

ФЕДОРОВ БОРИС ВЛАДИМИРОВИЧ

**Разработка комплекса технических средств для сооружения и
освоения технологических скважин**

05.05.06 – Горные машины

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Республика Казахстан
Алматы, 2010

Работа выполнена в Казахском национальном техническом университете имени К.И. Сатпаева.

Научный консультант	заслуженный деятель РК, академик НАН РК доктор технических наук, профессор, Ракишев Б.Р.
Официальные оппоненты	доктор технических наук, профессор Бексалов Е.Б.
	доктор технических наук, профессор Климов Ю.И.
	доктор технических наук, профессор Алтынов Ж.Л.
Ведущая организация	Институт горного дела им. Д.А. Кунаева

Защита состоится "10" ноября 2010 года в 14³⁰ на заседании диссертационного совета Д 14.61.23 при Казахском национальном техническом университете имени К.И. Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева ауд.252(ГМК), телефон 8(7272) 577156, факс: 8(7272) 926437, Email: ertomka@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева 22, корпус ГМК.

Автореферат разослан "8" октября 2010 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Ж.Д. Байгурин

Введение

Общая характеристика работы. Основной целью программы развития ресурсной базы минерально-сырьевого комплекса республики Казахстан на 2003-2010 гг., является: «создание и совершенствование эффективной системы геологических исследований, направленных на выявление дополнительных запасов полезных ископаемых для действующих горнорудных и нефтеперерабатывающих предприятий, обеспечение рационального и комплексного использования недр, обеспечение охраны недр и окружающей природной среды...» Это в полной мере относится к поискам, разведке и добыче уранового сырья, по запасам которого Казахстан занимает одно из первых мест в мире.

Объектом исследования являются технологические скважины глубиной до 600м, сооружаемые для добычи уранового сырья из продуктивных водоносных пластов на месторождениях Республики Казахстан.

Предметом исследования являются технические средства, применяемые для цементирования обсадных колонн, создания фильтровой части технологических скважин и их освоения.

Актуальность проблемы. Геотехнологические скважины для добычи урана сооружаются в больших количествах на достаточно большую глубину и для нормальной работы требуют эффективной гидроизоляции от вышележащих пластов, оборудования высококачественными гравийными фильтрами, а также освоения и восстановления производительности по мере эксплуатации.

Существующая технология создания гравийных фильтров обладает рядом недостатков, таких как неравномерность укладки гравия вокруг каркаса фильтра и образование пустот в массиве обсыпки. Подобная технология обуславливает также некачественную гидроизоляцию и цементацию кольцевого пространства, расположенного выше гравийной обсыпки. Низкие качественные показатели тампонирувания связаны с неравномерным распределением тампонажного материала вокруг эксплуатационной колонны и его высокой стоимостью.

Наиболее эффективными способами освоения и ремонта технологических скважин являются способы, основанные на импульсных воздействиях на заглинизированный пласт и фильтр. Наибольшей эффективностью обладает гидровибрационный способ, отличающийся простотой применяемых средств и высокой производительностью. Вместе с тем существующие технические средства вибрационного освоения пластов показывают высокую эффективность лишь при небольшой глубине скважины (до 100-150 м). Попытки применения вибрационного способа для разглинизации глубоко залегающих пластов не дали положительных результатов по причине сложности устройств и их маломощности.

Таким образом, невысокое качество цементирования обсадных колонн и гравийной обсыпки фильтров, недостаточно эффективная технология разглинизации требуют создания новых технических средств сооружения,

освоения и ремонтно-восстановительных работ по повышению производительности продуктивных пластов технологических скважин.

Поэтому исследования, направленные на повышение качества конструкции технологических скважин и повышение эффективности их освоения, являются весьма актуальными и представляют важную научно-техническую проблему.

Цель работы – разработка комплекса технических средств для сооружения и освоения технологических скважин, значительно повышающих эффективность их эксплуатации в заданных горно-геологических условиях.

Основная идея работы заключается в применении манжетного цементирования обсадных колонн в режиме ламинарного течения цементного раствора в затрубном пространстве, транспортировке гравия через бурильную колонну в кольцевое пространство между фильтром и стенками продуктивного пласта, который в последующем подлежит гидровибрационной разглинизации.

Для достижения поставленной цели решаются следующие **задачи**:

1. Изучение целесообразности создания комплекса технических средств для сооружения и освоения технологических скважин.

2. Исследование конструктивных и технологических параметров устройства для манжетного цементирования технологических скважин.

3. Изучение конструктивных и технологических параметров устройства для создания гравийной обсыпки фильтров технологических скважин.

4. Исследование конструктивных и технологических параметров устройства для гидровибрационной разглинизации продуктивных пластов технологических скважин.

5. Выполнение опытно-конструкторских работ по созданию экспериментальных устройств для манжетного цементирования, создания гравийной обсыпки и разглинизации продуктивных пластов технологических скважин.

6. Проведение промышленных испытаний разработанного комплекса технических средств для сооружения и освоения скважин и анализ их результатов.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- обоснована целесообразность сооружения и освоения скважин комплексом технических средств, включающим устройства для цементирования обсадных колонн, создания гравийных фильтров и гидровибрационного освоения продуктивных пластов;

- установлена взаимосвязь технологических и режимных параметров процессов, протекающих в скважине, с конструктивными параметрами разработанных технических средств, созданы их математические модели;

- разработано устройство для манжетного цементирования обсадных колонн путем выдавливания цементного раствора из внутреннего пространства колонны в затрубное пространство по нескольким радиальным каналам, причем течение раствора должно происходить в ламинарном режиме при скорости до 0,5 м/с и ширине кольцевого зазора 20-25 мм;

- создано устройство для гравийной обсыпки фильтра, осуществляющее подачу гравия через бурильную колонну и распределитель в зафильтрованное кольцевое пространство, конструктивные параметры которого позволяют осуществлять подачу гравия по нескольким каналам, диаметр которых должен более чем в 5 раз превышать размер частиц гравия;

- разработано устройство для вибрационной разглинизации технологических скважин, основанное на инициировании ударных импульсов с частотой 1000-1200 уд/мин и давлением не менее 0,4-0,5 МПа в столбе жидкости, заполняющей фильтровую часть скважины,

Основные научные положения, выносимые на защиту:

- разработанные технические средства для сооружения и освоения технологических скважин, основанные на комплексном подходе к исследованию их работы, включающем цементирование обсадных колонн, создание гравийных фильтров и освоение продуктивных пластов, позволяют повысить производительность и экономичность работы технологических скважин;

- предложенные математические модели сооружения и освоения технологических скважин – манжетное цементирование, создание гравийных фильтров и гидровибрационное освоение продуктивных пластов – адекватно отражают реальную связь технологических и режимных параметров процессов, протекающих в скважине, с конструктивными параметрами разработанных технических средств, обеспечивающих качественную работу скважин.

- надежное цементирование обсадной колонны технологических скважин обеспечивается выдавливанием цементного раствора из внутреннего пространства обсадной колонны в кольцевое пространство между последней и стенками скважины по нескольким радиальным каналам, причем течение цементного раствора должно происходить в ламинарном режиме;

- качественное сооружение гравийных фильтров технологических скважин обеспечивается подачей гравия через бурильную колонну и распределительное устройство, соединяющее колонну с зафильтрованным пространством, при числе проходных каналов для подачи гравия не менее 3-х, угол их наклона к оси скважины не более 20° , а для исключения пробкообразования диаметр проходных каналов должен превышать не менее, чем в 5 раз размеры частиц гравия;

- разработанная конструкция рабочего органа для воздействия на заглинизированный пласт и фильтр технологических скважин, основанная на ударно-вибрационном способе воздействия на столб жидкости, заполняющей фильтровую часть скважины, обеспечит разглинизацию при минимальном давлении в импульсе, равном 0,4-0,5 МПа и частоту в пределах 1000-1200 уд/мин;

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается теоретическими зависимостями, полученными с использованием новых компьютерных программ, хорошей сходимостью результатов аналитических и экспериментальных исследований, положительными результатами испытаний в

производственных условиях разработанных технико-технологических средств для сооружения рациональной конструкции геотехнологических скважин и освоения глубоко залегающих продуктивных пластов, а также апробацией основных аспектов диссертационной работы на международных конференциях.

Научное значение работы заключается в теоретическом и экспериментальном обосновании основных конструктивных и технологических параметров комплекса технических средств для сооружения и освоения технологических скважин.

Практическая ценность результатов исследований заключается в разработке конструктивных и технологических параметров устройств для манжетного цементирования, создания гравийных фильтров и гидровибрационного освоения водоносных пластов, в получении 5 патентов на основные конструктивные элементы, составляющие комплекс технико-технологических средств для сооружения и освоения технологических скважин; в положительных результатах производственных испытаний и внедрении комплекса на объектах «Казатомпром» с ожидаемым экономическим эффектом, составляющим около 1 млн. тенге на одну технологическую скважину.

Методы исследования: анализ существующих технических средств для сооружения и освоения скважин, теоретические и экспериментальный методы, моделирование технических средств с использованием современных программных продуктов.

Реализация результатов работы.

Разработанные технико-технологические средства манжетного цементирования, сооружения гравийных фильтров и гидровибрационного освоения продуктивных пластов приняты к внедрению на объектах АО «Волковгеология» и ТОО «Joint Drilling», которые в больших объемах сооружают геотехнологические скважины для добычи уранового сырья. Основные научные результаты диссертации внедрены в учебный процесс при изучении дисциплин «Бурение скважин на твердые полезные ископаемые», «Бурение на жидкие и газообразные полезные ископаемые», для студентов специальности 050706 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». Опубликовано два учебника и одно учебное пособие.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были доложены на: Республиканской научной конференции «Молодые ученые – будущее науки» (Алматы, 2007г); Международной конференции «Инженерное образование и наука в 21 веке», посвященной 70-летию КазНТУ им. К.И. Сатпаева (Алматы, КазНТУ, 2004); Республиканской научной конференции молодых ученых и студентов «Проблемы геологии и освоения недр» (Алматы, 2008г); 2-ой Международной научно-практической конференции «Современные научные достижения – 2006», (Днепропетровск, Украина, 2006г); Международной конференции "Горное дело и металлургия в Казахстане, состояние и перспективы", (Алматы 2006); 6-ой международной конференции "Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр", (Караганда, 2007); III международной

конференции "Геотехнология: инновационные методы недропользования в XXI веке", (Навоий, 2007); Восьмой международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», (Таллинн 2009г); Седьмой Международной научно-технической конференции «Современные технологии освоения минеральных ресурсов», посвященной 50-летию института цветных металлов на Красноярской земле, (Красноярск, 2009г); Международной конференции «Ресурсно-экологические проблемы в 21 веке: инновационное недропользование, энергетика, экологическая безопасность и нанотехнологии», (Алушта, 2009)г; Девятой международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности», (Россия, Санкт-Петербург, 2010г); Девятой международной конференции «Ресурсопроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», (Африка, г.Котону, 2010г); Восьмой международной конференции «Современные технологии освоения минеральных ресурсов», (Красноярск, 2010г).

Тема диссертационной работы связана с научно-исследовательскими работами, выполняемыми в соответствии с программой национальной компании «Казатомпром» «Оптимальная скважина НАК Казатомпром» по проблеме №111 НАК «Совершенствование технологии сооружения и повышение эффективности работы скважин для добычи урана методом подземного скважинного выщелачивания».

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 34 научные работы, в том числе 2 учебника для вузов и одно учебное пособие, 10 статей, 12 докладов на международных конференциях, получено 5 инновационных патентов Республики Казахстан на изобретения, что соответствует рекомендациям Комитета по надзору и аттестации в сфере образования и науки МОН РК.

Структура и объем диссертации.

Диссертационная работа изложена на 272 страницах и состоит из введения, 5-ти разделов, заключения и списка использованных источников, включающих 140 наименований. Диссертация иллюстрирована 97 рисунками, 16 таблицами и 16 приложениями. Приложения представлены на 22 страницах.

Основная часть

Первый раздел посвящен анализу существующих конструкций гидрогеологических и технологических скважин и способах их освоения.

Исследования в этой области науки с достаточной полнотой отражены в трудах ведущих ученых Аренса В.Ж., Башкатова Д.Н., Николаева Н. И., Сердюка А.И., Сергиенко А.И., Мосева А.Ф., Бочко Э. А., Кедровского А. А., Квашнина Г.П., Башкатова А. Д., Воздвиженского Б.И., Ивачева Л. М., Козловского К. А., Сулакшина С.С., и др.

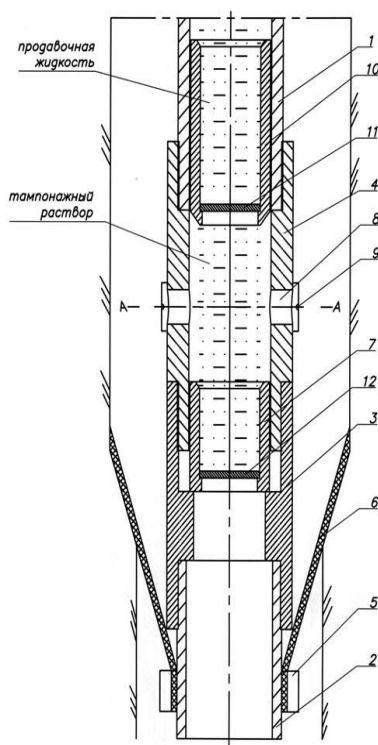
Их анализ показывает, что наряду с достигнутыми результатами имеется еще ряд проблем, требующих дальнейшего совершенствования упомянутых технических средств. К ним относятся:

-1- большой диаметр бурения скважин вследствие необходимости размещения вспомогательной колонны в затрубном пространстве между скважиной и обсадной колонной и недостаточно надежное цементирование последней;

-2- некачественная гравийная обсыпка фильтра вследствие односторонней обсыпки гравия через одну вспомогательную колонну, что приводит к пробкообразованию и пустотам в массиве обсыпки;

-3- недостаточная эффективность применяемых методов (откачка эрлифтом) при освоении продуктивных водоносных пластов;

Для решения **первой задачи** разработаны несколько запатентованных нами устройств, одно из которых представлено на рисунке 1.



1 – обсадная колонна; 2 – фильтр; 3 – переходник; 4 – муфта; 5 – хомут; 6 – манжета; 7 – нижняя пробка; 8 – заглушка; 9 – стяжная нить; 10 – верхняя пробка; 11 – перегородка; 12 – экран.

Рисунок 1 Устройство для манжетного тампонирувания скважин

Порядок работы устройства следующий:

- первоначально обсадная колонна 1 с фильтром 2 опускается в скважину без верхней и нижней пробок, и проводятся необходимые геофизические исследования в фильтровой части скважины;

- затем в обсадную колонну 1 опускается нижняя пробка с экраном 12; и внутрь закачивается расчетное количество цементного раствора; опускается верхняя пробка 10 с перегородкой 11; обсадные трубы наполняют глинистым раствором по мере спуска колонны в скважину;

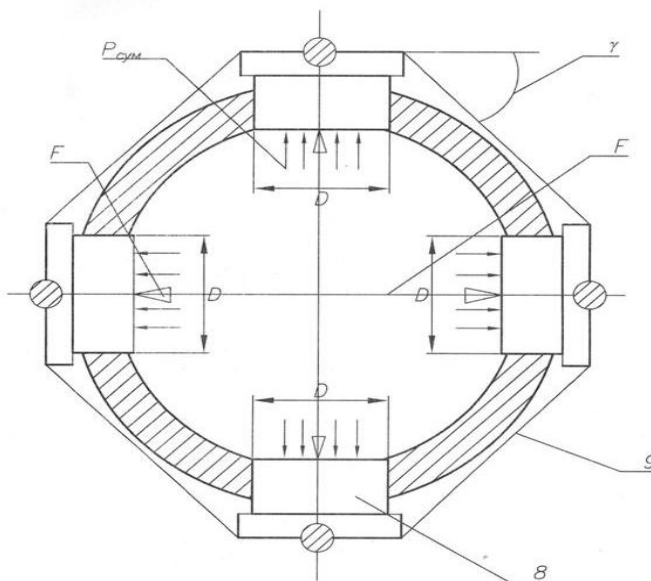
- под действием разности давлений жидкостей стяжная нить разрушается, заглушки освобождают радиальные каналы, и цементный раствор выдавливается в затрубное пространство;

- в обсадную колонну спускается колонна бурильных труб с направляющим пилотом, которая выдавливает оставшуюся часть раствора в затрубное пространство до момента схождения верхней и нижней пробок, при этом верхняя пробка закрывает своей боковой поверхностью радиальные каналы;

- на заключительной стадии разрушаются перегородка 11 и экран 7 под действием статической нагрузки от веса бурильной колонны или динамической силы путем подъема и сбрасывания упомянутой колонны. В результате обеспечивается доступ в фильтровую часть скважины.

Давление $P_{сум}$, определяемое разностью давлений внутри обсадной колонны и затрубном пространстве, будет действовать на торцы четырех заглушек изнутри обсадной колонны, которые удерживаются от выпадения стяжной нитью (позиция 9 на рисунках 1,2).

Разрыв стяжной нити под действием силы T для последующего выдавливания цементного раствора в кольцевое пространство при 4-х радиальных каналах (рисунок 2) определяется из соотношения:



$$T = \frac{\sqrt{2}P_{сум}\pi D_з^2}{8} \geq \sigma_6 \frac{\pi d_{с.н.}^2}{4}, \quad (1)$$

где $d_{с.н.}$ - диаметр стяжной нити;

σ_6 - предельное разрушающее напряжение для материала нити;

$D_з$ - диаметр заглушек.

Давление $P_{сум}$, складывается из двух слагаемых:

$$P_{сум} = P_\gamma + P_z, \quad (2)$$

Рисунок 2 - Поперечное сечение колонны (А-А на рисунке 1)

где P_γ - давление, затрачиваемое на преодоление разности удельных весов и столбов глинистого и цементного растворов в колонне и затрубном пространстве; P_z - давление, затрачиваемое на преодоление гидравлических сопротивлений.

В работе показано, что течение тампонажного раствора в затрубном пространстве при малых интервалах цементирования, характерных для

технологических скважин, должно происходить в ламинарном режиме, обеспечивающем также лучшую сцепляемость раствора с пластмассовыми трубами. Расчеты показали, что ламинарный режим реализуется при скорости течения раствора до 0,5 м/с и ширине кольцевого зазора 20-25мм (при наружном диаметре труб 90мм и диаметре бурения 130-140 мм).

Величины P_γ и P_z рассчитывались по общепринятой методике с учетом ламинарного течения раствора. В качестве примера на рисунке 3 приведены типичные зависимости $P_{сум}=f(H)$ при различных расходах тампонажного раствора. Они подтверждаются исследованиями на экспериментальном стенде, в котором глубина скважины имитируется шайбой, гидравлическое сопротивление которой приравнено к глубине цементирования.

Целью экспериментальных работ являлось проверка ранее полученной теоретической зависимости давления тампонажного раствора от глубины скважины на заключительной стадии процесса. В эксперименте противодавление бурового раствора заменяется эквивалентным повышением давления, обусловленным установкой на пути его течения диафрагмы (шайбы) с калиброванным отверстием.

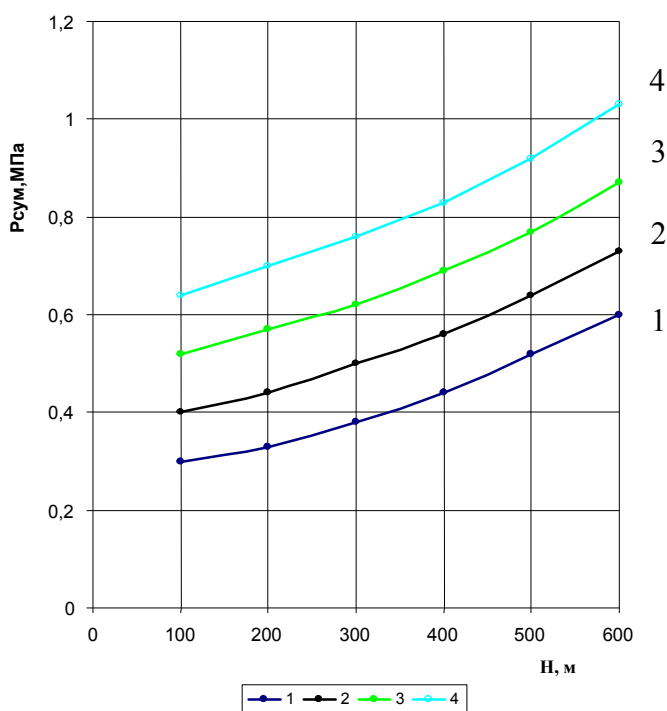


Рисунок 3 Зависимости суммарных потерь давления $P_{сум}$ от глубины H тампонаживания скважин при различных расходах Q тампонажного раствора (1- $Q = 0.002\text{ м}^3/\text{с}$; 2- $Q = 0.003\text{ м}^3/\text{с}$; 3- $Q = 0.004\text{ м}^3/\text{с}$; 4- $Q = 0.005\text{ м}^3/\text{с}$;))

Диаметр последней рассчитывался по формуле:

$$d_{ш} = \sqrt[4]{\frac{2\rho_{mp}Q^2\beta_{кн.обр}(D_c - d_{нар})}{\mu^2\pi^2\tau_{обр}(H - H_{цр})}}. \quad (3)$$

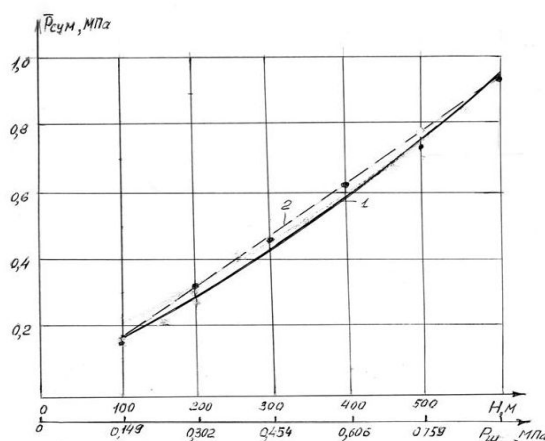
где ρ_{mp} - плотность тампонажного раствора β - параметр, зависящий от числа Сен-Венана D_c, d_n - соответственно диаметры скважины и обсадной колонны; μ - коэффициент расхода; $\tau_{обр}$ - динамическое напряжение сдвига раствора.

По формуле (3) для данных геометрических размеров экспериментальной установки и параметров бурового раствора рассчитаны диаметры шайбы $d_{ш}$, в зависимости от глубины скважины H и интервала цементирования $H_{цр}$. Расход $Q_{обр}$ вытесняемого по выкидной линии бурового раствора принят $Q=0,0004 \text{ м}^3/\text{с}$ ($0,4 \text{ л/с}$). Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Диаметр шайбы $d_{ш}$ в зависимости от имитируемой глубины бурения H .

H , м	100	200	300	400	500	600
$d_{ш}$, мм	7	6,5	5,9	5,5	5,2	5

Обработка экспериментальных данных позволила вычислить средние значения суммарных потерь давления $\bar{P}_{сум}$ для каждого диаметра шайбы $d_{ш}$, дисперсию D опыта, среднее квадратичное отклонение $\sigma = \sqrt{D}$ и коэффициент V вариации, равный $\frac{\sigma}{\bar{P}_{сум}}$. Последний показал, что изменчивость варианта $\bar{P}_{сум}$ мала, что говорит о достаточности количества опытов для определения суммарных потерь давления.



1 – теоретическая кривая; 2 – экспериментально полученная зависимость.

Рисунок 4 Зависимость суммарных потерь давления $\bar{P}_{сум}$ при течении тампонажного раствора в затрубном пространстве от глубины скважины H .

На рисунке 4 приведены две зависимости потерь давления $P_{сум}$ в зависимости от глубины скважины H (или, что тоже, от потерь давления $P_{ш}$ при течении жидкости через калиброванную шайбу).

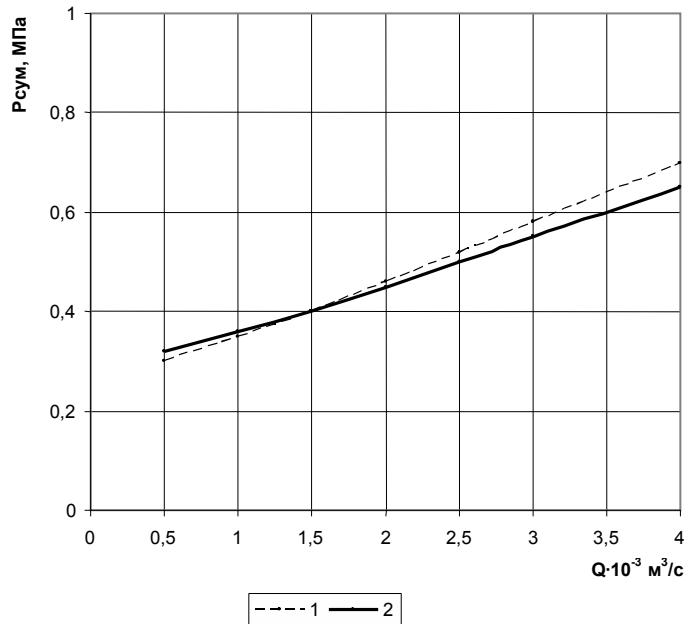
Анализ графика (рисунок 4) показывает, что разность между ординатами кривых (при $H = const$) незначительна, и зависимость $P_{сум} = f(H)$ можно аппроксимировать прямолинейной зависимостью вида:

$$\bar{P}_{сум} = (0,00152H + 0,02) \text{ МПа.} \quad (4)$$

Зависимость (4) справедлива в интервале $100\text{ м} < H < 600\text{ м}$.

Были проведены также эксперименты по установлению зависимости суммарных потерь давления $\bar{P}_{сум}$ в элементах установки от расхода Q тампонажного раствора. При этом была вмонтирована шайба (диафрагма) диаметром 5,5 мм, имитирующая глубину цементирования $H = 400\text{ м}$ (см таблицу 1).

На рисунке 5 представлены две зависимости $\bar{P}_{сум} = f(Q)$. Их сравнение показывает, что наибольшая по величине ошибка составляет 8,5 %. Это свидетельствует об удовлетворительной сходимости результатов теоретических и экспериментальных исследований.



1 – экспериментальная кривая; 2 – теоретическая кривая.

Рисунок 5 Зависимость суммарных потерь $\bar{P}_{сум}$ давления при течении тампонажного раствора в кольцевом пространстве от расхода Q (имитируемая глубина скважины $H = 400\text{ м}$)

Для решения **второй задачи** с учетом недостатков известных технико-технологических средств создания гравийных фильтров предложено использовать следующую технологическую схему формирования гравийной обсыпки (рисунок 6). Перед вскрытием продуктивного пласта в скважину опускается эксплуатационная колонна 1, затрубное пространство которой заполняется тампонажным раствором 8. Затем продуктивный пласт вскрывается, и скважина расширяется в интервале наибольшей проницаемости и продуктивности пласта.

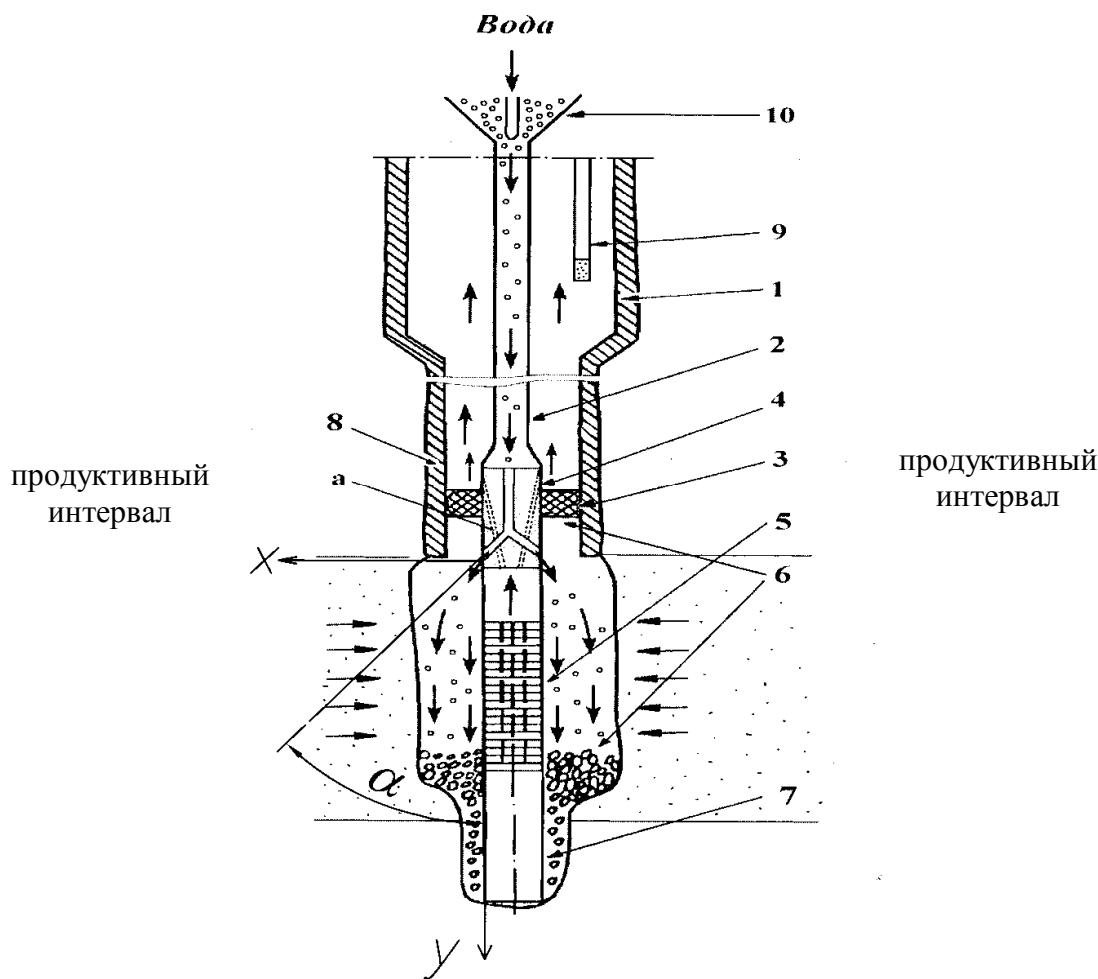


Рисунок 6 - Предлагаемая технологическая схема сооружения гравийного фильтра

Внутри эксплуатационной колонны опускается колонна буровых труб 2 с распределительным узлом 4, фильтром – каркасом 5 и отстойником 7. Кольцевое пространство между буровой и эксплуатационной колоннами герметизируется сальником 3.

Гравий 6 подается в водном потоке по колонне буровых труб и наклонные каналы распределительного узла в кольцевое пространство между каркасом фильтра и стенками водоносного пласта, вскрытого скважиной. Частицы гравия равномерно укладываются вокруг фильтра – каркаса благодаря нескольким каналам подачи водогравийного потока и эрлифтной откачки воды

из скважины (показана воздухоподающая колонна 9 со смесителем). В результате формируется радиальный водный поток из продуктивного пласта. Освобожденная от гравия жидкость – носитель проходит через отверстия фильтра – каркаса и специальные каналы "а" распределительного узла в надсальниковое пространство.

Таким образом, при указанной схеме создания гравийной обсыпки постановка задачи формулируется следующим образом: в бурильную колонну под давлением через сопло эжектора 10 подается водогравийный поток. Скорость падения частиц гравия достигает некоторой критической величины $V_{кр}$. Одновременно из скважины проводится откачка воды с дебитом Q . Требуется определить следующие параметры процесса:

- допустимую концентрацию гравия в водогравийной смеси;
- допустимую скорость водогравийного потока;
- оптимальный угол наклона выходных отверстий распределительного узла;
- производительность гравийной обсыпки при найденных рациональных параметрах процесса создания фильтра.

Поскольку при падении в водной среде участвует множество частиц гравия, то их критическая скорость снижается, которая при стесненном падении вычисляется по формуле Р.Т. Ханкока:

$$V_{крст.} = V_{кр} \cdot \theta^2, \quad (5)$$

где $\theta = \frac{F-f}{F}$ - коэффициент сужения площади;

F – площадь сечения трубы;

f – суммарная площадь лобового поперечного сечения частиц гравия, участвующих в водогравийном потоке.

Критическая скорость свободного падения частицы гравия в неподвижной водной среде $V_{кр}^0$ рассчитывается по формуле Лященко:

$$V_{кр}^0 = 2,26 \cdot L_a \sqrt{d_r \frac{\gamma_r - \gamma_{cp}}{\gamma_{cp}}}, \quad (6)$$

где L_a – коэффициент, зависящий от диаметра частицы и ее формы;

d_r – диаметр частиц гравия;

γ_r – удельный вес частицы;

γ_{cp} – удельный вес воды.

Так как водный поток имеет скорость V_B , то выражение для критической скорости частиц имеет вид:

$$V_{кр} = V_{кр}^0 + V_B. \quad (7)$$

На выходе из наклонных каналов распределительного устройства, частица будет падать в водной среде с начальной скоростью $V_{кр.ст}$ под углом α

к оси y (рисунок 6). При падении частицы на нее действует радиальный поток воды со скоростью V_{II} , направленной против горизонтального движения частицы по оси x вследствие эрлифтной откачки, сила тяжести G частицы, направленная вертикально вниз, и сила гидравлического сопротивления F_{2c} направленная против движения.

Скорость V_{II} связана с расходом Q откачиваемой жидкости зависимостью:

$$V_{II} = \frac{Q}{\chi \pi D H}, \quad (8)$$

где χ - коэффициент скважности; D - диаметр скважины; H - мощность рудного интервала.

Сила F_{2c} зависит от квадрата скорости движения частицы в воде и определяется по следующей формуле:

$$F_{2c} = cA \frac{\rho_B}{2} V_{кр.см}^2, \quad (9)$$

где c - коэффициент обтекания, зависящий от формы частицы гравия;
 A - площадь наибольшего сечения частицы в плоскости, перпендикулярной направлению потока (миделево сечение);
 ρ_B - плотность воды, кг/м³.

Дифференциальные уравнения движения частицы гравия при ее падении в воде в проекциях на оси x , y (рисунок 6):

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= -\frac{cA\rho_B}{2} (\dot{x} + V_{II})^2; \\ m\ddot{y} &= mg - \frac{cA\rho_B}{2} \dot{y}^2, \end{aligned} \quad (10)$$

где m - масса частицы гравия;
 \ddot{x} - ускорение частицы по оси x ;
 \ddot{y} - ускорение частицы по оси y ;
 g - ускорение свободного падения.

Зная начальные условия (в начальный момент проведения обсыпки $t = 0$; $\dot{x} = V_{кр.см} \cdot \sin \alpha$; $x = 0$ и $\dot{y} = V_{кр.см} \cdot \cos \alpha$; $y = 0$) и интегрируя уравнения (10) в соответствующих пределах, получим формулы для определения перемещения частицы гравия по оси x и y :

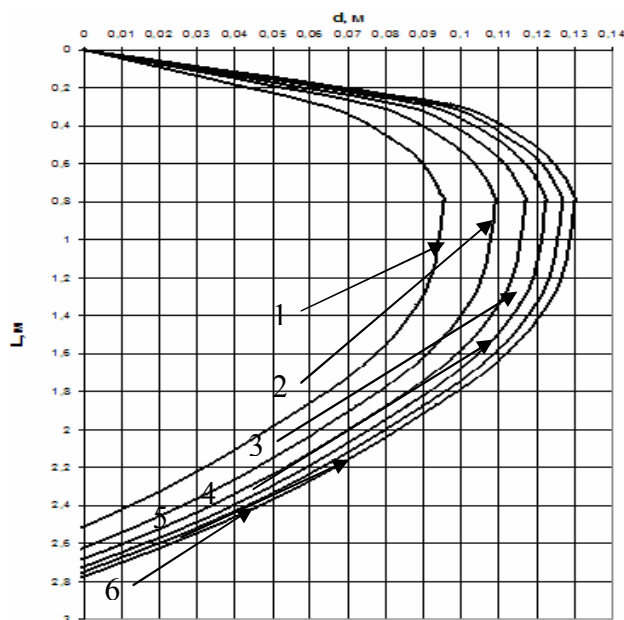
$$x = \frac{2m}{cA\rho_B} \ln \left[\frac{cA\rho_B}{2m} (V_{кр.см} \sin \alpha + V_{II})t + 1 \right] - V_{II}t; \quad (11)$$

$$y = \frac{1}{k^2} \ln \left[ch(k\sqrt{gt}) + \frac{kV_{крст.} \cos \alpha}{\sqrt{g}} \cdot sh(k\sqrt{gt}) \right], \quad (12)$$

где $k = \sqrt{\frac{cA\rho_B}{2m}}$.

Вычислив траекторию движения частиц гравия при обсыпке фильтров, можно определить необходимые внешние условия, при которых частицы гравия в процессе обсыпки не будут соприкасаться со стенками скважины, тем самым сведя к минимуму вероятность образования пробок.

На основании полученных выше зависимостей были построены траектории перемещения частиц гравия в фильтровой зоне скважины (рисунок 7). Анализ полученных графиков позволил определить рациональные геометрические размеры распределительного устройства при сооружении геотехнологических скважин на участках АО НАК «Казатомпром». Наиболее рациональным углом наклона выходных отверстий распределительного узла является угол, равный 20^0 , при котором максимальное отклонение частиц гравия, выходящих из последнего, находится на таком расстоянии от боковой поверхности каркаса фильтра, при котором исключается ее контакт с заглинизированной стенкой скважины (0,13м по оси X). При углах меньше 20^0 значительно возрастают габаритные размеры (длина) распределительного устройства, материалом для изготовления которого служит дорогостоящая нержавеющая сталь;



1 – угол наклона 5^0 ; 2 – угол наклона 10^0 ; 3 – угол наклона 15^0 ;
4 – угол наклона 20^0 ; 5 – угол наклона 25^0 ; 6 – угол наклона 30^0 .

Рисунок 7 - Зависимость движения частиц гравия диаметром 3мм от угла наклона выходных отверстий распределительного узла, при производительности насоса 1л/с

Существенное влияние на траекторию движения частицы оказывает и ее диаметр. При формировании качественного гравийного фильтра во избежание образования гравийных пробок и исключения залипания гравия максимальная фракция последнего должна быть 3мм.

Из полученных уравнений (11, 12) и рисунка 7 следует, что исключение контакта с заглинизированными стенками скважины достигается при следующем условии:

$$X_{\max} < \frac{D_{\text{скв}} - d_{\text{ф}}}{2}, \quad (13)$$

где X_{\max} – максимальное отклонение частицы от боковой поверхности каркаса фильтра;

$D_{\text{скв}}$ – диаметр скважины после расширения;

$d_{\text{ф}}$ – диаметр каркаса фильтра.

В работе определена также производительность гравийной обсыпки предлагаемым способом, которая в несколько раз превосходит производительность при существующей технологии. Так как в конструкцию разработанного распределительного устройства входит эжектор для придания первоначальной скорости водогравийному потоку по колонне бурильных труб, то в работе приводятся расчеты конструктивных параметров эжектора.

Для экспериментальной проверки полученных зависимостей был разработан стенд, представленный на рисунке 8, имитирующий прифилтровую часть откачной технологической скважины.

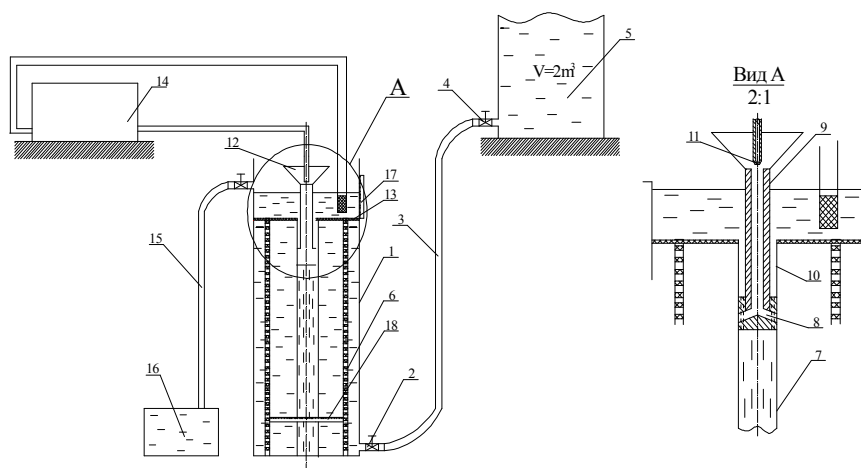


Рисунок 8 - Принципиальная схема экспериментального стенда для измерения параметров процесса гравийной обсыпки

Стенд представляет собой корпус 1, выполненный из оргстекла, в виде трубы диаметром 500 мм. В нижней, придонной части корпуса 1, имеется

штуцер с вентилем 2, к которому присоединен шланг 3 большого диаметра ($d_{\text{вн}} = 35 \div 40$ мм). Вторым концом шланга 3 через вентиль 4 соединен с емкостью 5 объемом 2 м^3 . Превышение дна емкости над дном корпуса 1 составляет 2,5 м. Внутри корпуса 1 коаксиально расположена внутренняя труба 6 диаметром 350 мм с мелкими отверстиями на боковой поверхности. Труба выполнена из оргстекла и является имитатором расширенного участка скважины в пределах водоносного пласта, куда поступает гравийная обсыпка фильтра 7. Последний представляет собой полихлорвиниловую трубу ПВХ 90/8, наружным диаметром 90 мм и толщиной стенки 8 мм (внутренний диаметр 74 мм). На боковой поверхности фильтра в шахматном порядке выполнены щелевые отверстия размером $(0,8 \div 1,2) \times 40$ мм. Общая скважность фильтра составляет 18%.

Фильтр 7 в верхней части сопрягается на резьбе с устройством для гравийной обсыпки 8 (УГО), которое в свою очередь навинчено на две коаксиально расположенные трубки - внутреннюю 9 и наружную 10. Труба 9 представляет отрезок бурильной трубы СБТ-50, имеющей внутренний диаметр 38 мм. Верхний конец упомянутой трубы соединен с эжекторным устройством, куда первоначально подается гравий. Наружная и внутренняя трубы образуют кольцевое пространство, которое через систему мелких отверстий в УГО сообщается с внутренним пространством фильтра 7.

Пространство, имитирующее фильтровую часть скважины, закрыто крышкой 13. Нагнетание воды в сопловый аппарат эжектора осуществляется насосом 14. Для исключения переполнения корпуса 1 водой служит сливная магистраль 15 с вентилем и емкостью 16. Для замера уровня воды в корпусе и вычисления ее расхода служит линейка 17, а для измерения отклонения траектории частицы гравия от вертикальной оси скважины – линейка 18.

Методика проведения эксперимента заключалась в следующем.

После заполнения емкости 5 водой открывают вентили 2 и 4. Вода под напором устремляется в корпус 1 и через мелкие отверстия трубы 6, щелевые отверстия фильтра 8 попадает внутрь последнего. Далее жидкость через систему отверстий УГО, расположенных между наклонными каналами для доставки гравия, попадает в кольцевое пространство между трубами 9 и 10 и изливается в верхней части корпуса (над крышкой 13).

После заполнения верхней части корпуса (до отметки сливной магистрали 15) вентиль 2 закрывается, и включается насос 14. Так как всасывающая магистраль насоса опущена в жидкость, находящуюся в верхней части корпуса, то уровень воды в последней остается неизменным. Расход насоса настраивается на величину, предварительно полученную из зависимостей при теоретическом построении траектории движения частиц. Тарировка расхода насоса при работе осуществляется объемным методом.

Установив расход насоса, соединяют нагнетательную линию с соплом 11 эжекторного устройства. Включают насос и через воронку подают гравий по трубе 9 и наклонные каналы УГО в пространство между трубой 6 и фильтром 7. Визуальное наблюдение за водогравийным потоком позволяет с помощью линейки 18 определять радиальную координату частиц гравия. Продольное

перемещение линейки 18 позволяет также получить вертикальную координату частиц. Изменяя расход поступающей из емкости 5 жидкости, с помощью вентиля 2 можно получить зависимость радиального перемещения частиц гравия от дебита скважины.

Разработанная технология сооружения гравийного фильтра требует создания максимальной скорости радиального потока, направленного к каркасу фильтра, которая будет способствовать прижатию частиц гравия при выходе из наклонных каналов распределительного устройства к последнему. В связи с этим в работе был проведен расчет эрлифта, который откачивает воду из скважины, а, следовательно, способствует притоку жидкости из пласта.

Для геотехнологических скважин, сооружаемых на рудниках АО НАК "Казатомпром", расход воздуха при работе эрлифта, необходимый для создания оптимальных условий, уменьшающих возможность пробкообразования, составляет $1,06\text{м}^3/\text{мин}$; минимальный внутренний диаметр водоподъемной колонны равен 70мм, что вполне соответствует диаметрам эксплуатационных колонн откачных скважин.

Анализ результатов экспериментальных работ показал большую сходимость полученных ранее теоретических зависимостей с результатами экспериментов. В работе была получена параболическая зависимость, описывающая траекторию движения частицы гравия в фильтровой зоне скважины (в интервале $0,4\text{м} < L < 1,8\text{м}$):

$$d = 0,075 + 0,08L - 0,025L^2 \quad (14)$$

Были проведены эксперименты по установлению зависимости пробкообразования от концентрации гравия в водном потоке. Установлено, что при концентрации гравийных частиц менее 17% пробкообразование исключается (при условии, что диаметр проходных каналов больше в 5 раз размера гравия).

Для решения **третьей задачи** рассмотрена методика определения величины ударных импульсов, возникающих при ударе жестким стержнем по жидкостному волноводу (рисунок 9). Для возбуждения ударных импульсов в жидкости, находящейся в призабойной части скважины, в зону фильтра на бурильных трубах опускается генератор колебаний (гидро- или пневмоударник). Последний оснащен подпружиненной наковальней, оканчивающейся диском, диаметр которого близок к внутреннему диаметру фильтра. При работе генератора боек наносит по наковальне с определенной частотой периодические удары, которые через диск передаются жидкости. В результате в последней формируются волны сжатия, которые со скоростью звука перемещаются к заглушке отстойника и, отражаясь, трансформируются в обратные волны растяжения. Как известно, прочность жидкости при этом виде деформации мала. Поэтому в жидкости образуются разрывы, которые затем захлопываются под действием большого перепада давления.

В результате возникающих знакопеременных давлений глинистая корка на фильтре и водоносном пласте обрушается, а последующая откачка выносит

продукты декольматации на поверхность. Здесь, очевидно, значительное влияние на прочность глинистой корки оказывают усталостные процессы, возникающие в результате высокочастотного знакопеременного давления в жидкости, которое передается на фильтр и стенки закольматированного пласта.

Первоначально рассмотрим процесс ударного взаимодействия бойка генератора с наковальней. Для того, чтобы определиться, какой теорией пользоваться при изучении указанного процесса (классической или волновой), вычислим критерий применимости β , который определяется из соотношения:

$$\beta = \frac{\pi C_2 a_1}{g_0 L_B \delta}, \quad (15)$$

где $C_2 = \rho_2 a_2 F_2$ - волновое сопротивление ударяемого тела (наковальни);

ρ_2, a_2, F_2 - соответственно плотность, скорость звука в наковальне, площадь ее поперечного сечения;

a_1 - скорость звука в материале бойка (ударника); для стали $a_1 = a_2 = 5000$ м/сек;

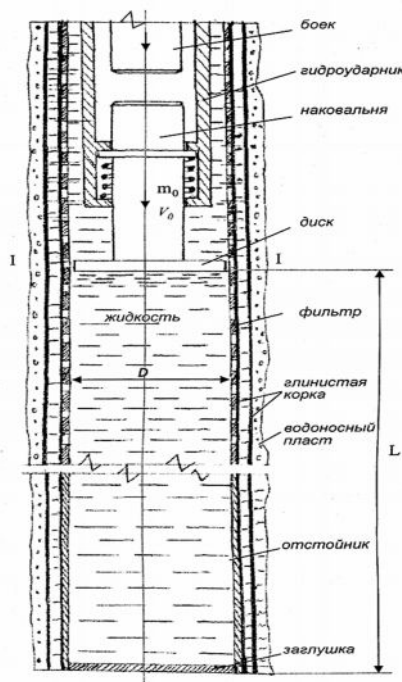


Рисунок 9 – Схема вибрационного освоения водоносного пласта

g_0 - ударная жесткость; для стали $g_0 = 1,6 \cdot 10^8$ н/м;

L_B - длина бойка (ударника); δ - параметр, определяемый по формуле:

$$\delta^2 = \frac{4C_2^2}{Mg_0} - 1, \quad (16)$$

где M - масса бойка ударника.

Если критерий $\beta > 3$, то для соударения бойка с наковальней правомерно использование законов классической теории удара Ньютона. В работе показано, что критерий β в рассматриваемом случае больше 3.

Поэтому при вычислении коэффициента η передачи энергии от бойка наковальне при ударе правомерно пользоваться известным законом Ньютона:

$$\eta = \frac{4M \cdot m_0}{(M + m_0)^2} \quad (17)$$

Как показывают эксперименты, при существующих конструктивных размерах бойка и наковальни забойных машин КПД передачи энергии η составляет 75-80%. Таким образом, наковальне будет передано энергии:

$$A_H = \eta A, \quad (18)$$

При известной массе рабочего органа m_0 (наковальня с диском) вычисляется его начальная скорость v_0 :

$$V_0 = \sqrt{\frac{2\eta A_0}{m_0}}. \quad (19)$$

Следовательно, схема расчета сводится к динамической модели, изображенной на рисунке 10. Жесткий груз (боек), имеющий массу M , наносит удар со скоростью V по торцу массы m_0 , которая опирается на пружину с податливостью δ_{np} . Масса m_0 в свою очередь наносит жесткий удар по жидкостному волноводу, который моделируется пружиной, имеющей податливость $\delta_{жс}$ и длину L (как следует из вышеизложенного, местной податливостью при ударе массы M по массе m_0 пренебрегаем).

В данном случае при расчете их жесткости K_{np} и $K_{жс}$ можно заменить эквивалентной жесткостью $K_{\mathcal{E}}$ по формуле:

$$K_{\mathcal{E}} = K_{np} + K_{жс}. \quad (20)$$

Так как $K_{np} = 1/\delta_{np}$, $K_{жс} = 1/\delta_{жс}$ и $K_{\mathcal{E}} = 1/\delta_{\mathcal{E}}$, то эквивалентная податливость определяется из соотношения

$$\frac{1}{\delta_{\mathcal{E}}} = \frac{1}{\delta_{np}} + \frac{1}{\delta_{жс}}. \quad (21)$$

Из (21) имеем

$$\delta_{\mathcal{E}} = \frac{\delta_{np} \delta_{жс}}{\delta_{жс} + \delta_{np}}. \quad (22)$$

Для динамической модели (рисунок 10) определяются следующие параметры:

- длина L_1 , пройденная волной сжатия за время удара;

- время удара t_y ;
- максимальная сила удара P_{\max} ;
- максимальной давление, p_{\max} в волне сжатия.

Приведем формулы изменения контактной силы $P_H(t)$ для указанных этапов удара.

Первый этап удара $\left(0 \leq t \leq \frac{2L}{a}\right)$:

$$P_{H1}^1(t) = \frac{v_0}{n\delta_3} e^{-mt} \sin(nt), \quad (23)$$

$$\text{где } n = \sqrt{\frac{1}{\delta_3(M+m_0)} - \frac{a^2}{4\delta_3^2(EF)^2}}; \quad m = \frac{a}{2\delta_3(EF)}.$$

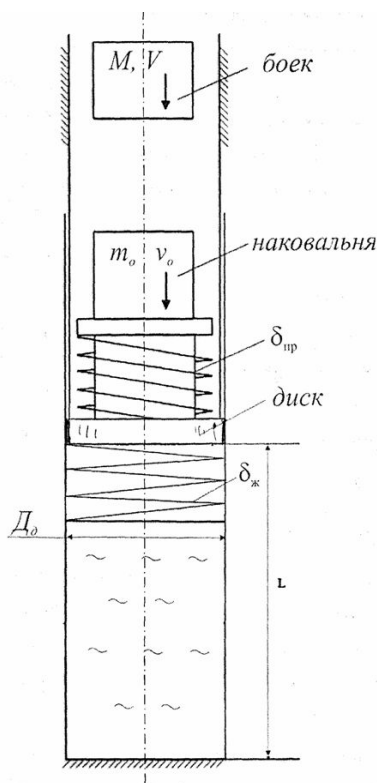


Рисунок 10 – Динамическая модель процесса

Расшифровка всех величин, входящих в формулу (23), дана выше. Если удар не заканчивается на первом этапе, т.е. сила $P_{H1}(t)$ не обращается в ноль, то вычисления следует продолжить.

По мере увеличения этапов удара вычисления $P_H(t)$ быстро усложняются. В то же время из практики оборудования геотехнологических скважин известно, что длина фильтра вместе с отстойником, т.е. длина L_1 жидкостного волновода, как правило, превышает 10м. Поэтому следует ожидать, что удар закончится на первом этапе и при расчете параметров следует пользоваться простой формулой (23).

Из зависимости (23) следует, что усилие по длине L_1 ударного импульса в начале удара возрастает, а к концу времени $t = 2L_1/a$ убывает до нуля. Найдем максимум усилия $P_{H1}(t)$. Взяв производную $dP_{H1}(t)/dt$ и приравняв ее к нулю, получим:

$$\frac{v_0}{\delta_3} [ne^{-nt} \cos(nt) - me^{-nt} \sin(nt)] = 0. \quad (24)$$

Зависимость (24) позволяет найти время t^* , при котором усилие $P_{H1}(t)$ максимально:

$$t^* = \frac{1}{n} \operatorname{arctg}\left(\frac{n}{m}\right). \quad (25)$$

Подставив значение t^* , получим максимальную силу удара (амплитуду импульса):

$$P_{H1 \max}^1 = \frac{v_0}{n\delta_3} \exp\left[-\frac{m}{n} \operatorname{arctg}\left(\frac{n}{m}\right)\right] \sin\left[\operatorname{arctg}\left(\frac{n}{m}\right)\right]. \quad (26)$$

Максимальное давление в ударном импульсе рассчитывается по формуле:

$$P_{\max} = \frac{4P_{H \max}^1}{\pi D_{ж}^2}, \quad (27)$$

где $D_{ж}$ - диаметр жидкостного волновода.

Для проверки решения указанных задач разработан стенд, с помощью которого можно измерить максимальное давление в ударном импульсе, движущимся по жидкостному волноводу (рисунок 11).

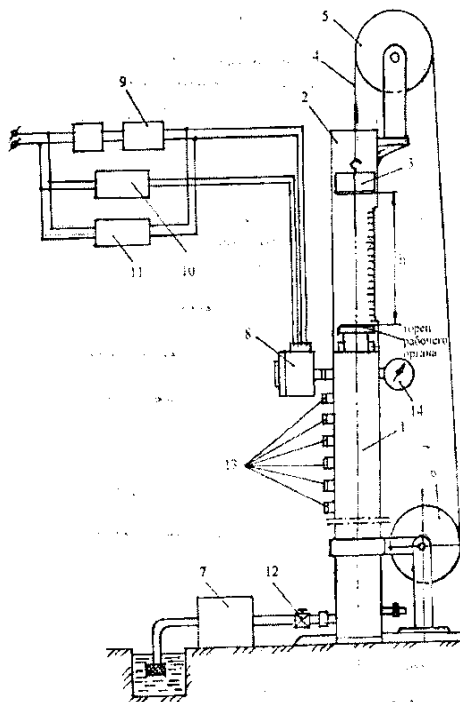
Стенд включает имитатор фильтровой части скважины 1, верхний торец которого соединен с направляющей трубой 2, в которой перемещается груз 3. Шнур 4 с грузом перекинут через блок 5 и противоположным концом закреплен на барабане 6. В направляющей трубе выполнен продольный вырез, по краю которого нанесена линейка, позволяющая замерять высоту сбрасывания груза 3.

Насос 7 предназначен для закачки воды в имитатор 1 и поддержания в последнем заданного давления, после чего кран 12 закрывается.

В трубе имитатора 1 по боковой поверхности с шагом 20 мм выполнены штуцеры 13 для последовательного присоединения к ним магнитоупругого преобразователя давления, а также штуцеры для соединения соответственно с напорным шлангом насоса 7 и монтажа образцового манометра 14. Во внутренней трубе 2 в ее верхнем конце размещен рабочий орган 3, с помощью которого по жидкости осуществляется непосредственная передача ударных импульсов. В соответствии с рекомендациями диссертационной работы масса рабочего органа принята 10 кг, а жесткость возвратной пружины $2,5 \cdot 10^{-6}$ м/н.

Для преобразования динамических нагрузок, возникающих в жидкости при ударе грузом 3 по торцу рабочего органа в электрический сигнал, разработан магнитоупругий преобразователь 8, конструкция которого защищена патентом РК. Сигнал от последнего поступает на быстропишущий самописец, который позволяет фиксировать величину давления в ударном импульсе, движущимся по жидкостному волноводу.

Имитатор фильтровой части скважины выполнен в 2-х вариантах. Конструкция первого варианта, имитирующего только фильтр скважины, представлена на рисунке 12.



1 – имитатор фильтровой части скважины; 2 – направляющая труба; 3 – груз; 4 – шнур; 5 – блок; 6 – барабан; 7 – насос; 8 – магнитоупругий преобразователь; 9 – быстропишущий самописец; 10 – источник переменного тока; 11 – осциллограф; 12 – кран; 13 – штуцеры; 14 – образцовый манометр

Рисунок 11 – Структурная схема экспериментального стенда

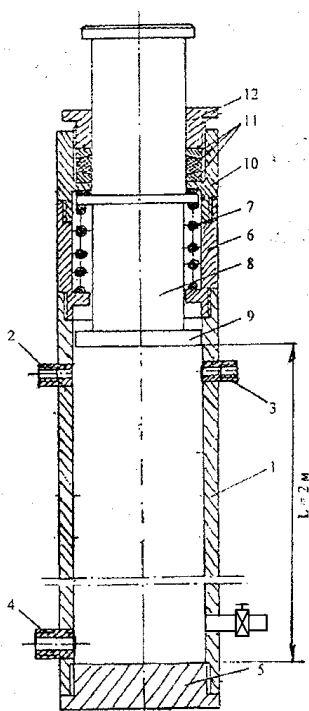
В трубе 1, имитирующей фильтр, по боковой поверхности выполнены каналы, в которые вмонтированы штуцеры 2 для монтажа магнитоупругого преобразователя. Кроме того, на трубе имеются штуцеры для монтажа манометра и подсоединения нагнетательного шланга насоса. Снизу труба 1 закрыта заглушкой 5. На верхнюю часть трубы 1 навинчена упорная втулка 6, на внутреннем буртике которой размещена пружина 7. Последняя взаимодействует с ударником 8, представляющим цилиндр, оканчивающийся диском 9. Втулка 6 сопрягается с переходником 10, в котором размещено сальниковое уплотнение 11, поджимаемое гайкой 12 и предназначенное для

предотвращения утечек жидкости из внутреннего пространства трубы при передаче ударных импульсов рабочему органу 8.

Второй вариант конструкции имитирует не только фильтр, но и стенки скважины. Конструкция представляет собой наружную и внутреннюю концентрически расположенные трубы, причем внутренняя труба имеет просверленные вдоль отверстия и имитирует фильтр, а наружная труба – скважину. Внешние диаметры труб равны соответственно 118 и 81 мм.

Запись осуществляется на диаграммную ленту. Возбуждение первичной обмотки магнитоупругого преобразователя осуществляется от источника переменного тока 10, а визуальное наблюдение за характеристикой импульса осуществляется с помощью осциллографа 11 марки Н117/1.

Магнитоупругий преобразователь (рисунок 13) состоит из соединительного штуцера 1, мембраны 2, подвижного упорного диска 4, магнитоупорного элемента 5.



1 – труба; 2, 3, 4 – штуцеры для монтажа соответственно магнитоупорного преобразователя манометра и шланга насоса; 5 – заглушка; 6 – упорная втулка; 7 – пружина; 8 – ударник; 9 – диск; 10 – переходник; 11 – сальниковое уплотнение; 12 – поджимная гайка.

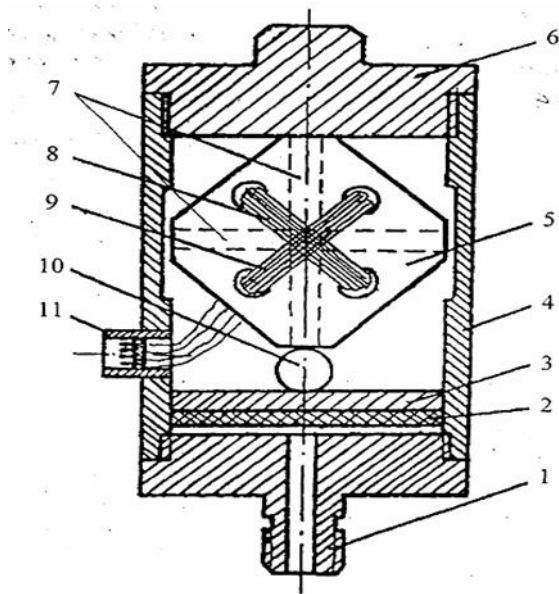
Рисунок 12 – Имитатор фильтровой части скважины (первый вариант)

Последний выполняется из электротехнической стали в форме квадрата с обмоткой возбуждения 8 и измерительной обмоткой 9.

Принцип действия преобразователя заключается в следующем. Ток, протекающий по обмотке возбуждения 8, создает переменный магнитный

поток. Однако в связи с перпендикулярностью обмоток магнитный поток проходит вдоль витков измерительной обмотки 9, не возбуждая в последней ЭДС. При ударе груза 3 по хвостовику рабочего органа имитатора 8 (рисунок 12) передается ударный импульс с образованием локальной зоны сжатой жидкости, движущейся вниз. Усилие через неподвижный упорный диск 3, стальной шар 10 передается магнитоупругий элемент 5. В результате происходит упругая деформация последнего. В этом случае витки измерительной обмотки будут пересекаться магнитным потоком, и в ней возникает ЭДС, пропорциональная давлению жидкости на мембрану 2.

В имитатор фильтровой части скважины (рисунок 11) с помощью насоса 7 нагнеталась вода, измерялось давление на манометре и соответствующая амплитуда давления (высота записи) на диаграммной ленте самописца.



1 – штуцер; 2 – мембрана; 3 – подвижный упорный диск; 4 – корпус; 5 – магнитоупругий элемент; 6 – крышка; 7 – каналы; 8 – обмотка возбуждения; 9 – измерительная обмотка; 10 – стальной шар; 11 – штепсельный разъем.

Рисунок 13 – Магнитоупругий преобразователь давления в электрический сигнал

Целью первого этапа исследований являлось установление зависимости максимального давления P_{\max} в ударном импульсе от энергии единичного удара груза по торцу рабочего органа и проверка теоретически ранее установленных зависимостей.

Методика эксперимента заключалась в следующем. На стенде (рисунок 11) закреплялся имитатор фильтра по первому варианту (рисунок 12).

Внутри имитатора с помощью насоса закачивалась вода. Избыточное давление последней в имитаторе поддерживалось постоянным и равным 0,1 МПа. Затем груз 3 поднимался над торцом рабочего органа на заданную высоту, которая фиксировалась с помощью линейки, нанесенной на направляющей трубе 2 (рисунок 11).

Потенциальная энергия подвешенного груза (бойка 3) определялась по известной зависимости:

$$A_0 = m_2 gh, \quad (28)$$

где m_2 - масса груза (в эксперименте $m_2 = 10$ кг);

g - ускорение свободного падения; $g = 9,8$ м/с²;

h - высота подъема груза над торцом рабочего органа, м.

По формуле (18) подсчитывалась энергия A_H , переданная рабочему органу. При этом коэффициент передачи энергии рабочему органу принят 0,8.

При освобождении тормоза барабана 6 груз наносит удар по торцу рабочего органа. Последний, получая энергию A_H , передает в свою очередь ударный импульс жидкости, находящегося в имитаторе фильтра. Изменение давления в ударном импульсе во времени через магнитоупругий преобразователь трансформировалось в ЭДС и записывалось на диаграммную ленту. Затем по максимальной амплитуде давления P_{\max} ударного импульса и соответствующей ему энергии удара A_H рабочего органа строилась зависимость $P_{\max} = f(A_H)$.

На втором этапе исследований установление зависимости $P_{\max} = f(A_H)$ проводилось на имитаторе второго варианта. Целью этого исследования являлось также установление зависимости максимального давления P_{\max} в ударном импульсе, распространяющемся в жидкости, с учетом того, что импульс перемещается в перфорированной трубе. Последняя имела в каждом ярусе перфорированные отверстия. Их диаметры составляли 1 мм. Затем при проведении следующей серии экспериментов, отверстия рассверливались большим диаметром, равным 1,5 мм, затем 2 мм и т.д. до 4 мм. Расстояние между ярусами отверстий по длине трубы составляло 0,1 м. Для того, чтобы получить информацию о темпе падения давления в ударном импульсе при его прохождении от торца рабочего органа по перфорированной трубе 2 к заглушке магнитоупорный преобразователь перед каждым сбрасыванием груза 3 последовательно монтировался в штуцеры 13 в направлении к нижнему торцу имитатора (рисунок 11). Остальные штуцеры закрывались пробками.

На третьем этапе экспериментальных исследований проверялась возможность очистки закольматированных фильтров под действием ударных импульсов, распространяющихся в жидкости.

С этой целью на боковой поверхности перфорированной трубы 2 закреплялась латунная сетка, которая затем покрывалась гелецементным раствором. После его высыхания в течение суток на стенде проводилось разрушение образовавшейся на латунной сетке глиноцементной корки с фиксацией энергии и частоты сбрасывания груза 3 (рисунок 11). После каждого этапа экспериментальных исследований проводился анализ их результатов с соответствующими выводами.

На первом этапе экспериментальных работ получены диаграммы изменения давления в ударном импульсе во времени при различных величинах A_H энергии, передаваемых жидкости.

Полученные диаграммы позволили установить зависимость максимального давления p_{\max} ударного импульса от энергии удара (рисунок 14). Анализ зависимости $p_{\max} = f(A_H)$ показывает, что она может быть выражена параболой вида:

$$p_{\max} = 0,0025(A_H)^2 - 0,0005A_H. \quad (29)$$

Следует также отметить хорошее совпадение максимального давления p_{\max} , полученного экспериментальным путем, и теоретическим методом, основанным на вычислении p_{\max} и A_H по формулам (18) и (27). Разница между указанными величинами не превышает 5%.

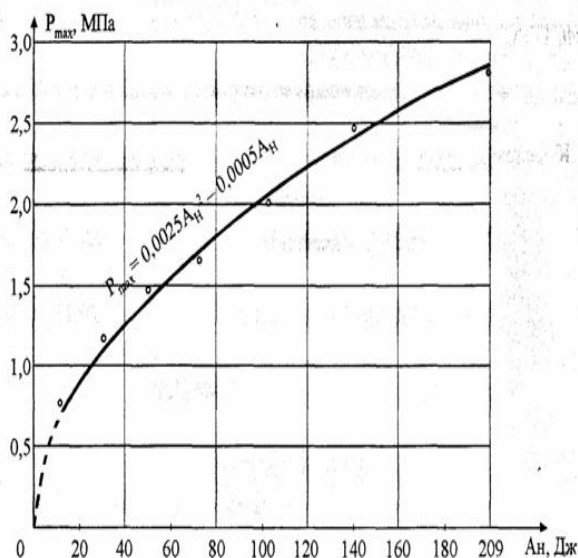


Рисунок 14 – Зависимость максимального давления $P_{g \max}$ ударного импульса от энергии удара

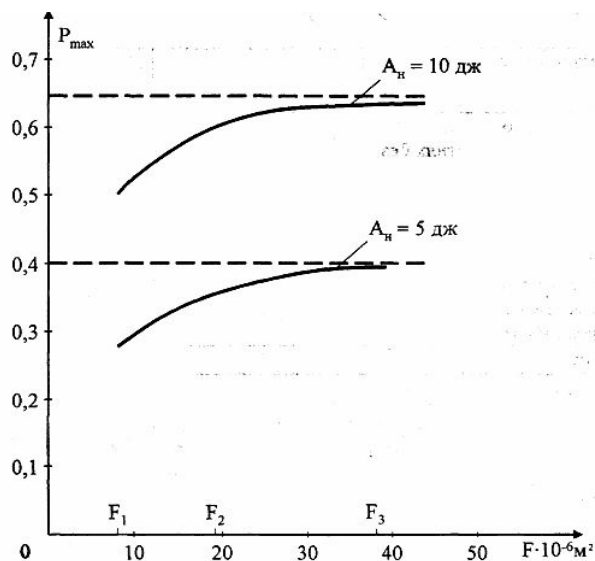


Рисунок 15 – Зависимость максимального давления $P_{g \max}$ ударного импульса от суммарной площади отверстий в фильтре

На втором этапе экспериментальных исследований получены диаграммы изменения давления в ударном импульсе, движущимся в перфорированном фильтре.

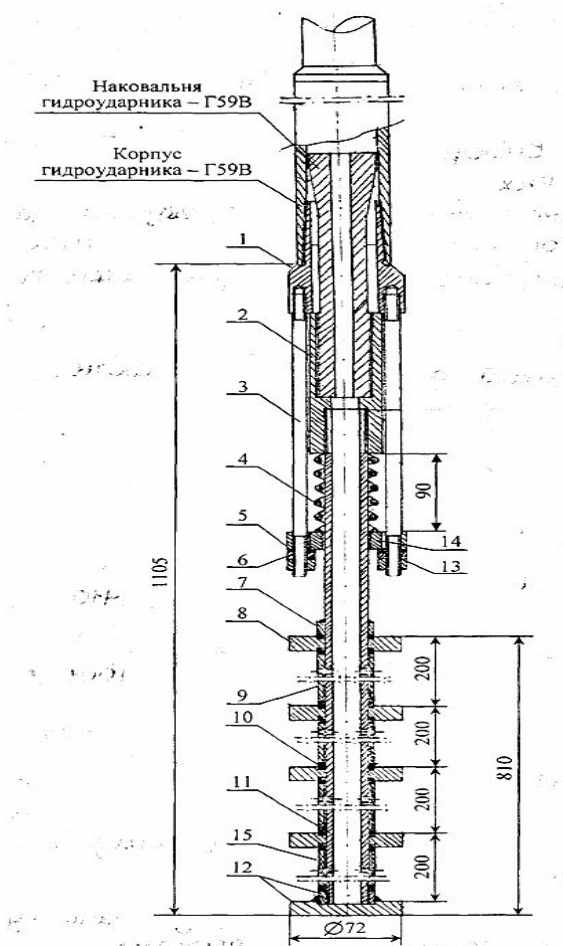
На рисунке 15 показано изменение максимального давления при прохождении ударного импульса вдоль перфорированных отверстий фильтра. По оси абсцисс отложены суммарная площадь отверстий фильтра F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 соответственно диаметрами 1 мм, 1,5 мм, 2 мм, 2,5 мм и 3 мм.

Из приведенных зависимостей следует, что наибольшие потери ударного импульса наблюдаются при его прохождении вдоль яруса отверстий, имеющих минимальный диаметр (1 мм). Это следовало ожидать, т.к. при течении жидкости через малые отверстия имеет место наибольшая потеря давления.

На третьем этапе экспериментов проводились работы по декольматации сетчатого фильтра, покрытого схватившимся гелцементным раствором, имеющим по данным измерений прочность на сжатие 6,3 МПа. Даже при малой величине энергии ударных импульсов ($A_H = 6$ Дж), передаваемых жидкости сбрасываемым грузом 3 (рисунок 11), фильтр освобождался от отложений при 10-ти - 15-тикратном сбрасывании груза на торец рабочего органа. Это свидетельствует об эффективности декольматации фильтров путем возбуждения в жидкости гидравлических ударов.

В результате теоретических и экспериментальных исследований было разработано опытное устройство для гидровибрационной разглинизации водоносных пластов. Устройство (рисунок 16) состоит из гидроударника Г59В (или Г59У) и соединенного с ним гидровибрационного рабочего органа.

Работа устройства осуществляется следующим образом. При подаче рабочей жидкости (воды) по бурильным трубам поршень гидроударника начинает наносить удары по наковальне. Возникающие ударные импульсы передаются окружающей жидкости. Импульсы, возникающие между смежными дисками, многократно отражаясь от последних, оказывают силовое воздействие на закольматированный фильтр, а при его очистке – на закольматированные стенки скважины. Силовой импульс, возникающий при ударе по жидкости торцом гайки 12, движется к заглушке отстойника фильтра. Отражаясь в виде волны растяжения, импульс возвращается к трубе рабочего органа. Возникающие при этом кавитационные явления также способствуют очистке фильтра и декольматации стенок скважины.



1 – переходник; 2 – упорная втулка; 3 – шпильки; 4 – пружина; 5 – фланец; 6 – гайка; 7 – упор; 8 – диски; 9 – втулки; 10 – прокладки; 11 – труба; 12 – гайка нажимная; 13 – контргайка; 14 – фланец; 15 – гильза.

Рисунок 16 – Устройство для гидровибрационной разглинизации водоносных пластов

В результате опытно-конструкторских работ создан комплекс технических средств, содержащий три элемента: устройство для манжетного цементирования, устройство для сооружения гравийных фильтров и устройство для гидровибрационной разглинизации водоносных пластов.

Разработанный комплекс испытан в производственных условиях на объектах АО «Волковгеология» и «Joint Drilling» и принят к внедрению. Расчеты, приведенные в диссертационной работе, показывают, что ожидаемый эффект от внедрения комплекса составляет порядка 1 млн. тенге на одну скважину.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований получены новые, научно обоснованные результаты, позволяющие решить крупную прикладную проблему – разработку комплекса эффективных технико-технологических средств, использование которых позволяет создать рациональную конструкцию и освоить технологические скважины для добычи уранового сырья.

Основные научные результаты и рекомендации работы заключаются в следующем:

1. На основе анализа существующей техники и технологии сооружения и освоения технологических скважин обоснована целесообразность разработки комплекса технических средств для манжетного цементирования, создания гравийных фильтров и гидровибрационной разглинизации продуктивных пластов.

2. Показано, что качественное манжетное цементирование технологических скважин обеспечивается выдавливанием цементного раствора из внутреннего пространства обсадной колонны по нескольким радиальным каналам, причем течение цементного раствора должно происходить в ламинарном режиме при скорости до 0,5 м/с и ширине кольцевого зазора 20-25 мм. Такая технология позволяет повысить сцепляемость цементного раствора с пластмассовыми обсадными трубами и снизить более чем в 2 раза расход раствора.

3. Установлены рациональные параметры гравийной обсыпки фильтров через бурильную колонну и распределитель, наклонные каналы которого соединяют упомянутую колонну с зафильтровым пространством. Показано, что для качественной гравийной обсыпки количество соединительных каналов распределителя должно быть не менее 3-х, их угол наклона к оси скважины должен быть не более 20° , а для исключения пробкообразования диаметр всех проходных каналов должен быть равен не менее пяти размерам частиц гравия при их концентрации в водогравийном потоке не более 17%.

4. Создано устройство для манжетного цементирования технологических скважин, адаптированное к диаметрам и материалу применяемых на практике обсадных колонн (наружный диаметр – 90 мм,

внутренний диаметр – 74 мм, материал труб – пластмасса). Устройство защищено двумя инновационными патентами РК.

5. Разработано устройство для гравийной обсыпки фильтра через внутреннее устройство бурильной колонны и распределитель с наклонными каналами. Устройство адаптировано к диаметрам применяемых на практике бурильных и фильтровых колонн, а также диаметру каверны в фильтровой части скважины (диаметр бурильной колонны – 50мм, диаметр фильтра – 90мм, диаметр каверны под гравийную обсыпку – 300-320мм). Устройство защищено патентом РК.

6. Создано устройство для гидровибрационной разглинизации фильтров и продуктивных пластов. Устройство генерирует ударные импульсы, передаваемые столбу жидкости в фильтровой части скважины, с максимальным давлением не менее 0,5 МПа и частотой не менее 1000 уд/мин и адаптировано к применяемым на практике внутренним диаметрам обсадных и фильтровых колонн технологических скважин (74мм) и защищено предварительным патентом РК.

7. Разработанные математические модели сооружения и освоения технологических скважин – цементация, создание гравийных фильтров, гидровибрационная разглинизация продуктивных пластов – адекватно отражают реальную связь технологических и режимных параметров разработанных технических средств.

8. Создан комплекс технических средств для сооружения (манжетное цементирование и создание гравийных фильтров) и освоения скважин (гидровибрационная разглинизация фильтров и продуктивных пластов).

9. Все элементы комплекса были испытаны в производственных условиях на объектах АО «Волковгеология» и «Joint Drilling». Испытания показали повышение производительности по каждой операции (цементирование, создание гравийного фильтра, гидровибрационное освоение пластов) на 15-20% с ожидаемым суммарным экономическим эффектом 1 млн. тенге на одну технологическую скважину глубиной 500-600м.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в следующих изданиях

1. Федоров Б.В., Макаров А.А., Сушко С.М., Касенов А.К. Инновационный Патент Республики Казахстан № 60191. Устройство для тампонирувания геотехнологических скважин., 2009.Бюл.№7, 2009., с.81.
2. Федоров Б.В., Макаров А.А. Способ манжетного тампонирувания фильтровой колонны геотехнологических скважин. Материалы международной конференции «Ресурсно-экологические проблемы в 21 веке: инновационное недропользование, энергетика, экологическая безопасность и нанотехнологии», Алушта 2009г., 190-195с.
3. Федоров Б.В., Макаров А.А. Устройство для манжетного тампонирувания фильтровой колонны геотехнологических скважин. Материалы Восьмой

- международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», Таллинн 2009г., с.120-125.
4. Федоров Б.В. Новая технология гравийной обсыпки фильтров. Журнал Геология и разведка №1, 2010, с.50-54
 5. Федоров Б.В., Шеметов Д.В., Траектория движения частицы гравия в фильтровой зоне с использованием новой технологии обсыпки // Материалы республиканской научно – технической конференции "ISTIQLOL" (с международным участием) "Геотехнология: инновационные методы недропользования в XXI веке". – Москва – Навоий, 2007. - С. 186-187
 6. Федоров Б.В., Сушко С.М., Касенов А.К., Параметры лопастного расширителя. Сб. Труды 2-ой международной научно-практической конференции «Горное дело и металлургия в Казахстане: состояния и перспективы» Том 1 «Горное дело», Алматы: изд.центр КазНТУ, 2006 г., с.186-192.
 7. Федоров Б.В., Сушко С.М., Обоснование технологических параметров лопастного расширителя геотехнологических скважин. Ж. «Геология и разведка», Алматы: №3, 2009 г.-с.72-76.
 8. Федоров Б.В., Сушко С.М., Область эффективного применения лопастного расширителя скважин. Сборник материалов 7 –ой Международной научно-технической конференции. Красноярск ИПК СФУ, 2009, 102-108 с.
 9. Федоров Б.В., Сейдахметов Е.Ж., Ратов Б.Т. Основы научных исследований и оптимизации процесса бурения. – Алматы: изд. центр КазНТУ, 2006.-30с.
 10. Федоров Б.В., Т.Т. Танатаров, А.Ж. Сейдахметов, Расчет параметров эрлифта с применением ЭВМ типа IBM Алматы: изд.центр КазНТУ,1996 – 31с.
 11. Федоров Б.В., Шеметов Д.В., Предварительный патент Республики Казахстан №17267. Устройство для создания гравийной обсыпки в скважине, 5с.
 12. Федоров Б.В., Устройство для разрушения горных пород. Авт. свидетельство СССР №386140. Бюл.№7, 1982., с.65.
 13. Федоров Б.В. Устройство для разглинизации стенок скважины. Авторское свидетельство СССР№585790. Бюл.№6, 1983., с.75.
 14. Федоров Б.В. Устройство для разглинизации водоносных пластов. Авторское свидетельство СССР№ 798297. Бюл.№3, 1983.
 15. Бейсебаев А.М., Федоров Б.В., Туякбаев Н.Т. «Бурение скважин и горноразведочные работы» М:Недра, 1990г., 198 с.
 16. Федоров Б.В., Ратов Б.Т., Касенов А.К. Параметры гидравлического удара при гидровибрационном освоении водоносных пластов Ж. Вестник КазНТУ №2 (40), 2004, с.131-138.
 17. Федоров Б.В. Усилия, передаваемые забой скважины при ударно-вращательном бурении. Вестник КазНТУ, вып.№2 – 2004, С.20-25.
 18. Федоров Б.В., Ратов Б.Т., Сейдахметов Е.Ж. Гидровибрационное освоение водоносных пластов с применением забойных ударных машин. Сборник докладов Международной конференции «Инженерное образование и наука в 21 веке» - Алматы: изд. КазНТУ, 2004., с.120-125.
 19. Федоров Б.В., Ратов Б.Т., К механизму вибрационной декольматации водоносных пластов. // Сборник докладов Республиканской научной

- конференции молодых ученых и студентов. «Проблемы геологии и освоения недр» - Алматы: Эверо, 2005., с.67-70.
20. Федоров Б.В., Ратов Б.Т., Касенов А.К. Преобразование механического давления в электрический сигнал. Предварительный патент Республики Казахстан №13601. Бюл.№8, 2005., с.25.
21. Федоров Б.В., Кудайкулов С.К., Касенов А.К., Ратов Б.Т., Устройство для вибрационной разглинизации водоносных пластов. Предварительный патент Республики Казахстан № 14693., Бюл.№5, 2005., с.32.
22. Федоров Б.В. Бурение скважин. – Алматы.: КазНТУ, 2002, 202с.
23. Б.В. Федоров. Бурение и оборудование гидрогеологических скважин. Алматы: изд. КазПТИ, 1989, 92с.
24. Федоров Б.В., Шеметов Д.В., Устройство для гравийной обсыпки фильтра // Предварительный патент Республики Казахстан № 17267. Бюллетень промышленная собственность №4, 2006, 5с.
25. Федоров Б.В., Макаров А.А. Совершенствование технологии сооружения геотехнологических скважин // Вестник КазНТУ. – Алматы, 2009. – № 1 (71). – С. 149 - 155
26. Федоров Б.В., Макаров А.А., Устройство для тампонирувания скважин // Предварительный патент Республики Казахстан № 21227. Бюллетень промышленная собственность №5, 2008, 5с.
27. Федоров Б.В., Макаров А.А. Тампонирувание геотехнологических скважин. Материалы седьмой Международной научно-технической конференции «Современные технологии освоения минеральных ресурсов» посвященная 50-летию института цветных металлов на Красноярской земле, Красноярск 2009г. – С.109-114
28. Федоров Б.В. Совершенствование технологии сооружения и освоения технологических скважин. Труды 9-ой международной конференции «Ресурсопроизводящие малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», Африка, г.Котону, 2010г., с.120.
29. Федоров Б.В. Теоретические основы процесса бурения. Алматы: изд. КазНТУ, 2008., 62с.
30. Федоров Б.В. Новая технология сооружения гравийных фильтров. Ж. «Геология и разведка», Алматы: №1, 2010г., с.31-34.
31. Федоров Б.В. Изучение процесса манжетного цементирования скважин. Труды 8-ой международной конференции «Современные технологии освоения минеральных ресурсов», Красноярск, 2010г., с.73-77.
32. Федоров Б.В. Освоение водоносных пластов с применением гидроударных машин. Сборник научных трудов. Современные технологии освоения минеральных ресурсов. Выпуск №7 (часть 1), Красноярск: ИПСФУ, 2009., с.82-87.
33. Федоров Б.В. Гидровибрационное освоение водоносных пластов. Ж.Вестник национальной академии наук Республики Казахстан, №1, 2010г., с.33-37.
34. Федоров Б.В. Манжетное тампонирувание технологических скважин. Ж. Вестник национальной академии наук РК, №2, 2010г., с.5.

Түйін

Федоров Борис Владимирович

Диссертацияның тақырыбы: Технологиялық ұңғымаларды құру және игеру үшін техникалық жабдықтар комплексін жасау.

05. 05. 06 – Таукен машиналары

Зерттеу тақырыбы Технологиялық ұңғымаларды құру және игеру үшін техникалық жабдықтар комплексін ғылыми дәлелдеу, құрастыру және жасау.

Зерттеу объектісі технологиялық ұңғымаларды сапалы манжетті тампондау, түбіне қиыршық тас сүзгісін жасау, гидродірілді игеру мүмкүндігін беретін комплексті құрастыру, жасау және іске қосу.

Зерттеу тәсілдері. Жұмысты орындау барысында келесі тәсілдер қолданылды: әдебиет материалдарын талдау және патенттік зерттеулер жүргізу; алынған мәліметтерді ЭЕМмен өңдеу арқылы аналитикалық және тәжірибелі зерттеулер жүргізу; технологиялық ұңғымаларды құру және игеру үшін техникалық жабдықтар комплексін жасау, оны өндірістік жағдайларда сынау және алынған мәліметтерді талдау бойынша тәжірибелі-конструкторлық жұмыстар жүргізу. Манжетті цементтеудің, қиыршықтасты сүзгі жасау және технологиялық ұңғымалардағы өнімді қабаттарды игерудің математикалық моделін құрастыру.

Зерттеу нәтижелері. Аналитикалық зерттеулер негізінде ұңғыманың сүзілу аймағында (шегендеу тізбегі мен ұңғыма қабырғаларының арасындағы цементтеу аралығында) тампонаждық және сазды сұйықтардың ағу траекториясын анықтау бойынша мәселе шешілді, қиыршық тастар бөлшектерінің қабаттың лайланған қабырғаларына жабысып, сүзгі аймағында тығындар пайда болуын жоятын аналитикалық және тәжірибеде дәлелденген зерттеулер алынды. Ұңғыманы гидродірілді игеруді зерттеу кезінде су қабаттарын лайсыздандыруды қамтамасыз ететін жағдайы табылды. Тампонаждық және сазды сұйықтарының ламинарлық режимдегі ағысында қысым жоғалу соммасы байланысының тұра пропорциональдық сипаттамасы тәжірибе негізінде дәлелденді.

Жасалған комплекстің негізгі сипаттамалары:

- технологиялық ұңғымаларды құру және игеру техникалық жабдықтарының комплексі «Казатомпром» ұлттық атом компаниясында (ҰАК) бар шегендеу құбырларының геометриялық параметрлеріне сәйкес жасалған;
- ұңғыманы тампондау үшін жасалған техникалық жабдықтар бұрғылау диаметрын 20-30% кішірейту мүмкүндүгүн береді, ал ұңғыма түбіне қиыршық

тастан сүзгі жасау жабдығы бұл процесстің сапасын көтеріп, ұңғыманың өнімділігін 8-10% арттырады, ұңғымаларды гидродірілді игеру тәсілін қолдану лайланған сұ қабаттарын игеру тиімділігін арттыру мүмкүндігін береді.

Сынау нәтижелері. Технологиялық ұңғымаларды құру және игеру техникалық жабдықтар комплексін тәжірибелі-өндірістік сынау «Казатомпром» ҰАК өндірістік объектілерінде қолданатын конструктивтік технология сипаттамаларына сәйкес жүргізілді.

Қолдануға енгізу ұсыныстары. Ұсынылған технология мен техникалық жабдықтарды өндірісте технологиялық ұңғымаларды құру және пайдалану үшін қолдануға болады.

Қолдану аймақтары. Технологиялық ұңғымаларды құру және игеру үшін жаратылған техникалық жабдықтар комплексі гидрогеологиялық және геотехнологиялық ұңғымаларды құруда қолданылуы мүмкін.

«Казатомпром» ҰАК объектілерінде тереңдігі 500 м ұңғыманы бұрғылау кезінде алынған **экономикалық тиімділік** 1 млн. теңгені құрады.

Қолдануға енгізу ұсыныстарына шолу. Қазақстанда жер асты сұлары мен қатты пайдалы қазындыларды іздеу және өндіру үшін көптеген гидрогеологиялық және геотехнологиялық ұңғымалар бұрғыланады. Бұл ұңғымаларды бұрғылаудың негізгі тәсілі ұңғыманы сазды немесе саз мөлшері төмен бұрғылау сұйығын пайдаланып айналмалы бұрғылау.

Жақын жылдарда уран шикізатын өндіру жоғары қарқынмен өсіп келеді, бұл Қазақстанға оны экспортқа шығару бойынша әлемде алдығы орынға шығуына мүмкіндік береді, және 2010-шы жылы бірінші орынға шығу жоспарланып отыр. Уран шикізатын өндіру сұ қабаттарын пайдаланып жүргізілетін болғандықтан, өнімді қабаттардың сақталуы және оларды ұзақ пайдалануды қамтамасыз ету көп жағынан ұңғымаларды сапалы цементтеу және олардың түбүне қиыршық тасты сүзгі жасау, оларды игеруге байланысты болады. Құрастырылған техникалық құрылғылардың кешені технологиялық ұңғымаларды құру және игеру кезінде жоғарыда ескерілген технологиялық процесстердің тиімділігін көтеруге арналған. Кешеннің барлық элементтері Қазақстан Республикасының патенттерімен қорғалған және бұл сала бойынша дүние өнертабыс деңгейіне сәйкес келеді. Құрастырылған кешенді технологиялық ұңғымаларды құру практикасына енгізу еңбек өнімділігін көтеріп, айтарлықтай экономикалық тиімділік алуға мүмкіндік береді.

Resume

Fedorov Boris Vladimirovich

Subject of dissertation:
**"Engineering of Hardware Outfit Complex for construction
and development of technological wells"**

05.05.06. – Mining Equipment

Research subject is scientific acknowledgment, engineering and creation of hardware outfit complex for construction and development of technological wells.

Research object is development, creation and implementation of the complex, allowing to produce qualitative cup seal plugging, gravel packing, hydro-vibrating completion of the technological wells.

Methodology. When executing this work the following research methods were applied: analysis of literary sources and patent researches; analytical and experimental researches with electronic interpretation of the data received; development and engineering works on creation of hardware outfit complex for construction and development of technological wells and its testing in production conditions and then analysis of results.

Research results. Designing mathematical model of process packing cementation, creating gravel filter and conversion of producing formation technological wells. As a result of analytical research the task on defining of movement pattern of cement and mud fluids in pre-filter zone of the well (in the range of cementing between casing and hole walls) is performed, analytical and experimentally confirmed studies excluding the sticking of the gravel patterns on the walls of the clay bed formations are received. When hydro-vibration well development the conditions providing the clay cake removal from water bearing formations are established. Experimentally proved linear dependence of total pressure loss when cement and mud fluids flow in laminar flow regime.

General characteristics of engineered complex:

- engineered hardware outfit complex for construction and development of technological wells is developed in accordance with existing geometrical parameters of casing pipes used at NAC "Kazatomprom" facilities;

- developed hardware outfits for well plugging allow to decrease the drilling diameter up to 20-30%, and developed means for gravel packaging allow to increase the quality of this process and increase the well production up to 8-10%, implementation of hydro-vibrating method of well development allow to increase the efficiency of clogged-up water formations development;

Test results. Experimental and production tests of hardware outfit complex for construction and development of the technological wells are performed in accordance with structural characteristics of process technology used at NAK “Kazatomprom” facilities.

References for implementation. Suggested technology and hardware outfit are recommended for implementation into production when construction and development of technological wells.

Area of application. Developed complex of hardware outfit for construction and development of technological wells could be used when construction of hydro-geological and production wells.

Economic benefit when drilling of one well by 500m depth is KZT 1 million at NAK “Kazatomprom” facilities.

Forecasting of assumed implementation. There is a huge volume of hydro-geological and production wells construction in Kazakhstan designated for exploration and production of formation water and solid commercial minerals. The general method of such wells construction is rotary drilling with clay and thin clay drilling fluids washing.

In the upcoming years the uranium production will be increased rapidly and that will bring Kazakhstan into leading position in the world, and toward Y2010 get the top position in the export of uranium products. Production of uranium is related to operation of water formations and in many cases depends on qualitative cementing and arranging of gravel packaging of filter zones, which provide the longer life operation of productive strata. Design complex of technical means purpose for rise up efficiency technological process for construction and conversion technological wells. All elements of complex preserve patent of RK and conform world level invention in this area. Widespread impression designing complex in practice of creating technological wells allow elevate capacity and receive considerable economical effect.

Подписано в печать 06.10.2010 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Объем 2,0 усл.п.л. Тираж 100 экз.

Типография Алматинского института энергетики и связи
050013, Алматы, ул.Байтурсынова, 126