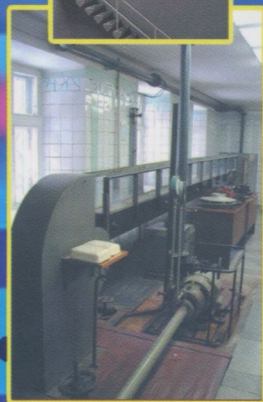
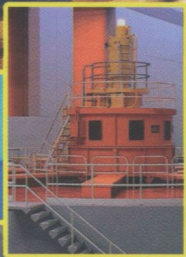
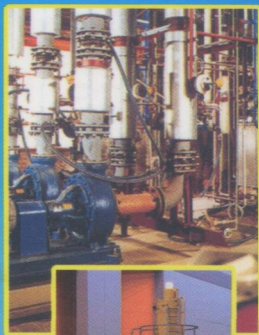


В.Р. Кулінченко,
І.В. Дубковецький, О.М. Деменюк

ГІДРАВЛІКА

ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ ТА ГІДРОПНЕВМО- ПРИВІД



1
ЧАСТИНА

ГІДРАВЛІКА І ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ

УДК 621.22.075.8

Гриф Міністерства освіти
і науки України

Лист №1/11-2919 від 08.04.2010р.

Рецензенти: **О.М. Яхно**, доктор технічних наук (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»); **Ю.О. Шурчкова**, доктор технічних наук (Інститут технічної теплофізики НАН України); **К.В. Луняка**, доктор технічних наук (Херсонський національний технічний університет)

Кулінченко В.Р., Дубковецький І.В., Деменюк О.М. Гідравліка, гідравлічні машини та гідропневмопривід. — Ч. І. Гідравліка і гідравлічні машини. — К.: НУХТ, 2011. — 246 с.

ISBN 978-966-612-112-0

Містить теоретичні основи загальної гідравліки і динамічних лопатевих машин (насосів), лабораторний практикум з гідравліки і гідравлічних машин, завдання для виконання самостійної роботи студентами денної форми навчання, а також контрольні роботи для студентів заочної форми навчання. Додатки посібника містять матеріали, необхідні для розв'язання задач і виконання самостійної роботи.

Для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів.

ISBN 978-966-612-112-0

УДК 621.22.075.8

© Кулінченко В.Р.,
Дубковецький І.В.,
Деменюк О.М., 2011
© НУХТ, 2011

У сучасній харчовій промисловості широко застосовуються високоефективні технологічні процеси з використанням агрегатів великої потужності, засобів механізації і автоматизації. На сьогодні важко уявити виробництво, в якому б не було транспортування рідин чи газів. Завданням даного посібника є допомогти студентам та інженерно-технічним працівникам харчової промисловості теоретично осмислити і обґрунтувати розрахунок, вибір і раціональну експлуатацію трубопровідного і насосного обладнання.

Гідравліка (від грец. *hydraulikós* — водний, *hýdōr* — вода і *aulós* — труба) — наука, що вивчає закони рівноваги і руху рідин і способи прикладення цих законів до розв'язання практичних інженерних завдань. У гідравліці розглядають, головним чином, потоки рідини, обмежені і спрямовані твердими стінками труб, каналів, русел, лотків та ін. Канал, русло має поверхню стінки, яка обмежує і спрямовує потік не тільки русел річок, каналів, а й різних трубопроводів, насадок, елементів гідравлічних машин та інших пристроїв, усередині яких тече рідина.

Отже, гідравліка вивчає в основному внутрішню течію рідин і розв'язує так зване внутрішнє завдання на відміну від зовнішнього, пов'язаного з зовнішнім обтіканням тіл суцільним середовищем, яке відбувається під час руху твердих тіл у рідині чи газі (повітрі). Зовнішнє завдання вивчають у розділі механіки — аерогідромеханіка.

I

ГІДРАВЛІКА ТА ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ (теоретичний курс)

1. ОСНОВИ ГІДРАВЛІКИ

1.1. Зміст науки гідрравліки

Зміст дисципліни полягає в тому, що вона дає методи розрахунку і проектування різних гідротехнічних споруд (гатки, канали, водозливи, технологічні й трасові трубопроводи для подавання різних рідин), а також інших гідротехнічних споруд і пристроїв, що використовуються в різних галузях техніки. Особливо велике значення має гідрравліка в харчовій, хімічній і машинобудівній промисловості, де є закриті русла (наприклад, місткості і трубопроводи) і напірна течія в них, тобто потоки без вільної поверхні з тиском, що відрізняється від атмосферного.

1.2. Основні властивості рідин.

Рідина і її відмінність від твердих і газоподібних тіл

Рідина — це речовина, яка в сконденсованому вигляді перебуває в проміжному стані між твердими тілами і газами. Подібно до твердих тіл рідина зберігає свій об'єм і має певну міцність на розрив, зберігаючи змінність форми, що споріднює її з газами. Завдяки рухомості частинок навіть малі дотичні сили не руйнують структуру рідини, а примушують її набирати іншу форму — це споріднює рідину з газами.

Властивість рідини деформуватися під дією прикладених сил називається *текучістю*.

Речовини, закони рівноваги і руху яких вивчає гідрравліка, поділяються на стисливі рідини і гази і практично нестис-

ливі — *крапельні рідини*. Гідравліка розглядає крапельні рідини як реальні (в'язкі), так і ідеальні (неіснуючі).

Ідеальна — це така рідина, між частинками якої немає сил зчеплення, внаслідок чого вона не чинить опору силам зсуву чи розтягу. Таких рідин у природі не існує. Це наукова абстракція, потрібна для розгляду загальних законів механіки рідин у «чистому» вигляді.

Реальні рідини не мають ідеальних властивостей, тобто вони до певної міри чинять опір дотичним і розтягувальним зусиллям, а також частково стискуються під дією зовнішніх сил.

Закони ідеальної рідини застосовуються і до реальної з відповідними поправками або без них.

Якщо крапельна нестислива рідина міститься у певному каналі, руслі чи посудині і займає частину їх об'єму, то утворюється межа між рідиною і навколишнім середовищем, що називається *вільною поверхнею рідини* (рис. І.1).



Рис. І.1. Вільна поверхня нестисливої (ідеальної) рідини

1.3. Густина і питома вага рідини

Густиною рідини називається її маса, що розміщується в одиниці об'єму. Згідно з визначенням маємо

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (\text{І.1})$$

де m — маса рідини, кг; V — об'єм цієї маси, м^3 .

Густина — це характеристика середовища, яка визначає розподіл мас. У довільній точці неоднорідного рідинного середовища густина визначається формулою

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta m}{\Delta V} \right). \quad (\text{І.2})$$

У системі СІ густина вимірюється в кілограмах на кубічний метр. Наприклад, при температурі 20°C густина води становить 998, а ртуті — $13\,550 \text{ кг/м}^3$.

На практиці про масу рідини роблять висновки за її вагою. Виходячи з цього *питома вага* — це вага одиниці об'єму рідини. Згідно з визначенням маємо

$$\gamma = \frac{G}{V}, \quad (I.3)$$

де G — вага розглядуваного об'єму V рідини, Н/м³.

Згідно з другим законом Ньютона вага тіла становить

$$G = mg, \quad (I.4)$$

де g — прискорення вільного падіння, м/с².

Підставляючи значення (I.4) у формулу (I.3), знаходимо взаємозв'язок між густиною і питомою вагою:

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g. \quad (I.5)$$

У довільній точці неоднорідного рідинного середовища питома вага визначається формулою

$$\gamma = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta G}{\Delta V} \right) = \frac{dG}{dV}. \quad (I.6)$$

У системі СІ питома вага вимірюється в ньютонах на кубічний метр. Наприклад, при температурі 20 °С питома вага води становить 9790, а ртуті — 132 900 Н/м³.

Відносною густиною (питомою вагою) рідини називається відношення густини (питомої ваги) певної рідини до густини (питомої ваги) дистильованої води при температурі 4 °С і за нормального атмосферного тиску, при цьому

$$\delta_\gamma = \frac{\gamma}{\gamma_{\text{H}_2\text{O}, 4^\circ\text{C}}} = \frac{\rho g}{\rho_{\text{H}_2\text{O}, 4^\circ\text{C}} g} = \frac{\rho}{\rho_{\text{H}_2\text{O}, 4^\circ\text{C}}} = \delta_\rho. \quad (I.7)$$

Отже, числові значення відносної густини і відносної питомої ваги рівні між собою і не залежать від вибраної системи одиниць виміру. Наприклад, при температурі 20 °С відносна густина (відносна питома вага) води становить 0,998, а ртуті — 13,55.

1.4. В'язкість рідини

В'язкість — властивість рідини, що рухається з різними швидкостями у потоці, чинити опір відносному руху її частинок. Зумовлена в'язкістю сила внутрішнього тертя (T) спрямована у бік, протилежний руху потоку, чим спричиняє опір цьому руху з боку рідини. З цього випливає інше тлумачення

в'язкості. В'язкістю називається спроможність рідини чинити опір зсувним чи дотичним зусиллям.

Основи закону внутрішнього тертя (як гіпотези) були визначені І. Ньютоном у 1686 р. і формулювалися так: сили тертя залежать від властивостей рідини, не залежать від тиску, прямо пропорційні спряженим поверхням і градієнтам швидкості у шарах. Математично гіпотезу Ньютона можна подати у вигляді формули

$$T = \mu F \frac{du}{dr}, \quad (I.8)$$

де μ — динамічна чи абсолютна в'язкість, Па·с; F — площа поверхонь тертя, м²; u — місцева швидкість на відстані r від стінки каналу, м/с.

Для геометричного тлумачення гіпотези розглянемо потік рідини, всі шари якої рухаються паралельно один одному (рис. I.2). Розділимо цей потік на окремі шари завтовшки dr і припустимо, що швидкість частинок рідини змінюється від шару до шару по кривій $a-a$. Градієнт швидкості du/dr вимірюється тангенсом кута нахилу дотичної до епюри швидкостей у будь-якій точці ($\tan \beta$) і характеризує інтенсивність зміни швидкості у напрямку нормалі до неї.

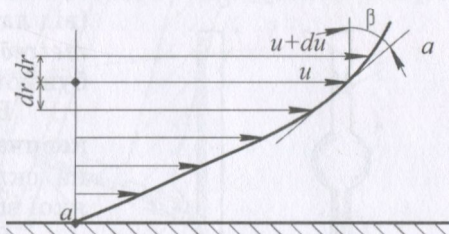


Рис. I.2. Схема руху в'язкої рідини

Виходячи з формули (I.8), якщо силу тертя віднести до одиниці площі спряжених між собою шарів, отримаємо дотичну напругу τ сил внутрішнього тертя

$$\tau = \frac{T}{F} = \mu \frac{du}{dr}. \quad (I.9)$$

Якщо градієнт швидкості $du/dr = 1$, то $\tau = \mu$, тобто в'язкість рідини — це *напруження сили тертя всередині рідини, що рухається, прямо пропорційна градієнту швидкості чи, що те саме, пропорційна першій похідній від швидкості по нормалі до напрямку руху*. Із виразу (I.9) одиниця розмірності коефіцієнта динамічної в'язкості — Па·с.

Наприклад, значення цієї величини при температурі 20 °С для води становить $1,01 \cdot 10^{-3}$, для ртуті — $1,55 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Під час розв'язання багатьох задач замість коефіцієнта динамічної в'язкості використовують *коефіцієнт кінематичної в'язкості*, який є відношенням коефіцієнта динамічної в'язкості до густини рідини при певній температурі. Тобто

$$\nu = \mu / \rho, \quad (\text{I.10})$$

одиниця виміру якого — $\text{м}^2/\text{с}$.

При температурі 20 °С кінематична в'язкість для води становить $1,01 \cdot 10^{-6}$, а для ртуті — $1,14 \cdot 10^{-7}$ $\text{м}^2/\text{с}$.

1.5. Віскозиметрія

Віскозиметрія — розділ науки, що вивчає методи вимірювання в'язкості. Широкий діапазон значень в'язкості і необхідність вимірів при низьких чи високих температурах і тисках зумовлюють велику різноманітність методів віскозиметрії і конструкцій відповідних приладів — віскозиметрів (від лат. *viscosus* — в'язкий і грец. *metreō* — вимірюю). Віскозиметри бувають різних типів.

Віскозиметр Освальда–Пінкевича — це U-подібна вертикальна скляна трубка, в ліве коліно якої впаяно капіляр (рис. I.3).

Налита в сполучену посудину досліджувана рідина в об'ємі 2—3 мл відсмоктується до рівня, що перевищує мітку 3. Під час досліді фіксують час проходження об'єму рідини між мітками 3 і 5. За допомогою цього віскозиметра вимірюють кінематичну в'язкість за часом протікання досліджуваної рідини із положення 3 до положення 5 і розраховують за формулою

$$\nu = \nu_0 \frac{T}{T_0}, \quad (\text{I.11})$$

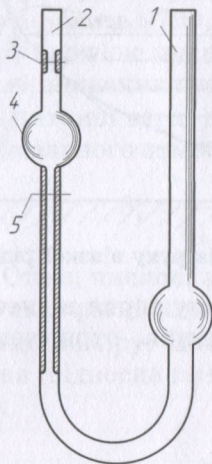


Рис. I.3. Віскозиметр Освальда–Пінкевича:

- 1, 2 — скляні, сполучені між собою трубки;
- 4 — розширення;
- 3 і 5 — мітки на склі

де v_0 — кінематичний коефіцієнт в'язкості стандартної рідини (найчастіше води); T — час витікання досліджуваної рідини із положення 3 до положення 5; T_0 — час, протягом якого рівень стандартної рідини опуститься з положення 3 до положення 5.

Віскозиметр Освальда-Пінкевича простий за будовою і дає змогу легко вимірювати в'язкості малов'язких рідин.

Віскозиметр Хепплера дає можливість визначати час проходження кулею 6, що падає, відстані між мітками 3 і 7 на скляній трубці 2 з досліджуваною рідиною (рис. І.4).

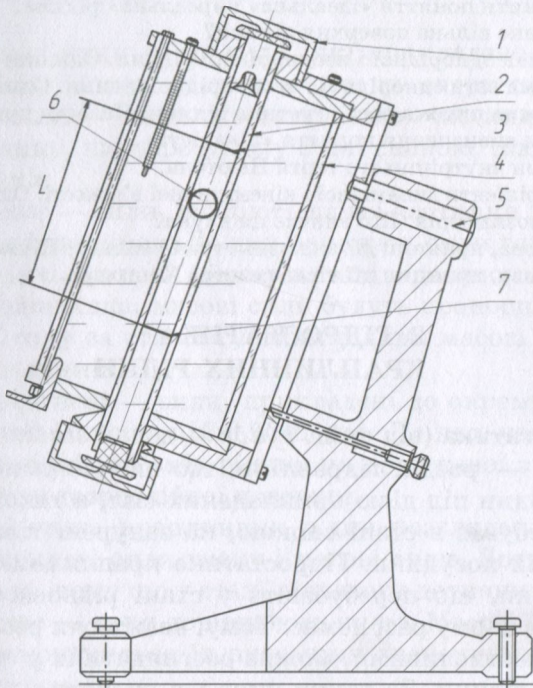


Рис. І.4. Віскозиметр Хепплера:

- 1 — кришка для ущільнення; 2 — скляна калібрована трубка;
- 3 — мітка початку відліку; 4 — термостат; 5 — вісь обертання;
- 6 — куля; 7 — мітка кінцевого відліку на відстані L від мітки 3

Знаючи діаметр кульки, густину речовини, з якої вона виготовлена, густину досліджуваної рідини і фіксуючи час падіння кульки між двома мітками, позначеними на певній відстані одна від одної, можна визначити μ

$$\mu = T (\rho_k - \rho_r) K, \quad (I.12)$$

де T — час падіння кульки, с; ρ_k і ρ_r — густина відповідно кульки і рідини, кг/м³; K — паспортна стала кульки.

Контрольні запитання

1. Предмет гідравліки. Що вивчає ця наука?
2. Зміст науки гідравліки. Де використовується ця наука? Приклади.
3. Дати визначення поняття «рідина».
4. Дати визначення терміна «текучість».
5. Пояснити поняття «ідеальна» і «реальна» рідина.
6. Що таке вільна поверхня рідини?
7. Густина однорідної і неоднорідної рідини. Одиниці виміру.
8. Питома вага однорідної і неоднорідної рідини. Одиниці виміру.
9. Відносна питома вага і густина рідини. Навести приклади.
10. Дати визначення поняття «в'язкість».
11. Закон внутрішнього тертя Ньютона.
12. Коефіцієнти динамічної і кінематичної в'язкості. Одиниці виміру.
13. Віскозиметрія. Що вивчає ця наука?
14. Будова, принцип дії віскозиметра Освальда–Пінкевича.
15. Будова, принцип дії віскозиметра Хепплера.

Стан спокою чи руху рідини зумовлюється характером діючих на рідину сил, їх величиною і напрямком. У вивченні законів рівноваги чи руху рідини розглядаються сили, що змінюють той чи інший стан рідини.

2.1. Сили, що діють на рідину

Унаслідок текучості (рухомості частинок) у рідині виникають сили, що діють не в окремому місці, а розподілені по її об'єму чи по поверхні. Всі ці сили поділяються на зовнішні і внутрішні.

Зовнішні сили — це сили, які прикладено до частинок рідини з боку інших фізичних тіл чи енергетичних полів. *Внутрішні сили* — це сили взаємодії між частинками рідини.

На рідину, що перебуває у стані спокою, діють дві групи зовнішніх сил:

1) *масові* — сили, що діють на всі частинки рідини і пропорційні масі частинок. До них належать сили тяжіння і сили інерції, останні діють на рідину в стані відносного спокою. Якщо рідина однорідна, масові сили будуть пропорційними об'єму рідини, тому за сталої густини рідини масові сили можна назвати об'ємними;

2) *поверхневі* — сили, прикладені до окремих точок поверхні рідини і пропорційні її площі. До них належать сили дії з боку сусідніх об'ємів рідини чи спряженої з даною рідиною твердої чи газоподібної поверхні.

Гідростатика краплинних рідин розглядає тільки нормальні поверхневі сили тиску і масові сили. Дотичні сили не враховуються, тому що у стані рівноваги дотичних напружень у рідині немає — вони дорівнюють нулю. Масові сили у гідравліці характеризуються їх питомими значеннями, віднесеніми до одиниці маси.

2.2. Гідростатичний тиск

Розглянемо довільне однорідне рідке тіло, що перебуває у стані спокою (рис. 1.5). Подумки розділимо його площиною F на дві довільні частини — праву 2 і ліву 1. Одну частину (нехай це буде права) відкинемо. Відкинута частина рідини чинила певну дію на рідину, що залишилася ліворуч, і тому для

ЗМІСТ

ВСТУП	3
І. ГІДРАВЛІКА ТА ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ (теоретичний курс)	4
1. Основи гідравліки	4
1.1. Зміст науки гідравліки	4
1.2. Основні властивості рідин. Рідина і її відмінність від твердих і газоподібних тіл	4
1.3. Густина і питома вага рідини	5
1.4. В'язкість рідини	6
1.5. Віскозиметрія	8
<i>Контрольні запитання</i>	10
2. Гідростатика краплинних рідин	10
2.1. Сили, що діють на рідину	11
2.2. Гідростатичний тиск	11
2.3. Властивості гідростатичного тиску	12
2.4. Диференціальне рівняння рівноваги рідини (рівняння Л. Ейлера)	13
2.5. Поверхні рівного тиску	15
2.6. Форма вільної поверхні рідини	16
2.7. Основне рівняння гідростатики	16
2.8. Розподіл тиску в об'ємі рідини. Закон Паскаля	18
2.9. Рівновага рідин у сполучених посудинах	20
2.10. Рідинні прилади для вимірювання тиску	20
2.11. Сила тиску рідини на плоскі поверхні	23
2.12. Гідростатичний парадокс	25
2.13. Епюри гідростатичного тиску	26
2.14. Відносний спокій рідини	28
<i>Контрольні запитання</i>	29

3. Основи кінематики і динаміки рідин (гідродинаміка)	30
3.1. Основні види руху та струминна модель потоку	30
3.2. Потік рідини і його елементи	32
3.3. Закон нерозривності потоку і сталості витрат	33
3.4. Диференціальне рівняння руху нев'язкої рідини (рівняння Ейлера)	34
3.5. Рівняння Д. Бернуллі	36
3.6. Гідравлічний та п'єзометричний уклони	40
3.7. Умови застосування рівняння Бернуллі	41
3.8. Практичне використання рівняння Бернуллі у техніці	42
3.9. Основи теорії подібності	46
3.9.1. Геометрична подібність	47
3.9.2. Кінематична подібність	48
3.9.3. Матеріальна (гідродинамічна) подібність	49
3.9.4. Число Ньютона	49
3.9.5. Основні числа подібності гідродинаміки	50
3.10. Два режими руху в'язкої рідини. Досліди О. Рейнольдса	52
3.11. Закономірність ламінарного режиму руху	55
3.11.1. Розподіл швидкостей у перерізі труби. Закон Стокса	55
3.11.2. Витрати рідини і середня швидкість. Закон Пуазейля	57
3.11.3. Втрати напору по довжині трубопроводу	58
3.12. Втрати стійкості руху потоком. Структура потоку	59
3.13. Втрати напору по довжині турбулентного потоку	61
3.13.1. Гідравлічна шорсткість реальних поверхонь	62
3.13.2. Визначення коефіцієнтів опору тертя. Графік І. Нікурадзе	63
3.14. Місцеві гідравлічні опори	66
3.15. Загальні втрати напору. Взаємний вплив місцевих опорів	67
3.16. Гідравлічний розрахунок напірних трубопроводів	68
3.16.1. Загальні відомості	68
3.16.2. Розрахунок простих коротких трубопроводів	69
	241

3.16.3. Сифонний трубопровід	71
3.16.4. Розрахунок трубопроводів за економічними показниками	74
3.17. Витікання з отворів і насадок	76
3.17.1. Класифікація отворів і випадків втікання рідин	76
3.17.2. Витікання рідини з малого отвору в боковій стінці місткості	77
3.17.3. Витікання рідин через патрубки і насадки	80
3.17.4. Циліндричний зовнішній насадок	81
<i>Контрольні запитання</i>	82
4. Гідравлічні машини	84
4.1. Призначення і класифікація гідравлічних машин	84
4.2. Основні робочі параметри насосів	85
4.3. Будова, принцип дії та класифікація відцентрових насосів	88
4.4. Трикутники швидкостей	90
4.5. Три типи лопатей робочого колеса насоса	91
4.6. Дійсна характеристика насоса за сталої частоти обертання	93
4.7. Основи теорії подібності відцентрових насосів	95
4.7.1. Аналіз подібних трикутників швидкостей	97
4.7.2. Три закони подібності відцентрових машин	98
4.8. Осьовий тиск у відцентрових насосах і методи його усунення	100
4.9. Насосна установка. Будова і принцип дії	104
4.10. Робоча точка відцентрового насоса і трубопроводу	105
4.11. Регулювання подачі відцентрових насосів	107
4.11.1. Дросельне регулювання за сталої частоти обертання вала	108
4.11.2. Регулювання зміною частоти обертання вала	109
4.11.3. Регулювання подачі перепуском рідини	110
4.11.4. Обточування робочого колеса	110
4.12. Спільна робота насосів на один трубопровід	111

4.12.1. Паралельна робота насосів	112
4.12.2. Послідовна робота насосів	113
4.13. Кавітаційні явища у відцентрових насосах	114
4.13.1. Допустима висота встановлення відцентрового насоса	116
4.14. Вибір відцентрового насоса за заданими робочими параметрами	118
<i>Контрольні запитання</i>	119

II. ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ГІДРАВЛІКИ ТА ГІДРАВЛІЧНИХ МАШИН

Загальні положення	121
--------------------------	-----

1. Дослідження роботи посудини Маріотта	122
1.1. Основні теоретичні положення	122
1.2. Будова і принцип дії лабораторної установки	125
1.3. Методика проведення роботи	125
1.4. Методика опрацювання дослідних даних	126
<i>Контрольні запитання</i>	126

2. Дослідна перевірка рівняння Бернуллі	127
2.1. Основні теоретичні положення	127
2.2. Будова і принцип дії лабораторної установки	130
2.3. Методика проведення роботи	130
2.4. Методика опрацювання дослідних даних	131
<i>Контрольні запитання</i>	132

3. Градування витратоміра Вентурі	132
3.1. Основні теоретичні положення	132
3.2. Будова і принцип дії лабораторної установки	135
3.3. Методика проведення роботи	136
3.4. Методика опрацювання дослідних даних	136
<i>Контрольні запитання</i>	138

4. Визначення режимів руху рідини за числами Рейнольдса	138
4.1. Основні теоретичні положення	138
4.2. Будова і принцип дії лабораторної установки	141
4.3. Методика проведення роботи	143
	243

4.4. Методика опрацювання дослідних даних	143
Контрольні запитання	144

5. Експериментальне визначення коефіцієнтів опору тертя та еквівалентної шорсткості	145
5.1. Основні теоретичні положення	145
5.2. Будова і принцип дії лабораторної установки	148
5.3. Методика проведення роботи	149
5.4. Методика опрацювання дослідних даних	149
Контрольні запитання	151

6. Експериментальне визначення коефіцієнтів витікання рідини через отвори і насадки	151
6.1. Основні теоретичні положення	151
6.2. Будова і принцип дії лабораторної установки	155
6.3. Методика проведення роботи	156
6.4. Методика опрацювання дослідних даних	156
Контрольні запитання	158

7. Випробування відцентрового насоса	159
7.1. Основні теоретичні положення	159
7.2. Будова і принцип дії лабораторної установки	162
7.3. Методика проведення роботи	163
7.4. Методика опрацювання дослідних даних	163
Контрольні запитання	166

ІІІ. САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ (денна форма навчання)	167
--	------------

1. Теоретичні передумови розрахунку	167
2. Гідравлічний розрахунок технологічних трубопроводів	169
3. Визначення показань приладів насосної установки	173
3.1. Показання приладу на всмоктувальному патрубку насоса	173

3.2. Показання приладу на нагнітальному патрубку насоса	175
3.3. Загальний баланс енергії насосної установки	176
4. Вибір відцентрового насоса	177
4.1. Регулювання напору насоса обточуванням робочого колеса чи зміною частоти обертання	178
4.2. Дросельне регулювання подачі насоса	179
4.3. Послідовна та паралельна робота насосів	180
5. Умови безкавітаційної роботи насосів	182
6. Приклад розрахунку насосної установки	184
7. Завдання для виконання самостійної роботи	202
IV. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ	
(заочна форма навчання)	208
Загальні відомості	208
1. Контрольні завдання для студентів заочної форми навчання механічної спеціалізації	208
2. Контрольні завдання для студентів заочної форми навчання спеціальностей енергетичних і автоматизації виробничих процесів	218
ДОДАТКИ	226
1. Густина води, кг/м^3 , залежно від температури ($t = 0\text{—}30\text{ }^\circ\text{C}$)	226
2. Густина води за температури $30\text{—}250\text{ }^\circ\text{C}$	228
3. В'язкісні характеристики води за температури $0\text{—}100\text{ }^\circ\text{C}$	228
4. Сортамент труб сталевих водогазопровідних	229
5. Сортамент труб сталевих безшовних гарячедеформованих	230
6. Сортамент труб сталевих безшовних холоднодеформованих	231
	245

7. Сортамент труб сталевих електрозварних прямошовних	232
8. Сортамент труб сталевих електрозварних зі спіральним швом, загального призначення	234
9. Труби чавунні	234
10. Значення шорсткості труб	235
11. Залежність тиску насиченої водяної пари від температури	236
12. Залежність коефіцієнта витрат водоміра Вентурі від числа Рейнольдса при $d_2/d_1 = 0,5$	237

ЛІТЕРАТУРА	238
-------------------------	------------

Навчальне видання

Кулінченко Віталій Романович
Дубковецький Ігор Володимирович
Деменюк Оксана Миколаївна

ГІДРАВЛІКА, ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ ТА ГІДРОПНЕВМОПРИВІД

**Частина 1.
Гідравліка
і гідравлічні машини**

Навчальний посібник

Редактор *Т.П. Хоменко*
Художнє оформлення *Є.В. Чурія*
Комп'ютерна верстка *Л.В. Різніченко*