

Совершенствование эксплуатации скважинных водозаборов подземных вод

Основные тренды конструктивно-технологического совершенствования, развития средств автоматизации, методов регулирования производительности скважинных водозаборов.

Фисенко Вячеслав Николаевич, кандидат технических наук, частная научная инновационная компания «Ru Well Systems», <http://well-systems.ru>, e-mail: well-systems@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1029-1027>, ResearcherID: <http://www.researcherid.com/rid/E-7618-2016>

Аннотация: Приведены сведения о направлениях конструктивно-технологического совершенствования, развития средств автоматизации, методов регулирования производительности скважинных водозаборов. Освещены проблемы роста энергозатрат и снижения к.п.д., предложена поправка на учет эксплуатационных потерь напора насоса в зависимости от изменения гидравлических параметров водоподъемной арматуры при эксплуатации. Рассмотрены различные схемы установки водоподъемного оборудования в двухколонной скважине и гидравлического расчета совместной работы насосов и скважины. Предложен критерий оценки энергоэффективности водоподъема из скважины.

Ключевые слова: Водозабор, двухколонная скважина(2X-Well), каскадное регулирование, гидравлический расчет, нормативный срок службы насоса, PSWR-насосная система установки в скважину без водоподъемных труб, энергосбережение, критерий оценки энергоэффективности водозабора.

Основной особенностью работы систем водоснабжения и канализации является необходимость бесперебойной непрерывной подачи и отвода всей потребляемой или использованной воды при значительных колебаниях расхода во времени. Современные системы водоснабжения и канализации представляют собой сложные инженерные объекты, как правило, рассредоточенные на значительном удалении друг от друга, оснащенные дорогостоящим техническим оборудованием, линиями и средствами связи, приборами измерения, автоматического управления и регулирования технологических процессов.

Совершенствование систем водоснабжения и канализации в последнее время происходит в части обновления и улучшения именно «технологической начинки» инженерных объектов и автоматизации отдельных процессов их работы. Рассмотрим конструктивно-технологический аспект модернизации и совершенствования

оборудования систем водоснабжения на базе источников подземных вод.

Глобальным трендом развития отраслей промышленности производящих базовые материалы, применяемые, в том числе при строительстве и модернизации систем водоснабжения и канализации является **повышение эффективности использования материалов, т.е. снижения «материалоемкости применения» в 2 раза базовых материалов,** таких как сталь, бетон, строительные композиты, термопласты и др. за счет повышения прочностных и других характеристик материалов при снижении их массы (light-weighting), в первую очередь за счет эффекта легирования материалов SWCNT - изменения свойств материалов при их модификации с помощью углеродных нанотрубок.

Так, например, добавление 0,05% SWCNT позволяет: повысить прочность и модуль упругости термопластов до 150%, или снизить их потребление в 2,5 раза; прочность строительных композитов на 150%, а модуля упругости – на 100% и снизить потребность в строительных композитах, как минимум, в 2 раза; для алюминия возможно увеличение предела прочности при растяжении на 50...200%, в зависимости от объема добавки SWCNT на единицу массы алюминия или сокращение потребности в алюминии в 2,5 раза; добавление только 0,001% SWCNT позволяет повысить упрочнение бетона на сжатие на 70%, что должно привести к снижению его потребления в 1,7 раза на единицу полезной функции; добавление 0,1% SWCNT позволяет на 100% повысить прочность изолирующих материалов; добавление 0,014% SWCNT позволяет на 50% повысить прочность стекла; добавление 0,5% SWCNT позволяет повысить прочность синтетического каучука и модуля упругости на 200% и снизить его потребление в 3 раза [1].

Указанное направление диктуется необходимостью обеспечения устойчивого развития глобальной экономики и минимизации антропогенного воздействия на климат, достижения цели снижения выбросов парниковых газов на 40-70% к 2050г.

Применительно к разработке оборудования и сооружений систем водоснабжения и канализации это означает более интенсивное использование материалов, повышение эффективности их использования (снижение веса; продление жизни продуктов и т.д.) - **необходимо научиться получать услуги от материалов, затрачивая на эти цели в 2 раза меньше**

физических объемов самих материалов. Кроме того требуются быстрые решения широкого круга технических и нормативно-правовых вопросов по применению облегченных материалов.

Второй глобальный тренд - энергосбережение и энергоэффективность при осуществлении технологических процессов производства и потребления, достигаемых более рациональной эксплуатацией машин, механизмов и сооружений, за счет лучшего управления и комплексной автоматизации указанных процессов.

Для систем водоснабжения комплексная автоматизация проще осуществима на объектах, получающих воду из подземных источников. Структурно выделяются: базовые насосные станции, имеющие скважины с большим удельным дебитом, работающие круглосуточно и обеспечивающие номинальный водоразбор в дневное и ночное время, и, пиковые насосные станции, работающие в часы максимального водопотребления либо в период ремонта базовых станций. Наиболее распространена двухступенчатая схема водоподдачи, когда водоподъем из скважин производится в промежуточный сборный резервуар, а из него, после необходимой технологической обработки, станцией 2-го подъема непосредственно в разводящую сеть. Но также, достаточно распространена схема работы скважин непосредственно в водопроводную сеть, без промежуточного накопления.

На современных автоматизированных насосных станциях пуск и остановка насосов производятся автоматически в зависимости от уровня воды в резервуаре, а также от напора или расхода воды в магистральном водоводе, либо в отдельных участках водопроводной сети. Автоматизируются закрывание и открывание задвижек, включение запасного агрегата вместо получившего аварийное повреждение, сигнализация о работе оборудования насосных станций, широко применяется автоматическая защита агрегатов.

Тренд поэтапного усложнения средств автоматизации направлен от простейшего использования автоматически действующих контрольно-измерительных приборов, к измерительным приборам, выполняющим роль датчиков сигнала, по которому автоматические устройства изменяют режим работы сооружения, до регулирующих микропроцессорных контроллеров обеспечивающих непрерывное поддержание оптимального режима процессов или автоматическое изменение режима по строго заданной программе.

К неравномерности режима водопотребления в течение суток добавляются: в некоторых регионах проблемы общего снижения объёмов водопотребления по сравнению с теми, на которые были рассчитаны системы водоснабжения при строительстве, в других регионах наблюдается резкий рост водопотребления, в связи с активной миграцией и экономически вынужденными перемещениями населения – все это приводит к тому, что эксплуатация насосов систем водоснабжения, построенных еще в период существования СССР, приводит к работе оборудования большей части времени за пределами рабочей области, с низкими значениями к.п.д. и, следовательно, с низким эксплуатационным ресурсом, приводящим к избыточному энергопотреблению и преждевременному выходу из строя насосного оборудования.

Анализ эксплуатации насосного оборудования [2] показывает, что в среднем к.п.д. насосных систем составляет 40%, а 10% работают с к.п.д. ниже 10%, при том, что к.п.д. установленных на них насосов в рабочем диапазоне составляет свыше 70%. В основном это связано с переразмериванием (выбором насосов с большими значениями подачи и напора, чем требуется для работы системы), регулированием режимов работы насосов при помощи дросселирования (т.е. задвижкой), износом насосного оборудования.

В отношении причин преждевременного износа насосного оборудования, производители [2] отмечают как основную причину – длительную работу последнего на нерасчетных режимах, т.к. конструктивно-технологические расчеты деталей и узлов насосного агрегата производятся для определенного интервала напоров и подач составляющих, как правило, 0,7...1,1 номинального расхода. Поэтому продолжительная работа насосного оборудования на нерасчетных режимах приводит к преждевременному выходу из строя отдельных деталей и узлов насосного агрегата и сопровождается либо незапланированными ремонтами и техническим обслуживанием или преждевременной заменой насосного агрегата. Типовая кривая эксплуатационной надежности работы насосного агрегата в зависимости от положения рабочей точки показана на Рис.1.

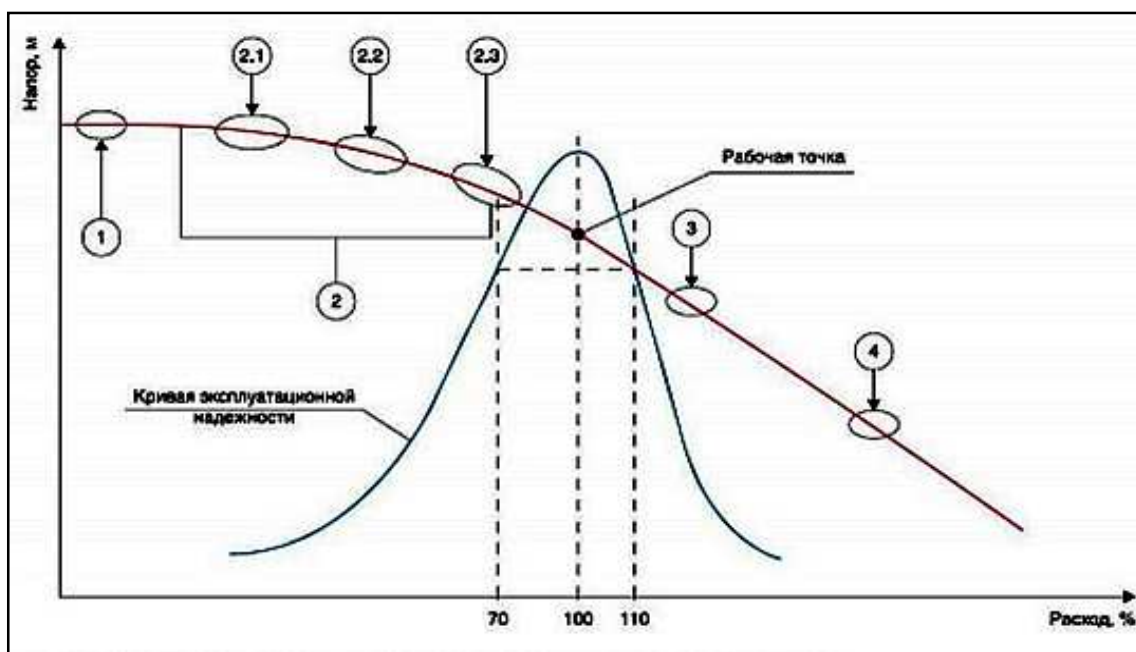


Рис.1.Кривая эксплуатационной надежности работы

насосного агрегата в зависимости от положения рабочей точки [2].

Исследования [3] по математическому моделированию совместной работы скважины и насоса для различных конструктивных и гидрогеологических параметров скважинного водозабора: как с подвеской на водоподъемных трубах, так и с беструбной установкой насоса, показывают, что рост гидравлического сопротивления фильтра в процессе эксплуатации, например вследствие зарастания фильтра, и кольматации прифильтровой зоны, **изменение гидравлических параметров водоподъемной арматуры при эксплуатации также оказывает существенное, влияние на снижение общего к.п.д. водозабора** и выход рабочей точки совместной работы насоса и системы за пределы оптимального интервала, рекомендованного производителем. Проведенные исследования [4] по установлению межремонтного периода скважин при снижении первоначального удельного дебита на 25%, также подтверждают зависимость межремонтного периода скважины (от 2 до 6,5 лет) как от конструктивных, гидрогеологических параметров, так и от интенсивности протекания кольматационных процессов [5] в прифильтровой зоне скважины и объема откачанной воды из пласта.

Таким образом, при гидравлическом расчете совместной работы насоса и системы водоподъема, необходимо вводить поправку на эксплуатационные потери напора насоса, возникающие в течение межремонтного периода скважины. Для этого к нижней границе оптимального интервала рекомендованного производителем, например, исходя из требований EN16480 «Минимальный требуемый КПД

центробежных насосов для воды» - $Q_{pl}=0,75Q_{вЕР}$ прибавляют Q_{ex} , что с одной стороны несколько сужает оптимальный интервал расположения рабочей точки насоса и системы (Рис.2), но с другой обеспечивает работу насоса на оптимальных эксплуатационных расчетных режимах в течение всего межремонтного периода скважины, что обеспечивает сохранение нормативного срока службы насоса.

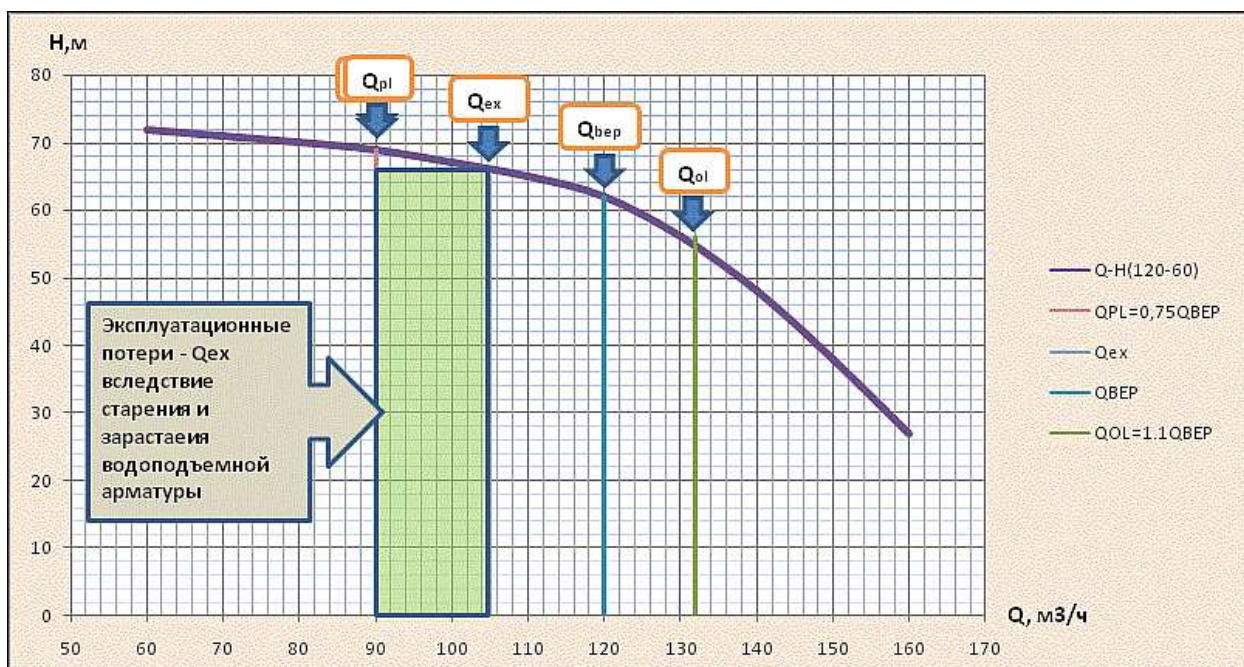


Рис.2. Оптимальный интервал работы насоса с поправкой на эксплуатационные потери напора насоса.

Таким образом, при гидравлическом расчете совместной работы погружного насоса, скважины и системы водоподдачи **оптимальный интервал для расположения рабочей точки скважинного насоса:** с учетом эксплуатационных потерь напора насоса вследствие отложений, зарастания и изменение гидравлических параметров водоподъемной арматуры в течение эксплуатации составит:

- верхняя граница $Q_{pl}-Q_{ex}$ или $0,75Q_{вЕР}-Q_{ex}$;
- нижняя граница $Q_{ол} = 1,1Q_{вЕР}$

где $Q_{вЕР}$ -точка соответствующая максимальному к.п.д. насоса.

Получившая распространение методика по анализу структуры затрат в течение жизненного цикла технологического оборудования (Life Cycle Costs — LCC) предназначенная, в первую очередь, для обоснования необходимости более высоких первоначальных капитальных вложений потребителем была применена к изучению работы скважинного насосного оборудования на американском рынке [6] и на основании анализа причин избыточного энергопотребления

выделяет, как основной потенциал энергосбережения на водозаборах замену регулирования подачи насосов задвижкой на частотное или каскадное регулирование, т.е. при проектировании и эксплуатации **необходимо находить решения способные адаптировать параметры насосов под текущий режим водопотребления в системе водоснабжения.**

Следует отметить, что оснащение объектов водоснабжения средствами автоматизации и частотного регулирования процедура достаточно дорогостоящая, так практика автоматизации насосных станций в системах водоснабжения [7] показывает, что оснащение насосных агрегатов преобразователями частоты для синхронизации рабочих точек одновременно работающих двух и более насосов экономически выгодна при мощности насосов более 90 кВт, так как цена коммутационного оборудования, материалов и монтажных работ сводят к нулю получаемую экономию за счет преобразователей частоты.

Кроме того, анализ условий применения частотного привода показывает [6], что скважинные насосы, как правило, работают на сеть с большой статической составляющей. Как видно из графика (рис.3), при работе насоса на сеть с преимущественной статической составляющей снижение частоты вращения насоса приводит к снижению КПД насосного агрегата и смещению рабочей точки в левую зону рабочей характеристики. Если при номинальной частоте вращения КПД насосного агрегата составляет 60%, то снижение до 83% от номинала приводит к снижению КПД до 35%. Таким образом, при работе центробежного насоса на сеть с преимущественной статической составляющей, применение частотного привода для регулирования водоподдачи скважины нерационально и для обоснования применения требует более тщательного анализа и учета других факторов. Представляется, как наиболее оптимальный подход – регулирование подачи насоса частотным регулированием кратковременно, при пуске электродвигателя скважинного насоса, для обеспечения плавного запуска скважины и предотвращения «пескования» фильтра [8], за счет плавного нарастания фильтрационного градиента в призабойной зоне скважины.

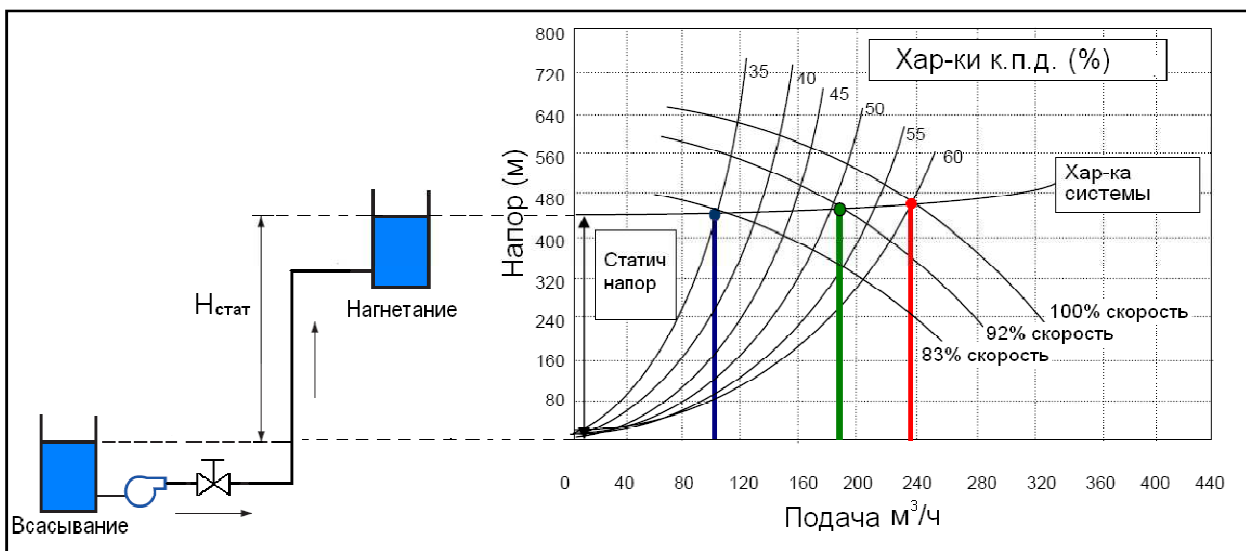


Рис.3. Работа насоса с частотным регулированием на сеть с преимущественной статической составляющей [6].

Каскадное регулирование на скважинных водозаборах обычно заключается в периодическом параллельном включении (выключении) дополнительных скважин с насосами (Рис.4) и отличается более гибким реагированием на текущий режим водопотребления, при этом насосы в скважинах работают на расчетных режимах, в зоне оптимальных к.п.д. Поэтому на этапе водоподъема из скважин, характеризующимся большими статическими составляющими в напорах насосного оборудования, каскадное регулирование выглядит наиболее рациональным способом регулирования режимов работы насосов.

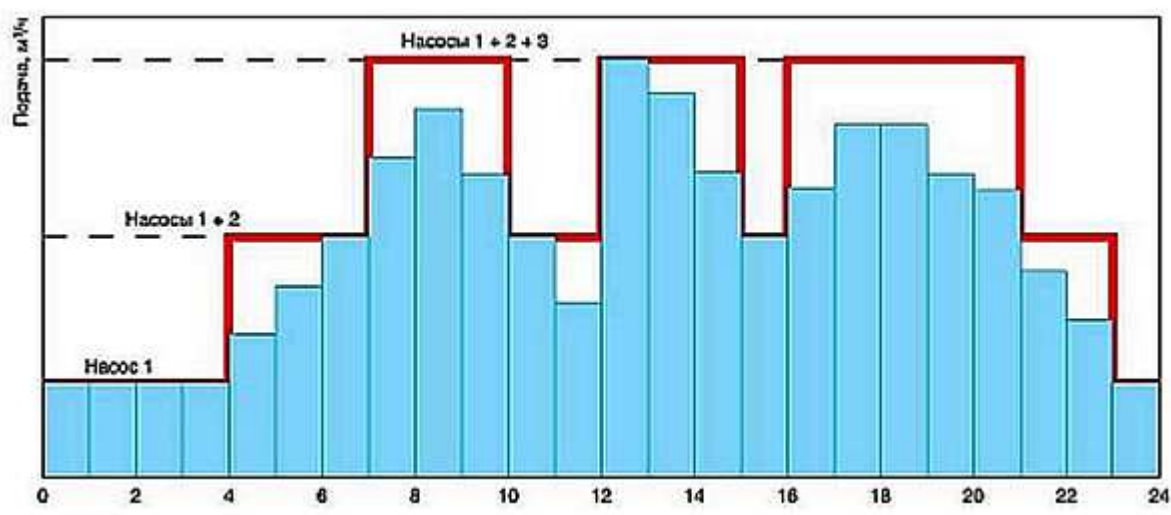


Рис.4. Каскадное регулирование работы скважин с насосами на сеть в течение суток[6].

Из практики разработки и эксплуатации скважинных водозаборов подземных вод [9], известны двухколонные скважины (условно обозначаемые как **2X-Well**- Прим.автора), т.е. скважины со сдвоенной обсадной колонной обеспечивающие равномерную нагрузку на фильтр скважины, за счет врезки одной из колонн в отстойник скважины и интенсификации работы нижней части фильтра. Одновременная откачка из двух колонн приводила к увеличению дебита и включению в работу нижней части фильтра, при этом обеспечивалась разгрузка верхней части фильтра скважины, за счет более равномерного распределения входных скоростей в фильтр скважины по его длине.

К преимуществам такой конструкции скважины следует отнести: безостановочную эксплуатацию скважины при эксплуатации (как возможное следствие - снижение интенсивности коагуляционных процессов прифильтровой зоны скважины – Прим. Автора), возможность ступенчатого регулирования водоподачи во времени $Q - 1,26Q - (1,4...1,7)Q$ попеременным или параллельным включением погружных насосов в каждой из колонн, возможность, экономии капитальных затрат, за счет строительства меньшего числа скважин, коммуникаций к ним и сборных водоводов от них, исключения строительства регулирующих емкостей, за счет каскадного регулирования водоподачи потребителю. К числу недостатков следовало бы отнести повышенную материалоемкость и стоимость в сравнении с одиночной скважиной (материалоемкость может быть компенсирована возможностью применения облегченных вдвое строительных материалов- Прим. Автора).

Наработка опыта применения экономичных скважин с полимерными обсадными колоннами, таких как МПТ-металлополимерные трубы [10], не уступающих по прочностным характеристикам металлическим, обобщение опыта [11,12], разработки и эксплуатации PSWR-систем установки насосов в скважины без водоподъемных труб, дает основания рассматривать данную конструкцию **2X-Well**-скважины как наиболее адаптивную к неравномерности режима водопотребления и имеющую улучшенные технико-экономические показатели по материалоемкости и энергоэффективности при применении современных конструкционных материалов и оборудования, по сравнению с групповыми водозаборами,

состоящими из одиночных скважин и работающих на сборный водовод соединенный с регулирующей емкостью (резервуаром).

Кроме того, возможность применения оборудования [10-12] в системах очистки подземных вод от загрязнения (ремедиации) [13] с помощью регенерируемых наночастиц нольвалентного железа - (nZVI), дополнительно расширяет область применения последнего.

Немаловажным фактором является и возможность обеспечения эксплуатации насосного оборудования в рамках оптимального, рекомендованного производителем режима работы в течение нормативного срока службы, т.е. сохранения эксплуатирующим предприятием необходимых условий по обеспечению возможности гарантийного ремонта и обслуживания насосного оборудования со стороны предприятия-изготовителя.

Рассмотрим ниже технико-экономические показатели **2X-Well** - скважины со сдвоенной обсадной колонной с разгрузкой верхней части фильтра, применительно к различным вариантам схем водоподъема, рассчитанным на основе примера, описанного в [9].

В таблицах 1,2 приведены технико-экономические показатели для **PSR-схемы** установки 2-х погружных электронасосов ЭЦВ10-120-60 на водоподъемных стальных старых ($k=0,7$ мп) трубах диаметром 125 мм в скважину. Рассмотрены варианты раздельной откачки: насосом N1 - как обычно через верхнюю часть фильтра, насосом N2- через нижнюю часть фильтра, из отстойника скважины.

Пересчет Q-H для насоса N1

Таблица 1

| | $Q_H, \text{м}^3/\text{ч}$ | $H_H, \text{м}$ | $S, \text{м}$ | $H_{\phi}, \text{м}$ | $h_w, \text{м}$ | $H_r, \text{м}$ | $\eta, \%$ | $P_2, \text{кВт} \cdot \text{ч}$ | $V, \text{м}^3/\text{с}$ | $K_{ev} = Q_H/P_2$ |
|----|----------------------------|-----------------|---------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------|
| Q1 | 133 | 54 | 8,86 | 45,14 | 4,64 | 40,5 | 72 | 27 | 3,011 | 4,93 |
| Q2 | 111 | 65 | 7,55 | 57,45 | 3,23 | 54,22 | 72 | 27 | 2,513 | 4,11 |
| Q3 | 80 | 70 | 5,4 | 64,6 | 1,68 | 62,92 | 62 | 24,5 | 1,811 | 3,27 |

Пересчет Q-H для насоса N2

Таблица 2

| | $Q_H, \text{м}^3/\text{ч}$ | $H_H, \text{м}$ | $S, \text{м}$ | $H_{\phi}, \text{м}$ | $h_w, \text{м}$ | $H_r, \text{м}$ | $\eta, \%$ | $P_2, \text{кВт} \cdot \text{ч}$ | $V, \text{м}^3/\text{с}$ | $K_{ev} = Q_H/P_2$ |
|----|----------------------------|-----------------|---------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------|
| Q1 | 105 | 66 | 7,4 | 58,6 | 2,89 | 55,71 | 71 | 27 | 2,377 | 3,89 |
| Q2 | 88 | 69 | 6,1 | 62,9 | 2,03 | 60,87 | 65 | 25,5 | 1,992 | 3,45 |
| Q3 | 79 | 70,5 | 5,6 | 64,9 | 1,64 | 63,26 | 62 | 24,5 | 1,788 | 3,22 |

Расчет проведен по известным параметрам рабочей точки (Q_H, H_H) и соответствующего понижению уровня в скважине S , методом последовательного получения дроссельных характеристик: $H_\Phi = H_H - S$ и $H_r = H_\Phi - h_w$, где H_r – глубина установки насоса в скважине плюс свободный напор на поверхности (потери в задвижке при дросселировании), h_w – гидравлические потери в водоподъемных трубах, V – скорость движения воды в водоподъемных трубах. Далее по соответствующим характеристикам к.п.д и потребляемой мощности насоса, на основании (Q_H, H_H), определяются фактические значения η – к.п.д. и P_2 – потребляемой мощности.

Для сравнения экономичности рассматриваемых вариантов определялся **коэффициент энергоэффективности водоподъема** $K_{ev} = Q_H / P_2$, – количество поднятых на поверхность кубических метров воды в расчете на 1 киловатт затраченной мощности.

Рассматриваемые варианты анализировались с позиций попадания в диапазон параметров оптимальной работы насоса, рекомендованный производителем для ЭЦВ10-120-60.

Зона оптимальной работы насоса ЭЦВ10-120-60

Таблица 3

| | 0,7*Q | Q | 1.1*Q | 1,3*Q |
|--------|-------|-----|-------|-------|
| Q/м3/ч | 84 | 120 | 132 | 156 |
| H/м | 69,5 | 62 | 54 | 32 |

Очевидно, что варианты Q3 установки как первого, так и второго насосов является неэкономичными т.к. их рабочие точки находятся за пределами нижнего значения $0,7*Q=84\text{м}^3/\text{ч}$ рекомендованного производителем интервала оптимальной работы насоса. Поэтому в дальнейшем рассматривались экономически более эффективные варианты Q1 и Q2 для насосов N1 и N2.

Для вариантов отдельной и совместной откачки: принимая за единицу подачу насоса **N1**, установленного в основной колонне над фильтром, получим наилучший вариант- Q2 для каскадного регулирования производительности водозабора, изменяющийся кратно **1 – 0,793 – 1,306** или, принимая за единицу подачу насоса N2, установленного в дополнительной колонне, получим наилучший вариант- Q2, для каскадного регулирования производительности водозабора, изменяющийся кратно **1,261 – 1 – 1,648**.

Диапазон каскадного регулирования водоподачи **2X-Well** скважины

| | N1 | N2 | N1+N2 |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| Q1,m3/h | 133 | 105 | 151 |
| Q2,m3/h | 111 | 88 | 145 |
| Q3,m3/h | 80 | 79 | 138 |
| Основной | | | |
| Q1 | 1 | 0,789 | 1,135 |
| Q2 | 1 | 0,793 | 1,306 |
| Q3 | 1 | 0,988 | 1,725 |
| Основной | | | |
| Q1 | 1,267 | 1 | 1,438 |
| Q2 | 1,261 | 1 | 1,648 |
| Q3 | 1,013 | 1 | 1,747 |

На основании совместного рассмотрения таблиц 1-4 можно сделать следующий вывод: подбор насосного оборудования для **2X-Well** – скважины следует проводить исходя из требования производителя по расположению рабочих точек совместной работы насоса и системы водоподъема в зоне оптимальных к.п.д., как при отдельной откачке из каждой колонны, так и при совместной откачке из двух колонн. Процедура гидравлического расчета является стандартной и состоит из последовательного построения дроссельных напорно-расходных характеристик для первого и второго насосов при отдельных откачках и, дополнительно, совмещенной напорно-расходной характеристики для параллельной работы насосов при совместной откачке из двух колонн, пересекающейся с характеристикой системы (Рис.5).

Данный подход позволяет обеспечить каскадное регулирование производительности скважинного водозабора при покрытии неравномерности режима водопотребления в системе и обеспечении энергосберегающих для эксплуатирующей организации условий функционирования насосного оборудования.

Суммарная подача насосов, на устье скважины, меньше, чем суммарная подача этих же насосов, при отдельной их работе, но достигается повышение напора на устье скважины по сравнению с напорами, развиваемыми насосами при независимой работе. Величина

уменьшения подачи зависит как от увеличения давления в отводящем трубопроводе (противодавления), так и от крутизны кривой $Q-H$ насоса, поэтому параллельная работа насосов может быть достаточно эффективной при варианном подборе характеристик насосов в зависимости от требуемого режима водоподачи.

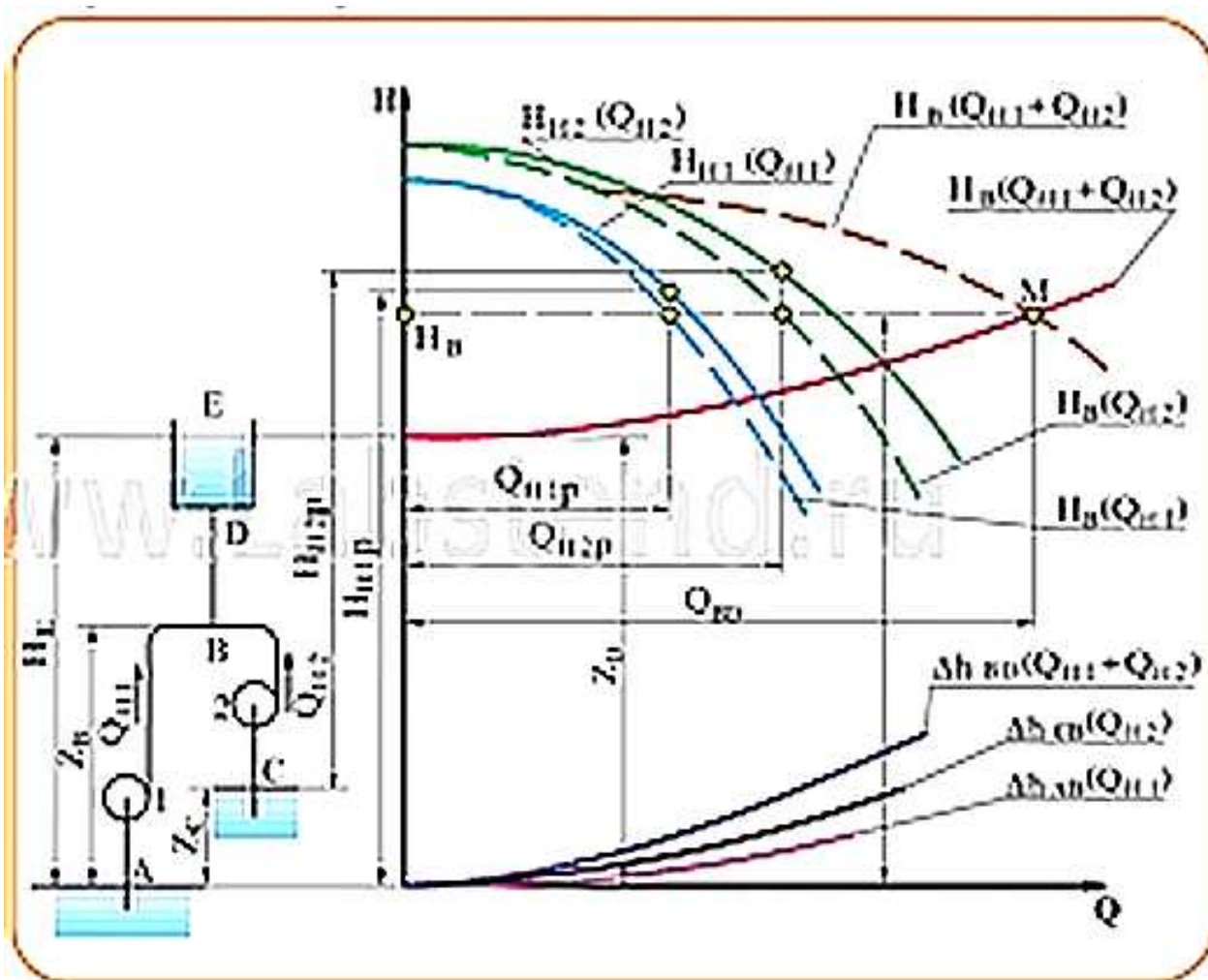


Рис.5. Схема к гидравлическому расчету работы погружных насосов в двухколонной скважине (2X-Well) на сеть.

В таблицах 5,6 приведены технико-экономические показатели для альтернативной **PSWR-схемы** установки 2-х погружных электронасосов ЭЦВ10-120-40 без водоподъемных труб в скважину (водоподъем по обсадной колонне диаметром 300 м с шероховатостью $k=0,7$ мн) . Рассмотрены варианты отдельной откачки: насосом N1 - как обычно через верхнюю часть фильтра, насосом N2- через нижнюю часть фильтра, из отстойника скважины.

Пересчет Q-H для насоса N1

Таблица 5

| | $Q_H, \text{м}^3/\text{ч}$ | $H_H, \text{м}$ | $S, \text{м}$ | $H_{\phi}, \text{м}$ | $h_w, \text{м}$ | $H_r, \text{м}$ | $\eta, \%$ | $P_2, \text{кВт} \cdot \text{ч}$ | $V, \text{м/с}$ | $K_{ev} = Q_H/P_2$ |
|----|----------------------------|-----------------|---------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|
| Q1 | 133 | 34 | 8,86 | 25,14 | 0,12 | 25,02 | 72 | 17,5 | 0,52 | 7,60 |
| Q2 | 111 | 43 | 7,55 | 35,45 | 0,08 | 35,37 | 72 | 17,8 | 0,44 | 6,24 |
| Q3 | 80 | 46 | 5,4 | 40,6 | 0,04 | 40,56 | 62 | 16,5 | 0,31 | 4,85 |

Пересчет Q-H для насоса N2

Таблица 6

| | $Q_H, \text{м}^3/\text{ч}$ | $H_H, \text{м}$ | $S, \text{м}$ | $H_{\phi}, \text{м}$ | $h_w, \text{м}$ | $H_r, \text{м}$ | $\eta, \%$ | $P_2, \text{кВт} \cdot \text{ч}$ | $V, \text{м/с}$ | $K_{ev} = Q_H/P_2$ |
|----|----------------------------|-----------------|---------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|
| Q1 | 105 | 44 | 7,4 | 36,6 | 0,07 | 36,53 | 71 | 17,6 | 0,41 | 5,97 |
| Q2 | 88 | 45,5 | 6,1 | 39,4 | 0,05 | 39,35 | 65 | 16,9 | 0,35 | 5,21 |
| Q3 | 79 | 46 | 5,6 | 40,4 | 0,04 | 40,36 | 62 | 16,4 | 0,31 | 4,82 |

Возможность применения электронасоса с менее мощным электродвигателем при обеспечении той же подачи водозабора повышает на 51% экономичность водоподъема из скважины: рост K_{ev} с 4,11 до 6,24, для основной колонны и рост K_{ev} с 3,45 до 5,21, для дополнительной колонны.

Следует отметить дополнительно, в отношении кратности водоподдачи **2X-Well** – скважины: возможность кратного увеличения водоподдачи на 70% от текущего среднечасового водопотребления, обеспечивает как выполнение требований п. 12.3 СП 31.13330.2012 [14] при аварийных ситуациях, так и одновременно может исключать необходимость накопления аварийного объема воды в резервуарах, что снижает их расчетную емкость, либо исключает резервуар вообще, что положительно сказывается на улучшение качества подаваемой воды потребителю (ухудшение качества воды стало серьезной проблемой во многих мегаполисах - Прим. автора), за счет повышения интенсивности обновления воды в системе, сокращения времени нахождения в трубах и снижения микробиологического загрязнения, а также экономию издержек на подачу дополнительных объемов воды для промывки и обновления воды в системе подачи воды потребителю.

Выводы

1. Основные задачи разработки и совершенствования конструкций и схем размещения объектов, в системах водоснабжения, в том числе и

на базе подземных вод состоят: в снижении материалоемкости применения в 2 раза базовых строительных материалов, более интенсивное использование материалов, повышение эффективности их использования. Необходимы решения широкого круга технических и нормативно-правовых вопросов по применению облегченных новых строительных материалов.

2. Основные задачи модернизации сооружений по забору подземных вод развития телекоммуникаций и автоматического управления в системах водоснабжения на базе подземных вод состоят: в минимизации электропотребления, при обеспечении покрытия неравномерности режима водопотребления, согласовании совместных режимов работы насосов и подсистем водоподъема и транспортировки воды, из условия обеспечения их работы в зоне оптимальных к.п.д. насосного и энергетического оборудования.
3. Для обеспечения нормативного срока эксплуатации насосного оборудования необходимо учитывать при проведении гидравлического расчета совместной работы насоса и системы водоподъема, поправку на эксплуатационные потери напора насоса, возникающие в течение межремонтного периода скважины.
4. Имеет место пересмотр условий возможного применения уже известных энергоэффективных конструктивно-технологических решений для скважинных водозаборов подземных вод на базе использования новых облегченных конструкционных материалов и технических средств, для достижения задач снижения материалоемкости и минимизации электропотребления, т.е. совершенствования эффективности и надежности эксплуатации скважинных водозаборов подземных вод.

Литература:

1. Отчет о научно-исследовательской работе - Исследование влияния модификации (с помощью углеродных нанотрубок) базовых материалов на снижение глобальной антропогенной эмиссии парниковых газов. Этап III, М., ЦЭНЭФ-XXI, 2015-216с
2. Костюк А.В., Диброва О., Соколов С.А., Пути повышения энергоэффективности насосных систем, «Новости приводной техники», №5-6 2014г;
3. Фисенко В.Н., Гидравлическая оптимизация и оборудование водоподъема из скважин с беструбной установкой погружных электронасосов: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.23.04.- М., ВНИИВОДГЕО, 1991. -25с;
4. Шейко А. М., Ивашечкин В. В., Гуринович А. Д., Галицкий В. А, ПРОГНОЗ КОЛЬМАТАЖА СКВАЖИН И ОПРЕДЕЛЕНИЕ

- РАЦИОНАЛЬНЫХ СРОКОВ ИХ РЕГЕНЕРАЦИИ// Вестник БГТУ, Минск, Изд. Белорусского государственного технического университета, 2006;;
5. Фильтры буровых скважин / В.М. Гаврилко, В.С. Алексеев. – 2-е изд. – М.: Недра, 1976. – 345 с.;
 6. Костюк А.В.,Твердохлеб И.Б.,Энергоэффективная эксплуатация скважинных насосов ЭЦВ, «Водоснабжение и санитарная техника», №6, 2010, с.34-37.
 7. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВОДОСНАБЖЕНИИ, ЗАО«Привод-Инжиниринг», Промышленная Группа«Приводная Техника», , «Новости приводной техники»,№5-6 2014г;
 8. Алексеев В.С.,Гуринович А.Д., Пусковые режимы водозаборных скважин с погружными насосами, в журн. «Гидротехника и мелиорация», №9, 1973;
 9. Абрамов С.К.,Алексеев В.С., Забор воды из подземного источника, М.,Колос,1980-239 с.;
 10. ТУ 2290-001-12333095-01 Металлопластовые трубы (МПТ) наружным диаметром 95, 115, 125, 140, 160, 180, 200 и 225 мм и соединительные детали к ним;
 11. Трусов М.М.,Фисенко В.Н., Комплектное оборудование для беструбного водоподъема из скважин и опыт его применения, в кн. Сооружение и эксплуатация водозаборов подземных вод (материалы семинара)/Под ред д.т.н. Алексеева В.С./, М., Изд ЦРДЗ-Центрального Российского Дома Знаний,1991 – стр.25-33;
 12. Аратцев Е.А.,Акетаев Ж.Е.,Стерлядкин В.Н.,Желенин Л.Я., Методические рекомендации по применению в Казахской ССР устройств и способа добычи подземных вод и других полезных ископаемых жидкостными скважинами, Алма-Ата, Министерство мелиорации и водного хозяйства Казахской ССР, Типография Госплана КазССР, 1989-122с.;
 13. <http://well-systems.ru/Researches2008/nZVI-technology0.pdf>
 14. СП 31.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84* ВОДОСНАБЖЕНИЕ. НАРУЖНЫЕ СЕТИ И СООРУЖЕНИЯ, МИНИСТЕРСТВО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, Москва 2012.