

РОЗРАХУНКИ ОКРЕМОГО ОБЛАДНАННЯ ВОДОПРОВІДНИХ ОЧИСНИХ СТАНЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ

Олександр Кушка¹, Юлія Григор'єва²

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, пр. Повітряних сил, Київ, 03037, Україна

¹ канд. техн. наук, kushka.om@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0003-0568-9006

⁴ hryhoryeva_yv-2023@knuba.edu.ua, orcid.org/0009-0003-5065-087X

DOI: 10.32347/2524-0021.2025.52.67-73

Анотація. У статті розглянуто особливості використання спеціалізованих комп'ютерних програм у навчальному процесі технічних університетів на прикладі дисциплін, пов'язаних з проєктуванням споруд водопровідних очисних станцій. Показано, що традиційні методи виконання розрахунків, засновані на використанні формул та табличних залежностей нормативних документів, потребують значних часових витрат і характеризуються підвищеною ймовірністю помилок, особливо у разі наявності методичних неузгодженостей. У дослідженні проведено аналіз структури типових розрахункових операцій, які виконують студенти, та визначено основні труднощі, що знижують ефективність навчання і мотивацію здобувачів освіти.

Запропоновано застосування комплексу прикладних комп'ютерних програм, розроблених для автоматизації окремих етапів проєктування технологічних споруд ВОС. Описано можливості програмного забезпечення для вибору складу споруд, розрахунку відстійників, фільтрів, трубопроводів та насосних станцій. Показано, що використання інтерактивних інтерфейсів дозволяє усунути виявлені суперечності в нормативних документах, зменшити обсяг рутинних розрахунків, забезпечити високу точність результатів і підвищити об'єктивність оцінювання студентських робіт.

Отримані результати свідчать, що впровадження цифрових інструментів у навчальний процес сприяє формуванню інженерного мислення, підвищує якість підготовки майбутніх фахівців та забезпечує відповідність освітнього процесу сучасним вимогам інженерної практики. Зроблено висновок про доцільність подальшого розширення використання програмних засобів у технічних дисциплінах та адаптації навчальних методик до умов цифрової трансформації вищої освіти.

Ключові слова: комп'ютерні програми, інженерна освіта, водоочисні споруди, цифровізація навчання, розрахункові методи, водопостачання, автоматизація розрахунків.

ВСТУП

Розвиток цифрових технологій у ХХІ столітті суттєво змінив підходи до організації освітнього процесу у закладах вищої освіти. Якщо наприкінці ХХ століття в технічних дисциплінах значну роль відігравали традиційні інструменти, зокрема номограми та розрахункові таблиці, то сьогодні їх використання практично втратило актуальність. У сучасних нормативних документах, таких як ДБН «Водопостачання. Зовнішні мережі і споруди» [1], зберігається значна кількість формул та табличних залежностей, однак їх

застосування потребує значних витрат часу та не виключає ймовірності помилок під час виконання рутинних розрахунків.

Паралельно з цим упродовж останніх десятиліть активно розвиваються та впроваджуються комп'ютерні програми, призначені для підтримки навчального процесу, виконання інженерних розрахунків і моделювання технологічних процесів. Значна кількість досліджень присвячена впливу цифрових технологій на академічну успішність студентів, ефективності комп'ютеризова-

ного навчання, а також використанню штучного інтелекту та спеціалізованих програмних інструментів у вищій освіті [2–19].

Особливої актуальності ці питання набувають у технічних університетах, де значна частина навчальних завдань передбачає розрахунково-аналітичну діяльність. Ручне виконання однотипних операцій часто знижує мотивацію студентів, збільшує тривалість підготовки та підвищує ризик помилок, тоді як використання структурованих програмних модулів дозволяє зосередитися на осмисленні алгоритмів, аналізі результатів та формуванні професійних компетентностей.

У цьому контексті впровадження спеціалізованих комп'ютерних програм у навчальний процес Київського національного університету будівництва і архітектури є важливим кроком до модернізації інженерної освіти та підвищення її ефективності.

МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є демонстрація можливостей спеціалізованих комп'ютерних програм, що застосовуються студентами Київського національного університету будівництва і архітектури під час виконання курсових проєктів, курсових робіт та розрахунково-графічних завдань, а також аналіз їхнього значення для оптимізації навчального процесу та підвищення точності інженерних розрахунків.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У процесі дослідження було проаналізовано підходи до виконання інженерних розрахунків, які студенти здійснюють під час підготовки курсових проєктів, курсових робіт та розрахунково-графічних завдань з дисциплін водопостачання та водоочищення. Особливу увагу зосереджено на операціях, що мають рутинний характер, є повторюваними та вимагають значних часових витрат при виконанні вручну.

Здійснено критичний аналіз змісту нормативного документа ДБН «Водопостачання. Зовнішні мережі і споруди» [1] з метою виявлення можливих внутрішніх неузгодженостей, які можуть ускладнювати

роботу студентів та призводити до розрахункових помилок. Для усунення цих проблем застосовано низку спеціалізованих комп'ютерних програм, розроблених для підтримки навчального процесу та автоматизації окремих етапів проєктування споруд водопровідних очисних станцій.

Методологія дослідження передбачала:

- аналіз структури розрахунків та типових труднощів, з якими стикаються студенти;
- порівняння результатів ручних розрахунків із результатами, отриманими за допомогою комп'ютерних програм;
- оцінювання можливостей програмних засобів у контексті підвищення точності, швидкості та наочності виконання розрахунків;
- моделювання різних варіантів технологічних схем ВОС для визначення ефективності програмного інструментарію в освітньому процесі.

Отримані результати дозволили оцінити не лише функціональність програм, але й їхній вплив на формування мотивації студентів, підвищення якості опрацювання матеріалу та глибину засвоєння теоретичних положень.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Зупинимось на деяких програмах, призначених для розрахунків окремих споруд водопровідних очисних станцій (ВОС), на яких очищають воду з поверхневих джерел до якості питної води.

Розрахунок окремих споруд на ВОС – трудомістка задача, і вона починається з вибору складу споруд.

За ДБН [1] вибір складу споруд очисної станції потрібно виконувати за допомогою таблиці 16 «Рекомендації для попереднього вибору споруд». Таблиця досить об'ємна, і для студента, який вперше виконує подібне завдання, вибір потрібних споруд не є простою задачею.

Ця задача тільки на перший погляд здається легкою. Для прикладу зупинимось на деяких позиціях таблиці. Наприклад, перша позиція «швидкі фільтри (одноступеневе фі-

льтрування)». Зазначено, що їх можна застосовувати при вихідній каламутності до 30 мг/л і на виході з фільтру отримаємо «не менше ніж 1,5 мг/л». Звісно, тут помилка, тому що, наприклад, 31 мг/л – це також «не менше ніж 1,5 мг/л», але в пункті 10.8.4 каламутність води на вході до швидких фільтрів «рекомендується приймати від 8 мг/дм³ до 15 мг/дм³». Фільтроцикл швидких фільтрів (пункт 10.12.3) повинен бути 8-12 годин – при нормальній швидкості фільтрування та 6-8 годин при форсованому фільтруванні, не менше. При зростанні кількості завислих речовин в $30/15 = 2$ та $30/8 = 3,75$ рази фільтроцикл відповідно зменшиться до 2,13-3,2 годин та 1,6-2,13 годин! Тобто явна неузгодженість між окремими частинами ДБН [1]!

Або, наприклад, далі в таблиці знаходимо «контактні префільтри та фільтри». Цю комбінацію споруд пропонують застосовувати при каламутності вихідної води до 300 мг/л, а каламутність на виході зі споруд буде «не менше ніж 1,5 мг/л». І нижче в таблиці знаходимо, що «контактні прояснювачі» застосовують при каламутності вихідної води до 120 мг/л при каламутності на виході зі споруд «не менше ніж 1,5 мг/л».

Але в п. 10.17.1 ДБН [1] сказано, що «конструкція контактних префільтрів аналогічна конструкції контактних прояснювачів з підтримуючими шарами». При застосуванні контактних префільтрів рекомендується враховувати пункти 10.15.1 - 10.15.10». А вказані вище пункти – це абсолютно весь розділ «10.15 Контактні прояснювачі». Тільки на контактних прояснювачах вилучається $120-1,5 = 118,5$ мг/л при швидкості 5 м/год, а на контактних префільтрах повинно вилучатися $300-15(8) = 285(292)$ мг/л при швидкості фільтрування 5,5 м/год. Кількість завислих речовин, які потрібно вилучити зростає від $285/118,5 = 2,4$ до $292/118,5 = 2,46$ раз при одночасному зростанні швидкості фільтрування на 10%.

Тобто для того щоб вилучити цю додаткову кількість завислих речовин потрібно збільшити шар завантаження, як мінімум в

$2,4 \times 1,1 = 2,64$ та $2,46 \times 1,1 = 2,71$ рази. Чого ДБН [1] не пропонує!

На цьому неузгодженості в таблиці 16 не закінчуються. Є ще прояснювачі з шаром завислого осаду, які не використовуються на водоочисних спорудах в зв'язку зі складнощами, а точніше принциповою неможливістю зробити стабільні, в технологічному аспекті, параметри експлуатації, та фільтри з пінополістирольним завантаженням (крупнозернисті фільтри) – розділ 10.14. Частина матеріалу з цього розділу не збігається з матеріалом, викладеним у публікації автора конструкцій пінополістирольних фільтрів [20].

При використанні комп'ютерних програм, в яких всі неузгодженості ДБН [1] вже виправлено, можна швидко та правильно отримати результат.

Користувачський інтерфейс програми для вибору головних технологічних споруд ВОС наведено на рис.1., розрахунку горизонтальних відстійників – рис. 2. На рис. 3. показано інтерфейси інших програм.

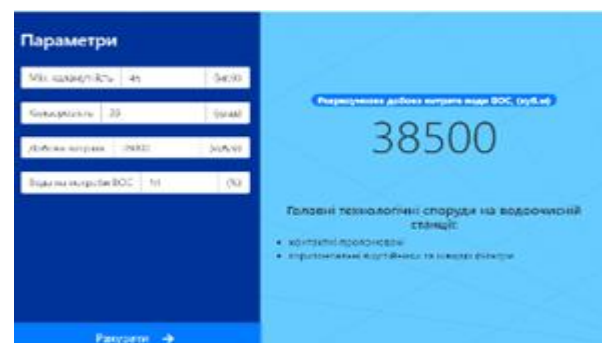


Рис. 1. Вибір головних технологічних споруд водопровідних очисних станцій (ВОС)

Fig. 1. Selection of main technological structures for water treatment plants (WTP)

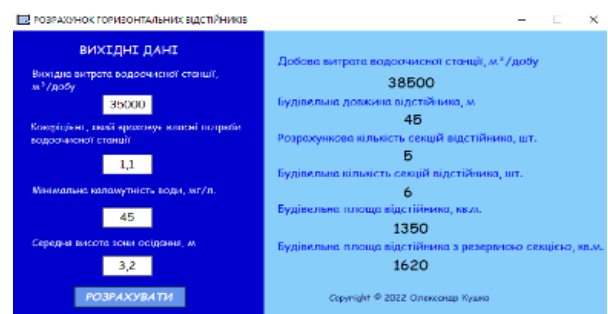


Рис. 2. Розрахунок горизонтальних відстійників

Fig. 2. Calculation of horizontal sedimentation tanks

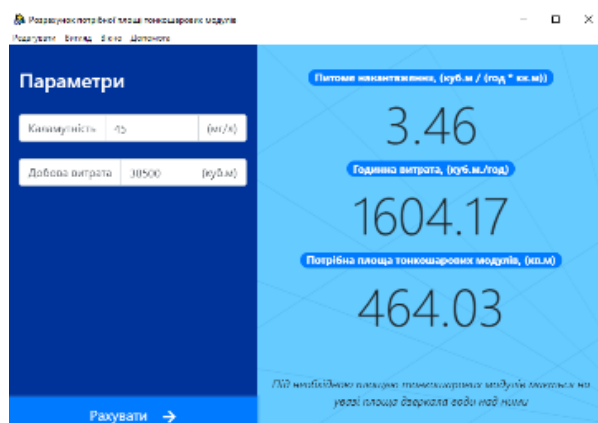


Рис. 3а. Визначення потрібної площі тонкошарових модулів
Fig. 3a. Determining the required area of thin-film modules

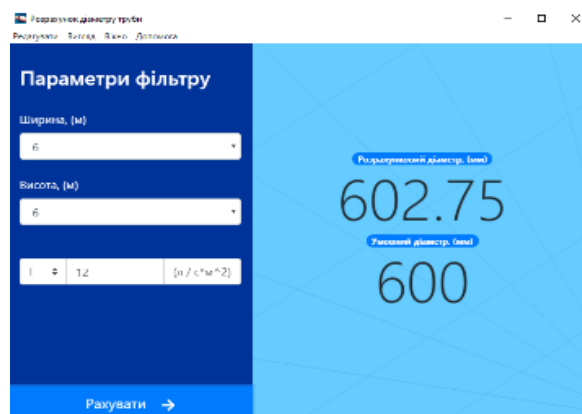


Рис. 3д. Визначення діаметрів труб, які підводять та відводять воду на промивку завантаження швидкого фільтру
Fig. 3d. Determination of the diameters of pipes that supply and drain water for flushing of the rapid filter bed

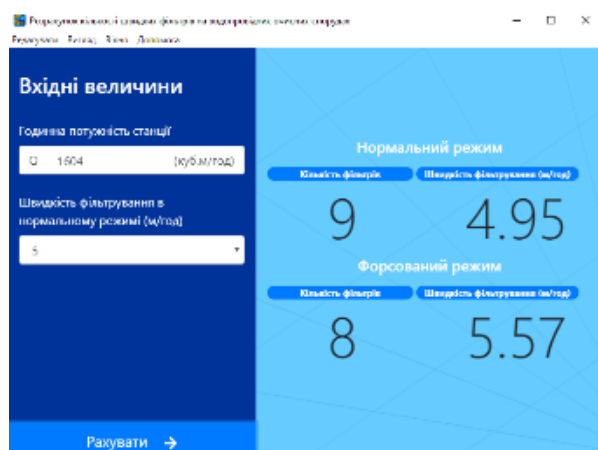


Рис. 3б. Визначення потрібної кількості швидких фільтрів
Fig. 3b. Determining the required number of rapid filters

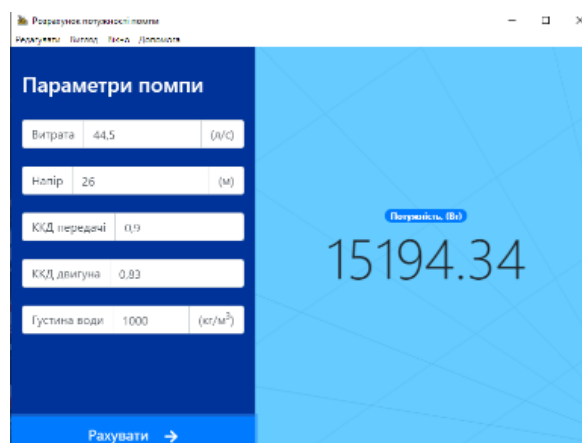


Рис. 4. Визначення потрібної потужності помпи насосної станції
Fig. 4. Determining the required power of the pumping station pump

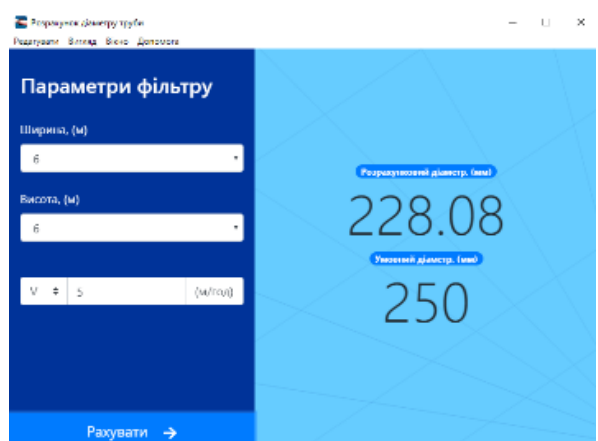


Рис. 3с. Визначення діаметрів труб, які підводять та відводять воду на фільтрацію
Fig. 3с. Determination of the diameters of pipes that supply and drain water for filtration

ВИСНОВКИ

У ході проведеного дослідження підтверджено, що використання спеціалізованих комп'ютерних програм у навчальному процесі значно підвищує ефективність підготовки студентів інженерних спеціальностей.

Аналіз показав, що традиційні підходи до виконання розрахунків, зокрема у проєктуванні споруд водопровідних очисних станцій, містять низку труднощів, пов'язаних із великим обсягом рутинних обчислень, можливістю помилок та наявністю неузгодженостей у нормативній документації.

Використання програмних засобів дозволяє мінімізувати ці недоліки, забезпечуючи високу точність результатів, прискорення розрахунків та підвищення інтересу студентів до навчального процесу.

Розроблені та апробовані прикладні програми дають змогу автоматизувати однотипні операції, виявляти суперечності в нормативних рекомендаціях і формувати коректні розрахунки відповідно до сучасних вимог. Завдяки застосуванню модульного підходу студенти отримують можливість прослідкувати усі етапи проектування, що сприяє кращому розумінню технологічних процесів та формуванню професійних компетентностей.

Проведена робота підтверджує, що впровадження цифрових інструментів у систему інженерної освіти не лише підвищує якість виконання курсових та проектних робіт, але й створює умови для об'єктивної та якісної перевірки результатів. Це дозволяє наблизити навчальний процес до реальних умов інженерної практики, формує у студентів здатність працювати з сучасним програмним забезпеченням та сприяє підготовці конкурентоспроможних фахівців.

ЛІТЕРАТУРА

1. **ДБН В.2.5-74:2013.** Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Мінрегіон України. К.: Укрархбудінформ, 2013. 115 с.
2. **Selwyn N.** Digital technologies in higher education: problems and possibilities // *British Journal of Educational Technology*, 2016, 47(2), 191–202. <https://doi.org/10.1111/bjet.12204>
3. **Henderson M., Selwyn N., Aston R.** What works and why? Student perceptions of 'useful' digital technology in university teaching and learning // *Studies in Higher Education*, 2017, 42(8), 1567–1579. <https://doi.org/10.1080/03075079.2015.1007946>
4. **Kirkwood A., Price L.** Learners and learning in the digital age: a critical appraisal of research and practice // *Learning, Media and Technology*, 2014, 39(1), 6–36. <https://doi.org/10.1080/17439884.2013.770404>
5. **Zhang J., Wang Y., Chen X.** Integration of computer-assisted instruction in engineering education: benefits and challenges // *Computer Applications in Engineering Education*, 2020, 28(4), 906–917. <https://doi.org/10.1002/cae.22334>
6. **Bond M., Marín V., Dolch C., Bedenlier S., Zawacki-Richter O.** Digital transformation in higher education: a systematic review // *Educational Research Review*, 2018, 28, 100–117. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.100292>
7. **Ocepek U., Bosnić Z., Žnidaršič A., Pucihar A.** The use of ICT and study satisfaction with online learning during COVID-19 // *Computers in Human Behavior*, 2022, 129, 107–118. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107118>
8. **Bower M.** Technology-mediated learning theory // *British Journal of Educational Technology*, 2019, 50(3), 1035–1048. <https://doi.org/10.1111/bjet.12771>
9. **Ifenthaler D., Yau J. Y.** Artificial intelligence in higher education: emerging technologies and future prospects // *Educational Technology Research and Development*, 2020, 68, 1721–1734. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09718-3>
10. **Huang R., Spector J. M.** Digital learning in higher education: a framework for innovation // *Journal of Computer Assisted Learning*, 2021, 37(6), 1634–1648. <https://doi.org/10.1111/jcal.12583>
11. **Stöhr C., Demazière C., Adawi T.** Pedagogical strategies for using simulations in engineering education // *European Journal of Engineering Education*, 2019, 44(6), 914–931. <https://doi.org/10.1080/03043797.2018.1533932>
12. **Czerkawski B.** Blending digital tools in university learning environments // *Journal of Educational Technology & Society*, 2015, 18(2), 231–244.
13. **Stricker D., Weibel D., Wissmath B.** Efficient learning with digital simulators: a meta-analysis // *Computers & Education*, 2011, 56(2), 368–380. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.08.007>
14. **Garrison D.R., Anderson T.** E-learning in the 21st century: a framework for research and practice // *Routledge*, 2011, 1–181. <https://doi.org/10.4324/9780203838761>
15. **Sung Y.-T., Chang K.-E.** The effectiveness of mobile learning in university education: a meta-analysis // *Educational Research Review*, 2016, 17, 19–36. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.12.002>
16. **Gikandi J., Morrow D., Davis N.** Online formative assessment in higher education: a review of the literature // *Computers & Education*, 2011, 57(4), 2333–2351. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.06.004>

17. **Wang F., Hannafin M.** Design-based research and technology-enhanced learning environments // *Educational Technology Research and Development*, 2005, 53, 5–23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>
18. **Bennett S., Maton K., Kervin L.** The ‘digital natives’ debate: implications for higher education // *British Journal of Educational Technology*, 2008, 39(5), 775–786. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00793.x>
19. **Кушка О., Степова Н.** Комп’ютерні застосунки для розрахунку внутрішніх систем водопостачання і водовідведення // *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*, 2022, (38), 43–49. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.38.43-49>
20. **Журба М. Г., Соколов Л. І., Говорова Ж. М.** Водопостачання. Проектування систем і споруд: видання друге, перероблене і доповнене. 2004. Навчальний посібник. Видавництво АСВ. 496 с.

REFERENCES

1. **Ministry of Regional Development of Ukraine (2013).** DBN V.2.5-74:2013. Water supply. External networks and facilities. Basic design principles. Kyiv: Ukrarkhbudinform. [in Ukrainian]
2. **Selwyn, N. (2016).** Digital technologies in higher education: problems and possibilities. *British Journal of Educational Technology*, 47(2), 191–202. <https://doi.org/10.1111/bjet.12204>
3. **Henderson, M., Selwyn, N., & Aston, R. (2017).** What works and why? Student perceptions of ‘useful’ digital technology in university teaching and learning. *Studies in Higher Education*, 42(8), 1567–1579. <https://doi.org/10.1080/03075079.2015.1007946>
4. **Kirkwood, A., & Price, L. (2014).** Learners and learning in the digital age: a critical appraisal of research and practice. *Learning, Media and Technology*, 39(1), 6–36. <https://doi.org/10.1080/17439884.2013.770404>
5. **Zhang, J., Wang, Y., & Chen, X. (2020).** Integration of computer-assisted instruction in engineering education: benefits and challenges. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(4), 906–917. <https://doi.org/10.1002/cae.22334>
6. **Bond, M., Marín, V., Dolch, C., Bedenlier, S., & Zawacki-Richter, O. (2018).** Digital transformation in higher education: a systematic review. *Educational Research Review*, 28, 100–117. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.100292>
7. **Ocepek, U., Bosnić, Z., Žnidaršič, A., & Pucihar, A. (2022).** The use of ICT and study satisfaction with online learning during COVID-19.

- Computers in Human Behavior*, 129, 107–118. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107118>
8. **Bower, M. (2019).** Technology-mediated learning theory. *British Journal of Educational Technology*, 50(3), 1035–1048. <https://doi.org/10.1111/bjet.12771>
9. **Ifenthaler, D., & Yau, J. Y. (2020).** Artificial intelligence in higher education: emerging technologies and future prospects. *Educational Technology Research and Development*, 68, 1721–1734. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09718-3>
10. **Huang, R., & Spector, J. M. (2021).** Digital learning in higher education: a framework for innovation. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(6), 1634–1648. <https://doi.org/10.1111/jcal.12583>
11. **Stöhr, C., Demazière, C., & Adawi, T. (2019).** Pedagogical strategies for using simulations in engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 44(6), 914–931. <https://doi.org/10.1080/03043797.2018.1533932>
12. **Czerkawski, B. (2015).** Blending digital tools in university learning environments. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(2), 231–244.
13. **Stricker, D., Weibel, D., & Wissmath, B. (2011).** Efficient learning with digital simulators: a meta-analysis. *Computers & Education*, 56(2), 368–380. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.08.007>
14. **Garrison, D. R., & Anderson, T. (2011).** E-learning in the 21st century: a framework for research and practice. *Routledge*. <https://doi.org/10.4324/9780203838761>
15. **Sung, Y.-T., & Chang, K.-E. (2016).** The effectiveness of mobile learning in university education: a meta-analysis. *Educational Research Review*, 17, 19–36. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.12.002>
16. **Gikandi, J., Morrow, D., & Davis, N. (2011).** Online formative assessment in higher education: a review of the literature. *Computers & Education*, 57(4), 2333–2351. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.06.004>
17. **Wang, F., & Hannafin, M. (2005).** Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53, 5–23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>
18. **Bennett, S., Maton, K., & Kervin, L. (2008).** The ‘digital natives’ debate: implications for higher education. *British Journal of Educational Technology*, 39(5), 775–786. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00793.x>
19. **Kushka, O., & Stepova, N. (2022).** Computer applications for calculating internal water supply

and drainage systems. *Problems of water supply, drainage and hydraulics*, (38), 43–49.

<https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.38.43-49>

20. Zhurba, M. G., Sokolov, L. I., & Govorova, Zh. M. (2004). *Water supply*. Design of systems

and structures: second edition, revised and supplemented. Textbook. ASV Publishing House. [in Ukrainian]

Calculations for individual equipment of water treatment plants using computer programmes

Oleksandr Kushka, Yuliia Hryhorieva

Abstract. The article examines the features of using specialized computer programs in the educational process of technical universities, focusing on courses related to the design of water treatment plant facilities. It is shown that traditional calculation methods, based on the use of formulas and tabular dependencies from regulatory documents, require significant time and are characterized by a high probability of errors, especially in the presence of methodological inconsistencies. The study analyses the structure of typical calculation operations performed by students and identifies the main difficulties that reduce the efficiency of learning and the motivation of students.

The use of a suite of applied computer programs developed for automating individual stages of technological facility design at water treatment plants is proposed. The capabilities of the software for selecting facility components, calculating sedimentation tanks, filters, pipelines, and pumping stations are described. It is demonstrated that the use of interactive interfaces allows for the elimination of inconsistencies in regulatory documents, reduces the volume of routine calculations, ensures high accuracy of results, and improves the objectivity of student work assessment.

The results indicate that the introduction of digital tools into the educational process promotes the development of engineering thinking, improves the quality of future specialists' training, and ensures that the educational process meets modern engineering practice requirements. A conclusion is drawn regarding the feasibility of further expanding the use of software tools in technical disciplines and adapting teaching methods to the conditions of digital transformation in higher education.

Keywords: computer programs, engineering education, water treatment facilities, digitalization of learning, calculation methods, water supply, automation of calculations.

Стаття надійшла до редакції 21.11.2025