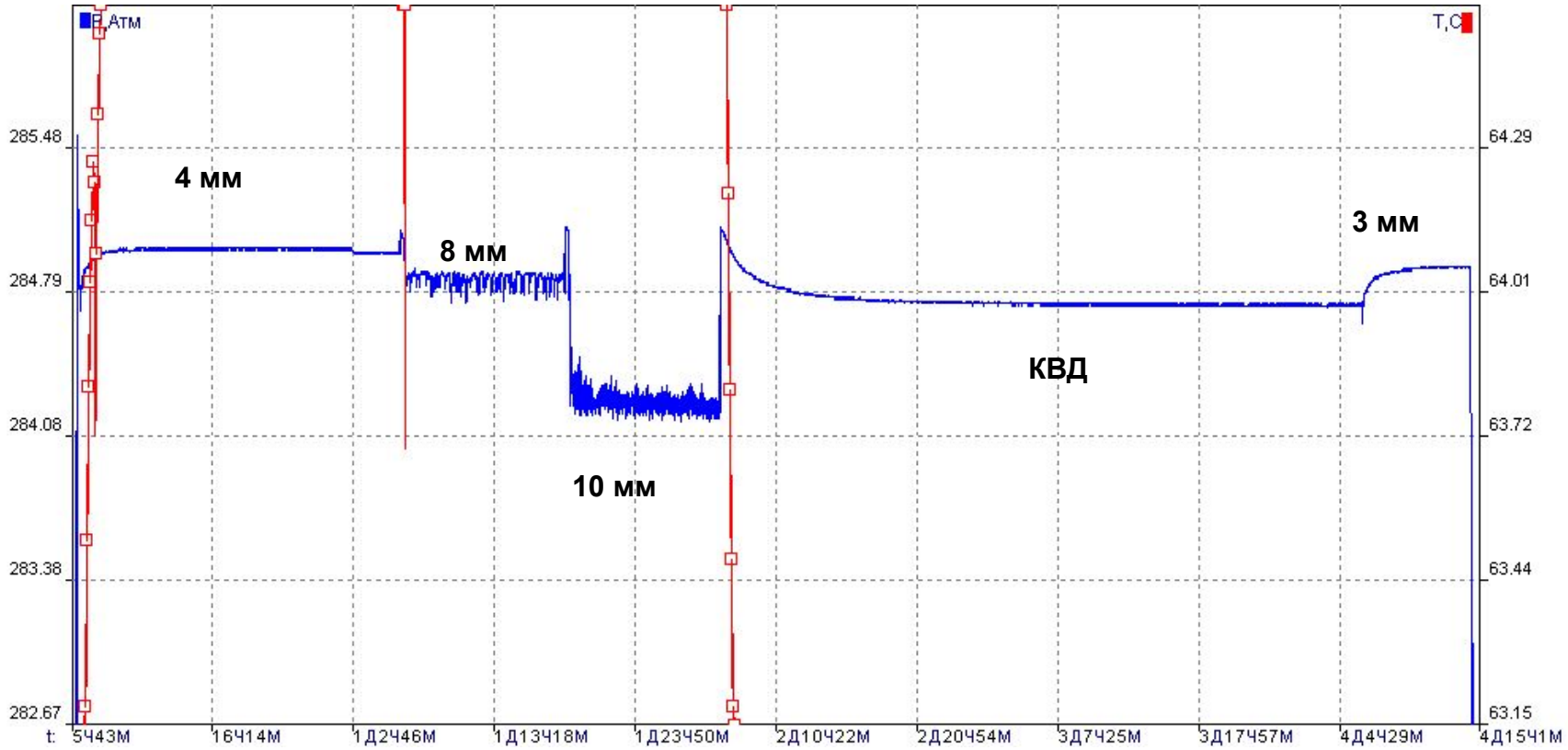
ОБ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГДИ СКВАЖИНЫ, РАБОТАЮЩЕЙ С ТРУДНОРАЗЛИЧИМОЙ ДЕПРЕССИЕЙ

А.Н. Ирбахтин,

Генеральный директор,

ООО Производственная фирма «Аленд»

При анализе работы скважины 1 Безымянная (Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция) на режимах через сменные штуцеры обнаружен факт трудноразличимых депрессий



Динамика забойных давлений в процессе проведения ГДИ.
МС-107 № 11518 Н=2750 м

Три наиболее вероятных фактора, которые могли бы повлиять на практическое отсутствие депрессий по полученным данным:

1. Неточность замеров давлений манометрами.

2. Перераспределение плотности жидкости в стволе скважины после ее закрытия.

3. Влияние сил трения и инерции на значение забойного давления при работе скважине через сменные штуцеры.

1 фактор

В спарке с манометром МС-107 находился автономный манометр ФОТОН с целью дублирования записи давлений (см. рис. 2). Диаграммы имеют схожие значения давлений. Калибровки датчиков давлений от 2010 года.

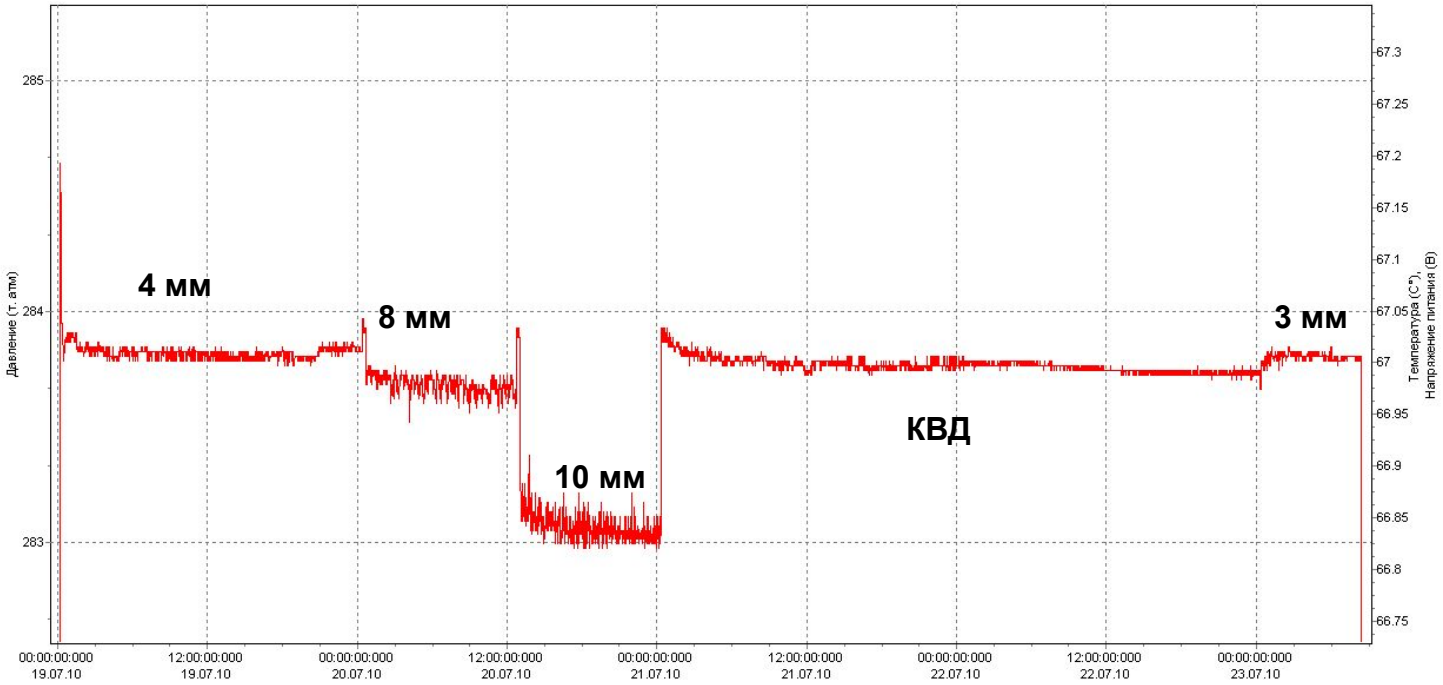


Рис. 2. Динамика забойных давлений в процессе проведения ГДИ. ФОТОН-100-Т № 437 Н=2750 м

2 фактор

В процессе проведения ГДИ глубинные манометры находились на глубине 2750 м; воронка НКТ – на глубине 3000,5 м; кровля интервала перфорации на Н=3050 м. При спусках манометров зафиксирован градиент давления в НКТ и на забое скважины.

Таблица 1

Градиент давления, температуры и плотность флюида в НКТ, в статике, при спуске манометров

Глубина		Температура	Давление на глубине замера		Плотность флюида
по стволу	по вертикали	^{0}C	кгс/см^2	МПа	кг/м^3
0	0	11.3	45.46	4.46	---
185	185	13.4	57.61	5.65	657
370	370	15.1	73.09	7.17	837
555	555	18.1	89.58	8.79	891
740	740	20.8	105.96	10.39	885
925	925	24	122.44	12.01	891
1100	1100	26.2	138.76	13.61	933
1296	1296	29.3	155.26	15.23	842
1482	1482	33.2	171.68	16.84	883
1667	1667	37.1	188.05	18.45	885
1852	1852	40.8	204.41	20.05	884
2037	2037	45.3	220.69	21.65	880
2222	2222	49.7	236.93	23.24	878
2407	2407	53	253.13	24.83	876
2592	2592	55.8	269.29	26.42	874
2750	2750	58.2	283.1	27.77	874
Средняя плотность в НКТ – 864 кг/м^3					

Таблица 2

Градиент давления, температуры и плотность флюида в НКТ, при работе с через шт. d 3 мм, при подъеме манометров 23.07.2010

Глубина		Температура	Давление на глубине замера		Плотность флюида
по стволу	по вертикали	^{0}C	кгс/см^2	МПа	кг/м^3
0	0	10.4	43.06	4.22	---
185	185	10.5	57.1	5.6	759
370	370	14.2	72.76	7.14	846
555	555	18.2	88.8	8.71	867
740	740	21.7	104.97	10.3	874
925	925	25.2	121.36	11.91	886
1100	1100	28.5	136.97	13.44	892
1296	1296	32.9	154.41	15.15	890
1482	1482	37.1	171	16.78	892
1667	1667	41.5	187.47	18.39	890
1852	1852	45.8	203.97	20.01	892
2037	2037	51.1	220.44	21.63	890
2222	2222	54.8	237.01	23.25	896
2407	2407	57.7	253.21	24.84	876
2592	2592	60.5	269.33	26.42	871
2750	2750	62.2	283.1	27.77	872
Средняя плотность в НКТ – 872 кг/м^3					

Таблица 3

Градиент давления, температуры и плотность флюида в НКТ , в статике, при подъеме геоф. аппаратуры

Глубина		Температура	Давление на глубине замера		Плотность флюида
по стволу	по вертикали	^{0}C	кгс/см^2	МПа	кг/м^3
0	0		46	4.51	
200	200	18.5	58.51	5.74	626
400	400	21	75.74	7.43	861
600	600	25.4	93.17	9.14	872
800	800	28.4	110.91	10.88	887
1000	1000	31.3	128.75	12.63	892
1200	1200	35.1	146.69	14.39	897
1400	1400	39.2	164.53	16.14	892
1600	1600	43.1	182.26	17.88	887
1800	1800	46.4	200.1	19.63	892
2000	2000	51	217.33	21.32	861
2200	2200	54.8	234.86	23.04	877
2400	2400	57.9	252.4	24.76	877
2600	2600	60.2	269.93	26.48	877
2800	2800	62.7	287.56	28.21	882
2970	2970	65.3	302.45	29.67	875
3000	3000	65.8	305.1	29.93	883
3030	3030	66.2	307.75	30.19	883
3060	3060	66.7	310.398	30.45	883
3070	3070	67	311.281	30.54	884
Средняя плотность в НКТ – 864 кг/м^3					

Как видно из таблиц 1-3, изменение средней плотности жидкости в НКТ после закрытия скважины на КВД в интервале 2750-3070 незначительно, однако вносит корректировку в пересчете депрессий в пределах 0,3 кгс/см2 при работе скв. через 3-х мм штуцер; перекрывает отрицательную величину депрессий при отработке на малом штуцере.

3 фактор

При интерпретации результатов ГДИ сделано предположение, что энергия пласта большей частью расходуется на преодоление противодавления столба жидкости в колонне НКТ, а также, при прохождении флюида через перфорационные отверстия.

Расчет сил трения и инерции, «завышающих» фактически замеренные забойные давления в скважине при отработках на штуцерах произведен по формуле Дарси-Вейсбаха.

- 3.1. Определение скорости движения жидкости в трубе (НКТ ∅ 73 мм с толщиной стенки 5,5 мм) по формуле:

$$\upsilon = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \cdot d^2};$$

- 3.2. Расчет числа Рейнольдса (Re) по формуле:
- $$N_{\mathrm{Re}} = \frac{\rho \cdot \upsilon \cdot d}{\mu};$$

- 3.3. Определение коэффициента гидравлических сопротивлений (λ) по формулам:

- $\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}}$ для ламинарного потока;
- $\lambda = \frac{0.3164}{\mathrm{Re}^{0.25}}$ для турбулентного потока.

- 3.4. Расчет гидравлических потерь на преодоление Ртр по формуле:
- $$\Delta p_{тр} = \frac{\lambda \cdot L \cdot \upsilon^2 \cdot \rho_{см}}{2 \cdot d}$$

- 3.5. Определение гидравлических потерь на преодоление Рин по формуле:
- $$\Delta p_{ин} = \left(\frac{\upsilon^2}{2 \cdot g}\right) \cdot \rho_{см} \cdot g;$$

- 3.6. Расчет общих гидравлических потерь представлен по формуле:
Роб=(Ртр+Рин)

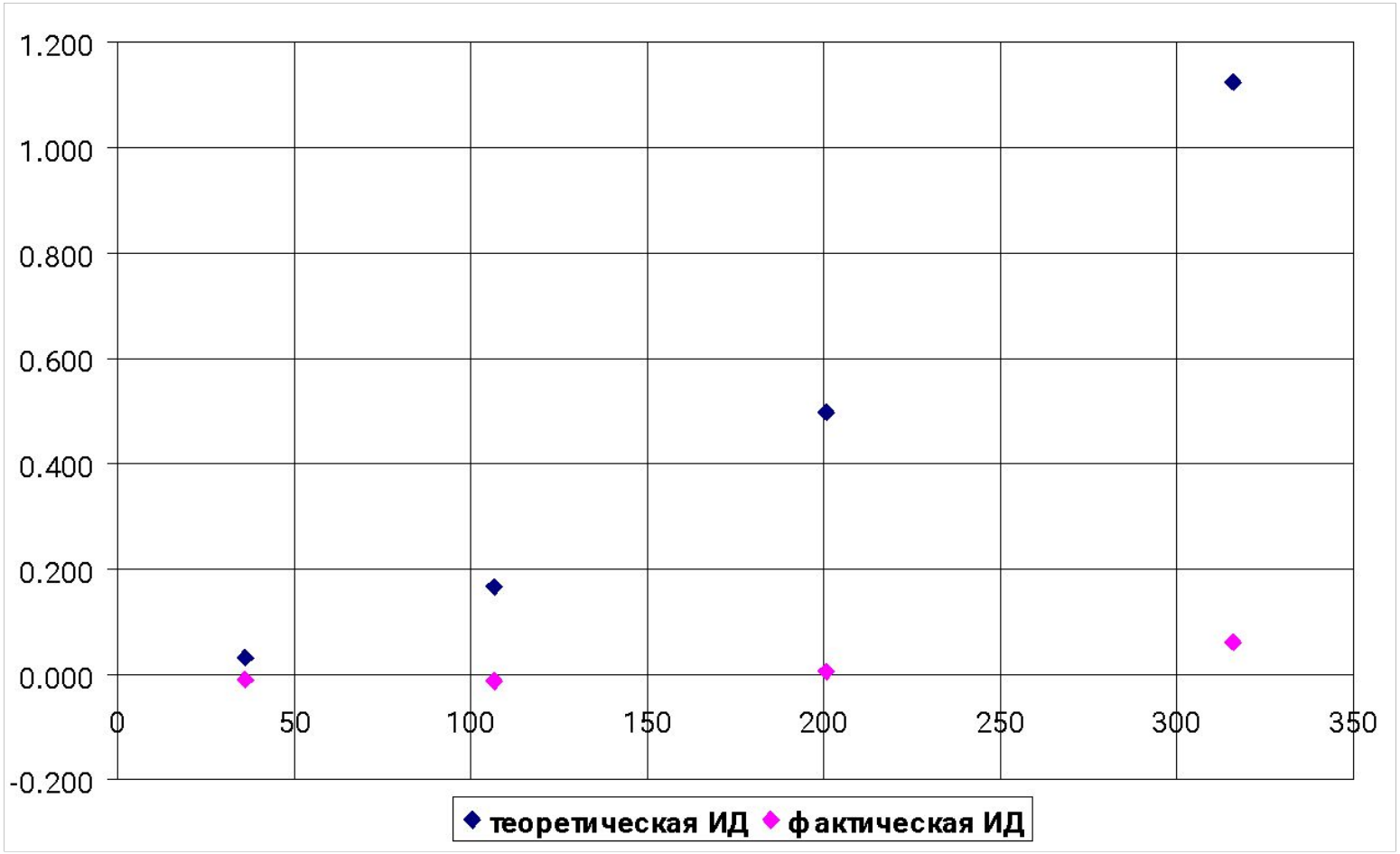
Результаты расчетов гидравлических потерь давления

Режим работы скв.	**Гидравлические потери давления**	**Гидравлические потери при движении флюида по НКТ, МПа**	**Гидравлические потери при движении флюида через перфорационные каналы, МПа**	**Величина давления, рассчитанная по изменению средней плотности жидкости в НКТ после закрытия скважины на КВД в интервале 2750-3070 м, МПа**
при работе через шт d 4 мм	потери на преодоление сил трения	0.144	0.034	0.03
	потери на преодоление сил инерции	0.0001	0.0001	
при работе через шт d 8 мм	потери на преодоление сил трения	0.431	0.062	0.03
	потери на преодоление сил инерции	0.0003	0.001	
при работе через шт d 10 мм	потери на преодоление сил трения	0.963	0.098	0.03
	потери на преодоление сил инерции	0.001	0.001	
при работе через шт d 3 мм	потери на преодоление сил трения	0.030	0.011	0.03
	потери на преодоление сил инерции	0.00001	0.00002	

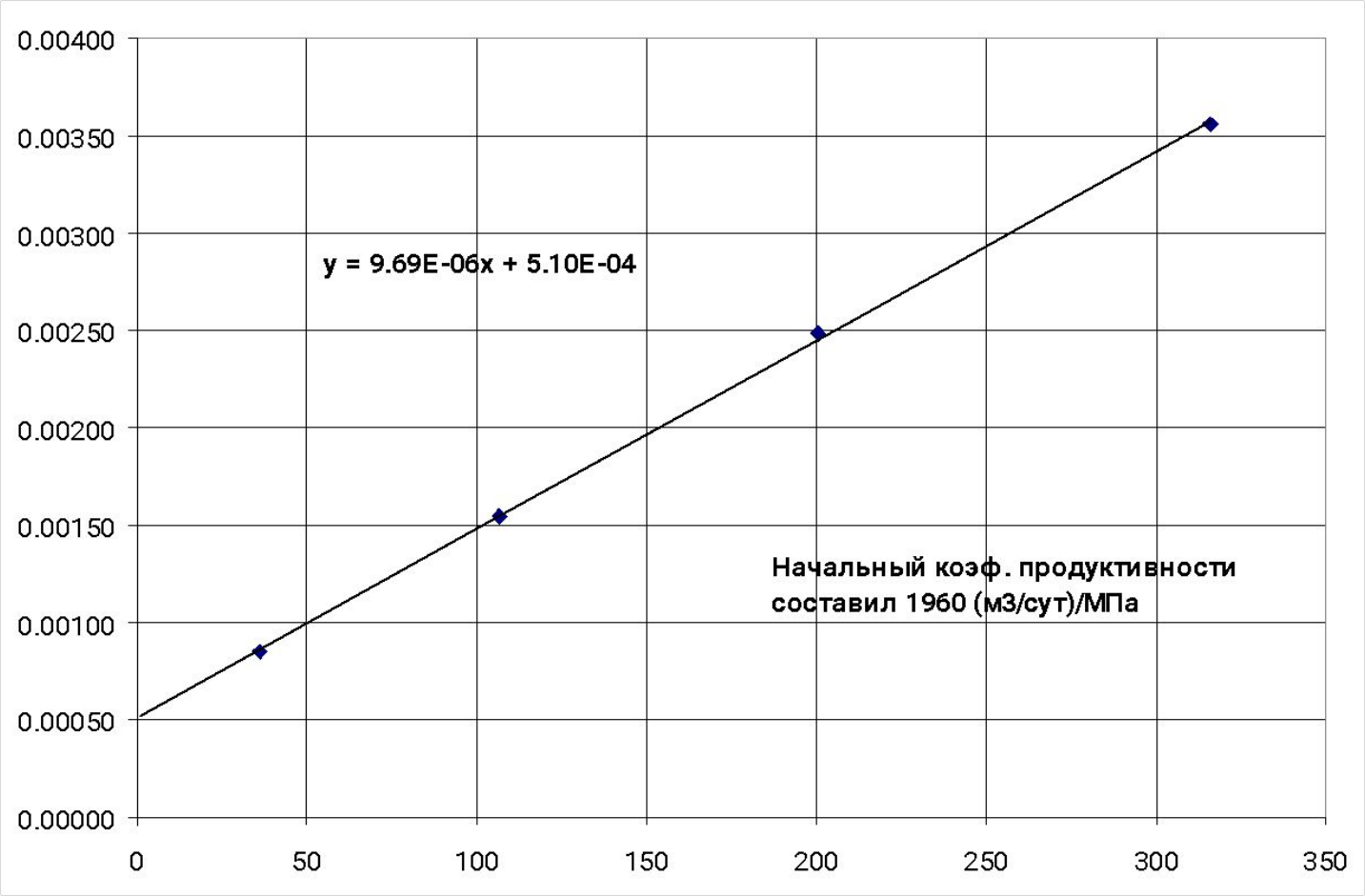
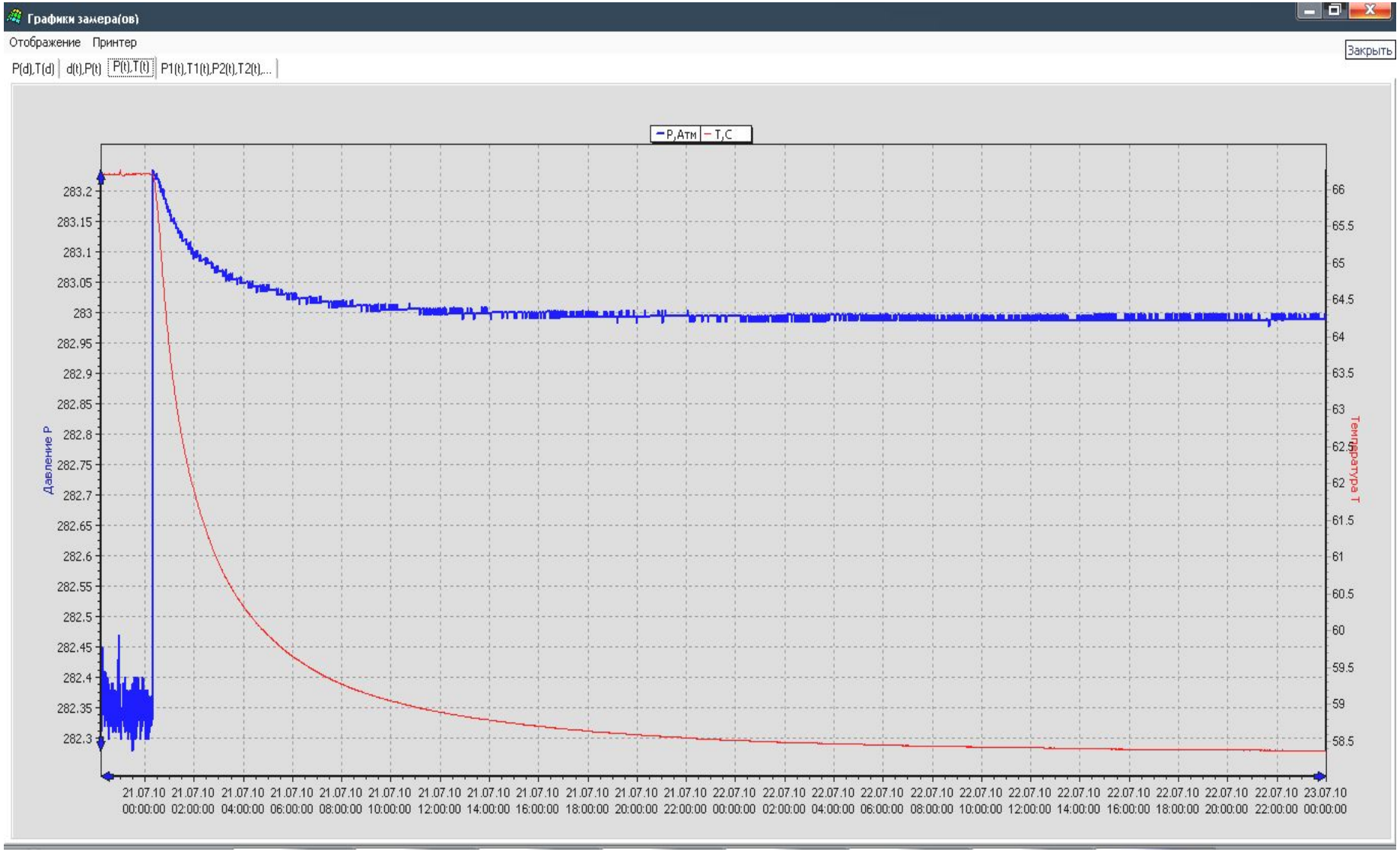
Исходные данные к построению индикаторной диаграммы в координатах dP-Q

Штуцер, мм	Q, $м^3$/сут	Фактическое забойное давление, МПа	Фактическая депрессия, МПа	Скорректированное забойное давление, МПа	Скорректированная депрессия, МПа	Коэф. продуктивности, ($м^3$/сут)/МПа	dP/Q, МПа/($м^3$/сут)
4	106.8	27.774	-0.012753	27.597	0.165	649	0.00154
8	200.6	27.757	0.004	27.263	0.498	403	0.00248
10	316	27.700	0.060822	26.637	1.124	281	0.00356
3	36	27.772	-0.010791	27.731	0.031	1177	0.00085

ИД в координатах dP-Q



Обработка теоретической ИД в координатах dP/Q-Q



Кривая «восстановления» давления