

А

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Тюменский государственный нефтегазовый университет»

М.Ю. Земенкова, А.А. Венгеров, И.В. Тырылгин,
К.С. Воронин

ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

*Допущено учебно-методическим объединением вузов Российской
Федерации по высшему нефтегазовому образованию (УМО НГО) в
качестве учебного пособия для студентов нефтегазового профиля*

Тюмень
ТюмГНГУ
2012

**М.Ю. Земенкова, А.А. Венгеров, И.В. Тырылгин,
К.С. Воронин**

Основы эксплуатации гидравлических систем нефтегазовой отрасли. Учебное пособие. Под общей редакцией Ю.Д. Земенкова.
– Тюмень : ТюмГНГУ, 2012. – 400 с.

ISBN

Рецензенты:

Профессор, Доктор технических наук Агиней Р.В.
Доцент, Кандидат технических наук Захаров Д.А.

Рассмотрены основы современной гидростатики и гидродинамики и газодинамики. Приведены примеры практического применения основных расчетных формул и зависимостей. Отдельное внимание уделено вопросам конструирования и эксплуатации гидромашин и гидроприводов. Рассмотрены основные принципы типовых гидравлических расчетов в нефтяной отрасли. В качестве практического материала даны примеры решения наиболее распространенных инженерных задач по основным разделам гидравлики, а так же задачи для самостоятельного решения.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов 130500 «Нефтегазовое дело», а также для широкого круга специалистов и слушателей курсов повышения квалификации нефтегазового профиля.

ISBN

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
профессионального образования
«Тюменский государственный
нефтегазовый университет», 2012

ВВЕДЕНИЕ

Гидравлика или прикладная гидромеханика - это наука о законах равновесия и движения жидкостей и газов и их приложениях для решения инженерных задач.

Теоретические и практические знания гидравлики тесно связаны с другими науками, такими как физика, математика, теоретическая механика.

Экспериментальные и теоретические построения в гидравлике (прикладной гидромеханике) базируются на упрощенных схемах движения жидкости с применением усредненных характеристик потока (средняя скорость, среднее давление), в то время как общая гидромеханика базируется на точных методах, законах, параметрах.

Курс гидравлики состоит из двух основных частей: первый раздел - гидростатика - включает в себя проблемы равновесия жидкостей, вторая - гидродинамика - посвящена вопросам движения жидкостей в трубах, каналах, пористых породах и т.п. Гидродинамика

Гидравлика - значимая основа гидравлики многих инженерных дисциплин.

Гидравлика близка к таким наукам как газодинамика (наука о течении газов при высоких скоростях), термодинамика (в части истечения паров), теплопередача (в части течения неизоэнтальпических потоков), гидротехника (в части течения жидкостей через специальные гидротехнические сооружения), курс насосов (в части течения жидкостей через насосы), курсы водоснабжения, канализации и вентиляции (построенные на базе гидравлики).

В настоящее время развивается раздел гидравлики - подземная гидравлика - наука о течении жидкостей и газов в пористых породах.

Весь этот комплекс наук является важной основой для изучения инженерных дисциплин для специалистов обширной нефтегазовой отрасли, автомобильного хозяйства, машиностроения и других отраслей промышленности.

Так, например, прикладным объектом исследований могут быть нефть и газ в пластах, сложные объекты транспорта и хранения углеводородов, оборудование, гидравлические и пневматические системы автомобилей, станков, резервуаров, нефтеперерабатывающих заводов, насосных и компрессорных станций, нефтебаз и других объектов.

Знание структуры курса, правильное определение физических свойств жидкостей, корректный выбор единиц измерения и пересчет различных данных из одной системы единиц в другую, владение основными законами гидравлики и их инженерными приложениями - все это является необходимыми требованиями для успешного изучения основ гидравлики.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Историческая справка

1. ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОЙ ГИДРАВЛИКИ

- 1.1. Определение жидкости и газа
- 1.2. Силы, действующие на жидкость.
Нормальное и касательное напряжения
- 1.3. Измерение физических величин
 - 1.3.1. Основы теории размерности
 - 1.3.2. Системы измерения физических величин
- 1.4. Физические свойства жидкости
 - 1.4.1. Сжимаемость
 - 1.4.2. Плотность, удельный вес, удельный объем
 - 1.4.3. Вязкость
 - 1.4.4. Упругость паров
 - 1.4.5. Поверхностное натяжение
- 1.5. Физические свойства газов
- 1.6. Идеальная и реальная жидкость и газ
- 1.7. Приборы для определения физических свойств
 - 1.7.1. Плотность
 - 1.7.2. Вязкость
 - 1.7.3. Давление насыщенных паров
- 1.8. Многофазные среды
- 1.9. Растворимость газов в жидкостях

2. ГИДРОСТАТИКА

- 2.1. Гидростатическое давление и его свойства.
- 2.2. Методы измерения давления
- 2.3. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля
- 2.4. Инженерное применение закона Паскаля
- 2.5. Сообщающиеся сосуды
 - 2.5.1. Простые сообщающиеся сосуды
- 2.6. Жидкостные приборы для измерения давления.
Пьезометры, манометры и вакууметры
- 2.7. Давление на плоскую стенку
 - 2.7.1. Эпюры гидростатического давления
- 2.8. Давление жидкости на криволинейные стенки.
 - 2.8.1. Определение равнодействующей силы давления в трехмерном измерении
 - 2.8.2. Давление жидкости на цилиндрическую стенку
- 2.9. Определение толщины стенки трубопроводов и резервуаров
- 2.10. Закон Архимеда. Плавание тел

- 2.11. Относительный покой
2.11.1. Прямолинейное равноускоренное движение сосуда
2.11.2. Равномерное вращение сосуда вокруг вертикальной плоскости

3. ОСНОВЫ ГИДРОДИНАМИКИ

- 3.1. Основные понятия о движении жидкости
3.1.1. Виды движения жидкости
3.1.2. Уравнение неразрывности установившегося движения жидкости
3.1.3. Уравнения Навье-Стокса
3.1.4. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости
3.2. Виды гидравлических сопротивлений и потери напора
3.3. Режимы движения жидкости. Число Рейнольдса.
3.4. Потери напора по длине потока
3.4.1. Потери напора при ламинарном движении.
3.4.2. Потери напора при турбулентном движении
3.5. Потери напора на местных гидравлических сопротивлениях
3.6. Истечение жидкости из отверстий и насадков
3.6.1. Истечение через малые отверстия в тонкой стенке при постоянном напоре
3.6.2. Истечение при несовершенном сжатии
3.6.3. Истечение под уровень
3.6.4. Истечение через насадки при постоянном напоре
3.6.5. Истечения через отверстия и насадки при переменном напоре (опорожнение сосудов)
3.6.6. Истечение из-под затвора в горизонтальной лотке
3.7. Гидравлический расчет напорных трубопроводов
3.7.1. Простой трубопровод постоянного сечения
3.7.2. Сложные трубопроводы
3.7.3. Трубопроводы с насосной подачей жидкостей
3.8. Явление гидравлического удара
3.9. Основы диффузионного массопереноса
3.9.1. Диффузионный массообмен
3.9.2. Конвективный массообмен
3.10. Основные положения теории подобия
3.10.1. Виды подобия.
3.10.2. Анализ размерностей и нормализация уравнений взаимосвязи физических величин.
3.10.3. Анализ решения нормализованных уравнений.
3.10.4. Метод подобия.

4. ОСНОВЫ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРАВЛИКИ

- 4.1. Основные понятия и определения
- 4.2. Модель фиктивного грунта
- 4.3. Линейный закон фильтрации Дарси
- 4.4. Режимы движения жидкости
- 4.5. Нелинейные законы фильтрации
- 4.6. Одномерное движение несжимаемой жидкости в условиях напорного режима
 - 4.6.1. Прямолинейно-параллельное движение несжимаемой жидкости
 - 4.6.2. Плоскорадиальное напорное движение несжимаемой жидкости. Формула Дюпюи
 - 4.6.3. Радиально-сферическое движение несжимаемой жидкости по закону Дарси
- 4.7. Установившаяся плоская фильтрация жидкости
 - 4.7.1. Потенциал точечного стока и источника на плоскости. Принцип суперпозиции
 - 4.7.2. Интерференция скважин
 - 4.7.3. Метод эквивалентных фильтрационных сопротивлений
- 4.8. Установившееся безнапорное движение жидкости в пористой среде
 - 4.8.1. Безнапорное движение жидкости к прямолинейной галерее
 - 4.8.2. Безнапорное движение жидкости к скважине
- 4.9. Движение жидкости в пласте с неоднородной проницаемостью
- 4.10. Установившаяся фильтрация сжимаемой жидкости и газа
 - 4.10.1. Функция Лейбензона
 - 4.10.2. Установившаяся фильтрация сжимаемой жидкости
 - 4.10.3. Установившаяся фильтрация идеального газа
 - 4.10.4. Установившаяся фильтрация реального газа
- 4.11. Установившаяся фильтрация газированной жидкости
 - 4.11.1. Вытеснение нефти водой
 - 4.11.2. Определение предельного безводного дебита скважины
- 4.12. Неустановившаяся фильтрация упругой жидкости в упругой пористой среде
 - 4.12.1. Постановка задачи
 - 4.12.2. Точные решения дифференциального уравнения упругого режима
 - 4.12.3. Метод последовательной смены стационарных состояний
 - 4.12.4. Суперпозиция в задачах упругого режима

5. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ

- 5.1. Основные рабочие параметры лопастных насосов
 - 5.1.1. Подача, напор и мощность насоса

- 5.1.2. Баланс энергии в лопастном насосе
- 5.1.3. Основное уравнение лопастных насосов
- 5.1.4. Движение жидкости в рабочем колесе центробежного насоса
- 5.1.5. Характеристика центробежного насоса
- 5.1.6. Выбор угла установки лопатки на выходе
- 5.2. Осевые насосы
- 5.2.1. Методы теории подобия в лопастных насосах
- 5.2.2. Пересчет характеристик лопастных насосов на другую частоту вращения
- 5.2.3. Коэффициент быстроходности
- 5.2.4. Расширение области применения центробежных насосов обточкой рабочих колес
- 5.3. Насосная установка и ее характеристика
- 5.4. Работа насоса на сеть
- 5.5. Неустойчивая работа насосной установки (помпаж)
- 5.6. Регулирование режима работы насоса
- 5.7. Последовательная и параллельная работа насосов на сеть
- 5.8. Работа насоса на разветвленный трубопровод
- 5.3. Кавитация
- 5.3.1. Сущность кавитационных явлений
- 5.3.2. Определение критического кавитационного запаса
- 5.4. Конструкция центробежных насосов
- 5.4.1. Конструктивные разновидности рабочего колеса, подвода и отвода
- 5.4.2. Уплотнения рабочего колеса и вала.
- Осевая сила на роторе насоса
- 5.5. Основы расчета лопастных насосов

6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ В НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ

- 6.1. Теоретические основы
- 6.1.1. Уравнение баланса напоров
- 6.1.2. Гидравлический уклон
- 6.1.3. Трубопроводы с переменной толщиной стенки.
- 6.1.4. Определение числа НПС и их расстановка по трассе графоаналитическим методом (методом Шухова)
- 6.1.5. Расчет сложных трубопроводов
- 6.2. Типовые гидравлические расчеты
- 6.2.1. Методика технологического расчета.