

Исследование скважин, оборудованных УШГН

В управлении процессом глубиннонасосной добычи нефти важнейшим источником информации о работе насоса являются данные динамометрирования, которые увязывают типоразмер спущенного в скважину оборудования, характеристику станка-качалки, глубину спуска насоса и динамический уровень, дебит скважины, обводненность и т. д.

Динамограмма работы штангового глубинного насоса представляет собой запись усилий. На практике используются динамограммы по перемещению точки подвеса штанг.

Технические средства

- а) гидравлический динамограф ДГМ конструкции Г.М.Мининзона, - это прибор, обеспечивающий достаточную точность динамограмм; он удобен в работе и портативен;
- б) различные системы телединамометрирования, достоинством которых является возможность быстрого получения динамограмм непосредственно на устье с последующей расшифровкой на ЭВМ.

Методика расшифровки (чтения) динамограмм

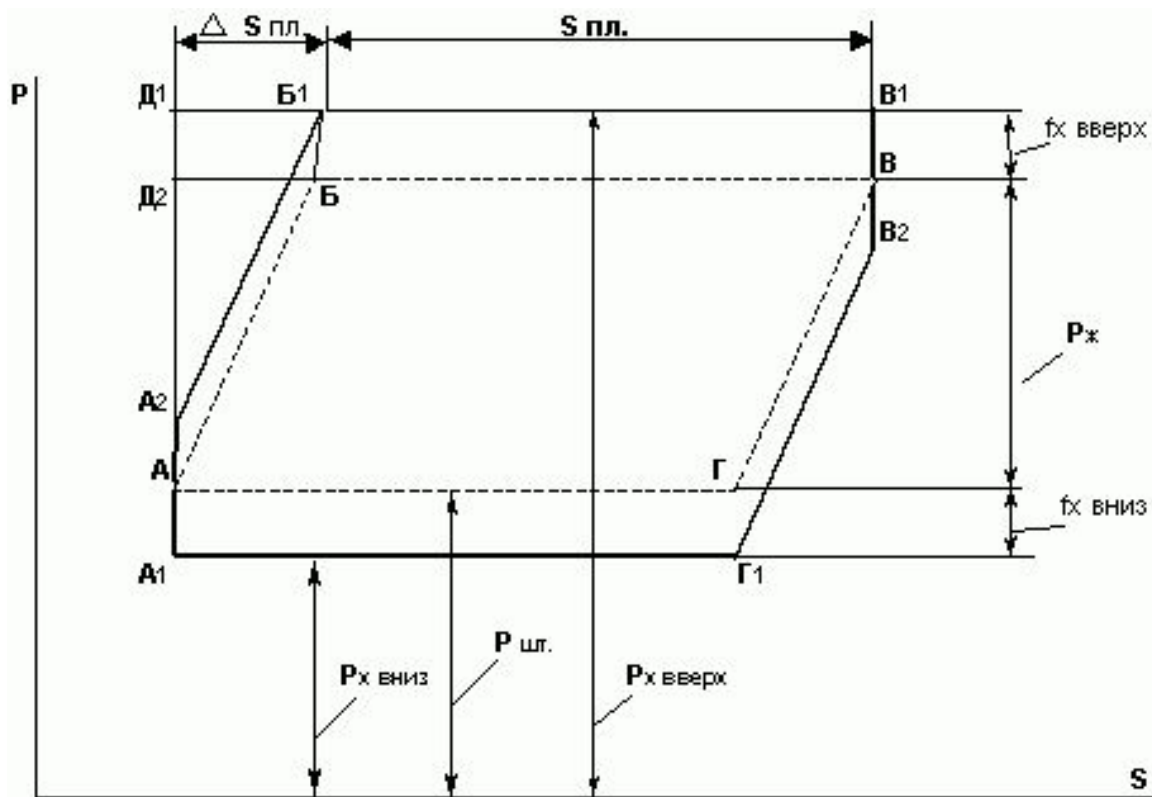


Рис. 1. Теоретическая динамограмма нормальной работы насоса с учетом сил полужидкого трения (по И.Г. Белову), где: $P_{шт}$ - вес штанг в жидкости; $P_{ж}$ - вес столба жидкости; $D S_{пл}$ - потеря хода плунжера; $S_{пл}$ -ход плунжера; $P_{х\text{ вниз}}$ - нагрузка при ходе вниз; $P_{х\text{ вверх}}$ - нагрузка при ходе вверх; $f_{х\text{ вниз}}$ - сила трения при ходе вниз; $f_{х\text{ вверх}}$ - сила трения при ходе вверх (1 кгс ~ 10 Н).

Методика расшифровки (чтения) динамограмм

- Методика расшифровки (чтения) динамограмм основана на теоретической динамограмме нормальной работы глубинного насоса (рис. 1), при построении которой учтено действие лишь следующих сил: тяжести, упругости материала штанг и труб; полужидкого трения (штанг о трубы, плунжера в цилиндре и др.) и силы Архимеда. Исключено действие сил инерции движущихся масс и гидродинамического трения, т. е. движение штанг предполагается замедленным. Кроме того, принято, что насос и трубы герметичны, откачиваемая жидкость лишена упругости и дегазирована, цилиндр насоса полностью заполняется жидкостью. При ходе штанг вниз действует трение, уменьшающее нагрузку в точке их подвеса. Поэтому динамограф записывает линию Г1А1, соответствующую нагрузке от веса штанг, погруженных в жидкость, минус сила трения. Так как и вес штанг, и сила трения постоянны по величине, то линия Г1А1 получается прямой, параллельной нулевой линии динамограммы. Если бы трение отсутствовало, динамограф записал бы линию АГ (пунктир), соответствующую фактическому весу штанг, погруженных в жидкость.

Методика расшифровки (чтения) динамограмм

- трение уменьшает полезную длину хода плунжера, а значит, и производительность насоса.
- Нагнетательный клапан закрывается в точке А 1, а не в точке А, как это было бы при отсутствии трения. В следующий момент штанги должны изменить направление движения (снизу -вверх). Поэтому должно быть снято трение при ходе вниз и “набрано” трение при ходе вверх. Этот процесс записывается отрезком прямой А1А2 с некоторым наклоном вправо.
- С точки А2 начинается процесс восприятия штангами нагрузки от веса столба жидкости, который записывается прямой линией А2Б1 (отрезки АА2 и ББ1 одинаковы). Нагрузка в точке Б1 равна сумме весов штанг и жидкости плюс сила трения (вес жидкости - это вес столба с площадью, равной сечению плунжера, и высотой - от приведенного динамического уровня до устья скважины). В точке Б1 открывается приемный клапан насоса, начинается движение плунжера вверх и вход жидкости из скважины в цилиндр насоса. Далее следует движение плунжера и штанг, описывающееся линией Б1В1.

Методика расшифровки (чтения) динамограмм

- Как только точка подвеса штанг начинает движение вниз, изменяются направление и величина сил трения. Снятие нагрузки от веса жидкости начинается в точке В2 и изображается линией В2Г1, параллельной линии восприятия нагрузки штангами А2Б1. При этом вес столба жидкости передается на трубы - происходит процесс разгрузки штанг и нагружения труб.
- В точке Г1 открывается нагнетательный клапан насоса и плунжер начинает двигаться вниз - происходит процесс движения плунжера вниз, изображаемый отрезком Г1А1, параллельным Б1В1.
- Таким образом, цикл действия глубинного насоса состоит из четырех процессов и изображается в координатах: нагрузка Р на штанги в точке подвеса и перемещение S точки подвеса в виде параллелограмма.

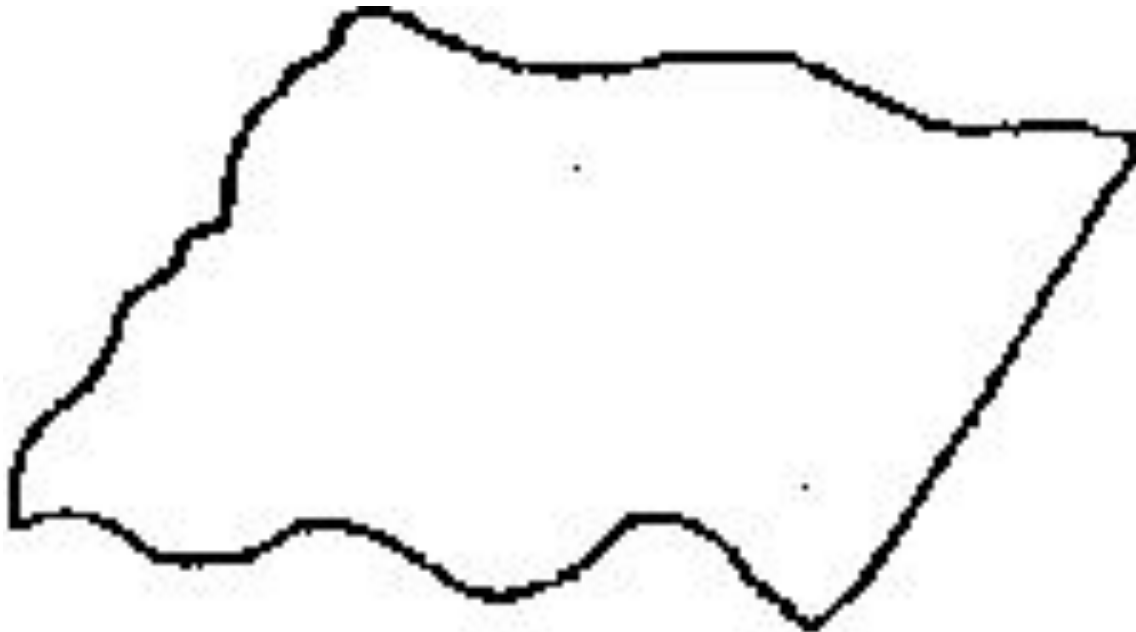
Методика расшифровки (чтения) динамограмм

- На рис. 1 показаны два почти подобных параллелограмма: внешний - сплошной линией и внутренний - пунктиром. Первый изображает цикл насоса с учетом полужидкого трения, а пунктирный - без учета сил трения. Цикл, изображенный пунктиром, является простейшим теоретическим циклом (соответственно имеем простейшую теоретическую динамограмму) нормальной работы глубинного насоса. Именно эта динамограмма является основой обработки и чтения практических динамограмм, получаемых на скважинах.
- Параллельность линий восприятия нагрузки штангами (и одновременно разгрузки труб) и разгрузки штанг (одновременно нагрузки труб) является важнейшим признаком отсутствия утечек жидкости в насосе.

Практические динамограммы

- Практические динамограммы нормальной работы насоса вследствие действия сил инерции и возникновения собственных и вынужденных упругих колебаний штанговой колонны отличаются от простейшей динамограммы тем больше, чем больше число качаний станка, глубина спуска насоса и (в меньшей мере) длина хода. Поэтому до значения параметра $m = 0,00002 \times nL = 0,2/0,25$ (n - частота качаний в минуту; L - глубина спуска насоса в м) динамограммы читаются без затруднений. При $m > 0,2/0,25$ возникают затруднения, усложняющие полную расшифровку динамограмм, вплоть до почти полной "нечитаемости" их на основе элементарной методики, излагаемой здесь. В таких случаях нужно использовать метод А. С.Вирновского расчета и построения глубинной динамограммы насоса по данным, получаемым из обычной динамограммы, снятой в точке подвеса штанг. Этим методом глубинная динамограмма усилий, например в самой нижней штанге, дает возможность исключить влияние колебательного процесса в штангах, трубах и столбе жидкости и получить легкочитаемую динамограмму непосредственно глубинного насоса.

Практические динамограммы нормальной работы насоса



- На рис. 2 показаны практические динамограммы нормальной работы глубинного насоса. Волнообразные линии при ходах штанг вверх и вниз фиксируют упругие колебания штанг: собственные и вынужденные с превалированием первых. При больших величинах сил трения и больших утечках в рабочих парах насоса колебания сильно затухают, вплоть до полного исчезновения.

Изменение формы динамограммы с изменением числа качаний



- На рис. 3 представлена серия динамограмм, снятых при различных числах качаний станка и постоянстве всех других параметров откачки и условий эксплуатации, показывающих существенные изменения формы динамограммы вследствие интенсивного колебательного процесса, возникающего в штанговой колонне.

Динамограммы работы насоса с утечкой жидкости в нагнетательной части.

а - простейшая теоретическая; б - практическая.



- Динамограммы, фиксирующие утечки жидкости в подземном оборудовании.
- Имеются в виду утечки более или менее значительной величины, влияющие на подачу насоса (по практическим замерам подачи). Утечки, составляющие 5% и менее от производительности насоса, трудно обнаружить на промысловой динамограмме.
- На рис.4,а приводится простейшая теоретическая динамограмма, показывающая значительную утечку жидкости нагнетательной части насоса. Под этим термином подразумевается утечка в зазоре между плунжером и цилиндром, в нагнетательном клапане, в месте сопряжения седла клапана и гнезда и др. В каждом конкретном случае утечка может возникнуть в одном из перечисленных мест и может быть любое сочетание этих видов утечки, но форма динамограммы (если величина утечки одна и та же) будет почти одинаковой. Методов количественной оценки величины утечки по динамограмме не существует.
- Характерной особенностью динамограмм рассматриваемого типа является нарушение параллельности линий восприятия нагрузки штангами и разгрузки штанг. Наклон линии восприятия увеличивается, а наклон линии разгрузки уменьшается, и сама линия закругляется в части, соответствующей концу хода плунжера вверх. Имеются и другие признаки, хорошо видные на рис. 4,а. На рис. 4,б приводится в качестве примера практическая динамограмма утечки жидкости в нагнетательной части насоса.

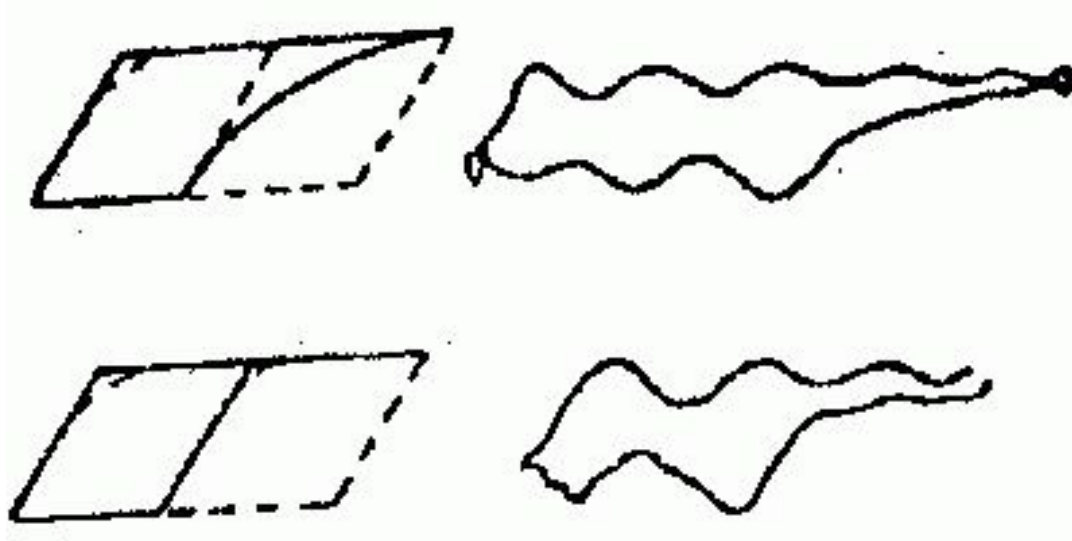
Динамограммы работы насоса с утечкой жидкости в приемной части



- На рис. 5, а и б приводятся теоретическая и практическая динамограммы значительной по величине утечки жидкости в приемной части насоса, т. е. между шариком и седлом приемного клапана, между конусом и седлом и т. д. В общем форма динамограммы при утечке жидкости в приемной части глубинного насоса такая же, как и при утечке ее в нагнетательной части, но повернута в отношении осей координат на 180°.

- В обоих рассматриваемых видах динамограмм фиксируется тем большая относительная утечка жидкости, чем сильнее форма динамограммы отличается от формы простейшей теоретической динамограммы - в первую очередь в отношении нарушения параллельности линий восприятия нагрузки и разгрузки.
- Динамограммы незаполнения цилиндра насоса жидкостью. Эти динамограммы могут получаться по двум совершенно различным причинам:
 - 1. Вследствие превышения производительности насоса над притоком жидкости в скважину (включая частный случай полного отсутствия притока); при этом динамический уровень находится у приема насоса.
 - 2. Когда динамический уровень находится выше приема насоса и в насос вместе с жидкостью поступает газ (газожидкостная смесь, поднимающаяся с забоя по скважине).

Динамограммы незаполнения цилиндра насоса жидкостью

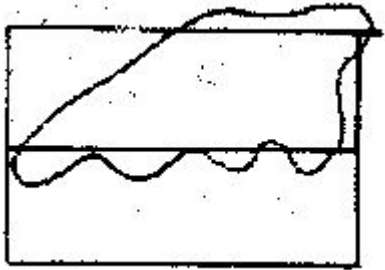


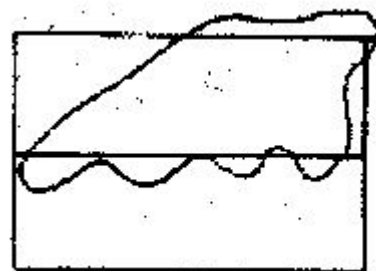
- а - простейшая теоретическая (газ с большой упругостью);
- б - практическая того же типа;
- в - простейшая теоретическая с малым давлением газа;
- г - практическая того же типа.

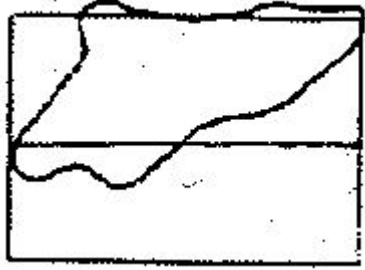
- Следует учитывать, что установить причину незаполнения цилиндра жидкостью непосредственно по форме динамограммы можно лишь тогда, когда погружение насоса под динамический уровень значительное (порядка 50 м и более). При этом газ, поступающий вместе с жидкостью в насос, обладает большим давлением и это заметно влияет на форму динамограммы. На рис. 6,а приведена простейшая теоретическая динамограмма для такого случая. Здесь самый характерный признак - это отличие линии процесса разгрузки штанг от прямой линии, получающейся при отсутствии газа в цилиндре. На рис. 6,б дана практическая динамограмма такого типа.
- На рис. 6 в приводится простейшая теоретическая динамограмма незаполнения цилиндра жидкостью для случая, когда упругость газа почти не ощущается. К этому типу динамограмм приближаются динамограммы, получаемые в случаях, когда динамический уровень находится у приема насоса или же погружение приема не очень велико. На рис. 6,г дана практическая динамограмма такого типа. В большинстве случаев на практике для установления причины незаполнения прибегают к следующему. После остановки скважину “ течение некоторого времени снимают серию динамограмм. Если окажется, что степень незаполнения цилиндра жидкостью явно возрастает с течением времени и затем более или менее стабилизируется, имеет место случай, когда уровень находится у приема насоса. Если же степень незаполнения изменяется незначительно, происходит влияние пластового газа.

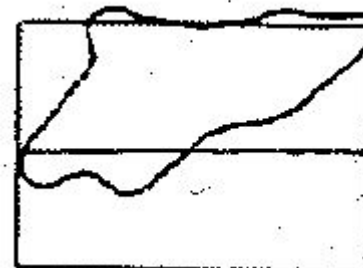
Динамограммы, показывающие наличие механических неполадок в подземном оборудовании

№	Характерные неисправности	Вероятная причина	Метод устранения	Вид динамограммы
---	---------------------------	-------------------	------------------	------------------

1	Утечка жидкости в нагнетательной части	Гидравлический износ пары "седло-шарик", корпуса клапана, седла конуса или наконечника	Заменить изношенные составные части новыми, насос пустить заново	
---	--	--	--	---

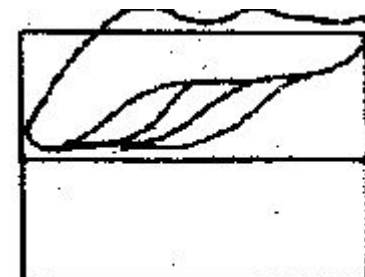
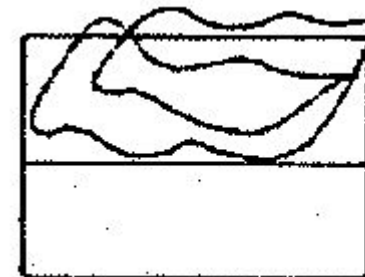
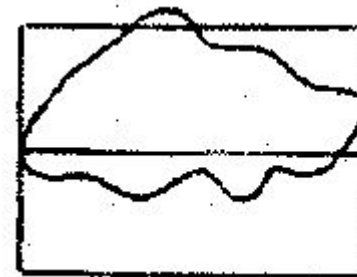


2	Утечка жидкости в приёмной части	То же	То же	
---	----------------------------------	-------	-------	--



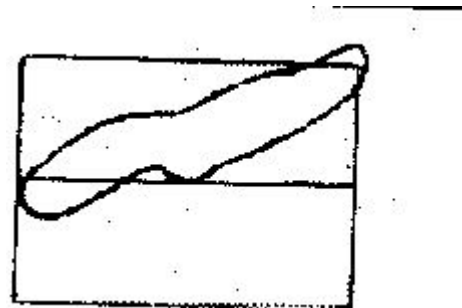
Динамограммы, показывающие наличие механических неполадок в подземном оборудовании

- | | | | |
|---|---|--|---|
| 3 | Одновременная утечка жидкости в нагнетательной и приёмной части | То же | То же |
| 4 | Утечка жидкости из подъёмных труб или замковой опоры | Негерметичность резьб, трещина в теле труб, гидрообразивный износ конуса насоса или кольца опоры | Устранить течь в трубах, заменить изношенные детали; насос пустить заново |
| 5 | Влияние газа на работу насоса, неполное заполнение цилиндра | Выделение газа у приёма насоса и попадание жидкостью цилиндр | Применить газовый якорь, увеличить глубину подвески в насоса |

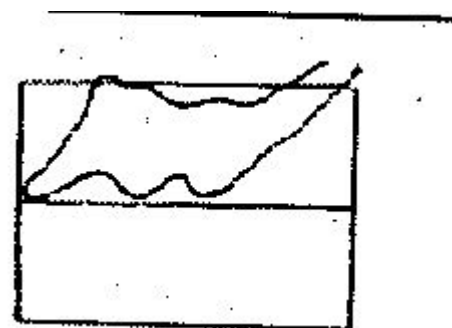


Динамограммы, показывающие наличие механических неполадок в подземном оборудовании

6 Высокая посадка плунжера насосов типа НВ1 и НВ2 Удар конца плунжера о цилиндр насоса и срыв цилиндра опоры Удар верхнего плунжера насосных штанг на цилиндр на величину запаса хода Опустить колонну насосных штанг



7 Заедание плунжера цилиндры насосов типа НН2 в механических примесей между плунжером и цилиндром Попадание в механических примесей между плунжером и цилиндром Поднять насос, очистить и применить песочный якорь

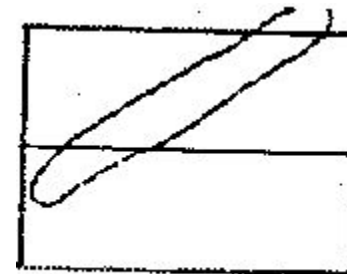


Динамограммы, показывающие наличие механических неполадок в подземном оборудовании

8 Прихват плунжера в цилиндре насосов типа НН2

То же

То же



9 Снижение динамического уровня всасывающего клапана или малый приток из пласта

Недостаточная глубина подвески или производительность соответствует характеристике

Увеличить глубину подвески насоса и установить соответствующий режим подачи

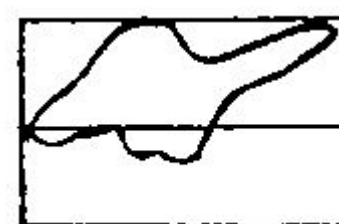


Динамограммы, показывающие наличие механических неполадок в подземном оборудовании

- 10 Обрыв, отворот или слом клетки плунжера, штока или штанг Слабая затяжка резьбовых соединений, большая нагрузка на колонну штанг Устранить отворот или обрыв штанг, проверить состояние насоса, заменить поломанные детали, насос опустить заново



- 11 Влияние газа, утечки жидкости в нагнетательной части Гидроабразивный износ пары “седло-шарик” клапана, попадание газа в полость цилиндра Заменить изношенные составные части, применить газовый якорь



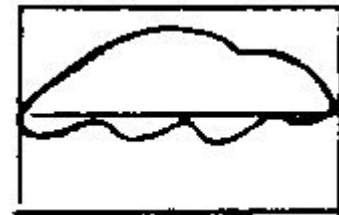
Динамограммы, показывающие наличие механических неполадок в подземном оборудовании

12 Влияние газа, То же
утечки жидкости в
приёмной части

То же



13 Утечка жидкости через зазор пары цилиндр-плунжер” Увеличение зазора между цилиндром и плунжером из-за чрезмерного износа Поднять насос и списать



Динамограммы, показывающие наличие механических неполадок в подземном оборудовании

- 14 Естественное фонтанирование скважин Большое забойное давление



- 15 Низкая посадка плунжера Удар нижнего конца плунжера цилиндра Поднять колонну штанг на величину запаса хода цилиндра

