

Ивановский В.Н., Сабиров А.А., Фролов С.В., Донской Ю.А., Маляревский А.В.,
РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина

О ДОБЫЧНЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ СШНУ

В прошлой публикации (Территория НЕФТЕГАЗ № 10 за октябрь 2006 г.) были проанализированы некоторые проблемы применения скважинных штанговых насосных установок (СШНУ) для оптимизации работы нефтяных скважин. В данной статье авторы попытаются дать оценку возможностей современных скважинных штанговых насосных установок.

Известно, что СШНУ являются представителями объемных возвратно-поступательных насосов. Подача таких насосов зависит от площади F рабочего органа (плунжер или поршень), длины хода S этого рабочего органа, частоты его движения (или количества двойных ходов n) и коэффициента подачи насоса $\eta_{\text{под}}$.

$$Q = F * S * n * \eta_{\text{под}} \quad (1)$$

При этом длина хода рабочего органа насоса S_1 может существенно отличаться от длины хода привода насосной установки S_2 . Это происходит за счет упругого удлинения колонны штанг, передающей движение от наземного привода к насосу, расположенному зачастую на расстоянии 1500–2000 и более метров от этого привода. Обычно длина хода плунжера меньше длины хода выходного звена привода (удлинение из-за разности нагрузок при ходе плунжера вверх и вниз). Однако существуют условия, при которых возникает так называемый «суперход» (удлинение колонны штанг за счет действия инерционных сил), увеличивающий длину хода плунжера.

Длина хода S_2 для современных приводов СШНУ лежит в области от 0,9 до 6 м, причем основная доля применяемых в России отечественных и зарубежных станков-качалок (станки-качалки грузоподъемностью от 6 до 10 тонн) имеет длину хода от 1,5 до 3,5 м. При этом длина хода плунжера S_2 обычно составляет от 0,9 до 3 м.

Вторым фактором, влияющим на подачу штангового насоса, является частота двойных ходов плунжера. Современная практика применения СШНУ с

глубинами подвески насоса в 1500–2000 м показала, что максимально допустимые частоты движения колонны штанг ограничены величинами в 10 качаний в минуту, а минимальные — 3 хода в минуту. Увеличение частоты ходов приводит к работе СШНУ в т. н. динамическом режиме, когда параметр Коши $\mu = \omega * L/a \quad (2)$ приближается к величине 0,3–0,4.

Здесь: ω — угловая скорость вращения кривошипа станка-качалки, L — длина колонны штанг, a — скорость звука в колонне штанг. В этом случае резко возрастает доля динамических нагрузок и растут напряжения в колонне штанг, что, в свою очередь, приводит к снижению наработок до отказа. Уменьшение частоты двойных ходов (менее 3 в минуту) целесообразно применять только при эксплуатации малодебитных скважин, причем такая работа требует применения специальных трансмиссий или тихоходных двигателей.

Площадь плунжера скважинного насоса является третьим фактором, определяющим подачу возвратно-поступательного насоса. Наиболее часто в современной практике штанговой эксплуатации применяются насосы с условными диаметрами от 32 до 57 мм. Уменьшение диаметра насоса ведет к уменьшению проходного сечения как плунжера, так и нагнетательного клапана. Это может привести к частым выходам из строя насоса по причине засорения проточного плунжера. Увели-

чение диаметра применяемого скважинного насоса влияет не только на подачу СШНУ, но и на нагрузку на колонну штанг, возникающую при работе этого вида оборудования.

Элементарные расчеты показывают, что идеальная подача СШНУ может меняться в пределах от 4 до 135 м³/сутки (для стандартных скважинных насосов с условным диаметром плунжера от 29 до 70 мм). Поскольку реальная подача штанговых насосов составляет обычно до 60–80% от идеальной, то пределы дебитов скважин, которые могут эксплуатироваться СШНУ, можно оценить как 2,5–110 м³/сутки.

Как видно из этих цифр, многие скважины, которые являются кандидатами на оптимизацию, свободно размещаются внутри указанного интервала дебитов, следовательно, СШНУ можно использовать в качестве инструмента для интенсификации добычи нефти. Однако, кроме подачи, штанговая насосная установка характеризуется нагрузкой в точке подвеса колонны штанг, в связи с чем необходимо ответить на вопрос о величине этого параметра при интенсификации добычи нефти.

Нагрузка в точке подвеса колонны штанг является суммой нескольких составляющих: веса самой колонны штанг $P_{\text{шта}}$ (с учетом коэффициента Архимеда), веса столба жидкости над плунжером штангового насоса $P_{\text{жр}}$ сил механического $P_{\text{мех.тр.}}$ и гидродинамического $P_{\text{г-д.тр.}}$ трения, инерционных $P_{\text{ин}}$ и вибрационных $P_{\text{виб}}$ сил. Для стандар-

тного исполнения насосов эти нагрузки при ходе плунжера вверх равны:

$$P_{\text{в}} = A_1 * P_{\text{штА}} + A_2 * P_{\text{ж}} + A_3 * P_{\text{мех.тр.}} + A_4 * P_{\text{г-д.тр.}} + A_5 * P_{\text{ин}} + A_6 * P_{\text{виб}} \quad (3)$$

При движении плунжера насоса вниз нагрузка составит:

$$P_{\text{н}} = A_7 * P_{\text{штА}} - A_8 * P_{\text{мех.тр.}} - A_9 * P_{\text{г-д.тр.}} - A_{10} * P_{\text{ин}} - A_{11} * P_{\text{виб}} \quad (4)$$

где A_1 – A_{11} — поправочные коэффициенты.

Разные авторы используют различные модели для определения как самих составляющих общую нагрузку, так и поправочных коэффициентов (A_1 – A_{11}), величины которых могут меняться в довольно широких пределах.

Особенно сильно разнятся расчетные значения сил механического и гидромеханического трения колонны насосных штанг, которые являются состав-

ляющими максимальной и минимальной нагрузок. По литературным сведениям эти нагрузки могут составлять от 5 до 40% от максимальных нагрузок. Обычно методики и расчетные формулы подвергаются корректировке после сравнения результатов расчетов и определения нагрузок по динамограммам. Однако динамометрирование СШНУ, дающее хорошие результаты в части качественной оценки состояния насосной установки (наличие утечек, большое количество свободного газа на приеме насоса, заклинивание плунжера, обрыв штанг и т.д.), часто не позволяет определять точно количественные параметры работы.

Поэтому при оценке той или иной методики расчета штанговых колонн необходимо очень внимательно подходить к анализу результатов динамометрирования скважин.



115114, г. Москва,
Павелецкая наб., д. 2
Тел.: (495) 232-2045, 725-5799
e-mail: serv-stm@mtu-net.ru

Сервис-СТМ **WWW.SERVIS-STM.RU**

Производственно-коммерческая фирма «Сервис-СТМ» специализируется на производстве плоских ножей по металлу к листовым и комбинированным гильотинным ножницам как отечественного, так и импортного производства:



НБ5222, НГ5224, Н313, Н7120, СТД-9А, Н3121, НД3317Г, НА3121, НК3416, НБ3118, НК3418, Н475, Н477, Н3218Б, Н478, НД3221, Н478М, Н3118, НГ13, НА3218, Н472, Н481, НА3221, Н407, Н483, Н478А, НБ3118, НА3222, НБ3221, НК3421, НБ3222, НА3225, Bledmedizdelie, JAROMED, ST10/2550, SNIA3150, NTH3150/25, ScTP/16/3150, ScTP/10/2500, NTE-E3150, ScTP25 Schermesser

Собственная производственная база позволяет изготавливать ножи в короткие (2–4 недели) сроки. Стандартные ножи постоянно имеются на складе. Принимаются заказы на изготовление ножей по чертежам и эскизам для любого типа гильотинных, пресс-ножниц, бумагорезательного и полимерного оборудования. Сроки изготовления и стоимость ножей зависят от их размеров и конфигурации. **Изготавливаем ножи по ГОСТ 25306-82 из стали 6ХВ2С по ГОСТ 5950-73**
** В зависимости от года выпуска ножниц возможно изменение размеров ножей*

Например, на рис. 1 и 2 представлены динамограммы работы СШНУ, снятые с помощью системы «МИКОН» с накладным датчиком.

Анализ параметров работы СШНУ на данных скважинах выявил недостаточную достоверность этих динамограмм. Действительно, расчетная величина веса колонн штанг с учетом коэффициента Архимеда не укладывается внутрь указанных динамограмм, что возможно только при очень серьезных неисправностях СШНУ (например, обрыв или отворот штанг; полностью открытый всасывающий клапан). Однако на указанных скважинах коэффициент подачи насоса составлял 0,7–0,8, т.е. возможность вышеперечисленных неисправностей была равна «0».

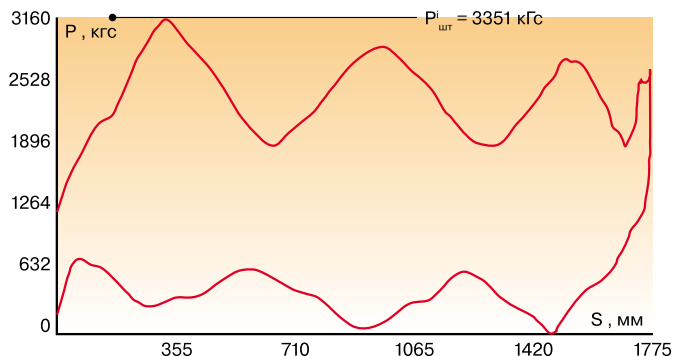
Использование в качестве реперных значений нагрузок, полученных с помощью подобных динамограмм, привело к

корректировке методик расчета и подбора штанговых колонн, используемых в некоторых нефтедобывающих регионах. При этом расчетные величины максимальных нагрузок, которые принимаются для определения возможности использования того или другого типоразмера станка-качалки, увеличились на 20–25%. Это, с одной стороны, повысило безотказность работы данного вида оборудования, т. к. уменьшились фактические нагрузки в узлах и деталях СШНУ после подбора по указанным методикам. С другой стороны, такие методики занижают расчетные добычные возможности СШНУ, что затрудняет их использование при интенсификации добычи нефти.

Действительно, завышение максимальных расчет-

ных нагрузок на 20–25% (для станка-качалки СК8-3,5-5600) снижает максимально возможную глубину подвески насоса с условным диаметром 44 мм в среднем на 350–400 м, что при коэффициенте продуктивности $K_{\text{пр}} = 1 \text{ м}^3/\text{МПа}\cdot\text{сут}$ приводит к потере добычи в 3–3,5 м³/сутки. В то же время снижение минимальной расчетной нагрузки всего на 15% за счет тех же причин приводит к увеличению расчетных приведенных напряжений на 28–30%. Следовательно, глубины подвески штанговых насосов, которые будут считаться безопасными для колонн насосных штанг, опять-таки будут снижаться. А это, в свою очередь, приведет не только к снижению депрессии на продуктивные пласты, но и снизит коэффициент подачи насосов за счет уменьшения давления на приеме насоса и увеличения вредного влияния свободного газа.

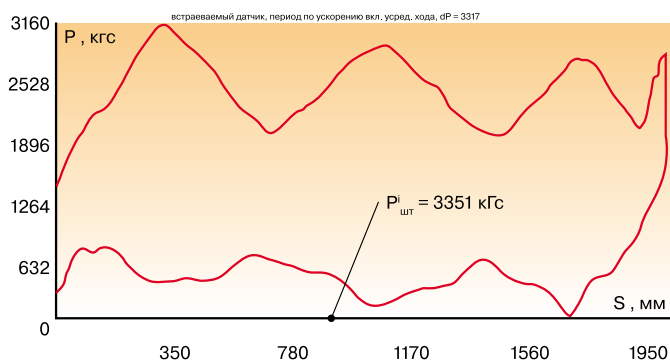
Динамограмма скв. 28.07.2006 12:42
 ООО "Микон-К", цех култ скв
 Оборудование
 Станок: число качаний 6,5 кач/мин, длина хода 1776 мм
 Глубина спуска насоса: м
 Режим откачки
 Теоретическая производительность насоса: 13,32 куб. м/сут
 Дин. уровень (м) 1111 м Затрубное давление: 7,1 атм.
 Буферное давление: атм
 Колонна штанг
 1. x, приведенное напряжение штанги: кг/мм²
 2. x, приведенное напряжение штанги: кг/мм²
 3. x, приведенное напряжение штанги: кг/мм²



Заключение:
 Анализ:
 Максимальная нагрузка на головку балансира: 3161 кг
 Минимальная нагрузка на головку балансира: кг
 Нагрузка от веса столба откачиваемой жидкости: кг
 Деформация колонны штанг: мм
 Деформация НКТ: мм
 Фактическая производительность насоса: 10,79 куб. м/сут
 Эффективный ход плунжера: 1439 мм
 Коэффициент подачи насоса: 0,81

Рис. 1. Динамограмма с повышенными показателями максимальных и минимальных нагрузок

Динамограмма скв. 28.07.2006 13:00
 ООО "Микон-К", цех култ скв
 Оборудование
 Станок: число качаний 6,2 кач/мин, длина хода 1953 мм
 Глубина спуска насоса: м
 Режим откачки
 Теоретическая производительность насоса: 14,09 куб. м/сут
 Дин. уровень (м) 1111 м Затрубное давление: 7,1 атм.
 Буферное давление: атм
 Колонна штанг
 1. x, приведенное напряжение штанги: кг/мм²
 2. x, приведенное напряжение штанги: кг/мм²
 3. x, приведенное напряжение штанги: кг/мм²



Заключение:
 Анализ:
 Максимальная нагрузка на головку балансира: 8103 кг
 Минимальная нагрузка на головку балансира: 4786 кг
 Нагрузка от веса столба откачиваемой жидкости: кг
 Деформация колонны штанг: мм
 Деформация НКТ: мм
 Фактическая производительность насоса: 11,61 куб. м/сут
 Эффективный ход плунжера: 1609 мм
 Коэффициент подачи насоса: 0,82

Рис.2. Динамограмма с пониженными показателями максимальных и минимальных нагрузок

HERE
TODAY

Export made easy:
www.dhl.kz

Об этой проблеме стоит поговорить отдельно, но в настоящей публикации скажем только о вреде применения хвостовиков в сочетании с СШНУ при откачке жидкости с большим содержанием попутного газа. В некоторых нефтедобывающих подразделениях существует мнение о том, что хвостовики, подвешенные на приеме насоса, могут уменьшить вредное влияние свободного газа. Это ошибочное мнение приводит к тому, что даже при достаточном заглублении приема насоса под динамический уровень коэффициент подачи остается низким из-за поступления свободного газа из хвостовика в цилиндр насоса без сепарации. У некоторых нефтяников есть даже мнение, что для уменьшения нагрузки на станок-качалку можно подвешивать насос на глубины, меньшие, чем глубина расположения динамического уровня в скважине, главное, чтобы хвостовик был опущен на необходимую глубину! Утверждающие это просто забывают законы физики и гидравлики.

Но вернемся к нагрузкам на колонны штанг и на станки-качалки. Как уже указывалось выше, в части статических составляющих суммарной силы (вес штанг в жидкости и вес столба жидкости), действующей на колонну штанг, у всех исследователей сформировалось схожее мнение. В то же время практически по всем динамическим составляющим нагрузкам у каждого автора имеется своя методика. В первую очередь это относится к силам механического и гидромехани-

ческого трения. Величины сил трения зачастую могут составлять до 25–40% от максимальной нагрузки, т. е. практически сопоставимы с минимальными нагрузками на колонну штанг при ее движении вниз.

Программный комплекс «Автотехнолог», основанный на одной из наиболее полных и адаптированных к различным условиям эксплуатации скважин модели работы СШНУ, позволяет получить расчетные нагрузки и приведенные напряжения в любом сечении колонны штанг. Многократные сопоставления расчетных и замеренных величин нагрузок позволяют утверждать, что ПК «Автотехнолог» решает задачу повышения точности расчетов при интенсификации добычи нефти с помощью скважинных штанговых насосов.

Это повышение обуславливает возможности нефтяников безбоязненно увеличивать глубины спуска скважинных насосов, их диаметры, а в некоторых случаях – и скорости откачки. Расчеты и практика выполнения рекомендаций по интенсификации добычи нефти с помощью СШНУ показали, что в Западной Сибири есть возможность на отечественном оборудовании довести дебиты до 40–50 м³/сутки жидкости при глубинах динамического уровня в наклонно-направленных скважинах до 1350–1500 м.

Очень часто ограничения, снижающие добычные возможности СШНУ, являются организационными. К ним относятся:

- плохая нивелировка свайного поля или фундамента под станок-качалку, что приводит к резкому увеличению динамических нагрузок в приводе;
- большая высота оборудования устьев скважин, не позволяющая использовать большие длины ходов головки балансира;
- закупки скважинных насосов с малыми длинами ходов плунжера, что также не позволяет использовать длинно-ходовые режимы откачки;
- использование сервисными компаниями некондиционных, не оригинальных запасных частей, что может не только снизить максимальные рабочие параметры приводов, но и привести к увеличению динамических составляющих нагрузок;
- отсутствие закупок новых видов наземного и скважинного оборудования, позволяющего увеличить эффективность работы СШНУ;
- отсутствие во многих нефтедобывающих и сервисных предприятиях сертифицированных программ подбора и диагностики работы СШНУ или недостаточно эффективное их использование.

Еще одним фактором, снижающим интерес нефтяников к эксплуатации СШНУ, является недостаточно высокое и стабильное качество отечественных насосных штанг. О некоторых факторах, влияющих на снижение эффективности работы отечественных штанговых колонн, речь пойдет в нашей следующей публикации.

ОПЫТНО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАВОД ГРУЗОПОДЪЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ПРОИЗВОДИТ:

- **СТРОПЫ КАНАТНЫЕ
ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ ОТ 0,32 ТН ДО 63 ТН**
- **СТРОПЫ ЦЕПНЫЕ СВАРНЫЕ И СБОРНЫЕ**
- **СТРОПЫ ТЕКСТИЛЬНЫЕ**
- **КРЮКИ КРАНОВЫЕ
ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ
ДО 80 ТН**
- **ЦЕПИ ПРИВОДНЫЕ
РОЛИКОВЫЕ**
- **КАНАТ СТАЛЬНОЙ**



115114, г. Москва,
Павелецкая наб. д. 2
Тел.: (495) 956-20-51, 540-80-79

e-mail: factory@omz-gpo.ru

WWW.OMZ-GPO.RU

THERE TOMORROW

Export made easy:
www.dhl.kz

