

Лекция №12

1. Исследования методом
кривой восстановления уровня
(КВУ)

Исследования методом КВУ проводятся в нефонтанируемых скважинах после; снижения уровня жидкости в стволе в процессе эксплуатации (насос, газлифт и пр.) или после цикла освоения (свабирование, опробование и пр.)

Следует различать принципиальные возможности данного метода при регистрации кривой изменения давления непосредственно на забое (КВУз) и пересчетным способом при регистрации вторичных параметров (динамических уровней) на устье (КВУу). По сути, это *два принципиально отличных метода* с разной информативностью и достоверностью оценок, но исторически относимых к единому методу оценки давления в условиях послепритока (т.е. к «КВУ»).

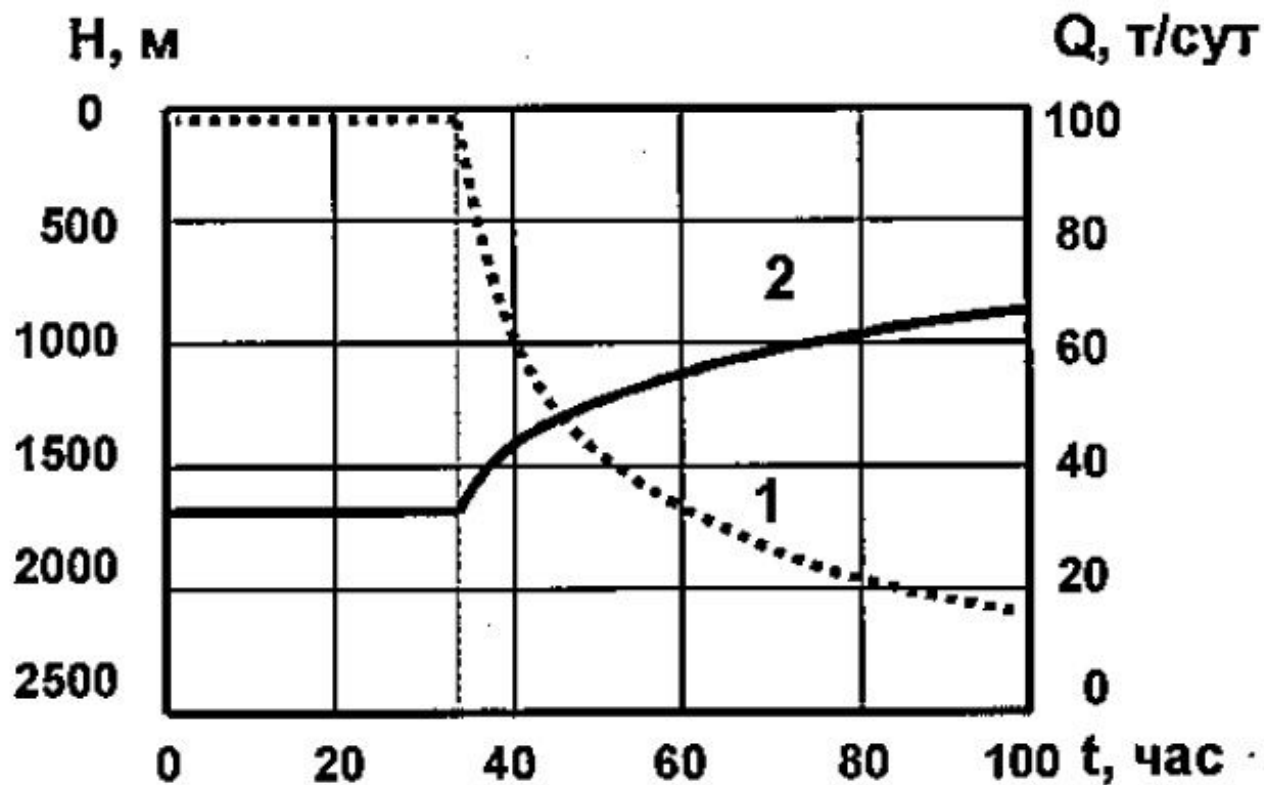


Рисунок 1 – Технология КВУу, рост динамического уровня в скважине: 1,2 – кривые изменения во времени соответственно Q и уровня H

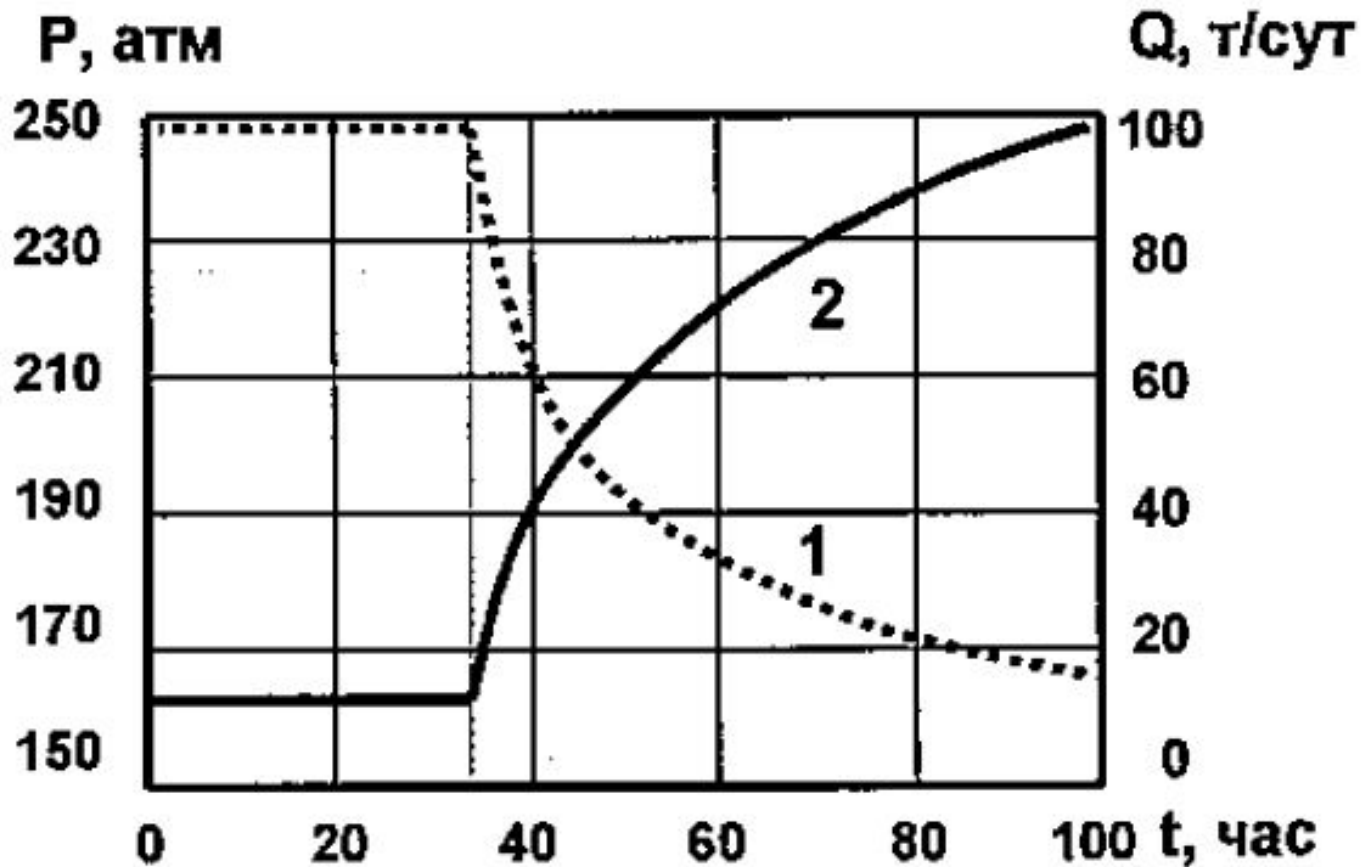


Рисунок 2 - Технология КВУз, измерения забойного давления в процессе роста динамического уровня в скважине: 1,2 – кривые изменения во времени соответственно Q и давления H

Связь значений давления и дебита в скважинах с динамическим уровнем

$$dP = \rho \cdot g \cdot dH,$$

$$dH = w \cdot dt, \quad w = \frac{q}{S}$$

$$dP = \rho \cdot g \cdot w \cdot dt = \frac{\rho \cdot g \cdot q \cdot dt}{S}$$

или

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\rho \cdot g \cdot q}{S}.$$

$$\frac{dP}{P_{\text{пл}} - P} = \frac{\rho \cdot g \cdot q}{S \cdot (P_{\text{пл}} - P)} = \frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}}}{S},$$

$$\ln(P_{\text{пл}} - P) = -\frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}} \cdot t}{S} + C,$$

или $P_{\text{пл}} - P = C \cdot \exp\left(\frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}} \cdot t}{S}\right),$

$$\frac{P_{\text{пл}} - P}{P_{\text{пл}} - P_{\text{с_нач}}} = \exp(\xi \cdot t)$$

$$\xi = \frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}}}{S}.$$

$$dP = \rho \cdot g \cdot dH,$$

$$dH = w \cdot dt, \quad w = \frac{q}{S}$$

$$dP = \rho \cdot g \cdot w \cdot dt = \frac{\rho \cdot g \cdot q \cdot dt}{S}$$

или

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\rho \cdot g \cdot q}{S}.$$

$$\frac{dP}{P_{\text{пл}} - P} = \frac{\rho \cdot g \cdot q}{S \cdot (P_{\text{пл}} - P)} = \frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}}}{S},$$

$$\ln(P_{\text{пл}} - P) = -\frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}} \cdot t}{S} + C,$$

или $P_{\text{пл}} - P = C \cdot \exp\left(\frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}} \cdot t}{S}\right),$

$$\frac{P_{\text{пл}} - P}{P_{\text{пл}} - P_{\text{с.нач}}} = \exp(\xi \cdot t)$$

$$\xi = \frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}}}{S}.$$

$$dP = \rho \cdot g \cdot dH,$$

$$dH = w \cdot dt, \quad w = \frac{q}{S}$$

$$dP = \rho \cdot g \cdot w \cdot dt = \frac{\rho \cdot g \cdot q \cdot dt}{S}$$

или

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\rho \cdot g \cdot q}{S}.$$

$$\frac{dP}{P_{\text{пл}} - P} = \frac{\rho \cdot g \cdot q}{S \cdot (P_{\text{пл}} - P)} = \frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}}}{S},$$

$$\ln(P_{\text{пл}} - P) = -\frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}} \cdot t}{S} + C,$$

или $P_{\text{пл}} - P = C \cdot \exp\left(-\frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}} \cdot t}{S}\right),$

$$\frac{P_{\text{пл}} - P}{P_{\text{пл}} - P_{\text{с_нач}}} = \exp(\xi \cdot t)$$

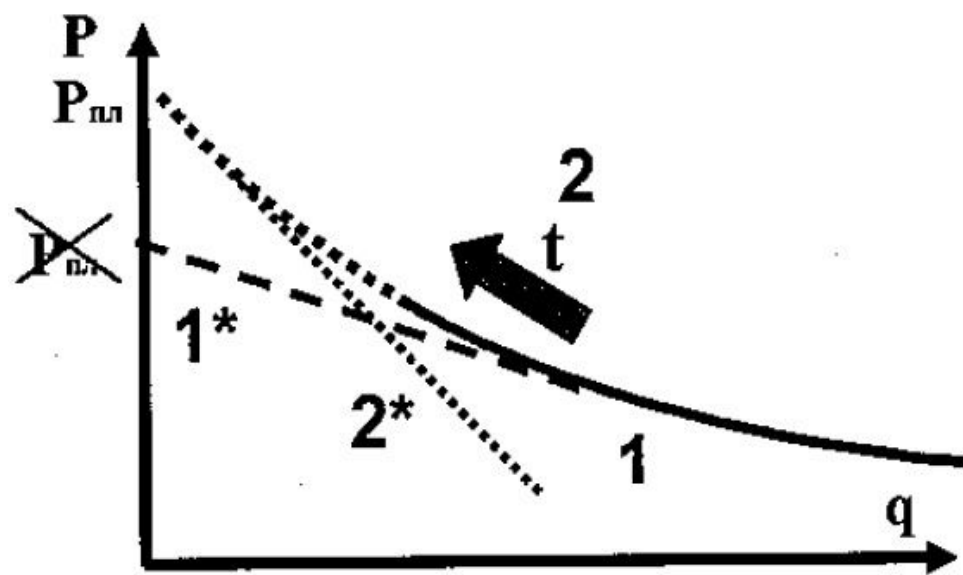
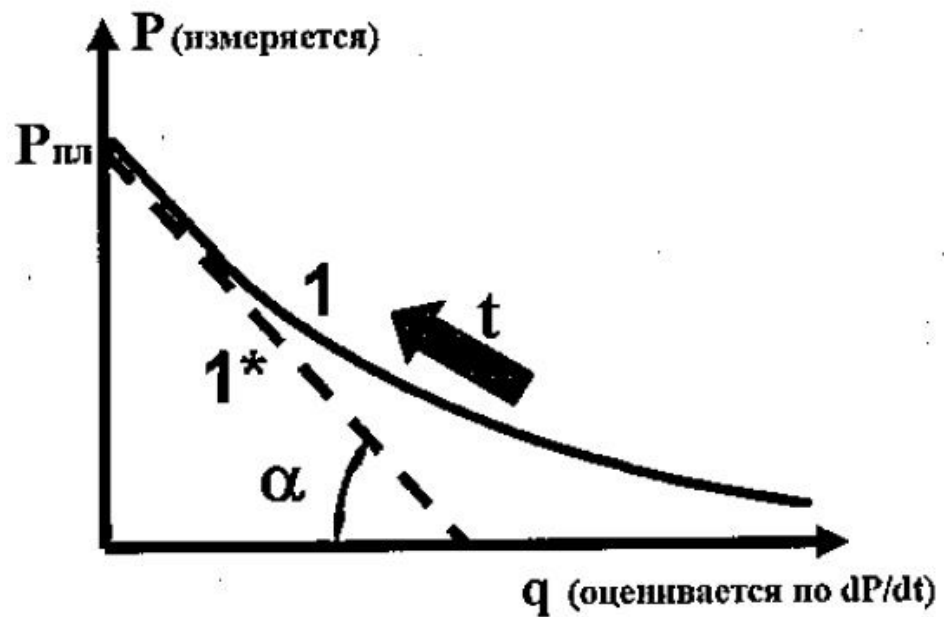
$$\xi = \frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}}}{S}.$$

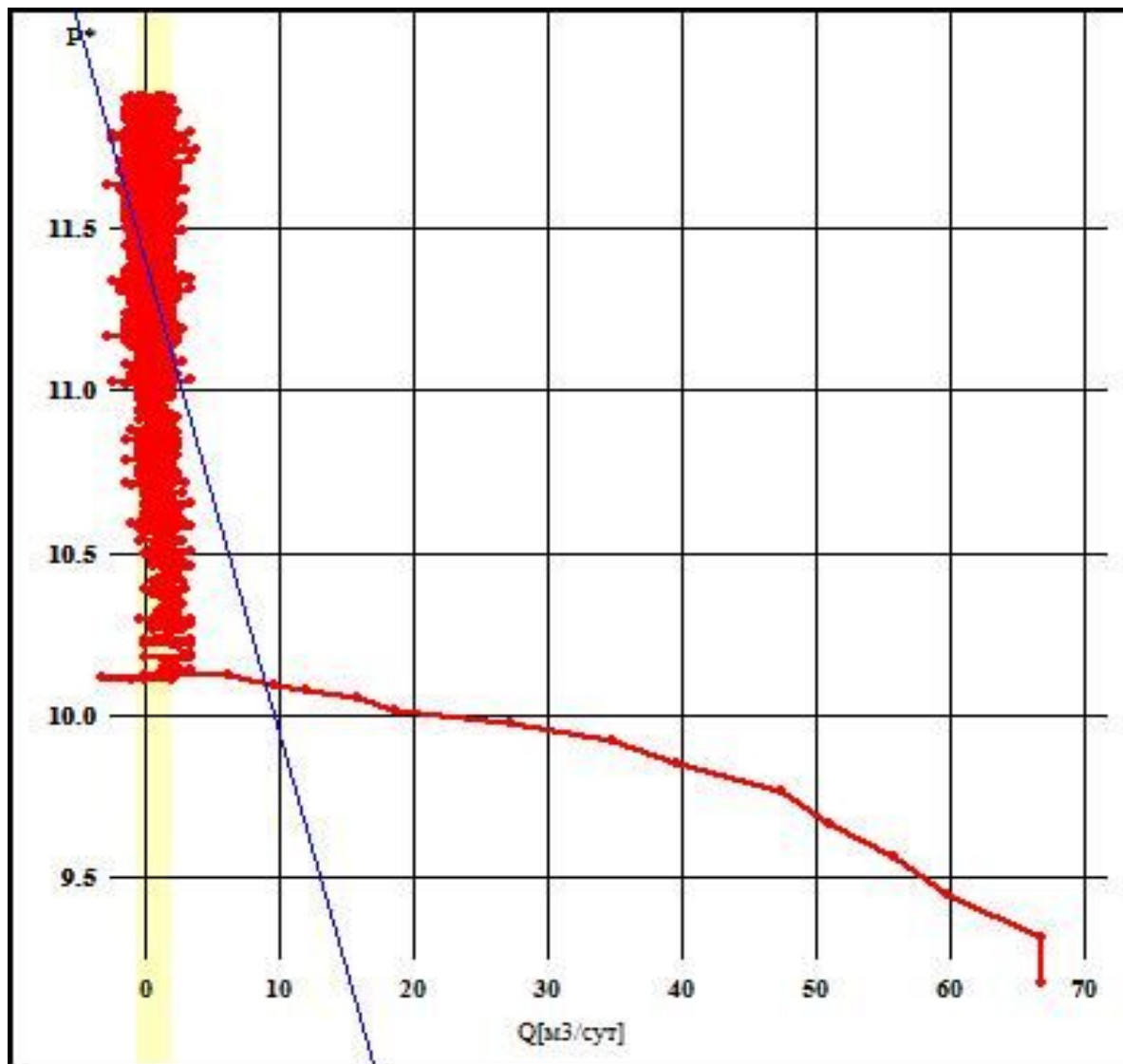
Оценка коэффициента продуктивности и пластового давления по кривым изменения во времени дебита и забойного давления

Метод псевдоиндикаторной (Яковлева)

Сущность метода псевдоиндикаторной состоит в том, что по кривым измеренного забойного давления и рассчитанного по давлению дебита формально строится зависимость «давление-дебит» (так называемая «псевдоиндикаторная диаграмма»).

Основным параметром, определяемым по КВУ, является коэффициент продуктивности, численно равный тангенсу угла наклона псевдоиндикаторной диаграммы. Точки пересечения диаграммы с координатными осями определяют пластовое давление и абсолютно свободный дебит. По величине коэффициента продуктивности рассчитывают гидродинамические свойства пласта.





—●— P, Q
— K, касательная

Метод Маскета

$$dP = \rho \cdot g \cdot dH,$$

$$dH = w \cdot dt, \quad w = \frac{q}{S}$$

$$dP = \rho \cdot g \cdot w \cdot dt = \frac{\rho \cdot g \cdot q \cdot dt}{S}$$

или

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\rho \cdot g \cdot q}{S}.$$

$$\frac{dP}{P_{\text{пл}} - P} = \frac{\rho \cdot g \cdot q}{S \cdot (P_{\text{пл}} - P)} = \frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}}}{S},$$

$$\ln(P_{\text{пл}} - P) = -\frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}} \cdot t}{S} + C,$$

или $P_{\text{пл}} - P = C \cdot \exp\left(\frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}} \cdot t}{S}\right),$

$$\frac{P_{\text{пл}} - P}{P_{\text{пл}} - P_{\text{с.нач}}} = \exp(\xi \cdot t)$$

$$\xi = \frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}}}{S}.$$

$$dP = \rho \cdot g \cdot dH,$$

$$dH = w \cdot dt,$$

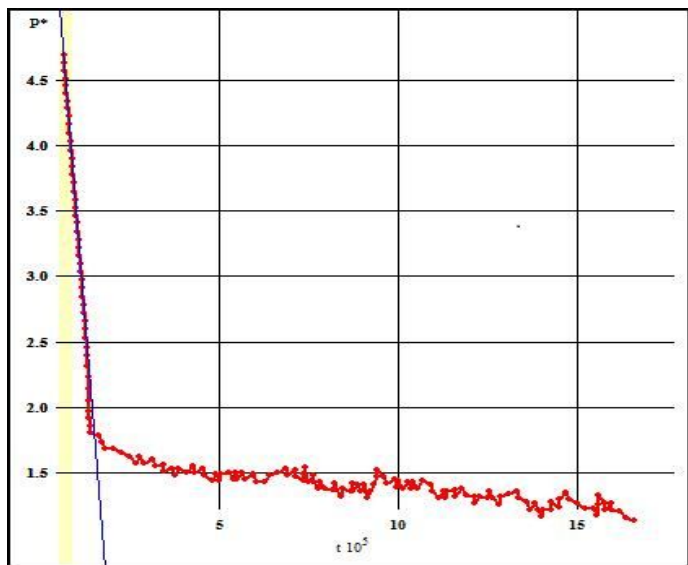
$$dP = \rho \cdot g \cdot w \cdot dt = \frac{\rho \cdot g \cdot q \cdot dt}{S} \quad w = \frac{q}{S}$$

$$\frac{dP}{P_{пл} - P} = \frac{\rho \cdot g \cdot q}{S \cdot (P_{пл} - P)} = \frac{\rho \cdot g \cdot K_{факт}}{S},$$

$$\ln(P_{пл} - P) = -\frac{\rho \cdot g \cdot K_{факт} \cdot t}{S} + C,$$

$$\frac{P_{пл} - P}{P_{пл} - P_{снач}} = \exp(\xi \cdot t)$$

$$\xi = \frac{\rho \cdot g \cdot K_{факт}}{S}$$

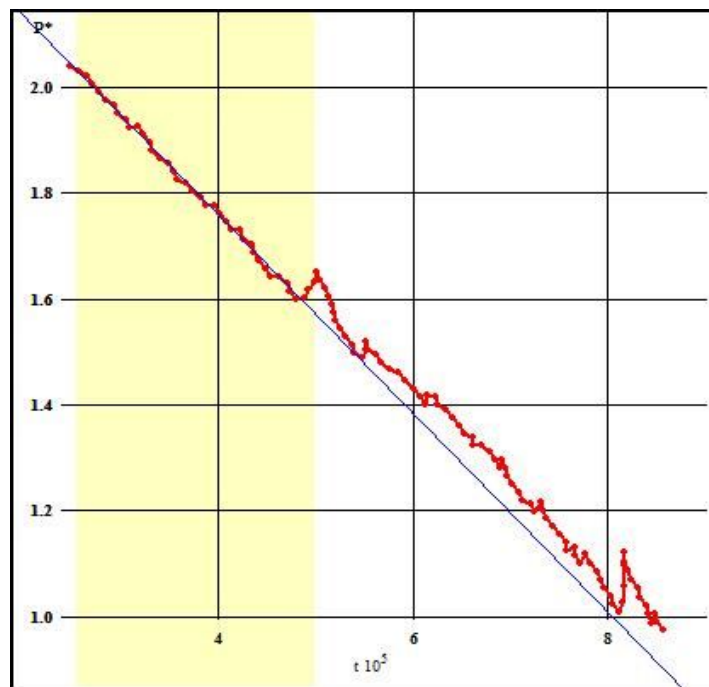


или

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\rho \cdot g \cdot q}{S}$$

или $P_{пл} - P = C \cdot \exp\left(\frac{\rho \cdot g \cdot K_{факт} \cdot t}{S}\right),$

—•— Маскет
— К, касательная



—•— Маскет
— К, касательная

$$dP = \rho \cdot g \cdot dH,$$

$$dH = w \cdot dt,$$

$$dP = \rho \cdot g \cdot w \cdot dt = \frac{\rho \cdot g \cdot q \cdot dt}{S} \quad w = \frac{q}{S}$$

или

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\rho \cdot g \cdot q}{S}.$$

$$\frac{dP}{P_{\text{пл}} - P} = \frac{\rho \cdot g \cdot q}{S \cdot (P_{\text{пл}} - P)} = \frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}}}{S},$$

$$\ln(P_{\text{пл}} - P) = -\frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}} \cdot t}{S} + C,$$

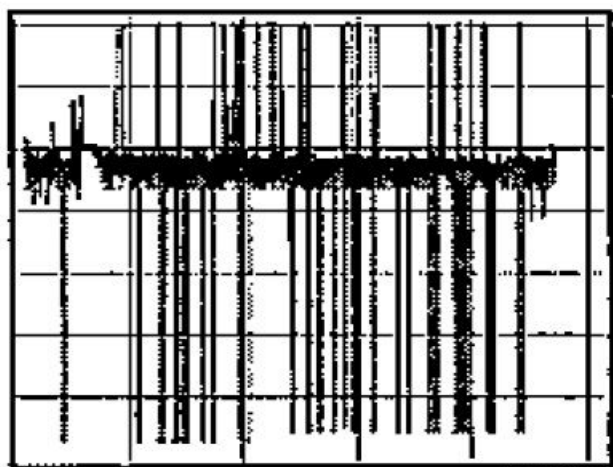
или $P_{\text{пл}} - P = C \cdot \exp\left(\frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}} \cdot t}{S}\right),$

$$\frac{P_{\text{пл}} - P}{P_{\text{пл}} - P_{\text{с.нач}}} = \exp(\xi \cdot t)$$

$$\xi = \frac{\rho \cdot g \cdot K_{\text{факт}}}{S}.$$

dP/dT

а)

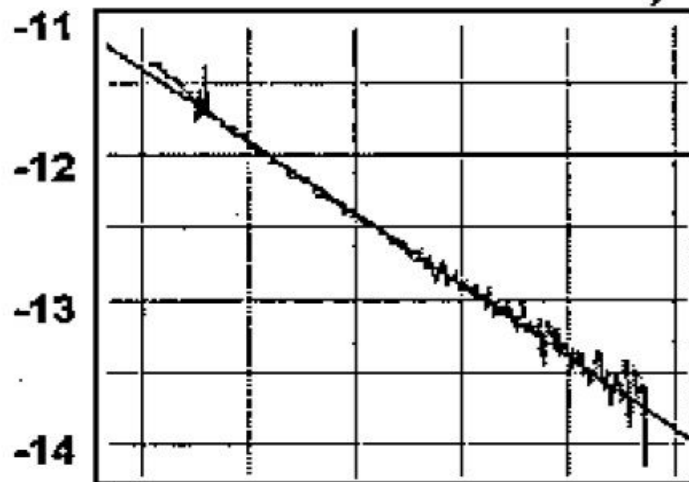


0 5 10 15 20 25

$t \cdot 10^4 [c]$

dP/dT

б)



0 5 10 15 20 25

$t \cdot 10^4 [c]$

Исследования скважин с помощью погружной телеметрии

