

## МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ РОЗГАЛУЖЕНОЇ МЕРЕЖІ В CAS MAXIMA ТА СЕРВЕРНІ ОНЛАЙН РОЗРАХУНКИ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Юрій Копаниця<sup>1</sup>, Олена Гіжа<sup>2</sup>, Євген Павлов<sup>3</sup>, Богдан Кострич<sup>4</sup>, Олексій Матвієнко<sup>5</sup>

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

<sup>1</sup> канд. тех. наук., kopanytsia.iud@knuba.edu.ua, orcid.org//0000-0002-9470-1902

<sup>2</sup> канд. тех. наук., gizha.oo@knuba.edu.ua, orcid.org//0000-0003-4878-6850

<sup>3</sup> канд. тех. наук., pavlov.yei@knuba.edu.ua, orcid.org//0000-0002-9487-5136

<sup>4</sup> bogdankostry4@ukr.net, orcid.org//0009-0007-8984-0741

<sup>5</sup> matvienkooleksii@ukr.net, orcid.org//0009-0007-4848-5106

DOI: 10.32347/2524-0021.2023.45.24-31

**Анотація.** Напірні трубопроводи є важливою частиною водогосподарської інфраструктури. Водопровідні мережі перекачують рідину до споживача за допомогою насосів (або подають її від водонапірної башти) у задані точки. Від правильного розрахунку і надійної роботи цих ділянок залежить функціонування всієї міської інфраструктури. В даній роботі показано реалізацію комп'ютерного розрахунку одного з варіантів розгалуженої мережі із використанням чисельних методів в системі комп'ютерної алгебри CAS MAXIMA, її графічну підсистему символічної математики та використання авторської онлайн програми розрахунків з клієнт-серверною реалізацією – [https://www.k123.org.ua/jg\\_IH\\_job1.html](https://www.k123.org.ua/jg_IH_job1.html).

Впровадження елементів комп'ютерних розрахунків у навчальному процесі дозволяє генерувати необмежену кількість індивідуальних варіантів вихідних даних. Впровадження комп'ютерного розрахунку вимагає наявності автоматичної онлайн генерації відповідей для кожного етапу ітераційних обчислень. Задача генерації онлайн відповідей покладена в основу розробки програми.

Запропоновано навчальну онлайн платформу для дослідження оптимальності числового, графічного та аудіо форматів для постановки задачі. Досліджено формати веб-форми для вводу вихідних даних. Онлайн розрахунки скорочують час, який витрачається на типові одноманітні операції. Додаткові можливості миттєвих онлайн розрахунків та наочна графічна візуалізація результатів обчислення розширюють можливості моделювання окремих елементів розгалуженої мережі.

Онлайн програма дозволяє задіяти комп'ютерні розрахунки, розширити культуру використання прикладних математичних методів для інженерних розрахунків, познайомити з алгоритмами й структурами даних й вирішувати головну задачу підготовки майбутніх інженерів – забезпечити сучасний рівень освіти й готовність вирішувати нові задачі.

**Ключові слова:** розгалужена мережа, чисельні методи, онлайн розрахунок.

### ВСТУП

Напірні трубопроводи є важливою частиною водогосподарської інфраструктури. Водопровідні мережі перекачують рідину до споживача за допомогою насосів (або подають її від водонапірної башти) на задані відмітки [1-4].

Від правильного розрахунку і надійної роботи цих ділянок залежить функціонування всієї міської інфраструктури.

У даній роботі показано реалізацію комп'ютерного розрахунку одного з варіантів розгалуженої мережі із використанням чисельних методів в системі комп'ютерної алгебри CAS MAXIMA (рис. 1, *h*), її

графічну підсистему символічної математики (рис. 1, *n, o*) та використання авторської онлайн програми розрахунків з клієнт-серверною реалізацією [https://www.k123.org.ua/jg\\_IH\\_job1.html](https://www.k123.org.ua/jg_IH_job1.html) (рис. 1, *a-g, p-v*).

Впровадження елементів комп'ютерних розрахунків у навчальному процесі [5-9] дозволяє генерувати необмежену кількість індивідуальних варіантів вихідних даних. Впровадження комп'ютерного розрахунку вимагає наявності автоматичної онлайн генерації відповідей для кожного етапу ітераційних обчислень. Задача генерації онлайн відповідей покладена в основу розробки програми.

### МЕТА І МЕТОДИ

В роботі представлено :

- дослідження варіанту програмування спеціальної веб-сторінки для постановки навчальної задачі у текстовому, графічному та аудіо форматі;
- розроблено веб-інтерфейс для вводу вихідних даних;
- реалізовано захищені онлайн розрахунки в програмі із клієнт-серверною архітектурою (роздільний доступ до варіативного функціоналу по пароллю) ;
- в програмі відображаються розраховані межі зміни вихідних параметрів;
- передбачена візуалізація результатів окремого ітераційного розрахунку;
- забезпечено форматування табличного виводу результатів послідовних ітераційних розрахунків, оцінка відносної похибки із візуалізацією наявності (або відсутності) зони ізоляції кореня;
- графічне відображення схеми ділянки розгалуженої мережі із аналізом результатів розрахунків та методичними рекомендаціями, у разі доцільності, щодо зміни вихідних даних;
- візуалізація функціональної залежності й відображення відповідного інтервалу ітераційних розрахунків на спільному графіку.

### 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 [10-23]. 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 [10], елементам налагодження 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 налагодження коду розрахунку. Ключове слово – налагодження 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?

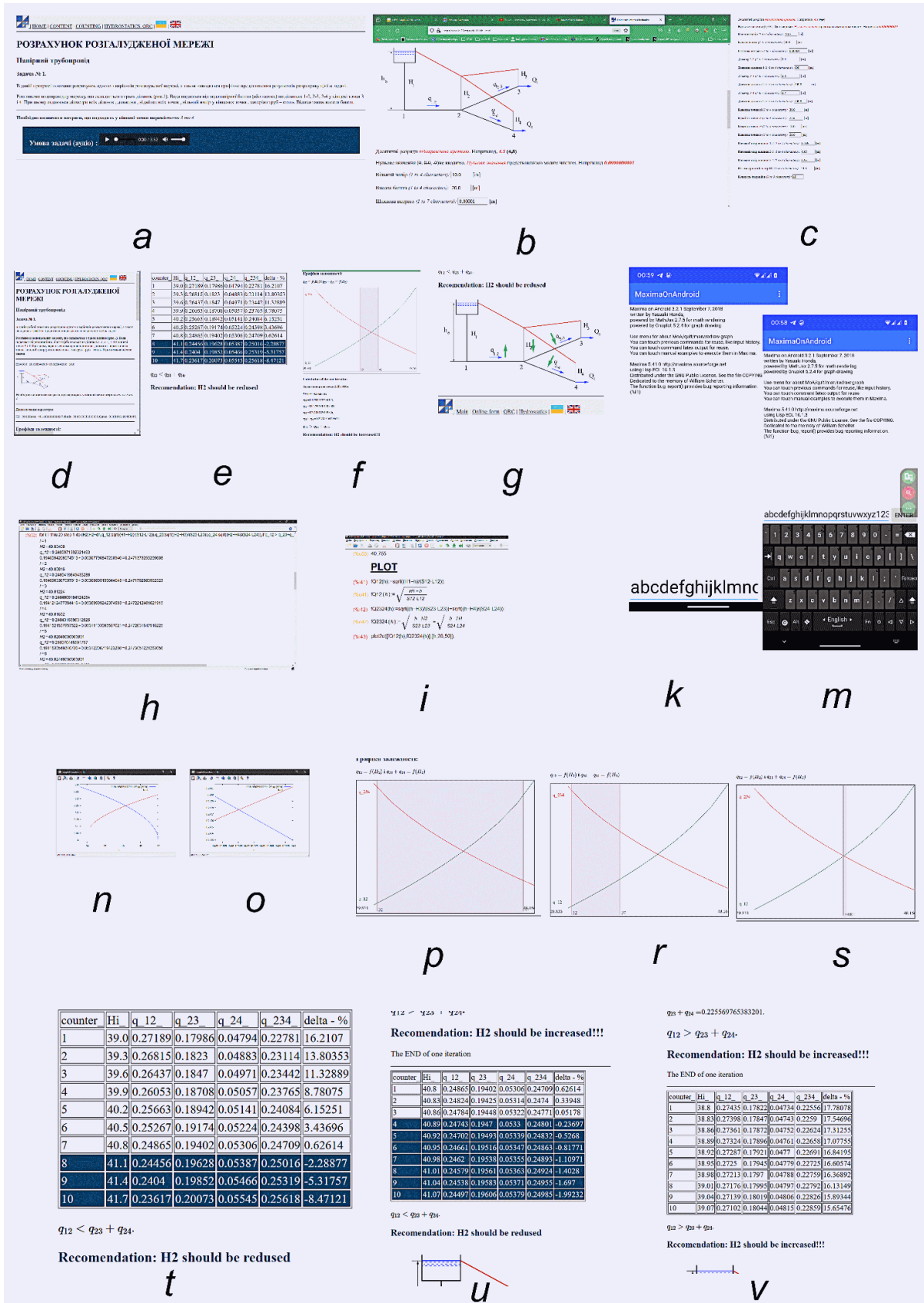


Рис. 1. CAS MAXIMA та онлайн розрахунки; *a-g* – онлайн розрахунки; *h-i* – CAS MAXIMA; *k-m* – скріншот смартфона; *n-o* – CAS MAXIMA; *p-v* – онлайн розрахунки  
 Fig. 1. CAS MAXIMA та online counting; *a-g* - online calculations; *h-i* – CAS MAXIMA; *k-m* – smartphone screenshot; *n-o* – CAS MAXIMA; *p-v* - online calculations

## ПРИКЛАД УНІВЕРСАЛЬНОГО ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСУ

Розробка тестових наборів даних, наявність прикладів розрахунку будь-якого етапу ітераційних обчислень є обов'язковим етапом впровадження комп'ютерних розрахунків. Представлений варіант реалізації онлайн розрахунків дозволяє розв'язувати широке коло задач від перевірки до візуалізації отриманих рішень [11-16]. Візуалізація всіх етапів ітеративних розрахунків [17-21] на необмеженому наборі даних в межах вихідних даних представленого типу задач є необхідним й важливим завданням розробленої програми.

Запропоновано навчальну онлайн платформу для дослідження оптимальності числового, графічного та аудіо форматів для постановки задачі [22-23].

Досліджено формати веб-форми для вводу вихідних даних. Онлайн розрахунки скорочують час, який витрачається на типові одноманітні операції. Додаткові можливості миттєвих онлайн розрахунків та наочна графічна візуалізація результатів обчислення розширюють можливості моделювання окремих елементів розгалуженої мережі.

Онлайн розрахунки, необмежений відкритий доступ, наочна візуалізація результатів дослідження дозволяють з'ясувати взаємодію залежних та незалежних факторів й фізичні процеси, які відбуваються у водопровідній мережі.

Представлено один із елементів онлайн проекту - [https://www.k123.org.ua/jg\\_IH\\_job1.html](https://www.k123.org.ua/jg_IH_job1.html) – на авторському сайті <https://www.k123.org.ua> (с) 2023 Копаниця Ю.Д.

Онлайн програма дозволяє задіяти комп'ютерні розрахунки, розширити культуру використання прикладних математичних методів для інженерних розрахунків, познайомити з алгоритмами й структурами даних й вирішувати головну задачу підготовки майбутніх інженерів – забезпечити сучасний рівень освіти.

В роботі показано можливості комп'ютерної візуалізації одного з варіантів

розгалуженої мережі із використанням графічної підсистеми програми CAS MAXIMA та паралельне використання у навчальному процесі прикладу онлайн програми - [https://www.k123.org.ua/jg\\_IH\\_job1.html](https://www.k123.org.ua/jg_IH_job1.html).

В Google analytics проведено аналіз використання мобільного трафіку на сторінках авторських навчальних онлайн додатків із стартової сторінки навчальних груп за посиланням

[http://www.k123.com.ua/j\\_Hydraulics\\_TBKV\\_M\\_2023.html](http://www.k123.com.ua/j_Hydraulics_TBKV_M_2023.html) (рис 1, *m*).

Вибірку побудовано на основі 835 відвідувань окремої навчальної сторінки (рис 1, *a*) двох груп із 32 студентами під час домашнього навчання, лекцій та аудиторних занять в Університеті вересень-жовтень 2023 навчального року.

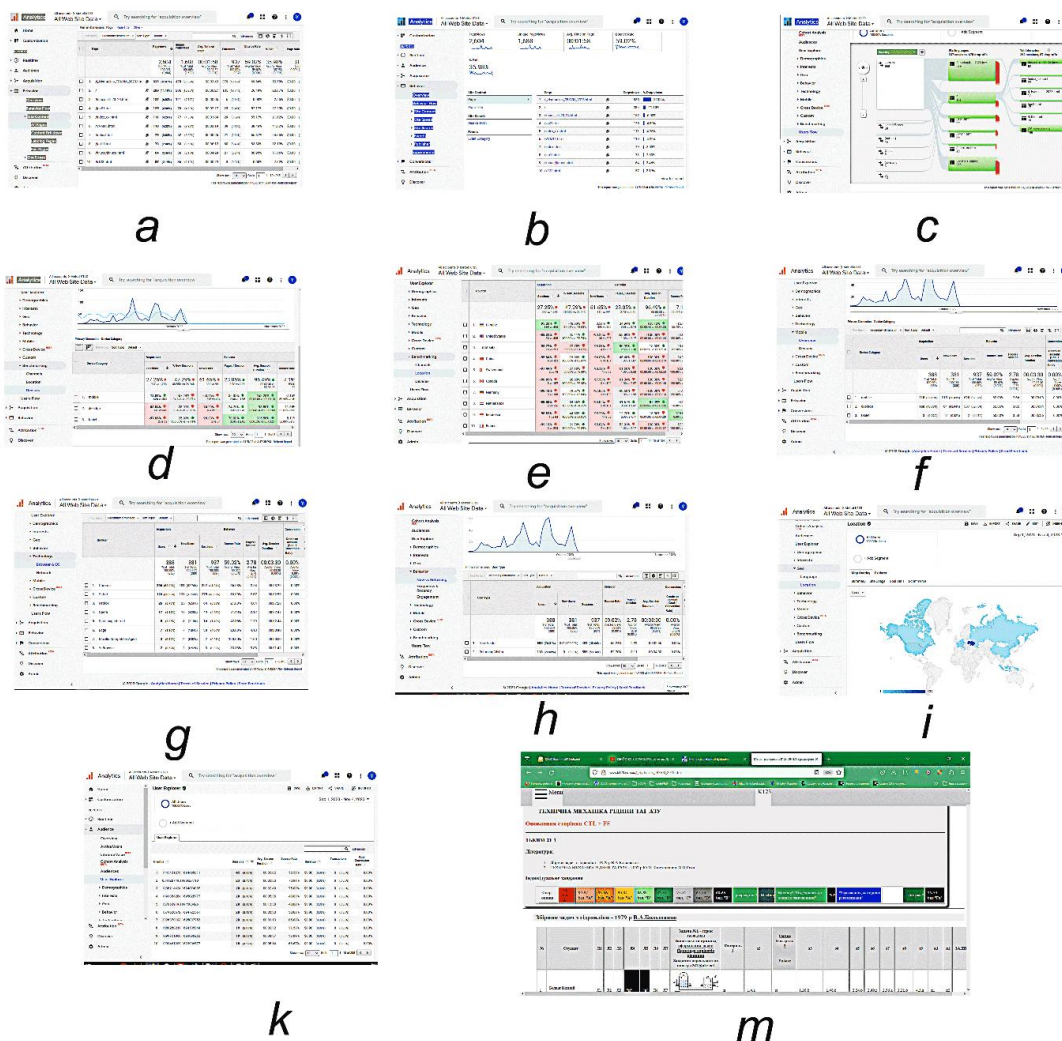
За даними Google analytics (рис. 2, *a-k*) ми маємо повну картину використання навчальних онлайн ресурсів в режимі 24/7 (які сторінки (рис. 1, *b*), скільки часу (рис. 1, *a*), розподіл активності за часом (рисю 1, *d*) та у якій послідовності відбуваються переходи (рис. 1, *c*), розподіл браузерів (рис. 1, *g*), країн проживання та мова (рис. 1, *e*), перелік й марки смартфонів (рис. 1, *k*) тощо).

Наведемо одну з характеристик - розподіл трафіку:

- 56% мобільний, 43% стаціонарний трафік, 1% планшети (рис. 1, *d*);
- за означений період семестру отримано тренди зростання 15,8% мобільного та 63% падіння стаціонарного трафіку (рис. 1, *d*).

Узагальнені результати опитування контрольних груп студентів на двох факультетах щодо відвідування бібліотеки й користування друкованими підручниками на першому та другому курсу:

- на першому курсі 60% студентів користувались друкованими підручниками й відповідно 40% - ні;
- на першому курсі 35% студентів взяли 5-6 підручників, 25% взяли 2-4 підручника й відповідно на другому курсі відсоток студентів, які користуються підручниками - прямує до нуля.



**Рис. 2.** Google analytics: *a-m* – параметри аналітики використання навчальних онлайн матеріалів

**Fig. 2.** Google analytics: *a-m* – analytical parameters of the use of educational online materials

Сучасні тенденції використання студентами мобільних пристроїв у навчальному процесі для доступу до інформації характеризується зростання ролі мобільного трафіку на смартфонах. За останнє десятиріччя доля використання студентами стаціонарних пристроїв із зручними великими екранами, повнорозмірними клавіатурами та широкополосними провідними каналами зв'язку продовжує скорочуватися.

Мобільні технології характеризуються незручним способом вводу даних та невеликим екраном із дрібним текстом (рис. 1, *k,m*). Порт програми CAS MAXIMA для платформи Android дозволяє набрати 14-20 символів розміром 10-20 пунктів.

Горизонтальний формат екрана смартфона практично буде перекрито спливаючою клавіатурою. Робочий вертикальний формат на рисунку 1, *m*. Обмежений кут огляду інформації на екрані смартфона та висока ймовірність генерації чисельних помилок ручного вводу літер та цифр призводить до обмеженого використання мобільних портів версій систем комп'ютерної математики (рис. 1, *h*).

Новий етап сучасного технологічного укладу (мініатюризація пристроїв та обмеження пропускну здатності мобільного каналу зв'язку) ставить нові задачі щодо використання обчислювальних засобів у навчальному процесі. Задача номер один –

розробка нових алгоритмів та підходів у реалізації сучасних мобільних інженерних розрахунків. Задача номер два – паралельна розробка відповідних онлайн додатків із реалізацією нових підходів та парадигм, які базуються на візуалізації даних.

Приклад онлайн розрахунку елементу розгалуженої мережі із різною точністю представлено на рисунку 1, *t-v*. Останній рядок таблиці результатів включає оцінку точності розрахунку (рис. 1, *t-v*).

Запропоновано використання потужного функціоналу символічної математики в системі CAS MAXIMA. Представлено варіант запису системи чотирьох алгебраїчних рівнянь, які складають запис умови означеної вище навчальної задачі у вигляді – одне рівняння й одна функціональна залежність у символічному форматі запису. Такий формат запису суттєво скорочує загальну довжину кожної окремої команди (строки програми) на екрані смартфона.

На відміну від стандартних підходів підстановки й ускладнення запису остаточного рівняння, запропоновано символічну форму запису рішення. Головну функціональну залежність представлено у наближеному до загальноприйнятого у математиці формальному вигляді запису функції  $f(x)$  або  $f(x,y)$  тощо (рис. 1, *i*). У такий спосіб відображення на екрані скороченої строки (команди програми у символічному форматі) не перевищує його довжини. Запис однієї графічної команди із символічним позначенням узагальнених функцій дозволяє отримати на одному графіку всі функціональні залежності.

Одна команда графічної візуалізації (рис. 1, *i*) замінила чисельні цикли ітераційних розрахунків (рис. 1, *h*). У такий спосіб ми маємо компактну форму запису окремих команд програми, миттєвий результат, можливості моделювання й дослідження режимів роботи окремих ділянок мережі.

## ВИСНОВКИ

Задача номер один – розробка нових алгоритмів та підходів у реалізації сучасних мобільних інженерних розрахунків. Задача номер два – паралельна розробка відповідних онлайн додатків із реалізацією нових

підходів та парадигм, які базуються на візуалізації даних в мережі Internet та в системах комп'ютерної математики.

Представлено один із елементів онлайн проекту [https://www.k123.org.ua/jg\\_IH\\_job1.html](https://www.k123.org.ua/jg_IH_job1.html). Проект у стадії розробки варіантів веб інтерфейсу й дослідження форматів виводу даних інструментами Google Analytics. Аудіо формат постановки задачі та пояснення алгоритму розрахунку представлено у скріншоті на рисунку 1, *a*. Кольорове забарвлення комірок таблиці ітераційних розрахунків виділяє інтервал ізоляції кореня (рис. 1, *e,t-u*) або його відсутність (рис. 1, *v*). Композиційне графічне зображення рішення та межі інтервалу ізоляції кореня представлено скріншотами екрану на рисунках 1, *f,p-s*. Графічна візуалізація отриманого результату розрахунків та рекомендації щодо зміни вихідного інтервалу даних генерується серверним програмним кодом у форматі масштабованої векторної графіки (scalable vector graphics – <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/SVG>).

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Константинов Ю.М., Гіжа О.О.** Інженерна гідравліка. Київ: Видавничий дім «Слово», 2006. 432 с.
2. **Graf, W. H.** Hydraulique fluviale. Tome 2, Écoulement non permanent et phénomènes de transport, Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 1996. 378 с. ISBN 10: 2-88074-300-1
3. **Violet P.L, Chabard J.P.** Mécanique des fluides appliquée, Paris :Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées, 1998. 367 с.
4. **Чоу В.Т.** Гидравлика открытых каналов. Пер. с англ. Москва: Стройиздат, 1969. 462 с.
5. **Копаниця Ю., Павлов Є., Толмачова Т.** Аналіз варіантів розрахунку сили гідростатичного тиску методом K123 // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2023, 43. 4-15.
6. **Копаниця Ю., Гіжа О., Нечипор О., Таварткіладзе Н.** Веб-інтерфейс – приклад універсальної платформи інженерних розрахунків у навчальному процесі // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2022, 39. 11-32.

7. **Копаниця Ю., Гіжа О., Нечипор О., Таварткіладзе Н.** ВЕБ інтерфейс для визначення критичної глибини у відкритих руслах // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2021, 37. 29-41.

8. **Копаниця Ю., Гіжа О., Нечипор О., Таварткіладзе Н.** Визначення нормальної глибини потоку в системі CAS MAXIMA // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2021, 35. 21-30.

9. **Кушка О., Степова Н.** Комп'ютерні застосунки для розрахунку внутрішніх систем водопостачання і водовідведення // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2022, 38. 43-49

10. **Kreyszig E.** Advanced Engineering Mathematics. Wiley, 2011. 1280 p.

11. **Guelich S., Gundavaram S. & Birznieks G.** CGI Programming with Perl: Creating Dynamic Web Pages. O'Reilly Media, 2000. 472 p.

12. **Hanegan K.** Custom CGI Scripting with Perl. Wiley, 2009. 304 p.

13. **Spraul A.** How Software Works: The Magic Behind Encryption, CGI, Search Engines, and Other Everyday Technologies. No Starch Press, 2015. 216 p.

14. **Stanek W.R., DeRose S.J.** HTML, Java, CGI, VRML, SGML Web Publishing Unleashed Paperback. Sams, 1996. 916 p.

15. **Forsythe K., Ubelhor L.** HTML for the Business Developer: with JavaServer Pages, PHP, ASP.NET, CGI, and JavaScript. Mc Press, 2008. 863 p.

16. **Buley L.** The User Experience Team of One: A Research and Design Survival Guide Paperback. Rosenfeld Media, 2013. 246 p.

17. **Forta B.** Learning Regular Expressions. Addison-Wesley Professional, 2018. 144 p.

18. **Goyvaerts J., Levithan S.** Regular Expressions Cookbook: Detailed Solutions in Eight Programming Languages. O'Reilly Media, 2012. 612 p.

19. **Gothelf J., Seiden J.** Lean UX: Designing Great Products with Agile Teams. O'Reilly Media, 2021. 256 p.

20. **Yablonski J.** Laws of UX: Using Psychology to Design Better Products & Services. O'Reilly Media, 2020. 152 p.

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

22. **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.

23. **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, Y. M., Gizha, O. O. (2006)** *Engineering Hydraulics*. Kyiv: Slovo Publishing House. [in Ukrainian]
2. **Graf, W. H. (1996)** *Hydraulique fluviale*. Tome 2, Écoulement non permanent et phénomènes de transport, Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes. ISBN 10: 2-88074-300-1
3. **Viollet, P. L., Chabard, J. P., Esposito P., & Laurence, D. (1998)**. *Mécanique des fluides appliquée*. Paris : Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées. [https://scholar.google.fr/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=fr&user=1WV\\_7s8AAAAJ&citation\\_for\\_view=1WV\\_7s8AAAAJ:dhFuZR0502QC](https://scholar.google.fr/citations?view_op=view_citation&hl=fr&user=1WV_7s8AAAAJ&citation_for_view=1WV_7s8AAAAJ:dhFuZR0502QC)
4. **Chou, V. T. (1969)** Open-Channel Hydraulics. McGraw Hill Book Company, New York.
5. **Kopanytsia, Yu., Pavlov, Ye., & 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>
6. **Kopanytsia, Yu., Gizha, O., Nechypor, O., & Tavartkiladze, N. (2022)**. Web interface - an example of the universal platform of engineering calculations in the educational process. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 39. 11-32. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.39.11-32>
7. **Kopanytsia, Yu., Gizha, O., Nechypor, O., & Tavartkiladze, N. (2021)**. Web interface for determining critical depth in open channel. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 37. 29-41. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2021.37.29-41>
8. **Kopanytsia, Yu., Gizha, O., Nechypor, O., & Tavartkiladze, N/ (2021)**. Determination of normal flow depth in cas maxima system. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 35. 21-30. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2021.35.21-30>
9. **Kushka, O., & Stepova, N. (2022)**. Computer applications for the calculating of building water supply and sewage system. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 38. 43-49. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.38.43-49>
10. **Kreyszig, E. (2011)**. Advanced Engineering Mathematics. Wiley. ISBN 978-0-470-45836-5.

11. **Guelich S., Gundavaram S. & Birznieks G. (2000).** CGI Programming with Perl: Creating Dynamic Web Pages. O'Reilly Media. ISBN 978-1565924192
12. **Hanegan, K. (2009).** Custom CGI Scripting with Perl. Wiley. ISBN 978-0471395973
13. **Spraul, A. (2015).** How Software Works: The Magic Behind Encryption, CGI, Search Engines, and Other Everyday Technologies. No Starch Press. ISBN 978-1593276669
14. **Stanek. W.R., & DeRose. S.J. (1996).** HTML, Java, CGI, VRML, SGML Web Publishing Unleashed Paperback. Sams. ISBN 978-1575210513
15. **Forsythe, K., & Ubelhor, L. (2008).** HTML for the Business Developer: with JavaServer Pages, PHP, ASP.NET, CGI, and JavaScript. Mc Press. ISBN 978-1583470794
16. **Buley, L. (2013).** The User Experience Team of One: A Research and Design Survival Guide Paperback. Rosenfeld Media. ISBN 978-1933820187
17. **Forta, B. (2018).** Learning Regular Expressions. Addison-Wesley Professional. ISBN 978-0134757063
18. **Goyvaerts, J., & Levithan, S. (2012).** Regular Expressions Cookbook: Detailed Solutions in Eight Programming Languages. O'Reilly Media. ISBN 978-1449319434
19. **Gothelf, J., & Seiden, J. (2021).** Lean UX: Designing Great Products with Agile Teams. O'Reilly Media. ISBN 978-1491953600
20. **Yablonski, J. (2020).** Laws of UX: Using Psychology to Design Better Products & Services. O'Reilly Media. ISBN 978-1492055310
21. **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>
22. **Gauchat, J.D. (2017).** HTML5 for Masterminds, 3rd Edition: How to take advantage of HTML5 to create responsive websites and revolutionary applications Paperback. CreateSpace Independent Publishing Platform. ISBN 978-1542923316
23. **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 978-1803242712

### Simulation of distributed network elements in CAS MAXIMA and server online calculations in the educational process

*Yuriy Kopanytsia, Olena Gizha, Yevhen Pavlov, Bohdan Kostrych, Oleksii Matvienko*

**Abstract.** Pressure pipelines are an important part of the water management infrastructure. Water supply networks pump the liquid to the consumer with the help of pumps (or supply it from a water tower) to specified points. The functioning of the entire urban infrastructure depends on the correct calculation and reliable operation of these areas. This paper shows the implementation of a computer calculation of one of the branched network options using numerical methods in the CAS MAXIMA computer algebra system, its graphic subsystem of symbolic mathematics, and the use of the author's online calculation program with a client-server implementation - <https://www.k123.org.ua/jgIHjob1.html>.

The implementation of elements of computer calculations in the educational process allows the generation of an unlimited number of individual variants of initial data. The implementation of computer calculation requires the availability of automatic online generation of answers for each stage of iterative calculations. The task of generating online answers is the basis of the program development.

An educational online platform is offered for researching the optimality of numerical, graphic and audio formats for setting the problem. The formats of the web form for entering output data have been studied. Online calculations reduce the time spent on typical monotonous operations. Additional possibilities of instant online calculations and visual graphic visualization of calculation results expand the possibilities of modeling individual elements of a branched network.

The online program allows you to use computer calculations, expand the culture of using applied mathematical methods for engineering calculations, introduce algorithms and data structures, and solve the main task of training future engineers - to ensure a modern level of education and readiness to solve new problems.

**Key words:** branched network, numerical methods, online calculation.

*Стаття надійшла до редакції 15.11.2023*