

Ю.К. Витошкин, В.М. Карасик и др. – К.: Наук. думка, 1981. – 363 с.

11. Криль С.И. Напорные взвесенесущие потоки. – К.: Наук. думка, 1990. – 170 с.

УДК 532.528:534-14:622.245.5

Д-р техн. наук Н.А. Дзоз (корпорация «НіАКолор»),
канд. техн. наук Ю.А. Жулай (ИТСТ НАН Украины),
д-р техн. наук Ю.А. Меламед (корпорация «НіАКолор»)

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ РАСКОЛЬМАТАЦИИ СКВАЖИН

Визначено, що в технологічних процесах розколювання свердловин з використанням гідродинамічної кавітації збільшення міри проникності пласта (а відповідно збільшення дебіту свердловини) обумовлене формуванням розгалуженої мережі пір і каналів за рахунок високочастотної дискретно-імпульсної дії рідини на капіляри породи, тверду фазу і фільтрат, і ефективного видалення останніх із продуктивної зони

ON A POSSIBILITY TO APPLY HYDRODYNAMIC CAVITATION IN MANUFACTURING PROCESSES OF WELL REMUD-DRILLINGS

An increase in stratum penetration (and hence, an increase in well production) in manufacturing processes of remud-drillings using hydrodynamic cavitation is found to be due to formation of a branched network of interstices and passages by means of discretely-impulse effect of liquid on rock capillaries, solid phase and infiltration and of efficient elimination of the last-mentioned from producing zone.

Для увеличения дебита скважин, т.е. повышения их фильтрационных свойств, необходимо проведение комплекса технических мероприятий, связанных с процессами расколювания продуктивных зон фильтров различными методами [1-4], характеризующимися различной степенью эффективности. Это: чистка стенок скважин шарошечными долотами, откачки эрлифтом, механическое воздействие вибраторами на колонну с фильтром, создание гидравлических ударов при использовании в качестве генератора пневматических (низкочастотных) устройств, кислотное воздействие на фильтр, взрыв в районе фильтра или (без фильтра) в зоне водоносного горизонта. В последние годы начали применяться гидравлические свистки и магнитострикционные генераторы ультразвуковых колебаний. Не вдаваясь в глубокий анализ названных методов и средств, можно отметить следующее:

- названные генераторы имеют ограниченные ресурсные показатели, магнитострикторы в связи с характеристикой магнитострикционного материала, гидравлические свистки – в связи с тем, что схлопывание кавитационных каверн происходит на поверхности стенок, что приводит к их быстрому разрушению;
- технические средства для расколювания не унифицированы и не дают возможности использовать оборудование скважины – глубинный насос, водоподъемные трубы и т.д.

Перечисленные недостатки определяют преимущества генератора колеба-

ний давления жидкости (ГКД) [5], который имеет довольно длительный ресурс работы (т.к. не содержит быстроизнашиваемых элементов и подвижных частей) и не требует дополнительных источников энергии.

В генераторе реализуется периодически-срывное кавитационное течение жидкости, преобразующее стационарный поток в дискретно-импульсный большой мощности с частотами в несколько сотен герц и давлением в импульсе, в 1,5-2,7 раза превосходящем давление на входе в генератор [6].

При его использовании эффективность увеличения фильтрационных свойств продуктивных пластов значительно возрастает. В результате гидродинамического воздействия на горную породу в пласте формируются продольные и поперечные волны, возбуждающие упругие (собственные) колебания пористой среды, которые, в свою очередь, приводят к нарушению сплошности, идущей с образованием сети микротрещин. По сравнению с классическими (статическими) способами гидроразрыва пласта при гидродинамической виброобработке среднее давление раскрытия пласта в 2-2,5 раза ниже, чем при статическом гидроразрыве.

Как показывают расчеты, произведенные в рамках математического моделирования процессов фильтрации в пористых средах, зависимость фазовой проницаемости от статического давления есть линейная функция, тогда как при импульсной гидродинамической обработке трещиновато-пористых коллекторов параметры проницаемости растут нелинейно, начиная с давления 2,0 МПа. Учитывая экспериментальные сложности в количественной регистрации увеличения сети трещин и капилляров под действием импульсов давления жидкости, в данной работе для оценки роста параметров проницаемости пластов использовался технический параметр – дебит скважины, по величине которого производилась оценка ее фильтрационных свойств.

Раскольматация гидрогеологических скважин и фильтров осуществлялась с использованием генераторов колебаний давления жидкости со следующими техническими характеристиками:

- наружный диаметр, мм – 73;
- диаметр критического сечения генератора, мм – 6-10;
- расход жидкости, л/мин – 140-300;
- давление в нагнетательной линии насоса, МПа – 1,0-4,0.

При указанных режимных параметрах ГКД обеспечивал частоту колебания давления жидкости от 170 до 1400 Гц, максимальные значения амплитуд импульсов давления 3,5-12,0 МПа при соотношении давлений $\bar{P}_2/\bar{P}_1 = 0,2-0,3$.

Экспериментальные зависимости двойной амплитуды кавитационных колебаний от отношения \bar{P}_2/\bar{P}_1 , полученные при испытаниях ГКД в стендовых условиях с углом раскрытия диффузора $\beta = 20^\circ$ и диаметром критического сечения $d_{кр} = 8$ мм для разных значений давления на входе в сопло, представлены на рис. 1, а зависимости частоты – на рис. 2.

Приведенные зависимости показывают, что для всех значений давления на входе в кавитирующую трубку с уменьшением отношения \bar{P}_2/\bar{P}_1 двойная ампли-

туда колебаний увеличивается и достигает своего максимального значения при $\bar{P}_2/\bar{P}_1 \approx 0,2 \div 0,3$, а потом уменьшается. Максимальные значения давления на выходе из ГКД, замеренные датчиками давления ДДИ-20, в $1,5 \div 2,7$ раза превышают значения среднего давления на входе в ГКД. При этом для заданных значений давления на входе в ГКД и угла диффузора с увеличением отношения давлений \bar{P}_2/\bar{P}_1 от 0,1 до 0,8 происходит значительное повышение частоты кавитационных колебаний. Зависимость частоты от отношения давлений \bar{P}_2/\bar{P}_1 близка к линейной. При постоянном отношении давлений \bar{P}_2/\bar{P}_1 частота колебаний существенным образом увеличивается с повышением давления на входе в ГКД.

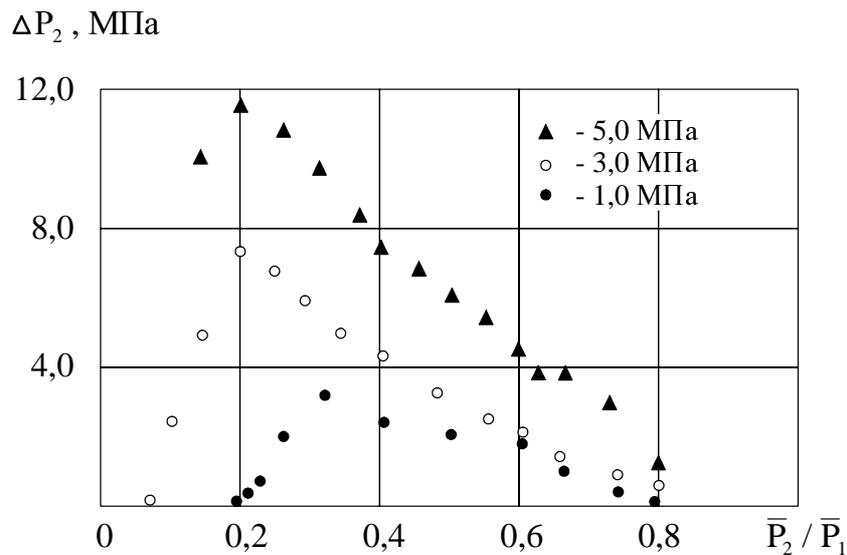


Рис. 1 – Экспериментальная зависимость двойной амплитуды колебаний на выходе из ГКД ΔP_2 от соотношения давления \bar{P}_2/\bar{P}_1

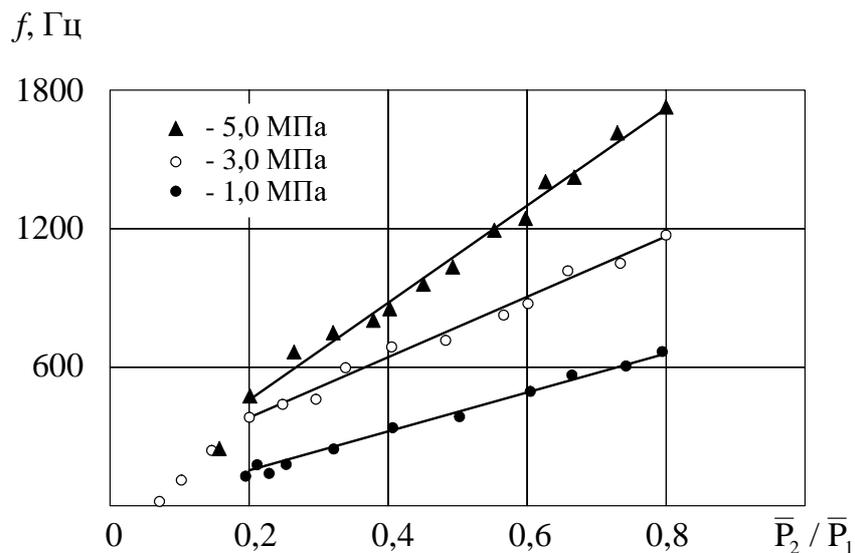


Рис. 2 – Экспериментальная зависимость частоты автоколебаний f на выходе из ГКД от соотношения давления \bar{P}_2/\bar{P}_1

При раскольматации скважин сравнивались следующие схемы обработки скважины: гидродинамическое устройство размещалось в параллельно опускаемой ветви напорного трубопровода над насосом со сбросом жидкости обратно в скважину после прохода через рабочий орган (ГКД); гидродинамическое устройство опускалось в скважину на бурильных трубах с использованием насоса буровой установки; ГКД размещен в шарошечном долоте и жидкость подается через бурильные трубы. В последнем случае, наряду с воздействием на стенки скважины импульсными нагрузками через жидкость, проводится проработка ствола долотом.

В процессе работ, связанных с раскольматацией скважин, применялись датчик статического давления, для определения столба жидкости над ним, т.е. для определения уровня воды в скважине, датчик пульсаций давления ЛХ-611, манометр (технический класса 0,6 с диапазоном измерений 0-25 кгс.см⁻²). Сигналы датчиков выводились на светолучевой осциллограф. Обработка данных велась прямыми замерами уровня сигналов на экране осциллографа и по фотографиям с этого экрана. Для расчета показателей бралось среднее значение по 10 сигналам.

На стадии макетирования была разработана схема раскольматации скважин с питанием ГКД от погружного насоса. На рис. 3 показана схема размещения наземного оборудования – обвязки и установки ГКД в скважине. Для обеспечения привода ГКД от погружного насоса последний должен иметь запас мощности, больший по сравнению с необходимым для заливки воды в водонапорную башню на 0,6-0,8 МПа.

К трубам, на которых опускался в скважину погружной насос, крепился кабель, соединенный с датчиком давления (статического) для определения уровня воды, а во время испытаний ГКД, в соответствии с приведенной схемой, вдоль линии, питающей гидродинамическое устройство, размещался кабель датчика пульсаций.

По данной технологической схеме произведено восстановление двух скважин, которые находились на обслуживании ПО "Сельхозводспецмонтаж" и агрофирмы "Щапово".

Одна была оборудована колодцем с размещением в нем обвязки с вентилями и манометром. Она была обсажена кондуктором диаметром 406 мм на глубине 2,9 м, а затем обсадной колонной. Отбор воды производился из открытого ствола.

В процессе работы проводилось сравнение эффективности процесса раскольматации скважин до и после обработки. При долговременном воздействии – изменение дебита фиксировалось при каждом замере.

В начале по показанию датчика статического давления был определен дебит скважины и уточнена её глубина. В последующем в период обработки пласта постоянно проводился замер дебита. Дебит Q определялся после отключения насоса по приращению статического давления в заданных пределах, с учетом соответствующего времени и объема участка скважины

$$Q = \frac{dV}{dt} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{dh}{dt} = \frac{\pi d^2}{4\rho g} \cdot \frac{dP}{dt},$$

где P – приращение давления; d – диаметр скважины; ρ – плотность воды; t – время на изменение уровня воды в скважине.

Погружной насос обеспечивал производительность 8,6 м³/ч.

В соответствии с технологической схемой (рис. 3) весь расход жидкости, обусловленный производительностью насоса, можно использовать для привода ГКД или работать в режиме распределения расхода воды: часть в водонапорную башню, а другую – для питания гидродинамического устройства.

Вначале скважина была обработана в режиме поступления всей воды на генератор. Дебит был повышен на 40%. Затем, после откачки погружным насосом воды на слив, что обеспечило очистку скважины от частиц шлама, был осуществлен переход на второй режим, когда в период работы погружного насоса одновременно работал генератор и производился отбор воды в течение 68 часов. Количество жидкости, подаваемой на генератор, регулировалось по показаниям манометра. Общее повышение дебита по этой скважине составило 200 %.

В скважинах, в которых водоносный горизонт был перекрыт фильтром, была проведена обработка по схеме (рис. 4). Она обеспечивала возможность перемещения ГКД на любую высоту и обработки поверхности стенок скважин или фильтра поинтервально. Это является важным фактором, поскольку стендовые исследования по определению параметров импульсного воздействия потока жидкости на фильтрующий элемент показали, что амплитуда колебаний давления в потоке по мере удаления его от выхода ГКД падает. Так, уже на расстоянии 1 м она уменьшалась вдвое.

Испытание схемы раскольматации скважин с приводом ГКД от погружного насоса проводились в скважинах № 4493 и 4661 глубиной 100 м, обслуживаемых Псковским СМУ "Бурводстрой". Скважины были снабжены фильтровыми колоннами, выполненными в виде перфорированной трубы.

После обработки скважин гидродинамическим способом в течение 4 часов их дебит увеличился на 25-110 % по отношению к замеренному дебиту до обработки.

Сравнительный анализ результатов испытаний эффективности процесса раскольматации скважин показывает следующее:

- более высокие результаты по эффективности раскольматации обеспечивает обработка поверхности водоносного горизонта жидкостью, характеризующейся высокими значениями амплитуд колебаний давления (4-12 МПа);
- учитывая быстрое затухание амплитуд колебаний давления жидкости, выход ГКД должен быть максимально приближен к месту обработки;
- обеспечение одинаковых результатов при разных значениях амплитуд колебаний давления жидкости может быть получено при соответственно разном времени воздействия;

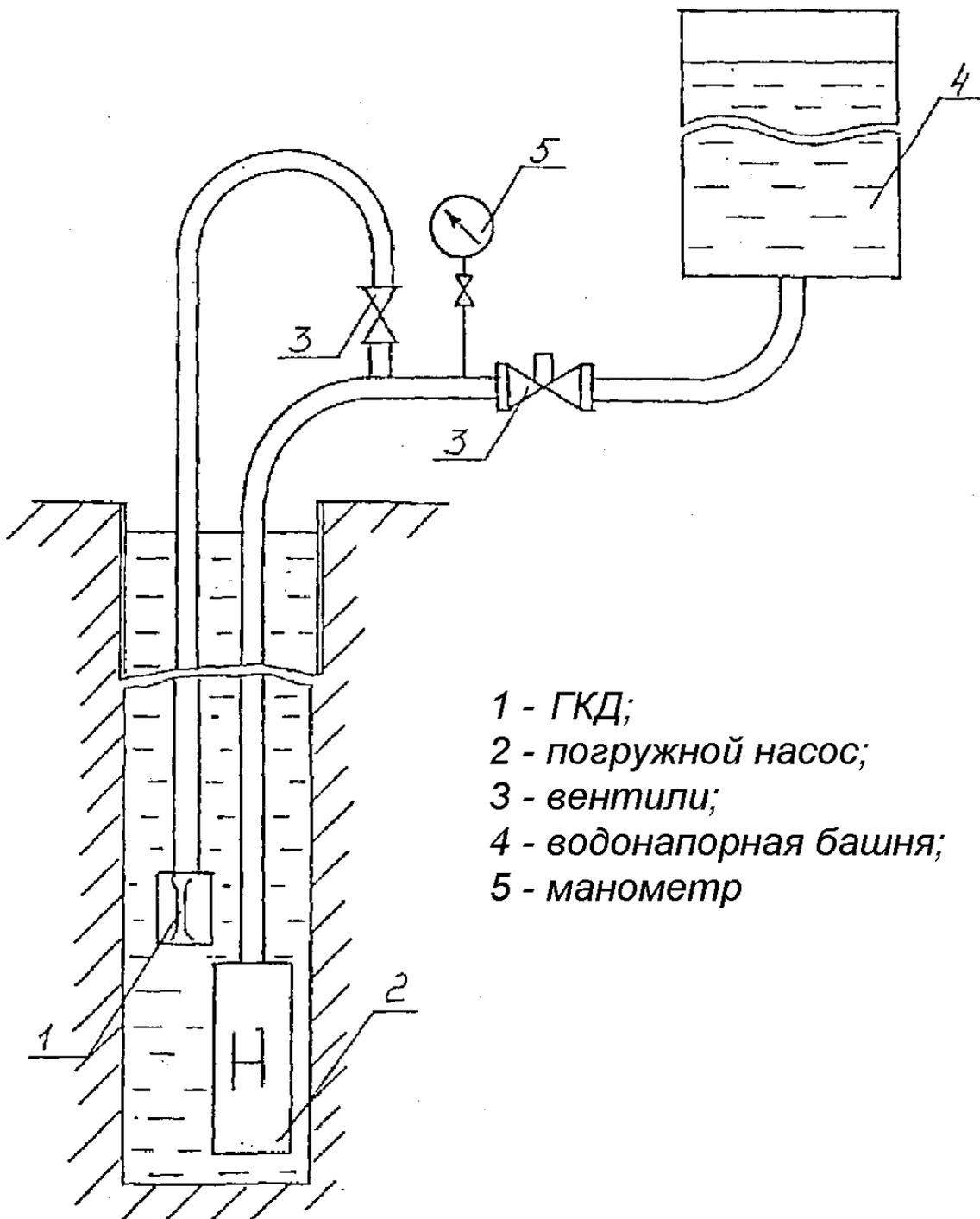


Рис. 3 – Схема раскольматации скважин с приводом ГКД от погружного насоса

– наиболее эффективным способом раскольматации скважин является воздействие дискретно-импульсными колебаниями жидкости на пласт с одновременной откачкой.

Анализ этих положений позволил оценить применённые схемы, определить области их использования и внести возможные усовершенствования.

Схема с приводом от погружного насоса в примененном виде обладает следующими недостатками: малая приводная мощность; низкая эффективность воздействия на точки поверхности, удаленные от расположения генератора.

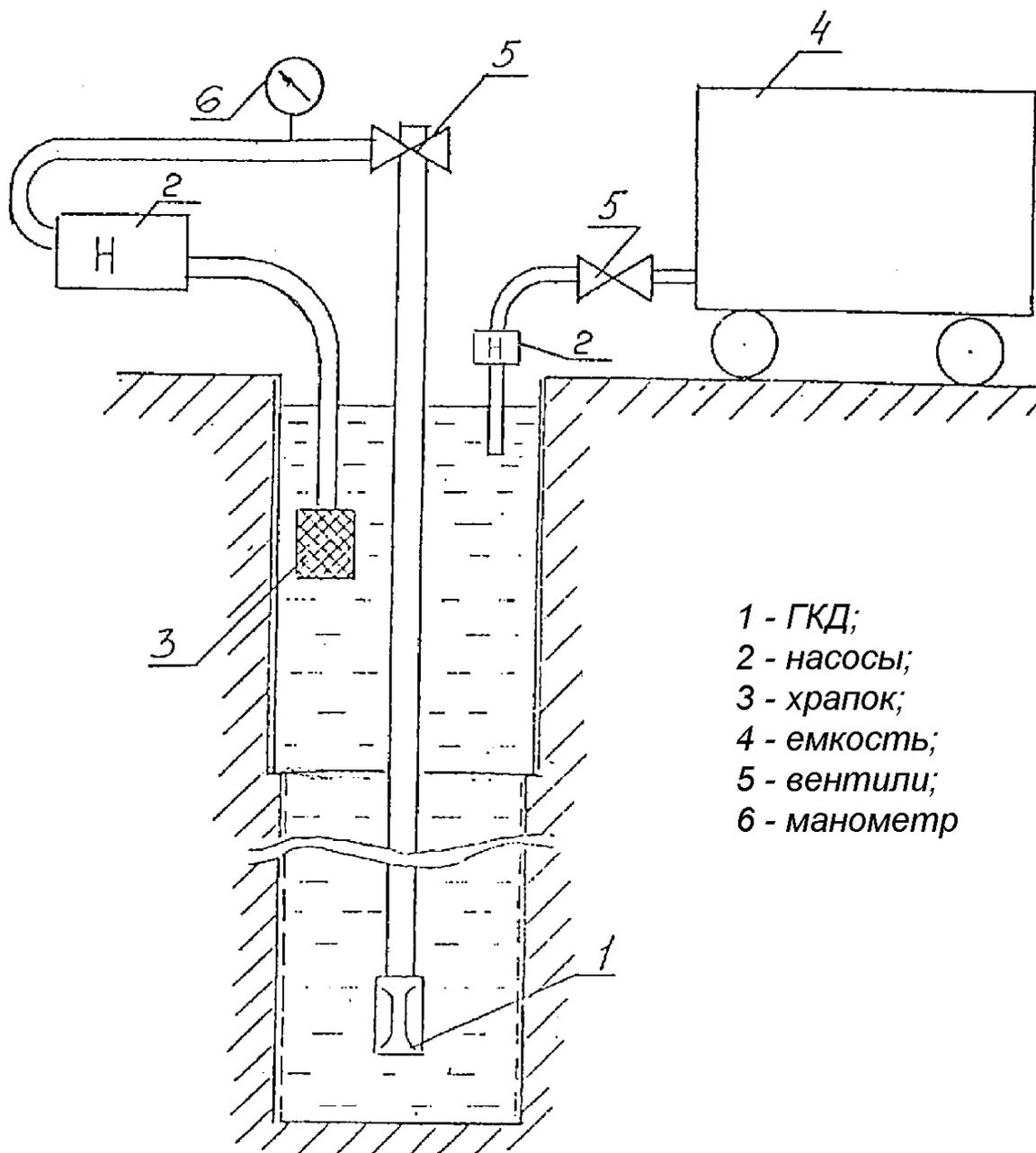


Рис. 4 – Схема расколматации скважины с приводом ГКД от автономного насоса

Положительным является возможность включения в работу системы, не прибегая к дополнительному транспорту, а также осуществление достаточно длительной обработки. Последнее определяется ресурсом работы генератора.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Увеличение дебита скважин (путем импульсной гидрообработки скважин с величинами пиковых давлений, лежащих в диапазоне 4-12 МПа) на 25-200 % обуславливается нелинейным увеличением параметров проницаемости благодаря формированию разветвленной сети трещин и пор.

2. Эффективность работ по расколматации скважин и очистки фильтров зависит от схемы воздействия на пласт или фильтр.

При этом рекомендуется применение ГКД для расколматации скважин по двух схемам:

– с приводом от погружного насоса для периодического воздействия на пласт с начала эксплуатации скважины в течение всего периода её работы;

– с приводом от автономного насоса для восстановления закольматированных скважин.

Таким образом, доказано, что в технологических процессах расколматаций скважин с использованием генератора колебаний давления жидкости, формирующего дискретно-импульсный поток жидкости большой мощности, увеличивается степень проницаемости пласта. Это обусловлено образованием разветвленной сети пор и каналов за счет высокочастотного знакопеременного воздействия жидкости на капилляры породы, твердую фазу и фильтрат и эффективным выносом последних из продуктивной зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романенко В.А., Вольницкая Э.М. Восстановление производительности водозаборных скважин. Л-д, Недра, 1986..
2. Р.С.Яремийчук, Б.М.Кифор, В.Н.Лотовский, М.У.Гульчук. Совмещение возбуждения притока из пласта с его очисткой многократными депрессиями-репрессиями. Журнал «Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. Вып.25, 1988, – С.62-63
3. В.Н.Лотовский, Р.С.Яремийчук. Улучшение фильтрационных свойств пласта в результате воздействия на призабойную зону многократными депрессиями-репрессиями. Журнал «Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. Вып.25, 1988, – С.84-85
4. Ю.А.Матвеев. Эффективное средство восстановления геотехнологических скважин. Журн. РиОН, 1990. – С. 15-17.
5. А.с. 1232299 (СССР) «Генератор колебаний давления жидкости». Пилипенко В.В., Задонцев В.А., Манько И.К., Жулай Ю.А. и Дзоз Н.А. Зарегистрировано 22.01.1986 г.
6. Жулай Ю.А. Гидродинамическая кавитация в промышленных технологиях (см. настоящий сборник)