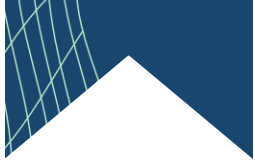


**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

ПРИКЛАДНА ФІЗИКА ТА ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА

**методичні рекомендації
до виконання індивідуального завдання № 1**

Запоріжжя 2025



УДК 53:62+531 (072)
П75

Рекомендовано Науково-методичною
радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 3 від 26.12.2025 р.)

Укладачі

Колесников С.О., канд. фіз-мат. наук, доцент
Кайдан В.П., старший викладач

П75 Прикладна фізика та інженерна механіка: методичні
рекомендації до виконання індивідуального завдання №1 / уклад.:
С. О. Колесников, В. П. Кайдан. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 18 с.

Методичні рекомендації охоплюють матеріали, необхідні для складання кейсу задач, визначення критеріїв оцінювання індивідуального завдання, а також приклади розв'язання типових задач. У посібнику подано ключові формули, послідовність розв'язання й елементи графічного оформлення у такому обсязі, який є достатнім для успішного виконання індивідуального завдання. Зміст цих вказівок спрямований на підвищення якості виконання навчальних робіт, а також на розвиток умінь застосовувати теоретичні знання на практиці при розв'язанні прикладних задач. Посібник призначено для здобувачів освіти технічних напрямів підготовки незалежно від форми здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

УДК 53:62+531 (072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ.....	5
1.1 Відомості щодо формування кейсу задач та критеріїв оцінювання індивідуального завдання.....	5
1.2 Кейс задач до індивідуального завдання з «Гідромеханіки»	6
1.2.1. Завдання до блоку тем «Гідростатика».	6
1.2.2. Завдання до блоку тем «Гідродинаміка».....	9
2 ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ	11
2.1. Приклади розв'язання задач до блоку тем «Гідростатика»	11
2.2. Приклади розв'язання задач до блоку тем «Гідродинаміка»	14
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	17

ВСТУП

Освітній компонент «Прикладна фізика та інженерна механіка» належить до базових дисциплін природничо-наукового циклу підготовки та забезпечує формування системних знань про фізичні закономірності й процеси, що лежать в основі сучасних науково-технічних рішень. Дисципліна має визначальне значення для розвитку в здобувачів освіти аналітичного мислення, уміння логічно структурувати інформацію та формалізувати прикладні задачі, спираючись на фундаментальні фізичні принципи.

Поєднання теоретичної бази з практичною орієнтацією сприяє оволодінню методами експериментального дослідження, математичного та комп'ютерного моделювання процесів і явищ, а також формуванню навичок аргументованого обґрунтування технічних рішень у професійній діяльності. Важливою рисою курсу є інтеграція класичних положень фізики з сучасними інструментами розв'язування задач, зокрема із застосуванням цифрових і комп'ютерних технологій.

У процесі опанування дисципліни «Прикладна фізика та інженерна механіка» здобувачам освіти передбачено виконання індивідуальних завдань, орієнтованих на поглиблення розуміння прикладного змісту фізичних законів і розвиток умінь самостійно розв'язувати задачі із застосуванням аналітичних та графічних підходів.

Методичні рекомендації містять матеріали для формування кейсу задач, визначення критеріїв оцінювання індивідуальної роботи та зразки розв'язання типових завдань. У посібнику наведено основні формули, алгоритми розв'язання та елементи якісного аналізу в обсязі, достатньому для успішного виконання індивідуальної роботи.

Акцент зроблено на чіткій методичній структурі й практичній спрямованості матеріалу, що сприяє формуванню готовності здобувачів освіти застосовувати фізичні знання у професійній діяльності.

1 ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

1.1 Відомості щодо формування кейсу задач та критеріїв оцінювання індивідуального завдання

Для виконання індивідуальної роботи кожному здобувачу освіти надається комплект задач (кейс), укладений відповідно до програми дисципліни та уніфікований за структурою і рівнем складності. Номер варіанта визначається за порядковим номером у списку академічної групи з урахуванням циклічності до 10. Наприклад, якщо здобувач має номер 15, йому відповідає 5-й варіант ($15 - 10 = 5$).

Завдання виконується самостійно у зручний для здобувача час із обов'язковим дотриманням установлених термінів, визначених у розділі щодо розподілу балів та графіка подання робіт. Після виконання результати слід завантажити до відповідного розділу навчальної платформи Moodle у форматі .docx, .pdf, .jpg, .png або .txt.

Найвищий бал за виконання завдання визначається з урахуванням якості розв'язання: логічної обґрунтованості дій, рівня формалізації, правильності розрахунків та глибини аналітичної інтерпретації отриманих результатів.

Використання інструментів штучного інтелекту допускається, однак результативність їх застосування безпосередньо залежить від точності сформульованих запитів. Якщо згенерована відповідь містить помилки, є неповною або не відповідає встановленим вимогам щодо мови викладу, структури чи термінології, підсумковий бал може бути зменшено.

Перевірка роботи здійснюється впродовж одного тижня з моменту її подання. У разі виявлення зауважень здобувач освіти має право внести необхідні корективи та повторно подати роботу до закінчення передостаннього тижня семестру.

1.2 Кейс задач до індивідуального завдання з «Гідромеханіки»

1.2.1. Завдання до блоку тем «Гідростатика».

Задача 1. Розчин суміші.

Змішали V_1 літрів концентрату антифризу (густиною ρ_1) та V_2 літрів чистої води ($\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$). Необхідно обчислити: підсумкову густину суміші ρ_{sum} (кг/м^3), масову частку антифризу в розчині w (%).

№ варіанта	V_1 , (л)	ρ_1 , (кг/м^3)	V_2 , (л)
1	3,0	1110	7,0
2	4,0	1100	6,0
3	5,0	1120	5,0
4	6,0	1100	4,0
5	2,5	1120	7,5
6	4,5	1110	5,5
7	3,5	1105	6,5
8	5,5	1115	4,5
9	8,0	1080	2,0
10	2,0	1125	8,0

Задача 2. Гідравлічні випробування трубопроводу.

Визначити об'єм води ΔV , який необхідно додатково подати до водоводу діаметром $d = 500$ мм та довжиною $l = 1$ км для підвищення тиску на $\Delta p = 5 \cdot 10^6$ Па. Прийняти коефіцієнт стисливості води $\beta_p = 5 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$, деформацією труб знехтувати.

№ варіанта	Діаметр d , мм	Довжина l , м	Тиск Δp , МПа
1	300	500	2
2	400	800	3
3	500	1200	4
4	600	1000	5
5	200	2000	6
6	800	500	4
7	1000	1500	2
8	450	900	5
9	350	1100	3
10	600	1500	4

Задача 3. Розрахунок системи опалення.

У системі опалення (котел, радіатори та трубопроводи) невеликого будинку вміщає W м³ води. Скільки води додатково зайде до розширювального бака при нагріванні від 20 до 90°С. при цьому використовувати табличні значення густини води при: 20°С, $\rho \approx 998,2 \text{ кг/м}^3$, при 90°С, $\rho \approx 965,3 \text{ кг/м}^3$. Розрахувати повний обсяг баку з урахуванням запасу. Для всіх варіантів прийняти: $t_1 = 20^\circ\text{C}$, $t_2 = 90^\circ\text{C}$, $P_{max} = 3$, $P_{pre} = 1,5$. Коефіцієнт розширення води для цього діапазону $\Delta V \approx 3,4\%$ від загального об'єму.

№ варіанта	Об'єм системи W , м ³	Розширення ΔV , л	Об'єм баку V_{nom}
1	0,10	3,41	10
2	0,15	5,11	15
3	0,20	6,82	20
4	0,25	8,52	25

5	0,30	10,22	30
6	0,50	17,04	50
7	0,60	20,45	60
8	0,80	27,26	80
9	1,00	34,08	100
10	1,20	40,89	120

Задача 4. Тиск на підпірну стінку.

Визначити силу тиску води на плоску вертикальну стінку і знайти положення центра тиску. Стінка прямокутна з шириною b і висотою H . Прийняти що верх стінки збігається з вільною поверхнею води. Повне рішення. Пояснити центр тиску двома способами: через епюру тиску (геометрично) та через моменти сил (математично). Прийняти: $\rho = 1000\text{кг/м}^3, g = 9,81\text{м/с}^2$. Верх стінки на рівні води.

Варіант	Ширина b , м	Висота H , м
1	2	3
2	4	3
3	3	4
4	5	4
5	2	6
6	4	6
7	3	9
8	6	2
9	1	12
10	10	5

1.2.2. Завдання до блоку тем «Гідродинаміка».

Задача 5. Рух рідини по трубопроводу.

По трубопроводу діаметром d перекачується нафта з густиною $\rho_n=800 \text{ кг/м}^3$ в кількості m т за добу. Визначити об'ємні витрати нафти Q і середню швидкість V її течії.

Варіант	m (т/доба)	d (мм)
1	1200	150
2	1500	200
3	800	100
4	2000	250
5	600	125
6	2500	300
7	1100	175
8	1800	225
9	1000	140
10	5000	400

Задача 6. Розрахунок параметрів потоку рідини в горизонтальному трубопроводі змінної потужності.

По горизонтальному трубопроводу тече вода. У широкій частині труби діаметром d_1 встановлено манометр, який фіксує статичний тиск p_1 , а швидкість течії становить v_1 . Далі труба має звуження до діаметра d_2 . Визначити швидкість течії води v_2 . Розрахувати статичний тиск p_2 у звуженні. Прийняти: $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, труба горизонтальна.

Варіант	d_1 , мм	v_1 , м/с	d_2 , мм	P_1 , кПа
1	100	1,0	50	200
2	120	1,5	60	250
3	80	2,0	40	300
4	150	1,0	75	180
5	200	0,5	100	150
6	100	2,0	50	400
7	60	3,0	30	500
8	160	1,2	80	220
9	100	0,8	50	120
10	200	1,5	100	350

2 ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ

2.1. Приклади розв'язання задач до блоку тем «Гідростатика»

Приклад розв'язання задачі 1.

Дано: $V_1 = 4$ л, $\rho_1 = 1100$ кг/м³, $V_2 = 6$ л, $\rho_2 = 1000$ кг/м³.

Розв'язання:

Густина суміші визначається як відношення загальної маси суміші до її загального об'єму:

$$\rho_{sum} = (m_1 + m_2)/(V_1 + V_2).$$

Визначимо масу антифризу:

$$m_1 = \rho_1 \cdot V_1 = 1100 \cdot 0,004 = 4,4 \text{ (кг)}.$$

Визначимо масу води:

$$m_2 = \rho_2 \cdot V_2 = 1000 \cdot 0,006 = 6,0 \text{ (кг)}.$$

Обчислимо загальну масу суміші:

$$M = m_1 + m_2 = 4,4 + 6,0 = 10,4 \text{ (кг)}.$$

Обчислимо загальний об'єм суміші:

$$V = V_1 + V_2 = 0,004 + 0,006 = 0,01 \text{ (м}^3\text{)}$$

Розрахуємо густину суміші:

$$\rho_{sum} = \frac{10,4}{0,01} = 1040 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

Масова частка концентрату

$$w = \left(\frac{4,4}{10,4}\right) \cdot 100 \% = 42,3 \%$$

Відповідь: підсумкова густини суміші дорівнює 1040 кг/м³, масова частка антифризу в розчині становить 42,3 %.

Приклад розв'язання задачі 2.

Дано: $d = 500$ мм, $l = 1$ км, $\Delta p = 5 \cdot 10^6$ Па, $\beta_p = 5 \cdot 10^{-10}$ Па⁻¹,

$V_{\text{деф}} = 0$.

Розв'язання:

Визначимо початковий об'єм води у водоводі V , враховуючи, що він має форму циліндра:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l$$

$$V = \frac{3.14159 \cdot 0.5^2}{4} \cdot 1000 \approx 196.35 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Визначимо додатковий об'єм води ΔV . Згідно із законом об'ємного стиснення рідини, зміна об'єму пропорційна початковому об'єму

$$\Delta V = V \cdot \beta_p \cdot \Delta p$$

$$\Delta V = 196.35 \cdot 5 \cdot 10^{-10} \cdot 5 \cdot 10^6 = 0.490875 \text{ (м}^3\text{)}$$

Переведемо отриманий результат в літри:

$$\text{оскільки } 1 \text{ м}^3 = 1000 \text{ л, то } \Delta V \approx 490.88 \text{ л}$$

Відповідь: необхідно додатково подати приблизно 490.88 л води, або 491 л води.

Приклад розв'язання задачі 3.

Дано: $W=0,4 \text{ м}^3$, $t_1 = 20^\circ\text{C}$, $t_2 = 90^\circ\text{C}$, $P_{max} = 3,0 \text{ бар}$, $P_{pre} = 1,5 \text{ бар}$,
 $k = 1,1$ (10%).

Розв'язання:

Аналізуємо вихідні дані.

Початковий об'єм: $W = 0,4 \text{ м}^3$. Зміна температури: $\Delta T = 90 - 20 = 70^\circ\text{C}$. Якщо використовувати табличні значення густини води при: 20°C , $\rho \approx 998,2 \text{ кг/м}^3$ та при 90°C , $\rho \approx 965,3 \text{ кг/м}^3$, то маса води в системі:

$$m = V \cdot \rho = 0,4 \cdot 998,2 = 399,28 \text{ (кг)}$$

Новий об'єм:

$$V_2 = \frac{m}{\rho_2} = \frac{399,28}{965,3} \approx 0,4136 \text{ (м}^3\text{)}$$

Різниця становить:

$$0,4136 - 0,4 = 0,0136 \text{ (м}^3\text{)} \text{ (або 13,6 л)}.$$

Важливо: У практичних розрахунках зазвичай беруть значення з невеликим запасом, оскільки коефіцієнт розширення води нелінійно

зростає з температурою.

Визначимо коефіцієнт ефективності бака. Об'єм бака залежить не тільки від розширення води, а й від налаштувань тиску. Коефіцієнт корисної дії бака η розраховується за формулою:

$$\eta = \frac{P_{max} - P_{pre}}{P_{max} + 1}$$
$$\eta = \frac{3,0 - 1,5}{3,0 + 1} = 0,375$$

Розрахуємо повний об'єм з урахуванням запасу. Для надійності використовується коефіцієнт запасу $k = 1,1(10\%)$. Повний об'єм бака V_b обчислюється:

$$V_b = \frac{\Delta V \cdot k}{\eta} \text{ (м}^3\text{)}.$$

Використовуємо значення розширення $\Delta V = 13,6$ л:

$$V_b = \frac{13,6 \cdot 1,1}{0,375} \approx 39,89 \text{ (л)}.$$

Отримане значення округлюємо до найближчого стандартного розміру бака.

Відповідь. Для системи об'ємом 400 л при нагріванні до 90°C необхідно встановити розширювальний бак об'ємом 40 літрів.

Приклад розв'язання задачі 4.

Дано: $b=5$ м, $H=8$ м, $\rho = 1000\text{кг/м}^3$, $g = 9,81\text{м/с}^2$.

Розв'язання:

Розрахуємо силу гідростатичного тиску:

$$F = \rho \cdot g \cdot h_c \cdot A,$$

Розрахуємо площу стінки:

$$A = b \cdot H = 5 \cdot 8 = 40 \text{ (м}^2\text{)}.$$

глибину занурення центра ваги стінки:

$$h_c = \frac{H}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ (м)}.$$

Таким чином:

$$F = 1000 \cdot 9,81 \cdot 4 \cdot 40 = 1569600 \text{ (Н) або } 1569,6 \text{ (кН)}.$$

Пояснення центра тиску (геометричний спосіб).

Через епюру тиску: тиск води розподіляється за лінійним законом: на поверхні $p = 0$, на глибині H він становить:

$$p = \rho \cdot g \cdot H$$

Графічно це зображується у вигляді трикутної епюри. Загальна сила тиску — це «об'єм» цієї епюри, а точка прикладання сили (центр тиску) збігається з центром ваги трикутника. Для трикутника з вершиною на поверхні центр ваги знаходиться на відстані $2/3$ від вершини:

$$h_p = \frac{2}{3} \cdot H = \frac{2}{3} \cdot 8 \approx 5,33 \text{ (м)}.$$

Пояснення центра тиску (математичний спосіб).

Через моменти сил: положення центра тиску визначається за формулою:

$$h_p = h_c + \frac{I_c}{h_c \cdot A},$$

де I_c — момент інерції прямокутної площі відносно центральної горизонтальної осі:

$$I_c = \frac{b \cdot H^3}{12} = \frac{5 \cdot 8^3}{12} = \frac{5 \cdot 512}{12} \approx 213,33 \text{ (м}^4\text{)}.$$

Підставляємо значення:

$$h_p = 4 + \frac{213,33}{4 \cdot 40} = 4 + \frac{213,33}{160} = 4 + 1,333 = 5,333 \text{ (м)}.$$

Відповідь: сила тиску дорівнює 1569,6 кН, положення центра тиску — 5,33 м від поверхні води.

2.2. Приклади розв'язання задач до блоку тем «Гідродинаміка»

Приклад розв'язання задачі 5.

Дано: $d=150$ мм, $\rho_n=800$ кг/м³, $m=1200$ т.

Розв'язання:

Масова витрата M — це кількість маси, що проходить через переріз

труби за одиницю часу. Оскільки за добу 24 год = 86400 с проходить 1200 т = $1,2 \cdot 10^6$ кг, то:

$$M = \frac{1200000}{86400} \approx 13,89 \text{ (кг/с)}$$

Об'ємна витрата Q пов'язана з масовою через густину $\rho_H = 800 \text{ кг/м}^3$

$$Q = \frac{M}{\rho_H} = \frac{13,89}{800} \approx 0,01736 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Для зручності переведемо в м³/год:

$$Q_{\text{год}} = 0,01736 \cdot 3600 = 62,5 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

Розрахунок середньої швидкості течії. Об'ємна витрата також дорівнює добутку швидкості V на площу поперечного перерізу труби:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

звідси:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q \cdot 4}{\pi d^2}$$

Підставимо $d = 0,15$ м та Q в м³/с:

$$V = \frac{0,01736 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,15^2} = \frac{0,06944}{3,14 \cdot 0,0225} \approx 0,982 \text{ (м/с)}$$

Відповідь: об'ємна витрата дорівнює 62,5 м³/год, середня швидкість 0,982 м/с.

Приклад розв'язання задачі 6.

Дано: $d_1 = 100$ мм, $d_2 = 50$ мм, $v_1 = 2$ м/с, $P_1 = 300$ кПа.

Розв'язання:

Знаходимо швидкість у вузькій частині v_2 . Оскільки діаметр зменшився у 2 рази 100/50, площа перерізу зменшилася у 4 рази. Отже, швидкість має зрости у 4 рази:

$$v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = 2 \cdot \left(\frac{100}{50}\right)^2 = 2 \cdot 4 = 8 \text{ (м/с)}$$

Знаходимо тиск у вузькій частині P_2 . Використовуємо рівняння Бернуллі:

$$P_2 = P_1 - \frac{\rho \cdot (v_2^2 - v_1^2)}{2}.$$

Підставляємо значення $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$:

$$P_2 = 300000 - \frac{1000 \cdot (8^2 - 2^2)}{2} = 300000 - \frac{1000 \cdot (64 - 4)}{2} = 270 \text{ (кПа)}.$$

Відповідь: швидкість у звуженні зросла до 8 м/с, а тиск впав до 270 кПа.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Anderson J. D. Modern Compressible Flow: With Historical Perspective. 4th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2020. 768 p.
2. Fox R. W., McDonald A. T., Mitchell J. W. Fox and McDonald's Introduction to Fluid Mechanics. 10th ed. Hoboken : Wiley, 2020. 640 p.
3. White F. M., Xue H. Fluid Mechanics. 9th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2021. 864 p.
4. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : підручник / Д. П. Журавель, І.П. Паламарчук, С. М. Уманський, В. І. Паламарчук. Мелітополь : ТДАТУ, 2021. 449 с. URL: <https://elar.tsatu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/afaebd27-d78b-4b58-b896-65e7fcf27f95/content> (дата звернення: 07.12.2025).
5. Кулінченко В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід : підручник. Київ : Фірма «Інкос», Центр навчальної літератури, 2006. 616 с. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/items/c31734d1-4e33-493c-bc73-160648dab665> (дата звернення: 07.12.2025).
6. Шевченко Т. О. Технічна механіка рідини та газу : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2018. 132 с. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0053753.pdf> (дата звернення: 07.12.2025).



Навчально-методичне видання

**Колесников Сергій Олексійович
Кайдан Вадим Петрович**

ПРИКЛАДНА ФІЗИКА ТА ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА:

методичні рекомендації до виконання індивідуальних завдань №1

Самостійне електронне мережеве видання
Публікується в авторській редакції