



Как работает открытая ступень

АГЕЕВ Шарифжан Рахимович
Заместитель генерального директора
по науке ОКБН «КОННАС»,
лауреат Премии правительства РФ

САВЕЛЬЕВ Константин Владимирович
Начальник бюро оптимизации ступеней ДИР
ЗАО «Новомет-Пермь»



Задача увеличить напорность ступеней центробежных насосов была поставлена еще в 60-е годы прошлого столетия. Наряду с увеличением напорности необходимо было разработать и конструкцию ступеней, которая отличалась бы большей долговечностью и меньшей засоряемостью.

Конструкторские и исследовательские работы, выполненные специалистами ОКБ БН «КОННАС», привели к созданию ступени с рабочими колесами открытого типа (рис. 1). Им же были проведены первые опыты на ступенях производительностью 700, 250, 160, 40 и 20 м³/сутв которых применялись специально изготовленные из листовой стали рабочие колеса открытого типа.

В этих ступенях открытые плавающие рабочие колеса торцами своих лопастей опирались на опорные поверхности направляющих аппаратов.

Испытания ряда ступеней с рабочими колесами открытого типа на подачи 700–20 м³/сут показали, что характеристики их практически не отличаются от характеристик таких же насосов с обычными рабочими колесами. Их КПД не только не снизились, но даже повысились. При этом следует отметить, что высота ступени была уменьшена, следовательно, увеличилась напорность. Хорошие результаты были получены также на ступени с рабочим колесом открытого типа для насоса на подачу 300 м³/сут, выполненной на базе серийной с подачей 250 м³/сут. Здесь при одинаковых подачах ступень с открытым колесом, практически не

снижая КПД, дала существенное (8–10%) повышение напора [1, 4].

Для подтверждения результатов лабораторных испытаний отдельных ступеней были изготовлены и испытаны на стенде и на промыслах опытные образцы насосов с рабочими колесами открытого типа с подачами 180 и 300 м³/сут при напоре 800 м. Характерно, что такой насос на подачу 180 м³/сут и напор 800 м имел почти в полтора раза меньшую длину, чем насос с обычными ступенями 160 м³/сут тем же напором.

По получению положительных результатов в предварительных испытаниях опыты с рабочими колесами открытого типа были расширены. В частности, было исследовано влияние увеличения зазора между рабочим колесом и направляющим аппаратом на характеристику ступени.

При работе трущиеся поверхности рабочего колеса и направляющего аппарата изнашиваются, и осевой зазор t между ними увеличивается. В результате испытаний различных ступеней установлено, что с увеличением зазора подача, напор и КПД ступени снижаются [1, 4].

Тем не менее опыты показывают, что отсутствие дисков у рабочего колеса практически не ухудшает характеристики ступени, но существенно уменьшает высоту и вес ступени, а также упрощает изготовление самого колеса.

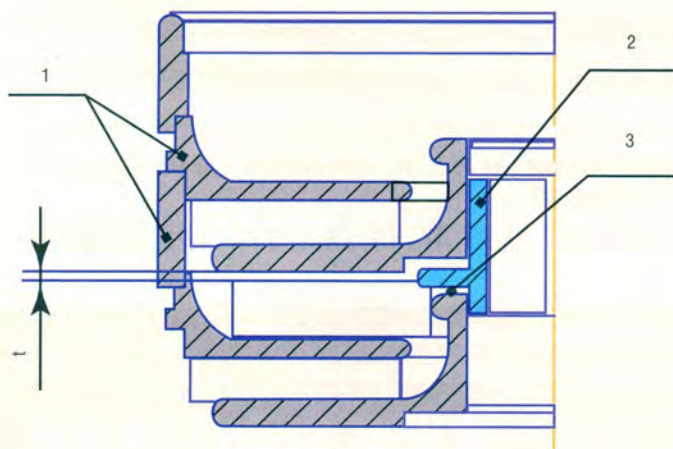
Однако в серийное производство ступени с открытыми рабочими колесами не были внедрены. Это обусловлено плановой экономикой СССР — нежеланием заводов рисковать срывом планов производства серийно выпускаемых ступеней.

В последнее время в связи с массовым применением технологий интенсификации добычи, а также широким применением гидроразрывов пластов состав скважинной жидкости все чаще включает как пузырьки газа, так и твердые частицы, а перекачивание ее обычными центробежными ступенями (особенно на малых расходах) стало затруднено. Это связано с риском засорения проточных каналов механическими примесями или их закупорки скоплениями пузырьков газа.

В связи с этим специалистами компании «Новомет» в 2007 году разработана и внедрена в серийное производство ступень с рабочим колесом открытого типа ЭЦНО 5–20, конструкция которой представлена на рис. 2.

Разработанная конструкция рабочего колеса и направляющего аппарата максимально адаптирована под технологию порошкового прессования, что позволяет минимизировать финишную механическую обработку, тем самым снизив затраты.

Рис. 1. Ступень с рабочим колесом открытого типа:
1 — направляющий аппарат; 2 — рабочее колесо; 3 — опорная шайба



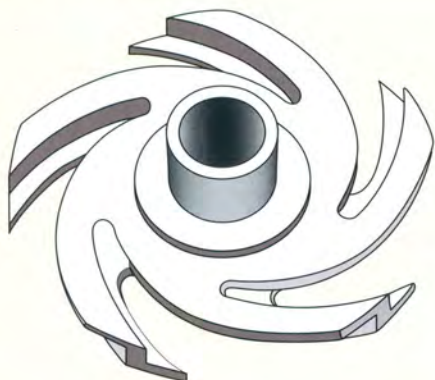


АЛЕКСАНДРОВ Алексей Михайлович
Аналитик группы внедрения
инновационной
продукции ОМ ДИР ЗАО «Новомет-
Пермь»



МЕЛЬНИКОВ Денис Юрьевич
Ведущий инженер-конструктор бюро
оптимизации
ступеней ДИР ЗАО «Новомет-Пермь»

Рис. 2. Конструкция ступени ЭЦНО5-20



Для уменьшения вероятности засорения каналов рабочего колеса и уменьшения осевой силы, действующей на рабочее колесо, в ведущем и ведомом дисках между всеми лопастями выполнены сквозные вырезы, открытые со стороны большого диаметра дисков (рис. 2, 3). Данные вырезы имеют одинаковую форму, но смещены по окружности относительно друг друга, в результате чего границы вырезов, совпадающих со стороны лопасти, размещаются в противоположных концах проточного канала.

Рабочее колесо имеет индивидуальную опорную пятю, состоящую из антифрикционной износостойкой шайбы, опирающуюся на подпятник в направляющем аппарате.

Наружные поверхности ведущего и ведомого дисков рабочего колеса при сборке ступени образуют зазор с соответствующими стенками направляющего аппарата [2].

При работе поток жидкости поступает к рабочему колесу со стороны входных кромок, попадает в проточный канал и движется по нему в направлении к выходным кромкам. Благодаря наличию вырезов полости, примыкающие к наружным поверхностям ведущего и ведомого дисков, сообщаются друг с другом, в результате чего происходит выравнивание сил, действующих на диски, осевое усилие рабочего колеса уменьшается. При перекачке вязких сред происходит снижение паразитных перетечек жидкости и уменьшение дисковых потерь вследствие снижения площади поверхности дисков и увеличения эффективной величины высоты проточных каналов рабочего колеса. Это повышает эффективность работы ступени насоса в целом.

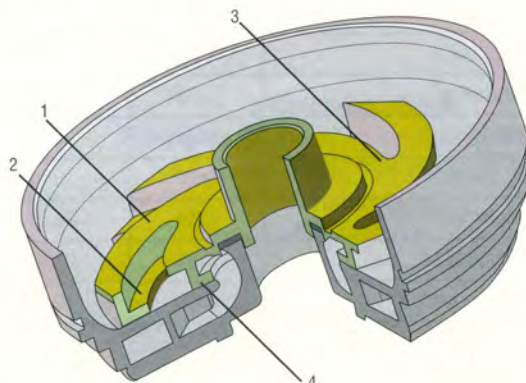
При наличии в перекачиваемой среде свободного газа силовое взаимодействие перекачиваемой среды с неподвижными стенками направляющего аппарата

способствует образованию мелкокомасштабных вихрей (меньших, чем ширина проточного канала), что препятствует укрупнению газовых пузырьков, диспергирует газожидкостную смесь, и тем самым уменьшает вероятность срыва подачи, позволяет увеличить допустимое газосодержание [2].

Наряду со ступенью ЭЦНО5-20 компанией «Новомет» в 2012 году разработана ступень с полуоткрытым колесом ВННО5-20. Основной идеей разработанной конструкции является полное уравнивание осевой силы, которое обеспечивает «подвешенное состояние» рабочего колеса в процессе работы. Это достигается путем создания вихревого движения жидкости над единственным диском рабочего колеса с помощью дополнительных лопастей [5, 6].

Рис. 3 Сборка ступени ЭЦНО5-20:

1 — ведущий диск рабочего колеса; 2 — ведомый диск рабочего колеса; 3 — межлопастной вырез рабочего колеса; 4 — осевой зазор





МАРТЮШЕВ Данила Николаевич
главный конструктор ДИР
ЗАО «Новомет-Пермь»



ХАРЛАМОВ Павел Александрович
ведущий инженер аналитического отдела
ООО «Новомет-Сервис»

Таблица 1

Сравнение КПД насосов российских производителей.

Типоразмер ступени	КПД, %
ВНН5-15 «Новомет»	30
ВНН5-20 «Новомет»	33
ЭЦНО5-20 «Новомет»	32

Данная ступень успешно прошла все стендовые испытания и в настоящее время готовится к ОПИ, которые запланированы на второй квартал 2014 года.

Напорно-расходная характеристика ступени ЭЦНО5-20 представлена на рис. 4. КПД данной ступени находится на уровне серийно выпускаемых ступеней «Новомет» обычной конструкции (с закрытыми рабочими колесами) ВНН 5-15, ВНН5-20 (Табл 1) [3].

Рабочий диапазон ступени составляет 15–25 м³/сут. Однако, как показывает опыт эксплуатации, ступень

ЭЦНО5-20 хорошо работает и на меньших расходах 10–12 м³/сут. В связи с этим в настоящее время запланировано проведение стендовых испытаний по расширению левой части рабочей зоны (до 10 м³/сут).

В 2010 г. были проведены опытно-промысловые испытания пяти установок УЭЦНО5-20 в компании «РН ЮНГ». После успешного проведения ОПИ компания заказала еще 30 установок. Данные по наработкам, запрошенные в «Новомет-Сервис», показывают, что диапазон подач составляет от 11 до 28 м³/сут. КВЧ достигает до 700 мг/л. Глубина спуска — 2000–2500 м. Средняя наработка составляет 291 сут, максимальная — 914 сут, минимальная — 54 сут.

К настоящему времени в целом по всем проектам в работу было запущено 46 установок, из которых 22 продолжают работать. Максимальная текущая наработка составляет 914 суток. Оценка общей надежности, т.е. средней наработки установок до отказа по

Таблица 2

Наработки ЭЦНО5-20

Месторождение	Скважина	Дата запуска	Дата отказа	Наработка	Причина отказа
Малобалькское	3066	01.08.2011	29.03.2012	241	R = 0
Малобалькское	3295	16.07.2011		914	В работе
Фаинское	9083	23.04.2012	18.08.2012	117	В/О
Восточно-Сургутское	524	27.04.2012	07.10.2012	163	ГТМ, перевод в ППД
Малобалькское	3986	18.05.2012		607	В работе
Петеленское	339	13.07.2012	10.07.2013	362	R = 0
Усть-Балыкское	3782	06.08.2012		527	В работе
Фаинское	13К	11.08.2012	16.05.2013	278	ГТМ ОПЗ
Петеленское	839	22.08.2012		511	В работе
Омбинское	147	22.10.2012		450	В работе
Восточно-Сургутское	1076	14.11.2012	26.05.2013	193	ГТМ ОПЗ
Правдинское	2521	26.12.2012		385	В работе
Приобское	33768	08.12.2012	19.02.2013	73	ГТМ ИДН
Приразломное	6349	29.12.2012		382	В работе
Петеленское	831	18.01.2013		362	В работе
Правдинское	2354	25.01.2013		355	В работе
Усть-Балыкское	7396	08.02.2013	13.09.2013	217	ГТМ ППР
Южно-Сургутское	5889	20.05.2013		240	В работе
Приобское	6533	12.06.2013	05.08.2013	54	ГТМ ОПЗ
Салымское (Лемпинская площадь)	387	24.06.2013		205	В работе

Обработка производств



любой причине кроме ГТМ, по нашим расчетам на сегодня составляет 773 ± 219 суток.

Примеры наработок насосов ЭЦНО5-20 представлены в табл. 2.

В 2013 году в ТПП «Урайнефтегаз» отправлено 10 насосов ЭЦНО 5-20 на ОПИ. В настоящее время все 10 находятся в работе.

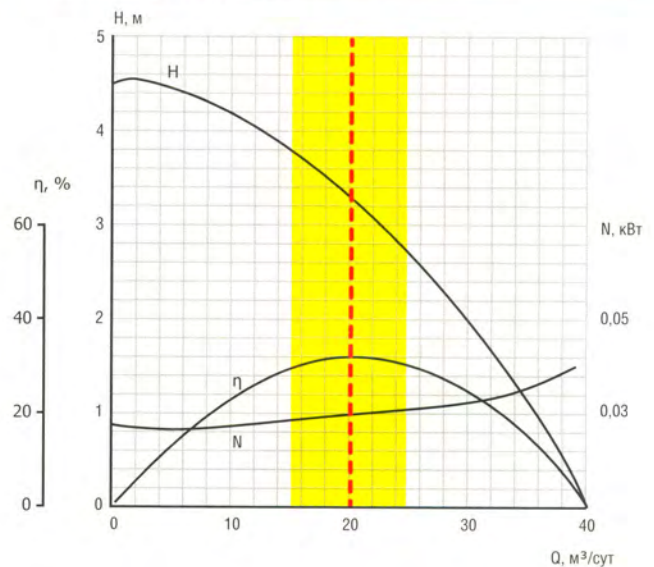
В связи с востребованностью нефтяниками, а также — успешными ОПИ ЭЦНО5-20, компанией «Новомет» запланировано в 2014 году расширение линейки насосов с открытыми рабочими колесами:

- в 5 габарите — производительностью 10–15 м³/сут,
- в 5А — производительностью 25 м³/сут. ♦

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богданов А.А. Погружные центробежные электронасосы для добычи нефти. — М.: Недра, 1968. — 115–121.
2. Патент RU 2376500 С2. Рабочее колесо ступени погружного центробежного насоса./ Авт. Изобр. Агеев Ш.Р., Дружинин Е.Ю. и др; заявл. 07.03.2008, опубл. 20.12.2009, бюл. №35.
3. Каталог продукции «Новомет» 2013 г.
4. АС СССР №106136. Рабочее колесо для многоступенчатого центробежного насоса./ Авт. изобр. Богданов А.А., Ляпков П.Д., Кузнецов М.А. — заявл. 3.12.1951.
5. Пещеренко М.П., Пещеренко С.Н., Пошвин Е.В. Нефтяные ступени с открытыми рабочими колесами//Территория Нефтегаз, 2013, №12, С. 78–81.
6. Патент РФ №133215. Ступень погружного многоступенчатого насоса с рабочими колесами открытого типа./ Авт. Изобр. Абахри С.Д., Пещеренко С.Н. и др; заявл. 1104.12. опубл. 10.10.2013, бюл. №28.

Рис. 4 Характеристики ступени ЭЦНО5-20



ЗАО «Новомет-Пермь»

Россия, 614065, Пермь, Шоссе Космонавтов, 395

Тел (342) 296-27-56, Факс (342) 296-23-02

E-mail: post@novomet.ru

www.novomet.ru



NOVOMET®