бурильной колонной и стенками скважин.

Конструктивными особенностями составляющих элементов обусловлены технологические возможности забойной компоновки, а именно: переход на низкие значения осевой нагрузки и частоты вращения бурильной колонны, следовательно, кроме снижения затрат энергии, сохранения формы и проектной трассы скважин, устойчивости стенок от обрушения и обвалов.

**Материалы и методы исследований.** Формирование конструктивной схемы забойной компоновки, разработка конструкторско-технологической документации велись по методике конструирования машин, а именно: конструктивная преемственность, сфера применения, метод инверсии и компонование.

При проектировании 3D моделей ступенчатой алмазной бурильной головки, использовался вариант программы САПР Compass 3DV14 Home, соответствующая стандартам ЕВРАЗЭС. Рабочая программа ARTCAM была использована для изготовления деталей.

Планирование объемов экспериментов при проведении производственных испытаний забойной компоновки в действующих скважинах, обработка и систематизация результатов осуществлялись согласно понятиям теории вероятностей – математическое ожидание, вероятность события, дисперсия и точность определения оценки.

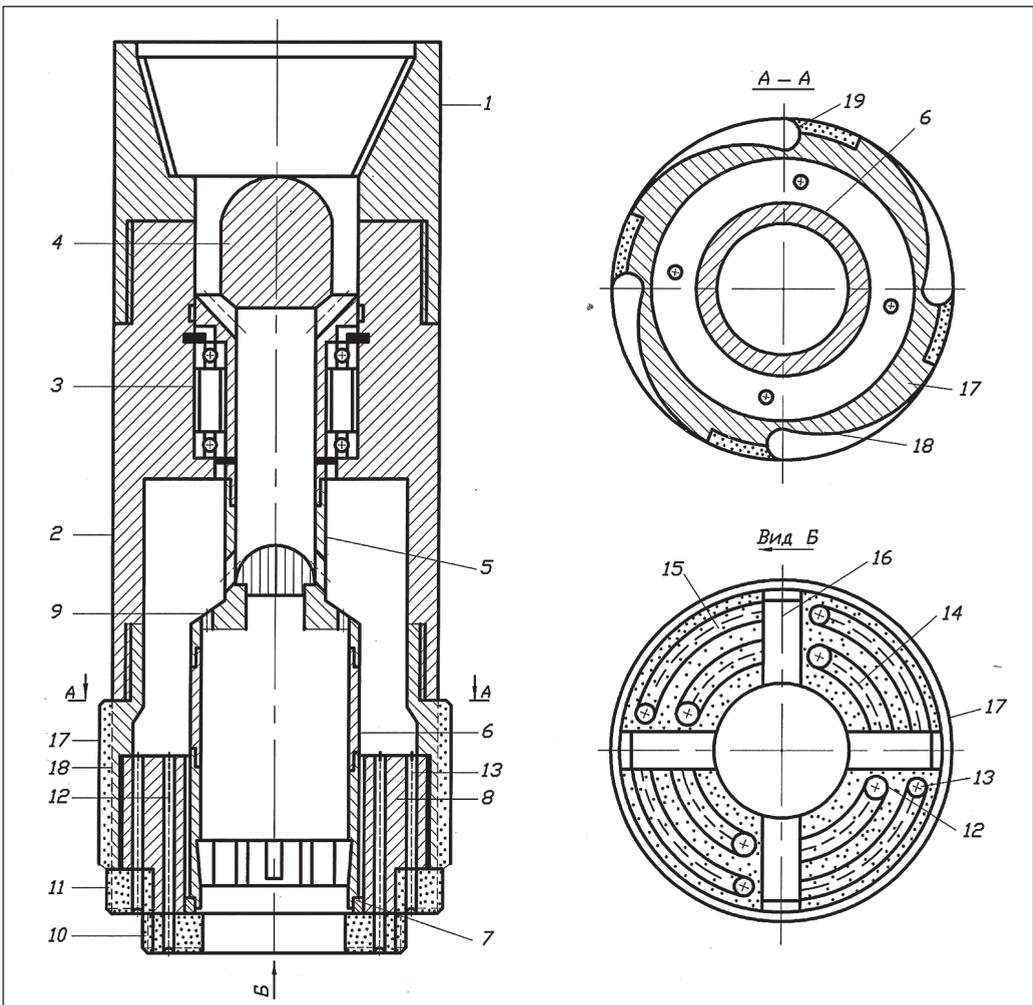
**Результаты и обсуждение.** Забойная компоновка гидромеханического бурения скважин с отбором керна (*рисунок 1*) содержит переходник 1 соединенный с наружной трубой 2, внутри которой помещен отцентрированный радиально-опорными подшипниками 3 шток 4 с каналами для прохода рабочей жидкости. В нижнем окончании шток 4 посредством гидрораспределителя 5 присоединен к керноприемнику 6, нижним окончанием входящего в стабилизатор 7, установленный в полости алмазной бурильной головки 8.

При этом на верхней части гидрораспределителя 5 выполнены вертикальные отверстия 9 сопряженные с внутренними стенками керноприемника 6.

Алмазная бурильная головка 8 включает ступенчатую матрицу состоящую из врубной части 10 и отстающей ступени 11, соответственно имеющие продольные каналы 12 и 13, выходящие в кольцевые канавки 14 и 15 врубной части 10 и отстающей ступени 11, пересеченные пазами 16.

Между алмазной бурильной головкой 8 и наружной трубой 2 с упором на тыльную сторону отстающей ступени 11 матрицы размещен турбулизатор-расширитель 17 с продольными уступами 18, образующие расширяющиеся по направлению вращения полости, замкнутые стенками полуцилиндрической формы 19.

На *рисунке 2* показаны варианты изготовления алмазных бурильных головок гидромеханического бурения скважин: *а* - со сплошным забоем; *б* - с отбором керна.



**Рисунок 1 – Забойная компоновка гидромеханического бурения скважин с отбором керна**

Принцип действия. Началом процесса бурения скважин, поток рабочей жидкости через переходник 1, и по каналам штока 4 и гидрораспределителя 5 перетекает в пространство между керноприемником 6 и наружной трубой 2, вращающаяся на подшипниках 3 вокруг керноприемника 6, где неподвижность последнего обеспечивается стабилизатором 7.

Далее, напорный поток по продольным каналам 12 и 13 алмазной бурильной головки 8 попадает соответственно под торцевые поверхности врубовой части 10 и отстающей ступени 11, с выходом в кольцевые канавки 14 и 15, пересеченные пазами 16.

Под врубовой части 10 и отстающей ступени 11 ступенчатой матрицы, воздействиями напорного потока появляются зоны разрыхления, снижением сопротивляемости горных пород к разрушению. Одновременно, ограниченная часть потока через вертикальные отверстия 9 гидрораспределителя перетекает в зазор между керном и стенками керноприемника 6, появляется жидкостная смазка, облегчающая продвижение керна.



**Рисунок 2 – Алмазные бурильные головки гидромеханического бурения скважин:  
а – со сплошным забоем; б – с отбором керна**

После выхода из-под ступенчатой матрицы алмазной бурильной головки 8, восходящий поток со шламом, попадая в продольные уступы 18, с замкнутыми стенками 19 полуцилиндрической формы турбулизатора-расширителя 17, переходит во вращательно-восходящее движение, усилением интенсивного выноса шлама с забоя скважин и образованием источника подъемной силы движения потока в кольцевой полости между бурильной колонной и скважиной.

Производственные испытания забойной компоновки прошли на месторождении полиметаллов Центрального Казахстана. Геологический разрез месторождения сложен из горных пород – алевролиты с прожилками кварца, кальцита и барита, встречаются жилы окремненных известняков, кремнистых аргиллитов, конгломераты, кварцево-карбонатные и сланцы кремнистые. Средняя категория пород по буримости – 8 – 5. Угол наклона скважин – 70 %.

Бурение скважин осуществлялось с помощью буровой установки CDH-1000, с промывочным насосом НБЗ-120/40, оснащенными контрольно-измерительными приборами. Промывочная жидкость – техническая вода.

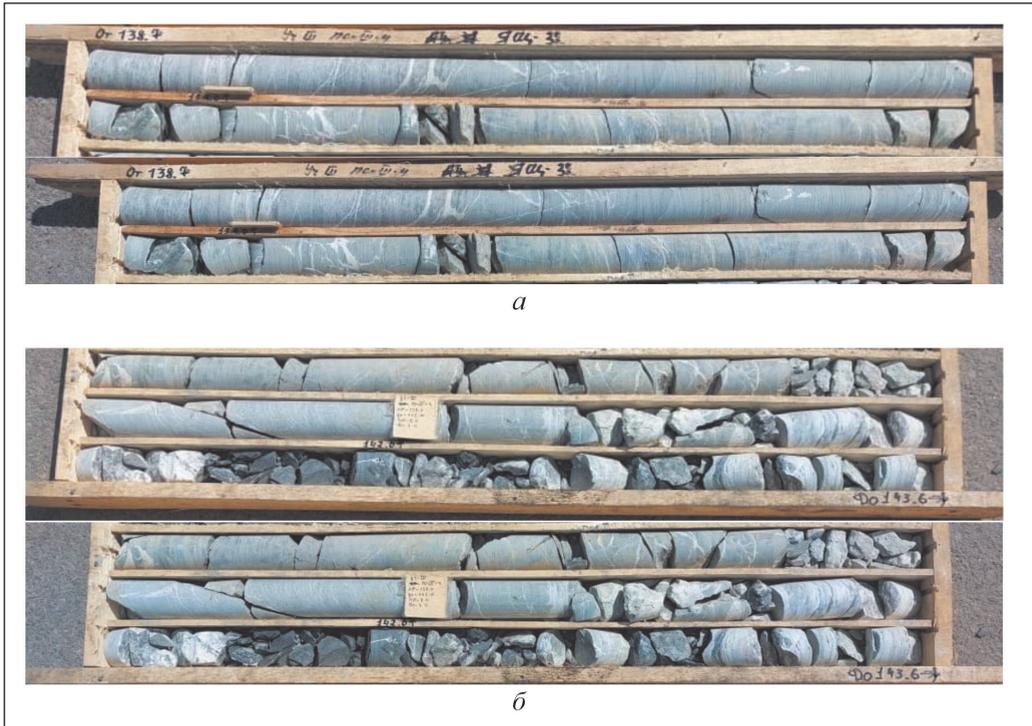
За базу сравнения в сопоставимых геолого-технических условиях бурения скважин приняты показатели серийных колонковых наборов NQ и HQ.

Результаты отработки забойной компоновки и серийных колонковых наборов NQ и HQ, при бурении скважин внесены в *таблицу 1*.

На *рисунке 3* показано состояние отобранных керновых проб: *а* – забойной компоновкой гидромеханического разрушения пород диаметром 95,6 мм; *б* – серийным колонковым набором HQ с алмазными коронками КБ-ИЗАТ, диаметром 95,6 мм.

**Таблица 1 – Результаты отработки забойной компоновки и серийных колонковых наборов NQ и HQ, при бурении скважин**

Виды породоразрушающих инструментов	Пробурено, м	Режимы бурения скважин			Механическая скорость бурения, м/час	Выход керна, %	Затраты энергии, кВт/час
		Осевая нагрузка, кгс	Частота вращения, об/мин	Расход промывочной жидкости, л/мин			
1. Серийные: (КБ-ИЗАТ) диаметром 75,6 мм (NQ)	300	1800-2000	600-700	60-70	3,1-3,3	93	1,6-1,8
диаметром 95,6 мм (HQ)	242	2200-2500	500-600	80-90	2,8-3,0	93	2,1-2,4
2. Забойная компоновка гидромеханического бурения скважин, оснащенная алмазными бурильными головками: диаметром 75,6 мм	275	400-600	400-500	35-40	2,7-3,0	98-100	0,7-0,9
диаметром 95,6 мм	181	700-900	300-400	60-70	2,5-2,7	98-100	1,2-1,5



**Рисунок 3 – Состояние отобранных керновых проб:**  
**а – забойной компоновкой гидромеханического разрушения пород  $\varnothing 95,6$  мм;**  
**б – серийным колонковым набором НQ с алмазными коронками КБ-ИЗАТ  $\varnothing 95,6$  мм**

По состоянию удельной кусковатости керна на погонный метр бурения скважин в сопоставимых геолого-технических условиях видно, насколько эффективна забойная компоновка гидромеханического разрушения пород по сравнению с серийным колонковым набором НQ.

При бурении скважин на подземные воды сплошным забоем, состав забойной компоновки – бурильная головка со ступенчатой матрицей, диаметром врубной части 95,6 мм, отстающая ступень диаметром 215,9 мм, оснащенные импрегнированными алмазами, турбулизатор-расширитель и наружная труба диаметром 196 мм.

Геологический разрез сложен из горных пород – туфы, суглинки, песчаники. Категория пород по буримости – 7.9. Скважина вертикальная.

Технологический режим придерживался в следующих пределах: осевая нагрузка – 600 – 800 кгс, частота вращения 100 – 150 об/мин, расход промывочной жидкости – 90 – 110 л/мин, при давлении 1,2 – 1,8 МПа.

По результатам производственных испытаний получены результаты: проходка – 30 метров, механическая скорость – 3,0 – 3,5 м/час. Бурение прошло без осложнений и аварий.

Полученные результаты – снижение энергозатрат процесса разрушения пород, получение структурно цельного керна, объясняются конструктивными особенностями забойной компоновки гидромеханического бурения скважин.

Конструктивные особенности реализуются посредством:

- появления опережающей зоны трещин на ступеньках забоя скважин, повторяющие форму матрицы алмазной бурильной головки, с последующим снижением сопротивляемости горных пород к разрушению;
- предохранения керна от воздействия потока рабочей жидкости на стадии образования, появления жидкостной смазки между керном и керноприемником;
- снижения значений режимов бурения скважин, осевой нагрузки на забой и частоты вращения бурильной колонны.

По результатам испытаний установлено, что забойная компоновка гидромеханического разрушения пород, сконструированная в соответствии со стандартными размерами бурения скважин подземных вод работоспособна в сложных условиях проходки перемежающихся горных пород по твердости.

Технологические возможности, обусловленные конструктивными особенностями забойной компоновки – объемное, гидромеханическое разрушение горных пород, отдельная система подачи промывочной жидкости и удаление шлама посредством турбулизатора-расширителя, благоприятные забойные условия кернаобразования, низкие значения осевой нагрузки и частоты вращения.

Эффективность забойной компоновки в сравнении с серийными колонковыми трубами NQ и HQ выражаются: в снижении энергозатрат, получении структурного цельного керна и роста механической скорости, сохранения формы, заданной трассы и устойчивости стенок скважин.

Забойная компоновка с возможностью отбора керна увеличенного диаметра, более устойчивого к разрушению и размыву, может быть использована при проектировании проходки стволов шахт, шурфов, проведении вентиляционных выработок и системы водоотлива.

**Заключение.** Изучением тенденции развития техники и технологии бурения скважин в мире, исходя из задач геологоразведки – поиски и разведки месторождений полезных ископаемых на глубоких горизонтах недр земли, была сформирована конструктивная схема, разработана и опробована на практике бурения скважин забойная компоновка, предназначенная для комплексного решения проблем проводки глубоких скважин.

Технические и технологические возможности, условия применения забойной компоновки обусловлены конструктивными особенностями, ступенчатая форма матрицы алмазной бурильной головки, отдельная подача напорного потока рабочей жидкости на ступеньки забоя скважин, турбулизация восходящего потока со шламом.

Тем самым обеспечивается – максимальное использование потенциальной энергии рабочей жидкости, что проявляется: в реализации гидромеханического способа бурения скважин – снижение сопротивляемости горных пород к разрушению, отсюда сокращения энергозатрат, благоприятные забойные условия для кернаобразования; организованный, интенсивный вынос шлама и минимум гидромеханического воздействия на стенки скважин.

В конкретных геолого-технических условиях бурения скважин, результаты производственных испытаний подтвердили применимость и эффективность забойной компоновки проводки скважин.

### Выводы

1. По конструктивному исполнению, технологическими возможностями и режимами работы, забойная компоновка, оснащенная алмазными бурильными головками с гидромеханическим эффектом разрушения горных пород и турбулизатором-расширителем, принципиально отличается от серийных колонковых наборов.

2. Забойная компоновка универсальна, осуществляет процесс углубки скважин, как с отбором керна увеличенного диаметра, так и со сплошным забоем.

3. По сравнению с серийными колонковыми наборами NQ и HQ, в сопоставимых геолого-технических условиях, при применении забойной компоновки достигнуто снижение энергозатрат процесса углубки скважин до 40 – 50 %.

4. Выход структурно цельного керна до 98 – 100 %, против серийных колонковых наборов 93 %, рост механической скорости бурения скважин 8 – 9 %.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Berle A., Adestal V. Advances in Instrumented Coring // European Association of Geoscientists & Engineers. – 2018. – Vol. 18. – P. 1-5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201801554>.
- 2 Масленников И.К., Матвеев Г.И. Инструменты для бурения скважин. – М.: Недра, 1981. – С. 268-269. [Maslennikov I.K., Matveev G.I. Instrumenty dlya bureniya skvazhin. – М.: Nedra, 1981. – S. 268-269.]
- 3 Исонкин А.М. Влияние интенсивности разрушения горной породы на эффективность применения алмазных буровых коронок // Велес. – 2018. – №12-1(66). – С. 20-32 [Isonkin A.M. Vliyanie intensivnosti razrusheniya gornoj porody na effektivnost' primeneniya almaznyh burovyyh koronok // Veles. – 2018. – №12-1(66). – S. 20-32.]
- 4 Jialiang W., Dilei Q., Yang ., Fenfei P. Design of Diamond Bits Water Passage System and Simulation of Bottom Hole Fluid Are Applied to Seafloor Drill // Journal of Marine Science and Engineering. – 2021. – № 9(10). – P. 1100. <https://doi.org/10.3390/jmse9101100>
- 5 Fushen R., Tiancheng F., Xiaoze Ch. Study on rock damage and failure depth under particle water-jet coupling impact // International Journal of Impact Engineering. – 2020. – Vol. 139. – P. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2020.103504>.
- 6 Songyong L., Hongsheng L., Huanhuan Ch. Drilling Performance of Rock Drill by High-Pressure Water Jet under Different Configuration Modes // Shock and Vibration. – 2017. – Vol. 2017. – P. 1-14. <https://doi.org/10.1155/2017/5413823>.
- 7 Бреннер В.А., Жабин А.Б., Пушкарев А.Е. и др. Перспективы развития гидроструйных технологии в горнодобывающей промышленности и подземном строительстве // Горные машины и автоматика. – 2002. – №5. – С. 2-10. [Brenner V.A., ZHabin A.B., Pushkarev A.E. i dr. Perspektivy razvitiya gidrostrujnyh tekhnologii v gomodobyvayushchej promyshlennosti i podzemnom stroitel'stve // Gornye mashiny i avtomatika. – 2002. – №5. – S. 2-10.]
- 8 Yiyu L., Jiren T., Zhaolong G., Binwei X., Yong L. Hard rock drilling technique with abrasive water jet assistance // International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. – 2013. – N 60. – P. 47-56. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jrmms.2012.12.021>.
- 9 Yabin G., Xin X., Ziwen L., Xiaoya G., Peizhuang H. An experimental and simulation study of the flow pattern characteristics of water jet impingements in boreholes // Energy Exploration & Exploitation. – 2021. – Vol. 40, n 6. – P. 1-21 <https://doi.org/10.1177/01445987211052063>
- 10 Stoxreiter T., Wenighofer R., Portwood G., Pallesi S., Bertini A., Galler R., Grafinger S. Rock fracture initiation and propagation by mechanical and hydraulic impact // Open Geosciences. – 2019. – N 14. – P. 783 –803. <https://doi.org/10.1515/geo-2019-0061>.

- 11 Исаев М.И. Технический прогресс и новые достижения в колонковом бурении. – М.: Недра, 1976. – С. 130-133. [Isaev M.I. Tekhnicheskij progress i novye dostizheniya v kolonkovom burenii. – М.: Nedra, 1976. – С. 130-133].
- 12 Реготунов А.С. О влиянии некоторых факторов на величину показателя энергоемкости разрушения горных пород в процессе шарошечного бурения взрывных скважин // Проблемы недропользования. – 2020. – №3. – С. 41-51. <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2020.03.041>. [Regotunov A.S. O vliyanii nekotoryh faktorov na velichinu pokazatelya energoemkosti razrusheniya gornyh porod v processe sharoshechnogo bureniya vzryvnyh skvazhin // Problemy nedropol'zovaniya. – 2020. – №3. – С. 41-51.].
- 13 Мендебаев Т.Н., Изаков Б.К., Каламбаева А.С. Ресурсосберегающая технология бурения скважин забойной компоновкой с гидрораспределителем и тонкостенными алмазными коронками // Разведка и охрана недр. – 2018. – №3. – С. 41-43. [Mendebaev T.N., Izakov B.K., Kalambaeva A.S. Resursosberegayushchaya tekhnologiya bureniya skvazhin zaboynoj komponovkoj s gidroraspredelitelem i tonkostennymialmaznymi koronkami // Razvedka i ohrana neдр. – 2018. – №3. – С. 41-43.].
- 14 Reinsch T., Paap B., Hahn S., Wittig V., Berg S. Insights into the radial water jet drilling technology – Application in a quarry // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2018. – N 10. – P. 236-248. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2018.02.001>.
- 15 Mendebaev T.N, Smashov N.Zh, Kuvatova M.Zh. Water jet destruction of rocks in well drilling by diamond tools with independent flushing ports // Eurasian Mining. – 2019. – Vol. 2., n 32. – P. 41-43.

## ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ: ОТ ОТОПЛЕНИЯ ДО НАГРЕВА НЕФТИ И НЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Нефтяная отрасль играет важнейшую роль в экономике Казахстана. В свою очередь технологические инновации, связанные с эффективным снабжением тепловой энергией, становятся краеугольным камнем развития самой нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслей. От того, насколько быстро и эффективно внедряются эти инновации, зависит успех и процветание любого предприятия, а значит, и всей экономики страны в целом.

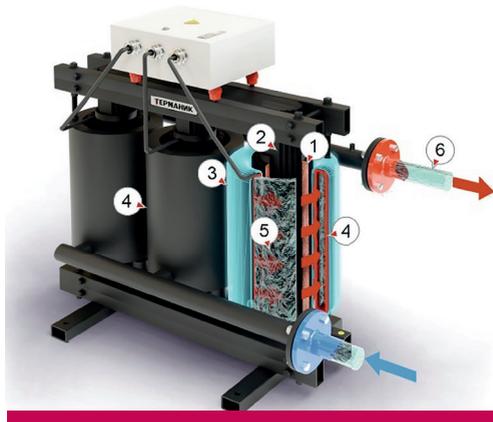
**И**спользование электричества в качестве источника энергии для нагрева, на первый взгляд, кажется не самым лучшим решением, поскольку принято считать, что электрическая энергия – это самый дорогой вид энергии. Тем не менее, реальность говорит об обратном, ведь главное свойство электроэнергии заключается в том, что его можно потратить практически без потерь ровно столько, сколько требуется, и с эффективностью, близкой к 100 %. А если такая эффективность сочетается с уникальными характеристиками, такими как надежность, автономность и безопасность самого оборудования – это служит залогом огромной экономии на эксплуатационных издержках.

Научно-производственное предприятие «Термические Технологии» уже более 20 лет развивает инновационное направление электронагрева – системы индуктивно-кондуктивного нагрева на токах промышленной частоты 50 Гц под торговой маркой «Терманик». Эти системы получили широкое распространение в области автономного теплоснабжения (отопления), автономного горячего водоснабжения (ГВС) и технологического теплоснабжения, в том числе в нефтедобывающей и перерабатывающей сферах, позволяя экономить владельцам огромные средства.

### Устройство нагревателей «Терманик»

Индукционный электронагреватель – это устройство, предназначенное для нагрева жидкости (воды, антифриза или высокотемпературного теплоносителя) при помощи переменного магнитного поля.

Ток промышленной частоты (50 Гц) поступает на первичную обмотку – катушку индуктивности (1), закрепленную на ферромагнитном сердечнике (2). Возникающее переменное магнитное поле (3) возбуждает в теплообменнике (4) короткозамкнутые токи, которые его



разогревают. Циркулирующий по контуру теплообменника теплоноситель (5) нагревается и переносит тепло в систему теплоснабжения (6).

За довольно сложным описанием скрывается весьма надежная конструкция. Устройство силового трансформатора хорошо знакомо любому энергетнику, – это весьма выносливое и неприхотливое оборудование, способное проработать в течение нескольких десятков лет.

Такие индукционные нагреватели нашли применение в системах автономного отопления, горячего водоснабжения, а также в процессах, где требуется нагрев текучих сред до температур порядка 100 – 250 °С, например, для нагрева нефтепродуктов, масел, химических веществ в реакторах, продуктопроводах, гальванических ваннах, резервуарах, трубопроводах и т.д.

### **Оборудование подогрева нефти и нефтяной эмульсии**

Одним из наиболее динамичных направлений, в котором развивается производственная программа «ТермоТеха» является создание оборудования для нефтегазовой отрасли, в частности, – путевых подогревателей нефти «Терманик ППН».



Установка представляет собой узел нагрева, состоящий из индукционного нагревателя (либо блока из нескольких нагревателей) в полной электрической и тепло-технической обвязке, как правило, смонтированных в транспортируемом модульном здании контейнерного типа для удобства перемещения и монтажа. Блок нагревателей соединен с трубчатым теплообменником высокой эффективности, в котором тепловая энергия от жидкого теплоносителя передается нефтяной эмульсии, повышая ее текучесть до требуемых значений. Компактные размеры нагревателей и их автономность позволяют размещать узел нагрева в любом месте непосредственно возле трубопровода с нагреваемой эмульсией.

### **Отопительное оборудование**

Для автономных систем отопления применяются установки «Терманик», «Терманик Комплекс», «Терманик Модуль», которые отличаются между собой уровнем комплектации (составом «обвязки») нагревателей.

Так, «Терманик Комплекс» в полной комплектации, включает в себя, помимо собственно нагревателей, также все необходимые элементы отопительной систе-

мы, включая циркуляционные насосы, КИПиА, запорно-регулирующую арматуру и т.д.

В свою очередь «Терманик Модуль» – это полностью укомплектованная модульная электродогревательная, смонтированная в отдельном бокс-модуле или контейнере.

**Водонагревательное оборудование «ТермоТех»** выпускает также промышленные водонагреватели «Терманик ГВС», «Терманик ГВС-Б» и «Терманик Бойлер». Оборудование с приставкой «ГВС» комплектуется аккумуляционными емкостями и относится к водонагревателям накопительного типа. «Терманик Бойлер» нагревает воду в проточном режиме.

В сущности, благодаря тому, что основным элементом системы остается индукционный нагреватель «Терманик», водонагреватели на его основе обладают все теми же свойствами – высокая надежность, безопасность и неприхотливость в эксплуатации.

Все выпускаемое оборудование проходит тщательный контроль качества (на заводе-изготовителе внедрена строгая система обеспечения качества, сертифицированная по системе ГОСТ ISO). Гарантия на оборудование составляет 2 года. Возможно выполнение ШМР и ПНР.

ООО НПП «Термические Технологии» обладает передовым опытом в области создания и серийного производства высокотехнологичного нагревательного оборудования, позволяющего решать самые разнообразные задачи нефтегазовых компаний на новом технологическом уровне, который предполагает почти абсолютную надежность, автономность работы без вмешательства человека и минимальные эксплуатационные издержки.



**ООО НПП «ТермоТех»**

[www.termanik.ru](http://www.termanik.ru)