

В.В.ИВАШЕЧКИН, Б.В.САБАДАХ, канд.техн.наук,
Д.А.КОЗЛОВ, канд.техн.наук (БПИ)

ГАЗОДИНАМИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ФИЛЬТРОВ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН ВЗРЫВОМ ВОДОРОДНО-КИСЛОРОДНОЙ СМЕСИ

В настоящее время количество пробуренных в СССР водозаборных скважин, предназначенных для целей водоснабжения, непрерывно увеличивается в связи с быстрым ростом промышленного, водохозяйственного и городского строительства. В БССР, водоснабжение которой в основном базируется на подземных водах, широко производятся буровые работы как с целью изыскания новых водозаборов, так и с целью использования уже разведанных запасов.

При роторном бурении с использованием глинистого раствора фильтры скважин и прилегающие породы могут засоряться частичками глины, образующими твердый осадок. При эксплуатации водозаборных скважин их производительность может снижаться в результате кольматации фильтров и прифильтровых зон. И в первом и во втором случае с целью интенсификации водоотбора необходимо провести комплекс мероприятий, направленных на очистку скважинных фильтров и прилегающих пород от кольматанта.

В БССР для освоения вновь пробуренных и восстановления производительности эксплуатирующихся скважин применяют гидроимпульсные методы декольматации фильтров и прифильтровых зон. Они основаны на передаче фильтрующей поверхности энергии в виде ударных волн и гидропотока знакопеременного направления (без разрушения элементов самого фильтра). В Белоруссии эксплуатируются установки для очистки фильтров электрогидравлическим способом, который основан на импульсном выделении электрической энергии в виде искрового разряда между электродами разрядника, устанавливаемого внутри фильтра [1] .

ЭГ — установка представляет собой комплекс оборудования весом около 3 т, смонтированного на базе грузового автомобиля ЗИЛ-157 К. В целом эти установки характеризуются эффективной работой при очистке фильтров. Однако высокие весогабаритные показатели, значительная стоимость, наличие опасных для жизни высоких напряжений (порядка 50×10^3 В) не позволяют их широко применять на объектах народного хозяйства. Достаточно сказать, что в СССР в 1980 г. эксплуатировалось всего 10 подобных установок с возможностью обработки не более 100 скважин в год каждая и максимальной энергией в импульсе 20 кДж.

Кафедрой "Гидравлика" Белорусского политехнического института разработана и опробована в промышленных условиях газодинамическая установка для регенерации фильтров скважин с помощью взрыва водородно-кислородной смеси, которая устраняет недостатки, присущие ЭГ-установкам, и предназначена для обработки скважин диаметром до 400 мм [2] .

На рис. 1 приведена принципиальная схема газодинамической установки, состоящей из устройства для очистки фильтров, системы электрического пи-

тания и управления. Устройство включает в себя газогенератор кислородно-водородной смеси 1 с размещенными в его полости электродами 2, крайние из которых подключены к разноименным полюсам источника тока постоянно-

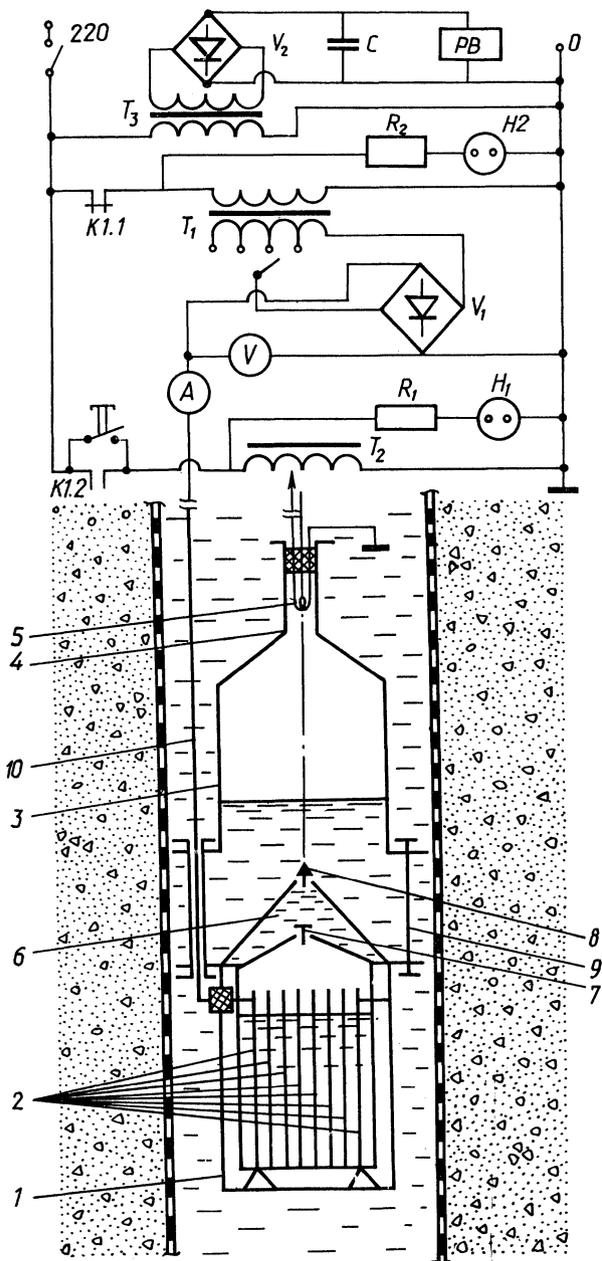


Рис. 1. Принципиальная схема газодинамической установки для регенерации фильтров скважин с помощью взрыва водородно-кислородной смеси.

го напряжения, а также взрывную камеру 3 с разгонной трубкой 4 и свечой поджига 5. Взрывная камера 3 соединена с газогенератором 1 через предохранительный затвор 6 конической формы, имеющий обратные клапаны 7 и 8. Взрывная камера жестко связана с газогенератором посредством болтов 9, один из которых полый и служит для пропуска кабеля 10.

Газогенератор предназначен для получения водородно-кислородной смеси стехиометрического состава 2:1 путем электролиза воды, находящейся в составе щелочного электролита, заполняющего полость газогенератора. Взрывная камера предназначена для накопления и взрыва водородно-кислородной смеси, поступающей сюда из газогенератора. Разгонная трубка служит для разгона нормального горения водородно-кислородной газовой смеси до детонационных скоростей, что позволяет использовать в газодинамической установке второй режим химического превращения — детонацию. Предохранительный затвор исключает возможность проскока детонации из взрывной камеры в газогенератор.

При подготовке устройства к работе газогенератор наполняется щелочным раствором КОН 20 % концентрации, взрывная камера жестко крепится болтами к газогенератору. Затем устройство на кабеле опускается в зону очищаемого фильтра вручную или с помощью лебедки. При подаче постоянного напряжения на крайние электроды газогенератора они начинают работать как монополярные, а все промежуточные как биполярные. Причем каждый промежуточный одной стороной работает как катод, а противоположный — как анод. На анодах выделяется в виде пузырьков кислород, а на катодах — водород. Кислород и водород в соотношении 1:2, барботируя через слой электролита, поступают в верхнюю часть газогенератора.

По мере накопления взрывчатой смеси давление в газогенераторе повышается, что приводит к открытию клапана и поступлению газовой смеси в полость предохранительного затвора. Далее взрывчатая смесь через клапан попадает во взрывную камеру с разгонной трубкой, откуда постепенно вытесняет воду в ствол скважины между болтами. После достижения заданного объема газовой смеси во взрывной камере электроды обесточиваются, и напряжение подается на свечу поджига, которая поджигает газовую смесь в верхней части разгонной трубки. Нормальное горение газовой смеси на участке, определяемом длиной разгонной трубки, переходит в детонацию, которая сопровождается образованием в газовой смеси ударной волны. Фронт детонации без разрушения переходит в объем взрывной камеры. В последней происходит детонация смеси. Детонационная волна, падая на границу раздела газ—вода, возбуждает в жидкости ударную волну, которая, отражаясь от конического предохранительного затвора, воздействует на фильтр и вызывает его очистку. Сопровождающий ударную волну гидропоток знакопеременного направления вымывает разрушенные осадки в ствол скважины.

При взрыве образуются водяные пары, которые, охлаждаясь, превращаются в воду. Следовательно, взрывная камера не требует специальной продувки от продуктов взрыва, и при поступлении свежих порций водородно-кислородной смеси из газогенератора можно осуществлять процесс полной очистки всего фильтра без подъема устройства на поверхность. При работе газогенератора расходуется только дистиллированная вода, входящая в состав щелочного

электролита. Расход ее незначителен и составляет 0,100 кг для получения $0,186 \text{ м}^3$ газовой смеси, приведенной к нормальным условиям.

На рис. 1 показана схема системы электрического питания и управления устройством для очистки фильтров, позволяющая осуществлять работу как в автоматическом, так и в ручном режимах.

Структурно схема состоит из 3 контуров:

1) контура питания газогенератора, содержащего трансформатор T_1 , выпрямитель V_1 и амперметр А;

2) контура питания свечи накаливания, включающего трансформатор T_2 ;

3) контура питания реле времени РВ, включающего трансформатор T_3 , выпрямитель V_2 , конденсатор С и реле времени РВ, управляющего контактами $K_{1.1}$ и $K_{1.2}$.

Система электрического питания и управления позволяет осуществлять процесс электролиза за данное время при отключенной свече поджига; при ее включении электроды газогенератора обесточиваются.

Длительность электролиза и длительность поджига регулируются в широких пределах с помощью реле времени РВ. Сила тока электролиза регулируется трансформатором T_1 , а накал свечи поджига — трансформатором T_2 .

Производительность газогенератора можно регулировать путем изменения плотности тока на его электродах при постоянном напряжении, которое не превышает безопасного напряжения при работе в сырых помещениях.

Мощность импульса газодинамической установки можно изменять в широких пределах путем накопления различных количеств газовой смеси в рабочей камере.

Мощность импульса при взрыве $0,001 \text{ м}^3$ кислородно-водородной смеси при нормальных условиях, подсчитанная по уравнению реакции водорода с кислородом с учетом диссоциации молекул водорода и водяных паров, равна 4,64 кДж.

Газодинамическая установка прошла испытания на водозаборах г.Минска. Все обработанные скважины были оборудованы проволочными фильтрами диаметром 0,250—0,300 м на перфорированном трубчатом каркасе с гравийной обсыпкой. Средняя глубина скважин $33 \div 71$ м, глубина установки фильтров $30 \div 60$ м, длина их рабочей части $10 \div 23$ м.

Последовательность операций при обработке скважин включала в себя следующий перечень: опробование скважины перед обработкой, подготовку газодинамической установки к работе, поинтервальную обработку взрывами в режиме детонации через 0,50 м, опробование скважины с целью оценки результатов обработки.

Спуск устройства осуществлялся с помощью лебедки на каротажных кабелях. Масса спускаемого устройства составляла 25 кг, масса системы электрического питания и управления, в состав которой входил бытовой сварочный трансформатор ТД-101, — 30 кг.

Мощность импульсов регулировалась путем изменения количества подрываемой водородно-кислородной смеси во взрывной камере общим объемом $0,001 \text{ м}^3$. Расположение фильтров на глубине более 30 м позволяло запастись в камере не менее $0,004 \text{ м}^3$ газовой смеси, приведенной к нормальным условиям.

Максимальная производительность используемого в работе газогенератора кислородно-водородной смеси в комплекте с трансформатором ТД-101 составляла 0,001 м³/мин, что давало возможность осуществлять взрывы мощностью 18 кДж с интервалом в 4 мин.

В принципе же применение более мощного трансформатора с газогенератором, соответствующим ему по площади электродов, позволит повысить производительность работ при очистке фильтров. Применение газогенератора, по своим параметрам потребления электроэнергии близкого к промышленному, даст возможность затрачивать 14,1 кВт на получение 0,001 м³/с кислородно-водородной смеси.

В табл. 1 приведены данные об эффективности восстановления производительности скважин г.Минска с помощью газодинамической установки. Обработка скважин позволила увеличить их удельный дебит по сравнению с дебитом до обработки в 1,55—2,22 раза.

Таким образом, разработанная газодинамическая установка выгодно отличается от используемой в настоящее время электрогидравлической установки простотой конструкции, значительно меньшими весогабаритными показателями, низкой себестоимостью и безопасностью в эксплуатации.

При работе в фильтрах, установленных на значительных глубинах, для

Т а б л и ц а 1

Результаты обработки артезианских скважин г.Минска

Объект	Производительность до восстановления, м ³ /ч	Производительность после восстановления, м ³ /ч	Прирост восстановления, м ³ /ч	Удельный дебит, м ³ /ч		Увеличение удельного дебита, раз	Продолжительность прострелочных работ, ч
				перед обработкой	после обработки		
"Боровляны", станция № 5, скважина № 6	25,0	42,0	17,0	1,4	2,4	1,71	2,5
"Зеленовка", станция № 3, скважина № 21	60,0	65,5	5,5	4,3	8,2	1,91	2,5
"Камвольный комбинат", скважина № 13	31,0	46,0	15,0	2,7	4,2	1,55	1,0
"Новинки", станция № 1, скважина № 20	75,4	84,0	8,6	5,4	12,0	2,22	1,5
Водонасосная станция № 1, скважина № 17	31,0	60,0	29,0	—	—	—	1,5
Водонасосная станция № 5, скважина № 29	14,0	25,0	11,0	—	—	—	1,5

очистки которых необходимы импульсы высокой мощности, газодинамическая установка позволяет получать их путем увеличения времени электролиза, накапливая необходимое количество газовой смеси.

Испытания газодинамической установки в промышленных условиях позволили увеличить удельный дебит обрабатываемых скважин в среднем в 1,9 раза по сравнению с удельным дебитом до обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романенко В.А. Электрофизические способы восстановления производительности водозаборных скважин. — Л., 1980. — Л., 1980. — 79 с. 2. А.с. 977712. (СССР) Устройство для очистки фильтровой трубы скважины/Козлов Д.А., Ивашечкин В.В., Матвейко Н.П. — Оpubл. в Б.И., 1982, № 44, с. 122.

УДК 532.528:666.972

И.В.КАРПЕНЧУК, И.В.ПОВОРОТНЫЙ,
А.В.КАРПЕЧЕНКО (БПИ)

АКТИВАЦИЯ ВОДЫ ЗАТВОРЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИЕЙ

В последнее время при приготовлении бетонных смесей с целью повышения их характеристик находят применение безреагентные методы активации составляющих компонентов. Наиболее известны и используются в промышленности и научных исследованиях электрогидравлическая, магнитная, фотохимическая обработки материалов [1]. Специфические свойства жидких сред позволяют применять к ним методы воздействия, которые невозможно использовать для твердых веществ и газов.

Наряду с приведенными методами активации в различных технологических процессах используются устройства, где основным фактором воздействия является кавитация [2].

Возникновение кавитации связано с флуктуациями плотности среды. Адиабатические флуктуации плотности — случайные локальные сгущения в жидкости при распространении в ней продольных звуковых волн (акустическая кавитация). Кроме того, адиабатические флуктуации плотности возникают в тех случаях, когда векторы скоростей движения нескольких частиц вещества случайно направлены к центру малого объема жидкости (сжатие), либо от центра (разрежение), в результате чего в жидкости периодически образуются и схлопываются каверны [1]. Плотность среды значительно меняется: от плотности насыщенного пара до плотности жидкости. Постоянное возникновение и разрушение каверн приводит к непрерывным фазовым превращениям вещества по схеме жидкость—пар—жидкость. Схлопывание каверн сопровождается распространением сферических волн в жидкости, пульсациями давления аналогично действию микровзрывов.

Таким образом, при возникновении и развитии кавитации жидкость подвергается многостороннему воздействию. Появление дефектов в квазекристаллической структуре жидкой фазы вызывает изменение ее свойств [1].