

Федеральное агентство по образованию

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НЕФТИ И ГАЗА им. И.М.ГУБКИНА**

В.Н.ИВАНОВСКИЙ, А.А.САБИРОВ

**ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ ПО МАШИНАМ И ОБОРУДОВАНИЮ
ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ**

Часть III

Москва 2012

Федеральное агентство по образованию
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НЕФТИ И ГАЗА им. И.М.ГУБКИНА

Кафедра машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности

В.Н.ИВАНОВСКИЙ, А.А.САБИРОВ

ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ ПО МАШИНАМ И ОБОРУДОВАНИЮ ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Часть III

Методические указания к самостоятельной работе студентов по курсу
«Машины и оборудование для добычи и подготовки нефти и газа»

Москва 2012

УДК 622.276

Ивановский В.Н., Сабиров А.А. Домашние задания по машинам и оборудованию для добычи нефти.

Часть III «Машины и оборудование для добычи нефти»: Методические указания к самостоятельной работе студентов. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2012. –

Даны основные соотношения при расчетах скважинных насосных установок для добычи нефти. Приведены три вида домашних заданий, отражающих основные разделы курса машин и оборудования для добычи нефти с помощью скважинных штанговых насосных установок.

Представлены материалы справочного характера.

Рекомендуется для контроля самостоятельной работы студентов вузов нефтегазового профиля по дисциплине «Машины и оборудование для добычи и подготовки нефти и газа»

Рецензент – профессор, д.т.н. Кононов В.М. (РГОУ)

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	5
ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ № 1. Подбор штанговых насосных установок для добычи нефти	6
ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ № 2. Обработка динамограмм работы скважинных штанговых насосных установок.....	13
ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ № 3. Уравновешивание механических балансирных приводов скважинных штанговых насосных установок	21
ПРИЛОЖЕНИЯ	27
ЛИТЕРАТУРА	38

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания «Домашние задания по машинам и оборудованию для добычи и подготовки нефти и газа. Часть III» составлены в полном соответствии с новыми рабочими программами по специальным дисциплинам «Машины и оборудование для добычи и подготовки нефти и газа», «Нефтегазопромысловое оборудование».

В зависимости от специальности, учебными планами предусматривается изучение дисциплины, основу которой составляет курс «Машины и оборудование для добычи и подготовки нефти и газа». При изучении этой дисциплины определенное количество часов выделяется на самостоятельную работу студентов. Для самостоятельной работы студентов в части изучения скважинных насосных установок предложены варианты домашних заданий.

Предлагаемые домашние задания отражают связь теоретической части с ее прикладной частью в области машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов.

Количество домашних заданий определяется преподавателем в зависимости от количества часов, выделенных на самостоятельную работу студентов.

Выбор варианта домашнего задания осуществляется студентами по своему номеру в студенческом журнале.

Домашнее задание № 1.

Подбор штанговых насосных установок для добычи нефти

В качестве основы для подбора скважинных штанговых насосных установок использована универсальная методика подбора скважинных насосных установок, разработанная на кафедре машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности Российского государственного университета нефти и газа имени И.М.Губкина.

Основные положения этой методики подбора скважинных штанговых насосных установок приведены ниже.

1. По исходным данным (пластовые и скважинные условия, заданный дебит) определяем динамический уровень.

При этом учитывается «водяная подушка», остающаяся на участке «забой скважины – прием насоса» после проведения подземного ремонта скважины и переменная плотность смеси «вода-нефть-газ».

Плотность смеси $\rho_{см}$ определяется по исходным данным (плотности нефти, газа и воды, обводненность, газовый фактор, пластовые температура и давление, геотермический градиент, давление насыщения, кривая разгазирования). Практически этот этап работы полностью повторяет пункты № 1- 15 методики подбора УЭЦН.

2. Используя коэффициент сепарации и допустимую величину свободного газа на приеме насоса, определяем минимально-возможную глубину спуска насоса.

3. По заданному дебиту определяем типоразмер базового скважинного насоса, (из формулы $Q_{ид} = 1440 \eta * F_{нас} * S * n$ для насосов обычного исполнения и $Q_{ид} = 1440 \eta * (F_{нас.1} - F_{нас.2}) * S * n$ для насосов типа ННД и ННГ, где $F_{нас.1}$ и $F_{нас.2}$ – площади 1-ой и 2-ой ступеней насоса), принимая, что среднее число качаний $n = 6,0$ в мин., средняя длина хода $S = 2,5$ м, коэффициент подачи

нового или отремонтированного насоса $\eta = 0,8$. После расчета диаметра и выбора стандартного типоразмера насоса выбираем два-три соседних типоразмера (в большую и меньшую сторону) и определяем для них скорость откачки - произведение $n * S$.

4. По типоразмеру насоса и глубине спуска определяем (предварительно) максимальные и минимальные нагрузки в точке подвеса штанг по формулам:

$$P_{max} = P_{шт} + P_{ж} + P_{виб} + P_{ин} + P_{ж.тр.} + P_{мех.тр.} \quad (1.1)$$

$$P_{мин} = P_{шт} - (P_{виб} + P_{ин}) - P_{мех.тр.} - P_{ж.тр.}, \quad (1.2)$$

где: - $P_{шт} = \sum (q_i L_i g K_{арх})$; где q_i - масса 1-го метра штанг; L_i - длина ступени штанг; $i = 1$ и 2 ; - $K_{арх} = 1 - \rho_{ж}/\rho_{ст}$ - коэффициент Архимеда; $L_2 = L_{подв}(1-K_{нас})$; $L_1 = L_{подв} (K_{нас})$; $K_{нас}$ - коэффициент, равный диаметру рассматриваемого насоса в мм, деленный на 100.

$$P_{ж} = (\rho_{ж} * H_{дин} g + P_{буф}) F_{нас} \quad (\text{для насосов обычного исполнения})$$

$P_{ж} = (\rho_{ж} * H_{дин} g + P_{буф}) (F_{нас1} - F_{нас2})$ - для насосов исполнения ННД и ННГ.

Где: $H_{дин}$ - динамический уровень; $P_{буф}$ - буферное давление; $F_{нас}$ - эффективные площади плунжеров рассматриваемого насоса.

$$P_{виб} = \alpha m_{\omega} \sqrt{(a \psi - \lambda/S)} P_{шт} P_{ж} \quad (1.3)$$

где - α и a - кинематические коэффициенты станка-качалки, $m_{\omega} = \sqrt{\omega S/g}$; $\omega = 2\pi n/60$, где n - частота ходов в минуту;

$$\psi = \lambda_{шт} / (\lambda_{шт} + \lambda_{тр});$$

$$\lambda_{шт} = P_{ж} L_{подв} / E (K_{нас} / f_1 + (1-K_{нас}) / f_2);$$

где:

f_1 - площадь поперечного сечения нижней ступени колонны штанг; f_2 - площадь поперечного сечения верхней ступени колонны штанг; суперход плунжера для современных условий работы ШСНУ практически равен нулю.

$$\lambda_{mp} = P_{ж} L_{подв} / E f_{mp} ;$$

f_{mp} - площадь поперечного сечения материала колонны НКТ.

$$P_{ин\uparrow\downarrow} = 0,5 \alpha m^2 \omega (a_{\downarrow\uparrow} - 2\lambda/S\psi) P_{итт} \quad (1.4)$$

$$P_{ж.тр.\uparrow} = 0.685 \pi^2 L_{подв.} \mu_{ж} S n; \quad (1.5)$$

$$P_{ж.тр.\downarrow} = 5,472 * [1.2 * L_{подв.} + 10.3 * (L_{подв.} / 8)] \mu_{ж} S n; \quad (1.6)$$

где $L_{подв.}$ - длина подвески насоса, м; $\mu_{ж}$ - вязкость откачиваемой жидкости; S - длина хода, м; n - частота ходов, 1/мин.

$$P_{мех.тр.} = P_{тр.пл.} + P_{тр.итт.} \quad (1.7)$$

где: $P_{тр.пл.}$ - механическое трение плунжера о цилиндр,

$$P_{тр.итт.\uparrow} = \Sigma \{0.25 \sin(\gamma_{max i}) * (P_{итт i} + P_{ж})\}; \quad (1.8)$$

$$P_{тр.итт.\downarrow} = \Sigma \{0.25 \sin(\gamma_{max i}) * (P_{итт i})\}; \quad (1.9)$$

где: $\gamma_{max i}$ - телесный угол искривления ствола скважины на i -том участке.

5. По максимальной нагрузке выбираем типоразмер станка-качалки и уточняем параметры работы установки - частоту и длину ходов.

В связи с тем, что на нефтяных промыслах практически никогда не используются режимы работы СК с максимальной длиной хода при максимальной нагрузке на головку балансира, проверка СК по максимальному крутящему моменту на валу кривошипа не производится.

6. По уточненным параметрам работы и кинематическим коэффициентам СК определяем точные значения сил при ходе вверх и вниз с учетом сил трения.

$$(P_{тр.шт.} = f_{тр} * N_i * \sin \gamma_i; \gamma_i = \sqrt{\alpha^2 + 4 * \beta^2}); \quad (1.10)$$

где α - зенитный угол, β - азимутальный угол;

$$\alpha_i = \alpha_{i+1} - \alpha_i; \beta_i = \beta_{i+1} - \beta_i$$

7. По величине силы трения в нижней части колонны штанг и силам сопротивления в скважинном насосе (трение в плунжерной паре и противодавлении клапана) определяем длину «тяжелого» низа из штанг диаметром 19, 22, 25 или 28 мм.

$$L = (P_{кл} + P_{тр.пл.} + P_{ж.тр.↓} + P_{тр.шт.↓}) / K_{Арх} * q * g; \quad (1.11)$$

и уточняем этот вес после округления длины «тяжелого» низа.

$$P_{тяж1} = L_8 * K_{Арх} * q * g; \quad (1.12)$$

где: q - масса погонного метра выбранных штанг, кг;

L_8 - длина «тяжелого» низа, округленная до длины, кратной «8»-и метрам.

$K_{Арх} = 1 - \rho_{ж} / \rho_{ст}$ - коэффициент Архимеда.

Длина «тяжелого низа» округляется в большую сторону до числа, кратного «8».

8. По весу «тяжелого низа» и нагрузкам при ходе вверх и вниз выбираем длину нижней секции штанговой колонны диаметром 19 мм, исходя из условия $\sigma_{пр} = 0,7 [\sigma_{пр}]$ в верхнем сечении этой секции.

$$\sigma_{np} = \sqrt{\sigma_{max} \sigma_a} \quad (1.13)$$

где σ_{max} - максимальное напряжение; σ_a - амплитудное напряжение.

$$\sigma_{max} = P_{max i} / f_i$$

$$\sigma_a = (P_{max i} - P_{min i}) / f_i$$

Индекс “i” говорит о том, что в расчете используется не вся колонна штанг, а только ее нижняя часть, т.е. :

$$P_{max i} = P_{тяж 1} + P_{шт i} + P_{ж} + P_{виб i} + P_{ин i} + P_{ж.тр. i} + P_{тр.пл.} + P_{тр.шт. i} \quad (1.14)$$

$$P_{min i} = P_{тяж 1} + P_{шт i} - (P_{виб i} + P_{ин i}) - P_{тр.пл.} + P_{тр.шт. i} - P_{ж.тр. i}, \quad (1.15)$$

f_i - площадь поперечного сечения “i-ой” ступени штанг.

$$0,7 [\sigma_{np}] = \sqrt{(P_{max i} / f_i) [(P_{max i} - P_{min i}) / f_i]}; \quad (1.16)$$

Отсюда выбирается длина нижней ступени колонны штанг (при $i = 1$) L_1

9. По длинам и весам “тяжелого низа” и нижней ступени штанговой колонны выбираем длину второй секции колонны диаметром 22 мм, исходя из того же условия прочности. При этом в формуле (2.16) $i = 2$, а вес

$$P_{тяж 2} = P_{тяж 1} + P_{шт 1}.$$

Определяем суммарную длину “тяжелого низа”, первой и второй ступени колонны штанг. Если суммарная длина превышает глубину спуска насоса или равна ей (+ - 5%), расчет штанг закончить, если меньше глубины спуска, то перейти к п.10 настоящего раздела методики.

10. Определяем длину третьей ступени штанговой колонны (диаметром 25 мм) аналогично предыдущим шагам. Проверяем длину колонны и

сравниваем ее с глубиной спуска. Если длина меньше глубины спуска - перейти к 11 пункту.

11. Определяем длину четвертой ступени колонны штанг (диаметр 28 мм). Работа аналогична пунктам 8, 9, 10 настоящей методики.

12. Все расчеты по п.п. 8-12 проводятся для штанг с определенным $[\sigma_{np}]$. Если при принятой прочности необходимы 4 и более ступеней штанг с диаметрами более 25 мм, переходим к расчету штанг из более прочной стали (20Н2М, 15Н3МА или иной, например – по рекомендациям Американского нефтяного института) с повышенным значением $[\sigma_{np}]$.

Кроме длин ступеней в компоновке колонны штанг необходимо определять места обязательной и желательной установки центраторов. В качестве критерия места обязательной установки центраторов выбран темп набора кривизны более 1 град./10 м и/или зенитный угол более 12 град.; для желательной установки - темп набора кривизны более 0,4 град./10 м и/или зенитный угол более 6 град.

13. По величине максимальной и минимальной нагрузки и типу выбранного СК определяются параметры уравновешивания (например - радиус уравновешивания и количество контргрузов на кривошипе станка-качалки) – см. работу № 3 настоящего методического пособия.

Задание

По исходным данным (см. табл. 1) провести подбор элементов СШНУ и режимов работы установки (минимум 2-3 варианта с разными диаметрами насосов, длинами ходов и частоты качаний). Выбрать наиболее приемлемый вариант, обосновать результаты подбора оборудования.

Таблица 1. Исходные данные

№ п/п	Плотность воды/нефти/газа, кг/м ³	Коэффициент вязкости нефти, м ² /с* 10 ⁻⁵	Планируемый дебит скважины, м ³ /сутки	Обводненность продукции пласта	Газовый фактор, м ³ /м ³	Объемный коэффициент нефти	Глубина расположения пласта, м	Пластовое давление, МПа
1/16	1010/850/1	4,7	10/13	0,5	80	1,19	2300	19
2/17	1015/850/1	5,6	8/15	0,05	90	1,20	2400	21
3/18	1020/850/1	3,4	9/11	0,1	70	1,19	2500	20
4/19	1030/850/1	4,6	11/8	0,8	90	1,18	2600	21
5/20	1040/850/1	2,4	13/16	0,7	100	1,19	2700	23
6/21	1010/810/1	1,8	15/10	0,6	120	1,22	2400	21
7/22	1010/820/1	3,5	16/11	0,5	105	1,20	2500	21
8/23	1010/830/1	6,1	20/13	0,4	110	1,21	2700	23
9/24	1010/840/1	5,5	22/24	0,3	70	1,19	2800	22
10/25	1015/850/1	6,5	15/10	0,2	60	1,17	2400	20
11/26	1015/860/1	4,6	20/10	0,1	50	1,18	2300	19
12/27	1015/870/1	3,5	30/15	0,6	30	1,16	2200	19
13/28	1015/880/1	4,9	29/10	0,4	75	1,18	2100	18
14/29	1015/840/1	5,5	27/10	0,3	88	1,19	2400	21
15/30	1015/830/1	6,7	25/5	0,2	90	1,19	2600	21

Продолжение таблицы .

№ п/п	Давление насыщения	Пластовая температура, оС	Температурный градиент, оС/1 м	Коэффициент продуктивности	Давление заглубное/буферное, МПа	Содержание механических примесей, мг/л	Содержание сероводорода и углекислого газа	Размеры обсадной колонны, мм
1,16	12	70	0,02	1,0	1,1/1,5	300	0,1	139 x 6,5
2,17	13	66	0,02	0,8	1,2/1,5	400	0,1	139 x 7
3,18	12	75	0,02	1,0	1,3/1,5	500	0,2	139 x 8
4,19	11	79	0,02	1,1	1,4/1,5	600	0	139 x 9
5,20	14	80	0,02	1,2	1,5/1,5	700	0,1	168 x 9
6,21	12	74	0,025	1,5	1,1/1,4	800	0,2	168 x 11
7,22	13	67	0,020	1,4	1,2/1,4	900	0,3	168 x 10
8,23	15	80	0,027	1,8	1,3/1,4	1000	0	186 x 12
9,24	11	75	0,025	2,0	1,4/1,4	1100	0,1	146 x 10
10,25	12	60	0,021	1,5	1,5/1,4	1200	0,2	146 x 6,5
11,26	13	58	0,022	2,0	1,6/1,4	1300	0,3	146 x 7
12,27	14	65	0,024	2,8	1,0/1,6	1400	0	146 x 8
13,28	11	60	0,028	2,5	1,0/1,7	900	0,1	146 x 9
14,29	15	75	0,027	2,8	1,0/1,8	700	0,2	146 x 10
15,30	13	80	0,025	2,5	1,0/1,9	400	0,3	146 x 11

Домашнее задание № 2.

Обработка динамограмм работы скважинных штанговых насосных установок.

Динамограммой называется зависимость нагрузки на какой-либо элемент установки от времени или другого фактора. Для установок скважинных штанговых насосов динамограмма строится, чаще всего, как зависимость нагрузки на полированный шток от времени хода этого элемента или от перемещения полированного штока. В первом случае динамограмма является разомкнутой, во втором – замкнутой. Именно такая, замкнутая динамограмма, в основном, используется для определения основных рабочих параметров СШНУ: максимальных и минимальных нагрузок, удлинения колонны штанг и труб, наличия и величины динамических нагрузок, сил трения и т.д.

Простейшая теоретическая динамограмма нормальной работы штангового насоса имеет форму параллелограмма (см. рис. 2.1, левый). Она строится для условий, когда насос исправен и герметичен, цилиндр насоса заполнен несжимаемой жидкостью, клапаны насоса являются абсолютно герметичными и потери давления в них равны нулю, в насосной установке не возникают динамические нагрузки, коэффициент наполнения насоса равен единице.

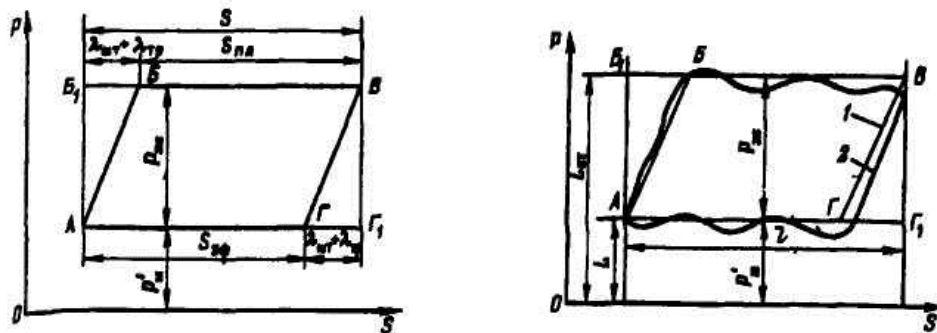


Рис. 2.1. Теоретическая (слева) и фактическая (справа) динамограммы

Процесс восприятия нагрузок штангами изображается наклонной линией АБ. Отрезок Б₁Б соответствует в масштабе перемещений сумме деформаций штанг и труб (определение деформации см. в Домашнем задании № 1). Прямая БВ, параллельная оси абсцисс, отвечает максимальной статической нагрузке у точки подвеса за ход вверх (см. Д.З. № 1).

Процесс разгрузки штанг в условиях полного заполнения цилиндра несжимаемой жидкостью протекает аналогично процессу восприятия нагрузки и изображается линией ВГ, параллельной АБ. Дальнейшему движению устьевого штока вниз при постоянной нагрузке, равной весу штанг в жидкости минус силы трения, соответствует прямая ГА (см. Д.З. №1)..

Действительная динамограмма работы штангового насоса отличается от теоретической в основном из-за влияния сил инерции и колебательных процессов в колонне штанг (см. Д.З. №1). Вследствие влияния сил инерции динамограмма оказывается повернутой на некоторый угол по часовой стрелке, а продольные колебания в колонне штанг вызывают волнообразное изменение нагрузки на устьевой шток.

Для полного и правильного чтения динамограммы необходимо выявить все факторы, влияющие на работу насоса. Для этого на основе практической динамограммы производят расчет элементов и построение теоретической динамограммы и их совмещение. Этот процесс называется обработкой динамограммы.

Измерение нагрузки в точке подвеса штанг производится по вертикали, приведенной перпендикулярно к нулевой линии динамограммы, которая прочерчивается перед монтажом динамографа на канатной подвеске.

Нагрузка P определяется по формуле

$$P = L * p_{\phi} \quad (2.1)$$

где L — расстояние по вертикали от нулевой линии до точки, где измеряется нагрузка, мм; p_0 — масштаб усилий динамографа, Н/мм.

Масштабом усилий называется величина нагрузки на устьевой шток, вызывающей отклонение пера самописца по вертикали на 1 мм. Масштаб усилий можно найти и после динамометрирования из выражения

$$P = P'_{шт} / L_0, \quad (2.2)$$

где L_0 — расстояние от нулевой линии до линии веса штанг, мм.

Для точного определения масштаба усилий динамограф следует периодически тарировать. Тарировку можно производить на универсальной тарировочной машине или гидравлическим прессом для всех трех масштабов измерения усилий.

Перемещения по динамограмме измеряются по горизонтали как расстояния между перпендикулярами, проведенными к нулевой линии через заданные точки динамограммы. Для измерения фактического перемещения необходимо знать масштаб перемещений m , представляющий собой отношение длины хода устьевого штока S к длине динамограммы l (линия АГ, или Б₁В),

$$m = S / l \quad (2.3)$$

Для построения расчетной динамограммы необходимо подсчитать статическую нагрузку, вес колонны штанг и деформацию труб и штанг. Статическая нагрузка определяется по формуле (2.4)

$$P_{ст} = P_{ж} + P'_{шт} \quad (2.4)$$

где $P_{ж}$ — вес жидкости над плунжером насоса;

$$P_{ж} = F_{пл} H_0 \rho_{ж} g 10^{-4} \quad (2.5)$$

$F_{пл}$ — площадь сечения, плунжера, м²; H_0 — динамический уровень жидкости, м;

$\rho_{ж}$ — плотность жидкости в подъемных трубах, кг/м³;

$P'_{шт}$ — вес колонны штанг в жидкости;

$$P'_{шт} = A P_{шт} \quad (2.6)$$

$A = (\rho_{шт} - \rho_{ж}) / \rho_{шт}$, - коэффициент Архимеда

$$P'_{шт} = q_1 l_1 + q_2 l_2 + q_3 l_3 \quad (2.7)$$

Для нанесения линии веса штанг на динамограмму определяется ее удаление от нулевой линии из выражения

$$L_0 = P'_{шт} / p \quad (2.8)$$

Отложив величину L_0 на перпендикулярах, проводят линию AG_1 .

Расстояние линии статической нагрузки от нулевой линии рассчитывается по формуле

$$L_{ст} = P_{ст} / p \quad (2.9)$$

Отложив $L_{ст}$ на вертикальной оси динамограммы, проводят горизонтальную линию B_1B .

Линия восприятия нагрузки AB находится отложением на линии B_1B величины деформации труб и штанг в масштабе. Деформация труб и штанг определяется по формуле:

$$\lambda = \lambda_{шт} + \lambda_{тр} = P_{ж} L_{ст} (1 / f_{шт} + 1 / f_{тр}) / 2.1 * 10^6 \quad (2.10)$$

где: $L_{ст}$ — глубина спуска насоса, м; $f_{шт}$ - площадь поперечного сечения штанг, м²; $f_{тр}$ - площадь поперечного сечения тела НКТ, м².

Величина отрезка, соответствующего значению деформации труб и штанг, составляет

$$B_1B = \lambda / \tau \quad (2.11)$$

Отложив на линии веса штанг линию $\Gamma_1\Gamma = B_1B$ и соединив точки А, Б, Г и В, определяют линию восприятия нагрузки АБ и линию снятия нагрузки ВГ.

На динамограмме линия B_1B представляет собой длину хода устьевого штока S , линия $BВ$ — длину хода плунжера $S_{пл}$, а линия $АГ$ — полезный или эффективный ход плунжера $S_{эф}$. Из-за неполного заполнения цилиндра жидкостью линии $BВ$ и $АГ$ на практических динамограммах могут быть не равными. Используя соотношения этих величин в масштабе, можно определить коэффициенты подачи η и наполнения насоса β .

$$\eta = S_{эф} / S = АГ / B_1B \quad (2.12)$$

$$\beta = S_{эф} / S_{пл} = АГ / BВ. \quad (2.13)$$

Практические динамограммы. В зависимости от параметров штанговой насосной установки практические динамограммы нормальной работы насоса имеют весьма разнообразные очертания (рис. 2.2).

На форму динамограммы существенно влияют глубина спуска насоса, число качаний балансира, наличие свободного газа в цилиндре насоса, неисправность клапанных узлов и т.д.

Так, с увеличением глубины спуска насоса увеличивается высота линии нагрузки при ходе вниз по отношению к нулевой линии, возрастает нагрузка от веса жидкости при сохранении отношения веса штанг к весу жидкости, на динамограмме укладывается меньшее число полувольт колебаний нагрузки.

С увеличением числа качаний на динамограмме появляются затухающие волнообразные изменения нагрузки при ходе плунжера вверх и вниз.

При наличии утечки жидкости в нагнетательной части насоса (см. Приложение рис. 3) процесс восприятия нагрузки изображается линией,

имеющей меньший угол наклона к горизонтали, чем линия восприятия нагрузки при нормальной работе насоса; правый верхний угол динамограммы закруглен; линия снятия нагрузки идет более круто и угол, образуемый ею и нулевой линией, имеет больший наклон.

Характерные особенности динамограммы насоса, имеющего утечки в приемной части, следующие (см. Приложение рис. 4): процесс снятия нагрузки изображается линией, угол наклона которой к нулевой меньше, чем у линии снятия нагрузки при нормальной работе насоса; левый нижний угол динамограммы закруглен; линия восприятия нагрузки идет более круто и угол между ней и нулевой линией имеет больший наклон.

Если насосная установка имеет одновременные утечки в приемной и нагнетательной частях, то динамограмма имеет закругление левого нижнего и правого верхнего углов (см. Приложение рис. 5).

Утечка жидкости из НКТ не придает динамограмме каких-либо специфических очертаний. Однако при помощи динамометрирования можно установить ее наличие. Для этого при остановленном СК несколько раз прочерчивают линию максимальной нагрузки в течение 10—15 мин. Если эта линия при повторной записи не совпадает с первой, то имеют место утечки через НКТ.

Динамограммы работы штангового насоса при откачке жидкости с газом имеют следующие характерные очертания (см. Приложение рис. 6): линия снятия нагрузки представляет собой кривую с той или иной кривизной, выпуклость которой обращена влево вверх; процесс снятия нагрузки протекает замедленно, вследствие чего открытие нагнетательного клапана происходит позже, чем при нормальной работе; левый нижний и правый верхний углы динамограммы острые; линии снятия и восприятия нагрузки параллельны.

При низкой посадке плунжера снижение нагрузки и последующий набор этой нагрузки на динамограмме записывают по-разному. Если удар нерезкий, нагрузка снижается плавно, посадка плунжера записывается в виде петли в

нижнем левом углу динамограммы (см. Приложение рис. 7). Линия восприятия нагрузки отодвигается вправо от своего нормального положения. Петля удара всегда располагается ниже линии веса штанг. При ударах плунжера полезная длина его хода уменьшается на длину горизонтальной проекции петли.

При высокой посадке плунжера динамограмма имеет резкое снижение нагрузки или петлю в верхнем правом углу (см. Приложение рис. 8 и 9). Часто петля располагается выше линии статической нагрузки.

Обрыв (отворот) штанг записывается на динамограмме в виде узкой горизонтальной замкнутой линии. Динамограмма совпадает с линией веса штанг, если обрыв произошел у самого плунжера или вблизи этой точки (Приложение, рис. 10).

Обработка практической динамограммы ведется в следующем порядке:

1. Записываются исходные данные - глубина подвески насоса, диаметр насоса, конструкция колонны штанг, диаметр колонны НКТ, замеренный дебит жидкости, плотность жидкости, длина хода головки балансира станка-качалки, число качаний, глубина расположения динамического уровня, величина буферного давления, величины длины и высоты динамограммы.
2. Находится масштаб перемещений.
3. Определяется длина ступеней штанг
4. Определяется вес 1 метра штанг в воздухе
5. Определяется вес колонны штанг в жидкости.
6. Определяется расстояние линии веса штанг от нулевой линии
7. Определяется площадь плунжера насоса.
8. Определяется нагрузка от веса жидкости
9. Определяется расстояние линии статической нагрузки от нулевой
10. Определяется площадь сечения штанг
11. Определяется площадь сечения тела НКТ
12. Определяется деформация колонны штанг и труб
14. Определяется потеря хода полированного штока в масштабе перемещений динамограммы
15. Определяется максимальная и минимальная нагрузка на полированный шток
16. Определяется коэффициент подачи насоса
17. Определяется коэффициент наполнения насоса
18. Определяется дебит скважины:

19. Определяется ошибка в определении подачи насоса
 20. Определяются основные неполадки в работе СШНУ и принимается решение о возможности дальнейшей эксплуатации.

Задание.

Провести диагностику работы СШНУ по динамограмме (выдается преподавателем) в соответствии с исходными данными (табл.2.1).

Таблица 1. Исходные данные для расчета

Вариант	Глубина спуска, м	Диаметр насоса, мм	Кол-во штанг 19 мм	Кол-во штанг 22 мм	Диам. НКТ, мм	Длина хода пол. штока, м	Число ходов 1/мин	Масштаб Н/мм	Ндн м	Рбуф, МПа
1	1000	57	55	70	73	2.1	6	815	690	1.2
2	1104	44	65	73	73	2.5	5	1020	700	1.2
3	1200	38	68	82	73	3.0	6	900	800	1.2
4	1304	44	75	88	73	3.0	7	1200	870	1.2
5	1400	32	85	90	73	3.5	5	1100	890	1.2
6	1448	38	85	96	73	2.5	6	870	900	1.2
7	1280	32	75	85	73	3.0	4.8	900	770	1.2
8	1600	32	90	110	73	3.5	5	1070	1100	1.2
9	1648	29	100	106	60	2.1	5.5	1240	1200	1.2
10	1696	32	100	112	60	1.8	6.3	780	1270	1.2
11	1504	38	90	98	73	1.5	6.5	800	1160	1.2
12	1448	44	75	106	73	1.8	7	900	1060	1.2
13	1296	57	90	72	73	2.5	8	815	980	1.3
14	1200	38	75	75	73	2.1	9	1020	910	1.3
15	1104	57	58	80	73	2.8	5	900	930	1.3
16	1000	44	50	75	73	3.0	6	1200	710	1.3
17	904	70	79	34	89	2.1	5	1100	780	1.3
18	952	57	70	49	73	1.8	6	870	650	1.3
19	1000	44	58	67	73	2.5	7	900	780	1.3
20	1200	38	60	90	73	2.1	8	1070	1040	1.3
21	1104	44	60	78	73	2.1	7	1240	930	1.3
22	1304	38	70	93	73	3.0	6	780	970	1.3
23	1256	32	50	107	60	3.0	9	800	880	1.3
24	1320	38	64	101	73	2.1	8	900	1100	1.3
25	1760	32	70	150	73	3.0	6	1000	1300	1.1

Домашнее задание № 3.

Уравновешивание механических балансирных приводов скважинных штанговых насосных установок.

Равномерная нагрузка приводного двигателя штанговой скважинной установки возможна только при наличии уравновешивающего устройства. В механических балансирных станках-качалках наиболее широко применяют уравновешивающие устройства, состоящие из грузов установленных на балансире и роторе.

При этом под уравновешенностью установки подразумевается равенство работ, совершаемых приводным двигателем станка-качалки при ходе вверх и вниз, т.е. $A_v = A_n$.

Для определения веса груза, устанавливаемого на балансире, при котором установка будет уравновешена, можно воспользоваться уравнениями элементарной теории работы ШСНУ.

При движении штанг вверх работа будет затрачиваться на перемещение штанг и жидкости

$$A_v = (P_{ум} + P_{ж}) S \quad (3.1)$$

при ходе вниз

$$A_n = - P_{ум} S \quad (3.20)$$

Полезная работа за двойной ход будет

$$A = P_{ж} S \quad (3.3)$$

При установке на балансире в точке B уравновешивающего груза G (рис. 3.1) механическая работа при ходе вверх и вниз будет соответственно равна (если переднее плечо балансира равно заднему)

$$A_v = (P_{ж} + P_{ум}) S - G S \quad (3.4)$$

$$A_n = - P_{ум} S + G S \quad (3.5)$$

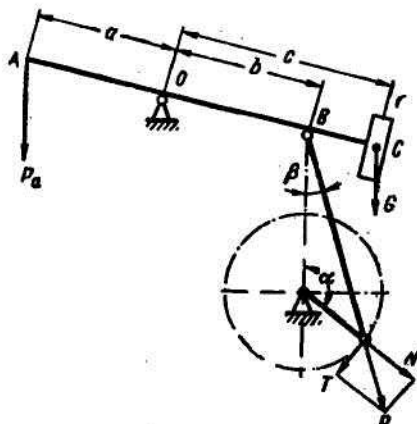


Рис. 3.1. Схема балансирного уравновешивания станка-качалки

Если в уравновешенном станке-качалке $A_e = A_n$, то, приравняв правые части уравнений, получим

$$G = 0.5 P_{жс} + P_{умт} \quad (3.6)$$

Поскольку в реальных станках-качалках груз устанавливают не в точке B , а в точке C , то с учетом различных длин плеч балансира вес уравновешивающего груза будет равен

$$G = (0.5 P + P_{умт}) a / c \quad (3.7)$$

Данный способ уравновешивания называется балансирующим, он прост, но его основным недостатком является появление дополнительных инерционных сил, обусловленных наличием массы груза G , который движется со значительными ускорениями в начале и в конце каждого хода. Инерционные силы отрицательно сказываются на работе всех деталей привода установки.

От этого недостатка свободен роторный способ уравновешивания (рис. 3.2). Уравновешивающий груз G_p монтируют на кривошипе. При ходе штанг вверх и вниз совершенная двигателем работа будет равна

$$A_e = (P_{умт} + P_{жс}) S - G_p 2R \quad (3.8)$$

$$A_n = - P_{умт} S + G_p 2R \quad (3.9)$$

Приравняв правые части уравнений, получим (полагая, что $a = b$)

$$G_p = (2P_{умт} + P_{жс}) S / 4R \quad (3.10)$$

Но $S = 2r$, тогда $G_p = r (P_{умт} + 0.5 P_{жс}) / R$, а с учетом различной длины плеч балансира

$$G_p = (P_{умт} + 0.5 P_{жс}) ar / Rb \quad (3.11)$$

При роторном уравновешивании постоянен вес грузов, которые могут перемещаться по кривошипу. Поэтому для изменения параметров уравновешивания изменяют радиус расположения центров масс грузов R . Значение величины R определяется по формуле

$$R = (P_{умт} + 0.5 P_{жс}) ar / bG_p \quad (3.12)$$

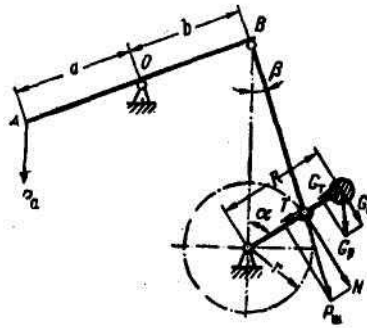


Рис. 3.2. Кинематическая схема балансного станка-качалки с роторным уравниванием

Инерционные усилия, возникающие при движении грузов при роторном уравнивании, воспринимаются только подшипниками кривошипного вала. При его постоянной угловой скорости вращения эти усилия не передаются на другие детали установки.

При комбинированном уравнивании уравнивающие грузы устанавливаются и на балансирах, и на кривошипе.

Вес груза на роторе определяется следующим образом:

При ходе штанг вверх и вниз работа, затрачиваемая двигателем, равна

$$A_{\uparrow} = (P_{ум} + P_{жс})S_a - GS_{\delta} - G_p 2R \quad (3.13)$$

$$A_{\downarrow} = -P_{ум}S_a + G S_{\delta} + G_p 2R \quad (3.14)$$

Определим величину груза на роторе (кривошипе) G_p , задавшись значением веса груза на балансирах G . Для этого приравняем правые части уравнений.

$$G_p = (P_{ум} + 0.5 P_{жс}) (S_a / 2R) - S_{\delta} G / 2R \quad (3.15)$$

Тогда получим: $S_a = 2ar / b$ и $S_{\delta} = 2rc / b$,

$$G_p = (ra / Rb) (P_{ум} + 0.5 P_{жс}) - cr G / br \quad (3.16)$$

Комбинированное уравнивание применяют в основном на средних по мощности станках-качалках, где использование балансного уравнивания привело бы к появлению значительных сил инерции от противовеса.

Уравновешенность установки контролируют замером величины тока электродвигателя, максимальные значения которого при ходе штанг вверх и вниз должны быть одинаковыми. Допустимая величина разности токов в приводном электродвигателе не должна превышать 10%.

Определенное тем или иным методом положение противовесов должно быть откорректировано путем замеров непосредственно на скважине силы

тока при ходе головки балансира станка-качалки вверх и вниз. В результате уточняется по нижеприведенной эмпирической формуле суммарное расстояние, на которое требуется переместить в совокупности противовесы для достижения уравновешенности установки

$$\Delta R = 20000(I_B - I_H) / G_p n \quad (3.17)$$

ΔR - искомое расстояние, см;

$I_B - I_H$ - соответственно максимальные значения силы тока при ходе головки балансира вверх и вниз, А;

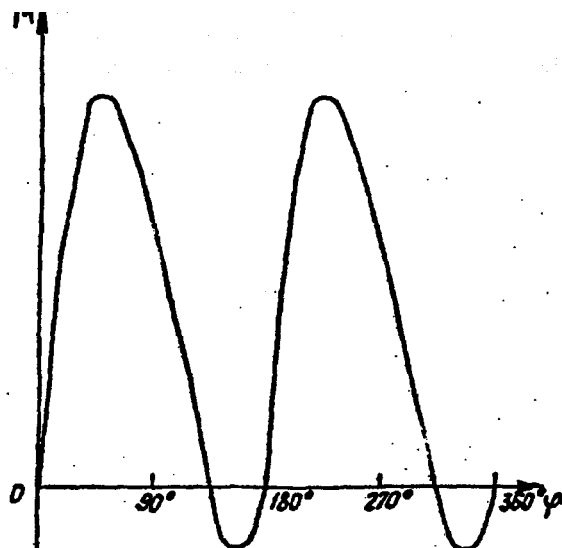


Рис.3.3. Диаграмма изменения крутящего момента в правильно уравновешенном станке-качалке

При $\Delta R > 0$ противовесы следует отодвинуть от центра вращения, при $\Delta R < 0$ - переместить к центру вращения кривошипов. В правильно уравновешенном станке-качалке диаграмма изменения крутящего момента должна иметь вид, доказанный на **рис. 3.3**. При переходе головки балансира от хода вверх к ходу вниз и обратно имеют место участки с отрицательным значением крутящего момента, что объясняется воздействием сил инерции движущихся масс. Это приводит к ударам в зубчатых зацеплениях при крайних положениях кривошипов, повышенному износу и даже к поломке зубьев. Поскольку полностью исключить это явление не представляется возможным, то следует стремиться ограничить величину отрицательных участков правильным уравновешиванием штанговой установки. Во всех случаях изменения режима работы СШНУ (длины хода, диаметра насоса, глубины спуска насоса и др.) требуется новый расчет и изменение положения противовесов и количества грузов на балансирах (при комбинированном уравновешивании).

Для облегчения работы по уравновешиванию приводов имеется большое количество номограмм и графиков (см. Приложение 2). При пользовании графиками необходимо предварительно определить величины крутящих моментов для различных станков-качалок.

Например, для станков-качалок типа 6СК4-3-2500 и 6СК6-2.1-2500 величины крутящих моментов можно определять по формулам, представленным в **табл.3.1**.

Таблица 3.1. Определение величины крутящего момента

Станок-качалка 6СК4-3-2500			станка-качалки 6СК6-2,1-2500	
№	длина хода S, м	крутящий момент M, кН*м	длина хода S, м	крутящий момент M, кН*м
1	1.3	$M = 0,615(P_{шт} + 0,5P_{ж}) - 7,95$	0,9	$M = 0,43(P_{шт} + 0,5P_{ж}) - 9,48$
2	1.7	$M = 0,815(P_{шт} + 0,5P_{ж}) - 8,31$	1,2	$M = 0,57(P_{шт} + 0,5P_{ж}) - 10,25$
3	2.15	$M = 1,015(P_{шт} + 0,5P_{ж}) - 8,67$	1,5	$M = 0,71(P_{шт} + 0,5P_{ж}) - 11,1$
4	2.6	$M = 1,220(P_{шт} + 0,5P_{ж}) - 9,03$	1.8	$M = 0,85(P_{шт} + 0,5P_{ж}) - 11,9$
5	3.0	$M = 1,430(P_{шт} + 0,5P_{ж}) - 9,40$	2.1	$M = 1,00(P_{шт} + 0,5P_{ж}) - 12,8$

Для уравновешивания привода типа ПШНГ 10-3-5500 требуемый уравновешивающий момент определяется по формуле

$$M_{ур} = S/2 (0,55 P_{max} + 0,45 P_{min}) \quad (3.18)$$

По расчетному $M_{ур}$ и графику (Приложение, рис.) определяется количество противовесов и место их установки на кривошипах.

Для уравновешивания станков-качалок румынского производства типов UP-7, UP-9, UP-12 предлагается следующая методика.

Максимальная нагрузка на головку балансира определяется по формуле

$$P_{max} = q_{шт} Lk_y + q_{ж} H_d \quad (3.19)$$

$q_{шт}$ - приведенный вес 1 м штанг с муфтами, кН/м;

L - длина колонны штанг, м;

k_y - фактор ускорения, $k_y = 1,0 + 1,873$;

$Q_{ж}$ - вес 1 м столба жидкости в трубах, кН/м;

H_d - динамический уровень жидкости, м.

Фактор ускорения

$$k_y = 1 + S * n^2 / 1790 \quad (3.20)$$

n - число двойных ходов балансира в мин.

Минимальная нагрузка на головку балансира

$$P_{min} = q_{шт} Lk_y \quad (3.21)$$

Необходимая для уравновешивания нагрузка

$$P = (P_{max} + P_{min}) / 2 + Q_k$$

Q_k - конструктивная неуравновешенность, $Q_k = 2,35$ кН

$$P = P - F_{\theta} / m \quad (3.22)$$

$m = G_p / g$, где g - радиус кривошипа.

Для уравнивания одноплечего привода типа ПШГНОБ-2,5
требуемый уравнивающий момент;

$$M_{ур} = S/2 (0,44 P_{max} + 0,42 P_{min}) \quad (3.23)$$

По величине $M_{ур}$ и графику (Приложение 2) определяется количество
противовесов и место их установки на кривошипах.

ЗАДАНИЕ

Рассчитать параметры уравнивания механического привода СШНУ в
соответствии с вариантом задания.

Ва- ри- ант	Глубина спуска, м	Диаметр насоса, мм	Кол- во штанг 19 мм	Кол-во штанг 22 мм	Тип привода	Длина хода пол. штока, м	Чис- ло хо- дов 1/ми н	Плот- ность жид- кости, кг/м ³	Ндин, м	Рбуф, МПа
1	1000	57	55	70	СК6	2.1	6	815	690	1.2
2	1104	44	65	73	СКД6	2.5	5	850	700	1.2
3	1200	38	68	82	СК8	3.0	6	900	800	1.2
4	1304	44	75	88	СКД8	3.0	7	920	870	1.2
5	1400	32	85	90	СК10	3.5	5	910	890	1.2
6	1448	38	85	96	СКД10	2.5	6	870	900	1.2
7	1280	32	75	85	СК8	3.0	4.8	900	770	1.2
8	1600	32	90	110	СК10	3.5	5	970	1100	1.2
9	1648	29	100	106	ПШН 10	2.1	5.5	840	1200	1.2
10	1696	32	100	112	UP12	1.8	6.3	880	1270	1.2
11	1504	38	90	98	UP9	1.5	6.5	800	1160	1.2
12	1448	44	75	106	СК8	1.8	7	900	1060	1.2
13	1296	57	90	72	СК8	2.5	8	915	980	1.3
14	1200	38	75	75	UP9	2.1	9	820	910	1.3
15	1104	57	58	80	UP7	2.8	5	900	930	1.3
16	1000	44	50	75	СК8	3.0	6	920	710	1.3
17	904	70	79	34	СК6	2.1	5	910	780	1.3
18	952	57	70	49	СКД6	1.8	6	870	650	1.3
19	1000	44	58	67	UP7	2.5	7	900	780	1.3
20	1200	38	60	90	UP9	2.1	8	970	1040	1.3
21	1104	44	60	78	СК8	2.1	7	840	930	1.3
22	1304	38	70	93	СКД8	3.0	6	780	970	1.3
23	1256	32	50	107	UP9	3.0	9	800	880	1.3
24	1320	38	64	101	СК8	2.1	8	900	1100	1.3
25	1760	32	70	150	UP12	3.0	6	860	1300	1.1

ПРИЛОЖЕНИЕ

Характерные динамограммы работы СШНУ.

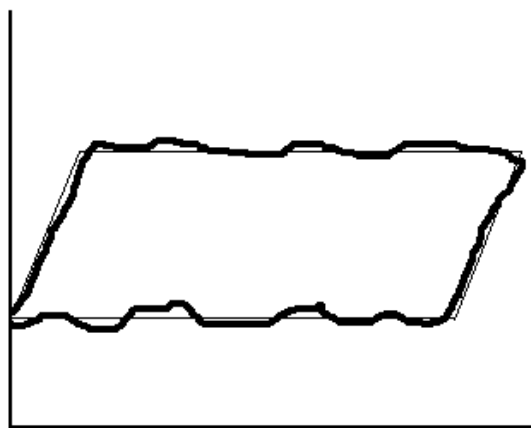


Рис.1.Нормальная работа СШНУ при малых глубинах подвески и малых скоростях откачки

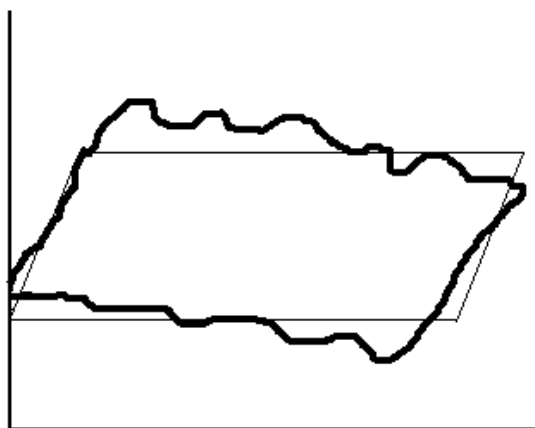


Рис.2. Нормальная работа СШНУ при больших глубинах подвески и значительных скоростях откачки

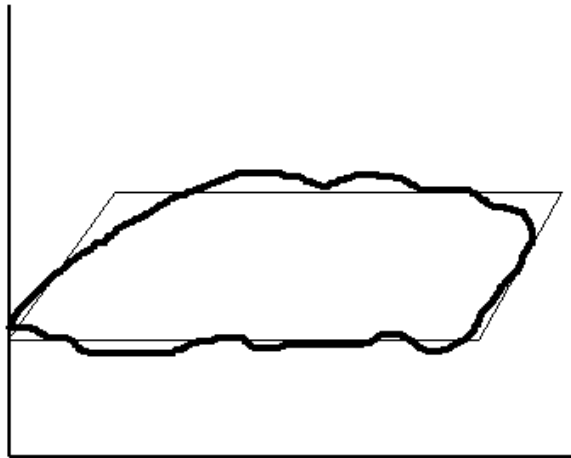


Рис.3. Утечки в нагнетательной части насосной установки

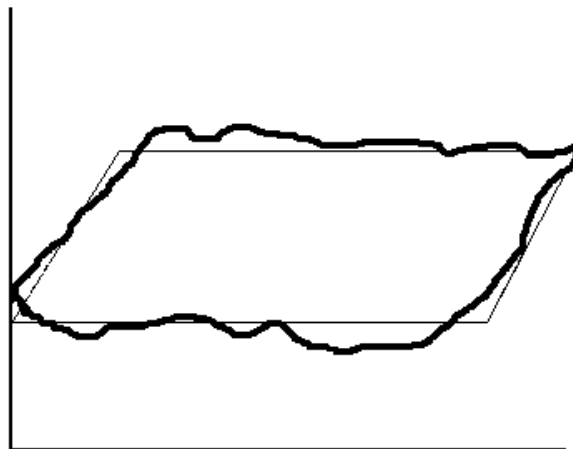


Рис.4. Утечки во всасывающей части насосной установки

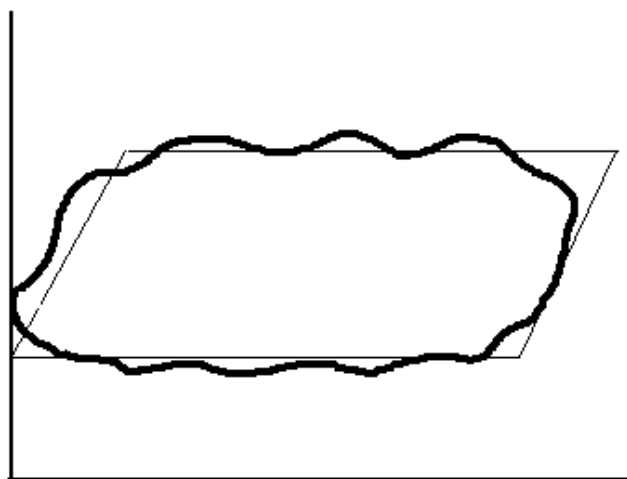


Рис.5. Утечки во всасывающей и нагнетательной части насоса

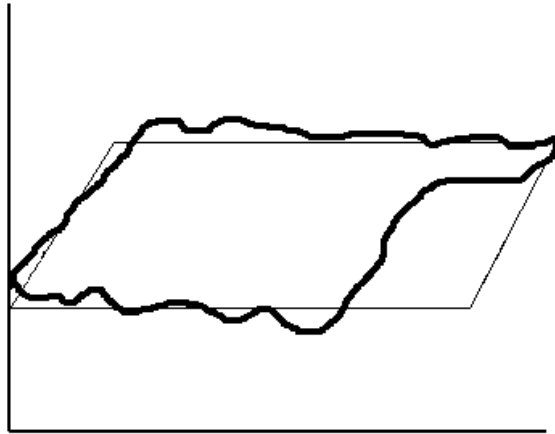


Рис.6. Большое количество свободного газа на приеме насоса

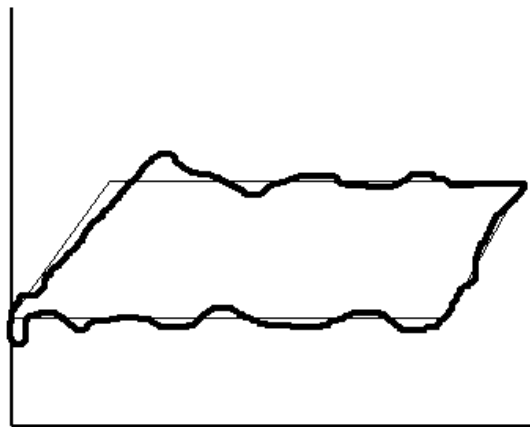


Рис.7. «Низкая» посадка плунжера

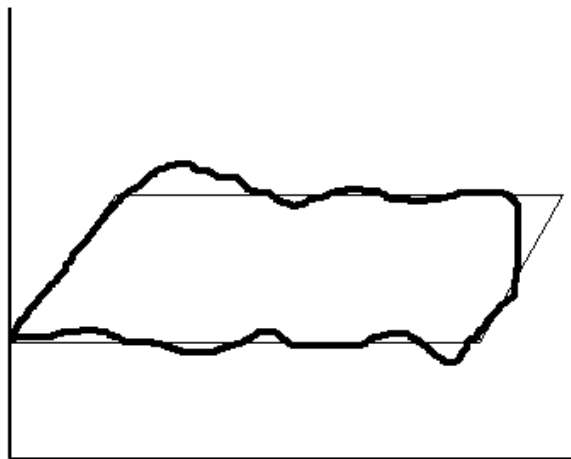


Рис.8. «Высокая» посадка плунжера, насос невставной

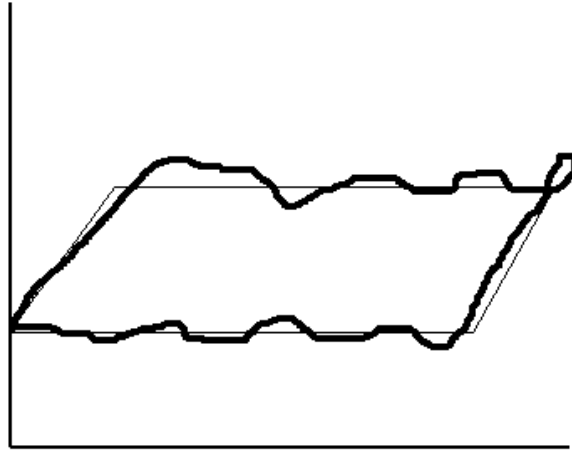


Рис.9. «Высокая» посадка плунжера, насос вставной

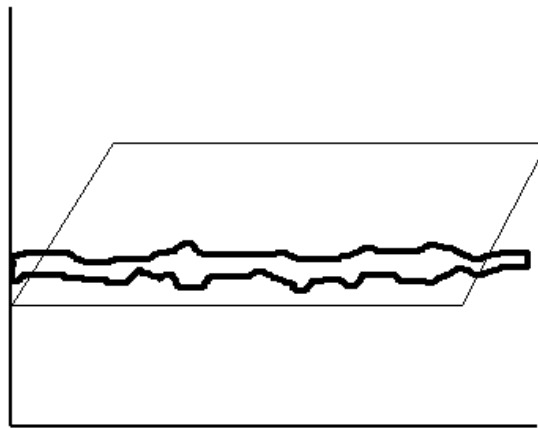


Рис.10. Обрыв или отворот колонны насосных штанг вблизи плунжера

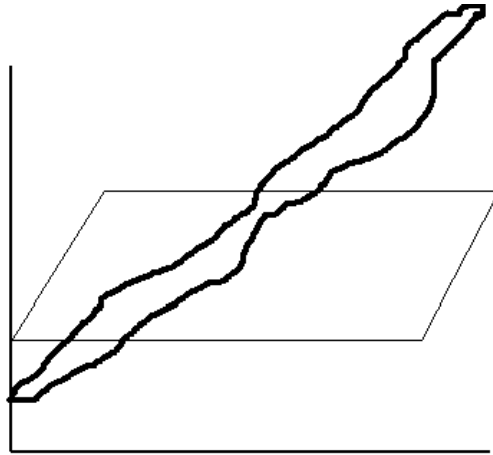


Рис.10. Заклинивание плунжера в нижней части цилиндра насоса
Тонкой линией показана теоретическая динамограмма

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 1. Технические характеристики механических приводов СШНУ

Тип станка-качалки	Наибольшая нагрузка в точке подвеса штанг, кН	Длина хода полированно го штока, м.	Число качаний балансира в мин.	Макс. крутящий момент кН* м	Длина перед. плеча балансира, мм	Длина задне-го плеча балансира, мм	Длина шатуна, мм	Радиус кривошипа, мм
СКДЗ-1.5-710	30	0.75; 0.9; 1.1; 1.3; 1.5	5-15	7.1	1145	1085	1625	650
СКД4-2.1-1400	40	0.7; 1.0; 1.3; 1.6; 2.1	5-14	14.0	1600	1415	2125	850
СКД6-2.5-2800	60	0.9; 1.2; 1.6; 2.5	5-14	28.0	1905	1665	2500	1000
СКД8-3-4000	80	1.2; 1.6; 2.0; 2.5; 3.0;	5-12	40.0	2290	2000	3000	1290
СКД10-3.5-5600	100	1.6; 2.0; 2.4; 2.8; 3.5;	5-12	56.0	2670	2000	3000	1290
СКД12-3-5600	120	1.2; 1.6; 2.0; 2.5; 3.0	5-12	56.0	2290	2000	3000	1290
2СК2-0.6-250	20	0.3;0.45;0.6	5-15	2.5	740	740	840	295
3СК3-0.75-400	30	0.3;0.52;0.75	5-15	4	750	750	1025	360
4СК3-1.2-700	30	0.45;0.6;0.75; 1.05;0.9;1.2	5-15	7	1200	1200	1430	570
6СК4-3-2500	40	1.29; 1.7;2.15; 2.6;3.0	6-15	25	3000	2100	2500	1000
5СК6-1.5-1600	60	0.6; 0.9; 1.2;1.5	5-15	16	1500	1500	1790	715
6СК6-2.1-2500	60	0.9; 1.2;1.5; 1.8; 2.1	6-15	25	2100	2100	2500	1000
7СК8-3.5-4000	80	1.675; 2.1; 2.5; 3.0; 3.5;	5-12	40	3500	2500	3000	1200
7СК12-2.5-4000	120	1.2;1.5; 1.8; 2.1; 2.5;	5-12	40	2500	2500	3000	1200
8СК12-3.5-8000	120	2.1;2.3;2.6; 2.9; 3.2; 3.5	5-10	80	3500	3500	4200	1670
9СК20-4.2-12000	200	2.5; 2.8; 3.15; 3.5; 3.85; 4.2;	5-10	120	4200	4200	5000	2000
1СК1-0.6-100	10	0.4; 0.5; 0.6;	5-15	1	740	510	680	200
2СК1.25-0.9-250	12.5	0.44; 0.66; 0.9	5-15	2.5	1100	740	840	295
3СК2-1.05-400	20	0.42; 0.75; 1.05	5-15	4	1050	750	1025	360
4СК2-1.8-700	20	0.675; 0.9; 1.12 1.350; 1.575; 1.	5-15	7	1800	1200	1430	570
5СК4-2.1-1600	40	0.84; 1.26; 1.68; 2.1	5-15	16	2100	1500	1790	715
7СК12-2.5-6000	120	1.2; 1.5; 1.8; 2.1	5-12	60	2500	2500	3000	1200
7СК8-3.5-6000	80	1.675; 2.1; 2.5; 3.0; 3.5;	5-12	60	3500	2500	3000	1200
СК3-1.2-630	30	0.6; 0.75; 0.9; 1.	5-15	6.3	1200	1200	1430	570
СК5-3-2500	50	1.3; 1.8; 2.1; 2.5; 3.0;	5-15	25	3000	2100	2500	1000
СК6-2.1-2500	60	0.9; 1.2; 1.5; 1.8; 2.1;	5-14	25	2120	2100	2500	1000

СК8-3.5-4000	80	1.8; 2.1; 2.5; 3.0; 3.5;	5-12	40	3500	2500	3000	1200
СК8-3.5-5600	80	1.8; 2.1; 2.5; 3.0; 3.5;	5-12	56	3500	2500	3000	1200
СК10-3-5600	100	1.5; 1.8; 2.1; 2.5; 3.0;	5-12	56	3500	2500	3000	1200
СК12-2.5-4000	120	1.2; 1.5; 1.8; 2.1; 2.5;	5-12	56	3000	2500	3000	1200

Графики определения места установки противовесов на кривошипах станков-качалок

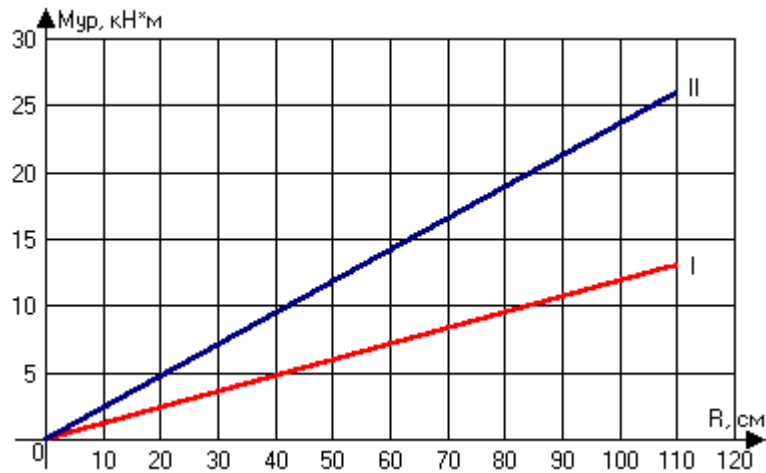


Рис. 11. График определения места установки противовесов на кривошипах станков-качалок типа БСК (1 или 11 – кол-во контргрузов на каждом кривошипе)

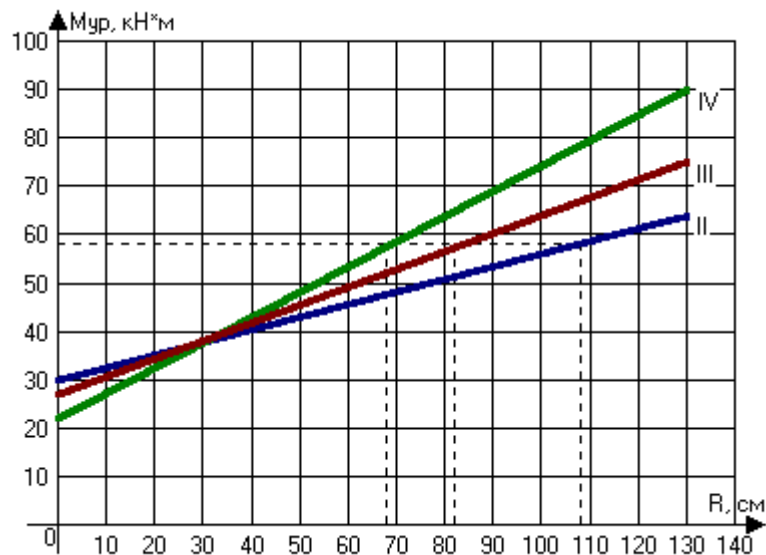


Рис.12. График определения мест установки противовесов на кривошипах привода ПШГН 8-3-5500 (масса одного противовеса 650 кг)

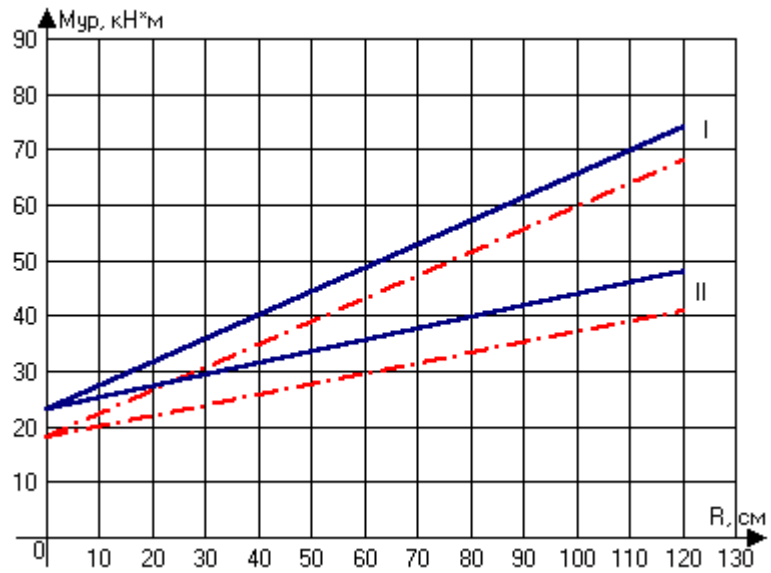


Рис.13. График определения места установки противовесов на кривошипах станков-качалок типов СК 5-3-2500 и СК 6-2,1-2500

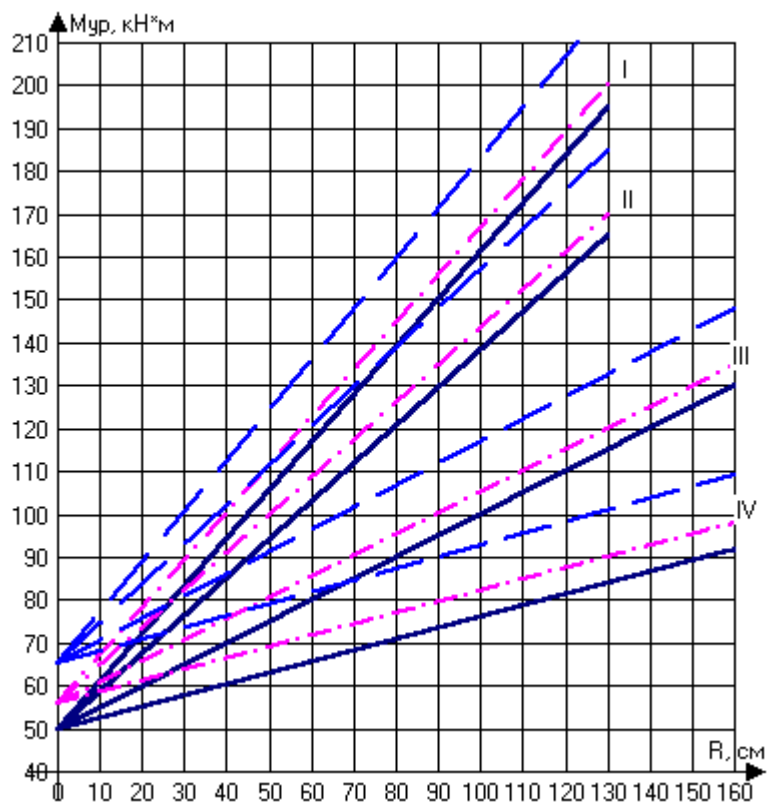


Рис.14. График определения места установки противовесов на кривошипах станков-качалок типов СК 8-3,5-5600, СК 10-3-5600 и СК 12-2.5-4000

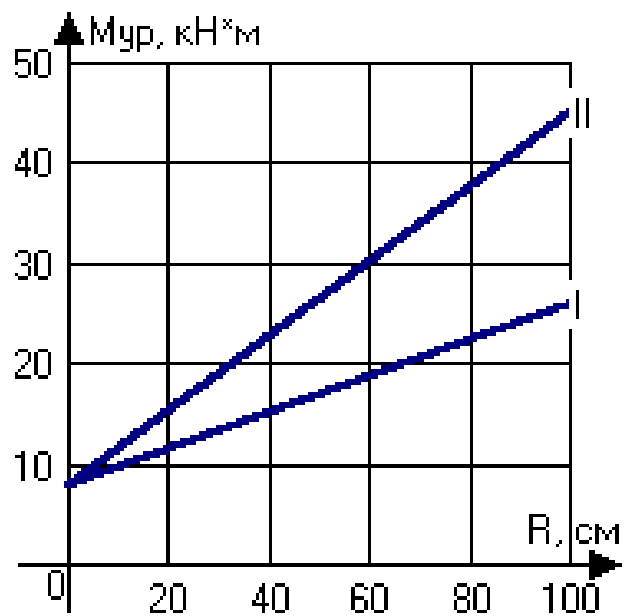


Рис.15. График определения места установки противовесов на кривошипах станков-качалок типа СКД4-2,1-1400

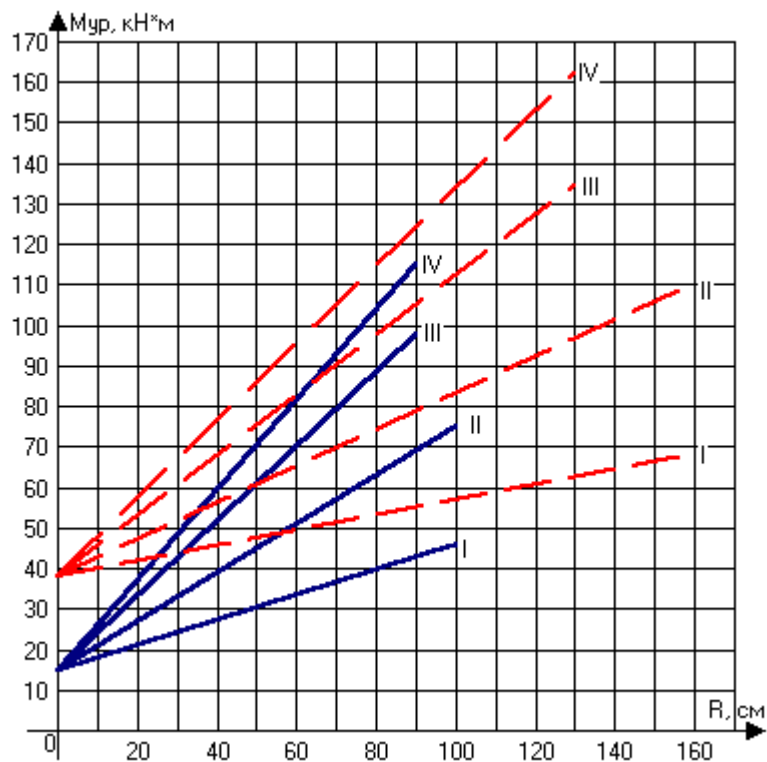


Рис.16. График определения места установки противовесов на кривошипах станков-качалок типов СКД 6-2,5-2800 СКД8-3-4000

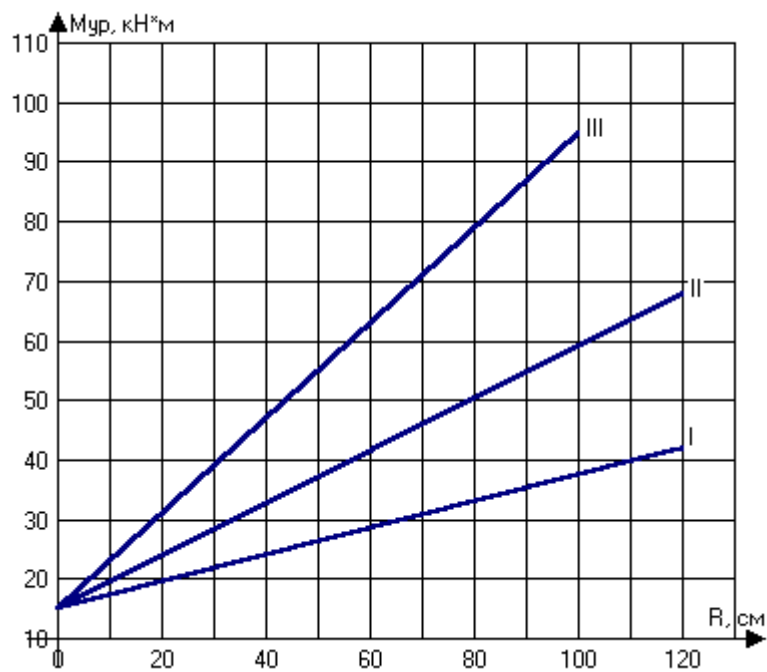


Рис.17. График определения места установки противовесов на кривошипах станков-качалок типа ПНШ 60-2,1-25

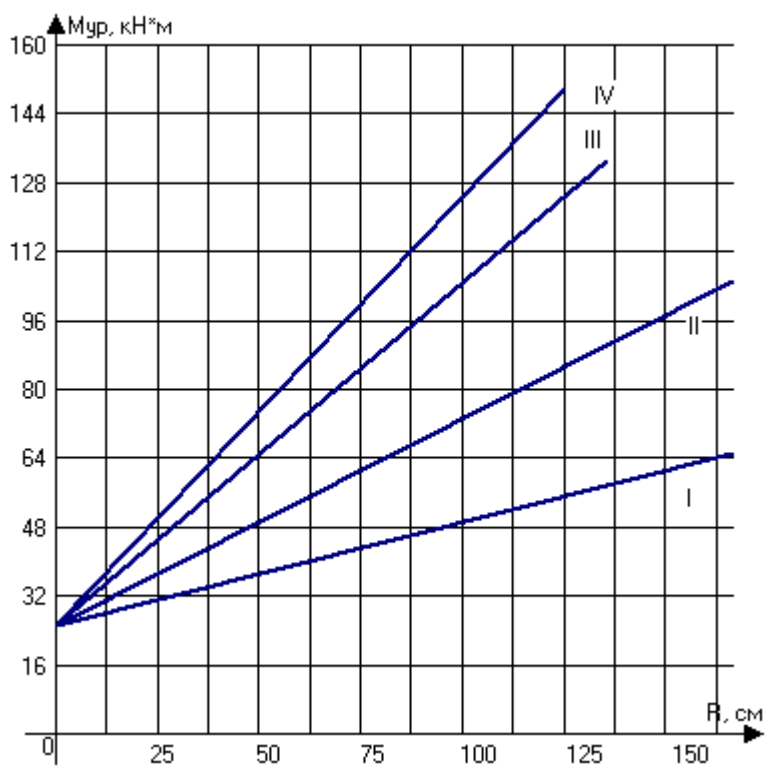


Рис.18. График определения места установки противовесов на кривошипах станков-качалок типа СКР 4-2,1 (масса противовеса 650 кг)

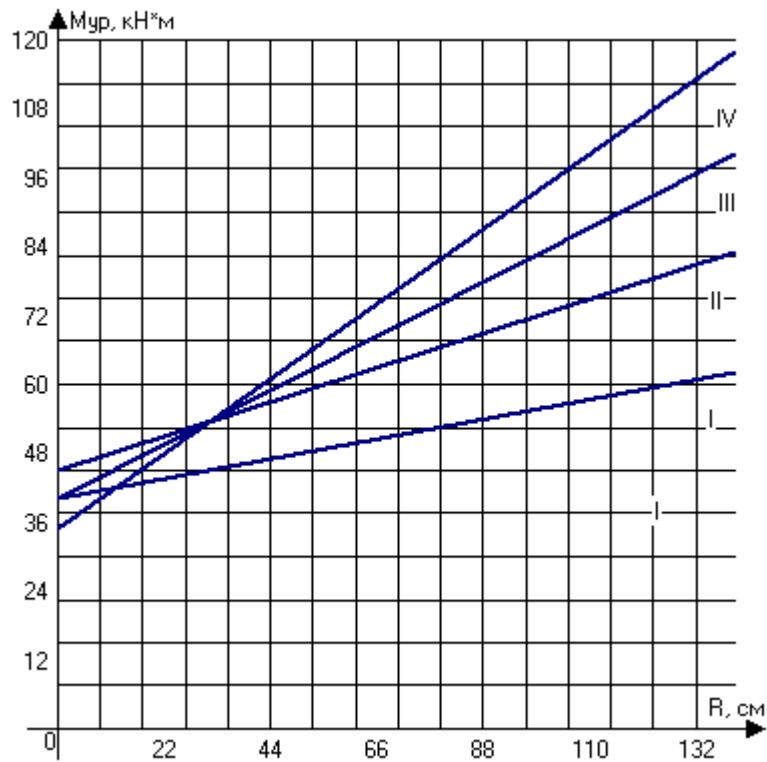


Рис.19.График определения места установки противовесов на кривошипах станков-качалок типа ПШГНТ10-3-5500

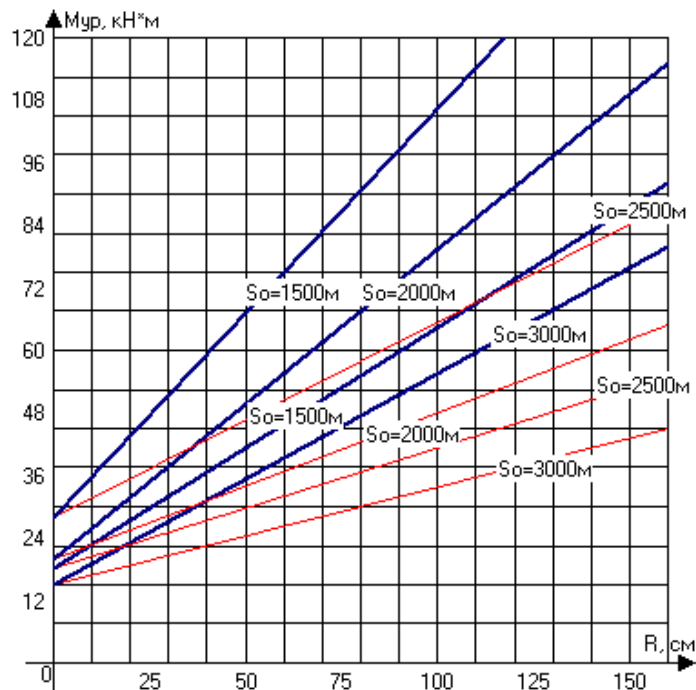


Рис.20. График определения места установки противовесов на кривошипах румынских станков-качалок UP 12-3000-5500 и UP 12-3000-7500 (тонкие линии соответствуют установке двух противовесов на каждом кривошипе, жирные - четырех)

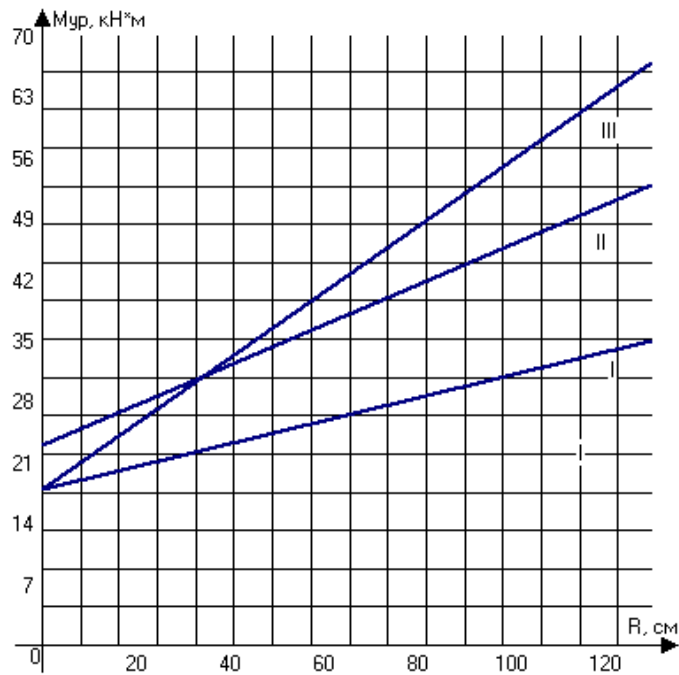
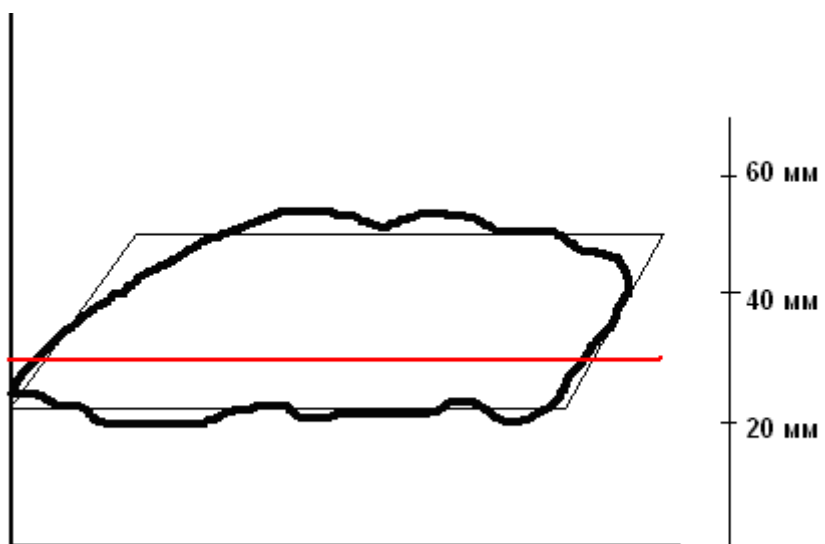


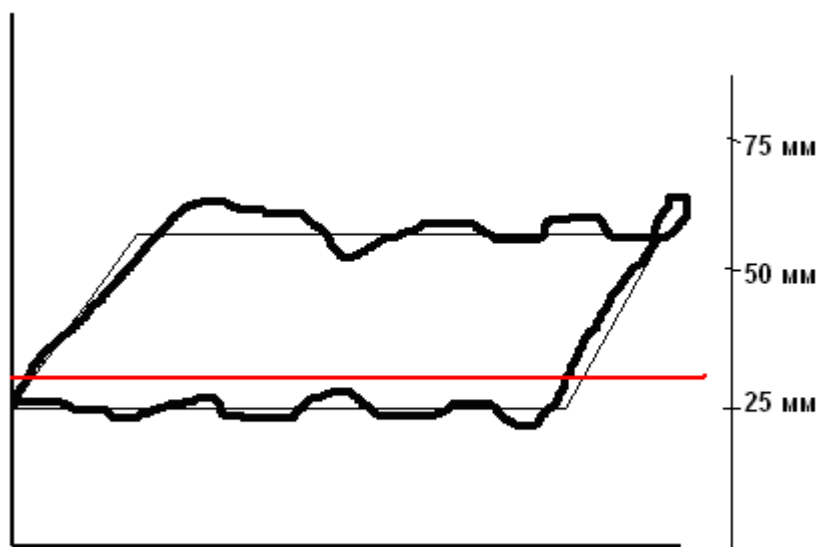
Рис.21. График определения места установки противовесов на кривошипах привода с одноплечим балансиrom типа ПШГНО 6-2.5

Литература

1. Оборудование для добычи нефти и газа. Учебное пособие, часть 2, М.: «Нефть и газ», 2003г. 792 с. (Ивановский В.Н., Дарищев В.И., Каштанов В.С., Сабиров А.А., Пекин С.С.)
2. Скважинные насосные установки для добычи нефти. Учебное пособие, М.: «Нефть и газ», 2003г. 824 с. (Ивановский В.Н., Дарищев В.И., Каштанов В.С., Сабиров А.А., Пекин С.С.)
3. Нефтегазопромысловое оборудование. Учебник для ВУЗов. М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2006 г. (Ивановский В.Н., Дарищев В.И., Каштанов В.С., Сабиров А.А., Пекин С.С., Мерициди И.А., Николаев Н.М.)



Динамограмма для нечетных номеров вариантов



Динамограмма для нечетных номеров вариантов