

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА**

М.М. Яковенко, Ю.П. Тітов

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи і РГЗ з дисципліни

"Технічна механіка рідини і газу"

(для студентів 2, 4 курсів денної та заочної форм навчання напрямів
підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» 0926 «Водні ресурси»
спеціальності "Водопостачання та водовідведення")

**Харків
ХНАМГ
2009**

Методичні вказівки до самостійної роботи і РГЗ з дисципліни "Технічна механіка рідин і газу" (для студентів 2, 4 курсів денної та заочної форм навчання напрямів підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» 0926 «Водні ресурси» спеціальності "Водопостачання та водовідведення") / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Яковенко М.М., Тітов Ю.П., Х.: ХНАМГ, 2009. - 14 с.

Укладачі: М.М. Яковенко, Ю.П. Тітов

Рецензент: доц. А.М. Колотіло

У методичних вказівках наведено відомості з питань розрахунку задач з гідростатики яка вивчає рівновагу рідин і тиск рідини на поверхні які їх обмежують, а також довідкові матеріали.

Рекомендовано кафедрою ВВ і ОВ, протокол № 1 від 2.09 2008р.

Зміст

1. Загальні вказівки	4
2. Вказівки до окремих тем курсу	5
2.1. Вступ	5
3. Література	5
ЗМ 1.1. СТАТИКА РІДИНИ І ГАЗУ	6
ТЕМА №1 Предмет статички рідин і газів	6
ТЕМА №2 Гідростатичний тиск та його властивості	6
ТЕМА №3 Геометрична й фізична його інтерпретація	6
ТЕМА №4 Сила тиску на криволінійні поверхні	6
ТЕМА №5. Плавання тіл в ріднині	7
ЗМ 1.2. ГІДРОДИНАМІКА РІДИНИ І ГАЗУ	8
ТЕМА №1 Предмет гідродинаміки	8
ТЕМА №2 Моделі руху частинок рідини	8
ТЕМА №3 Рівняння Бернуллі для нев'язкої і в'язкої елементарної струминки	8
ТЕМА №4 Геометрична й фізична інтерпретація рівняння	8
ЗМ 1.3. ВИДИ РУХУ РІДИН І ГАЗІВ У НАПІРНИХ І БЕЗНАПІРНИХ СИСТЕМАХ	10
ТЕМА №1 Гідравлічні опори, їх фізична природа і класифікація	10
ТЕМА №2 Гідравлічно гладкі й гідравлічно шорсткі поверхні ...	10
ТЕМА №3 Основні залежності для розрахунку коротких і довгих трубопроводів	11
ТЕМА №4 Класифікація насадків при витіканні рідини в газове середовище або рідину	11
4. Питання для самопідготовки	13

1. Загальні вказівки

Вивчення курсу «Технічна механіка рідини і газу (ТМРГ)» дозволяє студентам оволодіти теоретичними і практичними знаннями, методами розрахунків.

Вивчення ТМРГ починають з вивчення історії розвитку механіки рідини взагалі. Далі необхідно ознайомитися з фізичними властивостями рідини. Наступний крок - це вивчення основ гідростатики і гідродинаміки та їх застосування при розрахунку практичних задач.

Знання гідравліки необхідне для засвоєння наступних курсів:

- гідравлічні й аеродинамічні машини;
- насосні й повітродувні станції;
- водопостачання;
- водовідведення.

Вивчення курсу складається із самостійної роботи студента над книгою, проходження практичних занять, виконання лабораторних робіт та відвідування лекцій. При вивченні курсу студенти повинні виконати розрахунково-графічну роботу.

Знання теоретичних основ з ТМРГ недостатнє для засвоєння курсу. Для повноцінного засвоєння курсу необхідно оволодіти розрахунками, вміти застосовувати розрахункові формули, за допомогою яких розв'язують практичні задачі.

Весь курс вивчають за окремими темами. Змістовними модулями. Вивчення теми відбувається за схемою:

- спочатку вивчають теоретичну частину;
- на практичних заняттях розбирають приклади задач з їх розв'язанням;
- опрацьовують питання для самоперевірки.

Самостійне вирішення задач треба розпочинати з побудови плану розв'язання, встановити, якими теоретичними положеннями й емпіричними формулами належить скористатися і тільки після цього приступити до числового вирішення задач. Недостатня увага до розмірності окремих величин призводить до отримання невірних результатів у гідравлічних розрахунках, тому протягом розв'язання необхідно перевіряти розмірності окремих величин.

Важливим елементом вивчення курсу є виконання розрахунково-графічних завдань (РГЗ) і лабораторних робіт. Студент повинен виконати РГЗ пройти лабораторний практикум, написати тести за двома змістовними модулями і скласти іспит.

2. Вказівки до окремих тем курсу

2.1. Вступ

Починаючи вивчення курсу ГМРГ, студент повинен зрозуміти, яке місце займає ця дисципліна у загальнотехнічній підготовці спеціалістів за вибраним фахом. Треба знати який зв'язок між вивченням цього курсу та інших спеціальних дисциплін.

Вивчаючи основні етапи розвитку гідравліки як наукової дисципліни, студент повинен засвоїти, який внесок зробили вітчизняні й зарубіжні вчені.

Необхідно вивчити основні фізичні властивості рідини. Студент повинен вміти дати визначення фізичних властивостей рідин: об'ємна і питома вага, густина, стислість, температурне розширення, в'язкість. Необхідно знати, які параметри характеризують наведені властивості рідини і які розмірності цих параметрів.

Окремо треба зупинитись на причинах виникнення сил внутрішнього і зовнішнього тертя в рідинах, що рухаються.

Важливе значення має засвоєння студентами поняття ідеальної рідини.

3. ЛІТЕРАТУРА

Богомолов А.И., Михайлов К.А. Гидравлика. Учебник для вузов. Изд. 2 е: - М., Стройиздат, 1972. - 618 с.

Большаков В.А., Попов В.Н. Гидравлика. Общий курс: Учебник для вузов. – К.: Вища шк. 1989.-215с.

Гідравліка і нагнітачі: Навч. посібник /О.М. Грабовський, О.М. Цабієв. - К.: НМК ВО, 1992.-316с.

Штеренлихт Д.В. Гидравлика. Учебник для вузов. В 2-х кн..-М.: Энергоатомиздат. 1991. 315с.

ЗМ 1.1. СТАТИКА РІДИНИ І ГАЗУ

ТЕМА №1. Предмет статички рідин та газів

ТЕМА №2. Гідростатичний тиск та його властивості

При вивченні теми студент повинен засвоїти, які сили діють в рідині в спокої. Треба знати, які сили відносяться до внутрішніх і зовнішніх, які – до вагових і які до поверхневих. Треба чітко уявляти різницю між поняттями середній гідростатичний тиск, гідростатичний тиск у точці і сумарний гідростатичний тиск на поверхню. Студент повинен уміти сформулювати й довести дві властивості гідростатичного тиску, зв'язок між гідростатичними тисками в різних точках рідини, що визначається диференціальними рівняннями Л. Ейлера. Студент повинен мати уявлення про різницю між абсолютним і манометричним тиском. Треба знати, якщо абсолютний тиск менше атмосферного, то різницею між атмосферним і абсолютним тиском вакуум.

Важливим поняттям є п'езометрична висота, п'езометричний і гідростатичний напір. Необхідно зрозуміти, що п'езометрична висота являє собою манометричний тиск у точці рідини, а п'езометричний напір - питому потенційну енергію непорушної рідини. Студент повинен засвоїти методику побудови епюр гідростатичного тиску.

ТЕМА №3. Геометрична та фізична його інтерпретація

ТЕМА №4. Сила тиску на криволінійні поверхні

Вивчення цієї теми необхідно починати з виведення аналітичної залежності сили сумарного гідростатичного тиску рідини на плоску фігуру (стінку) й глибину занурення її центра тиску. Отримані залежності треба закріпити шляхом розгляду декількох випадків тиску рідини на прямокутні стіни й зробити виведення для цих випадків окремих формул.

Тиск рідини на криволінійну поверхню визначається виведенням формули для горизонтальної і вертикальної складової сили повного

сумарного тиску у випадку плоскої та просторової задачі і навчитись визначати силу повного тиску, його напрям та точку прикладення.

У цій темі необхідно розглянути тиск рідини на стінки труб і резервуарів і вивести формулу для визначення товщини їх стінок.

ТЕМА №5. Плавання тіл в рідині

Теорія плавання тіл у рідині основана на законі Архімеда. Необхідно сформулювати і доказати цей закон, отриманою раніше залежністю для сили сумарного гідростатичного тиску рідини на плоскі поверхні і формулою для ваги тіла. Слід проаналізувати рівняння рівноваги тіла, зануреного в рідину, та визначити можливий стан тіла в залежності від співвідношення між його вагою та виштовхувальною силою.

Вивчення остійності плаваючих тіл треба починати з засвоєння основних понять. Необхідно знати місця розташування центра ваги, центра тиску і метацентру тіла; дати визначення поняттям метацентричного радіусу та метацентричної висоти. Студент повинен давати схеми остійності, неостійного і байдужої рівноваги положення плаваючого тіла

ЗМ 1.2. ГІДРОДИНАМІКА РІДИНИ І ГАЗУ

ТЕМА №1. Предмет гідродинаміки

ТЕМА №2. Моделі руху частинок рідини

ТЕМА №3. Рівняння Бернуллі для нев'язкої та в'язкої елементарної струминки

ТЕМА №4. Геометрична та фізична інтерпретація рівняння

До вивчення цієї теми треба поставитись уважніше, тому що цей матеріал є теоретичною базою для засвоєння наступних тем.

Головною задачею гідродинаміки є розрахунки основних компонентів руху – гідростатичного тиску, швидкості руху у різних точках рідини. Студент повинен знати яка роль при розв'язанні питань гідродинаміки відводиться теоретичним дослідженням, а яка експериментальному вивченню закономірностей руху рідини.

Вивчення теми необхідно починати з засвоєння видів руху рідини. Треба знати визначення та приклади видів руху рідини: сталий та несталий, рівномірний і нерівномірний, напірного та безнапірного.

Студент повинен знати струминну модель руху рідини, а також засвоїти поняття про елементарну струминку та її властивості.

Потік рідини характеризують основними гідравлічними елементами до яких відносяться: живий переріз, змочений периметр, гідравлічний радіус, витрата, середня швидкість.

Важливе значення у гідродинаміці має рівняння витрати, а також рівняння нерозривності, яке установлює зв'язок між середніми швидкостями і площами живих перерізів у різних місцях за довжиною потоку рідини.

Рівняння руху рідини, встановлює зв'язок між швидкістю, гідродинамічним тиском та ординатою для любої точки рідини яка рухається, несе назву рівняння Д. Бернуллі. Це рівняння лежить у основі всієї гідродинаміки і дозволяє вирішувати різноманітні практичні задачі. Вивчення рівняння Д. Бернуллі треба починати з руху елементарної

струмени ідеальної рідини. Вивід рівняння Д. Бернуллі для елементарної струмени ідеальної рідини треба вести з закону кінетичної енергії. Треба засвоїти геометричний і фізичний смисл рівняння Д. Бернуллі у цілому та його окремих членів. При цьому необхідно засвоїти такі поняття як, п'єзометрична і напірна лінія, гідродинамічний напір, п'єзометричний ухил, питома потенціальна, кінетична і повна питома енергія та інші.

При вивченні рівняння Д. Бернуллі для цілого потоку реальної рідини важливо звернути увагу на умови застосування цього рівняння і на фізичний сенс коефіцієнта нерівномірності розподілу швидкостей за живим перерізом. Треба знати, які види втрат напору мають місце при русі рідини та чим воно визвано.

Студент повинен засвоїти вивід основного рівняння рівномірного руху рідини, формулу для середньої швидкості потоку рідини (формула Шезі), а також залежність втрат напору за довжиною і на місцеві опори. Треба знати зв'язок між швидкісним множником C і коефіцієнтом гідравлічного тертя λ , а також знати розмірності цих параметрів.

ЗМ 1.3. ВИДИ РУХУ РІДИН ТА ГАЗІВ В НАПІРНИХ ТА БЕЗНАПІРНИХ СИСТЕМАХ

ТЕМА №1. Гідравлічні опори, їх фізична природа і класифікація

ТЕМА №2. Гідравлічно гладкі та гідравлічно шорсткі поверхні

Вивчення цієї теми починають з з'ясування зовнішніх розпізнань між ламінарним і турбулентним режимами руху рідини. Треба знати формулу критерію Рейнольдса та його критичного значення, а також формулу критичних швидкостей, при яких один режим руху рідини переходить у другий.

Вивчення ламінарного руху рідини вимагають засвоєння наступних питань:

- закону розподілу дотичних напружень та місцевих швидкостей за живим перерізом потоку рідини;

- формул максимальної і середньої швидкості потоку рідини у будь-якому перерізі труби, а також залежність втрат напору і коефіцієнта гідравлічного тертя λ

Вивчаючи турбулентний рух студент повинен мати уяву про структуру турбулентного потоку рідини, про причини які визивають збільшення дотичних опорів при турбулентному русі, про характер розподілу швидкостей за живим перерізом потоку рідини, про вплив числа Рейнольдса та шорсткості стінок труби на величину коефіцієнта гідравлічного тертя λ і вміти пояснити універсальні графіки опорів, складених за опитами І.І. Нікурадзе, Г.А. Муріна.

З багатьох залежностей швидкісного множника C і коефіцієнта гідравлічного тертя λ студентам рекомендовано запам'ятати формулу академіка Н.Н. Павловського для коефіцієнта C , а також формули Блазіуса, П.К. Коновалова Г.А. Муріна для коефіцієнта λ .

Далі треба перейти до вивчення втрат напору при проходженні місцевих опорів. Необхідно знати причини які визивають місцеві втрати напору, а також загальну залежність для визначення всіх втрат. Окремо необхідно зупинитись на виводі формули для втрат напору при миттєвому розширенні потоку рідини. Треба також засвоїти методику визначення сумарного коефіцієнта опору системи трубопроводу.

**ТЕМА №3. Основні залежності для розрахунків коротких та довгих
трубопроводів**

**ТЕМА №4. Класифікація насадків при витіканні рідини в газове
середовище або рідину**

При вивченні цієї теми студент повинен з'ясувати різницю між типами трубопроводів: короткими і довгими, простими і складними, розгалуженими і замкнутими, з транзитними і путьовими втратами рідини.

Для гідравлічного розрахунку трубопроводів використовують: рівняння Д. Бернуллі, формули для визначення втрат напору за довжиною потоку рідини і на подолання місцевих опорів, а також залежності або таблиці для знаходження різних гідравлічних характеристик трубопроводів. До числа гідравлічних характеристик трубопроводів відноситься витратна характеристика. Необхідно знати формули витрати і втрат напору за довжиною яку виражають через витратну характеристику трубопроводу.

Важливе значення при гідравлічних розрахунках має поняття оптимальних швидкостей руху рідини у трубах.

При вирішенні практичних задач частіше усього зустрічається з гідравлічним розрахунком трубопроводів при турбулентному русі рідини. Тому при вивченні цієї теми основну увагу треба приділити засвоєнню методики гідравлічного розрахунку трубопроводів при турбулентному режимі руху рідини.

А. Розрахунки простих трубопроводів:

1. визначення витрати рідини Q при наступних заданих параметрах: довжина трубопроводу l , його діаметрі d , напору на початку трубопроводу H і свободному напорі на кінці трубопроводу $h_{св}$;

2. визначити необхідний напір на початку трубопроводу H при заданих $Q, l, d, h_{св}$;

3. визначення діаметру трубопроводу d при заданих $Q, l, h_{св}, H$;

4. визначити необхідний напір на початку трубопроводу H і його діаметр при заданих $Q, l, h_{св}$;

5. визначити пропускну здатність простого трубопроводу, який складається з декількох ділянок з трубами різного діаметру.

В. Розрахунки складних трубопроводів:

1 визначення витрати рідини у паралельних гілках замкнутого трубопроводу при заданих: довжині, діаметрі, загальній витраті;

2 визначення необхідного напорі на початку розгалуженого трубопроводу і діаметрів труб на всіх його ділянках при відомій схемі мережі у плані, заданих витратах і вільних напорах на кінці всіх ділянок.

Окремо треба зупинитись на вивченні методики розрахунку коротких трубопроводів які мають велику кількість місцевих опорів. У якості приклада гідравлічного розрахунку коротких трубопроводів рекомендуємо розглянути розрахунки усмоктуючих труб насосів і сифона. У першому випадку визначають висоту установки насосу над рівнем води у водозабірному колодязі, а у другому випадку витрата і допустима висота сифону.

Необхідно вивчити теорію гідравлічного удару у трубах, розібратися у його фізичній сутності і методах запобігання.

4. Питання для самопідготовки

Питання для самопідготовки	Література.	Сторінки
	1	2
1. Яка різниця між щільністю і питомою вагою? Який між ними зв'язок	12 - 14	6 - 12
2. Поясніть причину утворення вакууму при витіканні рідини через зовнішній циліндричний насадок	110-112	12-20
3. Який зв'язок між динамічною та кінематичною в'язкістю	15 - 16	9-12
4. Чому і на скільки витрата витікання через зовнішній циліндричний насадок більша ніж витрата через малий отвір у тонкій стінці при однакових діаметрах і напорі?	106-112	138-160
5. Що таке «ідеальна рідина»? У яких випадках на практиці, рідину можна вважати ідеальною.	15 - 17	12 16
6. У чому особливості витікання рідини з великого отвору порівняно з витіканням її з малого отвору? Формула для визначення витрати?	112-114	154-157
7. Як змінюється тиск у точці рідини що покоїться зі зміною напрямку (площі дії)?	29 - 36	14 - 20
8. Чим відрізняється насадок від труби?	110-112	156-160
9. Абсолютний, надлишковий тиск, вакуум.	29 - 32	15 - 19
10. Що таке «центр тиску» та де він розташований? Коли центр ваги співпадає з центром тиску?	34 - 39	20 - 28
11. Закон Паскаля. Як зміниться тиск у точці об'єму, якщо підвищити тиск у одній з точок об'єму?	30 - 35	17 - 25
12. Поясніть, чим відрізняється осереднена швидкість «U» і середня швидкість «v» при турбулентному русі рідини, та при ламінарному русі.	84 - 98	33 - 40 75 - 80
13. Закон Архімеда. У яких випадках тіла що плавають будуть остойчивими.	43 - 45	29 - 33
14. Два види втрат напору. Яка їх природа? Чим вони визвані?	95 - 106	33 – 40 75 - 80
15. Який зв'язок двох понять «напір» і «тиск»	30-46 100-109 140-145	50-58 12-20
16. Яка теоретично можлива найбільша величина вакууму? Чим вона обмежена? Який при цьому буде абсолютний тиск?	30-32	15-20
17. Розрахункові залежності для визначення місцевих втрат напору. Як визначити втрату напору на виході з труби басейна?	97-106	50-65
18. Фізична складова диференційного рівняння рівноваги рідини Л. Ейлера. Як з нього отримати основне рівняння гідростатики?	49-51	13-18
19. Витратна характеристика. (Модуль витрати)	122-126	180-192
20. Поверхні однакового тиску. Випадки абсолютного і відносного спокою рідини.	25-30	10-18

21. Поясніть поняття: - «короткі трубопроводи», «довгі трубопроводи». Розрахункові формули втрат напору у довгих і коротких трубопроводах.	140-143	100-112
22. Сталий і несталий рух рідини. Приклади.	45-49	30-36
23. Коефіцієнт опору системи. У розрахунки яких трубопроводів (довгі, короткі) використовують ці поняття		
24. Чи можливий рівномірний рух бути несталим, а нерівномірний – сталим? Приклади.	46-50	29-34 60-66
25. Як визначають втрати напору при послідовному або паралельному з'єднанні труб?	145-149	118-122
26. Який рух змінюється поволі і різко.	48-51	30-36
27. У якому випадку коефіцієнт місцевої втрати залежить від числа Рейнольда? Чи залежить λ від числа Рейнольда?	101-106	66-77
28. Основні елементи потоку – живий переріз, змочений периметр, гідравлічний радіус.	153-160	135-146
29. Гідравлічний удар у трубах. Чи можливий гідравлічний удар у відкритих руслах?	153-160	135-146
30. Витрата і середня швидкість.	48-52	30-40
31. Що називають зворотнім гідравлічним ударом?	68-74	138-144
32. Коли лінії повного напору і п'єзометричні паралельні? Коли вони зближуються, а коли віддаляються.	151-158	50-60
33. Чи може бути від'ємним гідравлічний, п'єзометричний ухил.	68-74	60-65
34. Від чого залежить коефіцієнт стискання струмені та який зв'язок коефіцієнта витрати, швидкості і стискання струмені (для малого отвору у тонкій стінці).	106-110	138-148
35. Струминна модель потоку (лінія току, елементарна струминка)	48-65	31-40
36. Визначення швидкості та витрати при витіканні через малий отвір у тонкій стіні та через насадок в атмосферу і під рівень.	106-111	148-163
37. Назвіть складові рівняння Бернуллі з геотричної точки зору.	61-75	57-60
38. Назвіть складові рівняння Бернуллі з фізичної точки зору.	61-80	57-60
39. Чому рівняння Бернуллі розповсюджується тільки на потоки зі сталим рухом?	60-68	54-65
40. Для чого визначають режим руху рідини? Від чого він залежить.	75-82	65-76
41. Що називають абсолютним тиском, надлишковим тиском та вакуумом?	28-31	12-18
42. Як пов'язані «тиск» і «напір»	30-46 100-109 140-145	50-58

Література:

1. Бльшаков В.А., Попов В.Н. Гидравлика. Общий курс: Учебник для вузов. – К.: Вища шк. 1989. – 215 с.
2. Константинов Ю.М. Гидравлика. – Киев: Вища шк. 1981. – 360 с.

Навчальне видання

Яковенко Микола Михайлович

Тітов Юрій Петрович

Методичні вказівки до самостійної роботи і РГЗ з дисципліни "Технічна механіка рідин і газу" (для студентів 2, 4 курсів денної та заочної форм навчання напрямів підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» 0926 «Водні ресурси» спеціальності "Водопостачання та водовідведення").

Редактор: *М.З. Аляб'єв*

Комп'ютерне верстання: *Ю.П. Степась*

План 2009, поз. 162 М

Підп. до друку 01.12.2009
Друк на різнографі
Зам. №

Формат 60 x 84 1/16
Ум. друк. арк. 0,6
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК №731 від 19.12.2001