

**Ш.Ф.Тахаутдинов, Р.Г.Фархуллин,
Р.Х.Муслимов, Э.И.Сулейманов,
О.А.Никашев, А.А.Губайдуллин**

**ОБРАБОТКА
ПРАКТИЧЕСКИХ
ДИНАМОГРАММ
НА ПЭВМ**

Казань
1997

УДК 622.276.53.001.57 (470.41)

ББК 33.1

023

***Тахаутдинов Ш.Ф., Фархуллин Р.Г., Муслимов Р.Х.,
Сулейманов Э.И., Никашев О.А., Губайдуллин А.А.***

023 Обработка практических динамограмм на ПЭВМ.

— Казань: Новое Знание, 1997. — 76 с., с илл.

ISBN 5-89347-010-9

В данной работе представлены обзор существующих систем динамографирования и основные элементы теории и практики динамографирования, а также описание программы для компьютерной обработки динамограмм, полученных на механических динамографах.

Для специалистов нефтегазодобывающих предприятий, занятых эксплуатацией и контролем работы скважин, оборудованных штанговыми глубинными насосами.

Табл. 2, илл. 26, библиогр. 12 наим.

ББК 33.1

ISBN 5-89347-010-9

© Коллектив авторов, 1997 г.

© Новое Знание, 1997 г.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на нефтепромыслах Республики Татарстан и других нефтедобывающих предприятиях страны фонд механизированных скважин, оборудованных штанговыми глубинными насосами (ШГН), значительно увеличился. В этих условиях роль такого исследования, как динамографирование, серьезно возрастает, так как динамографирование позволяет получить свыше трех десятков различных параметров, описывающих состояние глубинно-насосного оборудования, без его подъема. При соответствующей обработке из динамограммы можно определить давление на приеме насоса, его производительность, коэффициент продуктивности скважины.

В последние годы созданы вполне работоспособные приборы и целые комплексы, позволяющие регистрировать результаты динамометрирования в электронной памяти этих устройств с последующей (или одновременной) обработкой их на электронно-вычислительных машинах. Программно-математическое обеспечение (ПМО) каждого комплекса имеет свое оформление, требования к исходным данным и используемые методики их обработки. Анализ выходных данных позволяет предположить, что в ПМО всех комплексов заложены формализованные методы обработки динамограмм без достаточно полного учета накопленного нефтепромыслового опыта.

В работе сделан обзор систем динамографирования и динамометрирования, появившихся в последние годы. Освещены вопросы теории и практики динамографирования. Разработаны нестандартные подходы к созданию ПМО для обработки динамограмм. Создана программа автоматизированной обработки динамограмм, полученных как с помощью электронных комплексов, так и с помощью гидравлических динамографов.

Глава 1

ДИНАМОГРАФИРОВАНИЕ СКВАЖИН

Динамографирование скважин — это процесс получения зависимости изменения нагрузки в точке подвеса штанг от перемещения этой точки в виде замкнутых кривых, называемых динамограммами.

Динамографирование осуществляется с помощью различных типов динамографов, подразделяющихся по принципу действия преобразующего устройства на гидравлические, механические и электрические. Последние могут быть как ручными, так и автоматическими.

1.1. Динамограф ИКГН-1

На нефтяных промыслах наиболее широкое распространение получил переносной гидравлический динамограф ИКГН-1 (ДГ-3, ГДМ-3).

Он имеет следующие технические характеристики:

верхний предел измерения, кгс	10000
погрешность измерения усилий, %	2
верхний предел измерения перемещения, м	3,3
погрешность измерения перемещения, %	2
количество масштабов измерения усилия	3
количество масштабов измерения перемещения (1:15, 1:30, 1:45)	3
размер поля картограммы, мм	50x75
размер диаграммной ленты, мм	1000x95
габаритные размеры в футляре, мм	320x350x120
масса прибора с футляром, кг	8
масса прибора без футляра, кг	6

Динамограф состоит из силоизмерительного устройства и самописца с ходоуменьшителем, смонтированных в одном блоке (рис.1). В силоизмерительное устройство входят два рычага — вилки и гидравлическая мессдоза (трансформатор

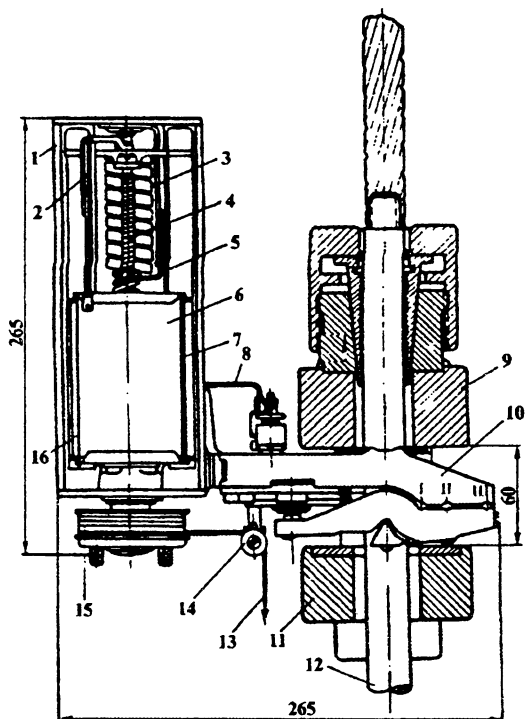


Рис. 1. Гидравлический динамограф ГДМ-3:

- 1 - корпус самописца;
- 2 - стрелка с пером;
- 3 - геликоидальная манометрическая пружина;
- 4 - возвратная пружина ходоуменьшителя;
- 5 - винт ходоуменьшителя;
- 6 - столик;
- 7 - ведомый ролик;
- 8 - капиллярная трубка;
- 9 - верхняя траверса;
- 10 - силоизмерительное устройство;
- 11 - нижняя траверса подвески;
- 12 - верхняя штанга (полированный шток) глубинно-насосной установки;
- 13 - шнур;
- 14 - направляющий ролик;
- 15 - сменный мерный шкив;
- 16 - ведущий ролик

давления), которая встроена в верхний рычаг и представляет собой полость, заполненную жидкостью и перекрытую мембраной из тонкой листовой латуни. К нижней стороне мембраны прилегает поршень, который передает на нее усилия, возникающие при работе динамографа, и создает в полости мессдозы давление жидкости, пропорциональное приложенному усилию. Рычаги силоизмерительного устройства (10) вставляются между траверсами канатной подвески так, что вся нагрузка, воспринимаемая верхней траверсой (9), передается через них на нижнюю (11). При этом верхний рычаг опирается на нижний в двух точках: через стальной шарик, установленный на поршне мессдозы, и через цилиндрический ролик, который закладывается в поперечные канавки на прилегающих сторонах рычагов. Переставляя этот ролик из одних канавок в другие, можно изменять масштаб измерения усилий (4000, 6000, 8000 кгс).

Корпус самописца (1) укреплен при помощи кронштейна на верхнем рычаге силоизмерительного устройства. В верхней части самописца расположена геликоидальная манометрическая пружина (3), на оси которой закреплена стрелка с пером (2). Плотность пружины сообщается с полостью мессдозы капиллярной трубкой (8). Изменение давления жидкости в гидравлической системе мессдоза-капилляр-геликоидальная пружина вызывает поворот стрелки с пером на угол, пропорциональный нагрузке в точке подвеса штанг.

Конец пера касается цилиндрической поверхности столика (6), по краям которого размещены ведущий (16) и ведомый (7) ролики с диаграммной бумажной лентой. Столик, в свою очередь, закреплен на каретке, которая перемещается по вертикальным направляющим при помощи ходоуменьшителя, повторяя в заданном масштабе возвратно-поступательное движение точки подвеса штанг.

Механизм ходоуменьшителя состоит из ходового винта (5), ходовой гайки, неподвижно закрепленной на каретке, возвратной пружины (4) и сменного мерного шкива (15). На мерный шкив намотан шнур (13), свободный конец которого проходит через направляющий ролик (14) и закрепляется на устье скважины. Во время движения динамографа вместе с канатной подвеской вверх разматывающийся шнур вращает шкив и ходовой винт, при этом каретка со столиком передвигается в верхнее положение, а возвратная пружина

взводится. При ходе подвески вниз возвратная пружина, вращая ходовой винт в обратную сторону, перемещает каретку в крайнее нижнее положение.

Величину перемещения каретки можно менять, устанавливая мерные шкивы различного диаметра. Динамограф комплектуется двумя шкивами, которые обеспечивают масштабы измерения перемещения 1:30, 1:45. Измерение перемещения в масштабе 1:15 обеспечивается мерным шкивом, постоянно соединенным с ходовым винтом. Выбор того или иного масштаба определяется длиной хода полированного штока: при длине хода до 1,1 м применяется масштаб измерения 1:15, до 2,2 м — 1:30, до 3,3 м — 1:45. Самописец динамографа снабжен также специальным устройством для перемещения диаграммной ленты без остановки станка-качалки.

1.2. Технология динамографирования

Перед динамографированием тарированный прибор подготавливается к работе:

- производится заправка прибора диаграммной лентой и чернилами;
- проверяется нулевое положение пера;
- прочерчивается нулевая линия.

При подготовке динамографа к работе опорные ролики устанавливаются в зависимости от длины хода и нагрузки. Если нагрузка неизвестна, опорные ролики следует установить сначала на наибольшую нагрузку, чтобы не перегрузить силоизмерительную часть прибора.

В зависимости от типа канатной подвески монтаж динамографа производится различными способами.

1.2.1. Монтаж на нормальной канатной подвеске типа ПКН

Станок-качалка останавливается в крайнем нижнем положении. Траверсы подвески разводятся с помощью имеющихся на ней двух подъемных винтов. В образовавшееся окно вводится силоизмерительная часть прибора, которая должна быть установлена центрично. После этого верхняя траверса

плавно опускается на рычаги силоизмерительного устройства и станок-качалка запускается в работу.

1.2.2. Монтаж на канатной подвеске типа ПСШ

Производится остановка станка-качалки в нижнем положении, не доходящем до крайнего на 20-25 см. На крышку головки устьевого сальника устанавливается штангодержатель, обхватывающий полированный шток.

К конструкции штангодержателя предъявляются следующие требования: он должен надежно удерживать шток и не портить его поверхность.

После монтажа штангодержателя станок-качалку пускают в работу на время, необходимое для разводки траверсы канатной подвески. Разводка производится за счет того, что штангодержатель упирается в крышку головки устьевого сальника и удерживает в неподвижном состоянии полированный шток вместе с верхней траверсой, а нижняя траверса с канатом движется относительно штока. В образовавшееся окно вводится силоизмерительная часть динамографа, станок-качалку растормаживают, а нижнюю траверсу плавно возвращают в исходное положение, затем станок-качалку останавливают для демонтажа штангодержателя и запускают в работу.

После монтажа динамографа в канатной подвеске следует вручную прочертить линию веса штанг. Для этого станок-качалку останавливают в крайнем нижнем положении, когда его балансир еще не прошел нижнюю мертвую точку. Отметив линию веса штанг, перо арретируют (поднимают со столика с бумагой) и пускают СКН в работу. В течение нескольких первых качаний ход столика динамографа регулируется таким образом, чтобы при крайнем верхнем положении балансира храповик ведущего ролика не доходил на несколько миллиметров до шестерни храповика. После этого свободный конец приводного шнура закрепляется за устье скважины так, чтобы обеспечивалась параллельность с полированным штоком.

Запись динамограммы производится опусканием пера с помощью арретира на столик динамографа. Динамограмму следует записывать после выхода скважины на прежний режим, изменение которого было связано с предыдущей остановкой для монтажа прибора в канатной подвеске. После записи динамограммы записывается линия суммарного веса

штанг и жидкости. Для этого СКН останавливают в крайнем верхнем положении, когда балансир не перешел верхнюю мертвую точку. Необходимо, не запуская скважины, эту линию прочертить через 5-7 минут повторно, чтобы установить, нет ли утечек.

После снятия динамограммы производится демонтаж динамографа, определяется число полных качаний станка-качалки и оформляется динамограмма.

1.3. Электронные динамографы

В последние годы для динамографирования скважин наряду с гидравлическими динамографами применяются приборы, использующие электронные принципы преобразования и регистрации информации. Это позволяет автоматизировать процесс контроля за состоянием глубинно-насосного оборудования, повышает качество и способствует получению требуемой информации.

Вместе с тем, эксплуатация таких приборов требует более высокой квалификации обслуживающего персонала, точности и достоверности геологической и технологической информации, соответствующего сервисного обслуживания. Ниже представлено краткое описание некоторых из таких приборов.

1.3.1. Автономный компьютерный динамограф АКД

Динамограф АКД предназначен для записи и воспроизведения на ПЭВМ и самописце зависимости нагрузки на полированном штоке штангового глубинного насоса как функции от его перемещения.

Технические данные динамографа АКД:

диапазон изменения нагрузки на полированном штоке СКН, кгс	0-10000
диапазон изменения хода полированного штока СКН, м	0,9-4,0
дискретность регистрации перемещения полированного штока, м	0,02
диапазон изменения числа качаний, 1/мин	1-20
количество записываемых динамограмм	16
время непрерывной работы до подзарядки аккумуляторной батареи, час	50

время хранения записанной информации	
при заряженной аккумуляторной батарее, час	240
постоянное напряжение питания при	
заряде аккумуляторной батареи, В	12
габаритные размеры, мм:	
высота	116
ширина	265
глубина	203
масса, кг	6

Конструктивно динамограф состоит из двух частей: блока датчиков и электронного блока. Блок датчиков устанавливается в системе подвески полированного штока СКН. Электронный блок располагается вне взрывоопасной зоны и подключается через собственный соединитель к разъему блока датчиков.

Имеются две модификации прибора, различающиеся способом размещения датчика усилия. В одном случае датчик аналогичен измерительному узлу динамографа ИКГН-1 и размещается между верхней и нижней траверсами канатной подвески СКН, что позволяет производить измерения абсолютных значений нагрузок. В другом случае датчик выполнен в виде струбицы с винтовым зажимом и устанавливается непосредственно на полированном штоке без его разгрузки. Это дает возможность измерять лишь приращение нагрузки на полированном штоке. В обоих случаях датчик усилия оснащается механически скрепленным с ним преобразователем перемещения, выдающим информацию о направлении и степени перемещения штока с заданной дискретностью. Для этого в блоке датчиков имеется подпружиненный барабан с намотанным на нем шнуром; один конец шнура снабжен крючком для зацепления за элемент арматуры скважины. При движении полированного штока раскручивается барабан со шнуром. Закрепленный на штоке датчик вырабатывает один импульс напряжения на каждые 2 см перемещения и постоянный сигнал, фиксирующий направление перемещения.

Электронный блок представляет из себя переносной прибор, выполняющий функции:

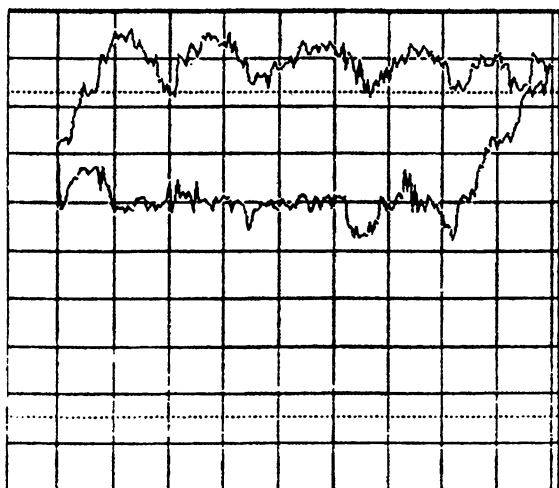
— питания и управления датчиками усилия и перемещения;

— преобразования и накопления поступающей от датчиков информации в запоминающем устройстве (емкость запоминающего устройства позволяет записывать информацию о 16 скважинах);

— считывания данных из запоминающего устройства и записи их на жесткий диск ПЭВМ;

— графического построения полученных динамограмм на двухкоординатный самописец.

Питание электронного блока осуществляется от встроенного источника, состоящего из шести включенных последовательно малогабаритных аккумуляторов НКГ-1,5-У1.1. Ресурс элементов питания обеспечивает время непрерывной работы электронного блока до 50 часов, а время хранения записанной информации — до 240 часов.



Значения	
Скважина	11112
Дата	9/7
Po [кгс]	1409
Pmax [кгс]	9648
Pmin [кгс]	5234
Pвмт [кгс]	12250
Pнмт [кгс]	8300
N[кач/мин]	1.9
Ход [см]	358

Рис. 2. Результаты динамографирования скв. 11112

Таким образом, с помощью блока датчиков усилия и перемещения электронный блок динамографа фиксирует в своем запоминающем устройстве значения усилия на полированном штоке в соответствии с его перемещением в течение полного цикла работы станка-качалки. Зафиксированные массивы данных могут быть выведены по сигналам с клавиатуры на компьютер в виде таблиц и графиков или на аналоговый двухкоординатный самописец в виде графика.

График и таблица, полученные в результате динамографирования скв. 11112, в качестве примера приведены на рис.2.

1.3.2. Комплексная система исследования работы скважин “Анализатор”

Данная система разработана американской компанией “Echometer”. Она представляет собой комплекс измерительных датчиков. Управление их работой и обработка получаемой информации производятся компьютером типа “Notebook” совместно с аналого-цифровым преобразователем. Такая система осуществляет обработку данных акустических микрофонов, датчиков давления и нагрузки, акселерометров, датчиков тока двигателя, тахометров и других измерительных устройств.

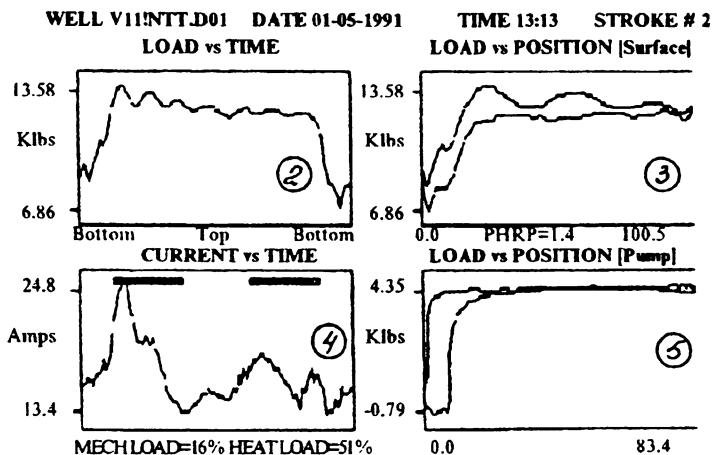
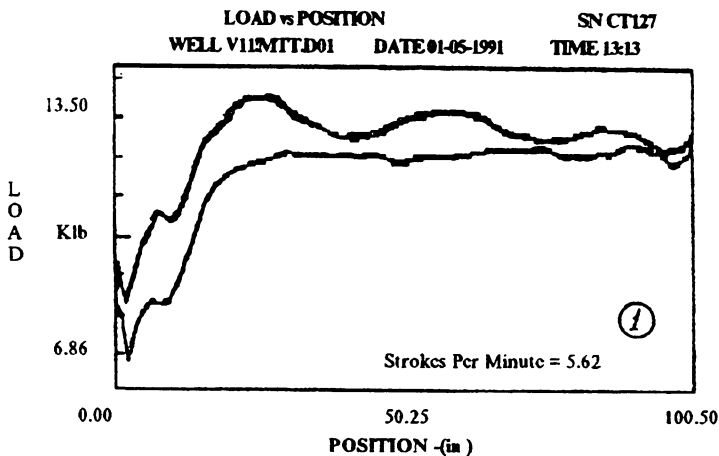
Для измерения уровня жидкости в кольцевом пространстве скважины акустическим методом эта система используется совместно с генератором импульсов, микрофоном и датчиком давления. Эти измерения используются для определения забойного давления работающей эксплуатационной скважины. А знание пластового давления и использование модели притока жидкости, с учетом определенного анализа, позволяют определять эффективный дебит скважины.

На скважинах со штанговым глубинно-насосным оборудованием данная система применима для динамометрических исследований с измерением нагрузок на полированный штоке, ускорения движения полированного штока и потребляемого двигателем электрического тока. Измерение нагрузок на полированном штоке возможно двумя способами (в зависимости от решаемой задачи).

1. Для количественного динамометрического анализа необходимы данные высокой степени точности, которые можно получить с помощью подковообразного калиброванного датчика, измеряющего механическое напряжение. Он устанавливается между траверсами канатной подвески исследуемой скважины.

2. Для получения качественной информации, позволяющей судить об эффективности работы насоса и выявлять (диагностировать) некоторые неисправности подземного оборудования, используется С-образный облегченный датчик, прикрепляемый при помощи зажима непосредственно к полиро-

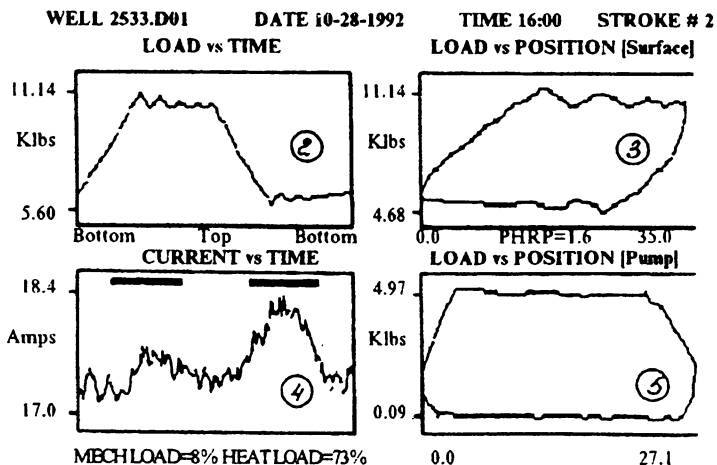
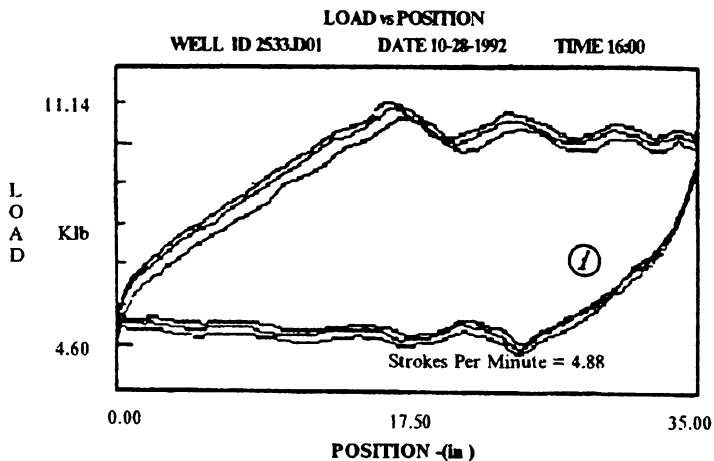
Echometer Plot (V4.1)
 Date: 12-27-1995
 Well Name: VOGT11



The downhole card was calculated with a Damping Factor of [.1]

Рис. 3. Результаты исследования скв. VOGT11

Echometer Plot (V4.1)
 Date: 12-27-1995
 Well Name: 2533



The downhole card was calculated with a Damping Factor of [.1]

Рис. 4. Результаты исследования скв. 2533

ванному штоку. Датчик замеряет изменение нагрузки на штангах путем измерения изменения диаметра полированного штока. Если коэффициент Пуассона для стали равен примерно 0,3, то радиальное напряжение составит около 30% от осевой нагрузки.

В обоих случаях для определения перемещения полированного штока используется очень компактный акселерометр на интегральной схеме, который встроен в датчик измерения нагрузки. Таким образом, необходим только один кабель для соединения компьютера и датчика нагрузки. Скорость движения полированного штока является результатом интегрирования сигнала ускорения акселерометра, а повторное интегрирование даст значение положения полированного штока как функции времени. Благодаря высокой скорости обработки информации компьютером, применяемым в комплексе систем “Анализатор”, данные динамометрии появляются на экране сразу по мере измерения. В отдельном окне представляется график потребления электрического тока двигателем станка-качалки: анализ потребления электрического тока дает представление об уравнированности станка-качалки.

Примеры графиков, получаемых при исследовании скважин с помощью комплексной системы “Анализатор”, приведены на рис.3 и 4:

- 1 — зависимость нагрузки на полированном штоке от положения балансира СКН (несколько циклов);
- 2 — зависимость нагрузки на полированном штоке от времени;
- 3 — зависимость нагрузки на полированном штоке поверхности от положения балансира СКН;
- 4 — зависимость тока электродвигателя привода СКН от времени;
- 5 — зависимость нагрузки на плунжере насоса от положения балансира СКН.

1.3.3. Аппаратно-программный комплекс диагностики скважин “Квантор-2”

Комплекс диагностики состояния скважин “Квантор-2” является аналогом описанной комплексной системы “Анализатор”. С его помощью производят эхометрирование и динамографирование глубинно-насосных скважин. Его основным эле-

ментом также является персональный компьютер типа "Notebook". Вместе с тем, "Анализатор" и "Квантор-2" имеют следующие принципиальные различия:

— программное обеспечение комплекса "Квантор-2" выполнено на русском языке, что упрощает процесс его обслуживания в период проводимых исследований. По этой же причине требования к квалификации пользователя становятся менее жесткими;

— датчик перемещения полированного штока в комплексе "Квантор-2" выполнен отдельно и неподвижно прикрепляется к любому выступающему элементу уплотнения штока; с движущейся траверсой канатной подвески датчик соединяется при помощи шнура с крючком на конце.

Технические характеристики комплекса "Квантор-2":
предельное усилие на штоке, кгс 10000
диапазон перемещения штока, м 0,3-4,5
диапазон изменения числа качаний, 1/мин 0-20
погрешность измерения положения штока, м 0,005
погрешность измерения абсолютной
нагрузки штока, % 0,5
питание электросистем:

- аккумулятор компьютера
- бортовая сеть автомобиля

длительность непрерывной автономной
работы до подзарядки, час 1

1.3.4. Комплекс диагностики "Омега"

Комплекс "Омега" предназначен для измерения рабочих характеристик стандартных станков-качалок, приводящих в действие штанговые насосы, для регистрации и первичной обработки полученной информации в полевых условиях с помощью встроенного компьютера "Micro PC", совместимом с "IBM PC/AT". Комплекс состоит из:

- датчика перемещения узла подвески полированного штока;
- датчика усилий;
- датчика тока;

— системного блока со встроенным компьютером и дисплеем;

— комплекта кабелей.

Для получения более точных характеристик состояния ШГН в комплект могут включаться следующие датчики:

— датчик давления газа в затрубном пространстве;

— датчик давления нефти в выкидной магистрали;

— акустический датчик уровня нефти.

Принцип действия комплекса “Омега” основан на преобразовании физической величины в электрический сигнал с помощью системы датчиков, регистрации полученной информации в памяти компьютера, автоматизированной обработке и представлении ее в удобном для пользователя виде на экране встроенного дисплея и на персональной ЭВМ типа IBM.

Технические характеристики комплекса:

диапазон изменения нагрузки, кгс 0-10000

погрешность измерения нагрузки, % 1

диапазон линейного перемещения

узла подвески, м 0-4

погрешность измерения линейного

перемещения узла подвески, % 0,5

емкость памяти встроенного компьютера, Мбайт 1,5

количество регистрируемых динамограмм 20

питание:

— от бортовой сети а/м, В 12-30

— от промышленной сети, В 220

потребляемая мощность, Вт 100

1.3.5. Системы контроля за состоянием глубинно-насосного оборудования

Программно-аппаратный комплекс “СИДДОС”, разработанный Томским НПО “СИАМ”, предназначен для контроля и измерения рабочих характеристик штанговых глубинных насосов: силовых нагрузок в различных положениях полированного штока, длины хода, числа качаний, наличия утечек в глубинном оборудовании, динамограммы работы насоса. Данные измерений записываются в энергонезависимую память электронного блока и далее могут быть:

— выведены на термопечатающее устройство в виде динамограммы и цифрового отчета;

— переданы в компьютерную базу данных по проведенным исследованиям.

Телединамометрическая система контроля, разработанная Московским нефтяным институтом, представляет собой датчики усилия и перемещения, стационарно устанавливаемые на балансирах СКН. Система фиксирует деформацию балансира в процессе работы СКН, пропорциональную возникающим в глубинном оборудовании нагрузкам. Информация о состоянии глубинного оборудования регистрируется в процессе обхода скважин путем подключения вторичного электронного прибора к штепсельному разъему стационарного датчика с последующей передачей в компьютер и созданием необходимой базы данных. При наличии кабельной или радиосвязи система предусматривает возможность дистанционного контроля за состоянием глубинного оборудования централизованно, с пульта диспетчера.

Глава 2

ОБРАБОТКА ДИНАМОГРАММЫ

Изменение нагрузки на полированном штоке за время одного полного хода станка-качалки является результатом сложного взаимодействия большого числа различных факторов. Чтобы правильно читать практические динамограммы, необходимо изучить законы их образования при различных условиях работы глубинного насоса.

К наиболее простым случаям относятся следующие:

- глубинный насос исправен и герметичен;
- погружение насоса под динамический уровень равно нулю;
- цилиндр насоса целиком заполняется дегазированной и несжимаемой жидкостью из скважины;
- движение полированного штока происходит настолько медленно, что обуславливает полное отсутствие инерционных и динамических нагрузок;

— силы трения в подземной части насосной установки равны нулю.

Полученная при этих условиях динамограмма называется простейшей теоретической динамограммой нормальной работы насоса.

2.1. Образование простейшей теоретической динамограммы нормальной работы насоса

Процесс образования простейшей теоретической динамограммы начинает проследиваться с хода плунжера вниз, когда он с открытым нагнетательным клапаном приближается к своему крайнему нижнему положению (рис.5). В это время приемный клапан закрыт и вес жидкости принят насосными трубами, которые получили при этом соответствующее удлинение. На полированный шток действует только нагрузка от веса штанг, погруженных в жидкость. В крайнем нижнем положении плунжер останавливается и нагнетательный клапан закрывается. Этот момент на динамограмме отмечается точкой

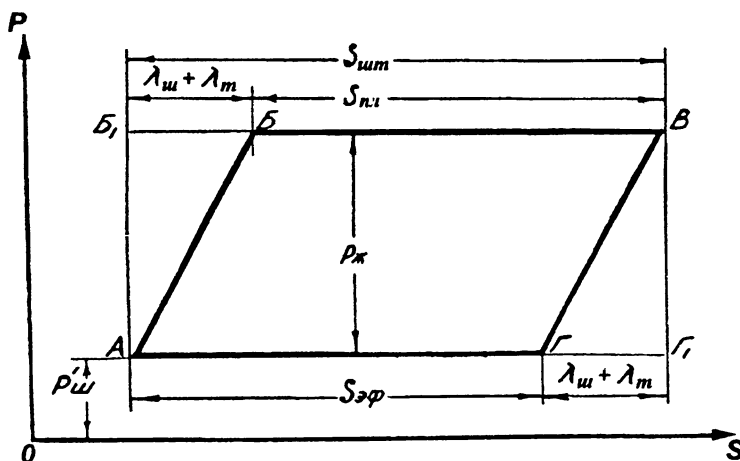


Рис. 5. Простейшая теоретическая динамограмма нормальной работы насоса

А. При этом давление жидкости в цилиндре насоса практически равно давлению в насосных трубах над плунжером.

В следующий момент полированный шток начинает двигаться вверх. Плунжер остается неподвижным по отношению к цилиндру насоса, так как упругие штанги не могут передать ему движение до тех пор, пока они не получают полного растяжения от веса столба жидкости в насосных трубах, приходящегося на площадь плунжера. Величина растяжения штанг прямо пропорциональна величине воспринятой части веса жидкости. Поэтому по мере увеличения растяжения штанг нагрузка на полированном штоке растет. Та часть жидкости, которую приняли на себя штанги, снимается с труб. Вследствие этого трубы сокращают свою длину и их нижний конец, закрытый приемным клапаном, движется вверх. Так как между приемным и нагнетательным клапанами в цилиндре насоса находится практически несжимаемая жидкость, то движение нижнего конца труб вверх вызывает движение вверх и плунжера вместе с насосом.

В любой момент времени текущая величина растяжения штанг равна разности перемещений полированного штока и плунжера. Поэтому, чтобы штанги получили полное растяжение, необходимое для передачи движения плунжеру, полированный шток должен пройти путь, равный сумме растяжения штанг и сокращения труб.

Нагрузка на полированном штоке возрастает при одновременном перемещении его вверх. Поэтому процесс восприятия штангами нагрузки от веса жидкости изображается на динамограмме наклонной линией *АВ*. Линию *АВ* называют линией восприятия нагрузки.

Точка *В* соответствует:

- а) окончанию процесса растяжения штанг и одновременного сокращения труб;
- б) началу движения плунжера в цилиндре насоса;
- в) моменту открытия приемного клапана и началу поступления жидкости из скважины в цилиндр насоса.

Во время последующего движения плунжера вверх на полированный шток действует неизменная нагрузка, равная нагрузке в точке *В*. Поэтому динамограф прочерчивает прямую горизонтальную линию *ВВ*, параллельную нулевой линии динамограммы.

Точка *В* соответствует:

- а) крайнему верхнему положению полированного штока и плунжера;
- б) прекращению поступления жидкости из скважины в цилиндр насоса;
- в) моменту закрытия приемного клапана.

Длина линии $БВ$ в масштабе перемещений соответствует длине хода плунжера в цилиндре насоса.

Из крайнего верхнего положения полированный шток начинает движение вниз. Однако плунжер не может двигаться вниз, так как под ним в цилиндре насоса находится практически несжимаемая жидкость. Нагнетательный клапан не может открыться, потому что давление в цилиндре насоса равно нулю, а над плунжером оно равно давлению всего столба жидкости в насосных трубах. Поэтому плунжер остается неподвижным по отношению к цилиндру насоса. Вследствие того, что плунжер стоит на месте, а полированный шток движется вниз, длина штанг сокращается и нагрузка от веса жидкости постепенно передается на трубы. Давление в цилиндре насоса увеличивается пропорционально сокращению штанг.

Воспринимая нагрузку от веса жидкости, трубы соответственно удлиняются и их нижний конец движется вниз. Так как плунжер опирается на несжимаемый столб жидкости в цилиндре насоса, то он движется вниз, оставаясь неподвижным по отношению к цилиндру насоса. Это вынужденное продвижение плунжера замедляет сокращение штанг и снятие нагрузки от веса жидкости. Поэтому штанги получают полное сокращение и полностью снимают с себя нагрузку от веса жидкости только тогда, когда полированный шток проходит расстояние, равное сумме сокращения штанг и растяжения труб от веса жидкости (отрезок $ГГ_1$).

Вследствие уменьшения нагрузки при одновременном перемещении полированного штока вниз, происходит снятие со штанг нагрузки от веса жидкости. Этот процесс изображается на динамограмме наклонной линией $ВГ$. Линию $ВГ$ называют линией снятия нагрузки.

По уже изложенным причинам линия $ВГ$ может быть принята за практически прямую, параллельную линии $АБ$.

Точка $Г$ соответствует:

- а) окончанию процесса сокращения штанг и одновременного растяжения труб;
- б) моменту открытия нагнетательного клапана;
- в) началу движения плунжера вниз.

Во время движения плунжера вниз на полированный шток действует неизменная нагрузка, равная весу штанг, погруженных в жидкость. Поэтому динамограф прочерчивает прямую горизонтальную линию $АГ$, параллельную нулевой линии динамограммы.

Таким образом, простейшая теоретическая динамограмма нормальной работы насоса при упругих штангах и трубах имеет форму параллелограмма.

На основании изложенного можно сформулировать следующие характерные признаки практической динамограммы, дающие право на заключение о нормальной работе насоса:

- линии восприятия и снятия нагрузки практически могут быть приняты за прямые;
- линии восприятия и снятия нагрузки у практической динамограммы параллельны соответствующим линиям теоретической динамограммы, и следовательно параллельны друг другу;
- левый нижний и правый верхний углы динамограммы острые.

2.2. Расчет и построение теоретической динамограммы

Практическая динамограмма работы глубинного насоса отличается от теоретической из-за влияния множества факторов, основными из которых являются силы инерции и трения. Для полного и правильного чтения динамограммы необходимо выявить все факторы, влияющие на работу насоса. Для этой цели на основе практической динамограммы производят расчет элементов теоретической динамограммы и их совмещение. Этот процесс называют обработкой динамограммы.

2.2.1. Измерение усилий в точке подвеса штанг

Измерение нагрузки производят по вертикали, проведенной перпендикулярно к нулевой линии динамограммы, кото-

$$m = \frac{S_{шт}}{l} .$$

Для обработки полученной динамограммы необходимо построить на ней теоретическую, для чего определяется величина статической нагрузки $P_{ст}$ по формуле

$$P_{ст} = P_{ж} + P_{шт}^I ,$$

где $P_{ж}$ — вес жидкости над плунжером насоса, кгс; $P_{шт}^I$ — вес колонны штанг в жидкости, кгс.

$$P_{ж} = 0,1 \cdot F_{пл} \cdot H_n \cdot \gamma_{ж} ,$$

где $F_{пл}$ — площадь сечения плунжера, см²; H_n — глубина спуска насоса, м; $\gamma_{ж}$ — плотность жидкости в подъемных трубах, г/см³.

$$P_{шт}^I = P_{шт} \cdot j ; \quad P_{шт} = q_1 \cdot l_1 + q_2 \cdot l_2 ; \quad j = \frac{\gamma_{ст} - \gamma_{ж}}{\gamma_{ст}} ,$$

где q_1 и q_2 — вес 1 м ступеней штанг в воздухе, кг; l_1 и l_2 — длина ступеней колонны штанг, м; $\gamma_{ст}$ — плотность материала штанг, равная 7,85 г/см³.

Для нанесения линии веса штанг на динамограмму (рис.б) определяют ее расстояние от нулевой линии OS из выражения

$$L = \frac{P'_{шт}}{p} \quad [\text{мм}] .$$

Отложив величину L на перпендикулярах, прочерчивают линию AG_1 . Расстояние линии статической нагрузки от нулевой линии находят по формуле

$$L_{ст} = \frac{P_{ст}}{p} \quad [\text{мм}] ,$$

откладывают его на вертикальной оси динамограммы и прочерчивают линию B_1B . Линию восприятия нагрузки AB находят, откладывая на линии B_1B величину деформации штанг и труб в масштабе. Деформацию штанг $\lambda_{шт}$ и труб $\lambda_{т}$ определяют по формуле

$$\lambda = \lambda_{ш} + \lambda_{т} = \frac{P_{ж} \cdot H_{н}}{2100} \left(\frac{1}{f_{ш}} + \frac{1}{f_{т}} \right) \text{ [мм] } ,$$

где $f_{ш}$ — площадь сечения штанг, см^2 ; $f_{т}$ — площадь поперечного сечения трубы по телу, см^2 .

$$f_{ш} = 0,785 \cdot d_{ш}^2 ,$$

где $d_{ш}$ — средний диаметр штанг в ступенчатой колонне, см .

$$d_{ш} = \frac{d_1 \cdot l_1 + d_2 \cdot l_2}{l_1 + l_2} ,$$

где d_1 и d_2 — диаметры штанг в ступенчатой колонне, см .

Величина отрезка B_1B , соответствующая величине деформации штанг и труб, определяется по формуле

$$B_1B = \frac{\lambda}{m} .$$

Откладывая на линии веса штанг отрезок $\Gamma_1\Gamma = B_1B$ и соединяя точки A , B , Γ и B , находим линию восприятия нагрузки AB и линию снятия нагрузки $B\Gamma$.

На динамограмме линия B_1B представляет собой длину хода полированного штока $S_{шт}$, линия BB — длину хода плунжера $S_{пл}$, а линия $A\Gamma$ — эффективный ход плунжера $S_{эф}$. Из-за неполного наполнения цилиндра линии BB и $A\Gamma$ могут быть неравными.

2.3. Пример обработки практической динамограммы

Обработку практической динамограммы проведем на примере рис.6. Исходные данные:

глубина спуска насоса H_n , м	1528
диаметр насоса d_n , мм	43
количество штанг в комбинированной колонне, шт,	191
в том числе: с $d_1 = 7/8''$ (22 мм)	88
с $d_2 = 3/4''$ (19 мм)	103
диаметр НКТ, мм	73
дебит жидкости, $\text{м}^3/\text{сут}$	25
плотность жидкости $\gamma_{ж}$, $\text{г}/\text{см}^3$	0,9

длина хода полированного штока $S_{шт}$, м	2,1
число качаний в минуту, n	8
масштаб усилий динамографа p , кг/мм	125
длина динамограммы l , мм	68

Масштаб перемещений

$$m = \frac{2100}{68} = 30,9 .$$

Длина ступеней колонны штанг

$$l_1 = \frac{1528}{191} \cdot 88 = 704 \text{ м}, \quad l_2 = 1528 - 704 = 824 \text{ м}.$$

Вес в воздухе 1 м ступеней штанг

$$q_1 = 3,14 \text{ кгс}, \quad q_2 = 2,35 \text{ кгс}.$$

Вес колонны штанг в жидкости

$$P_{ш}^I = (3,14 \cdot 704 + 2,35 \cdot 824) \cdot \frac{7,85 - 0,9}{7,85} = 3672 \text{ кгс}.$$

Расстояние линии веса штанг от нулевой линии

$$L = \frac{3672}{125} = 29,4 \text{ мм}.$$

Для насоса диаметром 43 мм площадь плунжера равна 14,5 см².

Нагрузка от веса жидкости

$$P_{ж} = 0,1 \cdot 14,5 \cdot 1528 \cdot 0,9 = 1994 \text{ кгс}.$$

Расстояние линии статической нагрузки от нулевой линии

$$L_{ст} = \frac{3672 + 1994}{125} = 45,3 \text{ мм}.$$

Определяем средний диаметр штанг:

$$d_{ш} = \frac{2,2 \cdot 704 + 1,9 \cdot 824}{1528} = 2,04 \text{ мм}.$$

Средневзвешенная площадь сечения штанг

$$f_{ш} = 0,785 \cdot 2,04^2 = 3,27 \text{ см}^2.$$

Деформация штанг и труб

$$\lambda = \frac{1994 \cdot 1528}{2100} \left(\frac{1}{3,27} + \frac{1}{11,7} \right) = 566 \text{ мм.}$$

Потеря хода полированного штока в масштабе перемещений динамограммы (отрезок $ГГ_1$)

$$\frac{\lambda}{m} = \frac{566}{30,9} = 18,3 \text{ мм.}$$

2.4. Практические динамограммы работы глубинного насоса

В зависимости от параметров глубиннонасосной установки практические динамограммы нормальной работы насоса показывают весьма разнообразные очертания.

2.4.1. Влияние числа качаний

На динамограмме появляются затухающие волнообразные изменения нагрузки при ходе плунжера вверх и вниз. Причем, с увеличением числа качаний увеличивается их амплитуда, а число полувольт уменьшается (рис.7).

2.4.2. Влияние глубины спуска насоса

С увеличением глубины спуска насоса (рис.8):

- а) увеличивается высота положения линии нагрузки при ходе вниз по отношению к нулевой линии;
- б) увеличивается нагрузка от веса жидкости при сохранении отношения веса штанг к весу жидкости;
- в) на динамограмме укладывается меньшее число полувольт колебаний нагрузки.

2.4.3. Утечки жидкости в нагнетательной части насоса

Динамограмма при этом имеет следующие очертания (рис.9):

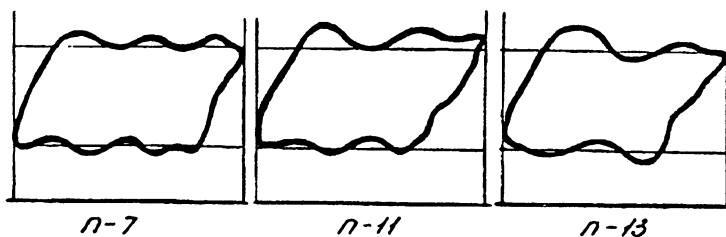


Рис. 7. Изменение конфигурации динамограмм в зависимости от числа качаний

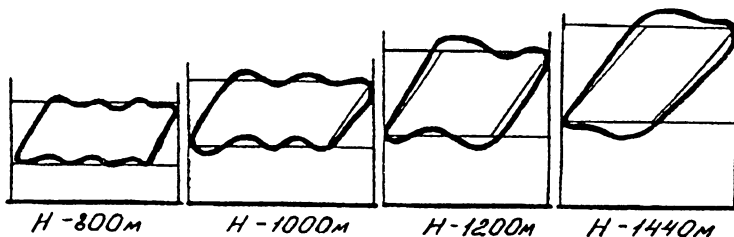


Рис. 8. Изменение очертаний динамограмм в зависимости от глубины спуска

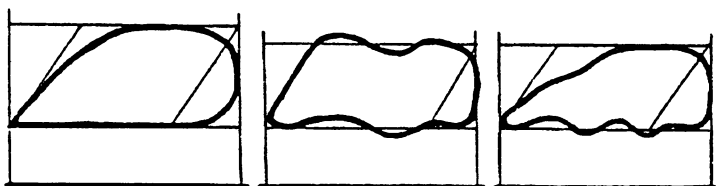


Рис. 9. Очертания теоретической и практической динамограмм при утечках в нагнетательной части насоса

а) процесс восприятия нагрузки изображается линией, имеющей меньший угол наклона к горизонтали, чем линия восприятия нагрузки при нормальной работе насоса;

б) правый верхний угол закруглен;

в) линия снятия нагрузки идет более круто, и угол, образуемый ею и нулевой линией, имеет больший наклон.

2.4.4. Утечки жидкости в приемной части насоса

Характерные особенности динамограммы насоса, имеющего утечки в приемной части, следующие (рис.10):

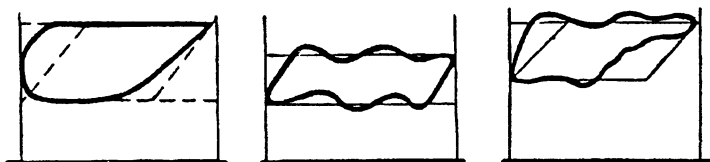


Рис. 10. Очертания теоретической и практической динамограмм при утечках в приемной части насоса

а) процесс снятия нагрузки изображается наклонной линией, угол наклона которой к нулевой меньше, чем у линии снятия нагрузки при нормальной работе насоса, и меньше, чем угол наклона линии восприятия нагрузки;

б) левый нижний угол динамограммы закруглен;

в) линия восприятия нагрузки идет более круто, и угол между нею и нулевой имеет больший наклон, чем у линии восприятия нагрузки при нормальной работе насоса;

г) при остановленном СКН повторно прочерченная линия веса штанг перемещается к линии веса штанг и жидкости.

2.4.5. Одновременные утечки в приемной и нагнетательной частях насоса

Если глубиннонасосная установка имеет одновременные утечки в нагнетательной и приемной частях насоса, то в зависимости от того, какая из утечек преобладает, динамограмма приобретает очертание, более схожее с очертаниями динамограммы при наличии только одной утечки — в нагнетательной или приемной части насоса. Характерной особенностью одновременных утечек является закругление левого нижнего и правого верхнего углов.

2.4.6. Утечка жидкости из насосно-компрессорных труб

Утечка жидкости из НКТ не придает динамограмме каких-либо специфических очертаний. Однако с помощью динамографирования можно установить ее наличие, если место утечки находится настолько ниже устья скважины, что изменение высоты столба жидкости в трубах способно вызвать заметные изменения нагрузки на полированном штоке. Для этого при остановленном СКН несколько раз прочерчивают линию максимальной нагрузки в течение 10-15 минут. Если эта линия при повторной записи не совпадает с первой, то имеются утечки через НКТ.

2.4.7. Динамограммы работы насоса при откачке жидкости с газом

Динамограммы работы глубинного насоса при откачке жидкости с газом имеют следующие характерные очертания (рис.11):

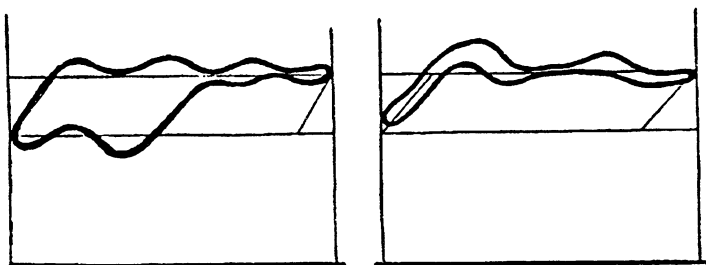


Рис. 11. Очертания практических динамограмм при откачке жидкости с газом

- а) линия снятия нагрузки представляет собой кривую с той или иной кривизной, выпуклость которой обращена влево вверх;
- б) процесс снятия нагрузки протекает медленно, вследствие чего открытие нагнетательного клапана происходит позже, чем при нормальной работе насоса;
- в) левый нижний и правый верхний углы динамограммы острые;

- г) в случае значительных величин вредного пространства и газосодержания смеси процесс восприятия изображается линией, несколько отклоняющейся вправо от теоретической;
- д) линий снятия и восприятия нагрузки параллельны.

2.4.8. Низкая посадка плунжера

При ударах плунжера или штанг при ходе вниз, в зависимости от скорости посадки плунжера на преграду, жесткости ее и расстояния от преграды до истинного крайнего положения, снижение нагрузки и последующий набор этой нагрузки на динамограмме записываются несколько по-разному. Если удар не резкий, нагрузка снижается плавно, посадка плунжера записывается в виде петли в нижнем левом углу динамограммы (рис.12а). Линия восприятия нагрузки отодви-

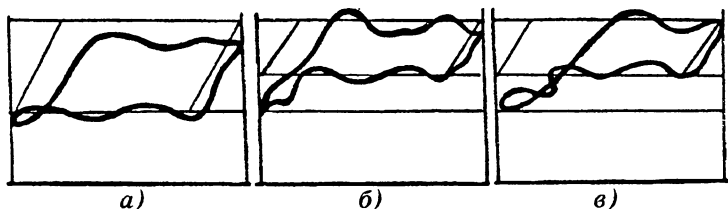


Рис. 12. Очертания практических динамограмм при низкой посадке плунжера

гается вправо от своего нормального положения. При резких снятиях нагрузки (рис.12б,в) петля может иметь несколько переключений. Петля удара всегда располагается ниже линии статического веса штанг. При ударах плунжера полезная длина его хода уменьшается на длину горизонтальной проекции петли.

2.4.9. Прихват плунжера

Очертание динамограммы в данном случае (рис.13) зависит от конструкции насоса и от места прихвата в цилиндре. Она записывается в виде узкой замкнутой кривой, имеющей значительный наклон к нулевой линии. Максимальная нагрузка значительно превосходит суммарный вес штанг и жидкости. Наклон динамограммы не равен наклону теорети-

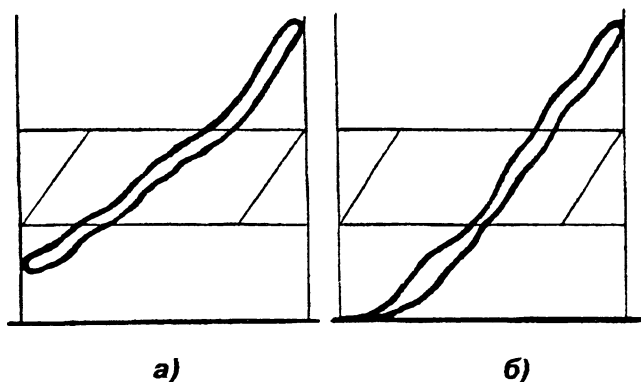


Рис. 13. Очертания практических динамограмм при прихвате плунжера:
а - в нижнем, б - в верхнем положении его хода

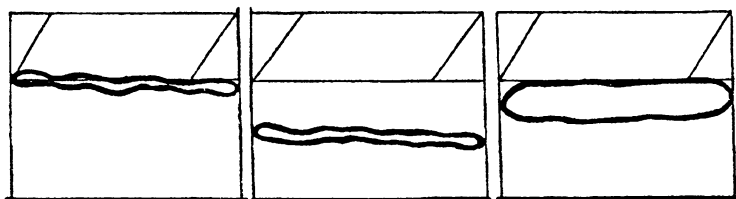


Рис. 14. Очертания практических динамограмм при обрыве (отвороте) штанг

ческой линии восприятия нагрузки, потому что штанги работают за пределом упругости. В силу неподвижности плунжера (при его прихвате) по отношению к цилиндру насоса линия перемещения практически отсутствует.

2.4.10. Обрыв или отворот штанг

Обрыв (отворот) штанг записывается на динамограмме в виде узкой горизонтальной замкнутой кривой (рис.14). Динамограмма совпадает с линией веса штанг, если обрыв произошел у самого плунжера. При более высоких обрывах (отворотах) — чем выше глубина обрыва (отворота), тем меньше вес оставшейся части колонны штанг и тем ниже располагается динамограмма.

Глава 3

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ДИНАМОГРАФИРОВАНИЕМ СКВАЖИН

Круг вопросов, решаемых динамографированием, довольно обширен. О некоторых практических задачах по определению состояния работы глубиннонасосного оборудования было изложено в предыдущей главе. Здесь назовем те, которые связаны с работой пласта. Это — определение дебита скважины, давления на приеме насоса, коэффициента продуктивности, средней плотности газожидкостной смеси в трубах.

3.1. Определение производительности глубинного штангового насоса

Производительность глубинного насоса определяется выражением

$$Q = 0,144 \cdot F_{пл} \cdot S_{шт} \cdot n \cdot \alpha \quad [\text{м}^3/\text{сут}],$$

где $F_{пл}$ — площадь сечения плунжера, см^2 ; $S_{шт}$ — длина хода полированного штока, м; n — число качаний, 1/мин; α — коэффициент подачи насоса.

Коэффициент подачи насоса α зависит от нескольких величин:

$$\alpha = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot \beta,$$

где K_1 — коэффициент, учитывающий утечки в НКТ; K_2 — коэффициент, характеризующий изменение объема нефти, откачиваемой насосом, после ее дегазации на поверхности, и равный обратной величине объемного коэффициента пластовой нефти; K_3 — коэффициент, учитывающий утечки в насосе;

$K_4 = \frac{S_{пл}}{l}$ — отношение длины хода плунжера к длине хода полированного штока. Данные длины измерены на практической динамограмме (рис.5, 6) и выражены в мм; β — коэффициент наполнения.

$$\beta = \frac{S_{эф}}{S_{пл} \cdot (R_n + 1)},$$

где R_n — отношение объема газа к объему нефти в цилиндре при давлении нагнетания (при полном растворении газа во время сжатия в цилиндре $R_n = 0$); $S_{эф}$ — длина хода плунжера, измеренная на практической динамограмме, при движении с открытым нагнетательным клапаном, мм.

Подставим значение α в формулу для Q и раскроем значения K_4 и β . Тогда выражение для Q примет вид:

$$Q = 0,144 \cdot F_{пл} \cdot S_{ит} \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \frac{S_{эф}}{l}.$$

Коэффициент K_1 при отсутствии утечки в НКТ принимается равным единице. Наличие утечки можно определить испытанием колонны на герметичность, сравнением замеров, полученных по динамограмме, с данными замеров по приборам или так, как предлагается в разделе 2.4.6.

Коэффициент K_2 определяется путем исследования физических свойств пластовой нефти. Для девонских нефтей Татарстана его можно принять равным 0,87, а для каменноугольных — 0,96.

Коэффициент K_3 можно определить аналитическим путем. Но наиболее простой способ найти утечки в насосе — по очертаниям динамограммы и изменениям положения линий веса штанг и веса плунжера с жидкостью во времени. Для этого СКН останавливают так, чтобы плунжер не доходил до крайнего верхнего (нижнего) положения на 10÷20 см. Прочерчивают линию веса. Затем через 5÷7 минут — повторную. Если линии не совпадают, следует говорить о наличии утечки. Если ее нет, K_3 принимается равным единице.

Тогда формула для расчета производительности штангового глубинного насоса примет вид:

$$Q = 0,144 \cdot F_{пл} \cdot S_{ит} \cdot n \cdot K_2 \cdot \frac{S_{эф}}{l}.$$

Таким образом, для определения производительности насоса необходимо измерить на практической динамограмме (рис.15) величины l и $S_{эф}$, соответствующие движению плунжера с момента открытия нагнетательного клапана (точка

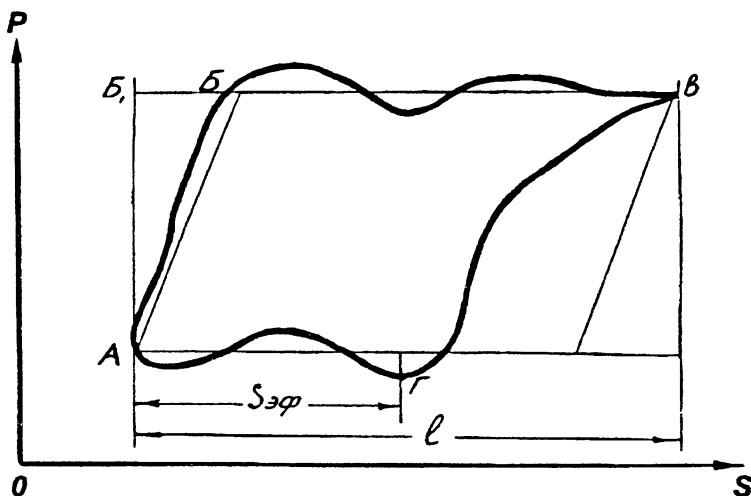


Рис. 15. Иллюстрация к определению дебита скважин по динамограмме

Г) до его закрытия (точка А), и произвести соответствующие вычисления по вышеприведенной формуле. Причем, произведение $(0,144 \cdot F_{пл} \cdot S_{шт})$, равное теоретической производительности насоса при $n = 1$, можно табулировать (табл.1).

ПРИМЕР. Произведем расчет производительности по динамограмме (рис.15). Известно, что в скважину, эксплуатирующую угленосный горизонт, внедрен насос диаметром 43 мм; станок-качалка имеет длину хода полированного штока 1,8 м, число качаний равно 6 1/мин.

1-й способ. Измерим отрезки $B_1B = l$ и $AG = S_{эф}$:

$$l = 58,5 \text{ мм}, \quad S_{эф} = 42,5 \text{ мм}.$$

Производительность насосной установки

$$Q = 0,144 \cdot 0,00145 \cdot 1,8 \cdot 6 \cdot 0,96 \cdot \frac{42,5}{58,5} = 15,7 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

2-й способ. Найдем производительность насосной установки на том же примере, используя масштаб перемещений.

Масштаб перемещений лучше определять вычислением, так как, во-первых, каждый экземпляр динамографа данной

конструкции может давать небольшие отклонения от номинальной величины масштаба перемещений, во-вторых, у современных станков-качалок нормального ряда длины ходов имеют достаточно точные, фиксированные значения.

$$m = \frac{1800}{58,5} = 30,8 .$$

Определим длину эффективного хода плунжера с открытым нагнетательным клапаном:

$$S_{эф} = 30,8 \cdot 42,5 = 1309 \text{ мм} = 1,31 \text{ м}.$$

Производительность насосной установки

$$Q = 0,144 \cdot 0,00145 \cdot 1,31 \cdot 6 \cdot 0,96 = 15,7 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

3-й способ. Определим производительность насосной установки, используя табл.1. Измерим B_1B и AG и найдем их частное:

$$\frac{S_{эф}}{l} = \frac{42,5}{58,5} = 0,726 .$$

Определим по таблице теоретическую производительность насосной установки для длины хода, равной 1,8 м, при $n = 1$:

$$Q_m = 3,76 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Фактическая производительность

$$Q = Q_m \cdot K_2 \cdot n \cdot \frac{S_{эф}}{l} = 3,76 \cdot 0,96 \cdot 6 \cdot 0,726 = 15,7 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Если типоразмер станка-качалки неизвестен, его находят следующим образом:

- измеряют длину динамограммы: $l = 58,5 \text{ мм}$;
- умножают ее на масштаб записи: $58,5 \cdot 30 = 1,755 \text{ м}$;
- по таблице 2, зная номер отверстия на кривошипе станка-качалки, определяют типоразмер СКН. В нашем случае номер отверстия — четвертый, и ближайшим к длине 1,755 м значением является 1,8 м, что соответствует 6СК6 или СК6;

— по длине хода полированного штока определяют производительность, как и в предыдущих случаях.

Расчет производительности по предлагаемой методике для нормально работающей насосной установки рекомендуется производить при $0,1 \leq \frac{S_{\text{эф}}}{l} \leq 0,85$, так как при $\frac{S_{\text{эф}}}{l} \leq 0,1$ насосная установка может работать в режиме срыва подачи, а при $\frac{S_{\text{эф}}}{l} \geq 0,85$ могут иметь место фонтанные проявления.

При наличии утечек в НКТ или в тех или иных узлах насосной установки, т.е. когда $K_1 \neq 1$ и $K_3 \ll 1$, расчет производительности насосной установки по динамограмме не производится.

3.2. Определение давления на приеме насоса и средней плотности газожидкостной смеси в трубах

Теоретическая основа метода заключается в следующем. Вес колонны штанг известной конструкции в воздухе

$$P_{\text{ш}} = q_1 \cdot l_1 + q_2 \cdot l_2 + \dots + q_n \cdot l_n = \gamma_{\text{ст}} \cdot V_{\text{ш}},$$

где $V_{\text{ш}}$ — объем колонны штанг, м³.

При погружении колонны штанг в жидкость или смесь действует выталкивающая сила P_A (сила Архимеда):

$$P_A = \gamma_{\text{см}} \cdot V_{\text{ш}},$$

где $\gamma_{\text{см}}$ — плотность смеси, г/см³.

Тогда вес колонны штанг в смеси

$$P_{\text{ш}}^I = P_{\text{ш}} - P_A = (\gamma_{\text{ст}} - \gamma_{\text{см}}) \cdot V_{\text{ш}}.$$

Коэффициент плавучести штанг в смеси

$$\frac{P_{\text{ш}}^I}{P_{\text{ш}}} = \frac{\gamma_{\text{ст}} - \gamma_{\text{см}}}{\gamma_{\text{ст}}},$$

откуда

$$\gamma_{\text{см}} = \gamma_{\text{ст}} \cdot \left(1 - \frac{P_{\text{ш}}^I}{P_{\text{ш}}} \right).$$

Полученное выражение служит для определения средней удельной плотности газожидкостной смеси в насосно-компрес-

сорных трубах. Для этого достаточно знать $P_{ш}$ и $P_{ш}^I$. При остановке балансира СКН в нижней мертвой точке на нее действует нагрузка только от веса штанг, погруженных в газожидкостную смесь, т.е.

$$P_{НТМ} = P_{ш}^I .$$

Давление на выкиде насоса

$$P_{ВЫК} = \frac{H_n \cdot \gamma_{см}}{10} .$$

При остановке балансира СКН в верхней мертвой точке на нее действует нагрузка

$$P_{ВМТ} = P_{ш}^I + P_{ВЫК} \cdot F_{пл} - P_{пр} \cdot F_{пл} ,$$

где $P_{пр}$ — давление на приеме насоса, кгс/см².

Отсюда

$$P_{пр} = P_{ВЫК} - \frac{P_{ВМТ} - P_{ш}^I}{F_{пл}} .$$

Подставим значение $P_{ВЫК}$, а затем $\gamma_{см}$. Тогда получим

$$P_{пр} = \frac{H_n \cdot \gamma_{см}}{10} \cdot \left(1 - \frac{P_{ш}^I}{P_{ш}} \right) - \frac{P_{ВМТ} - P_{ш}^I}{F_{пл}} .$$

Таким образом, давление на приеме насоса, которое образуется за счет веса столба жидкости в затрубном пространстве $P'_{ж}$ и затрубного давления $P_{зат}$, будет иметь вид:

$$P_{пр} = P'_{ж} + P_{зат} = \frac{H_n \cdot \gamma_{см}}{10} \cdot \left(1 - \frac{P_{ш}^I}{P_{ш}} \right) + P_6 - \frac{P_{ВМТ} - P_{ш}^I}{F_{пл}} .$$

Последовательность операций для определения $P_{пр}$ такова:

- снимается динамограмма работы насоса;
- на динамограмме записывается линия веса штанг в жидкости при крайнем нижнем положении балансира станка-качалки $P_{ш}^I$;
- при крайнем верхнем положении балансира станка-качалки записывается суммарная линия веса штанг в жидкости и жидкости $P_{ВМТ}$;

— по известным масштабу усилий и ординатам, соответствующим $P_{ВМТ}$ и $P'_{ш}$, производится расчет веса штанг в жидкости и жидкости в НКТ.

Динамограмма должна сниматься оттарированным динамографом.

3.3. Определение коэффициента продуктивности

Для определения коэффициента продуктивности

$$K = \frac{Q_2 - Q_1}{P_{заб1} - P_{заб2}} \left[\frac{м^3}{сут (кгс/см^2)} \right]$$

глубиннонасосную скважину динамографируют в двух или более восстановленных режимах работы СКН (режим работы насоса изменяют путем изменения длины хода полированного штока, числа качаний и т.д.).

Дебит жидкости на каждом режиме Q_1 и Q_2 определяют по динамограмме так, как описано в 3.1. Величину забойного давления, соответствующего каждому режиму, можно представить (для вертикальной скважины) в виде

$$P_{заб} = \frac{(H - H_k) \cdot \gamma_{ж}}{10} + P_{np} ,$$

где H — глубина кровли пласта, м.

Подставляя это выражение в предыдущее, имеем

$$K = \frac{Q_2 - Q_1}{P_{np1} - P_{np2}} .$$

Преобразуем знаменатель последнего выражения, используя полученное в 3.2. значение P_{np} :

$$\begin{aligned} \Delta P = P_{np1} - P_{np2} &= \frac{P_{ВМТ2} - P'_{ш}}{F_{пл}} - \frac{P_{ВМТ1} - P'_{ш}}{F_{пл}} = \frac{P_{ВМТ2} - P_{ВМТ1}}{F_{пл}} = \\ &= p \left(\frac{L_{см2} - L_{см1}}{F_{пл}} \right) , \end{aligned}$$

где $L_{см1}$ и $L_{см2}$ — расстояния линии статической нагрузки от “нулевой”, определенное по динамограммам, на первом и втором режимах работы СКН соответственно, мм.

Тогда выражение для определения коэффициента продуктивности примет вид:

$$K = \frac{Q_2 - Q_1}{\Delta P} = \frac{Q_2 - Q_1}{p \left(\frac{L_{cm2} - L_{cm1}}{F_{пл}} \right)} \left[\frac{\text{м}^3}{\text{сут (кгс/см}^2\text{)}} \right].$$

Таким образом, для определения коэффициента K необходимо:

- динамографировать скважину на двух или более режимах работы СКН;
- сделать расчет производительности насосной установки для каждого режима;
- произвести измерение на динамограмме расстояний нагрузок от веса жидкости;
- зная масштаб усилий динамографа, произвести расчет по вышеприведенной формуле.

При определении коэффициента продуктивности по предлагаемой методике желательно применять один и тот же динамограф в течение всего периода исследований данной скважины, а при записи линии веса жидкости и штанг останавливать СКН в таком положении, чтобы не произошло открывания нагнетательного и приемного клапанов соответственно, т.е. чтобы СКН не прошел положения мертвых точек.

Глава 4

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДИНАМОГРАФИРОВАНИЯ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

В нефтепромысловой практике все большее распространение получают электронные системы диагностирования механизированных скважин. Однако подавляющий объем информации для диагностики до сих пор получают посредством переносных гидравлических динамографов. Поэтому возникает необходимость использовать преимущества электронных сис-

тем диагностики при обработке результатов измерений, полученных с помощью обычных динамографов.

В данной главе рассматривается вариант, когда результаты измерения передаются в вычислительную машину посредством сканирования. Полученное на дисплее изображение преобразуется в цифровой код, который в дальнейшем подвергается математической обработке.

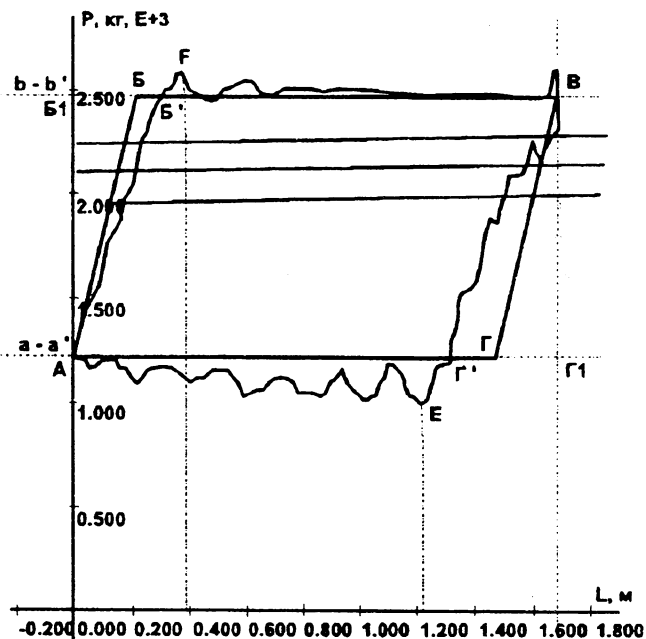
При динамографировании скважин, если предполагается последующая обработка результатов на вычислительных машинах, кроме общепринятых операций, таких как:

- проведение “нулевой линии”;
- проведение линии веса штанг в жидкости $P_{ш}^I$ и веса штанг и жидкости $P_{см}$;
- определение числа качаний и номера используемого при работе станка-качалки отверстия на кривошипе; следует выполнить дополнительные операции:
- линию $P_{см}$ проводить несколько раз через 5+10 мин. с целью визуального определения наличия утечек в глубинном оборудовании (рис. 16);
- для получения дополнительной информации об утечках в приемной части насоса повторно провести линию веса штанг $P_{ш}^I$ (рис.17).

4.1. Определение утечек жидкости через насосно-компрессорные трубы

Определение утечек через насосно-компрессорные трубы производится визуально путем сравнения местоположения на практической динамограмме линий $P_{см}$, снятых через некоторый промежуток времени. При наличии утечек последующие линии веса будут располагаться ниже предыдущих.

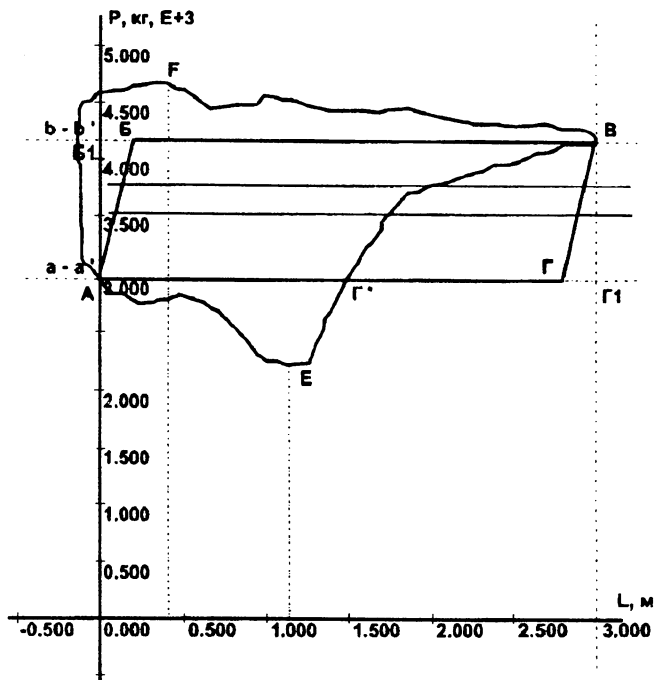
На рис.16 приведена динамограмма скв.1330Д, где линии $b - b^I$, представляющие нагрузку $P_{см}$, проведены после остановки скважины: сразу после остановки и с интервалом 5 мин. — после остановки. Несовпадение линий указывает на наличие утечек через насосно-компрессорные трубы. Описанная в главе 5 программа позволяет наблюдать изложенное на экране дисплея, и при необходимости, вывести на печать.



Скважина № 1330Д

Дата исследования:	10.04.96
Исходный тип СК	Расчетный тип СК
С320Д 1.70 м	С320Д 1.70 м
Диаметр насоса:	56 мм
Номер отв. кривошипа:	1
Число качаний в мин.:	3.0
Потеря хода плунжера:	223.65 мм
Коэффициент утечек:	
в приемной части:	—
в нагнет. части:	0.06
Вес штанг:	1212.8 кг
Вес штанг и жидкости:	2454.7 кг
Макс. динам. нагрузка:	2569.3 кг
Мин. динам. нагрузка:	985.3 кг
Козф. наполнения:	0.83
Дебит фактический:	11.00 м ³ /сут

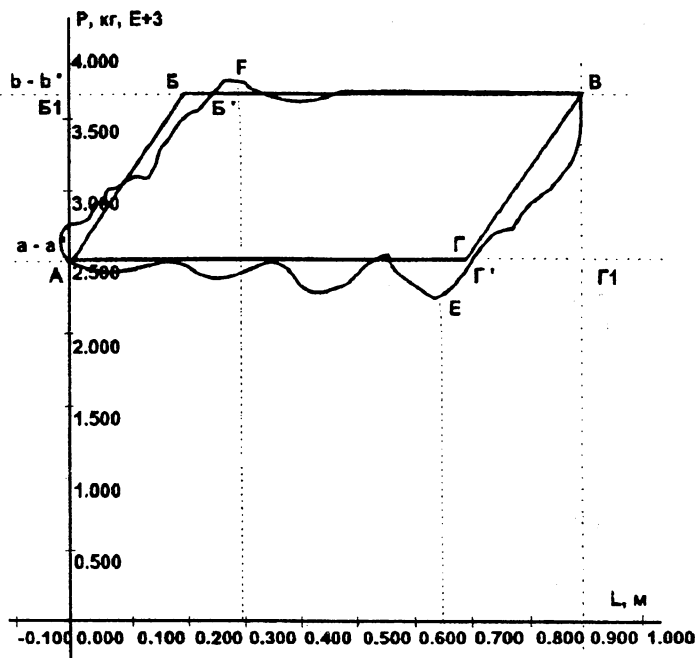
Рис. 16. Динамограмма скважины 1330Д



Скважина № 1446

Дата исследования:	22.04.85
Исходный тип СК	Расчетный тип СК
СК-5 3.00 м	СК-5 3.00 м
Диаметр насоса:	56 мм
Номер отв. кривошипа:	5
Число качаний в мин.:	6.5
Потеря хода плунжера:	214.29 мм
Коэффициент утечек:	
в присмной части:	0.12
в нагнет. части:	—
Вес штанг:	2951.8 кг
Вес штанг и жидкости:	4141.8 кг
Макс. динам. нагрузка:	4653.9 кг
Мин. динам. нагрузка:	2202.3 кг
Коэф. наполнения:	0.41
Дебит фактический:	28.33 м ³ /сут

Рис. 17. Динамограмма скв. 1446



Скважина № 2546

Дата исследования:	06.02.96
Исходный тип СК	Расчетный тип СК
СК-6 0.90 м	СК-6 0.90 м
Диаметр насоса:	56 мм
Номер отв. кривошипа:	1
Число качаний в мин.:	4.5
Потеря хода плунжера:	203.90 мм
Коэффициент утечек:	
в приемной части:	—
в нагнет. части:	0.07
Вес штанг:	2994.7 кг
Вес штанг и жидкости:	3670.4 кг
Макс. динам. нагрузка:	3762.2 кг
Мин. динам. нагрузка:	2236.7 кг
Кэф. наполнения:	0.93
Дебит фактический:	9.17 м ³ /сут

Рис. 18. Динамограмма скв. 2546

4.2. Определение утечек жидкости в приемной части глубинного насоса

Определение утечек в приемной части насоса производится визуально путем сравнения местоположения на практической динамограмме линии веса штанг в жидкости $P_{ш}^I$. При наличии утечек последующие линии веса будут располагаться выше предыдущих.

На рис.17 приведена динамограмма скв.1446, где линии $a - a^I$, представляющие нагрузку $P_{ш}^I$, проведены после остановки скважины: сразу после остановки и с интервалом 5 мин. — после остановки. Несовпадение линий указывает на наличие утечек в приемной части насоса. Дополнительным подтверждением этому является и характерная конфигурация динамограммы. Описанная в главе 5 программа позволяет наблюдать изложенное на экране дисплея, и при необходимости, вывести на печать.

4.3. Обработка динамограммы

Обработка практической динамограммы требует построения на основе исходных данных теоретической динамограммы. Опыт показывает, что теоретическая динамограмма никогда не вписывается в практическую так, как это сделано в разделе 2.2. Причинами этого могут быть: незнание длины ступеней штанг, общей длины штанг, плотности жидкости в НКТ, невозможность подсчета потерь веса из-за невертикальности скважин (эксцентричность расположения штанг в НКТ), незнание уровня жидкости и ее плотности в затрубном пространстве в момент снятия динамограммы и ряд других причин.

Поэтому в данной работе при обработке динамограммы расчет веса штанг в жидкости $P_{ш}^I$ и жидкости $P_{ст}$ не производится, а определяется из практической динамограммы. Следовательно, в процессе динамографирования проведение линий “нулевой”, веса штанг в жидкости и веса штанг и жидкости является обязательным.

На рис.18 приведена практическая динамограмма скв.2546. Скважина оборудована станком-качалкой СК6. Эксплуатируется при длине хода полированного штока 0,9 м (1-ое

отверстие на кривошипе) и числе качаний, равном 5. В скважину внедрен насос диаметром 56 мм на глубину 960 м на 2,5'' НКТ. Подвеска штанг двухступенчатая. Длина ступени штанг диаметром 7/8'' равна 600 м, а 3/4'' — 360 м. Обводненность продукции — до 10%. Масштаб усилий динамографа 122 кг/мм. Динамограмма снята в масштабе перемещений 1:30.

На динамограмме присутствуют:

— “нулевая”;

— линии веса штанг в жидкости $P_{ш}^I$ ($a - a^I$) и веса штанг и жидкости $P_{см}$ ($b - b^I$), проведенные при обработке динамограммы (в данном примере они совпали с линиями $P_{ш}^I$ и $P_{см}$, проведенными в процессе динамографирования);

— линии дополнительных построений.

Поэтапный процесс дополнительных построений выглядит следующим образом. Проводим перпендикуляры к “нулевой” линии через точки A и B (крайние левая и правая точки динамограммы). В результате получены дополнительные точки B_1 , Γ_1 . Точку пересечения линии веса штанг с линией снятия нагрузки обозначим как Γ' , точку пересечения линии веса штанг и жидкости $P_{см}$ с линией восприятия нагрузки — как B' . Определим точку E , как первую минимальную точку перегиба на правом нижнем углу динамограммы (точка, дающая минимальную динамическую нагрузку на полированный шток) и точку F , как первую максимальную точку перегиба на левом верхнем углу динамограммы (точка, дающая максимальную динамическую нагрузку на полированный шток).

4.4. Определение величины деформации труб и штанг и построение теоретической динамограммы

Определим с учетом тарировки динамографа вес жидкости в НКТ:

$$P_{ж} = AB_1 \cdot p = 1175,7 \text{ кг.}$$

Определим величину деформации штанг и труб:

$$\lambda = \frac{P_{ж}}{E} \cdot \left(\sum \frac{l_i}{F_{ui}} + \frac{H_n}{f_m} \right) = \frac{1175,7}{2100} \cdot \left(\frac{600}{3,88} + \frac{360}{2,85} + \frac{960}{11,7} \right) =$$

$$= \frac{1175,7}{2100} \cdot (154,6 + 126,3 + 82,1) = 203,9 \text{ мм.}$$

Значение λ отложим на линии $(b - b')$ вправо от точки B_1 , и на линии $(a - a')$ — от точки Γ_1 влево. Полученные точки обозначим B и Γ соответственно.

Произведем построение теоретической динамограммы по точкам A , B , B , Γ .

Все указанные операции производятся автоматически и выводятся на дисплей компьютера.

4.5. Определение коэффициента наполнения насоса

Определим коэффициент наполнения насоса β как отношение длины хода плунжера при движении с открытым нагнетательным клапаном (отрезок между проекциями на нулевую линию точек A и E) к фактической длине хода плунжера (отрезок BV):

$$\beta = \frac{S_{\phi}}{S_{пл}} = \frac{np.AE}{BV} = 0,93 \text{ .}$$

В некоторых случаях, когда рассчитать длину отрезка B_1B невозможно, можно рекомендовать проводить из точки A наклонную по линии восприятия нагрузки и считать отрезок $B'B$ соответствующим длине хода плунжера. В этом случае коэффициент наполнения определяется как

$$\beta = \frac{np.AE}{B'B} \text{ .}$$

4.6. Определение производительности штангового глубинного насоса

Для определения фактической производительности глубинного насоса $Q_{\text{факт}}$ необходимо воспользоваться формулой, полученной в разделе 3.1, подставив в нее фактические данные, снятые с рис.18.

$$Q_{\text{факт}} = 0,144 \cdot F_{\text{нл}} \cdot S_{\text{шт}} \cdot n \cdot \alpha = Q_{\text{теор}} \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot \beta = \\ = Q_{\text{теор}} \cdot n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{S_{\text{нл}} - BB' \text{ (или } BB'')}{S_{\text{нл}}} \cdot \frac{S_{\text{нл}}}{l} \cdot \frac{S_{\text{эф}}}{S_{\text{нл}}},$$

где $Q_{\text{теор}} = 0,144 \cdot F_{\text{нл}} \cdot S_{\text{шт}}$ — теоретическая производительность насоса при $n = 1$ (табл.1), м³/сут; n — число качаний СКН, 1/мин; $K_1 = 1$ — утечки через НКТ отсутствуют.

В нашем случае фактическая производительность

$$Q_{\text{факт}} = 9,17 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Расчет производительности по предлагаемой методике для нормально работающей насосной установки рекомендуется производить при $0,1 + 0,15 \leq \frac{S_{\text{эф}}}{l} \leq 0,85$, так как при $\frac{S_{\text{эф}}}{l} \leq 0,1 + 0,15$ насосная установка может работать в режиме срыва подачи, а при $\frac{S_{\text{эф}}}{l} \geq 0,85$ могут иметь место фонтанные явления.

При наличии утечек в НКТ ($K_1 \neq 1$) или в насосе ($K_3 < 1$) расчет производительности насосной установки по динамограмме не производится.

4.7. Определение типоразмера станка-качалки

Иногда типоразмер станка-качалки неизвестен или возникает необходимость в его уточнении. Для этого измеряется длина динамограммы на рис.18:

$$l = 0,86 \text{ м.}$$

По табл.2, зная номер отверстия на кривошипе (в нашем случае 1-ое отверстие), определяется, что ближайшим к длине 0,86 м большим значением является 0,9 м.

Это соответствует станку-качалке 6СК6 (СК6, УП-9Т, ПНШ-60).

4.8. Определение величин нагрузок

Величины нагрузок определяются с учетом тарировки динамографа:

— вес штанг в жидкости

$$P_{ш}^I = O_1 A \cdot p = 2494,7 \text{ кг};$$

— вес штанг и жидкости

$$P_{ст} = O_1 B_1 \cdot p = 3670,4 \text{ кг};$$

— величина максимальной динамической нагрузки на полированный шток

$$P_{ш \max} = O_2 F \cdot p = 3762,2 \text{ кг};$$

— величина минимальной динамической нагрузки на полированный шток

$$P_{ш \min} = O_3 E \cdot p = 2236,7 \text{ кг}.$$

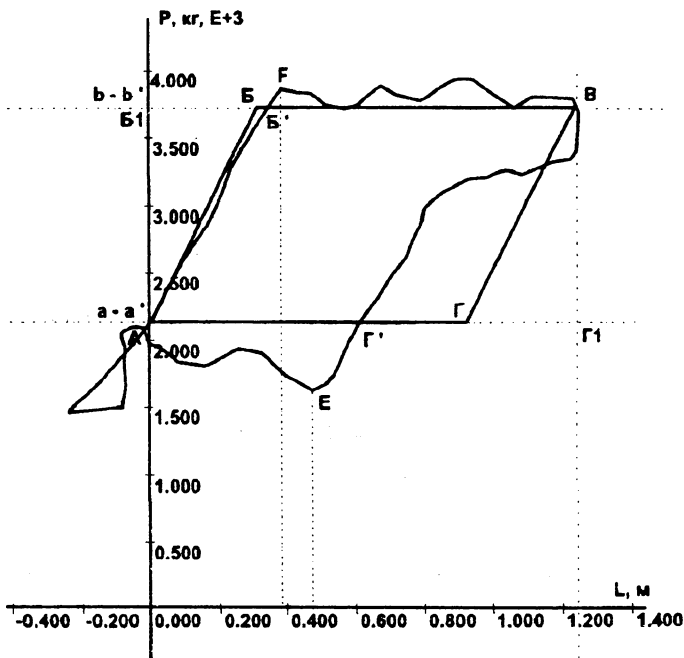
Определенные таким образом величины нагрузок выводятся на печать.

4.9. Примеры обработки практических динамограмм насосов, имеющих неисправности

4.9.1. Низкая посадка плунжера

На рис.19 приведена динамограмма насоса, имеющая в левом нижнем углу характерную петлю низкой посадки.

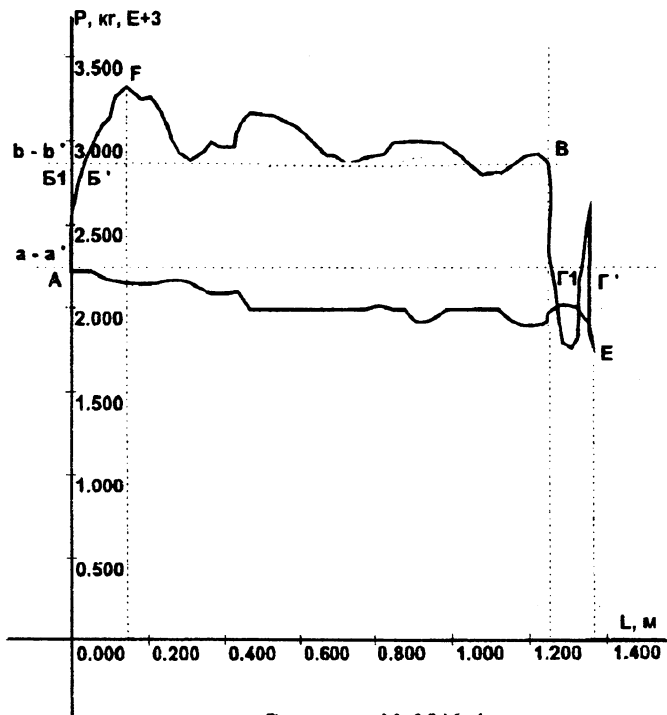
Линия веса штанг в жидкости ($a - a'$) проводится через первую сверху точку пересечения петли с линией восприятия нагрузки. Производительность насоса рассчитывается не по длине хода штока исходного, а по длине хода расчетного.



Скважина № 1913

Дата исследования:	11.04.79
Исходный тип СК	Расчетный тип СК
6СК-6 1.50 м	СКД-3 1.25 м
Диаметр насоса:	43 мм
Номер отв. кривошипа:	3
Число качаний в мин.:	6.0
Потеря хода плунжера:	318.98 мм
Коэффициент утечек:	
в приемной части:	—
в нагнет. части:	0.04
Вес штанг:	2125.0 кг
Вес штанг и жидкости:	3724.1 кг
Макс. динам. нагрузка:	3855.7 кг
Мин. динам. нагрузка:	1624.8 кг
Коэф. наполнения:	0.52
Дебит фактический:	5.35 м³/сут
Посадка плунжера:	0.24 м

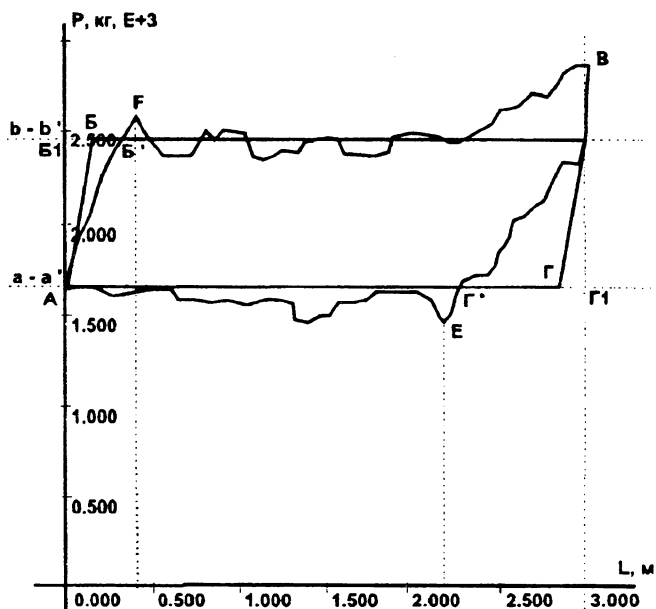
Рис. 19. Динамограмма скв. 1913



Скважина № 2546_1

Дата исследования:	22.11.81
Исходный тип СК	Расчетный тип СК
СК-6 1.50 м	СКД-3 1.25 м
Диаметр насоса:	43 мм
Номер отв. Кривошипа:	3
Число качаний в мин.:	6.0
Потеря хода плунжера:	125.84 мм
Коэффициент утечек:	
в приемной части:	0.08
в нагнет. части:	—
Вес штанг:	2236.7 кг
Макс. динам. нагрузка:	3314.9 кг
Мин. Динам. нагрузка:	1789.3 кг
Посадка плунжера:	0.11 м

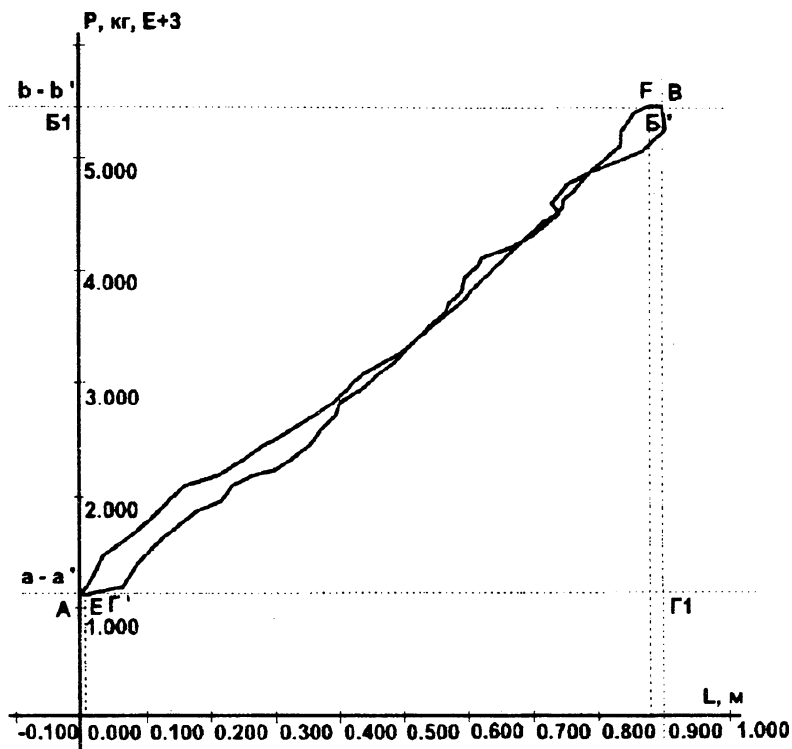
Рис. 20. Динамограмма скв. 2546_1



Скважина № 1960

Дата исследования:	24.08.81
Исходный тип СК	Расчетный тип СК
6СК-4 3.00 м	6СК-4 3.00 м
Диаметр насоса:	43 мм
Номер отв. кривошипа:	5
Число качаний в мин.:	6.0
Потеря хода плунжера:	159.54 мм
Коэффициент утечек:	
в приемной части:	—
в нагнет. части:	0.06
Вес штанг:	1654.3 кг
Вес штанг и жидкости:	2454.1 кг
Макс. динам. нагрузка:	2583.4 кг
Мин. динам. нагрузка:	1456.7 кг
Козф. наполнения:	0.77
Дебит фактический:	24.83 м³/сут
Заедание плунжера	от 2.32 до 3.00 м
Дополн. нагрузка:	396.19 кг

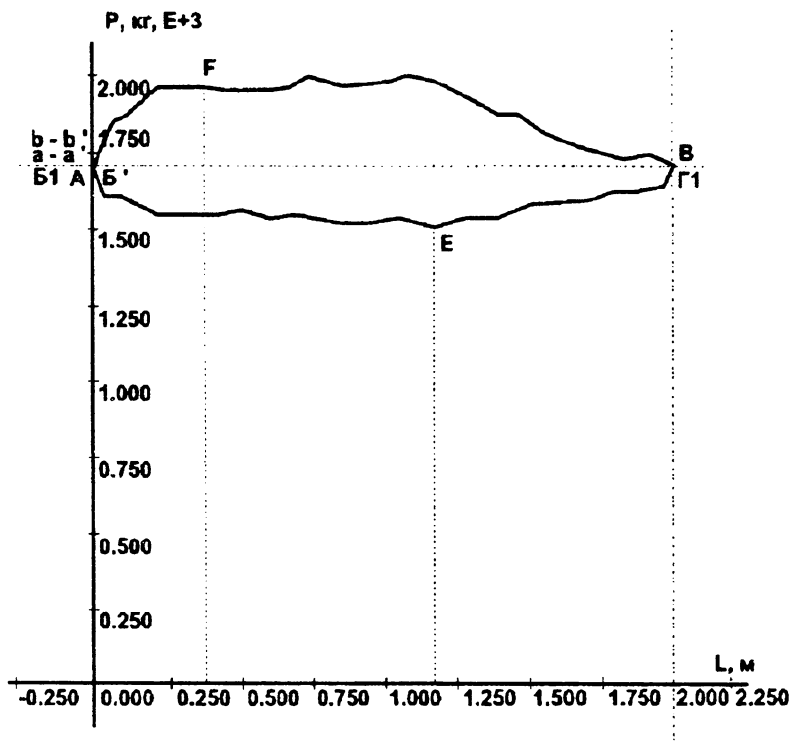
Рис. 21. Динамограмма скв. 1960



Скважина № 7555

Дата исследования:	23.03.95
Исходный тип СК	Расчетный тип СК
6СК-6 0.90 м	6СК-6 0.90 м
Диаметр насоса:	43 мм
Номер отв. кривошипа:	1
Число качаний в мин.:	5.0
Потеря хода плунжера:	863.53 мм
Макс. динам. нагрузка:	5451.4 кг
Мин. динам. нагрузка:	1103.8 кг

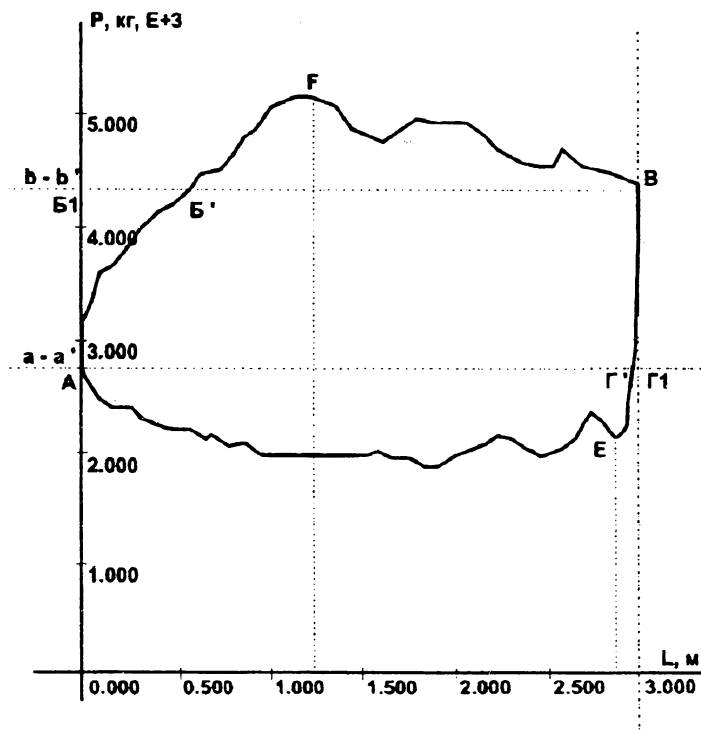
Рис. 22. Динамограмма скв. 7555



Скважина № 504

Дата исследования: 15.10.81
 Исходный тип СК: 6СК-4 2.10 м Расчетный тип СК: ПНШ-80 2.00 м
 Диаметр насоса: 43 мм
 Номер отв. кривошипа: 3
 Число качаний в мин.: 6.0
 Потеря хода плунжера: 1707.4 мм
 Макс. динам. нагрузка: 1960.0 кг
 Мин. динам. нагрузка: 1500.0 кг

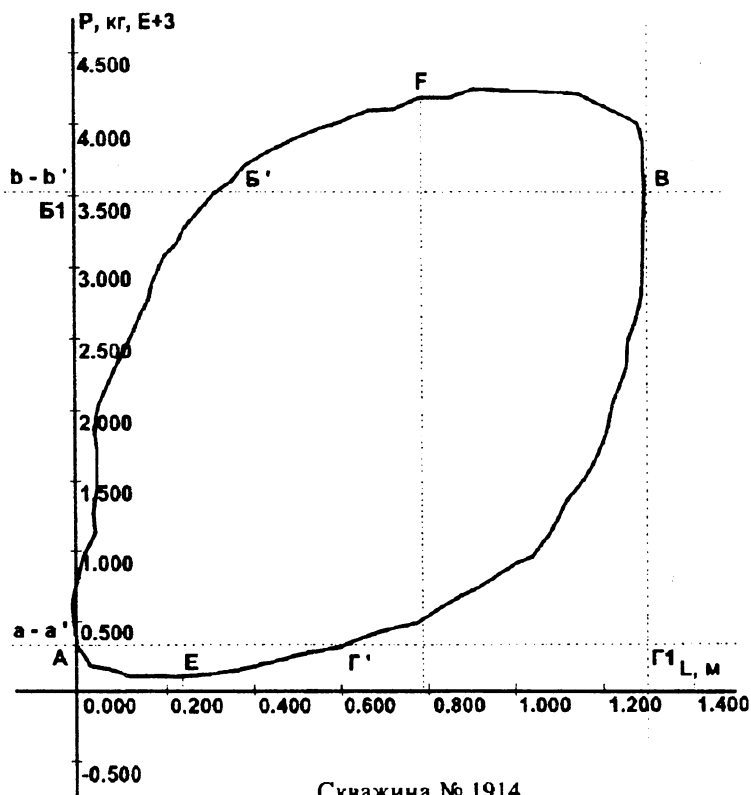
Рис. 23. Динамограмма скв. 504



Скважина № 7245

Дата исследования:	18.10.84
Исходный тип СК	Расчетный тип СК
СК-8 3.00 м	СК-8 3.00 м
Диаметр насоса:	43 мм
Номер отв. кривошипа:	4
Число качаний в мин.:	6.0
Потеря хода плунжера:	312.44 мм
Коэффициент утечек:	
в приемной части:	—
в нагнет. части:	0.10
Вес штанг:	2762.7 кг
Макс. динам. нагрузка:	5130.7 кг
Мин. динам. нагрузка:	2084.3 кг

Рис. 24. Динамограмма скважины 7245



Дата исследования:	29.07.80
Исходный тип СК	Расчетный тип СК
6СК-4 1.20 м	СК-5 1.30 м
Диаметр насоса:	43 мм
Номер отв. кривошипа:	1
Число качаний в мин.:	6.0
Потеря хода плунжера:	633.63 мм
Коэффициент утечек:	
в приемной части:	0.38
в нагнет. части:	—
Макс. динам. нагрузка:	4166.4 кг
Мин. динам. нагрузка:	98.1 кг

Рис. 25. Динамограмма скважины 1914

Для устранения низкой посадки необходимо приподнять плунжер на величину горизонтальной проекции петли (24 см).

4.9.2. Высокая посадка плунжера

В случае высокой посадки плунжера при подходе полированного штока к крайнему верхнему положению участок соприкосновения плунжера с цилиндром становится настолько малым, что возникающая утечка жидкости под плунжер превосходит текущую подачу насоса. Поэтому штанги частично или полностью разгружаются. Особенность высокой посадки плунжера заключается в том, что в процессе восприятия нагрузки утечка в нагнетательной части может быть незначительной или вообще отсутствовать, а у крайнего верхнего положения плунжера проявляется очень сильно.

Частным случаем высокой посадки является выход плунжера. В этом случае динамограмма принимает вид, показанный на рис.20. По мере уменьшения соприкосновения между плунжером и втулками утечка увеличивается, и нагрузка на полированный шток уменьшается. В момент выхода нижнего конца плунжера из втулок нагрузка резко падает до веса штанг, что вызывает интенсивные колебания штанговой колонны.

Минимальная величина допуска плунжера в данном случае равна величине горизонтальной проекции участка динамограммы от начала сброса нагрузки до крайнего верхнего положения (11 см) плюс длина плунжера. Возникшее в окне вывода результатов сообщение о несоответствии длин хода исходного СК с расчетным связано с тем, что при данной неисправности $S_{пл}$ будет меньше, чем ее реальная длина.

4.9.3. Заедание и прихват плунжера

Заедание плунжера вызывается повышенным трением на отдельных участках его пути или на всем протяжении хода: при ходе вверх увеличивается нагрузка на полированный шток на участке заедания, а при ходе вниз полированный шток разгружается. На рис.21 показано заедание плунжера в конце хода вверх. Заедание плунжера происходит на участке 2,3÷3,0 м конца хода. Дополнительные нагрузки за счет заедания составляют 396 кг.

Для расчета производительности линию ($b - b^I$) в данном случае рекомендуется проводить через середину первой левой волны на линии перемещения плунжера вверх.

Предельным случаем заедания плунжера является его прихват в цилиндре (рис.22). В этом случае оценивается максимальная и минимальная нагрузки, составляющие в рассматриваемом примере 5451 и 1104 кг соответственно.

4.9.4. Обрыв или отворот штанг

При обрыве или отвороте штанг линия веса штанг ($a - a^I$) проводится через середину изображения динамограммы (рис.23). Производится определение значения веса штанг. В рассматриваемом примере вес штанг составляет 1707 кг.

При сопоставлении с предыдущей нормальной динамограммой данной скважины можно оценить глубину обрыва или отворота.

4.9.5. Утечки в нагнетательной части насоса

На рис.24 приведена динамограмма с очертаниями, типичными для насоса, работающего с утечками в нагнетательной части. Коэффициент утечек, равный 0,10, характеризует утечки лишь за время восприятия нагрузки. Крутизна линии снятия нагрузки и большое закругление правого верхнего угла свидетельствуют о значительной величине утечек. Поэтому расчет производительности не производится.

4.9.6. Одновременная утечка жидкости в нагнетательной и приемной частях насоса

На рис.25 приведена динамограмма с очертаниями, характерными для насоса, имеющего утечки в нагнетательной и приемной частях насоса. В приведенном примере несрабатывание клапанных узлов вызвано образованием чрезвычайно высоковязкой жидкости в стволе скважины. В этом случае ограничиваются лишь измерением величин нагрузок (98 и 4166 кг).

Глава 5

ПРОГРАММА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРАКТИЧЕСКИХ ДИНАМОГРАММ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

Программное обеспечение “DINAMO” предназначено для компьютерной обработки динамограмм, полученных гидравлическими динамографами типа ИКГН-1, и определения ряда характеристик глубиннонасосных механизированных скважин.

5.1. Требования к аппаратуре и комплектность

Для работы программы необходимы:

- компьютер с процессором 386 или выше;
- цветной монитор EGA (SVGA);
- операционная среда WINDOWS (3.1, 3.11, WINDOWS 95);
- двухкнопочная “мышь”;
- сканер любого типа.

В комплект программы входят следующие файлы:

- DINAMO.EXE — исполняемый модуль программы (или DINAMO32.EXE — для WINDOWS 95);
- DINAMO.HLP — файл контекстно-зависимой подсказки;
- DINAMO.BMP — файл образа рисунка станка-качалки.

Исходный текст программы написан на языке программирования BORLAND C++ для IBM-совместимых компьютеров с использованием объектной библиотеки OWL.

5.2. Начало работы

Суть программы в получении оцифрованной замкнутой кривой исходной динамограммы и ее обработке по описанной выше методике. Предварительно исходный полевой материал в виде рисунка динамограммы на бумаге, полученный самописцем динамографа, сканером любой марки и программным обеспечением к нему (типа DESKSCAN, FOTOFINISH, IMAGE и т.д.), преобразуется в графический образ в 16 или

256 цветном BMP-формате. Полученные BMP-файлы являются начальными данными для работы программы. Формат масштаба увеличения при сканировании не имеет значения, но должен быть известен при вводе начальных данных для соответствия начальных данных и результатов. В случае большого количества обрабатываемых динамограмм желательно сканировать сразу несколько, прикрепив их на лист формата А4, поскольку большинство ручных и настольных сканеров поддерживают такой формат.

5.3. Запуск и работа с программой

Для запуска программы необходимо в приглашении MS-DOS записать команду: C:>WIN DINAMO.EXE.

После старта графической оболочки WINDOWS, а затем описываемой программы — начать работу.

Если Вы уже находитесь в среде WINDOWS, то для запуска используйте команду ВЫПОЛНИТЬ Диспетчера Программ или дважды щелкните на имени файла программы, т.е. DINAMO.EXE в Диспетчере Файлов, после нахождения его в пути каталогов. При частом использовании программы рекомендуется назначить иконку в одной из имеющихся MS WINDOWS групповых пиктограмм или в созданной вновь. Для этого в Диспетчере Программ выбирается ФАЙЛ—СОЗДАТЬ—программный элемент и в заголовке записывается, например “Оцифровка динамограмм”, а в строке запуска — путь местонахождения программы (например “C:\DINAMO.EXE”).

Запуск программы в среде WINDOWS 95 аналогичен запуску других внешних программ. Один из способов — используя ПРОВОДНИКА, найти программу в пути каталогов и запустить двойным щелчком левой кнопкой “мыши”.

После запуска программы перед оператором возникает ВИЗИТКА программы с именем организации-разработчика. Для дальнейшей работы необходимо ответить “ОК”.

***Примечание.** Если при этих действиях запуска программы не происходит, обращайтесь к разработчикам данной программы.*

На рис.26 представлен экран рабочей программы, включающий строку заголовка с названием рабочей программы, строку меню, панель командных пиктограмм, главное рабочее окно — окно оцифровки, вспомогательное рабочее окно формата А4, окно вывода результатов и строку статуса — для вывода вспомогательной информации.

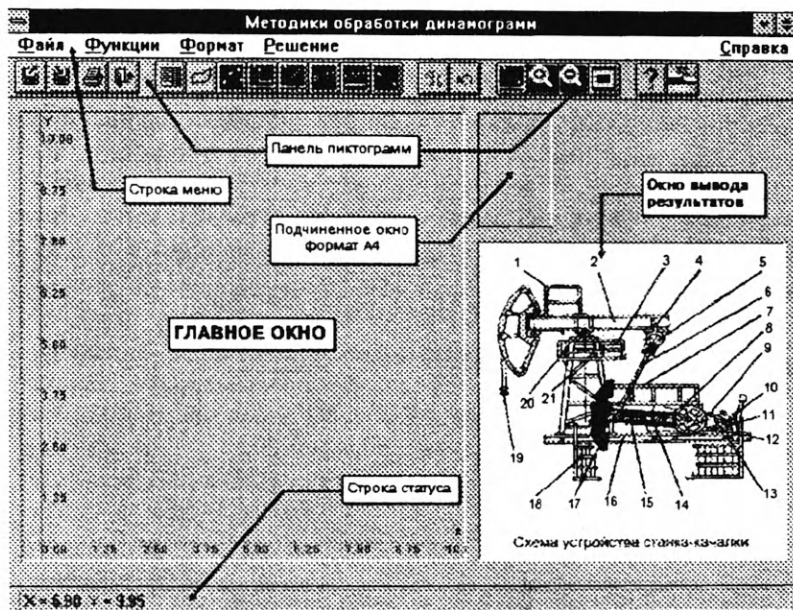


Рис.26 Окно рабочей программы

Работу с программой оцифровки можно разбить на 6 этапов:

- задание начальных данных;
- чтение и установка образа динамограммы с диска;
- оцифровка образа динамограммы;
- установка дополнительных осей и вспомогательных линий на динамограмме;
- получение и печать результатов на принтер;
- сохранение полученных результатов.

5.3.1. Задание начальных данных



— Задание начальных данных.

Первым действием при обработке новой динамограммы является нажатие на данную кнопку строки командных пиктограмм или выбор команды меню РЕШЕНИЕ—НАЧАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ. В ответ на данное действие появляется окно диалога НАЧАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ, которое запрашивает основные технологические характеристики скважины, параметры сканирования и способ решения. Параметры ЗАГОЛОВОК и ДАТА ИССЛЕДОВАНИЯ являются информационными и могут быть опущены. В случае ввода в них информации она выводится вместе с остальными результатами на экран и печатающее устройство. Параметр МАСШТАБ СКАНИРОВАНИЯ является важным для верной оценки выходных результатов.

***Примечание.** Если Вы сомневаетесь в масштабе сканирования вашего сканера, то для теста просканируйте миллиметровую бумагу и оцените масштаб в главном окне рабочей программы по сетке осей координат или по отдельным координатам на Вашей миллиметровке, выводимых в строке статуса.*

Если вы не использовали увеличение или уменьшение масштаба при сканировании — установите масштаб равным единице. При увеличенном, например, трехкратном формате — значение 3, а при уменьшенном в два раза — 0,5. Желательно для получения более точных результатов использовать увеличенный формат образа динамограммы.

***Примечание.** Увеличение образа динамограммы при сканировании более 5 раз сказывается на быстродействии программы из-за накладных расходов на чтение BMP-файла и перерисовку его в главном окне.*

При включенном параметре “Точка *B* и *B'* совпадают” теоретическая динамограмма строится согласно этому правилу, т.е. верхний левый угол параллелограмма проходит через

точку B' — точку пересечения линии верхней мертвой точки с кривой динамограммы (см. описание методики).

Остальные данные описывают технологические характеристики Вашего станка-качалки и динамографа. Для более подробной информации смотрите описание методики.

Перемещение от одного элемента редактирования, согласно технике WINDOWS, либо с помощью клавиш TAB или SHIFT-TAB, либо указанием (щелчком) “мыши” на нужном элементе.

Для закрепления текущих параметров задачи нажмите клавишу ENTER или кнопку ОК, для отмены — ESC или CANCEL.

5.3.2. Чтение образа динамограммы



— Чтение образа динамограммы.

Используя данную кнопку строки пиктограмм или команду меню ФАЙЛ-ДИНАМОГРАММА, на экран выводим диалоговое окно со списком BMP-файлов текущего каталога. Если ваших файлов в этом каталоге нет, необходимо, используя стандартную технику WINDOWS, перейти в каталог с файлом рабочего образа динамограммы или записать полный путь до него в строке ввода. Для отмены используется клавиша ESC или кнопка CANCEL, а в случае подтверждения выбора — клавиша ENTER, кнопка ОК или двойной щелчок левой кнопкой “мыши” на выбранном файле. При успешном выборе в вспомогательном рабочем окне визуализируется рисунок динамограммы в формате так, как если бы он находился на листе типографского размера А4.

Примечание. При повторном нажатии на пиктограмму происходит отмена визуализации образа динамограммы. В случае неудачного выбора или выбора файла не в формате BMP выдается сообщение об ошибке.


В главное рабочее окно введена система координат с сеткой 10×10 см. Данная сетка покрывает размер большинства динамограмм, выдаваемых механическими динамографами. Для установки образа динамограммы в видимую область главного рабочего окна используется перемещение по вспомо-

гательному окну с помощью “мыши”. Щелчок в области вспомогательного окна смещает “перекрестие прицела” по образу динамограммы.


Необходимо добиться удобного расположения образа динамограммы или ее части в главном окне. Для этого можно воспользоваться также пиктограммами изменения формата или выбрать элемент меню ФОРМАТ.

***Примечание.** Если вспомогательное окно не дает возможности перемещения по всему исходному образу, то, возможно, Вы неверно установили параметр МАСШТАБ СКАНИРОВАНИЯ в окне НАЧАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ (необходимо вновь установить этот параметр), либо формат вашего сканера больше А4. В этом случае пользуйтесь возможностями пиктограмм изменения формата.*



Пиктограмма  используется для **увеличения формата** (приближения) изображаемых в главном окне объектов в два раза по обеим осям.



Пиктограмма  соответственно **уменьшает формат** в два раза.

***Примечание.** Увеличение и уменьшение формата происходит относительно точки привязки (“горячей точки”), т.е. точки, в которой находится курсор “мыши”. Для курсора данных пиктограмм “горячая точка” — центр “плюса” или “минуса” соответственно.*

Для изменения формата необходимо зафиксировать одну из возможностей (либо увеличение, либо уменьшение) и, нажимая левую кнопку “мыши” в главном окне, добиться нужного результата.

Можно также использовать пиктограмму:



— **выделение области** формата, которая приближает выделенную область.

Для выделения используется техника “нажать, протянуть и отпустить”. Нажмите пиктограмму, затем в области главного окна в первой точке выделяемой области (например, верхней левой) нажмите левую кнопку “мыши” и, не отпуская ее, протяните до следующей актуальной точки. На экране возникает прямоугольник выделяемой области. При отпуске кнопки “мыши” происходит приближение и изменение формата осей координат.

***Примечание.** Измененная область может иметь неравный формат по осям X и Y , что отражается на виде динамограммы и на построении подчиненной системы осей координат, но никоим образом не на результатах расчета в дальнейшем. Восстановить начальный, с момента запуска программы, формат можно, нажав пиктограмму:*



— **восстановить исходный формат** или выбрать в меню **ФОРМАТ—ВОССТАНОВИТЬ**.

После удобного расположения всей динамограммы или ее части в главном рабочем окне переходите к оцифровке динамограммы.

5.3.3. Оцифровка динамограммы

Метод оцифровки состоит в “обшелкивании” расположенного в главном окне образа динамограммы, начиная с левого нижнего угла в направлении по часовой стрелке, т.е. так, как зафиксировал динамограмму самописец в процессе исследования скважин. Для оцифровки необходимо нажать пиктограмму:



— **оцифровать динамограмму**.

При этом, если курсор “мыши” попадает в область главного окна, появляется трассировочный отрезок, а при нажатии левой клавиши “мыши” отмечаются точки кривой, которые впоследствии будут использованы при расчетах. Количество точек на динамограмме выбирается пользователем. Трассировочный отрезок каждый раз начинается с последней

отмеченной точки и до текущего положения курсора “мыши”. Нажатие правой клавиши “мыши” отменяет последнюю введенную точку и начинает отсчет с предыдущей. Если весь образ динамограммы не помещается в рабочем окне, то для перемещения по нему без изменения формата используется вспомогательное окно. Описание работы со вспомогательным окном изложено выше.

Команда меню ГРАФИК—УДАЛИТЬ удаляет весь введенный график-кривую. В процессе построения контура графика можно использовать изменение формата, но необходимо каждый раз после его изменения переходить в режим оцифровки вновь. Признаком оцифровки является наличие трассировочного отрезка.

***Примечание.** Контур графика можно не замыкать, при расчетах он автоматически замкнется на первую точку.*

5.3.4. Дополнительные построения

Во время сканирования почти невозможно точно установить бумажную динамограмму в рабочей области сканера. Поэтому возможно различное размещение образа динамограммы, т.е. всевозможные углы поворота к нормальным осям и почти всегда — смещение относительно центра отсчета.

Для решения второй проблемы — со смещением — служит пиктограмма



— ***плоско-параллельный перенос осей без поворота.***

Фиксация ее порождает вспомогательную ось координат, которая может быть приведена к осям образа динамограммы нажатием левой кнопки “мыши” в точке ее центра отсчета.

Для более сложного случая, когда образ динамограммы еще и повернут на некий угол, используется пиктограмма



— ***поворот осей координат***, строящая ось координат с поворотом. Левая кнопка “мыши” нажимается и удерживается в нажатом состоянии в центре отсчета, а затем необходимо, удерживая левую кнопку “мыши”, протянуть ее

вниз и влево или вправо в зависимости от знака угла поворота. Трассировочный отрезок, возникающий в данном случае, служит в качестве “рычага” поворота. При отжиме кнопки “мыши” угол поворота фиксируется. Угол поворота не ограничивается, т.е. от 0 до 360°. Для переноса повернутых осей используется одиночное нажатие левой кнопки “мыши”.

Примечание. Протягивание “мыши” в данном случае ведет к изменению угла поворота.

Для подчиненных осей координат главным условием является совпадение оси X с нулевой линией динамограммы. Выравнивание оси Y происходит автоматически — она будет проходить через точку A (см. описание методики).

Выбор верхней мертвой точки (ВМТ) осуществляется после нажатия на пиктограмму.



— построение линии ВМТ.

Нажатие левой кнопки “мыши” в области главного окна ведет к построению линии ВМТ. Линия ВМТ параллельна оси X вспомогательной оси координат и строится только в первом ее квадранте. Установка и перемещение линии происходит путем нажатия левой кнопки “мыши”.



— построение линии НМТ.

Построение линии нижней мертвой точки НМТ аналогично ВМТ.

Линии ВМТ и НМТ при построении должны пересекать область динамограммы. В случае несоблюдения этого правила линии ВМТ и НМТ строятся через точки соответственно с максимальной и минимальной координатой X на кривой динамограммы.




— построение вспомогательных линий.


Линии утечек, проведенные в процессе динамографирования и носящие визуально-информационный характер, строятся

методом “нажал, протянул и отпустил” левой кнопкой “мыши” при нажатой пиктограмме. Нажатие правой клавиши “мыши” в этом режиме отменяет последнюю введенную линию.


5.3.5. Расчет результатов и вывод их на принтер

После оцифровки образа динамограммы и корректного задания дополнительных построений, по результатам расчета строится теоретическая динамограмма.

Пиктограмма  — **построить теоретическую динамограмму** — вызывает расчет оцифрованной динамограммы и выводит результаты и другую информацию в окно вывода результатов. Используя пиктограммы изменения формата, можно более подробно рассмотреть каждый из элементов оцифрованной и теоретической динамограммы.

Кнопка-пиктограмма  **возвращает исходный формат графика.**

При неудовлетворении результатами можно вернуться вновь в режим оцифровки и дополнительных построений, ис-

пользуя пиктограмму  — **возвратиться к оцифровке**

или элемент меню ВОЗВРАТ.

При расчетах может возникнуть несоответствие длин хода полированного штока выбранного Вами типа станка-качалки с реальной длиной хода, определенной по длине динамограммы. Причинами этого могут быть либо неправильное задание типа качалки, либо неверный параметр МАСШТАБ СКАНИРОВАНИЯ или МАСШТАБ ДЛИНЫ. Программа выдаст сообщение о несоответствии и запрос о расчете с прежней длиной хода или с рассчитанной. Для внесения изменений в параметры войдите вновь в установку начальных данных. При изменении данных и выхода из окна диалога произойдет автоматический перерасчет результатов.

Нажатие пиктограммы  — **печать результатов** или выбор меню ФАЙЛ—ПЕЧАТЬ вызывает печать оцифро-

ванного графика и теоретической динамограммы со всеми построениями и точками, а также результатов расчета на печатающее устройство. Для отдельного вывода оцифрованного графика и результатов расчета используйте правую кнопку “мыши”. Нажатие ее в актуальном пространстве главного окна или окна вывода результатов приводит к появлению всплывающего меню. Выберите в данном меню — команду ПЕЧАТЬ ГРАФИКА или ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ соответственно.

Для печати изображения в цвете на цветном принтере установите соответствующие параметры Вашего принтера с помощью кнопки УСТАНОВКА в панели диалога печати.

5.3.6. Сохранение результатов расчета

В любой момент работы программы можно сохранить текущие параметры обработки. Для этого используется пиктограмма



— *сохранить результаты обработки.*

Возникает окно диалога с запросом пути и имени файла, в котором Вам хотелось бы сохранить текущую информацию. Работа с панелью диалога — согласно правилам WINDOWS. Файл сохраненных результатов имеет собственный формат. По умолчанию файл сохраняется с расширением BMP.

Примечание. Задание неправильного имени файла ведет к выдаче предупреждения и запрос повторяется.

Для восстановления сохраненных в файле параметров работы используется кнопка-пиктограмма



— *прочитать результаты из файла.*

Запрос имени файла — аналогичен сохранению. В случае выбора файла неверного формата выдается сообщение об ошибке.

5.3.7. Дополнительная информация



— вызывает контекстно-зависимую помощь по текущей операции.



— визитка программы оцифровки.



— выход из программы оцифровки.

Установка курсора “мыши” на любую пиктограмму (без нажатия на нее) вызывает подсказку в строке статуса (самая нижняя строка экрана) о действии данной кнопки.

Для начала нового сеанса выберите — ФАЙЛ—НАЧАТЬ СНАЧАЛА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов И.Г. Исследование работы глубинных насосов динамографом. М.: Гостоптехиздат, 1960.
2. Инструкция по динамографированию насосных добывающих скважин. ПО "Татнефть". Альметьевск, 1984.
3. Гидравлический динамограф типа ГДМ-3 (ДГ-3, ИКГН-1). Паспорт, руководство по эксплуатации. Баку, 1969.
4. Прок П.И. Совершенствование контроля работы глубинно-насосных установок. Обзорная информация. ВНИИОЭНГ, сер. "Нефтепромысловое дело", 1980.
5. Троицкий В.Ф. Диагностирование и оптимизация работы штанговых глубиннонасосных установок. Обзорная информация. ВНИИОЭНГ, серия "Нефтепромысловое дело", 1986.
6. Грайфер В.И. и др. Оптимизация добычи нефти глубинными насосами. — Казань: Таткнигоиздат, 1973.
7. Справочник по нефтепромысловому оборудованию/Под ред. Е.И.Бухаленко. — М.: Недра, 1983.
8. Устройство для динамометрирования скважин. Лениногорск: Проспект ЛОЗНА.
9. Комплекс диагностики станков-качалок с глубинно-штанговыми насосами "ОМЕГА". Самара: Проспект АОЗТ "Энергия".
10. Аппаратно-программный комплекс диагностики скважин. Набережные Челны: Проспект QUANTOR Co., Ltd.
11. Диагностический комплекс. М.: Проспект ГАНГ.
12. Диагностический комплекс "СИДДОС". Томск: Проспект общества СИАМ.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Теоретическая производительность
глубинного насоса при $n = 1$

Длина хода полированного штока, м	Теоретическая производительность глубинного насоса при $n = 1$, м ³ /сут.					
	Диаметр насоса, мм					
	28	32	38	43	56	68
0,6	0,53	0,69	0,97	1,25	2,12	3,13
0,75	0,66	0,87	1,22	1,56	2,66	3,92
0,9	0,80	1,4	1,47	1,88	3,19	4,70
1,05	0,93	1,22	1,71	2,20	3,72	5,49
1,2	1,06	1,38	1,96	2,51	4,25	6,27
1,25	1,11	1,45	2,04	2,61	4,43	6,54
1,3	1,15	1,49	2,09	2,72	4,61	6,79
1,5	1,33	1,72	2,45	3,13	5,32	7,84
1,6	1,42	1,84	2,58	3,34	5,67	8,35
1,7	1,50	1,95	2,74	3,55	6,03	8,89
1,8	1,59	2,07	2,93	3,76	6,38	9,41
2,0	1,77	2,3	3,22	4,18	7,08	10,45
2,1	1,86	2,42	3,42	4,39	7,44	10,98
2,5	2,21	2,89	4,03	5,23	8,86	13,07
2,6	2,30	3,01	4,19	5,43	9,22	13,59
3,0	2,66	3,47	4,90	6,27	10,63	15,68
3,5	3,10	4,02	5,06	7,32	12,39	18,27

Таблица 2

Длина хода полированного штока
для различных типоразмеров СКН

Типоразмер СКН	Длина хода полированного штока СКН, м				
	Номер отверстия на кривошипе				
	1	2	3	4	5
6СК4	1,2	1,7	2,1	2,6	3,0
6СК6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1
7СК-8	1,6	2,1	2,5	3,0	3,5
7СК-12	1,6	2,1	2,5	3,0	3,5
СК-3 (СКД-4)	0,6	0,75	0,9	1,05	2,1
СК-5	1,3	1,8	2,1	2,5	3,0
СК-6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1
СК-8	1,8	2,1	2,5	3,0	3,5
УР-9Т	0,9	1,2	1,5	2,0	2,5
ПНШ-80	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0
ПНШ-60	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1
СЗ20Д	1,7	2,1	2,5	3,04	
СКД-3	0,9	1,05	2,25	1,5	

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава 1. Динамографирование скважин.....	4
1.1. Динамограф ИКГН-1	4
1.2. Технология динамографирования.....	7
1.3. Электронные динамографы	9
Глава 2. Обработка динамограммы.....	18
2.1. Образование простейшей теоретической динамограммы нормальной работы насоса	19
2.2. Расчет и построение теоретической динамограммы	22
2.3. Пример обработки практической динамограммы	25
2.4. Практические динамограммы работы глубинного насоса	27
Глава 3. Основные задачи, решаемые динамографированием скважин.....	33
3.1. Определение производительности глубинного штангового насоса	33
3.2. Определение давления на приеме насоса и средней плотности газожидкостной смеси в трубах.....	37
3.3. Определение коэффициента продуктивности	39
Глава 4. Интерпретация и обработка данных динамографирования на вычислительных машинах.....	40
4.1. Определение утечек жидкости через насосно-компрессорные трубы	41
4.2. Определение утечек жидкости в приемной части глубинного насоса	45
4.3. Обработка динамограммы.....	45
4.4. Определение величины деформации труб и штанг и построение теоретической динамограммы.....	46
4.5. Определение коэффициента наполнения насоса.....	47
4.6. Определение производительности штангового глубинного насоса	48
4.7. Определение типоразмера станка-качалки	48
4.8. Определение величин нагрузок	49
4.9. Примеры обработки практических динамограмм насосов, имеющих неисправности	49
Глава 5. Программа для обработки практических динамограмм на вычислительных машинах.....	59
5.1. Требования к аппаратуре и комплектность	59
5.2. Начало работы	59
5.3. Запуск и работа с программой	60
Литература	71
Приложение.....	72

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ “DINAMO” для обработки результатов динамографирования штанговых глубинно-насосных скважин

Программное обеспечение *DINAMO*, разработанное специалистами АО “Татнефть”, служит для обработки практических динамограмм скважин с УСШН и работает на любой ПЭВМ, совместной с IBM PC в операционной среде WINDOWS 3.1. или старше.

DINAMO предусматривает сканирование динамограмм, полученных гидравлическими динамографами.

DINAMO позволяет производить:

- ◆ оцифровку отсканированной практической динамограммы;
- ◆ построение теоретической динамограммы;
- ◆ определение важнейших характеристик насоса: коэффициента наполнения, потери хода плунжера, коэффициента утечки в приемной или нагнетательной частях установки, производительности глубинного насоса;
- ◆ определение регулировочных данных: длин хода при высокой или низкой посадках плунжера, соответствия длины фактического хода полированного штока заданному, нагрузок на головку балансира СК.

Исходной информацией при обработке практических динамограмм являются технические характеристики установленного наземного, глубинно-насосного оборудования и гидравлического динамографа.

Программное обеспечение *DINAMO* работает как с собственной базой данных, так с базой данных заказчика.

**423400, г.Альметьевск, Татарстан.
ул.Ленина, 75. АО “Татнефть”, отдел разработки,
тел: (85512) 2-75-60**

**ул.Фахретдина, 60. НГДУ “Ямашнефть”, ЦНИПР,
тел: (85512) 9-36-63, 2-33-40
факс: (85512) 9-34-99, 2-31-58**

**Шафагат Фахразович Тахаутдинов, Ринат Гаязович Фархуллин,
Ренат Халиуллович Муслимов, Эсаф Ибрагимович Сулейманов,
Олег Алексеевич Никашев, Альберт Абдрашитович Губайдуллин**

ОБРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ ДИНАМОГРАММ НА ПЭВМ

*Редактор Рябенкова Г.А.
Корректор Рябенкова Г.А.
Оригинал-макет Рябенков А.И.*

Издательство “Новое Знание”
420097, г.Казань, ул.Вишневского, д.9/1, кв.1

Лицензия №164 от 7.06.96 г.

Подписано в печать 20.05.97.
Гарнитура Таймс. Бумага Гознак. Тираж 500 экз.
Формат 60×84/16. Усл.-п.л. 5,8. Уч.-изд.л. 5,0.
Отпечатано на RISO. Заказ 001

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО “Олитех”
420094 г.Казань, ул.Чуйкова, 2.

