Tikrit University

The College of Petroleum Processes Engineering

Petroleum and Gas Refining Engineering Department

An Introduction to Petroleum Technology

First Class

Lecture (13)

By

Assistant lecturer

Luay Ahmed Khamees

13-1 Drilling fluid calculations:

Most drilling fluid engineering calculations relate to changes in the volume and density of drilling fluid as a result of the addition of various solids and liquids.

There are two main hypotheses in calculating this:

- The volumes of each material are cumulative.
- The weights of each material are cumulative.

$$Vs + Vm1 = Vm2 \qquad 13\text{-}1$$

$$Ws + Wm1 = Wm2$$

$$\rho = \frac{W}{V}$$

$$W = \rho \times V$$

$$\rho s\, Vs + \rho m1\, Vm1 = \rho m2\, Vm2 \qquad 13\text{-}2$$

where :

Vs: solid volume.
Vm1: Initial drilling fluid volume.

Vm2: Final drilling fluid volumeز

ρs: density of solids.

ρm1: Density of primary drilling fluid.

ρm2: Final drilling fluid density.

From Equ.(13-1):

Vm1 = Vm2 – Vs

Substitute in an equation (13-2):

ρs Vs + ρm1 (Vm2 – Vs) = ρm2 Vm2

ρs Vs + ρm1 Vm2 – ρm1Vs = ρm2 Vm2

$$Vs = \frac{Vm2(\rho m2 - \rho m1)}{\rho s - \rho m1} \qquad 13\text{-}3$$

since it is: Vm2 = Vs + Vm1 (Eq 13-1)

Substitute in an equation(10-3):

$$\mathbf{Vs = \frac{Vm1\ (\rho m2 - \rho m1)}{\rho s - \rho m2}} \qquad 13\text{-}4$$

The use of one of the two equations (13-4, 13-3) depends on the known volume. If the known volume is Vm2, the equation is used: (13-3).

If the known volume is Vm1, the equation is used :(13-4).

The volume ratio of solids in the drilling fluid is:

$$\mathbf{\frac{Vs}{Vm2}\ x\ 100 = \frac{(\rho m2 - \rho m1)}{\rho s - \rho m2}\ x100} \qquad 13\text{-}5$$

13-1-1 Barite to increase the density:

In the case of using the Barite to increase the density, its volume can be expressed in sacks, as it is sold in sack, each of which weighs: 100 pounds, and the size of the sack: 0.373 cubic feet.

The volume of one sack of Barite = 0.373 / 5.61

= 0.0665 bbl/bag.

Therefore, one barrel of Barite equals 15 sack of Barite.

Let's say that is the number of Barite bags needed to increase the density of 100 barrels of drilling mud from to, then equation (13-1) becomes:

(Note that the density of Barite is: 35.8 lb/gal)

$$\frac{SB}{15} = \frac{100\ (\rho m2 - \rho m1)}{35.8 - \rho m2}$$

$$SB = \frac{1500\ (\rho m2 - \rho m1)}{35.8 - \rho m2} \qquad 13\text{-}6$$

Where SB: Number of Barite sacks.

13-1-2 Bentonite to increase the density

In the case of using the Bentonite to increase the density, its volume can be expressed in sack, as it is sold in bags, each of which weighs: 100 pounds, and the size of the sack: 0.641 cubic feet.
The volume of one sack of Bentonite = 0.641 / 5.61
= 0.114 bbl/bag.

Therefore, one barrel of Bantonite equals 8.75 sacks.

Let's say that is the number of Bantonite sack needed to increase the density of 100 barrels of drilling mud from to, and then equation (13-1) becomes:

(Note that the density of barite is: 20.8 lb/gal)

$$\frac{SC}{8.75} = \frac{100\ (\rho m2 - \rho m1)}{20.8 - \rho m2}$$

$$SC = \frac{875\ (\rho m2 - \rho m1)}{20.8 - \rho m2} \qquad 13\text{-}7$$

Where SC: Number of Barite sacks.

13- 1- 3 To decreased the density:

Density is reduced by adding a liquid such as water or diesel, the equation (13-1) takes another form as follows:

Suppose we use water of density 8.33 lb/gal to dilute the density of a drilling fluid, so the equation is written as follows:

8.33 Vw + ρm1 Vm1 = ρm2 Vm2

Vm2 = Vw + Vm1

8.33 Vw + ρm1 Vm1 = ρm2 (Vw + Vm1)

Vw (ρm2 – 8.33) = Vm1 (ρm1- ρm2)

$$\mathbf{Vw} = \frac{Vm1\,(\rho m1 - \rho m2)}{\rho m2 - 8.33} \qquad 13\text{-}8$$

Ex.1: A 9 ppg drilling mud composed for Bentonite (sp.gr = 2.5) and water has volume of 500 bbl was weighted –up by barite (sp.gr = 4.3) to the density 12 ppg , calculate.

1) Total volume % of solid in mud?
2) Total weight % of solid in mud?
3) Amount of barite in sack and ton?

Solution:

1) $V_s = \frac{V_{m2}(\rho_{m2}-\rho_{m1})}{\rho_s-\rho_{m1}}$

$\frac{V_s}{V_{m2}} * 100\% = \frac{\rho_{m2}-\rho_{m1}}{\rho_s-\rho_{m1}} * 100\%$

For Bentonite $\frac{V_s}{V_{m2}} * 100\% = \frac{9-8.33}{20.8-8.33} * 100\% = 5.3\%$

For Barite $\frac{V_s}{V_{m2}} * 100\% = \frac{12-9}{35.8-9} * 100\% = 11\%$

Total volume of solids = 5.3+11 = 16.3 %

2) $\rho_s V_s = \frac{\rho_s V_{m2}(\rho_{m2}-\rho_{m1})}{\rho_s-\rho_{m1}}$

$\frac{\rho_s V_s}{\rho_{m2} V_{m2}} * 100\% = \frac{\rho_s(\rho_{m2}-\rho_{m1})}{\rho_{m2}(\rho_s-\rho_{m1})}$

For Bentonite

$\frac{\rho_s V_s}{\rho_{m2} V_{m2}} * 100\% = \frac{20.8*(9-8.33)}{9*(20.8-8.33)} = 12.5\%$

Activate
Go to PC set

For Barite $\frac{\rho_s v_s}{\rho_{m2} v_{m2}} * 100\% = \frac{35.8*(12-9)}{12*(35.8-9)} = 33\%$

Total weight = 12.5+33 = 45.5%

3) $v_s = \frac{v_{m1}(\rho_{m2}-\rho_{m1})}{\rho_s-\rho_{m2}}$

$v_s = \frac{500*(12-9)}{35.8-12}$ 63 bbl

1 bbl of Barite = 15 sack

No. of Barite sack = 15*63 =945 sack

Weight of 1 sack of Barite = 100 lb

Weight of Barite = $\frac{945*100}{2000} = 47.25$ ton

1 ton = 2000 lb

Activate Wi
Go to PC settin

Ex.2: Drilling mud has a volume of 1000 bbl and density 9 ppg. Calculate the volume of barite that required increasing density to 14 ppg provided that:

1) The volume of mud remains constant.
2) The volume of mud increase.

Solution:

1) $v_s = \frac{v_{m2}(\rho_{m2}-\rho_{m1})}{\rho_s-\rho_{m1}}$

$v_s = \frac{1000*(14-9)}{35.8-9} = 186.5$ bbl

2) $v_s = \frac{v_{m1}(\rho_{m2}-\rho_{m1})}{\rho_s-\rho_{m2}}$

$v_s = \frac{1000*(14-9)}{35.8-14} = = 229.4$ bbl

The final volume = $v_{m1} + v_s = 1000 + 229.4 = 1229.4$ bbl

Ex.3: 1) How much fresh water must be added to 1000 bbl of 12 ppg mud to read its density 10 ppg

2) What will be the result volume?

Solution:

$$V_w = \frac{V_{m1}(\rho_{m1} - \rho_{m2})}{\rho_{m2} - \rho_w}$$

$$V_w = \frac{1000*(12-10)}{10-8.33} = 1197 \text{ bbl}$$

The total volume = 1000 + 1197 = 2197 bbl

Ex.4: A well of diameter 12 ½ in (capacity = 0.15 bbl/ft) is drilled by drilling mud of density 9.6 ppg at drilling velocity of 23 ft/min and flow rate 720 gpm, if the density of cutting rock is 20.8 ppg. Find the density of drilling mud in the annulus taking in to account effect of cutting rock?

Activate W
Go to PC sett

Solution:

Volume of cutting rock = capacity * drilling velocity = 0.15 * 23 = 3.45 bbl / min

$$= 3.45\frac{\text{bbl}}{\text{min}} * 42\frac{\text{gal}}{\text{bbl}} = 144.9\ \text{gal / min}$$

$$v_s = \frac{v_{m1}(\rho_{m2} - \rho_{m1})}{\rho_s - \rho_{m2}}$$

$$144.9 = \frac{720*(\rho_{m2} - 9.6)}{20.8 - \rho_{m2}}$$

ρ_{m2} = 11.48 ppg

Ex.5: 800 bbls of mud prepared from water and bentonite (vol. % = 5%). Barite was added and density became 12.5 ppg. Find the amount of barite in tons.

Solution:

$$v_s = \frac{v_{m2}(\rho_{m2} - \rho_{m1})}{\rho_s - \rho_{m1}}$$

$$\frac{v_s}{v_{m2}} * 100\% = \frac{\rho_{m2} - \rho_{m1}}{\rho_s - \rho_{m1}} * 100\%$$

$$0.05 = \frac{\rho_{m2} - 8.33}{20.8 - 8.33} * 100\%$$

ρ_{m2} = 8.9 ppg

$$v_s = \frac{v_{m1}(\rho_{m2} - \rho_{m1})}{\rho_s - \rho_{m2}}$$

$$v_s = \frac{800*(12.5 - 8.9)}{35.8 - 12.5} = 123.6\ \text{bbl for Barite}$$

$W_{Br} = \rho_{Br}\, v_{Br}$

= 35.8 *123.6*42 = 185844 lb

$$w_{Br} = \frac{185844}{2000} = 92.9\ \text{ton}$$

Activate Wi

Ex.6: Drilling mud with 16 ppg density. The volume percentage of solids in it is (32%). Calculate the percentage of each one in the mud.

Solution:

$W_s + W_{m1} = W_{m2}$

$\rho_s V_s + \rho_{m1} V_{m1} = \rho_{m2} V_{m2}$

$\rho_{bn} V_{bn} + \rho_{br} V_{br} + \rho_{m1} V_{m1} = \rho_{m2} V_{m2}$

$V_{bn} + V_{br} = 32\%$

$V_{bn} = 0.32 - V_{br}$

$V_w = 100\% - 32\% = 68\%$

$20.8*(0.32 - V_{br}) + 35.8*V_{br} + 8.33*0.68 = 16*1$

$V_{br} = 24.6\%$

$V_{bn} = 0.32 - 0.246 = 7.4\%$

13-2 Inner volume

يقصد به الحجم الداخلي لأنابيب الحفر او انابيب التغليف او الإنتاج او حتى البئر بدون وجود الانابيب و يقصد به أيضا مقدار مائع الحفر الموجود في داخل هذه الانابيب و يتم حسابه من المعادلة الاتية و فق الوحدات الحقلية

Oilfields units

Inner volume = (IDˆ 2 / 1029.4) * L

Where: Inner volume

هو الحجم الداخلي لأنابيب الحفر او انابيب التغليف او انابيب الإنتاج او البئر بدون انابيب الـ مقدرا بوحدة البرميل.

ID: inner diameter, inch

L : هو طول الانابيب التي نحسب حجمها الداخلي او عمق البئر و يجب ان يكون مقدرا بوحدة القدم

Example 1:

Drill pipe inside diameter = 6.125"

Hole depth = 3000 ft

Calculate inner volume?

Inner volume = (6.125^2 / 1029.4) * 3000 = 109 bbl

13-3 Internal capacity factor :

هذا المصطلح لا يختلف كثيرا عن المصطلح الأول فلو عدنا لقانون حساب السعة الداخلية لأنابيب الحفر او انابيب التغليف او الإنتاج او البئر بدون الانابيب و حذفنا الطول سنتحصل على السعة الداخلية للأنابيب او البئر لكل وحدة قدم

Inner Capacity in bbl/ft = ID^2 / 1029.4

Inner capacity factor , bbl / ft

Example 2 :

Determine Internal Capacity Factor in bbl/ft of a 6 1/8 in.

Sol.

Internal Capacity Factor in bbl/ft = 6.125^2/1029.4

Internal Capacity Factor in bbl/ft = 0. 0364 bbl/ft

Example 3:

Calculate inner volume when Internal Capacity Factor = 0. 0364 bbl/ft, Hole Length = 3,000 ft

Sol.

Inner bVolume = 0. 0364 x 3,000 = 109.2 bbl

13-4 Annular volume:

يقصد به الحجم الموجود في الفراغ الحلقي بين انابيب الحفر و بين الطبقات المحفورة او بين انابيب الحفر و بين انابيب التغليف و يتم حسابه من المعادلة الاتية:

Annular volume = (ID ˆ2 - OD ˆ 2 / 1029.4) * L

ID: هو القطر الداخلي للبئر و هو نفسه قطر الحفارة المستخدم في الحفر او القطر الداخلي لأنابيب التغليف و يجب ان يكون مقدرا بوحدة الانش.

OD: هو القطر الخارجي لأنابيب الحفر او انابيب الإنتاج مقدرا بوحدة الانش

Annular volume : الحجم الحلقي المحصور بين انابيب الحفر او الإنتاج و بين الطبقات المحفورة و بين انابيب التغليف مقدرا بوحدة البرميل. bbl

Example 4:

Hole size (ID) = 6-1/8 in.

Drill pipe OD (OD) = 3.5 in.

Hole depth = 1000 ft

Annular volume = (6.125^2 – 3.5 ^2) ÷1029.4 * 1000 = 24.5 bbl

13-5 Annular capacity factor :

Annular capacity in bbl/ft = (ID^2 – OD^2) /1029.4

Example 5:

Hole size (ID) = 6 1/8 in.

Drill pipe (OD) = 3.5 in.

Annular capacity in bbl/ft = (6.125^2 – 3.5^ 2) ÷1029.4

Annular capacity = 0.0245 bbl/ft

ثانيا بعد حساب السعة الحلقية لكل قدم يمكن حساب الحجم الحلقي بواسطة العلاقة الاتية

Annular volume in bbl = annular capacity (bbl/ft) x length of annulus (ft).

Example 6:

Annular capacity = 0.0245 bbl/ft

Length of annulus = 1000 ft

Annular volume = 1000 x 0.0245 = 24.5 bbl.

13-6 Plain pipe displacement:

عند انزال انابيب الحفر او التغليف او الإنتاج الى داخل البئر المليء بمائع الحفر فان جزء من هذا المائع سوف يفيض و يخرج خارجا بسبب الحيز الذي ستشغله انابيب الحفر نتيجة لحجمها و هذه الكمية الفائضة تعرف بمقدار الازاحة في مائع الحفر او المحلول المائي نتيجة لحجم انابيب الحفر بمعنى اخر المقدار الفائض من مائع الحفر نتيجة لحجم انابيب الحفر في البئر و يحسب من المعادلة الاتية:

Pipe Displacement in bbl/ft = (OD^2 – ID^2) / 1029.4

Pipe displacement هو سعة الانابيب لكل قدم

ID هو القطر الداخلي للأنابيب مقدرا بوحدة الانش

OD هو القطر الخارجي للأنابيب مقدرا بوحدة الانش

Example 7

Determine pipe displacement in bbl/ft of 9-5/8” casing 40 ppf,

OD = 9.625 in, ID = 8.835 in

Pipe Displacement of 9-5/8” casing 40 ppf in bbl/ft = (9.625 ˆ 2 – 8.835 ˆ 2) / 1029.4

Pipe Displacement of 9-5/8” casing 40 ppf in bbl/ft = 0.01417 bbl/ft

Plain Pipe displacement

مهم جدا فبه يمكن حساب مقدار الفائض من مائع الحفر عند ادخال الانابيب الى طول او عمق معلوم هذا الفائض يؤخذ في الاعتبار عند تحضير مائع الحفر فمثلا في المثال 7 كان فلو فرضنا ان عمق البئر الذي ستنزل عنده هذه الانابيب هو 6000 قدم و نتيجة لهذا سيكون الحجم الفائض من مائع الحفر نتيجة انزال الانابيب هو 85 برميل

(أي 0.01417 * 6000) و هذا الحجم الفائض يجب ان يكون له مكان في الخزانات عند قدومه اليها.

كيف جاء الرقم (1029.4)

بالعودة لجميع القوانين السابقة و قمنا بموازنة الوحدات مثلا لو نأخذ قانون حساب الحجم الداخلي:

Inner volume capacity = ID ^2 / 1029.4

الان نعيد كتابة القانون بالوحدات

bbl/ft = (in ^2 / 1029.4)

و كشرط صحة لاي معادلة رياضية يجب ان تكون الوحدات على يمين المعادلة هي نفسها على يسار المعادلة و وبالعودة للمعادلة السابقة نجد ان وحدة:

in^2 لا يمكنها ان تساوي bbl/ft

لكن بدخول الرقم 1029.4 على المعادلة اصبحت الوحدات متجانسة

لنفرض ان لدينا اسطوانة تمثل انابيب الحفر او البئر اوانابيب الانتاج، فكيف جاء 1029.4

Area of circle (square inch) = (π÷4) x ID ^2

Area (inch^2) = Volume inch^3 / height inch

وحدة القياس الانش المكعب هي وحدة قياس حجم ولا تستخدم في الحقول النفطية و يتم استبدالها بوحدة البرميل كذالك فان الطول يقدر بالقدم و ليس بالانش و بالاستعانة بالوحدات الحقلية:

1 bbl = 5.6145 ft3

1 ft = 12 inch

1 inch = 0.08333 ft

1 bbl = 9702 cubic inch (in3)

لنعود الأن للمعادلة السابقة

Volume (inch^3) / height (inch) = Area (inch^2)

Volume (bbl) / hight (ft) = area (in2) × (1 bbl /9702 inch3) ×
(1 inch /0.0833 ft)

Volume (bbl/ft) = (π/4) (ID^2) / (0.08333 × 9702)

Capacity bbl/ft = ID^2/1029.4