



## ОБОРУДОВАНИЕ АО «НОВОМЕТ» ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНО ВЫСОКОГО ГАЗОСОДЕРЖАНИЯ

**МУСИНСКИЙ** Артем Николаевич

Начальник лаборатории надежности и экспериментальных исследований ИТЦ АО «Новомет-Пермь»

+7 (922) 327-69-91

Artem.Musinskiy@novometgroup.com

**В** целях обеспечения стабильной работы насосного оборудования в условиях экстремально высокого (более 85%) газосодержания специалисты ИТЦ АО «Новомет-Пермь» разработали газосепаратор с геликоидальным шнеком, энергоэффективный газосепаратор вихревого типа и высокодебитный вихревой газосепаратор, который может применяться как отдельно, так и в связке с мультифазным осевым насосом (МФОН). Компоновка, включающая в себя основной центробежно-вихревой насос (ВНН), газосепаратор серии ГН и МФОН, прошла стендовые испытания, в ходе которых была доказана ее способность работать в условиях газосодержания до 90%. Дальнейшие испытания в скважине с содержанием газа на приеме насоса 97% также завершились с положительным результатом. Кроме того, оборудование было успешно использовано для поверхностной перекачки газожидкостной смеси (ГЖС) с содержанием газа до 85%.

Линейка устройств для работы в условиях высокогазового фактора (Гф) АО «Новомет-Пермь» представлена газостабилизаторами, мультифазными насосами и газосепараторами (рис. 1).

В условиях высокого Гф происходит деградация напорно-расходной характеристики (НРХ) насоса (рис. 2). При малых подачах во время прохождения ГЖС через рабочее колесо (РК) отмечается высокая центробежная сила, что вызывает сепарацию газа, который скапливается у центра РК и со временем приводит к закупориванию его проходного сечения, что, в свою очередь, становится причиной срыва подачи. По мере увеличения подачи по смеси расход жидкости падает. Это связано с тем, что из-за разной плотности скорость прохождения газа через рабочие

органы насоса примерно в 1000 раз меньше, чем скорость жидкости.

Эксперименты, проведенные в ИТЦ АО «Новомет-Пермь», показали, что при работе на ГЖС первые ступени не создают напора, а лишь подготавливают смесь – диспергируют (рис. 2) ее, уменьшая размер газовых пузырьков. Последующие же ступени, начиная с 80-й, создают напор подобно тому, как это происходит при работе на однофазной смеси. Этот принцип был взят за основу при проектировании таких устройств, как газостабилизатор и диспергатор.

### ГАЗОСТАБИЛИЗАТОР

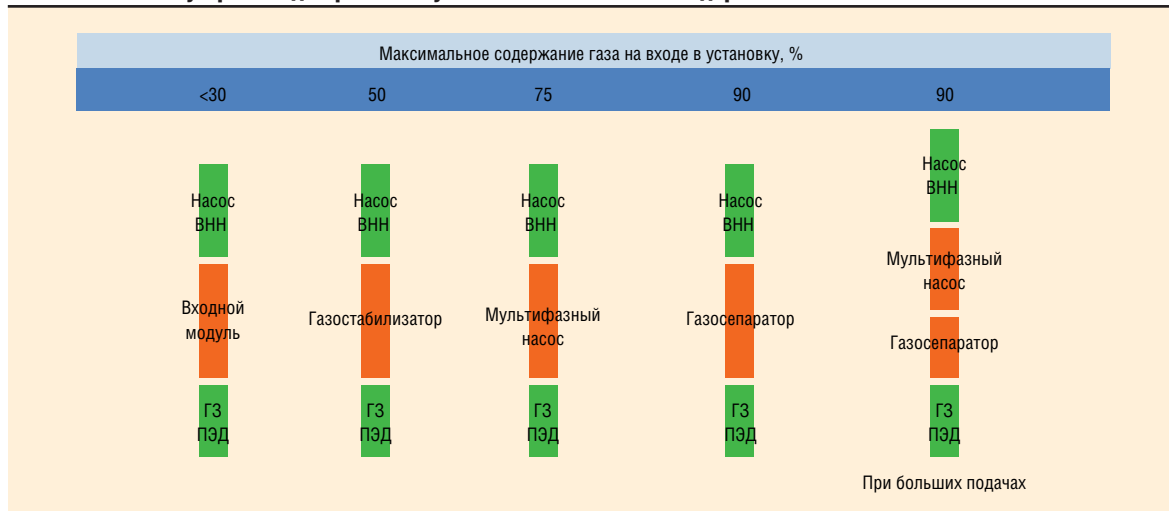
Газостабилизатор (ГСН) гомогенизирует и прокачивает ГЖС, препятствуя образованию неподвижных газовых пробок. Газостабилизатор предназначен для работы в условиях содержания свободного газа на приеме насоса до 50%, обеспечивает устойчивую работу на малых подачах и отличается абразивостойкостью.

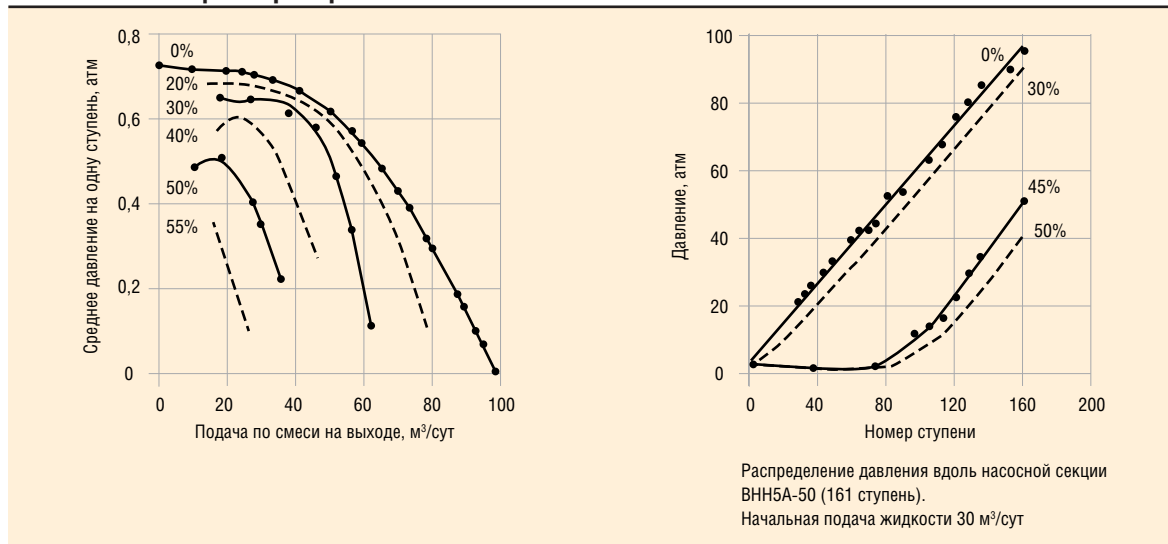
ГСН состоит из двух видов ступеней: осевых, или напорно-диспергирующих, и лабиринтных, или диспергирующих (рис. 3). В модернизированном варианте газостабилизатора на лопатках РК предусмотрены отверстия, которые дополнительно увеличивают диспергацию ГЖС, а лабиринтная ступень расположена после осевой ступени.

### МУЛЬТИФАЗНЫЙ ОСЕВОЙ НАСОС

Мультифазный осевой насос (МФОН) гомогенизирует, сжимает ГЖС и прокачивает ее через основной насос, не допуская при этом разрыва сплошности потока и предотвращая образование неподвижных газовых пробок (рис. 4).

**Рис. 1. Линейка устройств для работы в условиях высокого газосодержания**



**Рис. 2. Влияние Гф на характеристики насоса**

Благодаря увеличенной ширине каналов РК и направляющего аппарата (НА) осевой ступени устройство может работать при содержании свободного газа до 75%, любой обводненности и больших подачах газа.

### ГАЗОСЕПАРАТОР (ГН) С ГЕЛИКОИДАЛЬНЫМ ШНЕКОМ

Газосепаратор (ГН) с геликоидальным шнеком второго поколения (рис. 5) снижает содержание нерастворенного газа в перекачиваемой ГЖС, обладает высокой стойкостью к абразивному износу и может работать при содержании свободного газа до 90%.

Геликоидальный шнек переменного шага представляет собой совмещенный напорный и сепарационный узел и отличается от обычных шнеков загибом лопасти от входа к выходу с 90 до 30° относительно оси. Механические примеси при работе устройства попадают на лопасти шнека, которые защищают гильзу от абразива, и таким образом, обеспечивается рост наработки газосепаратора на отказ (ННО).

### ГАЗОСЕПАРАТОРЫ ВИХРЕВОГО ТИПА

В конструкции энергоэффективного газосепаратора вихревого типа третьего поколения присутствуют вихревая камера и шнек небольшого размера, который необходим только для закрутки и прокачки потока ГЖС (рис. 6). По сравнению с ГН с геликоидальным шнеком данный вид сепаратора отличается улучшенными сепарационными характеристиками и пониженной потребляемой мощностью, что обеспечивает высокую энергоэффективность работы устройства.

**Рис. 3. Газостабилизатор (ГСН)**

Рис. 4. Мультифазный осевой насос (МФОН)

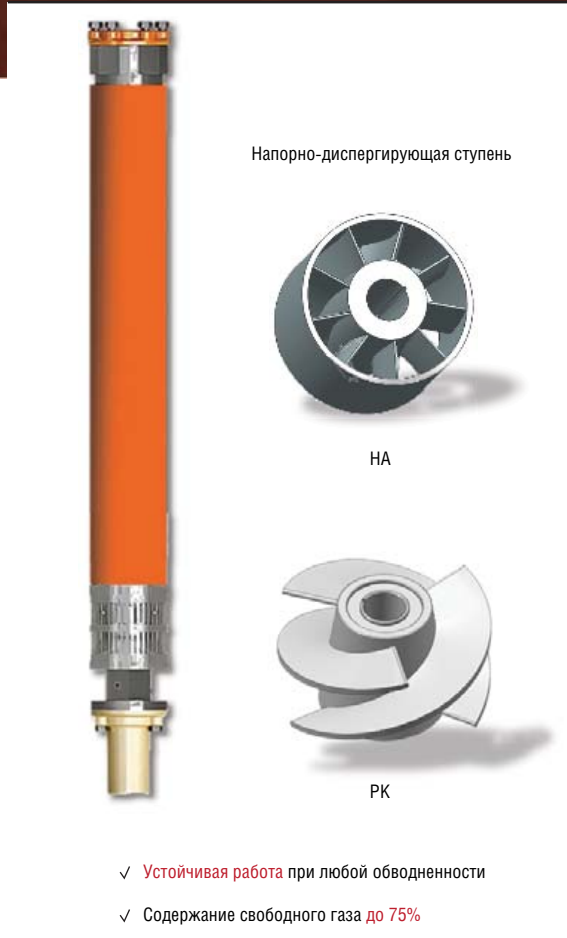


Рис. 5. Газосепаратор (ГН) с геликоидальным шнеком II поколения

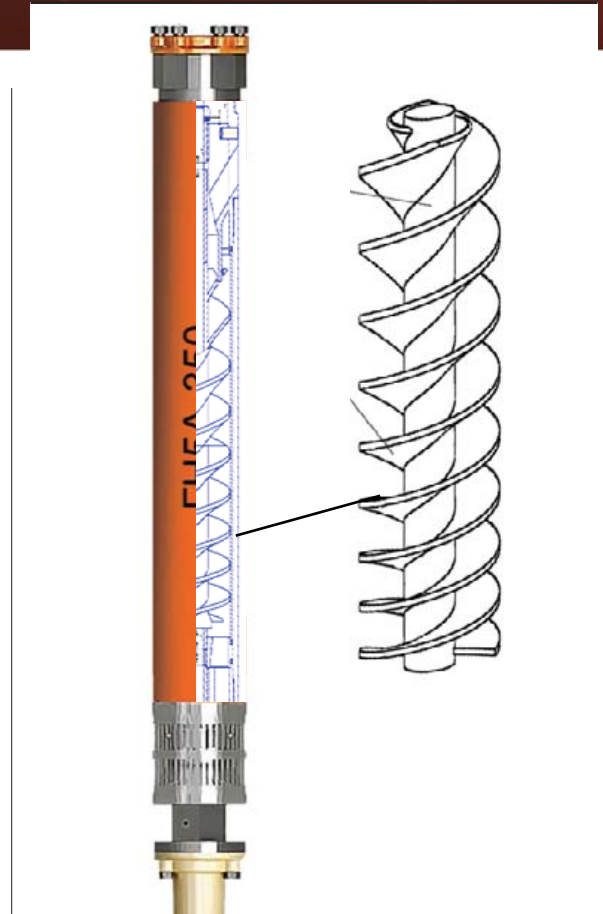
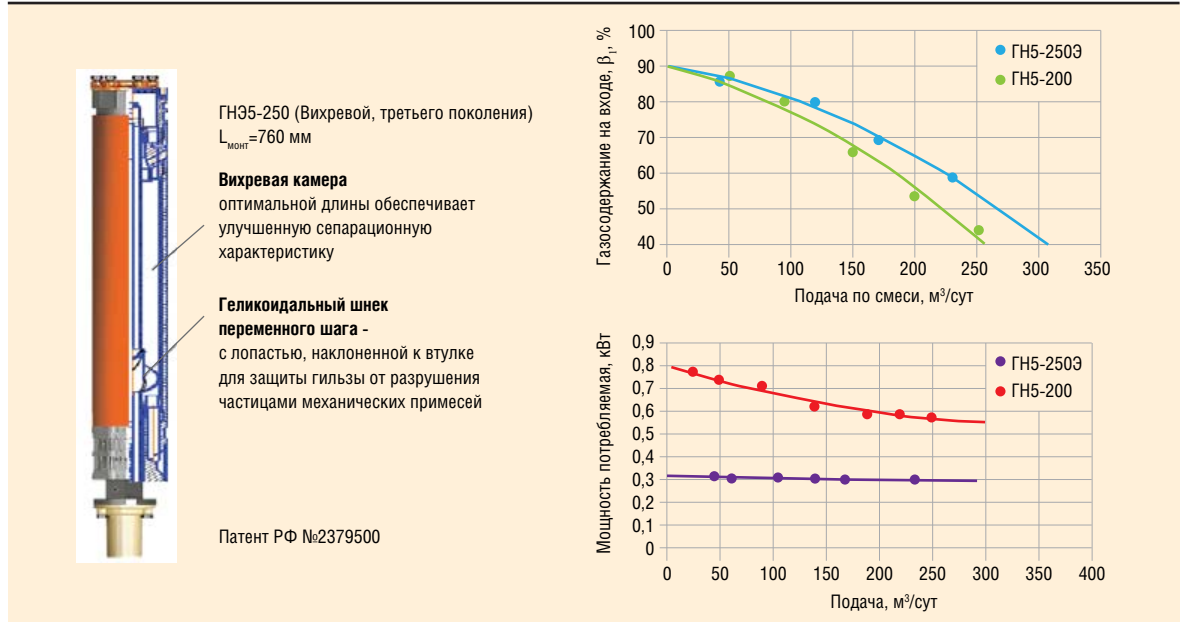
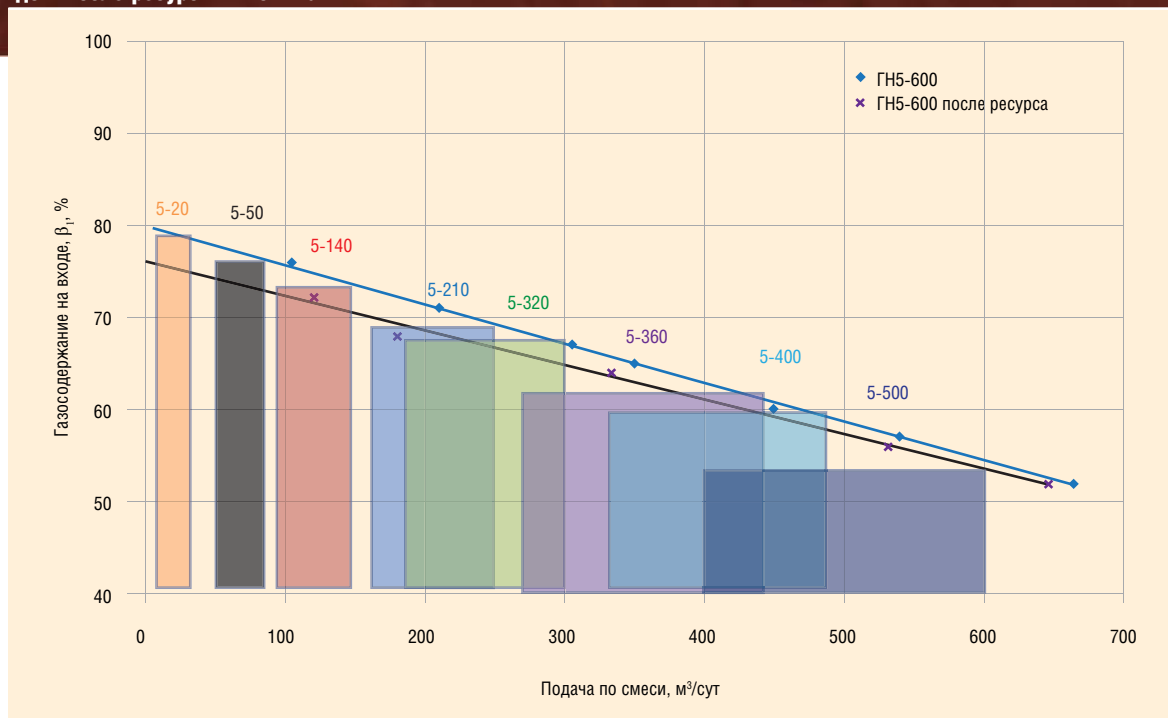


Рис. 6. Характеристики энергоэффективного вихревого газосепаратора III поколения



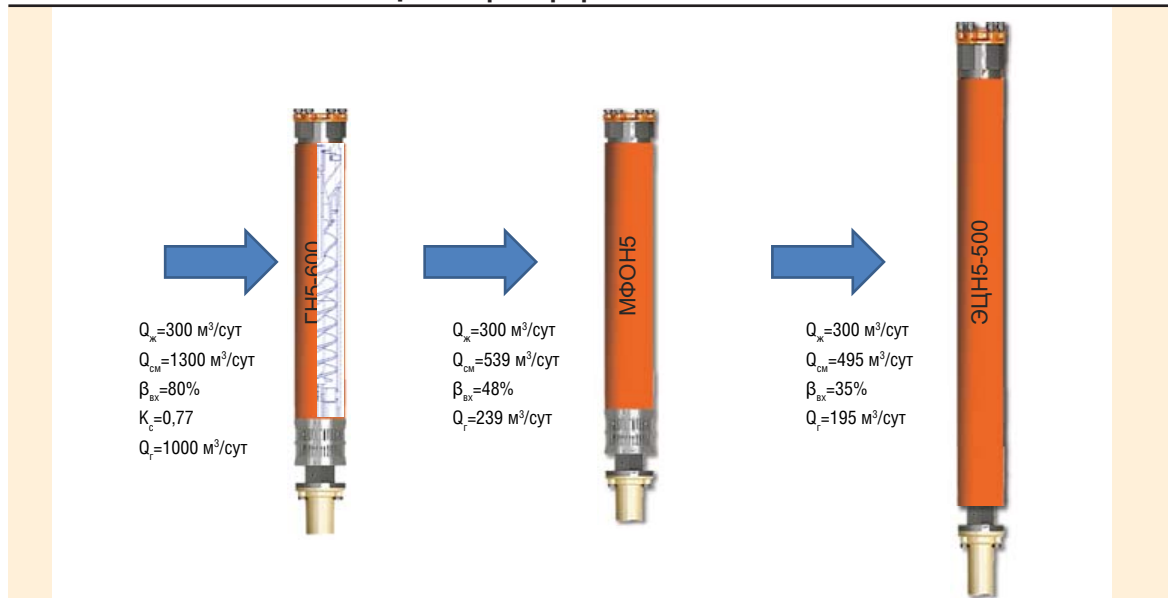
**Рис. 7. Сепарационные характеристики высокодебитного вихревого сепаратора ГН5-600 до и после ресурсных испытаний**



Оптимальная длина вихревой камеры для каждого габарита насоса была определена в процессе испытаний. Данная зависимость была описана безразмерным уравнением, которое в дальнейшем позволило проектировать газосепараторы для различных условий, добиваясь в каждом случае максимального коэффициента сепарации.

Также специалисты ИТЦ АО «Новомет-Пермь» разработали высокодебитный вихревой газосепаратор ГН5-600, способный обеспечивать стабильную работу основного насоса при подаче до 600 м³/сут и при концентрации газа на входе от 55 до 85%. Для работы в условиях экстремально высокого газосодержания рекомендуется дополнительная установка МФОН.

**Рис. 8. Расчет системы ГН+МФОН+ЭЦН 5 габарита при работе на ГЖС**



Сепарационные характеристики ГН5-600 сохраняются в течение длительного времени, что было подтверждено в ходе ресурсных испытаний (рис. 7).

Данный газосепаратор может применяться с различными типами насосов (рис. 8). При этом, чем выше подача насоса, тем ниже уровень газосодержания на входе, при котором можно использовать данное устройство. В условиях экстремально высокого газосодержания мы рекомендуем применять данный газосепаратор в связке с мультифазным насосом.

### ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

В процессе стендовых испытаний, проведенных в ИТЦ АО «Новомет-Пермь», при подаче на входе в газосепаратор 1000 м<sup>3</sup>/сут газа и 300 м<sup>3</sup>/сут жидкости коэффициент сепарации составил 0,77. На основе этих данных было рассчитано газосодержание внутри насоса, которое составило 48%. Однако за счет работы МФОН содержание газа в ГЖС, поступающей в ЭЦН, было снижено до 35%.

Для подтверждения полученных результатов были проведены повторные стендовые испытания в ИТЦ АО «Новомет-Пермь» и стендовые испытания в РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, в ходе которых использовалась компоновка ВНН5-79 + МФОН5 + ГН5-250, давление на входе составило 2 атм. В процессе испытаний специалистами ИТЦ и РГУ были получены примерно одинаковые коэффициенты сепарации, расхождение составило не более 2-4%, то есть нахо-

Таблица

Результаты сравнительных испытаний ГН5-250 в РГУ и ИТЦ АО «Новомет-Пермь»			
Q <sub>смп</sub> , м <sup>3</sup> /сут	β <sub>вх</sub> , %	Кэффициент сепарации (РГУ)	Кэффициент сепарации (Новомет)
50	70	0,88	0,88
85	70	0,82	0,83
165	60	0,70	0,68
55	60	0,86	0,88
160	50	0,69	0,73
210	50	0,59	0,55

дилось в пределах погрешности (рис. 9, табл.). По результатам испытаний было установлено, что система ВНН – МФОН – ГН устойчиво работает при содержании газа на приеме насоса до 90%.

После проведения стендовых испытаний данная компоновка была спущена в скважину с концентрацией газа на приеме насоса 97%, где стабильно проработала в течение трех месяцев без срывов подачи. Следует отметить, что за счет естественной сепарации на вход в газосепаратор ГЖС поступала с содержанием газа 87- 91%, а на входе в МФОН показатель составлял 37-44% (рис. 10).

Рис. 9. Испытания ВНН5-79 + МФОН5 + ГН5-250, P<sub>вх</sub> = 2 атм

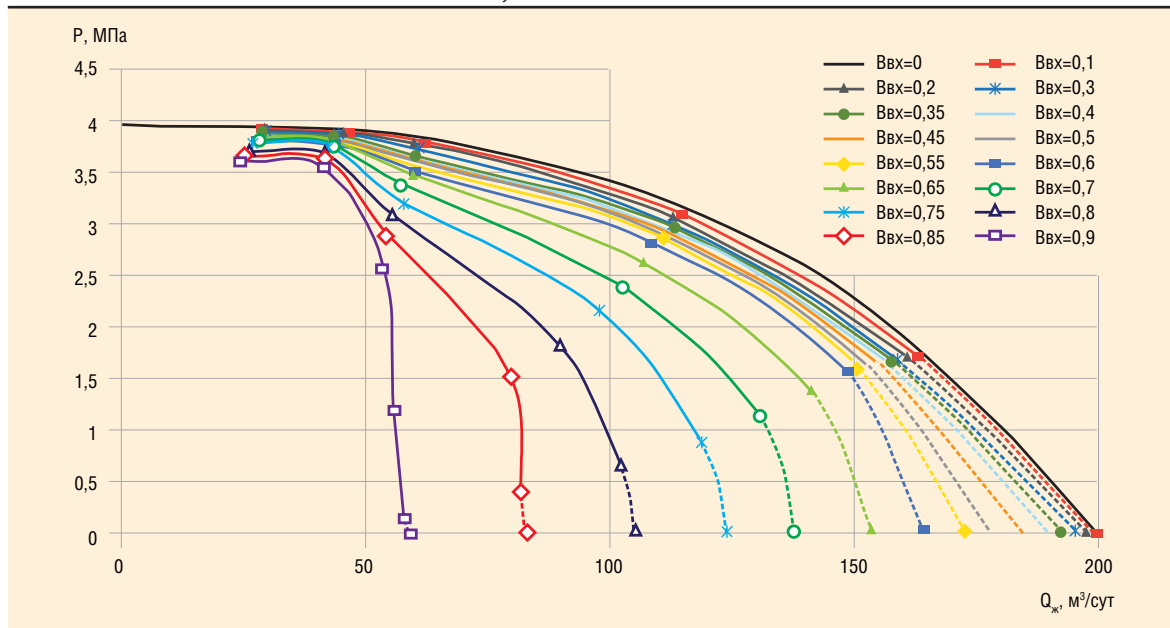


Рис. 10. Основные технологические параметры работы компоновки ВНН5-79 + МФОН5 + ГН5-250 в скважине

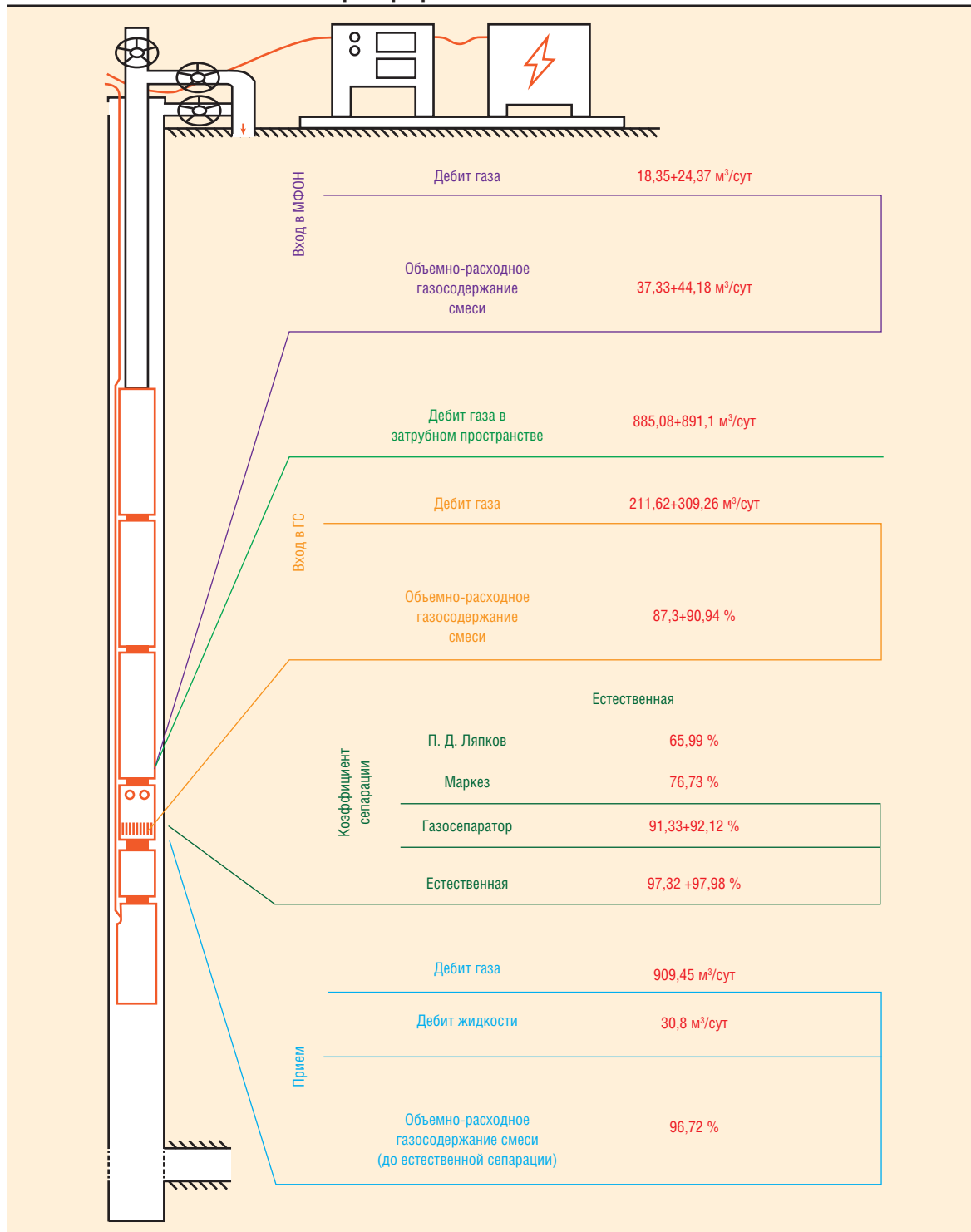
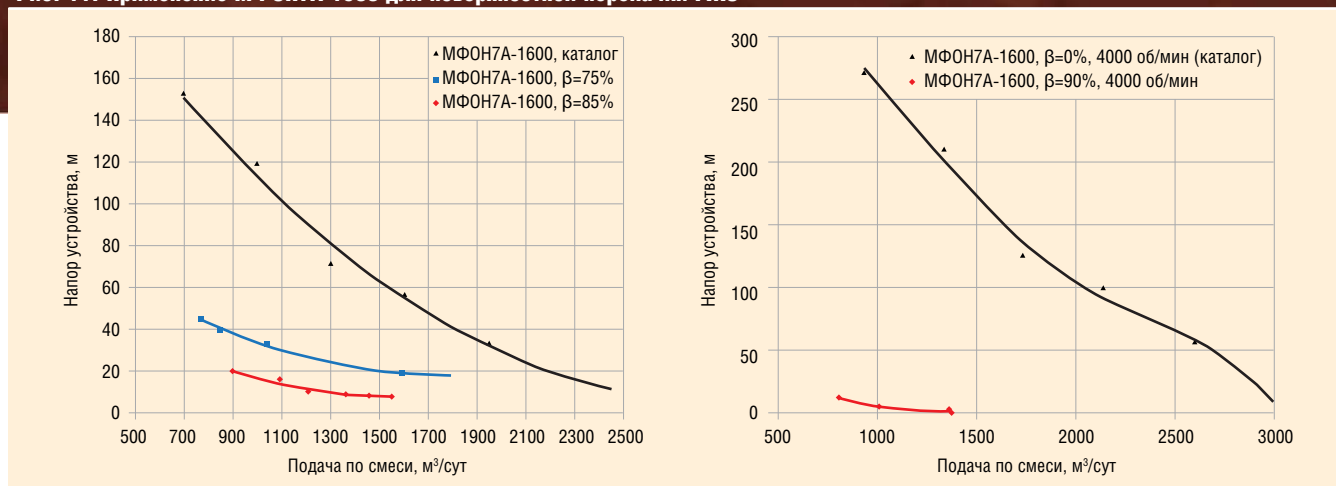


Рис. 11. Применение МФОН7А-1600 для поверхностной перекачки ГЖС



Помимо работы в скважине, МФОН был применен для поверхностной перекачки ГЖС с высоким газосодержанием. Для этих целей был выбран МФОН7А-1600, а компоновка была собрана из 17 диспергирующих ступеней. Количество ступеней было подобрано экспериментальным путем, для этого в процессе испытаний на вход установки подавалась ГЖС с содержанием газа 75-85%, а частота вращения насоса составляла 3000 об./мин. Для достижения входной концентрации газа 90% частота вращения вала насоса была увеличена до 4000 об./мин. В результате 17 ступеней позволили подготовить ГЖС и создать напор, аналогичный напору воды (рис. 11). Мультифазный насос был установлен предвключенно, а уже затем был установлен основной насос, который осуществлял перекачку ГЖС без срывов подачи.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, разработанные ИТЦ АО «Ново-мет-Пермь» газосепараторы вихревого типа обладают всеми преимуществами газосепараторов с геликоидальным шнеком, такими как высокая абразивная стойкость и высокая надежность. При этом газосепараторы вихревого типа отличаются улучшенными сепарационными характеристиками, увеличенным диапазоном подач и большей энергоэффективностью.

Компоновка ГН + МФОН позволяет эксплуатировать УЭЦН при концентрации газа 90%, а МФОН в габарите 7А можно использовать как в скважине, так и для поверхностной перекачки ГЖС с концентрацией газа до 90%. По запросам заказчиков возможна разработка МФОН в других габаритах. ♦

## Тренинг-курс

# Ловильный сервис на нефтяных и газовых скважинах

**Тематика:** освоение принципов эффективного применения современного ловильного оборудования и технологий ликвидации сложных аварийных ситуаций, подбора инструмента и моделирования технологического процесса ликвидации осложнений. Курс проводит высококвалифицированный специалист с большим опытом изготовления, испытания и использования современного ловильного оборудования на сложных аварийных скважинах.

**18-22**  
ноября  
2019 г.,  
Пермь

По всем вопросам об участии, пожалуйста, обращайтесь к Елене Беляевой  
Горячая линия: +7 (903) 580-85-63, 580-94-67  
E-mail: info@glavteh.ru Вебсайт: www.glavteh.ru  
Тел./факс: +7 (495) 371-01-74, 371-05-74

**GLAVTEH.RU**