

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Дідур В.А., Журавель Д.П.

ТЕХНІЧНА МЕХАНІКА РІДИНИ І ГАЗУ

*Підручник для здобувачів вищої освіти
закладів вищої освіти*



УДК 532.5:621.22(075.8)

Д44

Автори: **Дідур В.А., Журавель Д.П.**

Рекомендовано

Вченою радою Таврійського державного агротехнологічного університету як підручник для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 263 «Цивільна безпека» у закладах вищої освіти IV рівнів акредитації

Дідур В.А. Технічна механіка рідини і газу: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти / **В.А. Дідур, Д.П. Журавель.** – Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. – 476 с., іл.

Рецензенти:

В. Д. Войтюк - д.т.н., проф., зав. кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка (Національний університет біоресурсів і природокористування України);

В. В. Аулін - д.т.н., проф. кафедри експлуатації та ремонту машин (Центральноукраїнський національний технічний університет);

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

Підручник може бути використаний фахівцями проектних організацій при розробці гідроаеромеханічних споруд, систем водо- та газопостачання, меліорації, а також при проектуванні та використанні гідропневмоприводів.

ISBN 978-966-2489-77-4

© Дідур В.А., Журавель Д.П., 2019

© ТОВ «Колор Принт», 2019

ЗМІСТ

	ПЕРЕДМОВА.....	7
1	РОЗДІЛ 1 ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ РІДИНИ І ГАЗУ.....	9
1.1	Визначення технічної механіки рідини і газу. Історичний огляд	9
1.2	Основні системи та одиниці вимірювання	20
1.3	Основні фізичні та термодинамічні властивості властивості рідин і газів	23
1.3.1	Сили, які діють на рідину	28
1.3.2	Основи термодинаміки	28
1.3.3	Основні поняття термодинаміки	29
1.3.4	Основні термодинамічні параметри стану	34
1.3.5	Рівняння стану ідеального газу	34
1.3.6	Газові суміші	36
1.3.7	Теплоємність ідеальних газів і газових сумішей	40
1.3.8	Калоричні параметри стану та енергетичні характеристики термодинамічних процесів	46
1.3.9	Перший закон термодинаміки	50
1.3.10	Термодинамічні процеси ідеальних газів	52
1.3.11	Другий закон термодинаміки	62
1.3.12	Математичне формулювання другого закону термодинаміки	64
1.3.13	Кругові процеси або цикли	66
1.3.14	Термодинамічні властивості і процеси реальних газів	74
1.3.15	Вологе повітря	92
1.3.16	Термодинамічні основи аналізу течії газів і пари в соплах і дифузорах	96
1.3.17	Дроселювання газів	101
1.3.18	Загальні визначення і принцип дії пневмоприводів	102
1.3.18.1	Властивості газу й рівняння, що описують ці властивості	104
1.3.18.2	Енергетична оцінка руху газу в елементах пневмоприводів	109
1.3.18.3	Пневматичні виконавчі механізми	113
1.3.18.4	Пневматичні агрегати і пристрої	120
1.3.18.5	Регулювання швидкості пневмодвигунів і схеми	131

	управління	
1.3.19	Приклади розв'язання деяких типових задач	133
2	РОЗДІЛ 2 ГІДРОСТАТИКА	145
2.1	Предмет вивчення гідростатики. Гідростатичний тиск, його види і властивості	145
2.2	Диференціальні рівняння рівноваги рідин (рівняння Ейлера)	149
2.3	Основне рівняння гідростатики	151
2.4	Гідростатичний напір, п'єзометрична та вакууметрична висота	153
2.5	Відносна рівновага рідин	156
2.6	Поверхні однакового тиску	158
2.7	Прилади для вимірювання тиску	159
2.8	Епюри гідростатичного тиску	162
2.9	Сила гідростатичного тиску	164
2.10	Рівновага рідин у сполучених посудинах	169
2.11	Закон Паскаля	170
2.12	Закон Архімеда. Основи теорії плавання тіл	171
2.13	Вантажопідйомність і остійність понтонного порому	174
2.14	Приклади розв'язання деяких типових задач	177
3	РОЗДІЛ 3 ГІДРОДИНАМІКА	188
3.1	Загальні положення	188
3.2	Потік рідини та його елементи	190
3.3	Рівняння нерозривності потоку рідини	193
3.4	Основне рівняння гідродинаміки (рівняння Бернуллі)	195
3.5	Геометричне зображення (інтерпретація) рівняння Бернуллі	199
3.6	Фізична суть рівняння Бернуллі	201
3.7	Умови та приклади застосування рівняння Бернуллі	202
3.8	Основне рівняння рівномірного руху рідин	204
3.9	Режими руху рідин	205
3.10	Гідромеханічна подібність	212
3.10.1	Моделювання гідравлічних явищ	212
3.10.2	Критерії подібності	213
3.10.3	π - теорема і її застосування	216
3.11	Гідравлічні опори	218
3.11.1	Види гідравлічних опорів та їх вплив на напір рідини	218
3.11.2	Втрати напору в місцевих опорах	218

3.11.3	Втрати напору в опорах по довжині	221
3.11.4	Коефіцієнт гідравлічного тертя. Коефіцієнт опору системи	226
3.11.5	Приклади розв'язання деяких типових задач	231
4	РОЗДІЛ 4 РУХ РІДИНИ В ТРУБОПРОВОДАХ І ВІДКРИТИХ РУСЛАХ	237
4.1	Гідравлічний розрахунок напірних трубопроводів	237
4.2	Гідравлічно короткі трубопроводи	239
4.3	Гідравлічно довгі трубопроводи	240
4.4	Гідравлічний удар в трубопроводах	248
4.5	Витікання рідини через отвори і насадки	251
4.5.1	Явище витікання, класифікація отворів і насадків та задачі, які при цьому виникають	251
4.5.2	Методика гідравлічних розрахунків при різних видах витікання рідин	253
4.5.3	Гідравлічні струмини	261
4.5.4	Рух рідин в каналах і інших відкритих руслах	266
4.5.5	Водозливи	270
4.5.6	Фільтрація рідин. Закон Дарсі	274
4.6	Приклади розв'язання деяких типових задач	279
5	РОЗДІЛ 5 ДИНАМІЧНІ НАСОСИ	286
5.1	Призначення, класифікація, технічні характеристики і порядок підбору динамічних насосів	286
5.2	Принцип дії та конструкції лопатевих насосів	287
5.2.1	Відцентрові насоси	287
5.2.2	Осьові насоси	303
5.2.3	Діагональні насоси	308
5.3	Робочий процес лопатевих насосів	311
5.3.1	Робочі параметри насосів	311
5.3.2	Основне рівняння лопатевих (відцентрових) насосів	315
5.3.3	Подібність лопатевих насосів. Формули перерахунку і коефіцієнт швидкохідності	320
5.3.4	Кавітація в насосах. Допустима висота всмоктування	325
5.4	Характеристики і режими роботи лопатевих насосів	329
5.4.1	Характеристики насосів	329
5.4.2	Зміна характеристик насоса при зміні частоти обертання і геометричних розмірів робочого колеса	335
5.5	Спільна робота насосів і мережі	341

5.5.1	Характеристика трубопроводу і визначення режиму роботи насоса	341
5.5.2	Паралельна і послідовна робота насосів	345
5.5.3	Побудова сумісних характеристик відцентрових насосів, встановлених у водозабірних свердловинах	349
5.5.4	Спільна характеристика роботи паралельно включених насосів і водовода складного профілю	352
5.5	Регулювання роботою насосів	353
5.6	Динамічні насоси тертя	357
5.7	Приклади розв'язання деяких типових задач	367
6	РОЗДІЛ 6 ОБ'ЄМНІ ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ	376
6.1	Основні поняття і технічні характеристики гідравлічних машин	376
6.2	Роторні гідромашини	381
6.3	Поршневі гідромашини	389
6.4	Пластинчасті гідромашини	398
6.5	Поворотні гідромашини (гідродвигуни)	405
6.6	Роторно-обертальні гідромашини	409
6.7	Робочі рідини	429
6.8	Приклади розв'язання деяких типових задач	436
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	443
	ДОДАТКИ	446

ПЕРЕДМОВА

Підручник з технічної механіки рідини і газу створено на основі багаторічного досвіду при викладанні дисциплін «Гідравліка», «Теплотехніка», «Гідравліка, гідро- та пневмоприводи», «Тепловодопостачання», «Гідропривод» у Таврійському державному агротехнологічному університеті і призначається для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 263 «Цивільна безпека».

Метою вивчення дисципліни, висвітленого у підручнику, є надання майбутнім фахівцям відповідної спеціальності знань законів гідроаеромеханіки, які забезпечать у майбутньому кваліфіковану експлуатацію гідравлічних і пневматичних систем і машин, що застосовуються для гідромеханізації в сільській, комунальній і виробничій сферах.

Задачею вивчення дисципліни є забезпечення всіма методами вищої школи вміння та знань студентами питань гідравлічних розрахунків, проектування гідравлічних і пневматичних систем та їх кваліфікованої експлуатації.

Необхідність видання підручника обґрунтовується частковою відсутністю у навчальному закладі підручників з державною мовою викладення матеріалу, які відповідали б програмі дисципліни для вищезазначеної спеціальності.

Матеріал підручника умовно розподілено на три частини. До першої відносяться розділи 1, 2, 3 і частково 4, де подано визначення рідини і газу з їх фізичними та термодинамічними властивостями, надано переважно теоретичні відомості про стан рівноваги та кінематику і динаміку руху ідеальної і в'язкої рідини із застосуванням законів збереження, математичного апарату диференційного числення та векторного аналізу, розглядається безвихровий і вихровий, одновимірний та плоский рух стисливої й нестисливої рідини. У Главах 4, 5 і 6 зроблено наголос на розв'язанні практичних задач, на основі переважно експериментальних досліджень аналізуються втрати напору при ламінарному й турбулентному режимах руху рідини по трубопроводах, різних за складністю, виконанням та якістю, принципи розрахунку трубопроводів, явище гідравлічного удару з його наслідками для конструкції; наведено формули для обчислення часу спорожнення резервуарів зі змінною формою та величиною поперечного перерізу. Останні дві глави присвячені гідравлічним машинам та гідромеханіза-

ції технологічних процесів, розрахунку їх параметрів – дальності та висоти підйому – з урахуванням опору повітря, проведено метрологічний аналіз впливу похибок прямого вимірювання на точність визначення зазначених параметрів. Окремо виділено історичний огляд розвитку гідравліки, який, на наш погляд, структурно показує не тільки внесок кожного з відомих вчених, але й характеризує певні національні школи, які домінували в той чи інший історичний період. Ми намагалися залучити до переліку досягнень всі прізвища, відомі або менш відомі, з відомостями про їхні досягнення або коло інтересів у гідравліці.

Підручник містить розділи, які присвячені, по суті, окремій галузі науки, які в спеціальних навчальних закладах вивчаються як окремі дисципліни. Безумовно, такий підхід викликав певні труднощі щодо написання саме такого підручника, але і дозволив сподіватися, що, окрім названих, підручник буде корисним і для студентів інших спеціальностей, у тому числі машинобудівних, а також для фахівців з проектування гідроспоруд, систем зрошення, гідропневмоприводів, тепло-техніки їх елементів та для фахівців з використання гідрофікованої техніки.

Авторські права на матеріал, який міститься в окремих розділах, здійснюються кожним автором самостійно.

Автори висловлюють щиру подяку ректорату Таврійського державного агротехнологічного університету, колективу кафедри “ Технічний сервіс та системи в АПК ” Таврійського державного агротехнологічного університету за науково-методичну допомогу в підборі необхідного матеріалу і докторам технічних наук, професорам **В. Д. Войтюку і В. В. Ауліну** за подані корисні поради при рецензуванні цього підручника.

РОЗДІЛ I ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ РІДИНИ І ГАЗУ

1.1 Визначення технічної механіки рідини і газу. Історичний огляд

Технічною механікою рідини і газу (ТМРГ) називається дисципліна, що вивчає закони рівноваги та руху рідин і газів та розробляє методи застосування цих законів під час розв'язання прикладних задач.

Гідравлікою (від грец. *hydōr* - вода і *aulos* - трубка) називається прикладна наука, що займається вивченням законів спокою і руху рідких тіл і розглядає застосування цих законів до розв'язання конкретних технічних задач. Практичне значення гідравліки є дуже великим, оскільки вона є основою для інженерних розрахунків у багатьох галузях техніки і базою для ряду спеціальних дисциплін: технічної механіки рідин і газів, гідротехніки, гідравлічних машин (насоси і турбіни), водопостачання і каналізації, осушення і зрошування, водного транспорту, нафтової справи і т.д.

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.

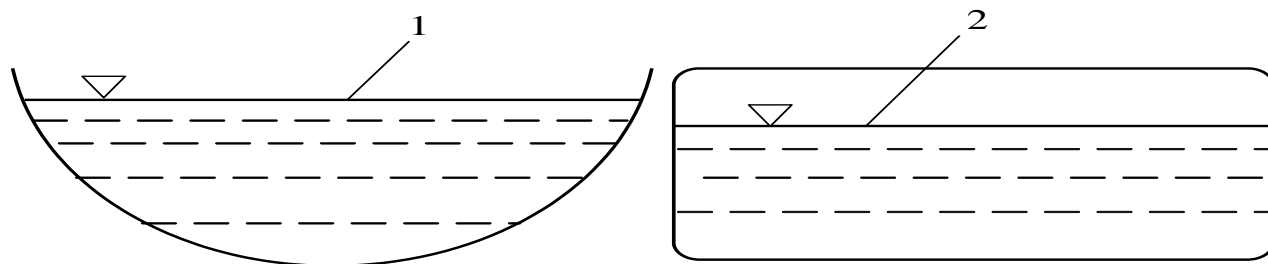


Рис. 1.1 - Вільна поверхня рідини:

1 – у відкритій посудині (руслі);

2 – у закритій посудині; ∇ – рівень рідини

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.

Гідравліка - одна з найдавніших наук у світі. Ще у далеку давнину, задовго до нашої ери, з перших кроків свого історичного розвитку людина була вимушена практично займатися вирішенням різних гідравлічних питань. Про це говорять результати археологічних досліджень і спостережень, які показують, що ще за 5000 років до нашої ери в Китаї, а потім і в деяких інших країнах стародавнього світу, вже існували зрошувальні канали і були відомі деякі прості пристрої для підйому води. Найбільш ранні гідравлічні спорудження пов'язують із долинами рік у Месопотамії та Єгипті. У багатьох місцях збереглися також залишки водонапірних і гідротехнічних споруд (водоводи, дамби, акведуки), що свідчать про досить високий рівень будівельного мистецтва у стародавньому світі.

Перші вказівки про науковий підхід до вирішення гідравлічних питань відносяться до 250 року до нашої ери, коли давньогрецьким математиком, фізиком та інженером Архімедом (близько 287 до н.е.—212 до н.е., грец. **Ἀρχιμήδης**, англ. **Archimedes**) був відкритий закон про рівновагу тіла, зануреного в рідину, а першою працею з гідравліки став трактат «Про плаваючі тіла». Можливо, найбільшою спорудою античності є Римська водяна система, побудована в четвертому столітті до нашої ери, в якій за допомогою розгалуженої системи акведуків можна було транспортувати воду на великі відстані від її джерела. На жаль, не залишилось будь-яких записів, які б давали інформацію щодо принципів розрахунку таких систем.

Надалі, проте, впродовж подальших більш ніж півтора тисячоліття гідравліка не одержала скільки-небудь помітного розвитку. У цю епоху, що характеризувалася загальним застоєм у науці й културі, не тільки були загублені перші елементарні знання, але й у значній мірі забуті практичні навички інженерного мистецтва. І лише в XVI-XVII ст., в епоху Відродження, було закладено основи подальшого розвитку гідравліки як науки, коли з'явилися роботи фламандського математика, механіка та інженера Сімона Стевіна (1548-1620, нідерл. **Simon Stevin**) «Початки гідростатики» (1585 р.) (вперше було дано визначення сили тиску рідини на дно та стінки посудин); італійського

художника і вченого Леонардо да Вінчі (Леонардо ді сер П'єро да Вінчі) (1452-1519, італ. **Leonardo di ser Piero da Vinci**) «Про рух та вимірювання води»; італійського фізика, механіка, астронома Галілео Галілея (1564-1642, італ. **Galileo Galilei**) «Міркування про тіла, що перебувають у воді, та й про ті, що рухаються у ній» (1612 р.) (вчений описав умови плавання тіл і показав залежність зростання гідравлічного опору зі збільшенням швидкості та густини рідини); французького математика, механіка, фізика і філософа Блеза Паскаля (1623-1662, фр. **Blaise Pascal**) (в 1661 р. сформулював закон про передачу тиску в рідині, що сприяло появі великої кількості простих гідравлічних машин – гідравлічних пресів, домкратів тощо); італійських математиків і фізиків, учнів Галілея Еванджеліста Торрічеллі (1608-1647, італ. **Evangelista Torricelli**) (провів дослідження з витікання рідини з отворів, визначив формулу швидкості витікання рідини, яку було підтверджено експериментами Рафаелло Магіотті (1597-1656, італ. **Raffaello Magiotti**) на воді, що витікала з різних насадок під різними тисками, та Бенедикта (Бенедетто) Кастеллі (1577-1644, італ. **Benedetto Castelli**) «Вимірювання води, яка тече» (1628 р.) (вперше сформулював принцип нерозривності потоку та визначив формулу витрати рідини); французького фізика Едма Маріотта (1620-1684, фр. **Edme Mariotte**) (побудував першу аеродинамічну трубу, де проводив випробування на моделях; у своїх роботах та збірках праць торкався питань природи та рухів рідин, питань гідродинаміки, виходячи з висновків Галілея і Торрічеллі, дістався великої кількості висновків щодо течії рідин, про труби, про тиск усередині труб, про рівновагу рідких тіл тощо).

Фактично теоретичні основи гідравліки були закладені лише наприкінці XVII та у середині XVIII століть працями англійського фізика, математика, механіка та астронома Сера Ісаака Ньютона (1642-1727, англ. Sir **Isaac Newton**) (його фундаментальна праця 1686 р. «Математичні основи натуральної філософії» - «**Philosophiae Naturalis Principia Mathematica**» латинською, «**Mathematical Principles of Natural Philosophy**» англійською - складається із трьох Книг; зокрема, у Книзі II у Відділах V. Про густину і стиснення рідин і про гідростатику, VI. Про рух маятників при опорі, VII. Про рух рідин та опоры кинутих тіл, VIII. Про рух, який поширюється через рідини, IX. Про коловий рух рідин - сформулював гіпотезу про внутрішнє тертя рідини, увівши поняття в'язкості рідини; відкрив явище стискання

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Алексеев Л.С.* Контроль качества воды / *Л.С. Алексеев.* – М.: ИНФРА - М, 2004. – 154 с.
2. ***Башта Т.М.*** Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / ***Т.М. Башта, С.С.Руднев, Б.В.Некрасов.*** – 2-е изд., перераб. - М.:Машиностроение, 1982. – 422 с.
3. *Вакина В.В.* Машиностроительная гидравлика. Примеры расчетов / *В.В. Вакина, И.Д. Денисенко, А.Л. Столяров* – К.: - Вища школа, 1987. – 208 с.
4. Гідравліка. Підручник. / *В.А. Дідур, Д.П. Журавель, М.А. Палішкін, А.В. Міщенко, Ю.О. Борхаленко.* / [За редакцією Дідура В.А.]. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. – 626 с. + іл. с.
5. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі / *В.А. Дідур, О.Д. Савченко, Д.П. Журавель, С.І. Мовчан.* – К.: Аграрна освіта, 2008. – 577 с.
6. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод. / *В.А.Дідур, О.Д.Савченко, С.І.Пастушенко, С.І. Мовчан.* – Запоріжжя: Прем'єр, 2005. – 464 с.
7. Гідравліка: Навчально-методичний комплекс. Навчально-методичний посібник / *В.І. Дуганець, І.М. Бендера, В.А. Дідур* та ін. / За ред. В.І Дуганця, І М. Бендери, В.А. Дідура. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2013. – 572 с.
8. *Дідур В.А.* Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві / *В.А. Дідур, М.І. Стручаєв.* – К.: Аграрна освіта, 2008. – 233 с.
9. Довідник по сільськогосподарському водопостачанню і каналізації / *П.Д.Хорунжий, В.О.Орлов, О.А.Ткачук* та ін.; За ред. П.Д.Хорунжого. – К.: Урожай, 1992. – 296 с.
10. *Запольський А.К.* Водопостачання, водовідведення та якість води / *А.К. Запольський.* - К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
11. *Исаев А.П.* Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов / *А.П. Исаев, Б.И. Сергеев, В.А. Дидур.* – М.: Агропромиздат, 1990. – 400с.
12. *Карасев Б.В.* Гидравлика, основы сельскохозяйственного водоснабжения и канализации / *Б.В.Карасев.* – Минск: “Высшая школа”, 1983 – 288 с.

13. *Костюченко Э.В.* Практикум по гидравлике и гидромеханизации сельскохозяйственных процессов / *Э.В. Костюченко, В.И.Лаптев, Л.А.Холодок.* – Минск, Ураджай, 1991. – 272 с.
14. *Кравченко В.С.* Водопостачання та каналізація / *В.С. Кравченко.* – К.: Кондор, 2003. – 288 с.
15. *Малюшенко В.В.* Динамические насосы / *В.В. Малюшенко:* Атлас. - М.: Машиностроение, 1984. - 214 с.
16. *Маслов Б.С.* Сельскохозяйственная мелиорация / *Б.С. Маслов.* - М.: Колос, 1984. - 511 с.
17. *Орлов В.О.* Сільськогосподарське водопостачання та водовідведення / *В.О. Орлов, А.М. Зошук.* - Рівне, 2002. – 203 с.
18. *Палишкин Н.А.* Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение / *Н.А. Палишкин.* – М.: Агропромиздат, 1990. – 351 с.
19. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств / *І.І. Ревенко, В.Д. Роговський, В.І. Кравчук* та ін.; За ред. І.І.Ревенка. – К.: Урожай, 1994. – 192 с., іл.
20. *Рогалевич Ю.П.* Гідравліка / *Ю.П. Рогалевич.* – К.: Вища школа, 1993. – 255 с.
21. *Срібнюк С.М.* Гідравлічні та аеродинамічні машини / *С.М. Срібнюк.* - Київ Центр навчальної літератури, 2004 - 328 с.
22. Технічна механіка рідини і газу: підручник / *С.О. Вамболь, І.В. Міщенко, О.М. Кондратенко.* - Х. : НУЦЗУ, 2016. - 300 с.
23. *Шевелев Ф.А.* Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных и пластмассовых труб / *Ф.А. Шевелев.* - М.: Стройиздат, 1986. - 114 с.
24. *Штеренлихт Д.В.* Гидравлические расчеты / *Д.В. Штеренлихт, В.М. Алышев, Л.В. Яковлева.* – М.: Колос, 1992. – 287 с.
25. *Chorin, Alexandre J.* A mathematical introduction to fluid mechanics / *Alexandre J. Chorin, Jerrold E. Marsden.* – New York: Springer-Verlag, 2000. – 169 p.
26. *Currie, I.G.* Fundamental mechanics of fluids / *I.G. Currie.* – New York ; Basel: Marcel Dekker, Inc., 2003. – 525 p. (Mechanical Engineering A Series Of Textbooks And Reference Books)
27. *Gallavotti, Giovanni.* Foundations of fluid mechanics [Текст] / *Giovanni Gallavotti.* – Roma: 2000. – 494 p.
28. *Kundu, Pijush K.* Fluidmechanics / *Pijush K. Kundu, Ira M. Cohen.* – San Diego [etc.]: Academic Press, 2002. – 730 p.
29. *Massey, Bernard.* Mechanics of Fluids / *Bernard Massey;*

revised by John Ward-Smith. – 8-th edition. – London and New York: Taylor&Francis, 2006. – 709 p.

30. *Miller, Donald Stuart*. Internal flow system / *Donald Stuart Miller*. – 2-nd edition. – Granfield; Bredford: BHRA (Information Services) The Fluid Engineering Centre, 1990. – 396 p. (BHRA Fluid Engineering Series).

31. *Pozrikidis, C*. Fluid dynamics: theory, computation, and numerical simulation / *C. Pozrikidis*. – Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001. – 685 p.

32. *Shaughnessy, Edward J., Jr*. Introduction to fluid mechanics / *Edward J. Shaughnessy, Jr., Ira M. Katz, James P. Schaffer*. – New York ; Oxford: Oxford University Press, 2005. – 1018 p.

33. *White, Frank M*. Fluid mechanics / *Frank M. White*. – Boston [etc.]: WCB/McGraw-Hill, 2001. – 826 p. (McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering)