

ВЕБ ІНТЕРФЕЙС ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ГЛИБИНИ У ВІДКРИТИХ РУСЛАХ

Юрій Копаниця¹, Олена Гіжа², Оксана Нечипор³, Нестан Таварткіладзе⁴

Київський національний університет будівництва і архітектури³¹,
Повітрофлотський пр., м. Київ, Україна, 03037

¹ канд. техн. наук, kopanytsia.iud@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9470-1902

² канд. техн. наук, gizha.oo@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-4878-6850

³ канд. техн. наук, okschena@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8635-2231

⁴ knucavv20@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6712-9576

DOI: 10.32347/2524-0021.2021.37.29-41

Анотація. Дослідження та розрахунки нерівномірного руху дуже важливі з практичної точки зору та мають певні особливості для різних станів потоку, аналізі форм кривих вільної поверхні, а також проектуванні багатьох гідротехнічних споруд. При розгляді цих питань користуються поняттями питома енергія перерізу та критична глибина.

Сучасний тренд розвитку технологій у навчальному процесі базується на Інтернет комунікаціях, он-лайн розрахунках й мобільних мікропроцесорних гаджетах із відповідним програмним забезпеченням. Представлений експериментальний проект навчально-методичного матеріалу із веб-формами он-лайн розрахунку індивідуальних задач є варіантом сучасного конкурентного он-лайн середовища в мережі Інтернет.

Подальший напрям розвитку – доповнення методичними відео, аудіо й графічними елементами. Аналіз веб-аналітики дозволить поступово спростити інтерфейс та обрати найбільш ефективний набір сучасних форматів подачі навчальних матеріалів.

Комп'ютерні он-лайн розрахунки дозволяють змінювати вихідні данні й впроваджувати елементи моделювання й поглибленого вивчення теоретичних положень із використанням одного типового прикладу у форматі веб-форми.

Ключові слова: критична глибина, питома енергія перерізу, он-лайн розрахунок.

ВСТУП

Дослідження та розрахунки нерівномірного руху дуже важливі з практичної точки зору та мають певні особливості для різних станів потоку, аналізі форм кривих вільної поверхні, а також проектуванні багатьох гідротехнічних споруд.

В якості прикладу до зазначеної теми запропоновано розрахунок критичної глибини для русла трикутного поперечного перерізу.

Сучасний тренд розвитку технологій у навчальному процесі базується на Інтернет комунікаціях, миттєвих он-лайн розрахунках й мобільних мікропроцесорних

гаджетах із відповідним програмним забезпеченням.

Представлено аналіз сучасних закордонних технологій навчання на базі широкого спектру Інтернет протоколів, які використовуються на базі мережи в режимі он-лайн: текстові електронні форми, відеоматеріали, дайджест довідки, тести, приклади покрокового розв'язування задач, експертні оцінки, перевірка на плагіат тощо.

Авторами запропоновано два варіанти вирішення поставленої задачі:

– класичний варіант – теорія та тестовий приклад – розрахунок задачі в системах

комп'ютерної математики або електронних таблицях;

– універсальні інтерактивні он-лайн розрахунки із використанням веб-форм вводу вихідних даних на базі розглянутого проекту.

Необмежена кількість варіантів певного класу задач й отримання відповідей забезпечується запропонованою авторами універсальною інтерактивною веб-формою за технологією «common gateway interface» (CGI) по технології клієнт-серверних розрахунків. Клієнт-серверна архітектура реалізує захист авторської методики й алгоритмів розрахунків, забезпечує контроль доступу до виконання завдань, регулярні вирази (regex) підтримують аналіз та безпечний ввід даних користувачів.

МЕТА І МЕТОДИ

При розгляді цього питання користуються поняттями **питома енергія перерізу** та **критична глибина** [1,2,3,5]. Питома енергія перерізу – це енергія, що підрахована відносно площини порівняння, яка проведена через найнижчу точку перерізу (рис. 1).

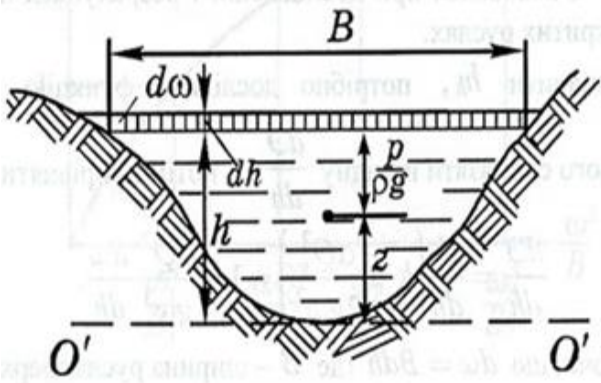


Рис. 1. Визначення питомої енергії перерізу
Fig. 1. Determination of the specific energy of the section

Застосовуючи рівняння Бернуллі, запишемо

$$E = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha V^2}{2g} = h + \frac{\alpha V^2}{2g},$$

$$\text{Або} \quad E = h + \frac{\alpha Q^2}{2g\omega^2}, \quad (1)$$

де z – координата від дна русла; h – глибина потоку; ω – площа живого перерізу; Q – витрата.

Функція $E = f(h)$ безперервна. І оскільки при граничних умовах при $h \rightarrow 0$ $E \rightarrow \infty$, а також при $h \rightarrow \infty$ $E \rightarrow \infty$, то функція повинна мати мінімум.

Досліджуючи функцію $E = f(h)$ на мінімум, можна визначити критичну глибину, тобто глибину, що відповідає мінімальній питомій енергії перерізу. Для цього слід взяти похідну $\frac{dE}{dh}$, а потім її

прирівняти до нуля.

$$\frac{dE}{dh} = \frac{d}{dh} \left(h + \frac{\alpha Q^2}{2g\omega^2} \right) = 1 - \frac{\alpha Q^2}{g\omega^3} \cdot \frac{d\omega}{dh}.$$

Враховуючи, що $d\omega = B \cdot dh$ (де B – ширина русла по верху), отримаємо

$$\frac{dE}{dh} = 1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \cdot \frac{B}{\omega^3}.$$

Якщо $\frac{dE}{dh} = 0$, то

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{\omega_k^3}{B_k}. \quad (2)$$

Рівняння (2) дозволяє визначити критичну глибину для будь-якої форми русла. Оскільки в це рівняння критична глибина входить у неявному вигляді, її можна підраховувати методом підбору.

Попередньо знаходимо сталу величину $\frac{\alpha Q^2}{g}$. Далі призначаємо довільні

глибини. Послідовно знаходимо площу, ширину русла по верху B , відношення $\frac{\omega_k^3}{B_k}$ для кожної глибини і порівнюємо з

величиною $\frac{\alpha Q^2}{g}$. Всі розрахунки

проводяться доти, поки $\frac{\omega_K^3}{B_K}$ не дорівнюватиме $\frac{\alpha Q^2}{g}$.

В якості приклада покажемо визначення критичної глибини потоку h_K у руслі трикутного перерізу (рис. 2), якщо задані: витрата $Q = 2,5 \text{ м}^3/\text{с}$, ширина по низу $b = 0$, коефіцієнт закладання укосів $m = 2$.

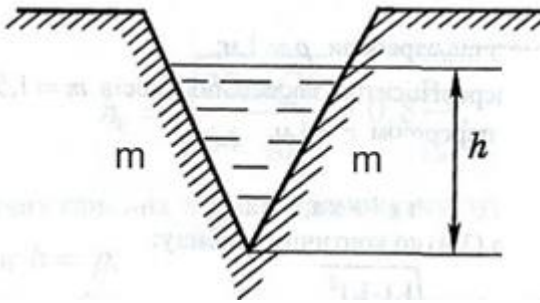


Рис. 2. Визначення критичної глибини в руслі трикутного перерізу
Fig. 2. Determination of critical depth in the channel of a triangular section

Основні розрахункові залежності для визначення критичної глибини у трикутному каналі:

Площа живого перерізу

$$\omega_K = b h_K + m h_K^2.$$

Ширина русла по верху

$$B_K = b + 2m h_K.$$

Попередньо розраховуємо сталу величину

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{1,1 \cdot 2,5^2}{9,81} = 0,7008$$

Далі призначаємо довільні глибини. Послідовно знаходимо площу, відношення $\frac{\omega_K^3}{B_K}$ для кожної глибини, порівнюємо зі сталою величиною

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = 0,7008.$$

Всі дані розрахунків зводимо у таблицю 1.

Таблиця 1. Результати розрахунків глибини на окремих ітераціях
Table 1. The results of depth calculations on individual iterations

№	Глибина, h , м	Ширина по верху B , м	Площа перерізу ω , м ²	Відношення $\frac{\omega^3}{B}$
1	0,200	0,800	0,080	0,00064
2	0,500	2,000	0,500	0,06250
3	0,700	2,800	0,980	0,33610
4	0,800	3,200	1,280	0,65500
5	1,000	4,000	2,000	2,00000
6	0,820	3,280	1,345	0,74150
7	0,812	3,248	1,319	0,70600

При $h = 0,812 \text{ м}$ $\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{\omega_K^3}{B_K}$

Таким чином, критична глибина дорівнює $h_K = 0,812 \text{ м}$.

Сучасний тренд розвитку технологій у навчальному процесі базується на Інтернет комунікаціях й мобільних мікропроцесорних гаджетах із відповідним

програмним забезпеченням. Раніше один технологічний уклад тривав приблизно 25 років й приходився на одне покоління. Інформацію, яку ми вивчали у Виші, можна було використовувати на протязі всієї нашої професійної діяльності. Зміна технологічних укладів в наш час відбувається випереджаючими темпами. Людина залишається самою консервативною

ланкою у ланцюжку впровадження технологій й нових підходів до роботи із інформацією у повсякденному житті, виробництві, навчальному процесі.

Для ілюстрації обираємо типовий приклад сучасного іноземного підручника із математики. Наведений приклад реалізації підходів до викладення теоретичного й практичного матеріалів можна використати у будь-якій інженерній дисципліні.

На рисунку 3 представлено скріншот сторінки сайту, який присвячено стандартному он-лайн ресурсу режим доступу - <https://www.chegg.com/study> прикладу сучасного підручника [6]. Ресурс включає

55+ мільйонів покрокових пояснень (55+ million step-by-step explanations), тести із прикладами задач, пояснення та відео у форматі дайджест, експертна оцінка й перевірка на плагіат.

Висновок перший – кожний сучасний навчальний матеріал має свою сторінку в мережі Інтернет. Теоретичний матеріал представлено у класичному текстовому форматі підручника. Вимога часу - два формати підручника. Можливо придбати тверду копію або версію в електронному форматі та он-лайн сервіс прикладів покрокових розрахунків.

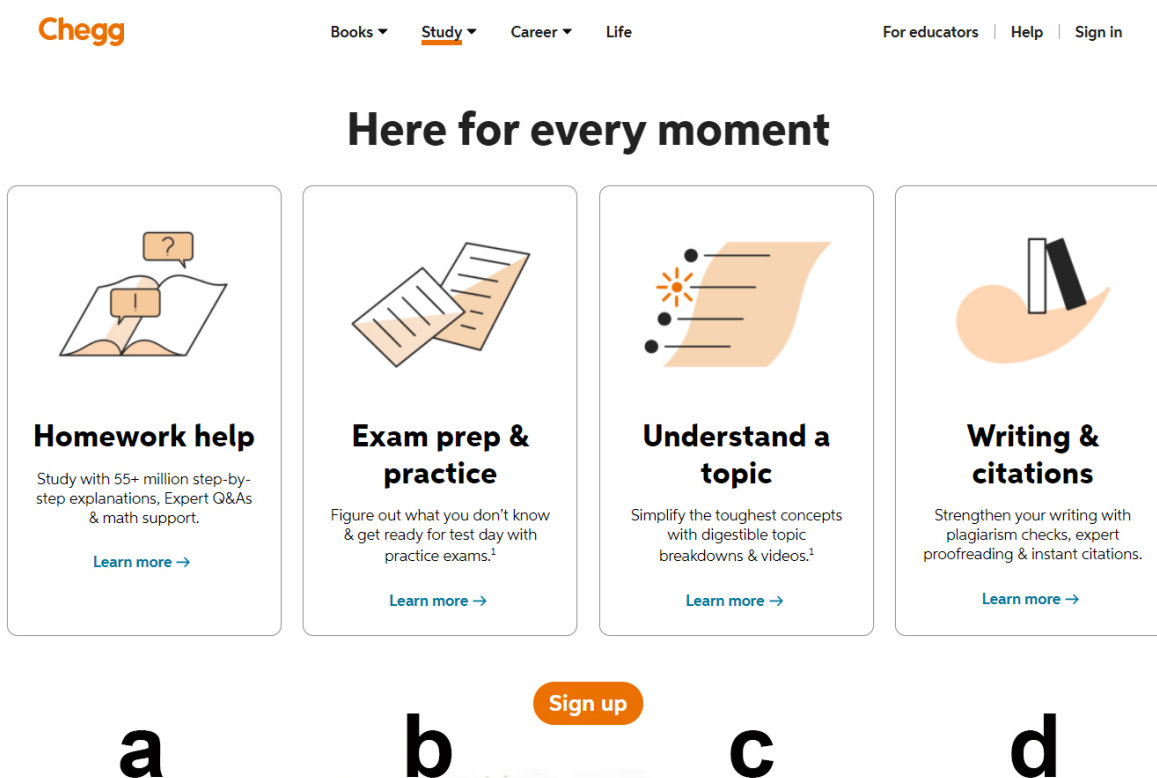


Рис. 3. Веб-інтерфейс доступу до навчальних підручників сайту *CheggStudy*: **a** – 55 мільйонів варіантів покрокового вирішення індивідуальних задач; **b** – прикладів, дайджест-рекомендацій та відео; **c** – рекомендації та відео; **d** – перевірка на плагіат

Fig. 3. Web interface for accessing CheggStudy tutorials: **a** – 55 million step-by-step solutions to individual problems; **b** – examples, digest recommendations and videos; **c** – recommendations and videos; **d** – plagiarism check

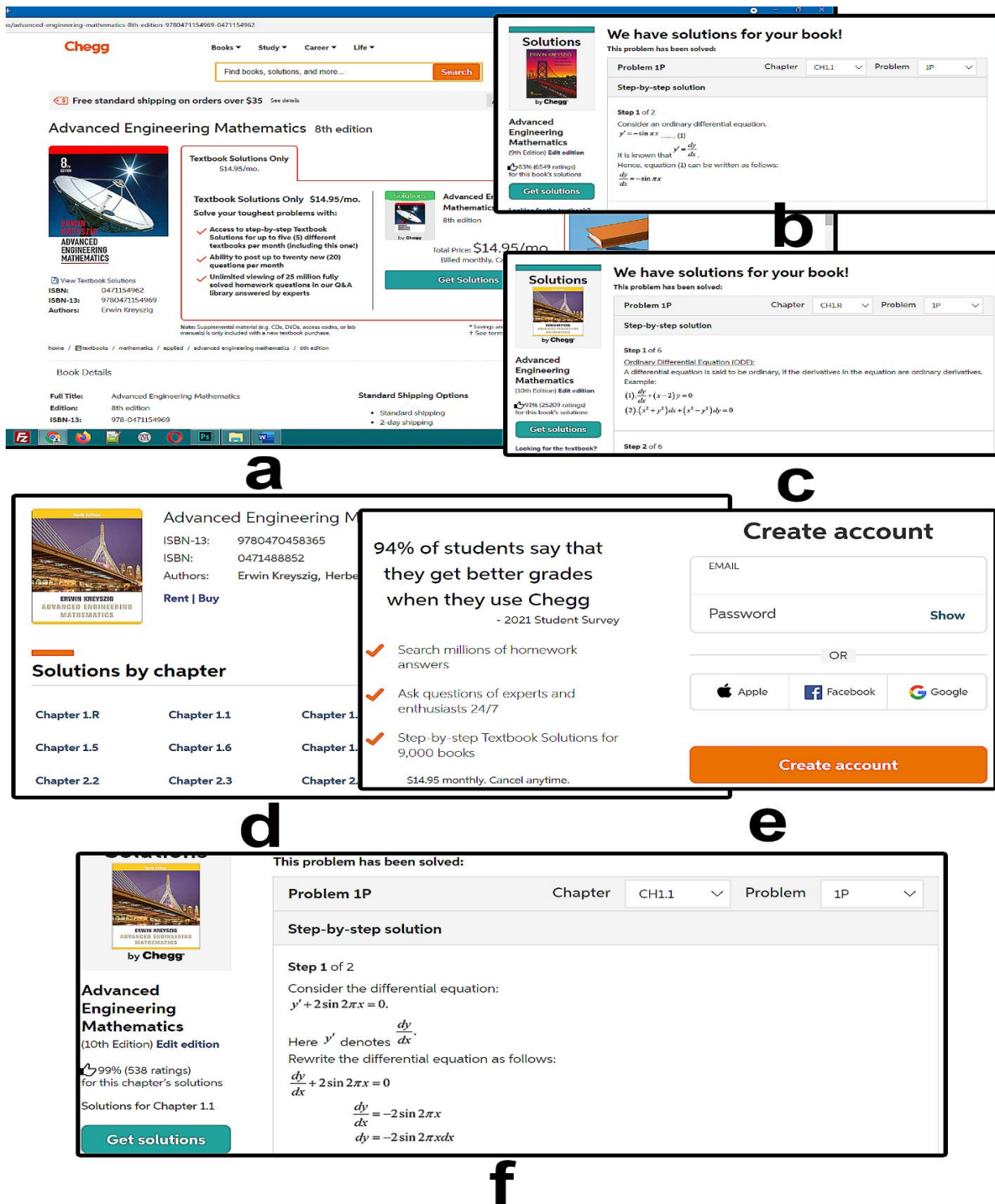


Рис. 4. Сторінка сайту *CheggStudy* сучасного навчального підручника із веб-інтерфейсом доступу до варіантів індивідуальних задач: **a** – видання 8-а редакція, 1999 р, 4268 задач; **b** – видання 9-а редакція, 2006 р, 4434 задачі; **c** – видання 10-а редакція, 2011р, 4031 задача; **d** – веб доступ до частин; **e** – реєстрація й створення акаунтів користувачів; **f** – приклад покрокових рекомендацій вирішення задачі .

Fig. 4. CheggStudy website page of a modern textbook with a web interface for accessing options for individual tasks: **a** – edition 8th edition, 1999, 4268 tasks; **b** – edition 9th edition, 2006, 4434 tasks; **c** – edition 10th edition, 2011, 4031 problems; **d** – web access to parts; **e** – registration and creation of user accounts; **f** – an example of step-by-step recommendations for solving the problem.

На рис. 4 представлено електронний додаток до підручника у вигляді веб-інтерфейсу доступу до варіантів практичних завдань. Загальна кількість прикладів задач розміщена у 25-ти главах із подальшою структуризацією у 185 частинах.

Оцінимо об'єм запропонованих задач на прикладі трьох видань означеного підручника на рисунку 4. Наприклад, у 10-му виданні ми маємо доступ до 4031 задач (рисунок 4.с), 9-е видання – 4434 рішень задач (рисунок 4.б) й 8-е видання включало 4268 рішення (рисунок 4.а).

Традиційні класичні підходи минулого століття дозволяли включити у типовий задачник до 200 різних задач. Висновок другий – об'єм завдань й варіативність представлення навчальної інформації у вигляді прикладів та варіантів вирішення зросла на порядки.

Реєстрація студента на сайті дозволяє контролювати хід навчального процесу 24/7 у всіх складових деталях (рисунок 4.е). Варіант розв'язання конкретного прикладу завдання представлено на рисунку 4.ф.

На сайті є можливість збирати статистичні данні: які задачі вирішуються, у якій послідовності, яка кількість спроб, час знаходження на сайті, які задачі популярні, коли студенти звертаються до теоретичного матеріалу тощо. На основі отриманої статистики ми маємо об'єктивну й всебічну оцінку всієї вибірки задач. Висновок третій – ми маємо доступ до об'єктивної оцінки всієї вибірки задач й – головне – відслідковуємо саму послідовність переходів між теорією й практикою, або які задачі популярні у процесу навчання в умовах вільного вибору.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Головний виклик сучасності – боротьба за наше майбутнє, за нашу молодь. Вирішення цієї задачі лежить у площині підвищення якості навчального процесу, створення відкритого конкурентного навчального середовища й відповідного іміджу Університету. Ключові слова – відкрите й конкурентне середовище. Один з

варіантів створення відкритого конкурентного навчального середовища – програмування універсального веб-інтерфейсу вирішення індивідуальних задач.

Тематика питань, які порушено у статті стосується тільки одного аспекту – приклад теоретичних викладок та комп'ютерного розрахунку окремого навчального завдання. Ми повинні навчити теорії, технології сучасного розрахунку на комп'ютері, елементам отладки програмного коду, оцінювання точності результатів розрахунку, користування електронними довідковими системами, які вбудовано у сучасні системи комп'ютерної алгебри. Збільшення загальної кількості й розширення варіативності навчальних задач можливо за рахунок використання спеціального програмного забезпечення, прискорення розрахунків, підвищення загальної математичної культури та використання персональної мобільної мікропроцесорної техніки, отримання власного досвіду у процесах отладки коду розрахунку. Ключове слово – отладка коду власних розрахунків. Звичайний сучасний інженер не повинен бути програмістом, але обов'язково має вміти проводити базові розрахунки у, наприклад, звичайних електронних таблицях. Висновок четвертий – де взяти відповідь на всі можливі варіанти вирішення задачі із всіма проміжними розрахунками на кожній ітерації?

ПРИКЛАД УНІВЕРСАЛЬНОГО ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСУ

На прикладі стандартної задачі визначення критичної глибини у відкритому руслі продемонструємо варіант відкритого веб-інтерфейсу із он-лайн формами вводу вихідних даних, які реалізовано по технології *CGI* [7-11]. Запропонований варіант веб-інтерфейсу дозволяє генерувати довільний набір вихідних даних для певного типу задач. Як отримати вірну відповідь із наперед заданою точністю результату? На сторінці сайту представимо доступ до стандартних текстових форматів методичних матеріалів, сучасний *html* формат, відео матеріали й веб-форми з

он-лайн розрахунками та виводом результатів у наочному зручному форматі.

Розрахунки запропонуємо виконати у звичайних електронних таблицях типу безкоштовного опенсорсного *LibreOffice Calc*, який є аналогом пропрієтарного *MS Excel*.

Виконуємо умови першого висновку. Навчальний матеріал має персональну сторінку на сайті предмету.

Теоретичний матеріал представлено у вільному он-лайн доступі на навчальному сайті за посиланням <http://www.k123.com.ua> (рис. 5). Адреса сторінки задачі <http://www.k123.com.ua/je0001.html> й посилання на задачу (рис. 6). На рис. 7 представлено скріншот робочої сторінки із посиланнями на теоретичний матеріал у форматі *pdf*. Приклад розрахунку окремої ітерації із результатами розрахунку типового прикладу. Посилання на форми вводу вихідних даних для он-лайн розрахунку окремої ітерації та повний розрахунок на рисунку 8 пункти 4 та 5 переходу на веб-форми вводу вихідних даних індивідуальної задачі (рис. 8).

Веб-інтерфейс задачі визначення критичної глибини включає елементи (рисунок 8):

- теоретичні положення (текстовий формат *pdf*);
- методичні рекомендації (текстовий формат *pdf*);
- приклад тестового розрахунку (текстовий формат *pdf*);
- приклад розрахунку однієї ітерації (он-лайн);
- розрахунок прикладу (он-лайн).

Приклад результату *on-line* розрахунку окремої ітерації представлено на рисунку 9. Веб-інтерфейс он-лайн форми завдання вихідних даних повного розрахунку задачі представлено на рис. 10. Результат розрахунку індивідуального завдання за вищезначеними вихідними даними он-лайн форми представлено на рис. 11.

Веб-інтерфейс (рис. 10) дозволяє миттєво вводити до он-лайн форми уточнені данні відповідно до даних отриманого інтервалу ізоляції кореня. Для спрощення візуального контролю результатів розрахунку інтервал ізоляції кореня позначається, на приклад, переходом кольору з зеленого до рожевого (рис. 11).

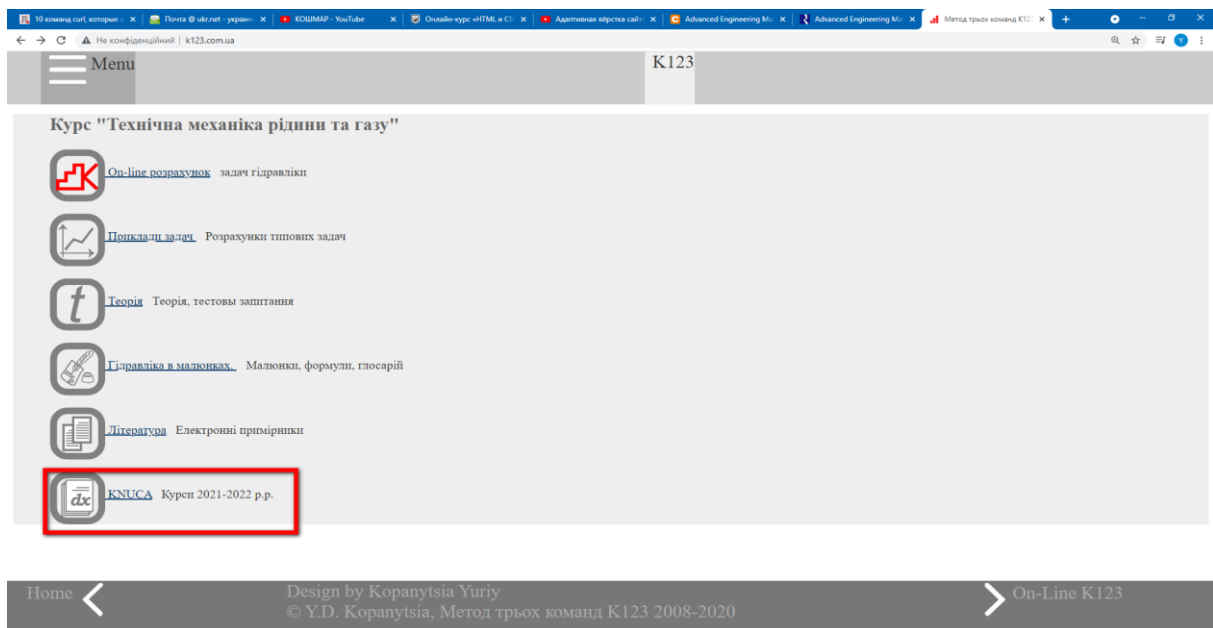


Рис. 5. Головна сторінка навчального сайту www.k123.com.ua. Посилання на сторінку задач позначено "KNUCA"

Fig. 5. The main page of the educational site www.k123.com.ua. The link to the task page is marked "KNUCA"

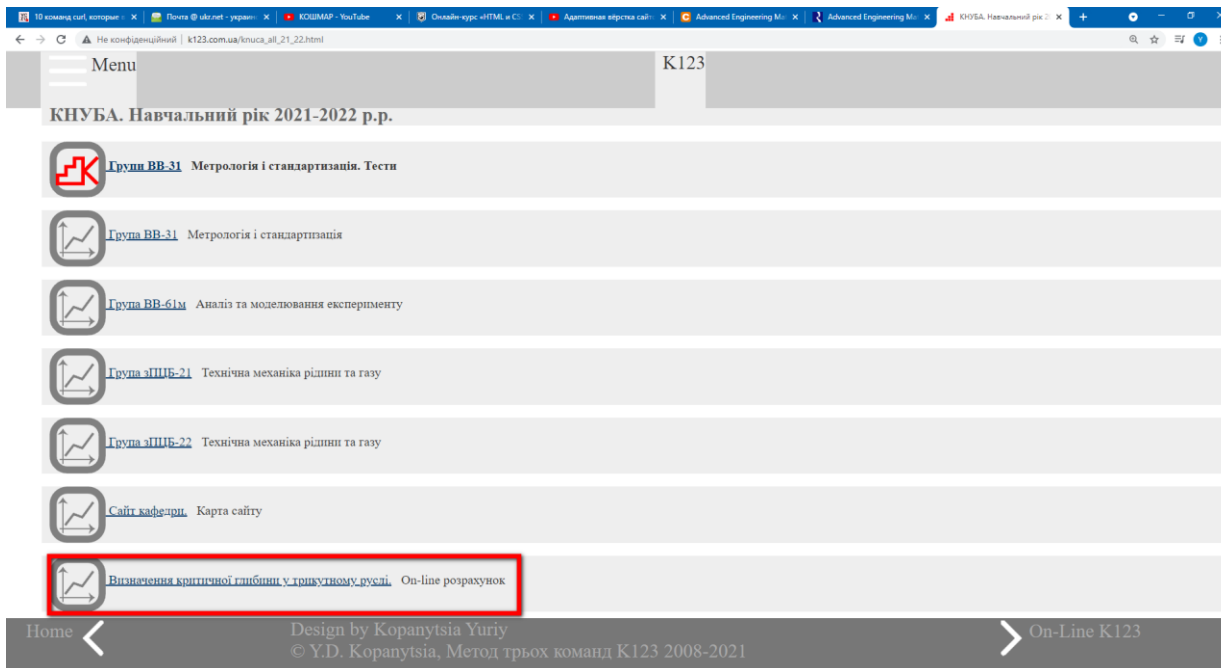


Рис. 6. Посилання на сторінку задачі «Визначення критичної глибини у трикутному руслі»
Fig. 6. Link to the page "Determination of critical depth in a triangular channel"

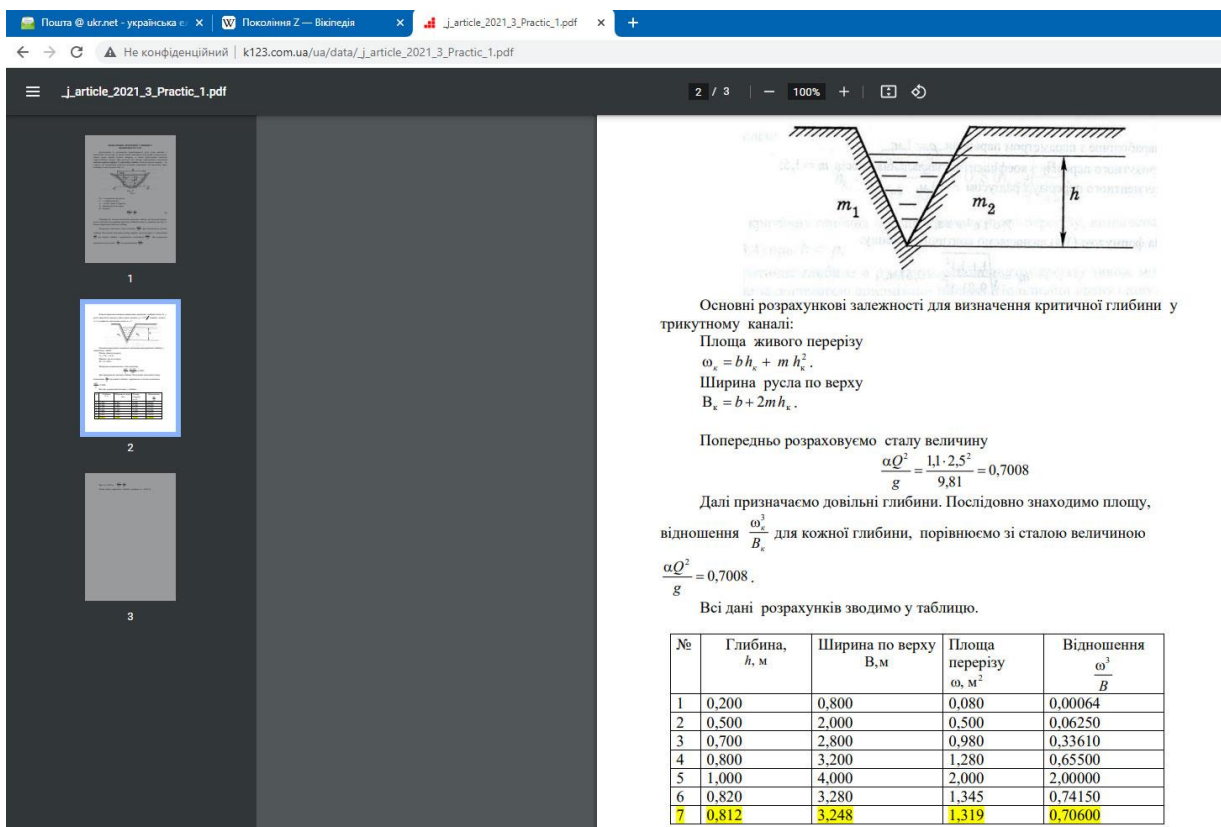


Рис. 7. Веб-інтерфейс доступу до класичного формату тексту прикладу розрахунку у форматі pdf
Fig. 7. Web interface for access to the classic text format of the calculation example in pdf format

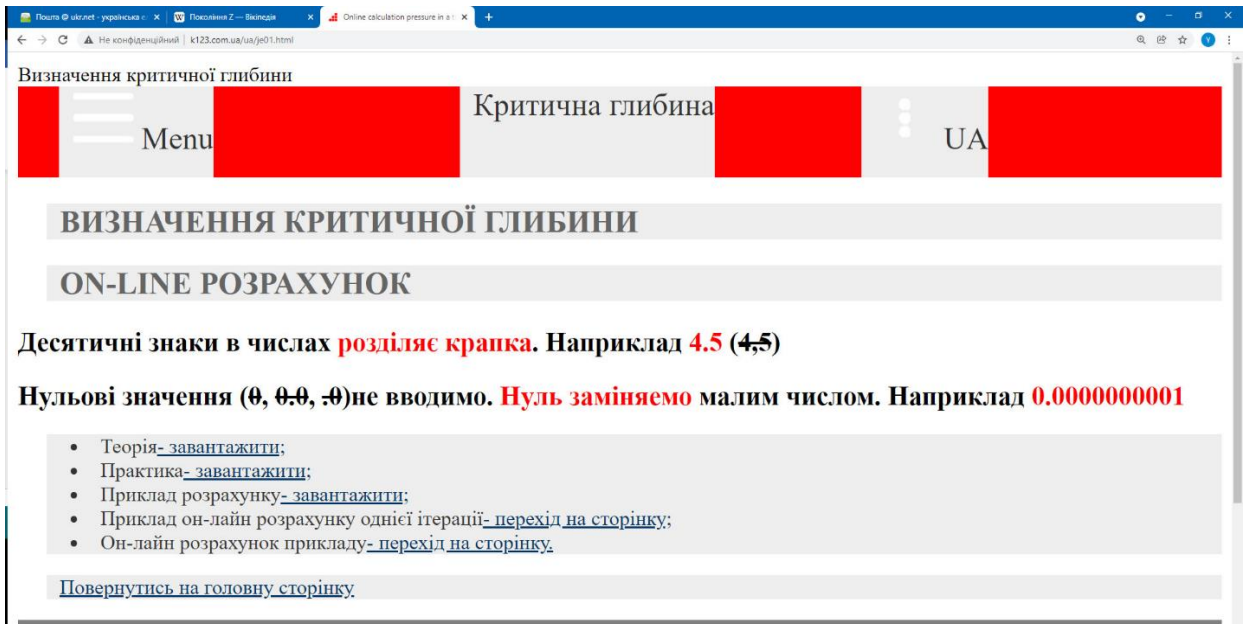


Рис. 8. Веб-інтерфейс он-лайн розрахунку. Доступ за посиланням <http://www.k123.com.ua/je0001.html>

Fig. 8. Web interface for online calculation. Access by link <http://www.k123.com.ua/je0001.html>

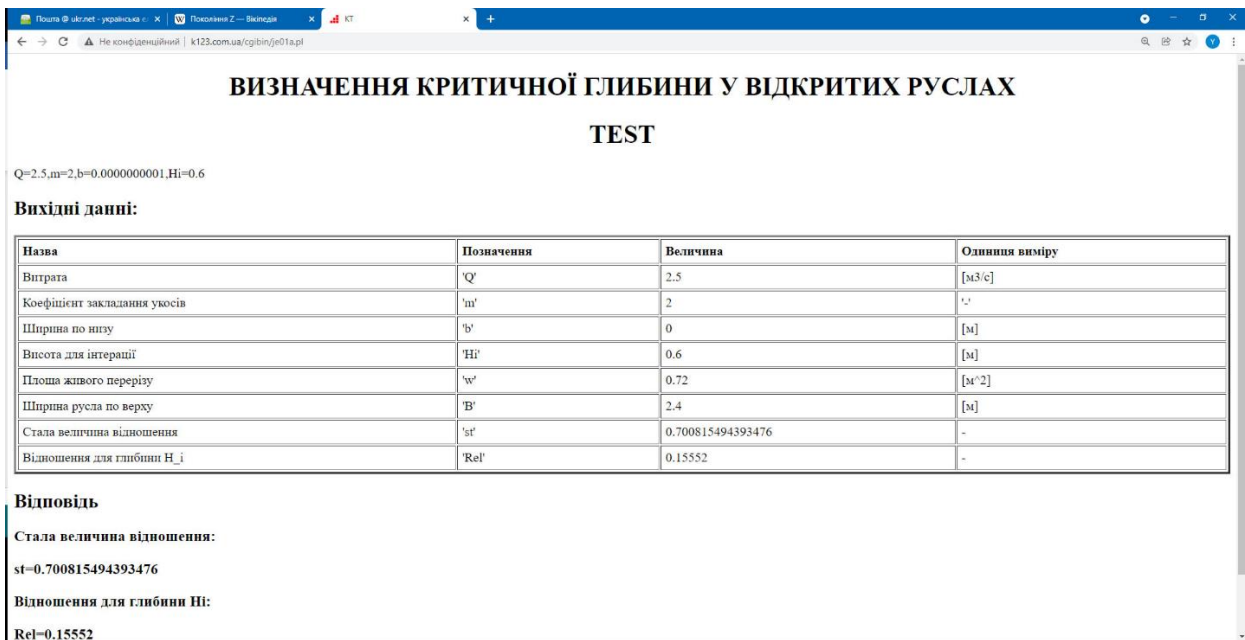


Рис. 9. Веб-інтерфейс результатів он-лайн розрахунку окремої ітерації

Fig. 9. Web interface results of online calculation of a separate iteration

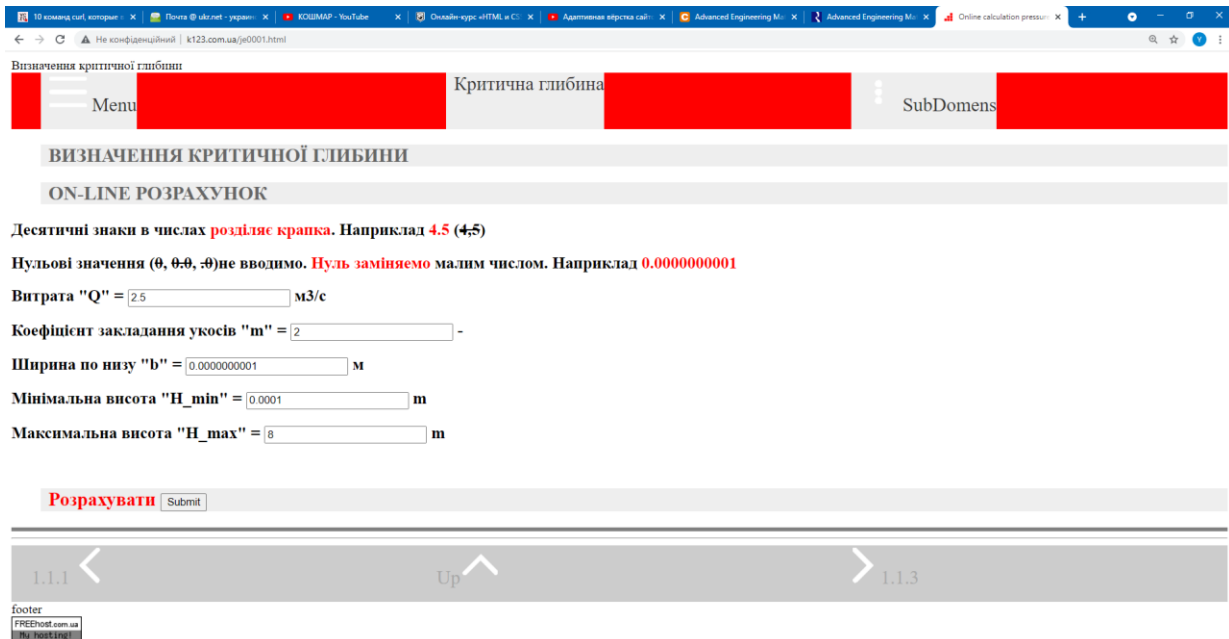


Рис. 10. Веб-інтерфейс он-лайн форми завдання вихідних даних повного розрахунку
 Fig. 10. The web interface of the online form of the task of initial data of full calculation

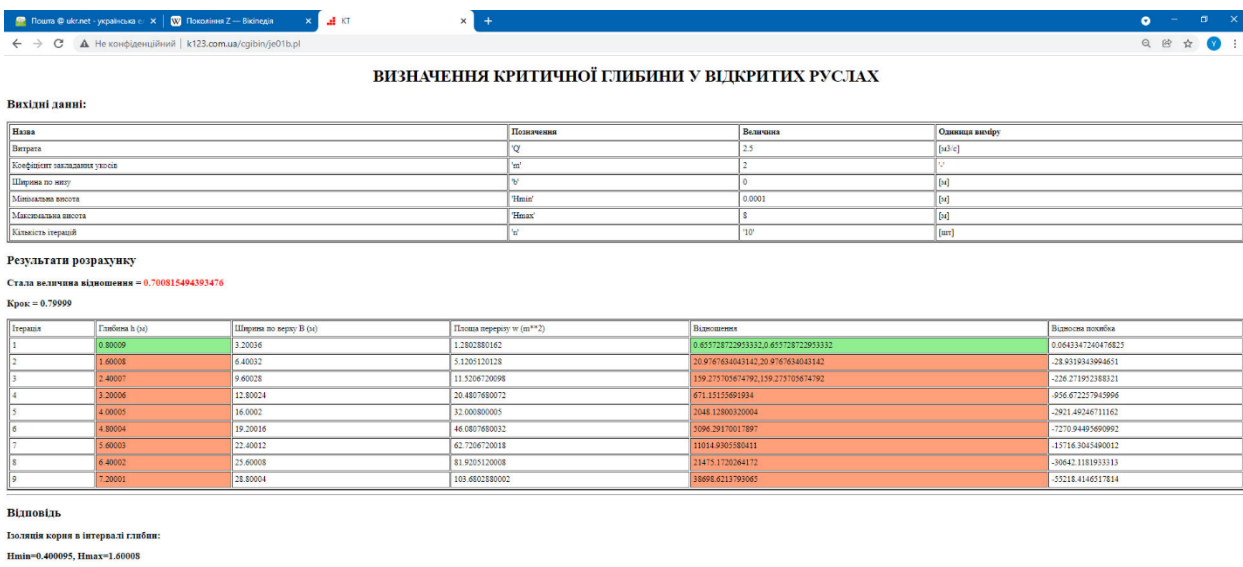


Рис. 11. Веб-інтерфейс повного он-лайн розрахунку задачі
 Fig. 11. Web interface of complete online calculation task

Веб-форма й он-лайн розрахунок дозволяють проводити повторні розрахунки й оцінювати точність наближення до кореня. На рис. 11 представлено рішення із 6% відносною похибкою.

Наведений он-лайн матеріал дозволяє прорахувати тестовий приклад, порівняти й перевірити власні розрахунки, виправити помилки й провести отладку

коду програми власного розрахунку. Відповідні розрахунки можливо відтворити в електронних таблицях у ручному режимі за класичними рекомендаціями у текстовому форматі "pdf" (рис. 7). Перспективним є доповнення методичних рекомендацій у форматі "html" та коротких методичних відео матеріалів.

Комп'ютерні розрахунки дозволяють змінювати вихідні дані й впроваджувати елементи моделювання й поглибленого вивчення теоретичних положень із використанням одного типового прикладу. У свою чергу зміна набору вихідних даних може сформувати окремі виключні події – втрата значущості окремих результатів розрахунків, поділення або помноження на нуль тощо. Як результат впливу таких, цілком ймовірних наборів даних, які можуть з'явитись у процесі моделювання й зміни вихідних параметрів у широкому діапазоні – ми отримуємо невірну відповідь, або помилку. Помилку у програмі, яку ми перевірили на тестовому прикладі. Помилку у програмі, яка працювала вірно із тестовим набором даних. Як вийти із цього кута?

Реалізація інтерактивних веб-форм із он-лайн розрахунками задач дозволяє подолати вищеозначені проблеми [12]. На рис. 8 представлена інтерактивна форма вводу вихідних даних задачі розрахунку критичної глибини у відкритому руслі трикутної або трапецеїдальної форми. Одна форма, в залежності від значення параметра “*b*” об'єднала три задачі звичайного підручника: для прямокутного, трапецеїдального та трикутного поперечного перерізу каналу.

Результати розрахунку чисельним методом "Ізоляції кореня" представлено на скріншоті рис. 9. Кольором, для наочності, програма виділяє діапазон ізоляції кореня. Перехід кольору із зеленого на рожевий маркірує границі ізоляції. Рекомендація щодо подальшого розрахунку й отримання рішення із більш високою точністю представлено у вигляді відповіді. Останній стовпчик таблиці виводить відносну точність розрахунку. Стандартне співвідношення також представлено червоним кольором. Кнопка повернення до форми дозволяє повернутись до інтерактивної форми. Зміна мінімальної й максимальної глибини й повторний розрахунок дозволяють отримати рішення із будь-якою наперед заданою точністю.

Веб-інтерфейс із формою вводу довільних вихідних даних та клієнт-серверна технологія дозволяють проводити моделювання й розрахунки. Вхідний тест даних користувача на належність до цифрового формату, відповідність прийнятої або припустимої розрядності, формат чисел, припустимі величини значень забезпечує на вході аналіз «регулярних виразів» (“*regular expression*”) [13-14]. Запрограмоване інтерфейс виводу діагностики й підказок щодо помилок вводу вихідних даних користувача та результатів розрахунків [15-17]. Є можливість реалізувати захист й пароль доступу до сторінки. Кожна сторінка включає код *Google Analytics* й ми маємо аналітику використання он-лайн ресурсу. Маємо інструментальний об'єктивний механізм збору статистики використання окремих елементів (сторінок) навчального сайту.

Ми надаємо студенту можливість отримати розрахунки означеної задачі на необмеженому масиві набору даних й мати вірну відповідь та результати всіх проміжних розрахунків. У такий спосіб ми допомагаємо студенту провести отладку власного коду однієї ітерації розрахунку (рис. 6,7) або повного розрахунку задачі (рис. 8,9). Механізм реалізації даного проекту надає можливість додавати необмежену кількість гіпертекстових посилань на нові сторінки із допоміжною довідковою інформацією або деталізувати окремі розрахунки.

ВИСНОВКИ

Сучасний стек технологій мережі Інтернет [18-19] дозволяє надавати миттєвий он-лайн доступ та генерувати необмежену кількість індивідуальних задач, розділяти доступ до сервісу, враховувати статистику використання навчального матеріалу, досліджувати ефективність різних форматів навчальних матеріалів, забезпечує оперативну публікацію нових матеріалів без заміни закладеної структури навчального посібника. Надавати паралельний он-лайн доступ до різних редакцій навчального матеріалу як в формі

он-лайн сервісів, так й завантажувати у стандартних текстових форматах. Представлений експериментальний проект навчально-методичного матеріалу із веб-формами розрахунку індивідуальних задач є варіантом сучасного конкурентного он-лайн середовища в мережі Інтернет. Подальший напрям розвитку – доповнення методичними відео, аудіо й графічними елементами. Аналіз веб-аналітики дозволить поступово спростити інтерфейс та обрати найбільш ефективний набір форматів подачі навчальних матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Константинов Ю. М., Гіжа О. О.** Гідродинамічні характеристики підпертого гідравлічного стрибка. // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2009, 12. С.25-30.
2. **Константинов Ю. М., Гіжа О. О.** Інженерна гідравліка. К.: Видавничий дім „Слово”, 2006. 432 с.
3. **Graf W. H.** *Hydraulique fluviale: écoulement non permanent et phénomènes de transport*, Tom 2, *Traité de Génie Civil*, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Presse polytechnique et universitaire romane, 1996. 259 с.
4. **Violet P. L., Chabard J. P.** *Mécanique des fluides appliquée*, Presse des ponts et chaussées, 1998.
5. **Чоу В. Т.** Гидравлика открытых каналов М.: Стройиздат, 1969. 462 с.
6. **Kreyszig E.** *Advanced Engineering Mathematics*. Wiley, 2011. 1280 p.
7. **Guelich S., Gundavaram S., Birznieks G.** *CGI Programming with Perl: Creating Dynamic Web Pages*. O'Reilly Media, 2000. 472 p.
8. **Hanegan K.** *Custom CGI Scripting with Perl*. Wiley, 2009. 304 p.
9. **Spraul A.** *How Software Works: The Magic Behind Encryption, CGI, Search Engines, and Other Everyday Technologies*. No Starch Press, 2015. 216 p.
10. **Stanek W. R., DeRose S. J.** *HTML, Java, CGI, VRML, SGML Web Publishing Unleashed* Paperback. Sams, 1996. 916 p.
11. **Forsythe K., Ubelhor L.** *HTML for the Business Developer: with JavaServer Pages, PHP, ASP.NET, CGI, and JavaScript*. Mc Press, 2008. 863 p.
12. **Buley L.** *The User Experience Team of One: A Research and Design Survival Guide* Paperback. Rosenfeld Media, 2013. 246 p.
13. **Forta B.** *Learning Regular Expressions*. Addison-Wesley Professional, 2018. 144 p.
14. **Goyvaerts J., Levithan S.** *Regular Expressions Cookbook: Detailed Solutions in Eight Programming Languages*. O'Reilly Media, 2012. 612 p.
15. **Gothelf J., Seiden J.** *Lean UX: Designing Great Products with Agile Teams*. O'Reilly Media, 2021. 256 p.
16. **Yablonski J.** *Laws of UX: Using Psychology to Design Better Products & Services*. O'Reilly Media, 2020. 152 p.
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. 83. 335-338.
18. **Gauchat J.D.** *HTML5 for Masterminds, 3rd Edition: How to take advantage of HTML5 to create responsive websites and revolutionary applications* Paperback. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017. 624 p.
19. **Frain B.** *Responsive Web Design with HTML5 and CSS: Develop future-proof responsive websites using the latest HTML5 and CSS techniques*. Packt Publishing, 2020. 408 p.

REFERENCES

1. **Konstantinov, Yu. M., & Gizha, O. O. (2009)** *Hidrodynamichni kharakterystyky pidperthoho hidravlichnoho strybka. Problemy vodopostachannia, vodovidvedennia ta hidravliki, 12. 25-30.* [in Ukrainian]
2. **Konstantinov, Yu. M., & Gizha, O. O. (2006)** *Inzhenerna hidravlika: Pidruchnyk.* Kyiv: Vydavnychi dim „Slovo”. [in Ukrainian]
3. **Graf, W. H. (1996)** *Hydraulique fluviale: écoulement non permanent et phénomènes de transport*, Tom 2, *Traité de Génie Civil*, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Presse polytechnique et universitaire romane.
4. **Violet, P. L., & Chabard, J. P. (1998)** *Mécanique des fluides appliquée.* Presse des ponts et chaussées.
5. **Chow, V. T. (1969)** *Hydraulic of open channels.* Moscow: Stroyizdat. [in Russian]
6. **Kreyszig, E. (2011)** *Advanced Engineering Mathematics.* New York: John Wiley and sons, inc. ISBN-10: 0470458364
7. **Guelich, S. Gundavaram, S. & Birznieks, G. (2000)** *CGI Programming with Perl:*

- Creating Dynamic Web Pages*. Cambridge: O'Reilly Media. ISBN-10: 1565924193
8. **Hanegan, K. (2009)** *Custom CGI Scripting with Perl*. New York: John Wiley and sons, inc. ISBN-10: 0471395978
 9. **Spraul, A. (2015)** *How Software Works: The Magic Behind Encryption, CGI, Search Engines, and Other Everyday Technologies*. San Francisco: No Starch Press. ISBN-10: 1593276664
 10. **Stanek, W. R., & De Rose, S. J. (1996)** *HTML, Java, CGI, VRML, SGML Web Publishing Unleashed Paperback*. Sams. ISBN-10: 1575210517
 11. **Forsythe, K., & Ubelhor, L. (2008)** *HTML for the Business Developer: with JavaServer Pages, PHP, ASP.NET, CGI, and JavaScript*. Lewisville: Mc Press Online, LP. ISBN-10: 1583470794
 12. **Buley, L. (2013)** *The User Experience Team of One: A Research and Design Survival Guide Paperback*. New York: Rosenfeld Media. ISBN-10: 1933820187
 13. **Forta, B. (2018)** *Learning Regular Expressions*. Addison-Wesley Professional. ISBN 0134757068, 9780134757063
 14. **Goyvaerts, J., & Levithan, S. (2012)** *Regular Expressions Cookbook: Detailed Solutions in Eight Programming Languages*. Cambridge: O'Reilly Media. ISBN-10: 1449319432
 15. **Gothelf, J., & Seiden, J. (2021)** *Lean UX: Designing Great Products with Agile Teams*. Cambridge: O'Reilly Media. ISBN-10: 1491953608
 16. **Yablonski, J. (2020)** *Laws of UX: Using Psychology to Design Better Products & Services*. Cambridge: O'Reilly Media. ISBN-10: 149205531X
 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. **Gauchat, J. D. (2017)** *HTML5 for Masterminds: How to take advantage of HTML5 to create responsive websites and revolutionary applications Paperback*. Create Space Independent Publishing Platform. ISBN-10: 154292331X
 19. **Frain, B. (2020)** *Responsive Web Design with HTML5 and CSS: Develop future-proof responsive websites using the latest HTML5 and CSS techniques*. Packt Publishing. ISBN: 1839211563

Web interface for determining critical depth in open channel

Yuri Kopanytsia, Olena Gizha, Oksana Nechypor, Nestan Tavartkiladze

Abstract. Research and calculations of non-uniform motion are very important from a practical point of view and have certain features for different states of flow, analysis of the shape of free surface curves, as well as the design of many hydraulic structures. When considering these issues, the concepts of specific cross-sectional energy and critical depth are used.

The current trend of technology development in the educational process is based on Internet communications, instant online calculations and mobile microprocessor gadgets with appropriate software. The presented experimental project of educational and methodical material with web forms of online calculation of individual tasks is a variant of the modern competitive online environment on the Internet.

Further direction of development - addition of methodical video, audio and graphic elements. Analysis of web analytics will gradually simplify the interface and choose the most effective set of modern formats for teaching materials.

Computer on-line calculations allow to change the initial data and to introduce elements of modeling and in-depth study of theoretical positions using one typical example in the form of a web form.

Key words: critical depth, specific energy of the section, online calculation.

Стаття надійшла до редакції 02.12.2021