Ю. В. Щербакова

ГИДРАВЛИКА.
Шпаргалка

Москва
Окей-книга
2009

Публикуется с разрешения правообладателя —
Литературного агентства «Научная книга»

Заведующая редакцией: Елистратова М. В.
Выпускающий редактор: Юрова Д. А.
Корректор: Гончарова Л. М.

Щербакова Ю. В.
ГИДРАВЛИКА
ШПАРГАЛКА, с. 64

Данное пособие представляет собой шпаргалку по курсу «Гидравлика». Доступность и краткость изложения позволяют легко и быстро получить основные знания по предмету, подготовиться и успешно сдать зачет или экзамен.

Содержание

1. Физические характеристики и свойства жидкости 7

2. Гидростатическое давление и его свойства.
Приборы для измерения гидростатического давления 7

3. Поверхность равного давления. Свободная поверхность.
Полное и манометрическое давление. Вакуум 9

4. Геометрическая и физическая интерпретация основного
уравнения гидростатики 9

5. Закон сообщающихся сосудов. Закон Паскаля.
Гидравлический пресс 11

6. Сила гидростатического давления на горизонтальную
плоскую поверхность. Сила давления жидкости
на произвольно ориентированные плоские поверхности 11

7. Центр давления. Графоаналитическое определение
величины и центра давления на плоские прямоугольные
поверхности 13

17. Виды гидравлических сопротивлений и потерь напора.
Экспериментальное определение потерь напора 23

18. Формулы для определения потерь напора,
средней скорости и расхода при равномерном
движении жидкости 23

19. Ламинарный и турбулентный режимы движения
жидкости. Число Рейнольдса 25

20. Распределение скоростей при ламинарном
и турбулентных движениях.
Коэффициент сопротивления системы 25

21. Понятие о гидравлически гладких
и шероховатых трубах 27

22. Формулы для определения коэффициента потерь
по длине и коэффициента Шези при установившемся
равномерном движении 27

23. Местные потери напора 29

24. Виды истечения. Сжатие струи 29

8. Определение положения ригелей в плоских прямоугольных затворах 13

9. Сила давления жидкости на криволинейные поверхности 15

10. Закон Архимеда. Условие плавания тел. Устойчивость плавающих тел 15

11. Понятие о потоке. Виды движения 17

12. Линия тока и элементарная струйка 17

13. Гидравлические характеристики потока. Расход и средняя скорость 19

14. Уравнения неразрывности для элементарной струйки и потока жидкости при установившемся движении 19

15. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной (невязкой) жидкости. Интерпретация уравнения Бернулли для установившегося движения 21

16. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости при плавно изменяющемся движении и для элементарной струйки реальной жидкости 21

25. Истечение из малого и малого затопленного отверстий в тонкой стенке в атмосферу при постоянном напоре 31

26. Истечение из насадков. Внешний цилиндрический насадок. Виды насадок 31

27. Истечение через короткие трубы. Истечение из больших отверстий при постоянном напоре 33

28. Истечение из-под затвора в горизонтальном лотке. Истечение при переменном напоре 33

29. Гидравлический расчет стальных и чугунных труб. Гидравлический расчет трубопровода при последовательном и параллельном соединении труб разных диаметров. Гидравлический расчет трубопровода при изменении расхода вдоль пути 35

30. Гидравлический расчет неметаллических труб. Гидравлический расчет распределительных водопроводных сетей 35

31. Гидравлический удар при мгновенном и постепенном закрытии задвижки 37

32. Скорость распространения волны гидравлического удара 37

33. Гидравлический таран 39

34. Равномерное движение воды в открытых руслах. Формулы для определения коэффициента Шези. Коэффициенты шероховатости 39

35. Гидравлические элементы поперечного сечения каналов. Гидравлически наивыгоднейшие живые сечения каналов 41

36. Основные задачи гидравлического расчета каналов. Гидравлический расчет канализационных и дренажных труб 41

37. Неравномерное движение воды в открытых руслах. Основные понятия теории неравномерного движения 43

38. Основное уравнение неравномерного плавно изменяющегося движения воды в призматическом русле 43

39. Исследование формы свободной поверхности неравномерного потока в призматическом русле при i>0 45

47. Неподтопленный прямой прямоугольный водослив практического профиля криволинейного очертания 53

48. Структура и виды гидравлического прыжка. Основное уравнение совершенного прыжка 53

49. Прыжковая функция и ее анализ. Определение сопряженных глубин совершенного гидравлического прыжка в призматическом русле с произвольной и правильной формами поперечного сечения 55

50. Потери энергии в гидравлическом прыжке. Длина совершенного гидравлического прыжка. Волнистый гидравлический прыжок 55

51. Сопряжение бьефов гидротехнических сооружений и их гидравлический расчет 57

52. Определение глубины в сжатом сечении и сопряженной с ней 57

53. Установление расчетного расхода. Гашение энергии в нижнем бьефе гидротехнических сооружений 59

40. Расчетное уравнение неравномерного движения воды в призматическом русле при i>0 45

41. Расчет кривых подпора и спада в призматических руслах. Приближенные способы расчета кривых подпора и спада в трапецеидальных каналах 47

42. Истечение через водосливы. Общие понятия и классификация водосливов. Общее уравнение водосливов 47

43. Подтопленный и неподтопленный прямой прямоугольный водослив с тонкой стенкой 49

44. Учет бокового сжатия водослива с тонкой стенкой. Учет бокового сжатия водослива с широким порогом 49

45. Водосливы с тонкой стенкой, отличные от прямоугольных 51

46. Неподтопленный и подтопленный прямой прямоугольный водослив с широким порогом. Водосливы практического профиля 51

54. Гидравлический расчет водобойной стенки. Гидравлический расчет комбинированного водобойного колодца 59

55. Грунтовые воды и их движение. Водопроницаемость грунтов. Гидравлический расчет водобойного колодца 61

56. Закон ламинарной фильтрации. Коэффициент фильтрации 61

57. Неравномерное плавно и резко изменяющееся движение грунтовых вод и их особенности. Основное уравнение неравномерного плавно изменяющегося движения грунтовых вод и его анализ 63

58. Равномерное движение грунтовых вод. Боковой водослив 63

1а

1. Физические характеристики и свойства жидкости

Жидкости бывают: **капельные** (мало изменяют свой объем при изменении температуры и давления) и **газообразные** (изменение объема в зависимости от изменения температуры и давления весьма велико).

Капельные жидкости не распространяются по всему имеющемуся объему, как газы. Они могут иметь свободную поверхность, граничащую с газообразной средой. Капельная жидкость малосжимаема, легкоподвижна, обладает **текучестью**, принимает форму сосуда. Как в капельных жидкостях так и в газах изменение давления распространяется по всем направлениям с одной и той же скоростью. Отношение массы жидкости M к ее объему W называется **плотностью жидкости**:

$$\rho = \frac{M}{W} \text{ кг/м}^3.$$

Если плотность жидкости во всех точках одна и та же, то жидкость называется однородной.

Относительная плотность α — это отношение плотности рассматриваемой жидкости к плотности дистиллированной воды при 4 °С.

Температурное расширение — свойство жидкости при $t > 4$ °С характеризуется коэффициентом температурного расширения:

$$\beta_t = \frac{\Delta W}{W \bullet \Delta t},$$

где W — первичный объем жидкости;

ΔW — приращение этого объема при повышении от t_1 до t_2;

$\Delta t = t_1 - t_2$.

Закон вязкого трения Ньютона:

$$\tau = \mu \frac{dV}{dt}.$$

В практике чаще всего используют **кинематический коэффициент вязкости**.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Сжимаемость жидкости характеризуется коэффициентом объемного сжатия β_c:

$$\beta_c = \frac{\frac{\Delta W}{W}}{\Delta p} = \frac{1}{\Delta p}\frac{\Delta W}{W} \text{ м}^2/\text{Н (в СИ)},$$

2а

2. Гидростатическое давление и его свойства. Приборы для измерения гидростатического давления

Гидростатика — раздел гидравлики, изучающий равновесие жидкости и ее взаимодействие с твердыми телами.

Если частицы жидкости не перемещаются по отношению друг к другу, то говорят, что жидкость находится в абсолютном (по отношению к земле) или относительном покое. На жидкость действуют массовые силы — сила тяжести и сила инерции переносного движения, а также и поверхностные силы — силы давления.

При равномерном распределении силы по поверхности давление на любую часть поверхности с площадью S равно отношению суммарных приложенных по нормали к поверхности F к площади поверхности, т.е.:

$$P = \frac{F}{S}.$$

Пусть имеем жидкое тело ограниченного объема. Разделим его плоскостью на две части, одну мысленно отбросим и заменим ее действие силой поверхностной силой P.

Пусть сила P действует на какую-то площадку ω. Эта сила имеет произвольное направление, ее можно разложить на две составляющие. Одна из составляющих лежит в плоскости ω, другая ей перпендикулярна. Существование силы в плоскости ω при равновесии жидкости невозможно в силу неспособности жидкости оказывать сопротивление касательным усилиям. В том случае если другая составляющая будет направлена по внешней нормали, то жидкость должна претерпевать разрыв, который нарушит равновесие. При относительном покое в жидкости сила гидростатического давления направлена по внутренней нормали к площадке действия. Среднее давление $p_{ср}$, проявляемое силой P на единицу площади ω, будет равно:

$$p_{ср} = \frac{P}{\omega}, \quad \frac{P}{\omega}, ,$$

где предел этого отношения при уменьшении величины площади ω до нуля выражает гидростатическое давление в данной точке.

Первое свойство гидростатического давления в том, что оно гидростатическое давление направлено по внутренней нормали к площадке действия. Второе свойство: величина гидростатического давления не зависит от ориентировки площадки действия. Действие на плоскости тетраэдра заменим поверхностными силами P_x, P_y, P_z и P_n. Также на тетраэдр действуют сила тяжести и силы инерции переносного движения. Зная равнодействующую массовых сил, действующих на единицу массы жидкости P, объем тетраэдра:

$$W = \frac{1}{6}\delta x \delta y \delta z,$$

1б где W — первоначальный объем жидкости при атмосферном давлении;
ΔW — уменьшение объема жидкости при увеличении давления на Δp. Этот коэффициент равен относительному изменению объема жидкости, который приходится на единицу изменения давления.

Вязкость — это свойство жидкости оказывать сопротивление касательным усилиям, стремящимся сдвинуть одни частицы жидкости по отношению к другим. Динамическая вязкость — сила внутреннего трения, приходящаяся на единицу поверхности соприкасания двух движущихся слоев жидкости при градиенте скорости, равном единице:

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{\Delta u}{\Delta y}}.$$

Газы обладают несравнимо более низкими коэффициентами вязкости, и в отличие от капельных жидкостей вязкость газов увеличивается при увеличении температуры, так как с увеличением температуры газа возрастают скорости теплового движения молекул и, соответственно, увеличивается число соударений молекул газа, что делает газ более вязким. Зависимость вязкости газа от давления ничем не отличается от аналогичной зависимости для капельных жидкостей.

Поверхностное натяжение. Частицы жидкости, которые располагаются на свободной поверхности жидкости, находятся под действием сил взаимного притяжения. Поэтому вся свободная поверхность жидкости находится в состоянии равномерного поверхностного натяжения σ. Поверхностное натяжение зависит от температуры. С увеличением температуры поверхностное натяжение уменьшается.

2б запишем величину равнодействующей как $F\rho\rho$. Для этого спроектируем все действующие силы, например на Ox.

Величину площади грани АВО обозначим через ω_x и разделим на нее уравнение почленно, тогда:

$$)—\frac{}{\omega_n} F_x \rho \frac{W}{\omega_x}.$$

Так как $\omega_x = 0{,}5\ \partial x \partial z$ и , то:

$$\frac{P_x}{\omega_x} = \frac{P_n}{\omega_n} F_x \rho \frac{1}{3} \partial x.$$

Чтобы измерить давление в жидкости используют такие приборы: жидкостные, механические, электрические, комбинированные. Жидкостные и механические приборы Наиболее распространенные, они измеряют не абсолютное давление, а разность давлений (являются дифференциальными приборами). Например, манометры измеряют разность между полным и атмосферным давлением; вакуумметры — измеряют разность между атмосферным и полным давлением; дифференциальные манометры измеряют разность давлений в двух произвольных точках.

Жидкостные приборы. Известно, что величине манометрического и вакуумметрического давления соответствует определенная высота столба жидкости в пьезометре, который является простейшим измерителем давления. Пьезометр — тонкая прозрачная трубка с внутренним диаметром 10—15 мм. Эта трубка присоединяется к сосуду с жидкостью, где измеряется давление; она открыта с другого конца. В связи с необходимостью исключить влияние капиллярного поднятия, используют минимальный диаметр трубки.

Для повышения точности при измерении малых давлений применяются микроманометры с наклонной трубкой. Они имеют тем большую шкалу l, чем меньше угол наклона Θ.

В зависимости от назначения приборов в качестве рабочей жидкости служат ртуть, масло, бензин и т.д. В зависимости от удельного веса γ одному и тому же давлению соответствуют разные высоты столбов жидкости. Значит, чем тяжелее жидкость, тем требуется меньшая длина пьезометра. Например, если нужно измерить манометрическое давление $P_м$ = 98,1 кПа, высота трубки с водой должна быть не меньше 10 м, то минимальная высота ртутного манометра при том же давлении:

$$h_р = \frac{P_м}{\gamma} = \frac{98{,}1}{13{,}69{,}81} = 0{,}735.$$

При измерении давления, большего 50 кПа, пьезометрами с водой пользоваться неудобно. Как правило, применение ртутных манометров ограничивается обычно давлением $P_м$ = 300 кПа.

Жидкостные приборы обладают большой точностью и чувствительностью, но их применение ограничено областью относительно небольших давлений.