

Министерство образования и науки Республики Казахстан

Геологоразведочный колледж

Базовый (опорный) конспект
по предмету:
***«Основы гидравлики и промывочных
жидкостей»***
для специальностей:

**0702000 – «Технология и техника разведки месторождений полезных
ископаемых»**

Подготовлен преподавателем:
Абикешев М.Р.

Рассмотрен на заседании гидро-буровой ПЦК
Протокол №_____ от «_____» _____ 201_г.

г. Семей

Базовый (опорный) конспект составлен в соответствии с учебным планом, утвержденным в 2009 году и рабочей программой утвержденной в 2011 г.

Рекомендован учебной частью к утверждению

Зам директора по УР _____ Савушкиной Е.В.

Общее количество часов на предмет _____ 44 _____

В том числе

I семестр _____

II семестр _____

III семестр _24+20_

IV семестр _____

V семестр _____

VI семестр _____

VII семестр _____

Количество обязательных контрольных работ – 1

Итоговый контроль **Экзамен** в III семестре.

III. Тематический план дисциплины «Основы гидравлики и промывочной жидкости».

№ п/п	Наименование разделов и тем	Количество часов	
		Теория	практика
1	Введение. Роль гидравлики в бурении, буровом и горном оборудовании. Гидравлика как наука	2	2
2	Гидростатика		
2.1	Основные сведения. Гидростатическое давление. Закон Паскаля.	2	2
2.2	Закон Архимеда. Условия плавания тел. Определение веса колонны бурильных труб.	2	2
3	Гидродинамика		
3.1	Основные понятия. Условие неразрывности потока. Объемный расход и средняя скорость	2	2
3.2	Движение жидкости. Уравнение Бернулли и его смысл. Применение уравнения Бернулли.	2	2
3.3	Движение жидкости по трубам. Число Рейнольдса. Потери на трение и линейные сопротивления.	2	2
3.4	Гидравлические удар, его применение. Истечение жидкости	2	2
3.5	Гидравлические машины	2	2
4	Промывочные жидкости		
4.1	Общие сведения о промывочных жидкостях	2	
4.2	Материалы для приготовления промывочных жидкостей	2	
4.3	Химические реагенты для регулирования качеств растворов	2	
4.4	Состав и свойства промывочных жидкостей	2	2
	итого	24	20

Оглавление

№ п/п	Наименование разделов и тем	страница
1	Введение. Роль гидравлики в бурении, буровом и горном оборудовании. Гидравлика как наука	4
2	Гидростатика	
2.1	Основные сведения. Гидростатическое давление. Закон Паскаля.	7
2.2	Закон Архимеда. Условия плавания тел. Определение веса колонны бурильных труб.	9
3	Гидродинамика	
3.1	Основные понятия. Условие неразрывности потока. Объемный расход и средняя скорость	12
3.2	Движение жидкости. Уравнение Бернулли и его смысл. Применение уравнения Бернулли.	15
3.3	Движение жидкости по трубам. Число Рейнольдса. Потери на трение и линейные сопротивления.	17
3.4	Гидравлические удар, его применение. Истечение жидкости	18
3.5	Гидравлические машины	19
4	Промывочные жидкости	
4.1	Общие сведения о промывочных жидкостях	21
4.2	Материалы для приготовления промывочных жидкостей	22
4.3	Химические реагенты для регулирования качеств растворов	23
4.4	Состав и свойства промывочных жидкостей	24

Раздел I: Основы гидравлики

Урок 1: Введение. Роль гидравлики в бурении, буровом и горном оборудовании. Гидравлика как наука.

План:

- 1) Краткие сведения о гидравлике
- 2) Основные единицы измерения
- 3) Виды жидкостей

Гидравлика – от греч. слова гидро (вода), аулос (труба).

Гидравлика – это прикладная наука которая изучает законы покоя и движения жидкости, а так же рассматривает взаимодействие этих жидкостей с другими телами.

История развития гидравлики – первые указания о научном подходе к решению гидравлических задач относятся к 250 году д.э., когда Архимедом был открыт закон о равновесии тела погруженного в жидкость.

В дальнейшем на протяжении полутора тысячелетий гидравлика не получила весомого развития и только в XVI-XVII веках в эпоху возрождения были сделаны несколько весьма важных гидравлических открытий:

Л. Давинчи занимался изучением движения жидкости в каналах и реках где Галилей опубликовал трактат о законах плавания.

Торичели в 1543 году вывел формулу из течения идеальной жидкости из отверстия.

Паскаль в 1650 году создал закон о передачи жидкостью внешнего давления.

Основные единицы измерения в гидравлике:

- 1) Метр – единица длины, обозначается (l)сантиметр, 0,01 диаметр 0,1 м километр 1000м.
- 2) l^2 - единица измерения площади, обозначается Sm^2 . 10^{-2} . 0,0001м

$$1дц^2 = 10^{-2} 0,001м$$

$$1 км^2 = 10^6 м$$

- 3) l^3 - единица измерения объема, V

$$1см^3 = 10^{-6}м$$

$$1дц^3 = 10^{-3} = 1 \text{ литру}$$

- 4) $lм/с$ – единица измерения скорости, v
 $1м/с = 3,6 км/ч$
- 5) $г/см^3$ - единица измерения плотности, ρ
в $1кг/м^3 = 1000г/см^3$

6) Кг – единица измерения массы.

В $1\text{ кг} = 1000\text{ гр}$, в $1\text{ т} = 1000\text{ кг}$.

3) Виды жидкости:

Различают 2 вида жидкости:

- 1) Капиллярные – это жидкости, которые мы привыкли называть жидкостями. Например: вода, масло, ртуть.
- 2) Газообразные – это газы.

Все капиллярные жидкости оказывают большое сопротивление V и трудно поддаются сжатию. При изменении давления, температуры их объем изменяется незначительно. Газообразные жидкости, наоборот, под влиянием тех же факторов изменяют свой объем значительно.

В гидравлике капиллярные жидкости рассматриваются значительно чаще.

Для возможности применения математических формул при изучении жидкостей вводятся понятия:

- 1) Идеальной жидкости – не вязкий (совершенный) обладают свойствами: Абсолютной подвижностью (отсутствует силы трения и касательного напряжения); абсолютной неизменчивостью под воздействием внешних сил.
- 2) Реальная жидкость – вязкий (действительный) жидкости обладают: сжимаемостью, сопротивлением растягиванию и сдвигающим усилием. Идеальных жидкостей в природе не существует, они являются моделью идеальной жидкости.

На жидкость находясь в состоянии равновесия действуют силы:

- 1) Массовые или объемные – это силы пропорциональны массе, а при однородности жидкости и объему.
- 2) Поверхностные силы – силы пропорциональны площади той поверхности, на которое они действуют. К этим силам относятся:
 - а) Силы нормальные к поверхности жидкости (растяжение, давление, сжатие)
 - б) Касательные – силы трения возникающие при движении жидкости.

Роль гидравлики в бурении

При гидроударом бурении используются энергия удара.

В энжекторных колонковых снарядах и гидромониторных долотах широко применяется различные типы насадок. В буровом машиностроении гидравлические системы и механизмы находят широкое распространение.

Промывочные жидкости, свойства которых не соответствуют данным геологическим условиям могут привести к различным осложнениям аварий.

Контрольные вопросы и задания.

1) Объем бензина при температуре 15°C составляет 33,5 м³. Каким будет объем этого же количества бензина при температуре 5 °С, учитывая, что коэффициент температурного расширения бензина $\beta_t=0,00065$ 1/ °С.

2) Удельный вес нефти при температуре 15°C равен 9000Н/м³, при этом кинематическая вязкость равна 0,3*10⁻⁴м²/с. Определить динамическую вязкость нефти.

3) Удельный вес нефти при температуре 15 °С, равен 8830 Н/м³, кинематическая вязкость 0,4 см²/с. Определить динамическую вязкость нефти.

4) Какими литогинетическими разностями пород представлены отложения, если высота капиллярного поднятия в них составила 0,5 м.

5) Определить динамический коэффициент вязкости при температуре 11°C, и плотности равной 1000 кг/м³.

Практическое занятие № 1:

Пример: Определить динамическую вязкость μ воды при температуре 18°C, если плотность ее при данной температуре 1000кг/м³.

Решение: Кинематическая вязкость из таблицы при данной температуре равна 106 м/с². Из формулы кинематической вязкости можно выразить динамическую вязкость: $\mu=\rho\nu$. $\mu=106$ м/с²*1000 кг/м³=106000 Н $\frac{с}{м^2}$.

Урок 2: Основные сведения. Гидростатическое давление. Закон Паскаля.

План:

- 1) Общие сведения о гидростатике
- 2) Свойства гидростатического давления
- 3) Измерение давления

- 1) Гидростатика – это раздел гидравлики, который изучает состояние жидкости в покое и взаимодействие ее с другими телами.

Гидростатическое давление (от греч.слова гидро – жидкость, статика - покой), обозначается буквой Р.

Гидростатическим давление называется сила давления жидкости на единицу площади. Его можно представить в виде формулы:

$$P = \frac{F}{S} \text{ (н/м}^2\text{)}, P - \text{сила давления жидкости}$$

S–площадь.

- 2) Гидростатическое давление обладает тремя свойствами:

- 1) Гидростатическое давление направлено по внутренней нормали площади, на которую он действует.

- 2) Гидростатическое давление в точке действует одинаково по всем направлениям.
- 3) Гидростатическое давление в точке зависит от ее координат.

Закон Паскаля гласит – давление, производимое, внешними силами передается жидкости в любую точку этой жидкости (в любом направлении одинаково).

3)Измерение давления

Если давление измеряется с учетом атмосферного давления (P_a), то такое давление называется абсолютным (P).

Манометрическим (избыточным P_u) называется избыток (превышение) над атмосферным.

$$P_u = P - P_a$$

Если абсолютное давление оказывается меньше атмосферного, то образуется вакуум (разряжение) P_v .

$$P_v = P_a - P$$

Из формулы видно, что избыточное давление теоретически может быть сколько угодно большим, т.к. абсолютное давление тоже может быть числом бесконечно большим.

В то время как вакуум может быть только меньше атмосферного давления.

Взаимодействие жидкости с сосудами:

- 1) Давление на дно и стенки сосуда определяется по формуле

$$P = pgh + P_a; \text{ } p - \text{плотность жидкости (кг/м}^3\text{)}$$

$$g - 9,8 \text{ м/с}^2 \text{ ускорение свободного падения}$$

$$h - \text{высота столба жидкости (м).}$$

Рассчитать гидростатическое давление на дне самого глубокого места в океане (11 000 м).

Дано:

$$H=11\,000\text{м};$$

$$\rho=1400 \text{ кг/м}^3;$$

$$g=10$$

$$P=?$$

Решение:

$$P = pgh$$

$$P=1400*9,8*11\,000 = 1\,120\,000\,000 = 112 \text{ мПа}$$

Измерение давления:

Давление жидкости или гидростатическое давление, измеряется при помощи: манометра, пьезометра.

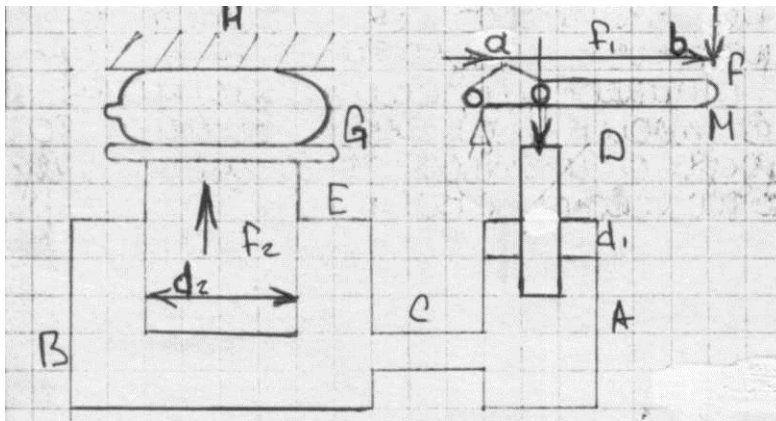
Урок 3. Закон Архимеда. Условия плавления тел. Определение веса колонны бурильных труб.

План:

- 1) Устройство гидравлического пресса
- 2) Закон Архимеда
- 3) Решение задачи

Гидравлический пресс – это простейшая гидравлическая машина, предназначенная для создания больших сжимающих усилий.

Это не обходимо при ковке, штамповке, испытание на прочность металлов.



Гидравлический пресс

Суть данного прибора заключается в приумножении сил в:

- 1) $F_1 = F(a+b)/a$ (За счет действия рычага);
- 2) За счет разности диаметра крепления d_1 намного меньше чем d_2

$$F_2 = F \frac{d_2}{d_1}$$

3)
$$F_2 = F \frac{d_2}{d_1} * \frac{a+b}{a}$$

Гидравлический пресс состоит:

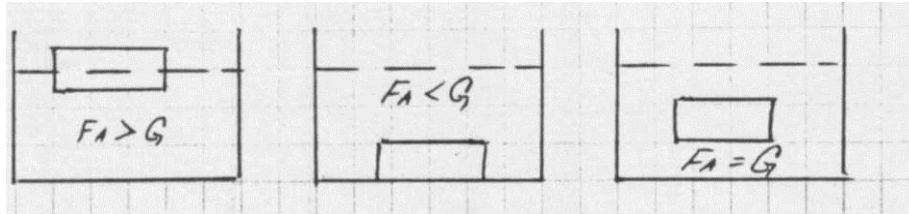
- 1) Рычага (M);
- 2) Малого(D) и большого(E) поршня расположенных в соответствующих цилиндрах а и b; соединенных между собой кинематически.

Сообщающиеся сосуды

В сообщающихся сосудах при однородности жидкости не зависимо от диаметров сосудов уровень жидкости в этих сосудах будет одинаковый, если плотность жидкости в каком либо сосуде больше, то уровни будут отличаться согласно формуле гидростатического давления.

Закон Архимеда

- 1) Закон Архимеда
 - 2) Условия плавания тел
 - 3) Определение силы действующая на тело, погруженную в жидкость
 - 4) Определение веса колонны бурильных труб
-
- 1) На тело, погруженное в жидкость действует выталкивающая сила (Архимедово) равная весу жидкости в объеме погруженной части тела.
 - 2) Обозначим силу тяжести буквой G , а выталкивающую F_a ; если $F_a > G$, то тело будет плавать.
Если $F_a < G$, то тело тонет; Если $F_a = G$, то тело находится в погруженном состоянии.



- 3) Определение по формуле силы действующей на тело погруженное в жидкость.

$$F_a = \rho g V_n; \quad \rho - \text{плотность жидкости в которое погружается тело};$$

V_n - объем погруженного тела.

Дано:

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$R = 25 \text{ см} = 25 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$g = 9,8$$

$F_a = ?$

Решение:

$$F_a = \rho g V_n$$

$$V_n = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$V_n = \frac{4}{3} * 3,14 * 25 * 10^{-2}$$

$$F_a = 1000 * 10 * \frac{4}{3} * 3,14 * (25 * 10^{-2})^3 = 641,6 \text{ Н}$$

- 4) Определить массу бурильных труб, длиной 850м погруженных в промывочную жидкость - плотностью 1200 кг/м³. Масса 1м таких труб составляет 6.04 кг.

Дано:

$$l=850\text{м}$$

$$\rho_{\text{ж}}=1200 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{ст}}=780\text{кг}$$

$$m_{\text{тр}}=6.04 \text{ кг}$$

$$g=9,8$$

$m=?$

Решение:

$$F_a = \rho g V_n$$

$$F = am$$

$$Q = ql \left(1 - \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ст}}} \right) * g$$

$$Q = G * 850 \left(1 - \frac{1200}{7800} \right) * 10 = 43153,8\text{Н}$$

$$m = \frac{F}{g} = \frac{43153,8}{10} = 4315\text{кг}$$

Практическое занятие №2:

в) Дать задачи для самостоятельного решения

1) Определить избыточное давление на забое скважины глубиной 3650м. Скважина заполнена глинистым раствором плотностью 1600 кг/м³.

2) На сколько снизится забойное давление в скважине глубиной 3200м, если глинистый раствор плотностью 1600 кг/м³ заменить водой плотностью 1000 кг/м³.

3) Определить полное гидростатическое давление на дно сосуда высотой h=10м, наполненного водой. Давление на поверхности воды в сосуде равно P₀=10⁵Па.

4) Избыточное давление на глубине моря 300м, равно 3,09*10⁶Па. Определить удельный вес морской воды.

5) Определить абсолютное и избыточное давление на дно открытого резервуара, наполненного водой, глубина воды в резервуаре 4м.

6) Определить высоту, на которую поднимается вода в вакуумметре, присоединённом к баллону, который измеряет недостаток давления до нормального атмосферного. Давление внутри баллона 0,96*10⁵Па. Удельный вес воды равен 9810 Н/м³.

7) Определить вес колонны буровых труб в скважине глубиной 1200 м, плотность бурового раствора 1200, марка труб СБТН-50

Пример:

При бурении скважины вскрыт водоносный пласт с напорными водами. Устье скважины оборудовано манометром, который показал избыточное давление 3,92*10⁴Па. Определить на какую высоту будет фонтанировать вода, если ее удельный вес равен 9810Н/м³.

Решение: Необходимо найти h, для этого необходимо найти нормальное давление, P=P_{атм}-P_{изб}; P=101325Па-39200Па=62125Па. Выразим из основного уравнения гидростатики величину $h = \frac{P_{\text{атм}} - P}{\rho g}$; $h = \frac{101325 - 62125}{9810} = 3,99\text{м}$. Фонтанировать скважина будет на 4 метра.

Урок 4. Основные понятия. Условие неразрывности потока. Объемный расход и средняя скорость.

План:

1. Основные понятия
2. Условия не разрывности потока.
3. Объемный расход средняя скорость

Гидродинамика - Это раздел гидравлики, который изучает состояние жидкостей в движении и взаимодействия с другими телами.

Основные понятия:

- Элементарная струйка – это струйка с бесконечно малым поперечным сечением.
- Поток – это совокупность элементарных струек в данном русле.
- Линия тока – линия в жидкой точке, которой вектор скорости направлен по касательной.
- Траектория движения – это линия, по которой движется эта точка.
- Живое сечение – это сечение расположено параллельно направлению движению жидкости.
- Гидравлический радиус – характеризует часть площади поперечного сечения потока приходящиеся на единицу длины смоченного периметра. Определяется по формуле:

$$R = \frac{W}{X};$$

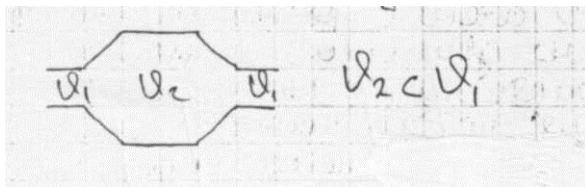
W- площадь сечения;

X- смоченный периметр.

- Смоченный периметр – это часть поперечного сечения русла соприкасающихся со стенками и дном русла.
- Расход потока – определяется буквой Q. Измеряется (м³/с) – это количество жидкости, протекающие через поперечное сечение жидкости потока в единицу времени.

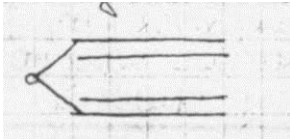
Виды движения жидкости:

- 1) Безнапорное – при безнапорном движении жидкости, поверхность имеет свободную поверхность. Безнапорное движение встречается: в русле, трубе с неполным заполнением.
- 2) Напорное – наблюдается при ограниченной жидкости жесткими стенками (труба в трубе полностью заполнена в трубопроводе).
- 3) Установившаяся – это давление жидкости с постоянным расходом в данном поперечном сечении.
- 4) Не установившаяся – это движение жидкости с непостоянным расходом в данном поперечном сечении.
Давление жидкости в трубопровод перекачиваемой поршневым насосом.
- 5) Равномерное – это движение жидкостей, при котором скорость и расход примерно одинакова по всей длине (нефть в трубопроводе)
- 6) Неравномерное – это движение жидкостей при котором скорость и расход будет меняться по всей длине.



При движении жидкости по трубам различают 2 области:

- 1) Область смачивания (А) размером с молекулы, в ней не происходит ни какого движения жидкости.
- 2) Ядро течение (В) – это вся оставшаяся часть жидкости, в которой происходит течение.

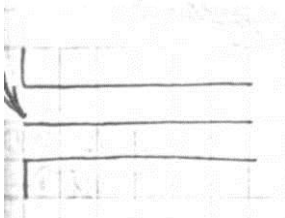


При движении любой жидкости различаются 2 режима наблюдается в ядре течения:

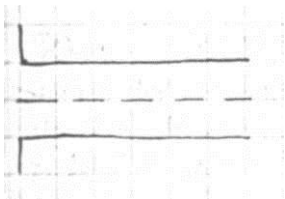
- 1) Ламинарный режим – характеризуется сложными движениями жидкости без перемешивания частиц и наблюдается при движении подземных вод.
- 2) Турбулентный режим – характеризуется перемешиванием частиц жидкостей, который кроме поступательного движения, приобретает и вращательные движения.

При турбулентном режиме наблюдается так же пульсация скорости, т.е. изменение скорости по величине и направлению. Он наблюдается при движении жидкости по трубам, в реках, каналах.

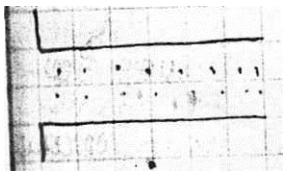
Число Рельнальса:



а) При не большой скорости струйки краситель не будет перемешиваться, с жидкостью и плавным ламинарным режимом будет двигаться по трубе.



б) При увеличении скорости струйки красителя имеет волнообразное движение и можно наблюдать ламинарное движение с тах скоростью в центре.



в) При большой скорости краски перемешивается по всему сечению.

Следует отметить, что шероховатость стенок не учитывается. Эти наблюдения вводятся следующие элементы:

v – скорость движения жидкости по трубе

d – диаметр трубы

V – кин. коэффициент вязкости

После серии опытов Рельнальс вывел формулу:

$$R_e = \frac{Ud}{\nu}; \quad R_e - \text{число Рейнальдса (является безразмерной величиной)}$$

Число Рейнелдса является безмерной величиной. В ходе опыта он так же установил критическое значение R_e .

$Re_{кр}=2300$, больше которого движение становится турбулентным, если меньше его – ламинарным.

Данное значение критического числа является значением для общего случая.

Переход от ламинарного к турбулентному режиму приходит в определенном интервале скорости.

Практическое занятие №3:

Пример:

б) Решить задачу у доски вместе.

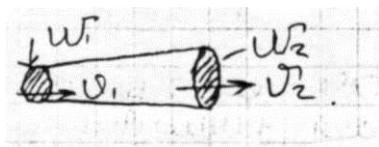
Вода с температурой $t=12^\circ\text{C}$ подается по трубе диаметром $d=4\text{см}$. Расход потока $Q=70\text{см}^3/\text{с}$. Определить режим потока и описать характер движения струйки краски, введенной в цент поперечного сечения трубы. При каком расходе изменится режим движения?

Решение: При температуре 12°C , $\nu=0,0124\text{ см}^2/\text{с}$, скорость движения в трубе $v=Q/\omega$, где $\omega=\pi d^2/4=12,55\text{см}^2$. Определим число Рейнольдса $Re=vd/\nu = 1810$. Режим движения ламинарный. Найдем критическую скорость, при которой режим изменится на турбулентный $v_{кр}=v \cdot Re_{кр}/4=7,2\text{ см/с}$.

Уравнение неразрывности потока:

Неразрывным называется поток, в котором во всех его точках одинаковая плотность, скорость и отсутствует пустоты.

В большинстве случаев поток (и отсутствуют пустоты) является неразрывным за исключением случая, когда давление газа в жидкости. Жидкость закипает.



$$V1 \cdot W1 = V2 \cdot W2;$$

$V1; V2$ - скорости движения жидкости , в сечение 1 и 2

Соответственно

$W1; W2$ - площадь поперечного сечения.

Для измерения давления жидкости применяют *пьезометры* - тонкостенные стеклянные трубки, в которых жидкость поднимается на высоту $\frac{P}{\rho g}$. В каждом сечении установлены пьезометры, в которых уровень жидкости поднимается на разные высоты.

Кроме пьезометров в каждом сечении 1-1 и 2-2 установлена трубка, загнутый конец которой направлен навстречу потоку жидкости, которая называется *трубка Пито*. Жидкость в трубках Пито также поднимается на разные уровни, если отсчитывать их от *пьезометрической линии*.

Пьезометрическую линию можно построить следующим образом. Если между сечением 1-1 и 2-2 поставить несколько таких же пьезометров и через показания уровней жидкости в них провести кривую, то мы получим ломаную линию (рис.3.5).

Однако высота уровней в трубках Пито относительно произвольной горизонтальной прямой 0-0, называемой *плоскостью сравнения*, будет одинакова.

Если через показания уровней жидкости в трубках Пито провести линию, то она будет горизонтальна, и будет отражать *уровень полной энергии трубопровода*.

Для двух произвольных сечений 1-1 и 2-2 потока идеальной жидкости уравнение Бернулли имеет следующий вид:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} = H = \text{const}$$

Так как сечения 1-1 и 2-2 взяты произвольно, то полученное уравнение можно переписать иначе:

$$z + \frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = H = \text{const}$$

и прочесть так: сумма трех членов уравнения Бернулли для любого сечения потока идеальной жидкости есть величина постоянная.

С энергетической точки зрения каждый член уравнения представляет собой определенные виды энергии:

z_1 и z_2 - удельные энергии положения, характеризующие потенциальную энергию в сечениях 1-1 и 2-2;

$\frac{P_1}{\rho g}$ и $\frac{P_2}{\rho g}$ - удельные энергии давления, характеризующие потенциальную энергию давления в тех же сечениях;

$\frac{v_1^2}{2g}$ и $\frac{v_2^2}{2g}$ - удельные кинетические энергии в тех же сечениях.

Следовательно, согласно уравнению Бернулли, *полная удельная энергия идеальной жидкости в любом сечении постоянна*.

Уравнение Бернулли можно истолковать и чисто геометрически. Дело в том, что каждый член уравнения имеет линейную размерность. Глядя на рис.3.5, можно заметить, что z_1 и z_2 -

геометрические высоты сечений 1-1 и 2-2 над плоскостью сравнения; $\frac{P_1}{\rho g}$ и $\frac{P_2}{\rho g}$ -

пьезометрические высоты; $\frac{v_1^2}{2g}$ и $\frac{v_2^2}{2g}$ - скоростные высоты в указанных сечениях.

В этом случае уравнение Бернулли можно прочесть так: *сумма геометрической, пьезометрической и скоростной высоты для идеальной жидкости есть величина постоянная.*

Уравнение Бернулли для реальной жидкости

Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости несколько отличается от уравнения

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} = H = \text{const}$$

Дело в том, что при движении реальной вязкой жидкости возникают силы трения, на преодоление которых жидкость затрачивает энергию. В результате полная удельная энергия жидкости в сечении 1-1 будет больше полной удельной энергии в сечении 2-2 на величину потерянной энергии (рис.3.6).

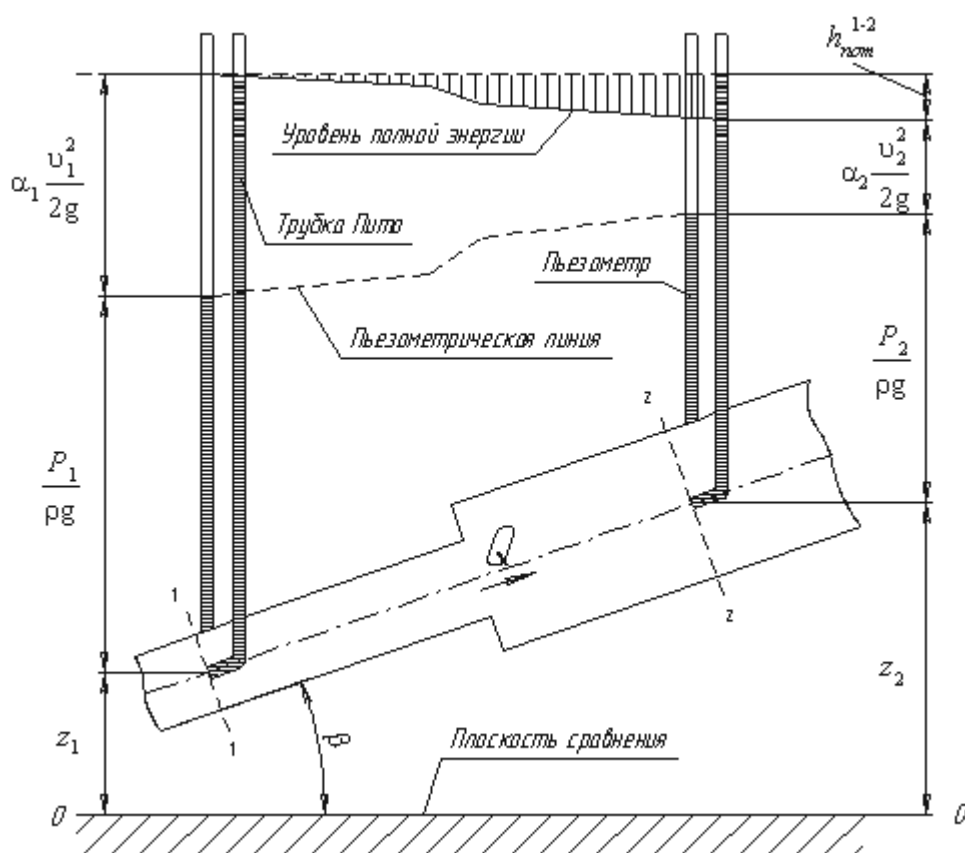


Рис.3.6. Схема к выводу уравнения Бернулли для реальной жидкости

Потерянная энергия или потерянный напор обозначаются $h_{\text{пот}}^{1-2}$ и имеют также линейную размерность.

Уравнение Бернулли для реальной жидкости будет иметь вид:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + h_{\text{пот}}^{1-2} = H = \text{const}$$

Из рис.3.6 видно, что по мере движения жидкости от сечения 1-1 до сечения 2-2 потерянный напор все время увеличивается (потерянный напор выделен вертикальной штриховкой).

Таким образом, уровень первоначальной энергии, которой обладает жидкость в первом сечении, для второго сечения будет складываться из четырех составляющих: геометрической высоты, пьезометрической высоты, скоростной высоты и потеряннго напора между сечениями 1-1 и 2-2.

Кроме этого в уравнении появились еще два коэффициента α_1 и α_2 , которые называются *коэффициентами Кориолиса* и зависят от режима течения жидкости ($\alpha = 2$ для ламинарного режима, $\alpha = 1$ для турбулентного режима).

Потерянная высота $h_{пот}^{1-2}$ складывается из линейных потерь, вызванных силой трения между слоями жидкости, и потерь, вызванных местными сопротивлениями (изменениями конфигурации потока)

$$h_{пот}^{1-2} = h_{лин} + h_{мест}$$

С помощью уравнения Бернулли решается большинство задач практической гидравлики. Для этого выбирают два сечения по длине потока, таким образом, чтобы для одного из них были известны величины P , ρ , g , а для другого сечения одна или величины подлежали определению. При двух неизвестных для второго сечения используют уравнение постоянства расхода жидкости $v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2$.

Контрольные вопросы и задания.

а) Цилиндрический бак диаметром $D=1,0$ м, наполненный водой до уровня $H=2,0$ м. Вне бака есть отверстие диаметром $d=0,1$ м. Определить время истечения всего объема воды при постоянном и переменном уровне. Ответ: 98с.

б) В теле бетонной плотины , заложена круглая туба, через которую пропускается вода; диаметр $d=2,0$ м, длинна = 10м. Определить расход через водопропускную трубу при напоре $H=9,0$ м. Ответ: 34,2 м³/с.

в) Определить расход через водослив с тонкой стенкой при следующих данных: $P_{н.б}=0,8$, ширина $b=1,5$ м, $m=0,434$, напор $H=0,35$ м; глубины в нижнем бьефе $h_{нб1}=0,70$ м и $h_{нб2}=1,05$ м. Ответ: 0,437 м³/с.

г) Определить расход для треугольного водослива, если напор $H=0,60$ м.

д) Определить расход для трапецидального водослива, если $b=0,30$ м, напор $H=0,50$ м.

Урок 6: Движение жидкости по трубам. Число Рейнольдса. Потери на трение и линейные сопротивления.

План:

- 1) **Потери напора при ламинарном течении жидкости**
- 2) **Местные гидравлические сопротивления**

Потери напора при ламинарном течении жидкости

Как показывают исследования, при ламинарном течении жидкости в круглой трубе максимальная скорость находится на оси трубы. У стенок трубы скорость равна нулю, т.к. частицы жидкости покрывают внутреннюю поверхность трубопровода тонким неподвижным слоем. От стенок трубы к ее оси скорости нарастают плавно. *График распределения скоростей по поперечному сечению потока представляет собой параболоид вращения, а сечение параболоида осевой плоскостью - квадратичную параболу (рис.4.3).*

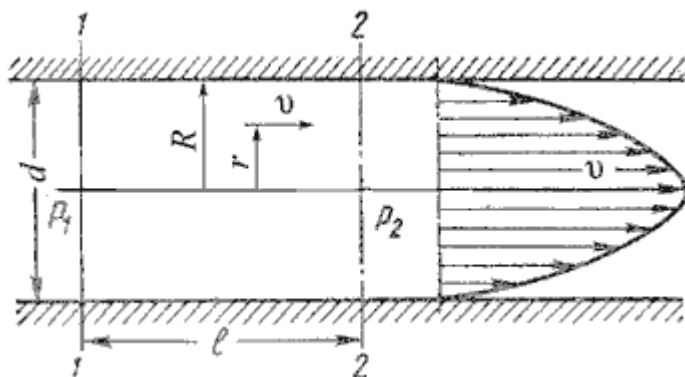
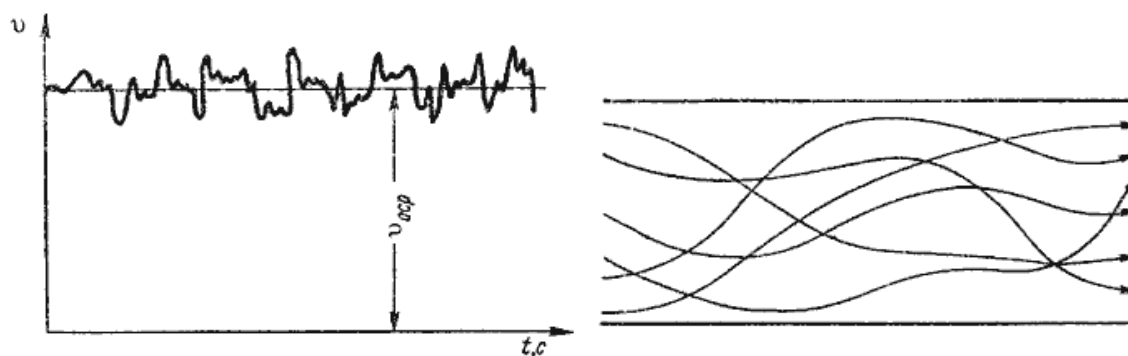


Рис. 4.3. Схема для рассмотрения ламинарного потока

Потери напора при турбулентном течении жидкости

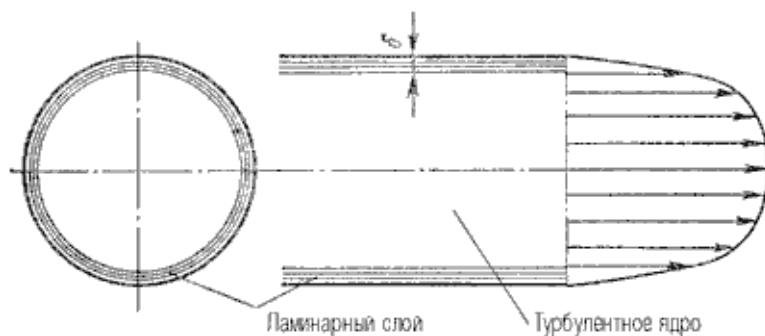
Как было указано в п.4.1, для турбулентного течения характерно перемешивание жидкости, пульсации скоростей и давлений. Если с помощью особо чувствительного прибора-самописца измерять пульсации, например, скорости по времени в фиксированной точке потока, то получим картину, подобную показанной на рис.4.4. Скорость беспорядочно колеблется около некоторого осредненного по времени значения $v_{оср}$, которое в данном случае остается постоянным.

Характер линий тока в трубе в данный момент времени отличается большим разнообразием (рис.4.5).



Пульсация скорости в турбулентном потоке. Рис. 4.5. Характер линий тока в турбулентном потоке

При турбулентном режиме движения жидкости в трубах эпюра распределения скоростей имеет вид, показанный на рис. 4.6. В тонком пристенном слое толщиной δ жидкость течет в ламинарном режиме, а остальные слои текут в турбулентном режиме, и называются *турбулентным ядром*. Таким образом, строго говоря, турбулентного движения в чистом виде не существует. Оно сопровождается ламинарным движением у стенок, хотя слой δ с ламинарным режимом весьма мал по сравнению с турбулентным ядром.



Модель турбулентного режима движения жидкости

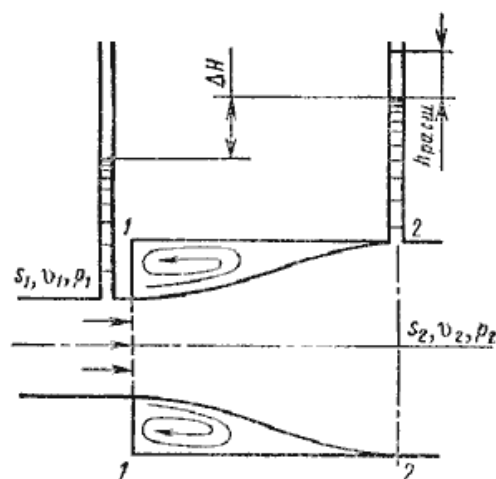
Местные гидравлические сопротивления

Все гидравлические потери энергии делятся на два типа: потери на трение по длине трубопроводов (рассмотрены в п.4.3 и 4.4) и местные потери, вызванные такими элементами трубопроводов, в которых вследствие изменения размеров или конфигурации русла происходит изменение скорости потока, отрыв потока от стенок русла и возникновение вихреобразования.

Простейшие местные гидравлические сопротивления можно разделить на расширения, сужения и повороты русла, каждое из которых может быть внезапным или постепенным. Более сложные случаи местного сопротивления представляют собой соединения или комбинации перечисленных простейших сопротивлений.

Рассмотрим простейшие местные сопротивления при турбулентном режиме течения в трубе.

1. *Внезапное расширение русла.* Потеря напора (энергии) при внезапном расширении русла расходуется на вихреобразование, связанное с отрывом потока от стенок, т.е. на поддержание вращательного непрерывного движения жидких масс с постоянным их обновлением.



Внезапное расширение трубы

Контрольные вопросы и задания.

1) Вода с температурой $t=16^{\circ}\text{C}$ подается по трубе диаметром $d=4000\text{мм}$. Расход потока $Q=170\text{см}^3/\text{с}$. Определить режим потока и описать характер движения струйки краски, введенной в цент поперечного сечения трубы. При каком расходе изменится режим движения?

2) По трубе диаметром $d_1=40\text{мм}$ подается вода со скоростью $4,96\text{ см/с}$ и температурой 12°C . Труба постепенно сужается до диаметра $d_2=20\text{мм}$. Определить расход воды и режимы движения в широкой и узкой частях трубы.

3) Определить движения воды и нефти по гладкой трубе диаметром 10мм . Скорость движения 10см/с , кинематическая вязкость воды $\nu_v=0,01\text{см}^2/\text{с}$, нефти $\nu_n=0,5\text{ см}^2/\text{с}$.

4) Вычислить критическую скорость $v_{кр}$ движения воды по гладким трубам диаметрам 10 и $0,1\text{см}$. При температуре $t=20^\circ\text{C}$ вязкость воды принять $= 0,001\text{ см}^2/\text{с}$.

5) Определить, будет ли в водоносном песчаном пласте происходить движение по закону Дарси при следующих условиях: скорость фильтрации $v=86,4\text{м/сут}$; коэффициент активной пористости песка $n=0,3$; эффективный диаметр частиц песка $d_e=1\text{мм}$; кинематическая вязкость воды $= 0,01\text{см}^2/\text{с}$.

6) Определить движения нефти по прямоугольному лотку, ширина основания которого 20см . Высота слоя нефти в лотке составляет 30см ; скорость течения нефти $v=40\text{см/с}$; кинематическая вязкость нефти $= 0,5\text{см}^2/\text{с}$.

Контрольные вопросы и задания.

а) Цилиндрический бак диаметром $D=1,0\text{м}$, наполненный водой до уровня $H=2,0\text{м}$. Вне бака есть отверстие диаметром $d=0,1\text{м}$. Определить время истечения всего объема воды при постоянном и переменном уровне. Ответ: 98с .

б) В теле бетонной плотины, заложена круглая труба, через которую пропускается вода; диаметр $d=2,0\text{м}$, длина $= 10\text{м}$. Определить расход через водопропускную трубу при напоре $H=9,0\text{м}$. Ответ: $34,2\text{ м}^3/\text{с}$.

в) Определить расход через водослив с тонкой стенкой при следующих данных: $P_{н.б}=0,8$, ширина $b=1,5\text{м}$, $m=0,434$, напор $H=0,35\text{м}$; глубины в нижнем бьефе $h_{нб1}=0,70\text{м}$ и $h_{нб2}=1,05\text{м}$. Ответ: $0,437\text{ м}^3/\text{с}$.

г) Определить расход для треугольного водослива, если напор $H=0,60\text{м}$.

д) Определить расход для трапецидального водослива, если $b=0,30\text{м}$, напор $H=0,50\text{м}$.

Урок 7: Гидравлические удар, его применение. Истечение жидкости

При движении жидкости по трубам, часто возникает такое явление как гидравлический удар.

Гидравлический удар – это изменение давления в жидкости при напорном движении воды в труб, вызываемая резким изменением скорости за малый промежуток времени.

Формула изменения давления в трубах при гидравлическом ударе:

$\rho = \rho \cdot v \cdot c$; ρ - плотность жидкости

v - скорость распространения

c - скорость движения жидкости

$$C = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{E_d}{E_{тр}}}}$$

; 1425 – скорость распространения звука в воде

E – модуль упруг. в воде

d – внутренний диаметр трубы

$E_{тр}$ – модуль упр. труб

δ – толщина стенки труб

Для определения повышения напора в трубопроводе при ударе используется формула:

$$H = \frac{UC}{g}$$

Для предохранения труб от повреждения при гидравлическом ударе принимаются меры.

Продолжительность фазы [Т] определяется промежутком времени от момента закрытия крана до возвращения отрицательной волны к нему.

$$T = \frac{2L}{C}; \quad L - \text{длина трубопровода}$$

T – продол

Из формул видно явление гидравлического удара зависит от длины трубопровода и быстроты закрытия крана.

Если $T_3 < T$ – произойдет гидравлический удар. Если $T_3 > T$, то гидравлического удара не будет.

Практическое занятие №6:

Пример:

Определить расход воды в трубе диаметром 35см, если при определении скорости трубкой Пито получено $h=28$ см и $f=0,97$

Решение: Площадь сечения трубы $\omega = \frac{\pi d^2}{4} = 961 \text{ см}^2$. Найдем скорость по формуле $v = 0,97 \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 28} = 227 \text{ см/с}$. Расход воды определяем по формуле $Q = v\omega = 227 \cdot 961 = 218 \text{ м}^3 \cdot \text{с}$.

Контрольные вопросы и задания.

1) Построить кривую $Q=f(h)$ для водомера Вентури при следующих данных: $D=0,30$ м, $d=0,10$ м, режим турбулентный $\alpha=1,1$; разность уровней в пьезометрических трубках водомера: $h_1=0,20$ м, $h_2=0,30$ м, $h_3=0,45$ м, $h_4=0,55$ м.

2) Установить расход воды в трубе диаметром 56см, если при определении скорости трубкой Пито получено $h=34$ см и $\phi=0,97$.

3) Определить постоянную водомера Вентури A , если $D=300$ мм, $d=112$ мм; $h=0,6$ м; $\mu=0,98$; расход воды в трубе 35л/с, $\alpha=1$.

4) Определить диаметр суженной части водомера Вентури, по которому подается вода с расходом $Q=2,8\text{ м}^3/\text{с}$. Диаметр трубопровода $D=0,5\text{ м}$; разность уровней воды в пьезометрах $h=0,35\text{ м}$, $\mu=0,98$.

5) Пренебрегая потерями напора, определить расход воды, который можно пропускать по трубопроводу, что бы вакуум в суженной части был равен 29430 Па . Диаметр трубопровода $d_1=230\text{ мм}$, диаметр суженной части $d_2=120\text{ мм}$. Манометрическое давление в сечении 1-1 $p_1=79240\text{ Па}$.

Урок 8: Гидравлические машины

Тема: Насосы

В бурении в горном деле зачастую возникает необходимость перекачивания некоторого объема жидкости из одного места в другое (водоотлив в горных выработках, откачки воды из скважины, обеспечение циркуляции промывочной жидкости в скважине) для этого используют насосы различных конструкций.

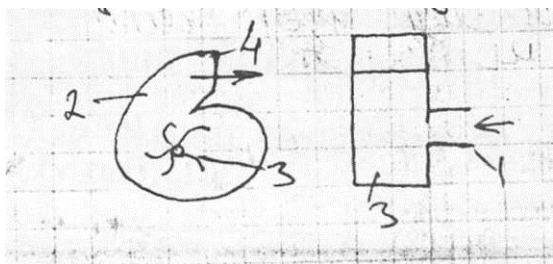
Классификация насосов по признаку действия:

- 1) Центробежный;
- 2) Поршневой (плунжерный)
- 3) Винтовые насосы
- 4) Штанговые

Центробежные – работают за счет действия центробежных сил. Такие насосы, как правило, состоят из подвижной части крыльчатки и не подвижной части (щетки). Крыльчатка, вращается в улитке получая, привод от движения за счет действия центробежных сил воздух отбрасывает периферии корпуса, за счет чего в центральной части крыльчатки создается разрежение. Туда под действием атмосферного давления по каналу (1) устремляется жидкость.

Преимущества – простота конструкций, равномерность потока.

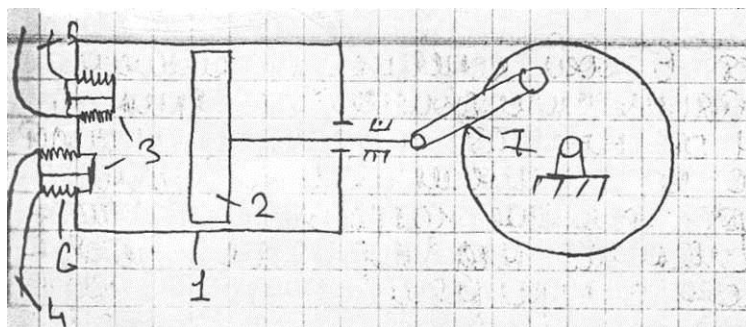
Недостатки – малое давление (напор), производительность при значительных габаритах:



- 1) Всасывающая линия;
- 2) Корпус (улитка);
- 3) Крыльчатка
- 4) Нагнетательная линия

Поршневой, плунжерный

Плунжерный отличается от поршневого – рабочим органом.



7 – шток

Основным рабочим элементом такого насоса является цилиндр (1) в котором перемещается поршень (2) при перемещении поршня вправо за счет вращения вала под действием разрежения в рабочей полости 8 создается 3 всасывающий линии (4) преодолевает усилия пружины (6) открывает канал и в рабочую полость устремляется жидкость. Далее при движении поршня в левую сторону в рабочей камере создается избыточное давление, за счет чего клапан нагнетательной линии (5) преодолевая усилия пружины открывается и в нагнетательную линию устремляется жидкость, далее этот процесс повторяется

преимущества
создания ,

большая производительность

- неравномерность потоков.

Существуют так же поршневые насосы, а так же 1, 2, 3 насосов.

Винтовые.

Винтовой насос – это насос в котором создание напора нагнетательной жидкости осуществляется за счет вытеснения жидкости одним или несколькими винтовыми роторами, вращающийся внутри статора соответствующей формы.

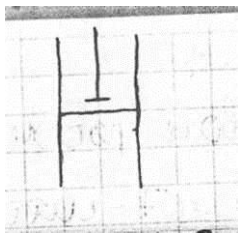
Винтовые насосы являются разновидностью роторно-зубчатых насосов. Перемешивание жидкости происходит за счет перемещение ее вдоль оси винта в камере, образованной винтовыми канавками и пов. корпуса. Предназначен для перекачки жидкости различной степени вязкости.

Преимущества – 1) Наиболее равномерная подача жидкости;

2) Низкий уровень шума

Способность и важная стоимость. Не регулируемость рабочего объема.

Штанговые – представляет собой скважинные насосы, которые предназначены для откачивания жидкости из скважин. Представляет собой поршень, опускаемый в скважину на штоке, под уровень жидкости.



Поршень имеет в своей конструкции прямого действия при движении поршня вниз клапан, открывается и жидкость попадает в пространство под поршнем. При движении поршня вверх клапан закрывается и жидкость, расположенная над поршнем поднимается вместе с поршнем.

Раздел 2. Промывочные жидкости.

Урок 9: Общие сведения о промывочных жидкостях.

Промывочные жидкости предназначены для:

- 1) Выноса шлама (кусочки выбуренной породы с забоя). В процессе бурения породы на забое постоянно разрушается и образуется – шлам, во избежание зашламования скважины необходимо эффективно очищать забой. Качество очистки забоя скважины зависит от степени турбулизации, а так же от вида промывочной жидкости.
- 2) Окисление пород разрушающего инструмента и бурильных труб.
В процессе бурения происходит нагрев трущихся частей. По данным Шрейнера КПД бурения не превышает 0,01%, поэтому основной объем механической энергии переходит в тепловую.

- 3) Удержание частиц выбуренной породы во взвешанном состоянии.

Удержание частиц выбуренной породы во взвешанном состоянии в промывочной жидкости находящийся в скважине необходимо для предотвращения прихватов бурильного инструмента при прекращении циркуляции. Для выполнения этой функции промывочная жидкость должна обладать достаточным статическим напряжением сдвига.

- 4) Размывания породы на забое.
- 5) Удержание неустойчивых стенок скважины непременное условие номинального процесса бурения.

Причины обрушения – это горное давление, смачивание и размягчение скважины.

Промывочные жидкости, используемые для укрепления стенок скважины, обладают свойством коркообразования.

- 6) Антивибрационные функции. В процессе бурения на высоких частотах вращения возникает вибрация в бурильных трубах, для этого промывочным жидкостям придают вибрирующие свойства путем добавления в них органических и комбинированных добавок.

- 7) Сохранение гидростатического равновесия в системе «Пласт скважина».
- 8) Привод в действие погруженных (забойных) систем. Существует ряд забойных двигателей участвующих в разрушении породы работающих от энергии передаваемой полезным ископаемым.: Турбобур, гидроударник.

В связи с таким большим разнообразием функций, вымоченных п/и невозможно разработать промывочную жидкость, т.к. некоторые функции противоречат друг другу. В связи с этим выделяют большое количество видов промывочной жидкости.

Виды промывочной жидкости:

1	Техническая вода – самый доступный вид промывочной жидкости.
2	Глинистые растворы – распространенный вид п/и. Обладает таким свойствам как коркообразованием. Представляют собой взвесь диспергированный глины. Бентонитовая глина – вид.
3	Солевые растворы – смесь воды и соли. Применяется для бурения многолетних мёрзлых пород, а также для соленых отложений.
4	Меловой раствор – смесь воды с мелом. Обладает такими же функциями, что глинистые растворы, но значительно эффективны.
5	Аэрированные растворы – (вспененные) насыщенные воздухом. Применяются для борьбы с поглощением п/ж. Эффективный вынос шлама.
6	Эмульсионные глинистые растворы – применяются при алмазном бурении.
7	Утяжеленные растворы (от 1.4 до 2.4 г/см ³). Такие растворы применяют для бурения неустойчивых горных пород, а так же для предотвращения водопроявлений выбросов нефти и газов.
8	Термический раствор. Применяется для бурения скважин с высокими забойными температурами.

Контрольные вопросы и задания:

1. Перечислите все назначения промывочных жидкостей.
2. Дайте классификацию промывочным жидкостям.
3. Подберите тип промывочной жидкости для следующих условий и обоснуйте сделанный выбор.
 - а) верхние не устойчивые отложения (слабосцементированные супеси, суглинки, пески)
 - б) плотные монолитные породы с применением алмазного ПРИ.
 - в) бурение на большой глубине с высокими забойными температурами.
 - г) бурение для поисков и разведки соленых отложений.
 - д) бурение забоев с высоким пластовым давлением.

Урок 10: Материалы для приготовления промывочных жидкостей

Урок 11: Химические реагенты для регулирования качеств промывочной жидкости

1) Для увеличения плотности п/ж в раствор добавляют барит. Который не повышает вязкость буровых растворов и имеет сравнительно не большую твердость зерен.

Твердость зерен влияет на износ трубы и породоразрушающего инструмента.

2) КМЦ – карбоксиметилцеллюлоза. КМЦ используется обычно в виде 10% раствора, применяется для уменьшения водоотдачи. Вязкость при использовании КМЦ не уменьшается. В некоторых случаях снимает СМС.

3) Для улучшения смазочных свойств буровых растворах с целью избежание прихвата буровых труб применяются 1-2% растворов графита. При этом снижается вязкость и СМС.

4) Для обработки буровых растворов, для увеличения их вязкости добавляется известь (3-5% к объему). Так же используется как структура образования.

5) Для снижения водоотдачи и стабилизации растворов применяется торфощелочные реагенты (ТЩР).

6) Хлористый кальций применяется для приготовления глинистых растворов. При большой ее концентрации повышается водоотдача, вязкость и теряется стабильность. Поставляется в жидком виде либо в гранулированном, в герметичной упаковке.

7) Ингибиторы – повышают вязкость, СМС, при этом увеличивается показатель фильтрации.

8) Кальцинированная сода – один из наиболее потребляемых реагентов в разведочном бурении. Она представляет собой белый порошок обладающий не большой растворимостью в воде. При не большой концентрации 0,75-1% повышает гидрофильность частиц в глине. С повышением концентрации до 2-3,5% увеличивается статистическое напряжение сдвига ее вязкости. При дальнейшем увеличении концентрации глина становится гидрофобной и выпадает в осадок.

1) Каустическая сода. По действию схожа с кальцинированной содой, но активнее.

2) ПАВ – характеризуются, как правило multifunctional свойствами. Основное назначение ПАВ:

а) Поддержание естественной проницаемости продуктивных коллекторов.

б) Понижение твердости горных пород ПАВ избирательно действует на твердость горных пород.

в) Уменьшает абразивные действия п/и в связи с этим, уменьшается износ породоразрушающего инструмента

г) Смягчение водоотдачи. К ПАВ относятся: эмульсия, мылонафт, сульфатное мыло.

Контрольные вопросы и задания:

1. Сколько необходимо добавить графита в буровой раствор для уменьшения вероятности прихвата, зная, что объем бурового раствора составляет 2 м³.
2. Для чего применяется КМЦ
3. Сколько необходимо добавить КМЦ для получения раствора объемом 5 м³

4. В каких случаях применяются ПАВ и для чего?
5. Определить какое количество барита необходимо добавить в буровой раствор плотностью 1100 кг/м^3 объемом 3 м^3 , для увеличения плотности на 100 кг/м^3 .

Урок 12: Состав и свойства промывочных жидкостей.

Для эффективного использования п/ж необходимо подстраивать п/ж под определенные условия. Но для этого не обходимо контролировать и измерять параметры п/ж. Для буровых растворов различают следующие основные параметры:

1) Плотность (ρ) есть масса объема п/ж. Измеряется кг/м^3 или г/см^3 .

Измеряется прибором – ареометр и макбаланс. Плотность определяет гидравлическое давление на забое скважины.

$$P = \rho gh$$

2) Вязкость – один из важнейших параметров. Вязкость мера внутреннего трения между частицами. Она определяет не только величину гидравлического сопротивления в циркулярной системе скважины, но и характер и величину проникновения п/и в поры и трещины горных пород. С увеличением вязкости ухудшаются условия очистки скважины от шлама и резко падает, механическая скорость. Вязкость буровых растворов измеряется вязкозиметром (сек).

3) Статическое напряжение сдвига (θ) характеризует прочность структуры и определяет способность п/ж. Удерживать во взвешенном состоянии частицы разрушенной г/п и пузырьки газа. Проникать в трещины и в поры г/п и удерживаться там под действием нагрузок. Измеряется прибором СНС-2.

4) Воотдача – способность п/ж отдавать отфильтрованную жидкую фазу. Измеряется прибором ВМ-6 (дм^3).

5) Стабильность и суточный отстой измеряется прибором ВМ-6 измеряется в (мм).

6) Содержание песка – это мере загрязненности промывочной жидкости грубодисперсными частицами, т.е. количество всех крупных частиц имеющих в промывочной жидкости измеряется в (%). Для буровых растворов не должно превышать 4%. Измеряется прибором ОМ-2.

Контрольные вопросы и задания:

1. Определить плотность промывочной жидкости при помощи ареомтра.
2. Определить содержание песка при помощи прибора ОМ-2
3. Определить вязкость промывочной жидкости при помощи вязкозиметра.
4. Дать определение основным параметрам промывочной жидкости (плотность, вязкость, содержание песка, статической напряжение сдвига)