



ПІДРУЧНИКИ ТА НАВЧАЛЬНІ ПОСІБНИКИ ДЛЯ ВУЗІВ

В. А. Дідур
О. Д. Савченко
С. І. Пастушенко
С. І. Мовчан

ГІДРАВЛІКА,
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ
ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА
ГІДРОПНЕВМОПРИВОД

ББК 34.42
УДК 631.3:632.22(075.8)
Д44

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів,
(Лист Міністерства освіти і науки України № 14/18.2-1718 від 24.11.03)*

Рецензенти:

- Г. С. Паштелеят** – доктор технічних наук, професор кафедри “Водопостачання, каналізація і гідравліка” Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури;
- С. С. Душкін** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри “Водопостачання, водовідведення та очищення вод” Харківської державної академії міського господарства;
- І. А. Шевченко** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри “Сільськогосподарські машини” Таврійської державної агротехнічної академії

Д44 Дідур В. А., Савченко О. Д., Пастушенко С. І., Мовчан С. І. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод. – Запоріжжя: Прем’єр, 2005. – 464 с.; іл.

ISBN 966-685-147-4

На підставі багаторічного досвіду педагогічної та наукової роботи у сфері механіки рідини авторами посібника викладені основи загальної гідравліки та її інженерні додатки, призначені для студентів інженерних спеціальностей агротехнічних вузів. Викладені загальні питання теорії рівноваги і руху рідини, а також методи гідравлічного розрахунку напірних і безнапірних трубопроводів. Розглянуті прилади, принцип дії лопатевих насосів, осьових і відцентрових вентиляторів, об’ємних гідромашин. Подані методи розрахунку гідравлічних і пневматичних приводів і способи вибору приладів, що входять до них.

Навчальний посібник може бути використаний фахівцями проектних організацій при розробці гідротехнічних споруд, систем сільськогосподарського водопостачання та меліорації.

ББК 34.42

ISBN 966-685-147-4

© Дідур В. А., Савченко О. Д.,
Пастушенко С. І., Мовчан С. І., 2005
© Видавництво “Прем’єр”, 2005

І. ГІДРАВЛІКА

1.1. Вступні відомості

Гідравліка – наука, в якій вивчаються закони рівноваги та руху рідин і методи застосування цих законів в інженерній практиці.

Термін “гідравліка” походить від сполучення двох грецьких слів: “hydōi” – вода і “aulos” – труба, що в минулому відображало рух води в трубах. З розвитком науки гідравліка почала вивчати, крім руху води, рівновагу та рух інших рідин не тільки в трубах, а й у інших посудинах та відкритих руслах – каналах і річках.

У гідравліці вивчаються краплинні рідини, тобто рідини, які здатні утворювати краплини (на відміну від газів, які на це не здатні). Краплинні рідини є нестискальні.

Краплинні рідини мають вільну поверхню, тобто поверхню розділу рідини з газами (повітрям) (рис. 1.1).

Гідравліка складається з двох частин – гідростатики, в якій вивчається рівновага рідин, та гідродинаміки, в якій вивчається рух рідин. Базовими науками для гідравліки є вища математика, фізика, теоретична механіка та опір матеріалів.

У свою чергу гідравліка є базовою для наук гідротехнічного спрямування, а також наук з проектування, виготовлення чи будівництва та експлуатації насосів, гідродинамічних передач, гідроприводів, гідротурбін, систем сільськогосподарського водопостачання та гідромеліоративних систем.

1.1.1. Короткий історичний огляд розвитку гідравліки як науки

Гідравліка – одна з найдавніших наук, розвиток якої можна умовно поділити на кілька етапів.

На першому етапі становлення гідравліки – від найдавніших часів до 250 р. до н. е. – людство накопичувало знання про практичне використання води як найпоширенішої рідини в природі. За 7 тис. років до н. е. вже існували пристрої для піднімання води, зрошувальні

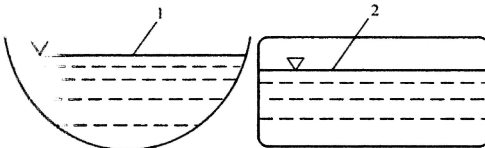


Рис. 1.1. Вільна поверхня рідини:

1 – у відкритій посудині (руслі);

2 – у закритій посудині; ▽ – рівень рідини

2. ДИНАМІЧНІ НАСОСИ І ВЕНТИЛЯТОРИ

2.1. Динамічні насоси

2.1.1. Призначення, класифікація, технічні характеристики і порядок підбору динамічних насосів

Насоси – це гідравлічні машини, призначені для створення потоку рідинного середовища. Вони передають енергію рідині, яка протікає в їх середині. Таким чином, у насосах відбувається перетворення механічної енергії на енергію рідини (гідравлічну енергію).

Насоси є широко розповсюдженою гідравлічною машиною в агропромисловому виробництві. У сільськогосподарському водопостачанні та на меліоративних системах саме насосами забезпечується механізована подача води споживачам. Насоси використовуються в сільських опалювальних системах, на підприємствах з переробки сільськогосподарської продукції, при видаленні гною з тваринницьких приміщень за допомогою гідротранспорту.

Промисловістю випускається біля 3,5 тис. різних типів і марок насосів. Для полегшення використання такої порівняно великої кількості насосів існує Державний стандарт. Згідно з ним насоси певним чином класифікуються. За принципом роботи і конструкції насоси поділяються на динамічні й об'ємні [19; 23].

Динамічні насоси (рис. 2.1) – це насоси, в яких рідина переміщується під дією на неї сили в камері, яка постійно сполучається із входом і виходом насоса. До них належать лопатеві, що включають відцентрові, осьові, та насоси і пристрої тертя, до яких належать вихрові, шнекові, струминні, вібраційні і повітряні водопідйомники.

Об'ємні насоси – це насоси, в яких рідина переміщується завдяки періодичній зміні об'єму камери, яку займає рідина і яка поперемінно з'єднується з входом і виходом насоса. Оскільки об'ємні насоси широко застосовуються в гідроприводах, то вони розглядаються в третьому розділі посібника, тут же розглядаються тільки динамічні насоси.

Сам насос не може перекачувати рідину, для цього його необхідно забезпечити трубопроводами та різним обладнанням.

Комплект обладнання, що забезпечує роботу насоса, і сам насос складають *насосну установку* (рис. 2.2).

Найбільш важливі технічні характеристики насосів такі: подача, напір (тиск), потужність, коефіцієнт корисної дії (ККД) і частота обертання.

3. ГІДРАВЛІЧНІ ТА ПНЕВМАТИЧНІ ПРИВОДИ

3.1. Загальні відомості про гідропневмоприводи

Однією з основних умов збільшення продуктивності сільсько-господарських машин є поліпшення техніко-економічних показників приводів, підвищення їхньої надійності і довговічності.

Приводом називають агрегат або декілька агрегатів, призначених для надання руху машинам і механізмам.

Привод складається з двигуна, передачі, механізмів керування і допоміжних пристроїв. У залежності від основного виду передачі розрізняють механічний, гідравлічний і пневматичний приводи. Передачею називають пристрій для перетворення енергії двигуна в рух робочого органа машини. Застосовуючи ту саму передачу, наприклад гідродинамічну, з різними двигунами (наприклад двигуном внутрішнього згорання чи електродвигуном), одержимо різні властивості привода. Тому характеристика привода в цілому складається зі взаємодії характеристик двигуна і передачі. Це знаходить висвітлення й у назвах приводів: дизель-електричний, електрогідравлічний та ін.

Передачі, що перетворюють механічну енергію двигуна, розділяються на механічні, гідравлічні, електричні і пневматичні в залежності від виду тіла, що бере участь у перетворенні енергії. Так, у механічних передачах рух передається і перетворюється за допомогою взаємодії твердих тіл. У гідравлічних передачах (гідропередачах) робочим тілом, що передає енергію, є рідина, у пневматичних – повітря (газ).

Кожна передача має вхідну (ведучу) і вихідну (ведена) ланки. У передачі обертового руху вхідною і вихідною ланками будуть обертові вали. У передачі поступального руху вхідною ланкою може бути вал, наприклад, насоса, а вихідною ланкою – поршень у гідроциліндрі. Однак вхідною ланкою може бути і поршень, що поступово переміщується, наприклад поршень головного гальмового циліндра в безнасосній системі керування гальмами.

Гідропневмоприводи поділяються на гідростатичні (об'ємної дії) і гідродинамічні. У першому тиск створюється насосом і передається на виконавчий орган (гідроциліндр чи гідромотор) через робочу рідину як через проміжне тіло.

У другому робоча рідина обертається за допомогою відцентрового колеса (ведуча ланка). Кінетична енергія рідини, яка обертається, реалізується на турбіні (ведена ланка). Ведуча і ведена ланки розта-

шовуються при цьому в спільному корпусі. Основною особливістю гідродинамічної передачі є відсутність жорсткого зв'язку між ведучою і веденою ланками.

Перевага гідростатичної передачі в порівнянні з гідродинамічною полягає в можливості реалізації великих передаточних чисел при одночасному перетворенні обертального руху на поступальний і навпаки. Другою важливою перевагою гідростатичної передачі є легкість відділення ведучого органа від веденого. Завдяки цим властивостям гідростатичний привод цілком заміняє складну механічну трансмісію з усіма її вузлами і деталями.

3.2. Об'ємний гідропривод

3.2.1. Загальні визначення й основні параметри

Під об'ємним гідроприводом розуміється в загальному випадку гідросистема, призначена для приведення в рух механізмів і машин, до складу якої входить об'ємний гідродвигун.

Поширене також визначення, відповідно до якого під об'ємним гідроприводом розуміється гідросистема (система гідромашин і гідроагрегатів), що служить для передачі за допомогою рідини енергії на відстань і перетворення її на механічну енергію на виході системи (на енергію руху гідродвигуна), і одночасно виконує функції регулювання й реверсування швидкості вихідної ланки.

Об'ємний гідропривод, що складається з пристроїв, конструктивно оформлених у одному загальному блоці, називається *об'ємною гідропередачею* (гідротрансмісією). Поняття “гідропривод” звичайно ототожнюється з поняттям “гідросистема”, під яким розуміється сукупність пристроїв, що передають енергію шляхом використання рідини під тиском.

Гідросистема може мати як один, так і кілька гідродвигунів і насосів.

Будь-який гідропривод складається з джерела витрати рідини, яким у більшості випадків служить насос, гідродвигуна зворотнопоступального чи обертального руху, агрегатів керування, рідинних магістралей (гідроліній чи гідромереж) та інших гідроапаратів (рис. 3.1).

Гідроапаратурою називають пристрої, призначені для змінування параметрів потоку робочої рідини або підтримки їх на визначеному постійному рівні. Під параметрами потоку в цьому випадку розуміють *тиск, витрату й напрямок руху*.

4.2. Вітроенергетичні установки

4.2.1. Вітер як джерело енергії

Енергія вітру, як і енергія води, є відновлювальним природним видом енергії. У світовій практиці енергія вітру широко використовується в господарській діяльності, широко вона використовувалась і в нашій державі в 50 – 70-і роки ХХ ст.

Використовується енергія вітру за допомогою вітросилових установок, які ще називаються вітродвигунами.

Особливо ефективним і доцільним використання енергії вітру є в сільському господарстві, де багато розосереджених об'єктів, віддалених від ліній електропередач, саме на них і доцільно застосовувати вітроустановки.

Вітер – це переміщення повітряних мас. Причиною його є перепад тисків, обумовлений різницею в балансі сонячного випромінювання, яке діє на великі площі різних територій.

Основними характеристиками вітру є його швидкість і напрямок. Швидкість вітру є його основною енергетичною характеристикою й означає відстань, яку проходить повітряний потік за одиницю часу, м/с. У часі швидкість вітру завжди непостійна, вона може змінюватися навіть протягом незначних часових відрізків на значну величину. Тому на практиці використовується поняття середньої швидкості вітру як середньої арифметичної величини з декількох вимірювань її значення, здійснюваних через певні проміжки часу.

Середня швидкість, отримана як середнє арифметичне значення з декількох вимірювань, зроблених протягом години, називається середньогодинною швидкістю вітру. Склавши середньогодинні швидкості за добу й розділивши на 24 години, отримаємо середньодобову швидкість вітру.

Аналогічно знаходяться середньомісячна і середньорічна швидкості. Вимірюються характеристики вітру флюгерами й анемометрами.

Флюгери вимірюють швидкість і напрямок вітру, вони встановлюються на висоті 10 м над поверхнею землі (рис. 4.20). Приймачем швидкості вітру є металева пластина вагою 200 г або 800 г, яка вільно гойдається на горизонтальній осі. Пластина переміщується вздовж дуги, на якій закріплені 8 штифтів, за положенням її відносно штифтів і визначається швидкість вітру. Штифти нумеруються від 0 до 7, нульовий і парні штифти, тобто 0, 2, 4, 6 – довгі, а непарні 1, 3, 5, 7 – короткі.

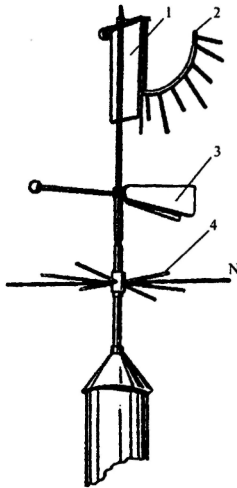


Рис. 4.20. Схема флюгера:
1 – пластина; 2 – дуга зі штифтами; 3 – дволопатева флюгерка; 4 – штифти сторін світу; N – астрономічна північ

Кожному штифту відповідає певна швидкість вітру, яка встановлюється за таблицею. Наприклад, при положенні пластини вагою 200 г між штифтами 0 і 1 швидкість вітру складає 1 м/с, на штифті 7 швидкість вітру – 20 м/с.

Приймачем напрямку вітру є дволопатева флюгерка з противагою, яка обертається на вертикальній осі вздовж восьми штифтів, що показують напрямки сторін світу.

Анемометрами вимірюється швидкість вітру від 1 до 20 м/с за період до 10 хв. Елементом, яким сприймається вітер, є вертушка з чотирма напівкулями (чашечками) (рис. 4.21).

Обертання вертушки перетворюється на переміщення стрілок, які показують швидкість вітру. Системні спостереження за швидкістю й напрямками вітру проводяться на метеорологічних станціях.

Вітровий режим у конкретному пункті чи районі ілюструється діаграмою, яка називається **розою вітрів**.

Вона будується таким чином: через загальний центр проводяться прямі лінії, напрямлені згідно зі сторонами світу (рис. 4.22). Вертикальна лінія позначає Південь – Північ (низ – Південь, Пд; верх – Північ, Пн), горизонтальна – Захід – Схід (зліва – Захід, З; справа – Схід, С). Нахилені лінії позначають відповідно Південний Схід Пд-С і Північний Захід Пн-З (Пд-С – Пн-З) та Південний Захід Пд-З і Північний Схід Пн-С (Пд-З – Пн-С). Вздовж ліній діаграми від центра відкладаються відрізки, які відповідають, у певному масштабі, повторності напрямків вітру в процентах. Кінці всіх відрізків з'єднуються прямими лініями (рис. 4.22).

Багатокутник, який буде отриманий після цього, дає наочне уявлення про переважний напрямок вітрів у цьому пункті. Усередині

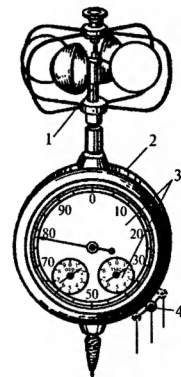


Рис. 4.21. Схема чашечкового анемометра:

- 1 – вертушка з чашечками;
- 2 – корпус;
- 3 – шкали обертів;
- 4 – пусковий механізм

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
I. ГІДРАВЛІКА	5
1.1. Вступні відомості	5
1.1.1. Короткий історичний огляд розвитку гідравліки як науки	5
1.1.2. Основні фізичні властивості рідин	7
1.1.3. Сили, які діють на рідину	12
1.2. Гідростатика	13
1.2.1. Предмет вивчення гідростатики. Гідростатичний тиск, його види і властивості	13
1.2.2. Диференціальні рівняння рівноваги рідини (рівняння Ейлера)	17
1.2.3. Основне рівняння гідростатики	19
1.2.4. Гідростатичний напір, п'єзометрична та вакуумметрична висота	21
1.2.5. Відносна рівновага рідин	24
1.2.6. Поверхні однакового тиску	26
1.2.7. Прилади для вимірювання тиску	27
1.2.8. Епюри гідростатичного тиску	30
1.2.9. Сила гідростатичного тиску	31
1.2.10. Рівновага рідин у сполучених посудинах	36
1.2.11. Закон Паскаля	37
1.2.12. Закон Архімеда. Основи теорії плавання тіл	38
1.3. Гідродинаміка	40
1.3.1. Загальні положення	40
1.3.2. Потік рідини та його елементи	42
1.3.3. Рівняння нерозривності потоку рідини	45
1.3.4. Основне рівняння гідродинаміки (рівняння Д. Бернуллі)	47
1.3.5. Геометричне зображення (інтерпретація) рівняння Бернуллі	50
1.3.6. Фізична суть рівняння Бернуллі	52
1.3.7. Умови та приклади застосування рівняння Бернуллі	53
1.3.8. Основне рівняння рівномірного руху рідин	54
1.3.9. Режими руху рідин	55
1.3.10. Гідромеханічна подібність	61
1.3.10.1. Моделювання гідравлічних явищ	61
1.3.10.2. Критерії подібності	63
1.3.10.3. π -теорема і її застосування	64
1.3.11. Гідравлічні опори	68
1.3.11.1. Види гідравлічних опорів і їх вплив на напір рідини	68
1.3.11.2. Втрати напору в місцевих опорах	68
1.3.11.3. Втрати напору в опорах по довжині	69
1.3.11.4. Коефіцієнт гідравлічного тертя. Коефіцієнт опору системи	74

4.1.2. Способи створення напору	342
4.1.3. Греблеві гідровузли	344
4.1.4. Гідроелектростанції.....	348
4.1.5. Гідротурбіни. Класифікація, конструкція і принцип дії.....	350
4.1.6. Експлуатація гідроенергетичних установок.....	354
4.2. Вітроенергетичні установки	356
4.2.1. Вітер як джерело енергії.....	356
4.2.2. Конструкція і принцип дії вітроенергетичних установок (вітродвигунів).....	359
4.2.3. Класифікація, технічні показники й елементи правил експлуатації вітродвигунів	361
5. ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО, СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ГІДРОМЕЛІОРАЦІЯ.....	366
5.1. Водні ресурси та їх використання	366
5.1.1. Водні ресурси. Класифікація та характеристика	366
5.1.2. Водне господарство. Використання та охорона водних ресурсів.....	373
5.2. Сільськогосподарське водопостачання	375
5.2.1. Задачі, класифікація й особливості систем сільськогосподарського водопостачання	375
5.2.2. Вимоги до якості води та її поліпшення.....	377
5.2.3. Норми, режими водоспоживання та визначення розрахункових витрат води.....	379
5.2.4. Схеми систем водопостачання	381
5.2.5. Елементи систем водопостачання.....	383
5.2.5.1. Водозабірні вузли	383
5.2.5.2. Водопровідні насосні станції.....	390
5.2.5.3. Напірно-регулюючі споруди	393
5.2.5.4. Вуличні водопровідні мережі	395
5.2.5.5. Каналізація сільських населених пунктів	401
5.3. Гідромеліорація	404
5.3.1. Зрошувальні меліорації	404
5.3.1.1. Загальні відомості.....	404
5.3.1.2. Зрошувальна система та її елементи	407
5.3.1.3. Механізація зрошення (поливів).....	418
5.3.2. Осушувальні меліорації.....	434
ДОДАТКИ.....	440
ЛІТЕРАТУРА	455
	461