

БОРЕЦ: РЕРЕЙТИНГ ДВИГАТЕЛЕЙ

Вентильные двигатели продолжают завоевывать рынок нефтепромыслового оборудования, являясь в ряде случаев привлекательной альтернативой асинхронным собратьям. Даже тогда, когда асинхронные двигатели работают успешно, достаточно часто переход на вентильный привод позволяет добиться существенной экономии электроэнергии при сохранении ключевых характеристик. Однако сдерживающим фактором, ограничивающим их внедрение, остается высокая цена вентильных двигателей.

Одним из путей снижения затрат на механизированную добычу нефти с использованием как асинхронных, так и вентильных двигателей, может стать так называемый «ререйтинг» — изменение эксплуатационных параметров двигателей в зависимости от условий эксплуатации с использованием двигателей с меньшей номинальной мощностью без потери надежности и ресурса.

Сегодня в России делаются первые шаги на пути внедрения этого подхода, успешно применяемого американскими компаниями.



са. Нормальной работе центробежного насоса мешало образование вязкой эмульсии и мехпри-меси.

Использование винтового насоса обеспечило стабильную работу — на сегодняшний день наработка составила 205 суток. Режим работы оборудования корректируется по ходу эксплуатации, но на стабильности это никак не сказывается. Возможность внедрения других типов установок, кроме погружных, в данном случае не рассматривалась, т.к. на этой скважине применяется схема одновременно-раздельной эксплуатации (ОРЭ) пластов.

Еще одним примером внедрения винтового насоса с вентильным приводом является опыт использования подобной установки на Остролукском месторождении.

Применение центробежного насоса здесь, при дебите 4–4,5 м³, затруднительно. Возможность применения асинхронного двигателя при скорости охлаждающей жидкости 0,0188 м/сек также вызывает сомнение.

Кроме того, в нефти из этой скважины присутствуют асфальтены, и каждые шесть часов приходится производить очистку НКТ механическим скребком.

На сегодняшний день наработка винтового насоса с вентильным приводом на данной скважине составила 559 суток.

На сегодняшний день компанией «Борец» поставлено заказчиком порядка

приводы уже стали обычным серийным оборудованием, наработки и стабильность работы которого позволяют оценивать эффективность.

Вентильные приводы уже стали обычным серийным оборудованием, наработки и стабильность работы которого позволяют оценивать его эффективность

На практике

В качестве примера, подтверждающего эффективность вентильного привода, можно привести опыт добычи нефти из скважины, на которой внедрение вентильного привода с винтовым насосом позволило добиться стабильной и устойчивой работы после трех неудачных попыток внедрения центробежного насо-

2000 вентильных приводов (см. «Поставки и эксплуатация вентильных двигателей»). Естественно, такое количество не могло не перейти в качество, и вентильные

Поставки и эксплуатация вентильных двигателей



Вопросы из зала

**БУЛАТ МИННУЛЛИН,
инженер-технолог СРСТ ООО НПФ «ПАКЕР»:**

Внедрение новых технологий обычно необходимо для решения каких-либо существующих проблем. Вы привели в качестве примера скважину с дебитом 4 куба в сутки и высотой подъема жидкости 1230 метров с нормальной вязкостью. Какую при этом проблему решили и почему не поднимали жидкость при помощи того же ШГНа, который в данном случае представляется оптимальным вариантом? Был ли проведен сравнительный анализ подъема жидкости вентильным двигателем и ШГНом?

А.С.: Выбор оборудования (винтовой насос с вентильным приводом) осуществлен заказчиком. Наша компания ШГНами не занимается. Мы не можем предлагать и оценивать вариант с ШГНом.

Б.М.: Просто такой малый дебит... Как правило, есть ограничения: либо по высоте подъема жидкости, либо по дебиту.

А.С.: Еще есть ограничение: установка ШГН изначально требует высоких затрат по обустройству скважины, а в случае применения винтового насоса с вентильным приводом эти затраты исключаются.

(скорость и момент нагрузки) меняется в диапазоне от 7% до 15% в зависимости от режима работы.

Когда внедрение вентильных приводов проводится на скважинах с достаточно стабильным хорошим притоком, где успешно работают асинхронные приводы, единственным реальным преимуществом вентильного привода остается экономия электроэнергии

Как видно из приведенных результатов, чем дальше рабочая точка лежит от номинальной, тем более эффективно применение вентильного двигателя. По нашей информации, аналогичные испыта-

Чем дальше рабочая точка находится от номинальной, тем более эффективно применение вентильного двигателя

ния проводили и другие компании и получили близкие результаты.

В тех случаях, когда вентильный двигатель был применен в

Вентильные двигатели сохраняют свои энергетические показатели в широком диапазоне скоростей и нагрузок

скважинах с нестабильным притоком, наблюдалось снижение количества отказов по причине перегрева двигателя. Это связа-

Все российские стандартные двигатели по американским критериям соответствуют двигателям для особо тяжелых режимов эксплуатации

но с сохранением вентильным двигателем своих энергетических показателей в широком диапазоне скоростей и нагрузок. Когда снижается дебит, снижается скорость охлаждающей жидкости, но при этом снижается и

Естественно, в обоих вышеприведенных случаях внедрение вентильного привода было признано эффективным. Но когда использование данных приводов проводится на скважинах с достаточно стабильным хорошим притоком, где успешно работают асинхронные приводы, высказываются критические замечания и оценки эффективности вентильных приводов. Это связано, в первую очередь, с тем, что в подобных идеальных условиях эксплуатации единственным реальным преимуществом вентильного при-

вода остается экономия электроэнергии.

**Сравнительные
испытания**

Осенью прошлого года наша компания провела сравнительные испытания вентильных и асинхронных приводов с участием представителей нефтяных компаний (см. «Сравнительные испытания вентильного и асинхронного приводов»). Экономия электроэнергии при работе двигателей в одинаковых условиях



Сравнительные испытания вентильного и асинхронного приводов

Экономия электроэнергии, %	Асинхронный электродвигатель: 4ЭДБТ36-117					
	Частота, Гц (об/мин)					
	40 (2 400)	40 (2 400)	50 (3 000)	55 (3 300)	среднее	
57	15,2%	14,7%	12,6%		14,2%	
85	11,1%	10,4%	9,2%	7,0%	9,4%	
Момент, Нм	97	11,1%	10,1%	8,8%	7,6%	9,4%
	114	11,5%	10,0%	9,3%	9,0%	10,1%
среднее	12,2%	11,3%	10,0%	7,9%		10,3%
Экономия электроэнергии					10,7%	

* Результаты сравнительных испытаний на ООО «Лысьваннефтемаш», 2010 г.

нагрузка. Поэтому перегрев двигателя остается в допустимых пределах.

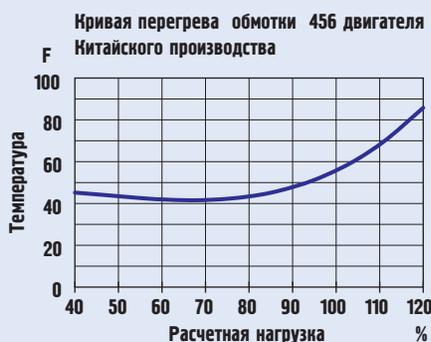
В 2010 году в подразделении ПК «Борец» в США проведены

Каждые 20 градусов дополнительного перегрева обмотки позволяют снимать с вентильного двигателя на 25% больше мощности

стандартные испытания асинхронного двигателя. В ходе этих испытаний определялись такие традиционные параметры двигателя, как КПД, коэффициент мощности (cos фи) и перегрев обмоток.



Зависимость перегрева от нагрузки АД



Изменение питающего напряжения меняет характер кривой перегрева

Сумма температуры пласта и перегрева – фактор, определяющий максимальную мощность электродвигателя

Поскольку выделяемое двигателем тепло определяет его удельные энергетические показатели, замерам перегревов наши американские коллеги уделили особенное внимание. Они замеряли их не только при разных нагрузках (нагрузка менялась до 150%), но и при различных питающих напряжениях (см. «Зависимость перегрева от нагрузки АД»).

На правом верхнем графике приведена кривая уровня перегрева двигателя китайского производства, по которой можно сравнить перегревы наших двигателей.

Рейтинг

По результатам проведенных американскими специалистами испытаний были выработаны рекомендации по применению асинхронных двигателей (см. «Рекомендации по применению»). В

этих рекомендациях новым для нас стало понятие ререйтинга, в переводе с английского означающее изменение номинальных параметров двигателя.

При этом для каждого двигателя определяются три уровня номинальной мощности и номинальных токов в зависимости от температуры окружающей среды. Эти уровни соответствуют стандартному, тяжелому и очень тяжелому режимам эксплуатации. В рекомендациях они обозначены, соответственно, в английской транскрипции как SD, HD и XD.

Интересно, что максимально допустимая мощность на один пакет ротора асинхронного двигателя составляет 10 лошадиных сил, то есть 7,35 кВт — для двигателя, используемого в стандартных режимах эксплуатации. Для двигателей, работающих в тяжелых, экстремальных режимах эксплуатации, с пересчетом на нашу частоту 50 Гц эта мощность составит 4,3 кВт, что соответствует всем нашим серийным двигателям, которые поставляются в российские нефтяные компании.

Таким образом, все российские двигатели по американским критериям соответствуют двигателям для особо тяжелых режимов эксплуатации.

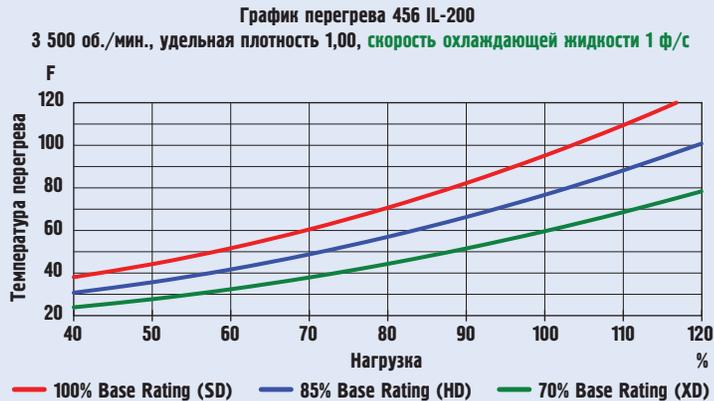
Аналогичные испытания были проведены и с вентильными двигателями, отгруженными в Америку. Зависимость перегрева обмотки от нагрузки в данном случае близка к линейной (см. «Зависимость перегрева от нагрузки ВД»). Интересен тот факт, что в вентильных двигателях отсутствует режим, называемый насыщением, при котором небольшому увеличению нагрузки соответствует значительный рост перегрева обмоток. Испытания проводились в более широком диапазоне — нагрузка доходила до 180%.

Кроме того, в Центре разработки нового оборудования компании «Борец» проводятся работы по определению граничных режимов работы вентильных двигателей. В рамках этих работ на серийном 63-киловаттном двигателе на скорости 3900 об/мин и перегрузке 180% была снята мощность 200 лошадиных сил или 147 кВт.

Рекомендации по применению

Компания «Борец» предлагает новый тип двигателей 456IL200, который имеет 3 основных режима работы:

- Стандартный режим работы (Standard Duty, SD) = максимальная нагрузка 100%
 - Тяжелый режим работы (Heavy Duty, HD) = максимальная нагрузка 85%
 - Экстремальный режим работы (Extreme Duty, XD) = максимальная нагрузка 70%
- Максимальная нагрузка = 10 л.с. на каждый пакет ротора



Перегрев обмоток, конечно, составил при этом чуть больше 100 градусов, но в скважине поддерживалась температура 65 градусов и поэтому температура изоляции была в допустимых пределах. Эти работы продолжаются, и мы планируем довести двигатель до состояния потери магнитами их магнитных свойств при температуре обмоток 200 градусов. Но это будущее, а сегодня, глядя на эти графики, можно сказать, что каждые 20 градусов дополнительного перегрева позволяют снимать с двигателя на 25% больше мощности.

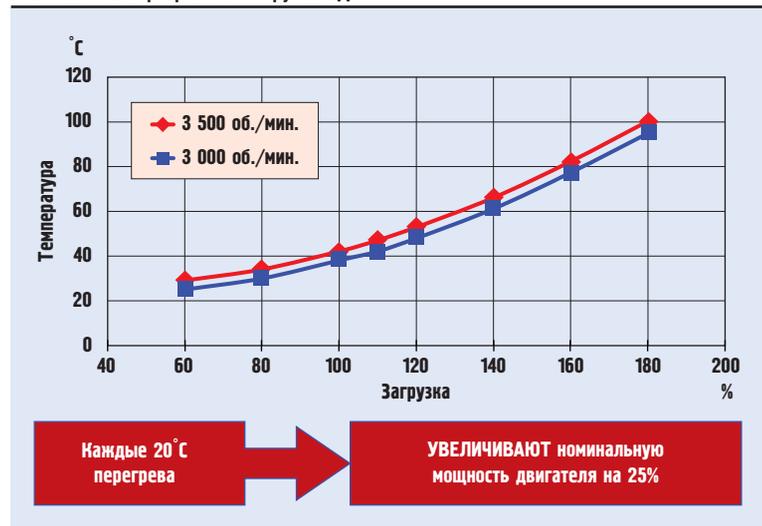
В России

Получив данные американских испытаний, мы решили посмотреть, насколько актуален вопрос ререйтинга для России. С этой целью нами была проана-

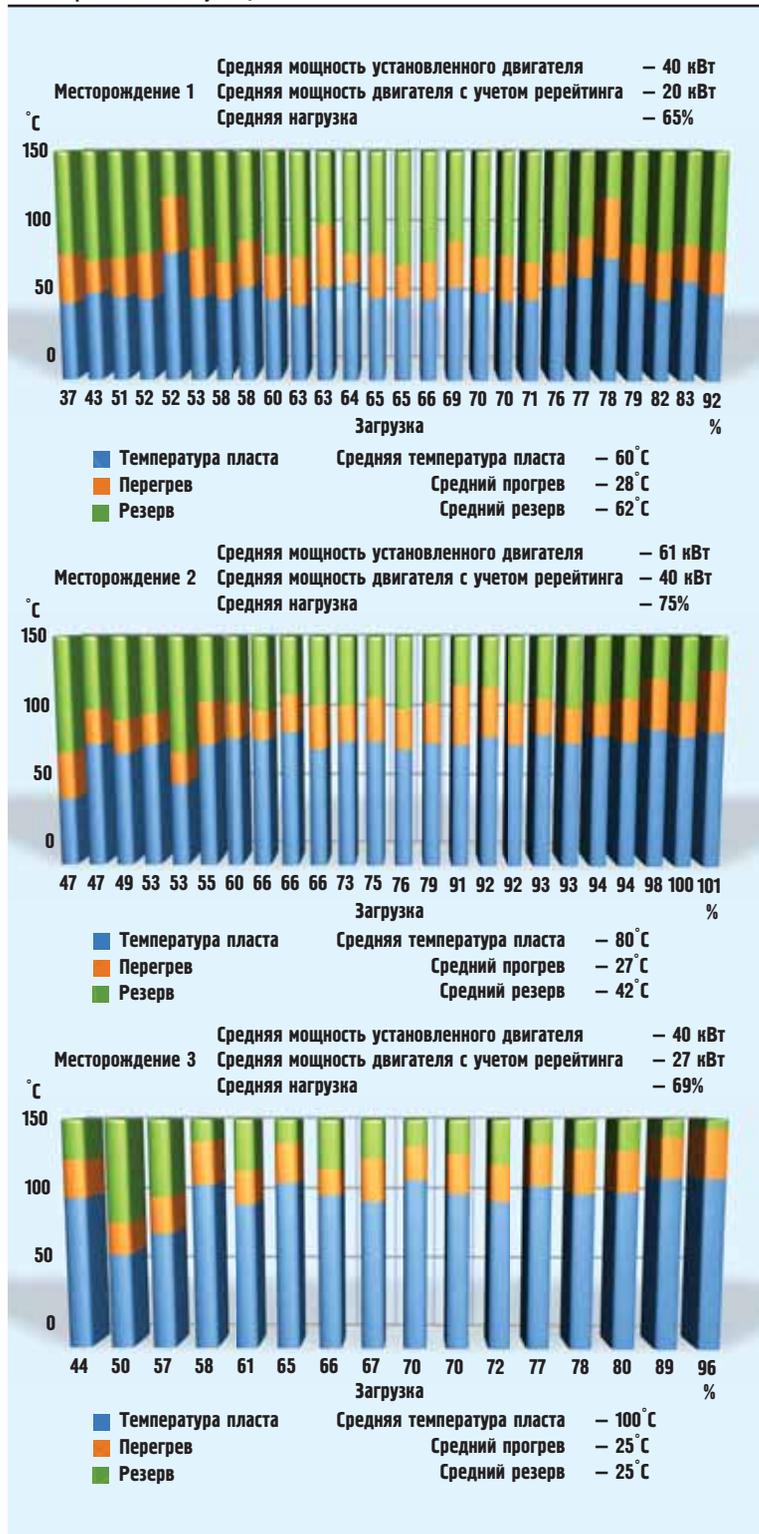
Применение принципа ререйтинга (изменения номинальных параметров оборудования) к асинхронным и вентильным двигателям является реальным способом снижения затрат

лизирована информация о режимах работы вентильных дви-

Зависимость перегрева от нагрузки ВД



Анализ режимов эксплуатации



гателей в различных компаниях. Эта информация была предоставлена Службой инженерной поддержки ПК «Борец», осуществляющей мониторинг работы нашего оборудования в неф-

тяных компаниях. Результаты анализа работы на трех месторождениях трех различных компаний приведены на диаграммах (см. «Анализ режимов эксплуатации»).

Все скважины на диаграммах расположены по принципу увеличения процента загрузки двигателей. На первом месторождении процент загрузки двигателей изменялся от 37% до 92%. В качестве безопасной мы приняли рабочую температуру обмотки 150°C. На самом деле она может быть выше, но мы решили взять ее с запасом. Средняя температура пласта на первом месторождении составляет 60°C, средний перегрев — 28°C, и средний резерв, который в каждом двигателе остается недоиспользованным по мощности, — 62°C.

Если к этим двигателям применить так называемый ререйтинг, то вместо двигателя с усредненной мощностью 40 кВт можно было бы поставить двигатель мощностью 20 кВт и получить ту же самую мощность без какой-либо видимой потери надежности и ресурса.

Похожую картину мы получили и по второму месторождению. Здесь средняя температура оказалась 80°C, средний перегрев почти такой же, как на первом месторождении, — 27°C, и резерв — 42°C. В результате применения ререйтинга габаритную мощность двигателей можно было бы снизить с 61 до 40 кВт.

Очень похожую картину мы имеем и для третьего месторождения. Но здесь высокая температура пласта, в среднем 100°C. Средний перегрев практически такой же — 25°C. Если применить ререйтинг, то можно снизить среднюю мощность двигателя с 40 до 27 кВт.

Путь экономии

Поскольку в механизированной добыче, как и в отрасли в целом, режимы работы оборудования отличны от номинальных, сравнивать вентильные и асинхронные двигатели в номинальных точках некорректно. Все сравнения нужно производить в реальных режимах работы.

Применение принципа ререйтинга к вентильному двигателю, который в более широком диапазоне сохраняет свои энергетические показатели, такие как КПД, может дать хорошие результаты.



Сам ререйтинг (изменение номинальных параметров оборудования) является реальным способом достижения экономии, снижения стоимости закупаемого оборудования и себестоимости добываемой продукции.

При этом он, естественно, требует индивидуального подбора двигателя к каждой скважине с учетом предыдущего опыта работы оборудования в этой скважине. 

Вопросы из зала

ИЛЬГИЗАР ДАВЛЕТШИН,
ведущий инженер-технолог производственного отдела по надежности и качеству электропогружных установок ЦБПО ЭПУ ОАО «Сургутнефтегаз»:

Есть ли у вас собственные рекомендации по применению вентильных электродвигателей? Вы предлагаете спускать их во все скважины или только в какие-то конкретные?

А.С.: Если у вас на скважине нет проблем, то спускать в нее более дорогое оборудование вы вряд ли будете. А вот в тех случаях, когда, например, нестабильный приток или когда вы не знаете, в каком режиме будет работать оборудование, то есть вам требуется широкий диапазон регулирования, в этих случаях следует рассмотреть вентильный двигатель, потому что он просто в силу своей природы лучше регулируется.

И.Д.: Все вентильные электродвигатели оборудуются ТМС, которые показывают вибрацию. Вибрация какого узла измеряется и есть ли у вас рекомендации по использованию данного показателя?

А.С.: Измеряется вибрация того узла, в котором установлен датчик, — на хвостовике двигателя. Как правило, в стабильно работающих установках вибрация не превышает 0,3g. Обычно ставят защиту 0,4–0,5g. Но статистических данных нет.

И.Д.: А влияет ли на вибрацию, например, работа установки в режиме срыва подачи?

А.С.: Безусловно, газ, попадающий в насос, увеличивает вибрацию, поэтому она возрастет.

И.Д.: То есть, мы можем отключить защиту от срыва подачи и просто поставить защиту от вибрации?

А.С.: Любая подобная инициатива требует предварительной оценки ситуации для подтверждения того, что установка при срыве подачи поведет себя именно так. Нужно набрать какую-то статистику.

НИКОЛАЙ КУЗЬМИЧЕВ,
директор ООО «Нефть XXI век»:

Приходилось слышать мнение, что у вентильных двигателей существует проблема с расклиниванием установки, когда заклинивает насос...

А.С.: Единственное, что мы рекомендуем в этом случае, - отключить трансформатор и включить на прямую. В этом случае насыщение трансформатора не мешает. В отличие от асинхронника, момент вентильного двигателя пропорционален току. Поэтому можно напрямую задать намного больший ток и получить момент, необходимый для расклинивания установки. Я не помню случая, чтобы поднимали установку, которая потом хорошо крутилась, но ее не смогли бы расклинить.

СЕРГЕЙ СТЕПАНОВ,
и.о. начальника ОГТ УДНГ и ППД ООО «РН-Ставропольнефтегаз»:

Ту величину, которую вы называете «перегрев», от чего вы ее начинаете считать? От начальной температуры или от пластовой температуры в скважине?

А.С.: Общепринято, что температура перегрева не превышает 40°C при номинальной загрузке. То есть берем двигатель, даем на него номинальную загрузку, и разница между температурой обмотки и окружающей среды будет 40 градусов. Вот если мы позволим, чтобы допустимый перегрев был не 40, а 60 градусов, то мы можем с этого двигателя снять на 25% мощности больше.

С.С.: Что вы все-таки относите к недостаткам вентильных электродвигателей?

А.С.: Цену.

С.С.: Больше недостатков нет?

А.С.: Мы над этим работаем, чтоб больше не было.