

## НОВАЯ ЭПОХА В УПРАВЛЕНИИ НАСОСНО - ТРУБОПРОВОДНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ.

Профессор , д.т. н. Кричке В.О.

### Патенты.

Патент РФ RU 2119148 C1 6 G 01 F 1/34 Способ измерения массового расхода и плотности жидкости, подаваемой центробежным электронасосом / Кричке В.О., Громан А.О., Кричке В.В. - № 96104446; заявл. 05.03.96 // Бюл. – 1998.-№26 / по которому , насосная установка одновременно является объемным и массовым расходомером.

Патент РФ RU 2182697 C2 7 G 01 F 1 / 86 Массовый расходомер – плотномер жидкости , подаваемой центробежным электронасосом / Кричке В.О., Громан А.О., Кричке В.В. - № 96117670, заявл. 30.08.96. // Бюл. - 2002.-№14 / по которому , расходомером является непосредственно насосная установка.

Патент РФ RU 2277186 C2 F04D 15 / 00 Способ непрерывного измерения и анализа в реальном масштабе времени коэффициента полезного действия насосов в насосно – трубопроводном комплексе магистрального нефтепровода/Кричке В.О.,КричкеВ.В.,Громан А.О. - № 2003138040/06, заявл. 29.12.20 03. / Бюл. – 2006 - № 15 / по которому , ведется в реальном масштабе времени непрерывное измерение и анализ коэффициента полезного действия насосов в насосно-трубопроводном комплексе.

Патент РФ SU 1452959 A1 4 E 21 B 47 / 10 Способ определения дебита скважины, оборудованной штанговым глубинным насосом / Кричке В.О. № 4159907, заявл. 10.12.86 / Бюл. – 1989 -№3 / по которому штанговый насос является расходомером.

Патент РФ RU 2018650 C1 5 E 21 B 47 / 10 Дебитомер / Кричке В.О. – № 4908568 , заявл. 17.12.90 / Бюл – 1990 - № 10 / по которому в качестве расходомера используется работающий штанговый насос.

**Авторы изобретений:** Кричке Владимир Оскарович, Кричке Виктор Владимирович, Громан Александр Оттович.

**Аннотация.** Предлагается новый способ измерения расхода жидкости в насосно-трубопроводных комплексах при котором в качестве расходомера используется непосредственно работающие насосные установки. При этом в потоке измеряемой жидкости никаких измерительных средств не ставится, что дает значительный экономический эффект, при установки и эксплуатации средств измерения. В качестве технических средств используются датчики давления на входе и выходе насоса и статические преобразователи мощности для измерения мощности действующей на валу насоса и вычислительные машины Эти приборы как правило на мощных насосных установках уже стоят , что позволяет измерять расход лишь с добавлением программного обеспечения.

**Описание.** Насосно-трубопроводные комплексы с центробежными и поршневыми электронасосами находят широкое применение в системах теплоснабжения, водоснабжения, при добыче нефти и на магистральных нефтепроводах. Основными показателями работы насосно-трубопроводного комплекса являются: объемный и массовый расход; давление развиваемые насосом; мощность на валу насоса, напор создаваемый насосом; КПД насоса; удельный расход электроэнергии; наработка на отказ и ряд других параметров. Для измерения расхода в качестве расходомеров и плотномеров могут использоваться центробежные и поршневые электронасосы – «Российский способ», которые открывают новую эпоху в управлении насосно-трубопроводными комплексами. Для измерения расхода центробежными электронасосами применяется новая **расходная характеристика**  $M - Q$ , которая предварительно вычисляется по паспортным характеристикам данной насосной установки (рисунок 1). При этом для данного типа насоса по напорной характеристике  $H - Q$  вычисляется и строится характеристика по давлению  $p - Q$ . Далее по всему диапазону расхода через определенный интервал берутся паспортные соотношения мощности  $N$  к давлению  $p$  создаваемому насосом и вычитается соотношение мощности  $N_0$  к давлению  $p_0$  при закрытой задвижке. Тогда расходный коэффициент для характеристики  $M-Q$  и расход будут равны

$M = (N / p - N_0 / p_0)$ , кВт/МПа, а расхода  $Q = V (1 - e^{-MC})$ , м<sup>3</sup> / ч, где коэффициенты а, б, с, д, В, С - постоянные для данной насосной установки. Привод насоса может быть от синхронного или асинхронного электродвигателя. При приводе от асинхронного электродвигателя паспортные характеристики пересчитываются по формулам:  $Q_1 = Q_0 (n_1 / n_0)$ ,  $H_1 = H_0 (n_1^2 / n_0^2)$ ,  $N_1 = N_0 (n_1^3 / n_0^3)$ , где  $Q_1, H_1, N_1, n_1$  – расчетные значения расхода, напора, мощности, частоты вращения, а  $Q_0, H_0, N_0, n_0$  – соответственно их паспортные значения. По расходной характеристики (рисунок 1) расход  $Q$  определяется коэффициента  $M$  по точкам А – В – С. По вычисленному расходу определяется КПД насоса  $\eta_n = p Q 10^5 / 3600 N_n \%$ , и удельный расход электроэнергии  $W_{уд} = 2,724 p 10^{-3} / \eta_n \eta_{эл.дв.}$ , кВт. ч / 1000 т.м, где  $\rho$  – плотность перекачиваемой жидкости, равная  $\rho = \rho 10^6 / g H$ , кг/м<sup>3</sup>, где  $H, m$  – напор, который находится по характеристике  $H - Q$  в зависимости от измеренного давления  $p, \eta_n, \eta_{эл.дв.}$  – соответственно КПД насоса и электродвигателя.

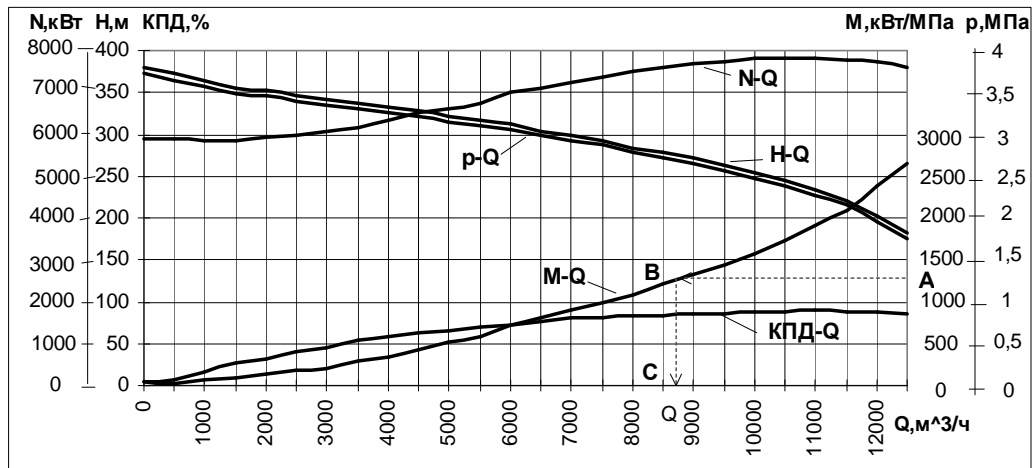


Рисунок 1 - Рабочие характеристик насоса НМ 10000 –210, D= 520 мм, 3000 об/мин: Н-Q - напорная, p-Q - давления, N-Q –мощностная, КПД – Q - КПД насоса, M-Q – расходная.

Массовый расход жидкости равен  $Q_m = \rho Q 10^{-3}$ , т/ч. Давление создаваемое насосом вычисляется по формулам: при работе с подпором  $p = p_{вых} - p_{вх}$  МПа, при работе на всасывание  $p = p_{вых} + p_{вх}$ , МПа, где  $p_{вых}$  -давление на выходе насоса, МПа;  $p_{вх}$  - давление на входе в насос. Получение базовой характеристики насосного агрегата после его установки впервые на рабочем месте или после ремонта осуществляется при запуске насоса в работу при полностью закрытой задвижке на выходе насоса и в течение двух минут снимаются значения мощности  $P_c$ , кВт, потребляемой электродвигателем привода насоса и значения давлений на выходе из насоса  $p_{вых}$ , МПа и входе в насос  $p_{вх}$ , МПа. После чего задвижка на выходе насоса постепенно открывается и, при значении расхода в районе номинального, процесс снятия данных повторяется. При работе на закрытую задвижку определяется **расходный коэффициент M**, который должен быть равен **НУЛЮ**, и если **НУЛЮ** не равен, то в формулу расходного коэффициента  $M$  вводятся **эксплуатационный коэффициент  $h_{эк}$**  и коэффициента сходимости  $K$ . Тогда формулы расходного коэффициента  $M$  и коэффициента  $K$  принимают значения

$M = [(N/p) h_{эк} - (N_0/p_0)] K$ , кВт/ МПа,  $K = M_n / M_p$ ,  $h_{эк} = (N_0 / p_0) \cdot (p_{01} / N_{01})$ , где  $M, N, p$  - соответственно расходный коэффициент, мощность и давление, действующие в период измерения расхода, кВт/МПа, кВт, МПа;  $N_0, p_0$  - соответственно мощность и давление, взятые из паспортной или базовой характеристики насоса, при нулевой подаче в начале рабочей характеристики,  $\eta_{эк}$  - эксплуатационный коэффициент,  $M_p$  – расчетный расходный коэффициент при номинальном расходе,  $M_n$  - расходный коэффициент при номинальном расходе работы насоса, взятый из его паспортной характеристики,  $N_0, p_0, N_{01}, p_{01}$  -

соответственно мощность и давление взятые из паспортной характеристики насоса при нулевом расходе, и мощность и давление полученные при работе на закрытую задвижку на выходе насоса. Мощность на валу насоса  $N_n$  при номинальном режиме и эксплуатационный коэффициент  $\eta_{эк}$  равный  $N_n = P_c \eta_{эл. дв.}$ , кВт,  $\eta_{эк} = (N/p) \cdot (p_{01} / N_{01})$ , где  $P_c$  – измеряемая мощность в сети, кВт,  $\eta_{эл. дв}$  – коэффициент полезного действия электродвигателя.

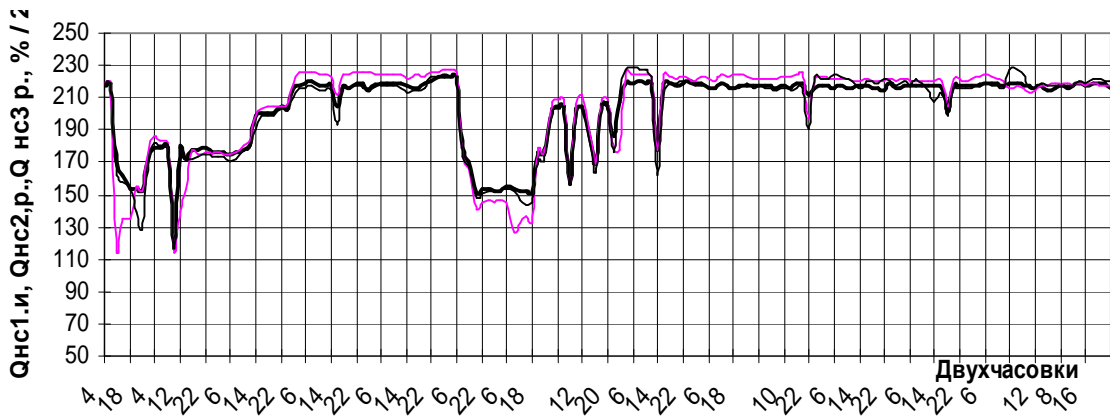


Рисунок 2 - Графики расхода по двум насосным станциям полученные расходомером на потоке (жирная линия) и с помощью двух насосов.

Определяются отклонения мощности и давления при работе насоса на закрытую задвижку на выходе насоса  $\Delta N = N_{01} - N_0$ ,  $\Delta p = p_{01} - p_0$ . Вычисленные отклонения по мощности и давлению добавляются к паспортным значениям при номинальном расходе и вычисляется расчетный расходный коэффициент  $M_p$  и коэффициент сходимости  $K$

$$M_p = ((N_{нп} \pm \Delta N_{01}) / (p_{нп} \pm \Delta p_{01})) \eta_{эк} - (N_0 / p_0),$$

$$K = M_p / ((N_{нп} \pm \Delta N_{01}) / (p_{нп} \pm \Delta p_{01})) \eta_{эк} - (N_0 / p_0),$$

где:  $M_p$  - расчетный расходный коэффициент при номинальном расходе, который вычисляется с учетом данных по эксплуатационному коэффициенту,  $N_{нп}$  – номинальная мощность из паспортных данных, кВт,  $p_{нп}$  - номинальное давление из паспортных данных, МПа. Коэффициент сходимости может быть больше или меньше единицы  $K > 1$  или  $K < 1$ . По расходному коэффициенту определяется по формуле или характеристики – **расход**.

В насосно-трубопроводных комплексах со штанговыми насосами автоматизированные информационные системы АИС НТК используют насосы как расходомеры, для учета и анализа дебита скважин. В системе используется новая станция управления БУС-3, которые в количестве 5390 штук были изготовлена серийно на Серафимовском заводе «Нефтеавтоматика» в период с 1980 – 1985 гг.

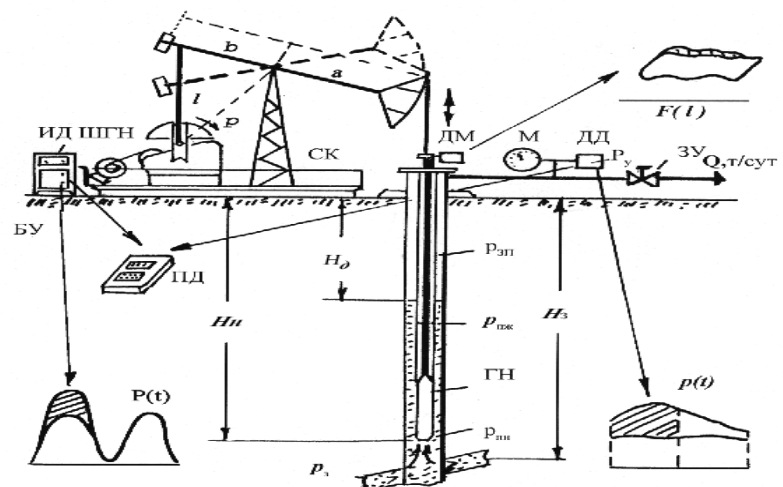


Рисунок 3 – Схема станка-качалки с аппаратурой для измерения расхода:  $P(t)$ ,  $p(t)$  – соответственно диаграммы мощности и давления; ИД ШГН – станция управления БУС 3, ДД – датчик давления, ГН – глубинный насос,  $F(t)$  – диаграмма, СК – станок – качалка.

Главное назначение рассматриваемой автоматизированной информационной системы нефтепромысла АИС НП, это измерение количества добытой жидкости из нефтяного пласта за заданный отрезок времени, а так же измерение текущего значения дебита по каждой скважине оборудованной станком-качалкой. АИС НП состоит из индикаторов дебита ИД ШГН установленных в БУС-3 на каждой скважине и системы телемеханики для передачи данных на диспетчерский пункт с обработкой на ЭВМ. Существующие на нефтяных промыслах системы по измерению дебита скважин с помощью групповых замерных установок с использованием емкостей и турбинных счетчиков количества жидкости эту задачу в полной мере не решают. Эта задача решается рассматриваемой автоматизированной информационной системой, в которой для измерения и учета дебита скважин используется способ и устройство, основанное на анализе активной мощности, потребляемой электродвигателем привода насоса и развиваемого им давления, которые вычисляются по формулам:

$$Q = P_{\text{ср ц}} \eta_{\text{го}} / p_{\text{пж}} \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{с}; \quad Q = P_{\text{ср}} \eta_{\text{го}} 86,4 / p_{\text{пж}}, \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$Q = P_{\text{ср}} \eta_{\text{го}} \rho_{\text{пу}} 86,4 / p_{\text{пж}}, \text{ т}/\text{сут},$$

где  $P_{\text{ср ц}}$  – среднее значение мощности за цикл качания, кВт,  $P_{\text{ср}}$  – среднее значение мощности за целое число циклов качания, кВт,  $p_{\text{пж}}$  – среднее давление, приходящееся на плунжер насоса от веса поднимаемого столба жидкости электродвигателем и грузами на кривошипе в период хода устьевого штока вверх, МПа,  $\eta_{\text{го}}$  – КПД глубинного оборудования насосной установки,  $\rho_{\text{пу}}$  – плотность жидкости в поверхностных условиях,  $\text{кг}/\text{м}^3$ . Значение давления и КПД находятся периодически при закрытой задвижке на выходе насоса.

Измерение мощности производится дистанционно с помощью индикатора дебита ИД ШГН, который формирует нормируемые импульсы пропорционально измеряемой мощности. Индикаторы дебита были испытаны на нефтяных промыслах, серийно изготовлены в АО ИПФ «Сибнефтеавтоматика» г. Тюмень и внедрены на нефтяных промыслах Тюмени и на Сызранско-Заборовском месторождении ОАО «Самаранефтегаз» в 1990 – 1992 гг., которые работают по сегодняшний день (рисунок 3). Внедрение АИС НП с использованием ИД ШГН позволяет при проектировании новых и реконструкции старых нефтяных промыслов перейти на новую схему сбора продукции со скважин без групповых замерных установок, которая потребует меньшее количество труб, запорной арматуры и обеспечит измерения дебита скважин в реальном масштабе времени. Для реализации рассмотренного способа измерения расхода разработана программа для ЭВМ, которая вычисляет все заданные параметры насосных агрегатов, сравнивает их с базовыми значениями, строит графики (рисунок 2) и выводит для просмотра и анализа их на экран монитора ЭВМ.

**Инновационные аспекты предложения.** В число паспортных рабочих характеристик центробежного электронасоса вводится новая расходная характеристика,  $M-Q$ , расходный коэффициент  $M$ , эксплуатационный  $\eta_{\text{эк}}$ , учитывающий отклонение рабочих характеристик от паспортных в процессе эксплуатации насоса и коэффициент сходимости  $K$  позволяющий вести вычисления по паспортным характеристикам насоса. На штанговых насосах используются отношения мощности к давлению при ходе устьевого штока вверх при двухкратном значении давления на устье скважины.

**Главные преимущества предложения.** Отсутствие в потоке жидкости измерительных технических средств Экономический эффект в установке и эксплуатации технических средств измерения.

**Технологические ключевые слова.** Расходный коэффициент, расходная характеристика, эксплуатационный коэффициент, коэффициент сходимости, паспортные характеристики, диаграммы мощности и давления.

**Текущая стадия развития.** С 1998 г. по настоящее время успешно работает в Самарских тепловых сетях «Автоматизированная информационная система АИС ТС» на шести насосных станциях в которой в качестве расходомеров используются электронасосы.

В 2002 - 2003 гг. в Приволжнефтепроводе на четырех насосных станциях испытана и сдана ведомственной комиссии автоматизированная информационная система, в которой в качестве расходомеров используются насосные установки.

В 2006г. на отопительной котельной в Самаре испытана автоматизированная информационная система, в которой в качестве расходомеров используются насосные установки.

В 2008 г. планируется внедрение «Автоматизированной информационной системы ВС» на насосной станции в Самарской сети водоснабжения.

В 1970 – 1980 гг. была разработана для станков - качалок станция управления БУС-3 с индикаторами дебита, которые в период с1980 – 1985 гг. в количестве 5390 штук были серийно изготовлены на Серафимовском заводе «Нефтеавтоматика» и внедрены на нефтяных промыслах Тюмени, Самарской области и других регионах России, которые исправно работают по настоящее время.

По рассматриваемой проблеме выпущены две монографии:

Управление насосно-трубопроводным комплексами на базе современных информационных технологий и систем / В.О.Кричке, В.В.Кричке; Самара, 2004, 348с.

Центробежные электронасосы в насосно-трубопроводном комплексе как расходомеры/В.О.Кричке, В.В. Кричке, А.О.Громан; Самара, 2006 , 276 с.

**Права интеллектуальной собственности.** Получено 14 патентов РФ на изобретения.

**Рыночные применения.** Внедрение по всей Российской Федерации и в других странах.

**Измерения и стандарты.** Измерения.

**Информационные технологии** Обработка информации, информационные системы.

**Сотрудничество.** С министерствами коммунального хозяйства различных регионов России.

С государственными органами России по эксплуатации магистральных нефтепроводов.

**Информация об организации.** Самарский государственный архитектурно-строительный университет СГАСУ.

**Контактная информация.**

Точный адрес для переписки (получения документов с индексом)

443001 г.Самара, ул.Молодогвардейская, 194

Телефон (указать код города) 8(846)339-14-13

Факс E- mail 8(846)242-37-00, maes@sgasu.smr.ru \_\_\_\_\_