

УНІВЕРСАЛЬНИЙ ВЕБ ІНТЕРФЕЙС ОНЛАЙН РОЗРАХУНКУ СИЛИ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ МЕТОДОМ K123

Юрій Копаниця¹, Тетяна Аргатенко²

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, проспект Повітряних Сил, Київ, 03037, Україна

¹канд. техн. наук, kopanytsia.iud@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-9470-1902

²канд. техн. наук, argatenko.tv@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0003-2516-2906

DOI: 10.32347/2524-0021.2025.51.29-41

Анотація. Авторський метод трьох команд K123 дозволяє отримати універсальні функціональні залежності визначення сили гідростатичного тиску, які оптимізують сучасні комп'ютерні розрахунки. Впровадження методу K123 дозволяє удосконалити й максимально спростити використання веб інтерфейсу онлайн розрахунків в мережі Інтернет.

На прикладі простої тестової задачі – визначення сили гідростатичного тиску на плоску прямокутну поверхню – розроблено клієнт-серверні онлайн розрахунки в мережі Інтернет із універсальною веб формою вводу вихідних даних, яка передбачає всі можливі варіанти наборів з п'яти вихідних параметрів для даного типу задачі. Відкритий доступ онлайн програми за посиланням - <https://www.k123.org.ua/en/juffsrc2.html>.

На основі авторського методу трьох команд K123 © Копаниця Ю. 2008 отримано дві універсальні формули визначення параметрів вектору сили гідростатичного тиску. Спрощено алгоритмічну складність програмної реалізації представленого алгоритму за рахунок нових універсальних формул. Особливості реалізації єдиної спрощеної універсальної веб форми вводу даних виключає складнощі великої кількості варіативного інтерактивного вводу даних, що пов'язано із наявністю манометричного або вакууметричного тиску на вільній поверхні рідини, наявність прошарку води над верхньою гранню поверхні та зміни його рівня.

Існуючі стандартні алгоритми дозволяють розраховувати виключно глибину занурення центру тиску відносно рівня вільної поверхні рідини, що вимагає додаткові розрахунки для прив'язки до локальної системи координат відносно нашої нерухомої поверхні.

Запропоновані універсальні розрахункові формули дозволяють будувати графіки 2D та 3D спектрів візуалізації параметрів сили тиску та координати центру тиску при змінному напорі у локальній системі координат, початок якої, на відміну від стандартного алгоритму, прив'язано до нерухомої нижньої грані об'єкту. Універсальні формули дозволяють миттєво отримати точне рішення в залежності від повної вибірки з п'яти змінних вихідних параметрів. Запропонований алгоритм та дві універсальні формули дозволяють моделювати різні режими роботи споруд та відповідні параметри вектору сили гідростатичного тиску, використовуючи у відкритому доступі єдиний спрощений веб інтерфейс для онлайн розрахунків в мережі Інтернет, в системах комп'ютерної математики або на калькуляторі.

Впровадження в освітній процес універсальних формул розрахунку на основі «Методу трьох команд K123» © Копаниця Ю. 2008 дозволяє спростити впровадження сучасних комп'ютерних технологій, розширити використання аналітичних й чисельних методів та елементів моделювання у навчальному процесі.

Ключові слова: метод трьох команд K123, сила гідростатичного тиску, плоска поверхня, онлайн розрахунок.

ВСТУП

Представлено нові універсальні формули визначення параметрів вектору рівнодійної сили гідростатичного тиску, які дозволяють проводити комп'ютерне моделювання залежності величини рівнодійної сили гідростатичного тиску та координат центру тиску в локальній системі координат, які прив'язані до нерухомої нижньої кромки поверхні.

Спрощений алгоритм використання двох універсальних функціональних залежностей також дозволяють удосконалити ручний розрахунок. Універсальний алгоритм розрахунку суттєво зменшує ймовірність помилок, які виникають на першому етапі стандартного алгоритму розрахунку при визначенні глибини занурення центру тиску поверхні.

Нові функціональні залежності включають повний набір можливих вихідних параметрів, що характеризують поверхню та рідину у даному класі задач. Запропоновані залежності включають п'яти незалежних фактори, які характеризують поверхню й стан рідини та визначають два залежні параметри, що характеризують вектор сили тиску.

Універсальний формат двох запропонованих формул дозволяють проводити:

- комп'ютерне моделювання параметрів сили тиску в залежності від п'яти незалежних факторів;
- графічну візуалізацію 3D та 2D спектрів обраних параметрів;
- отримати точне рішення на повного фіксованого набору можливих вихідних параметрів:
 - у програмі клієнт-серверних розрахунків онлайн у відкритому доступі в мережі Інтернет за посиланням - <https://www.k123.org.ua/en/juffsrc2.html>;
 - в системах комп'ютерної алгебри;
 - електронних таблицях або у ручному режимі на калькуляторі.

Алгоритми використання двох нових універсальних розрахункових залежностей та варіанти моделювання представлено на прикладі спрощеної стандартної тестової задачі визначення тиску на плоску прямокутну поверхню. Формули розроблено на базі

авторського «Методу трьох команд K123»
© Копаниця Ю.Д. 2008 [1-12].

МЕТА І МЕТОДИ

У якості першого тест-об'єкту обрано вертикальну плоску прямокутну поверхню. Два незалежні фактори – висота та ширина – характеризують поверхню. Три незалежних факторів характеризують стан рідини: густина рідини, наявність прошарку води над верхньою гранню поверхні, атмосферний (або манометричний, або вакууметричний) тиск на поверхні рідини. Досліджено два залежних фактори, які характеризують вектор сили рівнодійної сили гідростатичного тиску на вертикальну плоску поверхню – величина та координати центру тиску. Третій параметр вектору однозначно визначено положенням поверхні.

Важливою особливістю запропонованого нового універсального розрахунку координат центру тиску є нерухома локальна система координат, яка прив'язана до нижньої кромки поверхні. У такий спосіб, на відміну від стандартних алгоритмів, ми маємо єдину нерухому систему координат для розрахунків, моделювання й графічної візуалізації характеристик векторної величини сили тиску при будь-яких змінах всіх незалежних факторів.

Мета дослідження – отримати універсальні функціональні залежності, які об'єднують повний набір п'яти незалежних факторів з двома залежними параметрами вектору сили тиску. Представити варіанти моделювання та розрахунку типової задачі гідростатики. На основі запропонованого єдиного універсального алгоритму розрахунків, який включає дві формули, розробити спрощену веб форму вводу вихідних даних та розробити програму клієнт-серверного розрахунку в мережі Інтернет [1-3,6,13,14].

Поставлена задача *розширити можливість варіативності розрахунку однієї задачі за різними алгоритмами* з метою впровадження паралельних тестових розрахунків й зменшення ймовірності помилок. Різні незалежні алгоритми розрахунку однієї задачі особливо важливі для сучасної

комп'ютерної обробки даних із необхідністю організації обов'язкових тестових розрахунків.

Отримані універсальні функціональні залежності на основі кінцевої кількості елементарних операцій, відповідно забезпечують високу точність рішення, спрощення програмування мобільних клієнт-серверних онлайн додатків в мережі Інтернет, зменшує навантаження на серверні процесори.

Забезпечено створення простих клієнт-орієнтованих універсальних веб форм вводу вихідних даних, які розраховано на малу пропускну здатність каналів та обмежену роздільну здатність екранів смартфонів [1-3].

Метод дослідження – обчислювальний експеримент варіантів розрахунку та моделювання графічної візуалізації задачі провести в CAS MAXIMA. Розроблено клієнт-серверну онлайн програму розрахунку за універсальними функціональними залежностями, які отримано на базі авторського «Методу трьох команд K123» © Компанія Ю.Д.

Проведено обчислювальний експеримент та порівняно результати досліджень з існуючими алгоритмами на основі методу K123. Доповнено існуючі багатоваріантні

комп'ютерні розрахунки [15,16,18-20] на базі авторського методу трьох команд K123 запропонованим універсальним алгоритмом двох етапного визначення параметрів сили тиску для даного класу задач.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Стандартна практика розрахунку параметрів сили гідростатичного тиску представлено на рис. 1. *a*. Представлено всі можливі варіанти простої тестової задачі на визначення параметрів сили гідростатичного тиску на плоску прямокутну поверхню. Особлива умова – виключна ситуація – дія на різні частини поверхні вакууметричного та манометричного тисків на даний момент в онлайн додатку на рівні аналізу вихідних даних виключається. У майбутньому функціонал буде розширено.

На практиці 50 відсотків помилок у розрахунках приходиться на першу дію – визначення глибини занурення центру ваги поверхні. На рис. 1. *a* представлено алгоритмічну заплутаність цієї простої дії. Програмна реалізація всієї сукупності умовних операцій по визначенню всіх варіантів можливої глибини занурення центру ваги також не виглядає простою та прозорою.

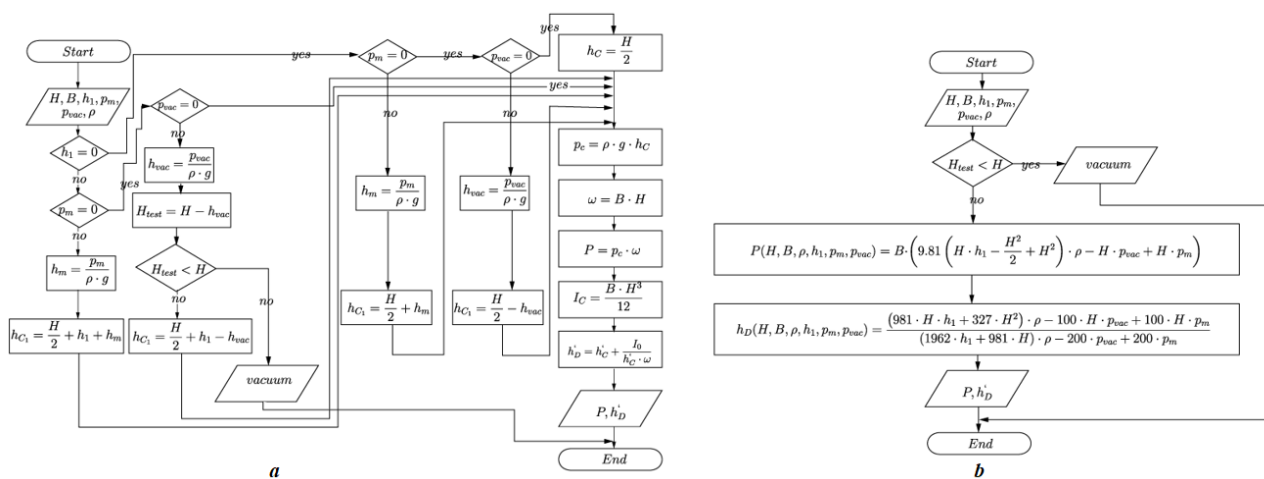


Рис. 1. Блок-схеми стандартного розрахунку сили гідростатичного тиску та дві універсальні функціональні залежності: *a* – Блок-схеми стандартного розрахунку сили гідростатичного тиску; *b* – дві універсальні функціональні залежності

Fig. 1. Flowcharts of the standard calculation of the hydrostatic pressure force and two universal functional dependencies: *a* – Flowcharts of standard hydrostatic pressure force calculation; *b* – two universal functional dependencies

Поставлено задачу отримати дві універсальні формули для комп'ютерного, онлайн та ручного розрахунку даного класу задач за спрощеним алгоритмом (рис. 1. *b*).

Дві універсальні розрахункові залежності дозволяють: мінімізувати кількість помилок у розрахунках, проводити моделювання на повному наборі незалежних вихідних параметрів. Розробити універсальну веб форму та онлайн програму клієнт-серверних розрахунків на основі запропонованого універсального алгоритму.

ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

Обчислювальний експеримент та моделювання й візуалізація залежності проведено в системі комп'ютерної алгебри CAS MAXIMA. Паралельно проведено розрахунки із фіксацією вихідних параметрів на

$$P(H, B, \rho, h_1, p_m, p_{vac}) = B \cdot \left(9.81 \left(H \cdot h_1 - \frac{H^2}{2} + H^2 \right) \cdot \rho - H \cdot p_{vac} + H \cdot p_m \right), \quad (1)$$

$$h_D(H, B, \rho, h_1, p_m, p_{vac}) = \frac{(981 \cdot H \cdot h_1 + 327 \cdot H^2) \cdot \rho - 100 \cdot H \cdot p_{vac} + 100 \cdot H \cdot p_m}{(1962 \cdot h_1 + 981 \cdot H) \cdot \rho - 200 \cdot p_{vac} + 200 \cdot p_m}, \quad (2)$$

Три фактори виключають один одного – тиск на поверхні може бути або атмосферним, або манометричним, або вакууметричним. Відповідно при наявності атмосферного тиску на поверхні рідини, у формулах величини манометричного й вакууметричного тисків дорівнюють нулю.

На практиці ми маємо набір п'яти незалежних факторів.

Незалежні фактори:

- H – висота поверхні;
- B – ширина поверхні;
- ρ – густина рідини;
- h_1 – висота прошарку рідини над верхньою гранню поверхні;
- p_m – манометричний тиск на вільній поверхні рідини;
- p_{vac} – вакууметричний тиск на вільній поверхні рідини;
- p_a – атмосферний тиск на вільній поверхні рідини, відповідно у формулах вводимо $p_m = 0, p_{vac} = 0$.

певному рівні й отримання окремих результатів або спектрів. Тестові розрахунки реалізовано за аналітичними методами розрахунку на базі авторського методу трьох команд K123 та алгоритмами загальноприйнятого стандартного розрахунку (рис. 1. *a*).

Перевірка результатів розрахунку за трьома незалежними алгоритмами дозволила зменшити ймовірність помилок, які пов'язані з новими універсальними формулами так особливостями програмної реалізації алгоритмів символічної математики в системі CAS MAXIMA.

Запропоновані дві універсальні функціональні залежності визначення величини рівнодійної сили гідростатичного тиску та координати центру тиску. Вони включають сім незалежних факторів й представлено формулами 1 і 2.

Команди візуалізації обчислювального експерименту в CAS MAXIMA із відповідними наборами даних представлено на рис. 2.

У нашому тривимірному просторі ми обмежені можливістю отримувати візуалізацію 3D та 2D спектрів. Приклади окремих обраних спектрів представлено на рис. 3-5 – команди (%i83), (%i84), (%i87) на рис. 2. Приклад розрахунку сили тиску на фіксованому наборі вихідних даних на скріншоті рис. 6 – команда (%i86) на рис. 2.

Графічна візуалізація залежності $P(H, h_1)$ із фіксацією $B = 1, \rho = 1000, p_a$ на рис. 3. Відповідний код візуалізації – команда (%i83) на рис. 2.

Графік спектру $P(H)$ при фіксованому $p_m = 10000$ Па (рис. 5). Відповідний код програми (%i87) на рис. 2. Фіксовані й змінні параметри функції представлено на рис. 2 в якості переданих параметрів універсальної функції.

```
(%i81) fP_h1_pm_pvac(H_,B_,ro_,h1_,pm_,pvac_);
(%o81) B_ \left( 9.81 \left( H_ h1_ + \frac{H_^2}{2} \right) ro_ - H_ pvac_ + H_ pm_ \right)
(%i82) fh_D_h1_pm_pvac(H_,B_,ro_,h1_,pm_,pvac_);
(%o82) \frac{(981 H_ h1_ + 327 H_^2) ro_ - 100 H_ pvac_ + 100 H_ pm_}{(1962 h1_ + 981 H_) ro_ - 200 pvac_ + 200 pm_}
(%i83) plot3d (fP_h1_pm_pvac(H_,1,1000,h1_,0,0), [H_, 0, 3], [h1_, 0, 2],
nopalette, [color, black])$
(%i84) plot3d (fP_h1_pm_pvac(H_,1,1000,2,pm_,0), [H_, 0, 3], [pm_, 0, 10000],
nopalette, [color, black])$
(%i87) plot2d (fP_h1_pm_pvac(H_,1,1000,2,10000,0), [H_, 0, 3],
nomesh_lines, [color, black])$
(%i86) fP_h1_pm_pvac(2,1,1000,2,10000,0);
(%o86) 78860.0
```

Рис. 2. Обчислювальний експеримент візуалізації окремих спектрів в CAS MAXIMA
Fig. 2. Computational experiment of visualization of individual spectra in CAS MAXIMA

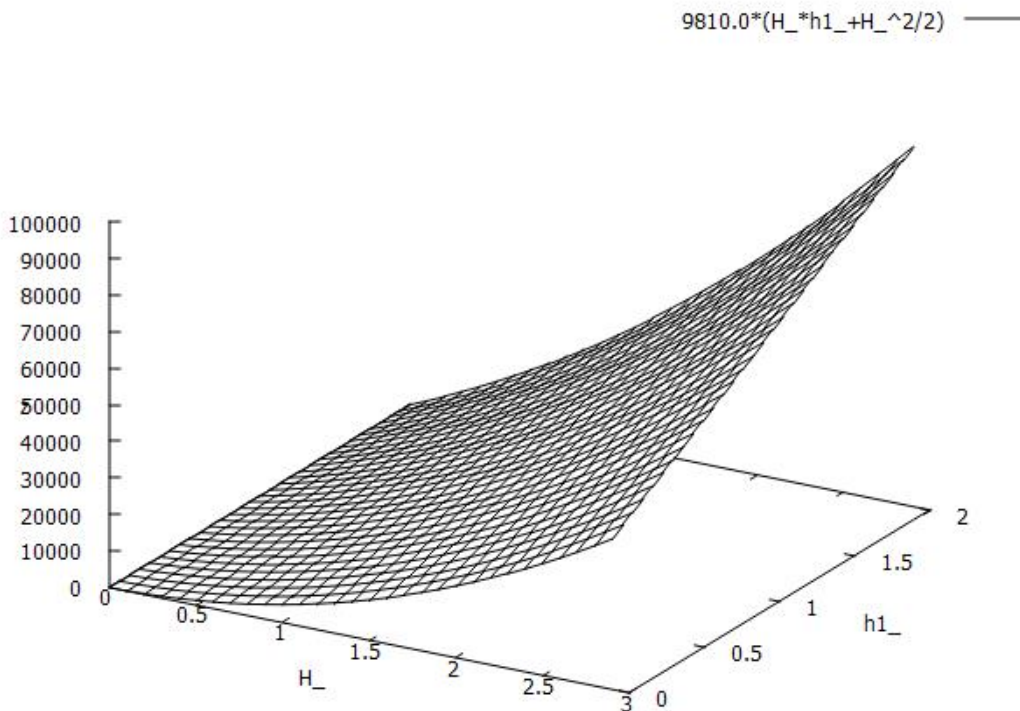


Рис. 3. Графічна візуалізація вибіркового спектру залежності $P(H, h_1)$ із фіксацією $B = 1, \rho = 1000, p_a$
Fig. 3. Graphical visualization of the sample spectrum of the dependence $P(H, h_1)$ with fixation $B = 1, \rho = 1000, p_a$

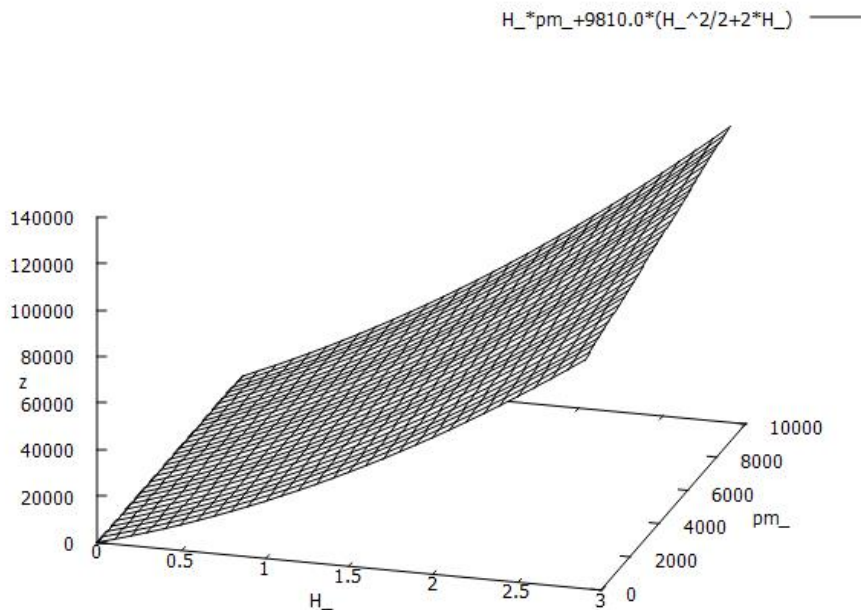


Рис. 4. Графічна візуалізація вибіркового спектру залежності $P(H, p_m)$ із фіксацією $B = 1$, $\rho = 1000$, $h_1 = 2$. Команда (%i84) на рис. 2.

Fig. 4. Graphical visualization of the sample spectrum of the dependence $P(H, p_m)$ with fixation $B = 1$, $\rho = 1000$, $h_1 = 2$. The command (%i84) in Fig. 2.

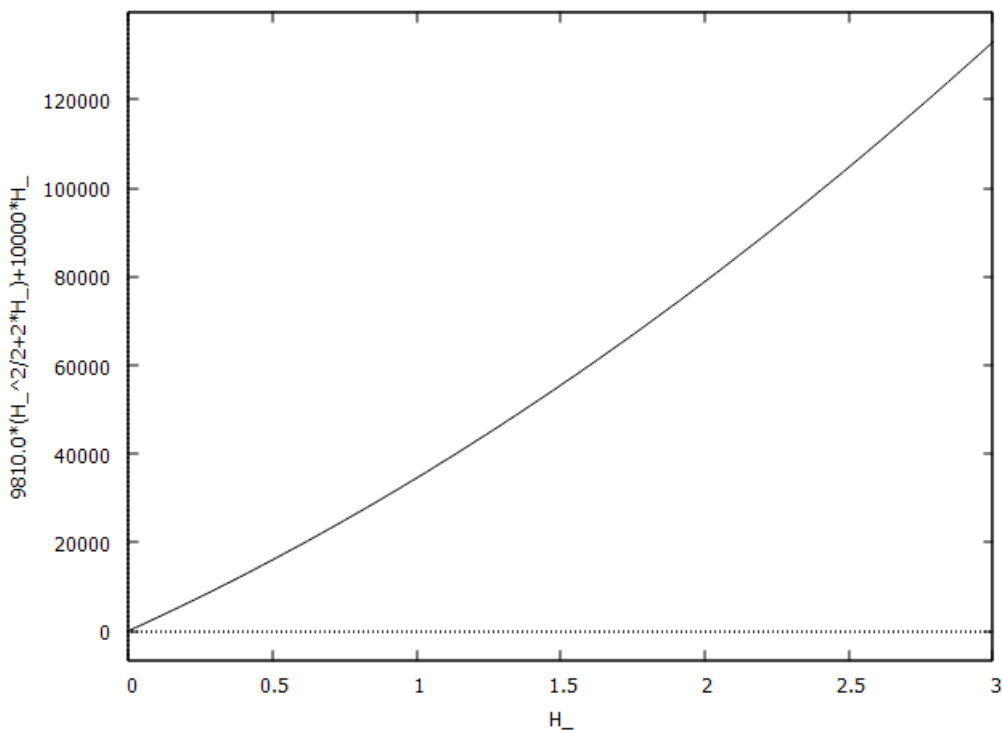


Рис.5. Графік спектру $P(H)$ при фіксованому $p_m=10000$ Па

Fig. 5. Graph of the $P(H)$ spectrum at fixed $p_m=10000$ Pa

Розрахунок певного значення рівнодійної сили гідростатичного тиску в залежності від висоти кришки H із фіксацією факторів на рівні: $B = 1$, $\rho = 1000$, $p_m = 10000$, $h_1 = 2$. Команда програми (рис. 3).

На рис. 3 і 5 представлено розрахунок сили тиску з прикладами різної ступіні деталізації на тривимірному та двовимірному спектрах. На рис. 6 представлено результат розрахунку сили гідростатичного тиску при конкретних заданих рівнях факторів.

`fP_h1_pm_pvac(2,1,1000,2,10000,0);`
`78860.0`

Рис. 6. Розрахунок рівнодійної сили гідростатичного тиску із фіксованими $H = 2$, $B = 1$, $\rho = 1000$, $h_1 = 2$, $p_m = 10000$, $p_{vac} = 0$

Fig. 6. Calculation of the resultant force of hydrostatic pressure with fixed $H = 2$, $B = 1$, $\rho = 1000$, $h_1 = 2$, $p_m = 10000$, $p_{vac} = 0$

Аналогічні графіки та розрахунки можна отримати для визначення координат центру тиску за універсальною формулою 2.

Послідовність факторів у переданих параметрах функції: висота поверхні, ширина поверхні, густина рідини, висота прошарку води над верхньою гранню, величина манометричного тиску на вільній поверхні рідини й останній параметр – вакууметричний тиск. Відповідно за умови завдання манометричного тиску, останній параметр функції – вакуум – дорівнює нулю (команда вводу (рис. 6), рис. 6).

Розраховане значення величини сили тиску $P = 78860$ Н при висоті кришки $H = 2$ м (рис. 6) ми можемо побачити на двовимірному спектрі (рис. 5) для заданого $H = 2$. Відповідно це значення сили тиску можна визначити на тривимірному спектрі (рис. 4) вже в залежності від двох факторів: висота кришки $H = 2$ м та величина прошарку води $h_1 = 2$ м.

Для прикладу є можливість вирішувати чисельними методами зворотну задачу моделювання. За наперед заданою величиною сили тиску можна визначити на інших 3D і 2D спектрах при зміні двох параметрів: прошарок води й ширина кришки, або інша висота кришки й тиск на поверхні рідини, або змінні висота та ширина кришки тощо.

Вища розмірність спектрів не дозволяє проводити графічну візуалізацію. Але ми не обмежені у можливостях моделювати процеси або визначати конструктивні елементи, наприклад очисних споруд, по всім п'яти незалежним параметрам:

- методами аналітичних розрахунків;
- чисельними методами (ізоляції кореня та дихотомії, ітераційними методами тощо).

ВЕБ ІНТЕРФЕЙС ОНЛАЙН РОЗРАХУНКІВ

Пошук оптимального рішення компактного наочного веб-інтерфейсу для вводу вихідних даних для онлайн розрахунків пройшов певні експериментальні етапи [17]. Перші спроби розробки прикладів веб-інтерфейсу із набором універсальних формул для обмеженого набору даних на основі авторського методу трьох команд K123 © Корануцсія У представлено за посиланням - https://www.k123.org.ua/en/jh_Appendixes.html (рис. 7.)

Генерація комп'ютерної графіки й розрахунки для авторського сайту <https://www.k123.org.ua/> проведено в CAS MAXIMA й представлено на наступному скріншоті (рис. 8).

Наступний крок пов'язано із спробою об'єднати всі шість варіантів однієї типової задачі в єдиному веб-інтерфейсі на рис. 9.

Аналіз юзабіліті інтерфейсу (рис. 9) для використання на мобільних пристроях показав, що отримано варіанти громіздкого інтерфейсу із обмеженою функціональністю.

Запропоновані універсальні розрахункові формули для першого типу стандартної задачі дозволяють об'єднати в єдиному компактному веб-інтерфейсі (рис. 10) всі варіанти вводу вихідних даних (рис. 11.a) з результатами серверних розрахунків (рис. 11.b) за посиланням - <https://www.k123.org.ua/en/juffsrc2.html>. На даному етапі розглянуто простий тест-об'єкт у вигляді вертикальної прямокутної поверхні. Розрахунки обмежено визначенням рівнодійної сили гідростатичного тиску (манометричного тиску).

The hydrostatic pressure. The method of three commands K123

NN	Force on	rectangular surface	Figure
1	Force	$P_x(\rho, g, H, h, B) = B \cdot g \cdot \left(H \cdot h - \frac{h^2}{2} \right) \cdot \rho [N]$	
2	Center of pressure	$h_D(H, h) = \frac{2 \cdot h^2 - 3 \cdot H \cdot h}{3 \cdot h - 6 \cdot H} [m]$	

Рис. 7. Універсальні формули й комп’ютерна візуалізація розрахунку тестового прикладу в системі CAS MAXIMA

Fig. 7. Universal formulas and computer visualization of the test case calculation in the CAS MAXIMA system

For a rectangular surface :

$$H = 7m, h = 7m, B = 3m, \rho = 1000 \frac{kg}{m^3}, g = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$P(\rho, g, H, h, B) = B \cdot g \cdot \left(H \cdot h - \frac{h^2}{2} \right) \cdot \rho [N]$$

$$P(\rho, g, H, h, B) = 3 \cdot 9.81 \cdot \left(7 \cdot 7 - \frac{7^2}{2} \right) \cdot 1000 = 721035N$$

$$h_D(H, h) = \frac{2 \cdot h^2 - 3 \cdot H \cdot h}{3 \cdot h - 6 \cdot H} [m]$$

$$h_D(H, h) = \frac{2 \cdot 7^2 - 3 \cdot 7 \cdot 7}{3 \cdot 7 - 6 \cdot 7} = 2.33m$$

Рис. 8. Результати розрахунку тестового прикладу

Fig. 8. Calculation results of the test example

На даний момент з розрахунків виключено сумісна дія вакууметричного й манометричного тиску на окремі прошарки поверхні із побудовою вакууметричної-манометричної епюри – приклад за посиланням <http://www.k123.com.ua/jex34.html>. У майбутньому відповідні універсальні формули, вхідна перевірка даних, розмежування окремих розрахункових алгоритмів та візуалізація вакууметричної епюри тиску буде доповнено до функціоналу універсальних клієнт-

серверних розрахунків для існуючої компактної веб формою на стороні клієнта.

Організація мобільної структурованої подачі інформації на стороні клієнта та розробка нових ефективних методів розрахунку на стороні сервера є метою даного проекту.

На даний момент запропоновано чотири додаткових альтернативних методи розрахунку задачі визначення сили гідростатичного тиску для плоскої прямокутної поверхні на основі авторського «Методу трьох

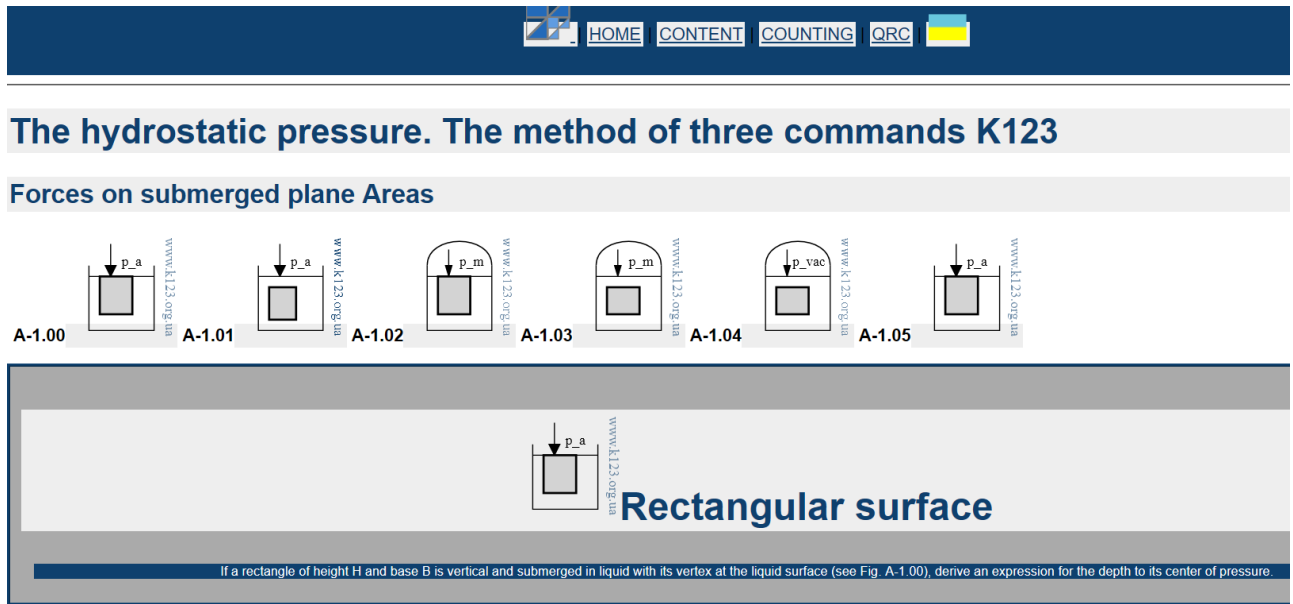


Рис. 9. Скріншот веб інтерфейсу з іконографією для шести варіантів тестового прикладу
Fig. 9. Screenshot of the web interface with iconography for the six test case options

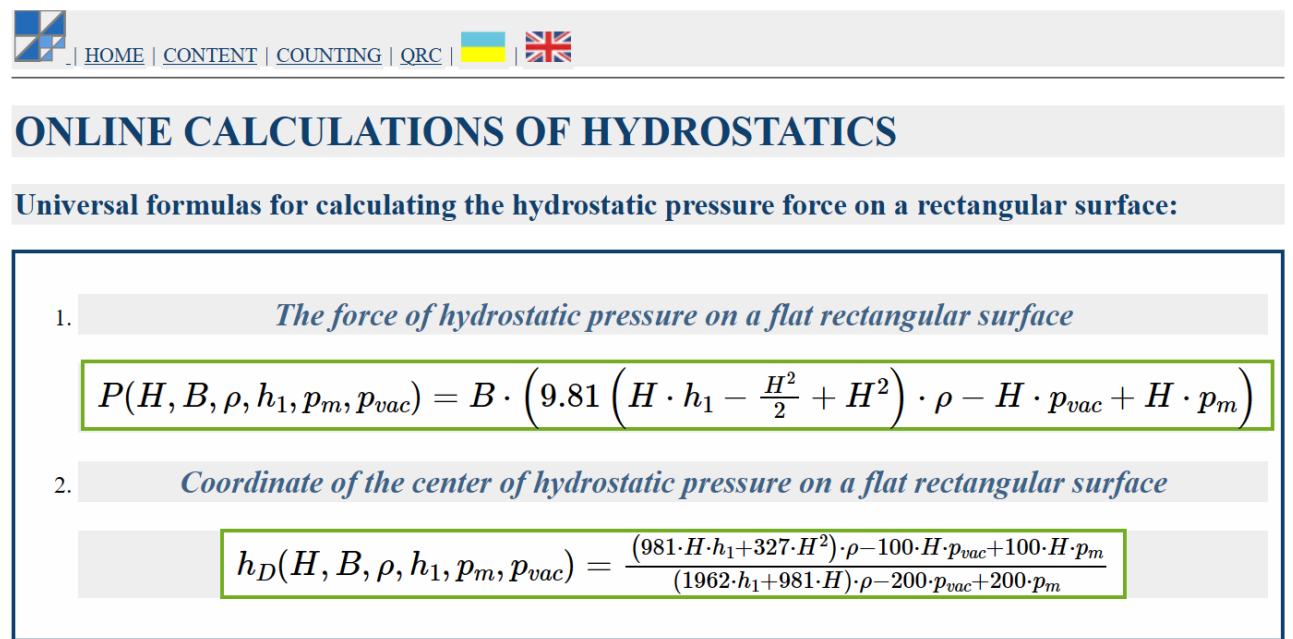
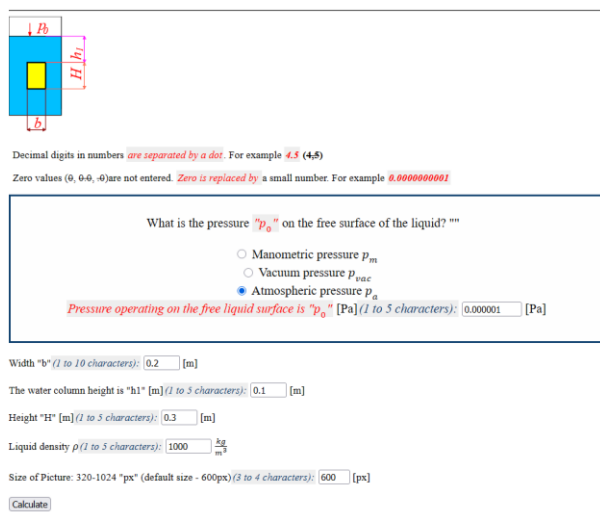


Рис. 10. Онлайн інтерфейс веб сторінки з універсальними формулами
Fig. 10. Online web page interface with universal formulas

команд K123 © Копаниця Ю 2008 [1-12].
 Методи базуються на реалізації алгоритмів:
 – аналітичного розрахунку;
 – розрахунок чисельними методами;
 – використання універсальної залежності для певних наборів вихідних даних і

графічних програм систем комп’ютерної математики;
 – запропоновано нові універсальні функціональні залежності, які об’єднують всі можливі незалежні фактори для даного типу задачі із можливостями дослідження й моделювання дії сили гідростатичного тиску.



HYDRAULICS. ONLINE CALCULATION

DATA is:

1. h1= 0 m ;
2. p0= 0 [Pa] ;
3. b = 1 m ;
4. h1 = 0 m ;
5. H = 3 m .

Calculating the hydrostatic pressure force on a rectangular surface

$$h_1 + \frac{p_0}{\rho g} - \frac{p_{vac}}{\rho g} = 0 \text{ [m].}$$

$$P=44190 \text{ [N].}$$

Calculating the Coordinate of the center of hydrostatic pressure on a flat rectangular surface

$$h_D = 1 \text{ [m].}$$

a

b

Рис. 11. Універсальна веб форма вводу даних та серверні розрахунки: *a* – скріншот універсальної веб форми з вибором варіантів тиску на вільній поверхні рідини; *b* – скріншот компактної форми виводу розрахунків

Fig. 11. Universal web form for data entry and server calculations: *a* – screenshot of the universal web form with a choice of pressure options on the free surface of the liquid; *b* – screenshot of the compact form for outputting calculations

ВИСНОВКИ

На теоретичній базі авторського методу трьох команд K123 отримано дві універсальні функціональні залежності визначення параметрів вектору сили гідростатичного тиску на вертикальну плоску прямокутну поверхню, які оптимізують сучасні комп'ютерні розрахунки. Запропоновані універсальні функціональні залежності дозволяють спростити використання веб інтерфейсу онлайн розрахунків в мережі Інтернет.

На прикладі простої тестової задачі - визначення сили гідростатичного тиску на плоску прямокутну поверхню - проведено впровадження онлайн розрахунків із універсальною веб формою вводу вихідних даних, яка передбачає всі можливі варіанти наборів вихідних даних для даної задачі за посиланням

<https://www.k123.org.ua/en/juffsrc2.html>.

Спрощено алгоритмічну складність програмної реалізації представленого алгоритму за рахунок двох універсальних формул. Запропоновані універсальні формули забезпечують єдиний уніфікований ввід п'яти незалежних факторів для всіх наборів вихідних даних у розглянутій стандартної задачі.

Запропоновані універсальні розрахункові формули дозволяють проводити розрахунки та будувати графіки залежності сили гідростатичного тиску й координати центру тиску при змінному напорі у нерухомій локальній системі координат, яка прив'язана до нижньої грані об'єкту. Запропонований алгоритм, універсальні формули та єдиний веб інтерфейс дозволяють моделювати різні режими роботи споруд та відповідні параметри вектору сили гідростатичного тиску.

Впровадження в освітній процес універсальних формул розрахунку на основі методу трьох команд K123 © Копаниця Ю. 2008 дозволяє спростити використання сучасних комп'ютерних технологій та елементів моделювання у навчальному процесі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Копаниця Ю., Гіжа О., Нечипор О., Мар'єнко І., Ленок Б., Васянович Д. Визначення сили гідростатичного тиску на криволінійну параболічну поверхню методом K123 // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2025. Вип. 50. С. 38-48. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2025.50.38-48>
2. Копаниця Ю., Гіжа О., Нечипор О., Кормільцін О. Визначення сили гідростатичного тиску на плоску поверхню довільної несиметричної форми методом трьох команд K123 //

Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2024. Вип. 47. С. 12-22. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2024.47.12-22>

3. **Копаниця Ю., Павлов Є., Толмачова Т.** Аналіз варіантів розрахунку сили гідростатичного тиску методом K123 // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2023. Вип. 43. С. 4-15. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.43.4-15>

4. **Копаниця Ю. Д.** Визначення сили гідростатичного тиску на сферичну поверхню в умовах відносної рівноваги рідини методом K123 // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2020. Вип. 34. С. 12-18. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2020.34.12-18>

5. **Копаниця Ю. Д.** Аналіз алгоритмів визначення гідростатичного тиску на поверхню довільної форми за стандартними формулами і методом трьох команд K123 // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2017. Вип. 28. С. 187-195. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/bitstream/handle/987654321/3048/201728-187-195.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

6. **Копаниця Ю. Д.** Розрахунок гідростатичного тиску на несиметричну плоску поверхню. Універсальний алгоритм трьох команд K123 // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2016. Вип. 27. С. 177-186. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2017_27_26

7. **Копаниця Ю. Д.** Визначення гідростатичного тиску на плоский сегмент методом трьох команд K123 // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2016. Вип. 26. С. 148-152. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2016_26_22

8. **Копаниця Ю. Д.** Інтегральні рівняння метода трьох команд K123 // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2013. Вип.22. С. 161-173. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2013_22_20

9. **Копаниця Ю. Д.** Аналіз виміру епюри гідростатичного тиску на криволінійну поверхню. Універсальний метод розрахунку K123 // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2013. Вип. 21. С. 165-180. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2013_21_20

10. **Копаниця Ю. Д.** Розрахунок гідростатичного тиску на криволінійну поверхню. Універсальний алгоритм трьох команд - K123 // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2012. Вип. 20. С. 105-119. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2012_20_13

11. **Копаниця Ю. Д.** Комп'ютерний розрахунок сили тиску. Універсальний алгоритм трьох

команд - K123 // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2012. Вип. 18. С. 148-163. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2012_18_17

12. **Копаниця Ю. Д., Нечипор О. М., Таварткїладзе Н. І.** Дослідження чотирьох варіантів визначення гідростатичного тиску на плоску поверхню методом трьох команд - K123 // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2022. Вип. 41. С. 31-41. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.41.31-41>

13. **Копаниця Ю., Гіжа О., Нечипор О., Голобородько О., Гаврилук А.** Онлайн моделювання розрахунку каналів гідравлічно найвигіднішого перерізу // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2025. Вип. 49. С. 4-16. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2025.49.4-16>

14. **Копаниця Ю., Павлов Є., Гіжа О., Кострич Б., Матвієнко О.** Моделювання елементів розгалуженої мережі в CAS MAXIMA та серверні онлайн розрахунки у навчальному процесі // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2023. Вип. 45. С. 24-31. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.45.24-31>

15. **Kirk D.** Contemporary mathematics. Rice University, 2023. ISBN :978-1-711470-55-9. 1565.

16. **Lin H.** Intellectual Development and Mathematics Learning. Springer, 2023. https://doi.org/10.1007/978-981-19-8757-1_2

17. **Dong Y, Zhu R., Tian Q., Liu W., Penga W.** A Scenario Interaction-centered Conceptual Information Model for UX Design of User-oriented Product-service System. Procedia CIRP, 2019. Vol(83). 335-338. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.096>

18. **Yilmaz F., Queiruga-Dios A., Vaquero J., Mierluş-Mazilu I., Rasteiro D., Martínez V.** Mathematical Methods for Engineering Applications. Springer, 2023. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-21700-5>

19. **Clark-Wilson A., Robutti O., Sinclair N.** The Mathematics Teacher in the Digital Era. International Research on Professional Learning and Practice.. Springer, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05254-5_423

20. **Gonzalez O.** Topics in Applied Mathematics and Modeling. AMS, 2023. ISBN: 978-1-4704-6991-7

REFERENCES

1. **Kopanytsia, Y., Gizha, O., Nechipor, O., Marienko, I., Lynok, B., & Vasyanovich, D. (2022).** Options for calculating the hydrostatic pressure force using the K123 method on the walls of a

paraboloidal channel. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 50. 38-48.

<https://doi.org/10.32347/2524-0021.2025.50.38-48>

2. **Kopanytsia, Y., Gizha, O., Nechypor, O., & Kormilcin, O. (2024)**. Determination of hydrostatic pressure on the plane surface of an arbitrary non-symmetrical form by the three-command method K123. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 47. 12-22.

<https://doi.org/10.32347/2524-0021.2024.47.12-22>

3. **Kopanytsia, Y., Pavlov, Y., & Tolmachova, T. (2023)**. Analysis of calculation options of hydrostatic pressure by the K123 method. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 43. 4-15.

<https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.43.4-15>

4. **Kopanytsia, Y. D. (2020)**. Determination of the force of hydrostatic pressure on a spherical surface under conditions of relative equilibrium of a liquid by the K123 method. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 34. 12-18.

<https://doi.org/10.32347/2524-0021.2020.34.12-18>

5. **Kopanytsia, Y. D. (2017)**. Analysis of algorithms for determining hydrostatic pressure on a surface of arbitrary shape according to standard formulas and the method of three commands K123. *Problems of water supply, sewage and hydraulics*, 28. 187-195. Retrieved from <https://repository.knuba.edu.ua/bitstream/handle/987654321/3048/201728-187-195.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [in Ukrainian].

6. **Kopanytsia, Y. D. (2016)**. Calculation of hydrostatic pressure on an asymmetric flat surface. universal algorithm of three commands K123. *Problems of water supply, sewage and hydraulics*, 27. 177-186. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2017_27_26 [in Ukrainian].

7. **Kopanytsia, Y. D. (2016)**. Determination of hydrostatic pressure on a flat segment by the method of three commands K123. *Problems of water supply, sewage and hydraulics*, 26. 148-152. Retrieved from

http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2016_26_22 [in Ukrainian]

8. **Kopanytsia, Y. D. (2013)**. Integral equations of the method of three commands K123. *Problems of water supply, sewage and hydraulics*, 22. 161-173. Retrieved from

http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2013_22_20 [in Ukrainian].

9. **Kopanytsia, Y. D. (2013)**. Analysis of hydrostatic pressure plot measurement on a curved surface. Universal calculation method K123. *Problems of water supply, sewage and hydraulics*, 21. 165-180. Retrieved from

http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2013_21_20 [in Ukrainian].

10. **Kopanytsia, Y. D. (2012)**. Calculation of hydrostatic pressure on a curved surface. Universal algorithm of three commands - K123. *Problems of water supply, sewage and hydraulics*, 20. 105-119. Retrieved from

http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2012_20_13 [in Ukrainian].

11. **Kopanytsia, Y. D. (2012)**. Computer calculation of pressure force. Universal algorithm of three commands - K123. *Problems of water supply, sewage and hydraulics*, 18. 148-163. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/PVVG_2012_18_17 [in Ukrainian].

12. **Kopanytsia, Y. D., Nechypor, O. & Tavartki-ladze, N. (2022)**. Study of four options for determining hydrostatic pressure on a plane surface by the three command method K123. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 34. 12-18.

<https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.41.31-41>

13. **Kopanytsia, Y., Giza, O., Nechypor, O., Holoborodko, O., Gavryliuk, A. (2025)**. Online modeling of calculation of channels of the most hydraulically advantageous cross-section. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 49. 4-16.

<https://doi.org/10.32347/2524-0021.2025.49.4-16>

14. **Kopanytsia, Y., Pavlov, Y., Giza, O., Kostrych, B., & Matvienko, O. (2023)**. Simulation of distributed network elements in CAS MAXIMA and server online calculations in the educational process. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 45. 24-31.

<https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.45.24-31>

15. **Kirk, D. (2023)** *Contemporary mathematics*. Rice University. ISBN :978-1-711470-55-9. 1565.

16. **Lin, H. (2023)**. *Intellectual Development and Mathematics Learning*. Springer.

https://doi.org/10.1007/978-981-19-8757-1_2

17. **Dong, Y., Zhu, R., Tian, Q., Liu, W. & Penga, W. (2019)**. A Scenario Interaction-centered Conceptual Information Model for UX Design of User-oriented Product-service System. *Procedia CIRP*, (83). 335-338. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.096>

18. **Yilmaz, F., Queiruga-Dios, A., Vaquero, J. M., Mierluş-Mazilu, I., Rasteiro, D., & Martínez, V. G. (2023)**. *Mathematical Methods for Engineering Applications*. Springer.

<https://doi.org/10.1007/978-3-031-21700-5>

19. **Clark-Wilson, A., Robutti, O., & Sinclair, N. (2023)**. *The Mathematics Teacher in the Digital Era. International Research on Professional Learning and Practice*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05254-5_423.

20. **Gonzalez, O. (2023)**/ *Topics in Applied Mathematics and Modeling*. AMS. ISBN: 978-1-4704-6991-7 211.

Universal web interface for online calculation of hydrostatic pressure force using the K123 method

Yurii Kopanytsia, Tetiana Arhatenko

Abstract. The author's method of three K123 commands allows you to obtain universal functional dependencies for determining the force of hydrostatic pressure, which optimize modern computer calculations. The implementation of the K123 method allows you to improve and simplify the use of the web interface for online calculations on the Internet as much as possible.

Using the example of a simple test problem – determining the force of hydrostatic pressure on a flat rectangular surface – client-server online calculations on the Internet with a universal web form for inputting initial data, which provides all possible options for sets of five initial parameters for this type of problem, have been developed. Open access to the online program at the link - <https://www.k123.org.ua/en/juffsrc2.html>.

Based on the author's method of three commands K123 © Kopanytsia Yu. 2008, two universal formulas for determining the parameters of the hydrostatic pressure force vector were obtained. The algorithmic complexity of the software implementation of the presented algorithm was simplified due to new universal formulas. The features of implementing a single simplified universal web form for data entry eliminate the difficulties of a large number of variable interactive data entry, which is associated with the presence of manometric or vacuum pressure on the free surface of the liquid, the presence of a layer of water above the upper surface and changes in its level.

Existing standard algorithms allow us to calculate only the depth of immersion of the center of pressure relative to the level of the free surface of the liquid, which requires additional calculations for binding to the local coordinate system relative to our stationary surface.

The proposed universal calculation formulas allow you to build graphs of 2D and 3D visualization spectra of pressure force parameters and pressure center coordinates at variable head in a local coordinate system, the origin of which, unlike the standard algorithm, is tied to the fixed lower face of the object. Universal formulas allow you to instantly obtain an accurate solution depending on the full sample of five variable output parameters.

The proposed algorithm and two universal formulas allow you to model different operating modes of structures and the corresponding parameters of the hydrostatic pressure force vector, using a single, publicly available simplified web interface for online calculations on the Internet, in computer mathematics systems or on a calculator.

The introduction of universal calculation formulas based on the “Three Command Method K123” into the educational process © Kopanytsya Yu. 2008 allows to simplify the implementation of modern computer technologies, expand the use of analytical and numerical methods and modeling elements in the educational process.

Key words: method K123, hydrostatic pressure force, flat surface, online calculation.

Стаття надійшла до редакції 15.10.2025