

require a minimum energy consumption during their manufacture and installation; apply building materials that do not require additional energy consumption during construction work, including at low temperatures; to design heating systems for buildings and structures, taking into account the possibility of their rational use when performing construction and installation works in the winter;

choose organizational and technological solutions for the construction of buildings and structures that meet the requirements of reducing energy costs.

Key words: environmental efficiency, construction material consumption, energy efficiency, production waste, local materials.

DOI: 10.29295/2311-7257-2020-99-1-207-212
УДК 628.1

Шарков В. В., Циганкова С. Г., Нестерова О. В., Журавльова О. А.

*ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
(вул. Чернишевського 24-а, Дніпро, 49600, Україна, e-mail: shar_kov@ukr.net; svth1173@i.ua;
melenanesterenko@gmail.com; e.2018.zh@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0001-8942-3701>;
<https://orcid.org/0000-0002-9837-3109>; <https://orcid.org/0000-0003-1035-6572>;
<https://orcid.org/0000-0003-4964-343X>)*

РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ОПТИМІЗАЦІЯ ТА НАДІЙНІСТЬ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ»

Зміни в програмах підготовки студентів спеціальності «Будівництво та цивільне будівництво» спеціалізації «Водопостачання та водовідведення» привели до введення нових дисциплін, які змінюють академічне навантаження, виключаючи деякі курси або зменшуючи їх обсяг, в навчальний процес. Втрачені курси стали основою для вивчення наступних дисциплінарних планів та є важливими для освоєння спеціальності. При розробці плану і програми «Оптимізація і надійність систем водопостачання та каналізації» необхідно враховувати навчальний матеріал, який в залежності від обставин не може бути адресований студентам. Така постановка питання збереже зв'язки між дисциплінами, не залишить поза увагою навчання і не зменшить вимоги до підготовки студентів. Стаття містить розділи і питання, які слід враховувати в програмі нової дисципліни.

Ключові слова: оптимізація, надійність, водопостачання, водовідведення, програма.

Вступ. Зміни в освітніх програмах навчання студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Водопостачання та водовідведення» призвели до введення в навчальний процес нових та потрібних для оволодіння спеціальністю дисциплін. Введення нових дисциплін змінює навчальне навантаження, виключаючи деякі курси чи зменшуючи їх обсяг. Такі курси були і є дуже важливими для навчання та оволодіння спеціальністю, тому такі зміни, з нашої точки зору, знижують знання студентів, особливо в питаннях проектування та експлуатації систем водопостачання та водовідведення в цілому та їх окремих елементів. Також, важливо відмітити, що втрачені курси чи їх частини є основою для вивчення наступних за планами або нових дисциплін.

Тому, при розробці планів та програм нових дисциплін слід враховувати навчальний матеріал, який за наведеними обставинами, не може бути викладеним студентам. Така постановка питання дозволить зберегти зв'язки між дисциплінами, не втратити сенс навчання та не знизити вимоги до підготовки студентів.

Результати дослідження. Однією з нових дисциплін є «Оптимізація та надійність систем водопостачання та водовідведення». Навчальне навантаження дисципліни складається з лекційного курсу, практичних робіт та курсового проекту. Назва дисципліни вказує на можливість розділення викладання навчального матеріалу на дві частини.

Перша частина курсу – «Оптимізація систем водопостачання та водовідведення» має мету вивчення шляхів

винайдення найвигідніших характеристик процесів, найліпших режимів та мінімізації витрат в системах водопостачання та водовідведення. Одним з джерел рішення цих задач є глибоке знання систем в цілому та окремих їх елементів. Крім загальних технічних знань про ці об'єкти потрібно розуміння їх сумісної роботи, знання індивідуальних режимів функціонування як в робочі періоди так і періоди відновлення спроможності виконувати задані функції.

На нашу думку, вирішувати проблеми роботи систем водопостачання та водовідведення, знаходити шляхи поліпшення їх показників, можливо лише знаючи ці проблеми і маючи уяву про шляхи і методи, якими вони нівелюються. Якщо говорити про фахівця, який займається цими питаннями, то він повинен мати досвід експлуатації споруд чи їх проектування. Навчальний курс підготовки спеціаліста більшою мірою дає навички та знання в області проектування, тому викладання вказаної дисципліни повинне покладатися на знання, які були раніше отримані студентами.

Основними дисциплінами, які надають основну базу для викладання курсу «Оптимізація та надійність систем водопостачання та водовідведення» є «Гідрологія та гідрометрія», «Водозабірні споруди», «Мережі водопостачання», «Мережі водовідведення», «Підготовка води», «Очищення стічних вод», «Насосні станції» та «Експлуатація систем водопостачання та водовідведення». Вказані дисципліни, крім лекційного матеріалу, лабораторних та практичних робіт, мали курсові роботи та проекти, що дозволяло студентам пройти шлях проектування об'єктів від постановки задачі до технічних рішень з визначення функцій та характеристик обладнання, режимів роботи об'єктів та їх взаємному впливу, місцям проєктованих елементів в системі водопостачання та водовідведення.

Нововведення в навчальне навантаження змінили обсяги викладання цих дисциплін. Крім зменшення лекційних курсів та годин на практичні та лабораторні заняття всі дисципліни поступово

лишилися курсового проектування, що усунуло можливість доведення до студентів важливої інформації, яка є актуальною не лише на етапі проектування.

Тому, розробляючи навчальну програму нової дисципліни, потрібно ставити завдання змістовно зв'язати її з попередніми дисциплінами, а на практичних заняттях та в курсовому проектуванні розглядати питання, які однозначно відносяться до цієї дисципліни, але походять з попередніх та мають важливе значення для розуміння процесів в системах водопостачання та водовідведення, функцій та характеристик окремого обладнання.

В вихідних даних на практичні заняття та проектування частині студентів дається план населеного пункту, загальна характеристика джерел водопостачання та добові витрати води населенням та промисловими підприємствами з метою розробки студентом найбільш ефективної водопровідної мережі. Розробляються та порівнюються декілька варіантів трасування мереж, які в подальшому будуть відрізнятися кількістю ділянок, розрахунковими витратами та діаметрами трубопроводів [1-3]. Крім того, поточкорозподілення та витрати води на ділянках водопровідних мереж дадуть різні втрати напору, що вплине на підбір насосного обладнання та регулюючих ємностей. Інша частина завдань пов'язана з системами водовідведення, де задачами є вибір найбільш ефективної та економічної системи. Різні за трасуванням мережі, також дозволяють мати суттєві різниці в довжині трубопроводів, їх діаметрах, витратах та ухилах [4]. Прийняті схема та трасування мережі водовідведення надає можливість визначити місце розташування каналізаційних насосних станцій, їх кількість, прогнозовані витрати та потрібний напір, а також визначитися з необхідністю проектування каналізаційних станцій спеціального призначення для перекачування атмосферних вод.

Фахівці з водопостачання та водовідведення у своїй діяльності орієнтовані на використання водних об'єктів, як джерел чистої води і як приймачів стічних вод. Найчастіше такими водними об'єктами є

річки. Результати інженерно-гідрометеорологічних вишукувань повинні забезпечувати прийняття рішень при обґрунтуванні схеми комплексного використання і охорони вод та визначенні можливості використання водних об'єктів як джерел водопостачання та для транспортних, енергетичних, меліоративних та інших потреб [4, 5]. Тому однією із базових є дисципліна «Гідрологія і гідрометрія», яка ознайомлює студентів з основними поняттями та методами розрахунків, що застосовуються при дослідженні водних ресурсів гідротехнічних та водогосподарських об'єктів, а також з типами і конструкціями гідротехнічних споруд (водосховищ, гребель, гідровузлів, водозаборів і т.д.). Вивчення дисципліни дає основу для формування у студентів системи теоретичних знань в області гідрології гідротранспортних споруд, актуалізує здатності студентів використовувати теоретичні знання при виконанні проектних та розрахункових гідрологічних робіт в будівництві, а також придбання навичок розрахунків і конструювання при проектуванні гідровузлів для потреб водопостачання.

Тип джерела водопостачання, визначення добових та годинних витрат води населеним пунктом дозволяє опанувати методику розрахунків, визначитися з типом та витратою НС-I та підібрати графік роботи насосів НС-II. НС-I працює з рівномірною подачею впродовж доби, тому вибір основного насосного обладнання здійснюється шляхом вибору за відомими критеріями найбільш оптимального з декількох можливих варіантів [4, 8]. При проектуванні НС-II перед студентом ставиться задача вибору кількості ступенів роботи насосів (дві чи три) та визначення їх впливу на ємність водонапірної башти. Також студент має можливість зменшити годинну нерівномірність споживання води шляхом встановлення на промислових підприємствах запасних ємностей, які будуть наповнюватися в часи найменшого споживання води населенням. В цьому випадку теж ведеться розробка графіку роботи НС. Загалом, студент порівнює не менше чотирьох варіантів графіку можливої роботи насосів НС-2 та визначає

оптимальний регулюючий об'єм і висоту водонапірної башти. В процесі розрахунку КНС студенту потрібно дотримувати баланс при виборі насосного обладнання, щоб максимально наблизити графік режиму роботи насосів до графіка притоку стічної рідини для забезпечення мінімальної місткості прийомного резервуара при допустимому протягом години числі включень насосів в роботу. Така робота дозволяє зрозуміти та оцінити вплив частини обладнання системи водопостачання та водовідведення одна на одну та мати уявлення на напрямки оптимізації роботи насосних станцій та ємностей. Дуже важливо при викладанні курсу звернути увагу студентів на раціональне розміщення підібраного обладнання у будівлях водопостачання та водовідведення, поєднання структурних елементів проєктованих систем у одному будівельному просторі для скорочення загальнобудівельних та експлуатаційних затрат, а також необхідність використання енергозберігаючих технологій [8, 14]. При формуванні задач на самостійну роботу студентів слід передбачати такі, як складання оптимізаційних схем запроектованих систем, вибір найбільш ефективних рішень за допомогою методів математичного моделювання, шляхом, наприклад, еволюційного пошуку та ін [9, 12].

Друга частина дисципліни і, відповідно, курсового проектування - «Надійність систем водопостачання та водовідведення» направлена на вивчення властивостей об'єктів систем водопостачання зберігати за часом значення всіх параметрів, які характеризують їх здатність виконувати потрібні функції, технічно обслуговуватись, зберігатися та інше [6, 7]. Крім вивчення методик визначення характеристик надійності споруд систем водопостачання важливими є знання напрямків їх підвищення та результатів, які при цьому будуть супроводжувати роботу системи.

Завданням для цієї частини проекту є система водопостачання населеного пункту в склад якої входять водозабірні споруда з підземного джерела, насосна станція, резервуари, водоводи та раніше

запроектована водопровідна мережа. Інша частина завдань стосується системи водовідведення, яка складається з мережі водовідведення, колекторів, каналізаційних насосних станцій, ємностей та станції очищення стічних вод (або окремого її обладнання).

Згідно з методикою виконання проекту водопровідна мережа ділиться на ремонтні ділянки з встановленням на кожній водозапірної арматури. Студенту дається можливість провести аналіз надійності мережі за нормативними показниками потоку аварій її елементів та за даними статистичної обробки матеріалів спостережень за ними [10, 11].

Зменшуючи кількість ремонтних ділянок (підвищуючи їх довжину), відстежують зміни надійності водопровідної мережі та роблять висновки про потребу цієї дії.

Цікавим та інформативним є викладення результатів розрахунків в вигляді графіків залежності інтенсивності відмов чи безвідмовної роботи мережі від її діаметрів.

Важливим є питання відновлення роботи аварійних елементів мережі. Визначаються середній час, інтенсивність, вірогідність відновлення та поява нової відмови при виконанні ремонтно-відновлювальних робіт [13]. Під час виконання оглядових робіт може бути прийняте рішення про реконструкцію деяких агрегатів або будівель чи перехід на більш надійні і сучасні схеми замість застарілих конструкцій для підвищення надійності роботи окремих елементів системи водопостачання або водовідведення [13, 15].

Уваги заслуговує особлива частина системи водопостачання – водоводи, які слід розглядати як об'єкти з досить великою вірогідністю відмов, але, найголовніше, які можуть бути досить надійними при виконанні деяких умов. Студент повинен в'яснити, як змінюється інтенсивність відмов системи водоводів з різною кількістю робочих ліній та наявності на них перемичок. Пропонується розглядати системи водоводів з двома, трьома лініями та водовід, який, наприклад, складається з двох ліній, які мають одну чи декілька

перемичок. Кожну систему водоводів слід аналізувати на предмет збереження проектної пропускної спроможності при відмові окремих ліній або ділянок між перемичками чи повної їх відмови. Крім того, інформативним буде визначення середнього терміну напрацювання таких систем водоводів на відмову.

Зменшення годин на вивчення дисциплін, пов'язаних з насосним обладнанням заслуговує на додаткове висвітлення деяких питань, а саме на критерії надійності насосних станцій та їх роботу в аварійному режимі. Вивчення цих питань дозволить більш досконало знати обладнання та функції насосних станцій, режими роботи в цілому та окремого їх обладнання. Знання умов роботи насосів та їх характеристик дозволяє визначити вірогідність безвідмовної роботи та час їх напрацювання на технічне обслуговування, дає можливість визначити терміни ремонтів обладнання та побудувати графіки їх технічного обслуговування. Слід надати студенту можливість ознайомитися з різними типами графіків технічного обслуговування та термінами їх проведення. Це надасть можливість аналізувати насосну станцію не лише як об'єкт, який знаходиться тільки в працездатному стані, а й як технічний об'єкт, який має визначений строк роботи та повинен обслуговуватися та ремонтуватися. Крім того, важливе значення для аналізу має визначення коефіцієнтів використання насосного обладнання.

Важливим є розуміння студента впливу кількості елементів системи на її надійність. Таке питання можливо відстежити на прикладі водозабірної споруди – свердловини, збільшуючи або зменшуючи кількість елементів. Також, слід відмітити, що і послідовність розташування елементів суттєво впливає на загальну безвідмовність роботи свердловини. Завершуючи розділ, пов'язаний зі свердловиною, слід визначити коефіцієнти готовності та оперативної її готовності.

У процесі підготовки методичного забезпечення курсу «Надійність систем водопостачання та водовідведення» необхідно розкрити основні напрямки

забезпечення надійності системи в цілому, тобто у процесі проектування та будівництва, у процесі експлуатації, при виконанні ремонтних та оглядових робіт, а також приділити особливу увагу принципам резервування особливо важливих або найбільш навантажених ланок систем водопостачання та водовідведення в цілому. Враховуючі сучасні вимоги до якості та стабільності будь-яких систем життєзабезпечення, особливо в умовах щільної урбаністичної забудови, необхідно приділити достатню увагу питанням перевірки запроєктованих студентом, або передбачених технічним завданням на проектування систем на стійкість та стабільне існування в умовах позаштатних ситуацій. Наприклад, слід запропонувати студенту дослідити поведінку системи в цілому або окремих її елементів при впливі випадкових не прогнозованих факторів природного або техногенного характеру у визначеній точці цієї системи. Дуже цікавою задачею є аналіз надійності окремих ділянок системи за допомогою математичних методів, наприклад теорії графів. Тобто, при підготовці програми курсу «Оптимізація та надійність систем водопостачання та водовідведення» обов'язково слід використовувати як теоретичний, так і практичний інструментарій, який було набуто студентом при вивченні попередніх дисциплін.

Висновки. Зміни в програмах навчання студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Водопостачання та водовідведення» призвели до введення в учбовий процес нових дисциплін, які змінюють учбове навантаження, виключаючи деякі курси чи зменшуючи їх обсяг. Втрачені курси були основою для вивчення наступних за планами дисциплін та важливими для оволодіння спеціальністю. При розробці плану та програми «Оптимізація та надійність систем водопостачання та водовідведення» слід враховувати учбовий матеріал, який за наведеними обставинами, не може бути викладеним студентам. Така постановка питання дозволить зберегти зв'язки між дисциплінами, не втратити сенс навчання та не знизити вимоги до

підготовки студентів. В роботі наведені розділи та питання, які слід розглядати та враховувати в програмі нової дисципліни.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Петімко, П. І. Налагодження роботи систем водопостачання / П. І. Петімко, І. Т. Прокопчук, М. Ф. Царик. – Київ: Урожай, 1995. – 256 с.
2. Тугай, А. М. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання: навч. посібник / А. М. Тугай, В. О. Терновцев, Я. А. Тугай – Київ: КНУБА, 2001. – 256 с.
3. Абрамов, Н. Н. Расчет водопроводных сетей: учеб. пособие / Н. Н. Абрамов, М. М. Поспелова, М. А. Сомов и др. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1983. – 278 с.
4. Абрамов, Н. Н. Водоснабжение / Н. Н. Абрамов. – Москва: Стройиздат, 1982. – 440 с.
5. Василенко, С. Л. Динамика использования воды как индикатор экологической безопасности водоснабжения городов / С. Л. Василенко, В. В. Паболков //Науковий вісник будівництва. – 2014. – № 3. – С. 195–198.
6. Рудник, В. П. Эксплуатация систем водоснабжения / В. П. Рудник, П. И. Петимко, В. Д. Семенюк, Ю.С. Сергеев. – Київ: Будівельник, 1983. – 184 с.
7. Абрамов, Н. Н. Надежность систем водоснабжения / Н. Н. Абрамов – 2-е изд. – Москва: Стройиздат, 1984. – 216 с.
8. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учеб. пособие / М. Г. Журба, Л. М. Соколов, Ж. М. Говорова – 2-е изд., перераб. и доп. В 3-х томах [том 3] – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 256 с.
9. Крутов, В. І. Основи наукових досліджень: підручник для технічних вузів / В. І. Крутов, І. М. Грушко, В. В. Попов та ін; під ред. В. І. Крутова, В. В. Попова. – Москва: Высшая школа, 1989. – 400 с.
10. Ильин, Ю. А. Надежность водопроводного оборудования и сооружений / Ю. А. Ильин. – Москва: Стройиздат, 1985. – 240 с.

11. Ильин, Ю. А. Надежность работающих сооружений очистки сточных вод / Ю. А. Ильин, В. С. Игнатчик, С. Ю. Ильина // Водоснабжение и санитарная техника. – 1990. – №10. – С.7–8.
12. Колесников, О. В. Основы научных исследований: навч. посібник / О. В. Колесников. – 2-ге вид., випр. та доп. – Київ: Центр учбової літератури, 2011. – 144 с.
13. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства. – Москва: Академия коммунального хозяйства, 1990. – 66 с.
14. Коринько, И. В. Водоснабжение и водоотведение малых населенных пунктов / И. В. Коринько, Ю. А. Панасенко // Науковий вісник будівництва. – 2014. – № 3. – С. 168–174.
15. Гороновский, И. Т. Эксплуатация станций подготовки хозяйственно-питьевой воды / И. Т. Гороновский, Г. Г. Руденко; под общ. ред. Л. А. Кульского. – Киев: Будівельник, 1975. – 234 с.

Шарков В. В., Цыганкова С. Г., Нестерова Е. В., Журавлева Е. А. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОПТИМИЗАЦИЯ И НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ». Изменения в программах подготовки студентов специальности «Строительство и гражданская инженерия» специализации «Водоснабжение и водоотведение» привели к введению новых дисциплин, которые изменяют академическую нагрузку, исключая некоторые курсы или уменьшая их объем, в учебный процесс. Утраченные курсы стали основой для изучения следующих дисциплинарных планов и важны для освоения специальности. При разработке плана и программы «Оптимизация и надежность систем

водоснабжения и канализации» необходимо учитывать учебный материал, который в зависимости от обстоятельств не может быть адресован студентам. Такая постановка вопроса сохранит связи между дисциплинами, не упустит из виду учебу и не уменьшит требования к подготовке студентов. Статья содержит разделы и вопросы, которые следует учитывать в программе новой дисциплины.

Ключевые слова: оптимизация, надежность, водоснабжение, водоотведение, программа.

Sharkov V., Tsyhankova S., Nesterova O., Zhuravliova O. DEVELOPMENT OF THE COURSE PROGRAM «OPTIMIZATION AND RELIABILITY OF WATER SUPPLY AND SEWAGE SYSTEMS» Changes in the students' training programs for the specialty «Construction and Civil Engineering» and the specialization «Water Supply and Sanitary Engineering» have led to the introduction of new disciplines in the educational process with changing the academic load, excluding some courses or reducing their content. Lost courses became the basis for studying the following disciplinary plans and are important for mastering the specialty. It is necessary to take into account the training material that depending on the circumstances, which cannot be addressed to students, at developing plan and program «Optimization and reliability of water supply and sanitation systems». Such a formulation of the question will preserve the links between the disciplines and not to miss studies and not to reduce the requirements for the preparation of students. The article contains sections and questions that should be considered in the program of the new discipline.

Key words: optimization, reliability, water supply, sewage, program.