

УДК 621.6.052:378.147
DOI [https://doi.org/10.15589/znp2023.4\(493\).9](https://doi.org/10.15589/znp2023.4(493).9)

IMPLEMENTATION OF BLENDED EDUCATION ON THE EXAMPLE OF A LABORATORY COMPLEX IN THE DISCIPLINE “SUPERCHARGER AND HEAT ENGINES”

ВПРОВАДЖЕННЯ ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ НА ПРИКЛАДІ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ З ДИСЦИПЛІНИ «НАГНІТАЧІ ТА ТЕПЛОВІ ДВИГУНИ»

Yuriy O. Shapovalov
yuriy.shapovalov@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0003-2324-0317

Mykola M. Semenov
mykola.semenov@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0003-2271-0161

Denis M. Solomonyuk
dns_wrk@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3479-9397

Ю. О. Шаповалов,
канд. техн. наук, доцент

М. М. Семенов,
доцент

Д. М. Соломонюк,
канд. техн. наук

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Abstract. The article states that in the conditions when Ukraine suffered serious losses and destruction as a result of the war and restrictions that were connected with the pandemic, it is necessary to resolve the issue of preserving the quality of education of energy students. Therefore, the problem of the use of blended learning, which, taking into account the specifics of the implementation, should ensure the quality of educational services to those seeking education, becomes relevant. Blended learning is, according to experts, a hybrid of traditional face-to-face and online learning, in which learning takes place both in the laboratory and outside of it, and the online component becomes a natural extension of traditional classroom learning. The purpose of the work is to substantiate the possibility of a unified approach to the organization of a laboratory workshop on the discipline «Superchargers and heat engines» using a multipurpose stand. The theoretical research methodology was analysis, synthesis, and comparison of pedagogical sources on blended learning issues, the empirical methodology was based on a natural experiment and analysis of laboratory work. Results – the paper investigated the possibility of introducing mixed learning using the example of a multipurpose stand using click technology, which makes it possible to conduct a set of studies in two classroom sessions with subsequent remote processing of the results. At the stand, it is proposed to perform six laboratory works, which fully cover the scope of knowledge of the device and the principle of operation of superchargers and the methodology of their experimental research, allow the construction of pressure-flow characteristics and the implementation of regulation of their productivity. The main idea of the stand is that we use special click modules that allow you to quickly transform one laboratory work into another. Practical significance - the conducted assessment makes it possible to transfer the experience of the laboratory stand to other disciplines of the technical direction, which expands the educational opportunities of students, improves interactive interactions between the teacher and students. Which, in our opinion, directly affects the quality of educational services and will allow the production of more qualified thermal power engineers, which are urgently needed by the state.

Key words: blended learning; laboratory works; universal stand; click module; superchargers; hydraulic parameters of superchargers.

Анотація. У статті зазначається, що в умовах коли, Україна зазнала серйозних втрат і руйнувань внаслідок війни та обмежень які були пов'язані з пандемією, необхідно вирішувати питання щодо збереження якості освіти студентів енергетиків. Відтак актуальною стає проблема використання змішаного навчання, яке, з урахуванням особливостей проведення, мають забезпечити здобувачам освіти якість надання освітніх послуг. Змішане навчання – це, на думку фахівців, гібрид традиційного очного та онлайн-навчання, за якого навчання відбува-

ється як у лабораторії, так і за її межами, причому онлайн-складова стає природним розширенням традиційного аудиторного навчання. Мета роботи – обґрунтування можливості єдиного підходу до організації лабораторного практикуму з дисципліни «Нагнітачі та теплові двигуни» з використанням багатоцільового стенду. Методикою теоретичного дослідження було аналіз, синтез, порівняння педагогічних джерел з питань змішаного навчання, емпірична методика ґрунтувалася на натурному експерименті та аналізі лабораторних робіт. Результати – у роботі досліджено можливість впровадження змішаного навчання на прикладі багатоцільового стенду з використанням клік-технології, який дає можливість за два аудиторних заняття провести комплекс досліджень з наступною дистанційною обробкою результатів. На стенді пропонується виконати шість лабораторних робіт, які повністю охоплюють коло знань з пристрою та принципу дії нагнітачів та методиці їх експериментального дослідження, дозволяють побудову напірно-витратних характеристик та здійснення регулювання їх продуктивності. Основна ідея стенду полягає в тому, що ми використовуємо спеціальні клік-модулі, які дають змогу швидко перетворювати одну лабораторну роботу на іншу. Практична значимість – проведене оцінювання дає змогу перенести досвід роботи лабораторного стенду на інші дисципліни технічного напрямку, а це розширює освітні можливості студентів, покращує інтерактивні взаємодії викладача та студентів. Що на нашу думку безпосередньо впливає на якість надання освітніх послуг та дозволить випускати більш кваліфікованих теплоенергетиків, які вкрай необхідні державі.

Ключові слова: змішане навчання; лабораторні роботи; універсальний стенд; клік-модуль; нагнітачі; гідравлічні параметри нагнітачів.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Повномасштабне вторгнення військ РФ на територію України 24 лютого 2022 року різко змінило систему вищої освіти. Освітній процес, який постраждав упродовж пандемії COVID-19 значно погіршився. Сучасні проблеми з якими стикаються студенти технічних ЗВО, викликають необхідність певних рішень. Освітній процес у вищих технічних навчальних закладах передбачає не лише глибоку теоретичну підготовку, а й набуття навичок практичної роботи з тими чи іншими технічними пристроями та системами, у ході якої формуються базові знання у досліджуваній галузі, перевіряються на практиці теоретичні закони. Реалізація лабораторних робіт традиційними методами у спеціалізованих лабораторіях навчального закладу пов'язана з певними труднощами. Можливим розв'язанням проблеми організації ефективного лабораторного практикуму є використання при змішаній системі навчання одного відносно невеликого універсального стенду, який дозволить за короткий проміжок часу провести декілька лабораторних робіт. На відміну від повноцінних лабораторних стендів, що дозволяють студенту набути навичок роботи з обладнанням, навчитися приймати якісні та швидкі рішення в різних ситуаціях, включаючи позаштатні, застосування стендів для змішаного навчання дозволяє розширити, закріпити та пов'язати з практикою знання, отримані при теоретичних вивченнях дисциплін, засвоїти фундаментальні закономірності, покладені в основу роботи реального обладнання [1, 2].

У порівнянні з традиційним обладнанням, універсальний стенд надає можливість:

- значно менше часу витрачати на підготовку і проведення лабораторного експерименту;
- підвищити наочність експерименту та візуалізацію його результатів;
- розширити список експериментів;

– з великою точністю обробити і проаналізувати експериментальні дані дистанційно;

– проводити вимірювання як в умовах лабораторії так і вдома;

– модернізувати вже звичні експерименти;

– формувати у студентів уміння працювати, як у команді, так і індивідуально.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Різним аспектам питання використання моделі змішаного навчання в системі освіти присвячені статті багатьох українських науковців: В. Андрєвої, В. Бацуровської, В. Беспалька, В. Бикової, В. Боголюбової, І. Воронькової, Ю. Галатюка, Є. Желнової, М. Кадемія, В. Кремень, О.Коротун, В. Кухаренка, І. Максак, М. Нікітіної, В. Пітюкової, Т. Плачинди, Н. Рашевської, Я. Савельєвої, Г. Селевка, В. Сластеніної, О. Собченко, О. Співаковського, С. Спіріна, А. Стрюка, Г. Ткачук, Ю. Триуса, Л. Шапрана та ін. До питань змішаного навчання зверталися також зарубіжні дослідники, зокрема: С. Вейбелзах, С. Грехем, С. Моебс, Д. Пейнтер, Р. Сченк.

Аналіз наукової літератури засвідчує, що вчені зробили вагомий внесок у вивчення різних аспектів проблеми змішаного навчання. Проте, незважаючи на досить вагомий напрацювання, теорія і практика застосування змішаного навчання в закладах вищої освіти потребує подальших досліджень, адже проведений аналіз українських і зарубіжних наукових праць із проблеми дослідження щодо забезпечення якості університетської освіти в умовах змішаного навчання в університеті засвідчив про її недостатню вивченість як в теоретичному, так особливо і прикладному аспектах.

МЕТА СТАТТІ

Метою дослідження є аналіз роботи та доцільність використання у процесі змішаного навчання

універсального лабораторного комплексу з дисципліни «Нагнітачі та теплові двигуни» для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика».

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для розв'язання поставленої мети було використано теоретичні методи дослідження, аналіз, синтез, порівняння наукових джерел з питань змішаного навчання. Емпірична методика експериментального дослідження ґрунтувалася на натурному експерименті та аналізі лабораторних робіт з відцентрових насосів. Об'єкт дослідження – універсальний лабораторний комплекс з дисципліни «Нагнітачі та теплові двигуни». Предмет дослідження – зміст процесу навчання на лабораторному комплексі з використанням «клік-модулів» з дисципліни «Нагнітачі та теплові двигуни».

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Перша частина лабораторного комплексу проводиться в аудиторії та займає приблизно дві академічні години.

Лабораторні роботи охоплюють коло знань з устрою і принципу дії нагнітачів та методиці їх експериментального дослідження, побудування напірних витратних характеристик, регулювання продуктивності. Особливістю виконання лабораторних робіт є те, що вони проводяться на одному експериментальному стенді, схема якого змінюється в залежності від поставленої задачі дослідження. При цьому результати, отримані при виконанні однієї роботи, використовуються при виконанні іншої роботи [3, 4].

Лабораторна установка (рис. 1 і 2) складається з вхідної ємності (3), в якій розміщено два занурених насоси (1 і 2) різної продуктивності, клік-модуля з арматурою (рис. 2) і приймальної ємності 7, яка розміщена на стійці з полицею 6.

Перед початком роботи в залежності від мети дослідження студенти монтують клік-модуль на схему підключення насосів (1 і 2) до приймальної ємності (7) (див. рис. 1. Вхідна ємність (3) заповнюється водою таким чином, щоб насоси були повністю занурені у воду.

Під час дослідження студенти вмикають у роботу один із насосів, який через арматуру на клік-модулі починає перекачувати воду з вхідної ємності до приймальної. Змінюючи висоту приймальної ємності (7) або положення робочих органів арматури, що розміщені на клік-модулі (5), студент може збільшувати, або зменшувати кількість води, що перекачується із вхідної ємності до приймальної. Час перекачування рідини фіксується таймером (8). Для визначення теплофізичних властивостей води студенти за допомогою спиртового термометра (9) вимірюють її температуру, за якою з відповідних таблиць отримують дані, необхідні для проведення розрахунків [3].

На вхідній (3) та приймальній (7) ємностях і стійці (6) нанесені шкали, за допомогою яких студенти можуть визначити рівень рідини у вхідній ємності, висоту всмоктувальних патрубків насосів, висоту отвору підведення рідини у приймальну ємність і об'єм перекачаної рідини.

На стенді виконуються наступні дослідження.

Лабораторна робота № 1. Має на меті отримання студентами основної інформації про конструкцію та

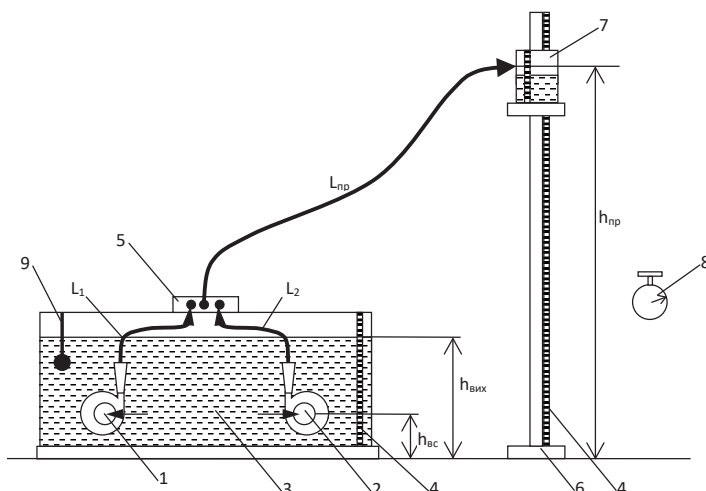
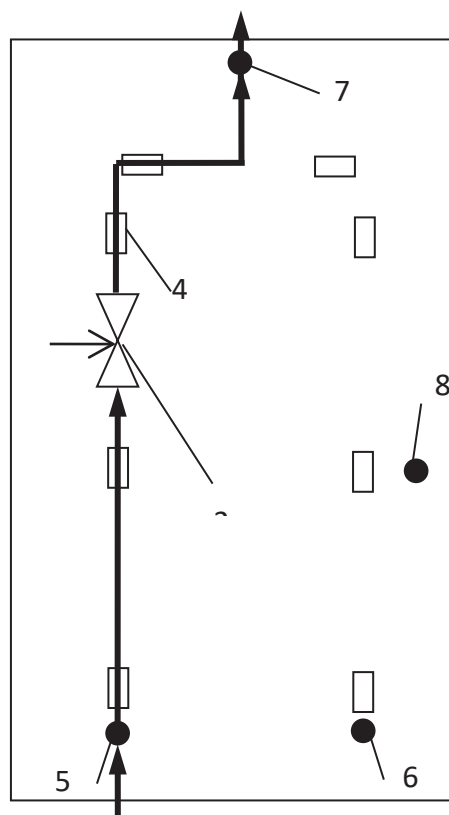
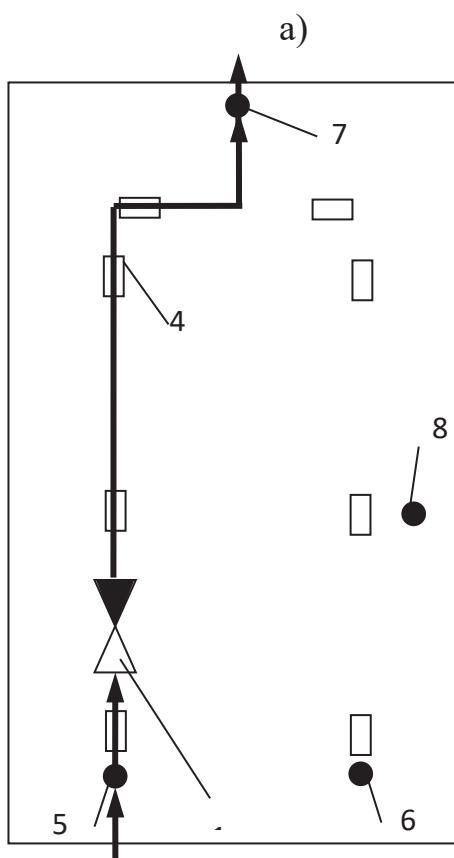
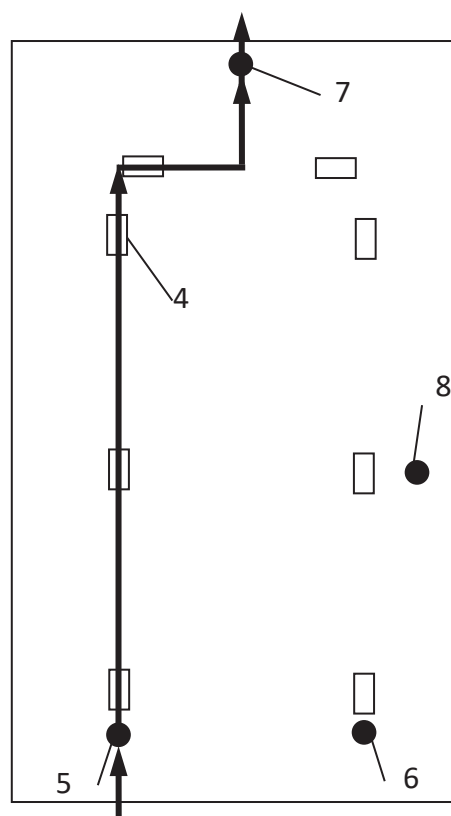
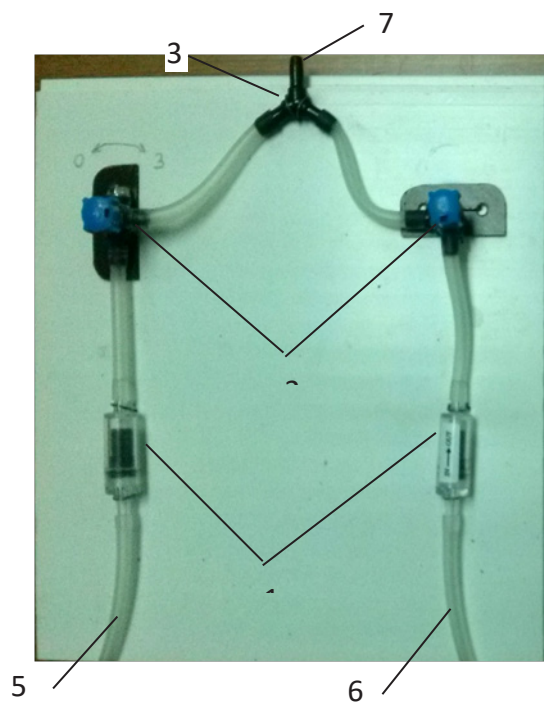


Рис. 1. Схема і зовнішній вигляд лабораторного стенду: 1 – насос № 1; 2 – насос № 2; 3 – вхідна ємність; 4 – шкала; 5 – клік-модуль; 6 – стійка з полицею; 7 – приймальна ємність зі шкалою; 8 – таймер; 9 – термометр



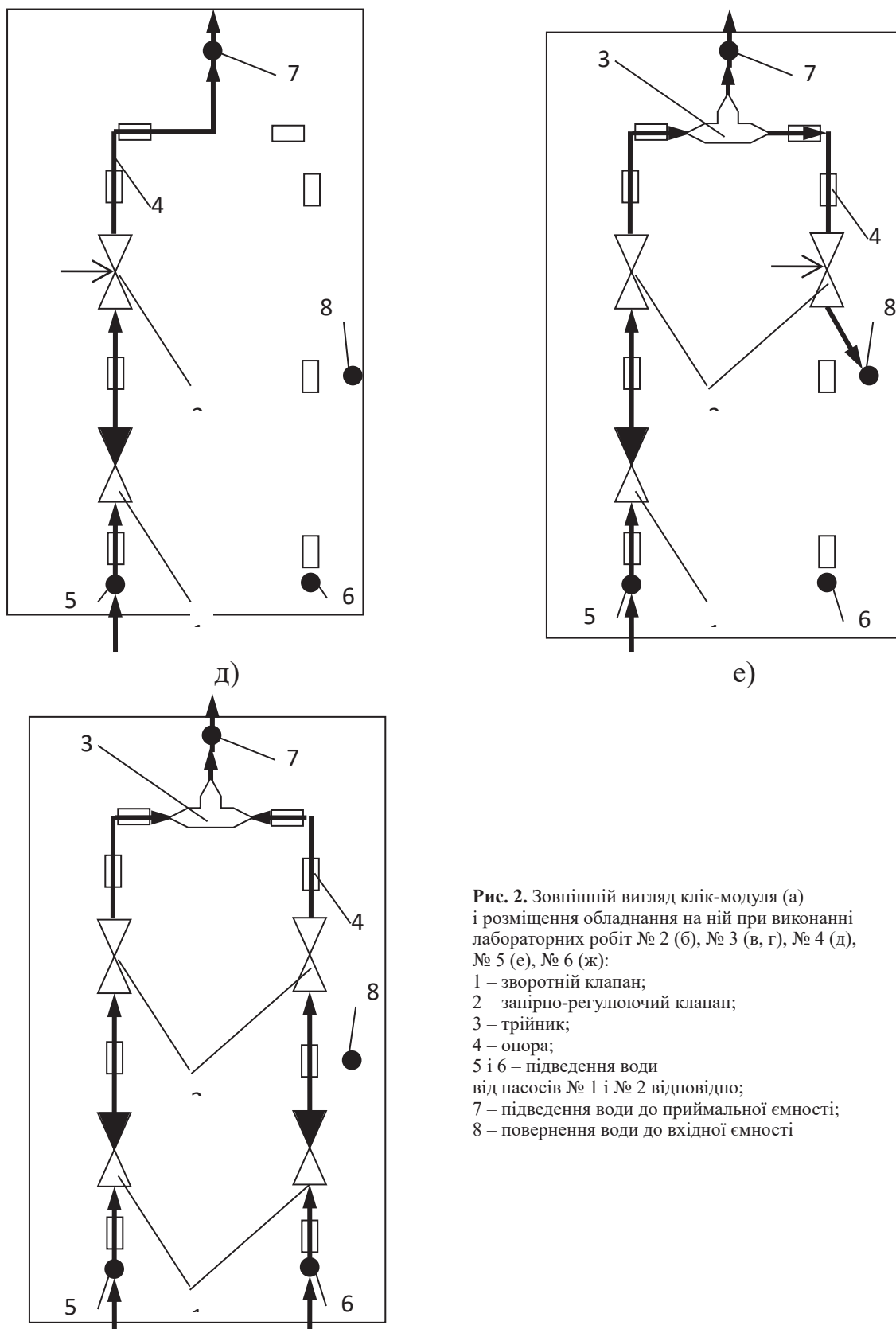


Рис. 2. Зовнішній вигляд клік-модуля (а) і розміщення обладнання на ній при виконанні лабораторних робіт № 2 (б), № 3 (в, г), № 4 (д), № 5 (е), № 6 (ж):
 1 – зворотній клапан;
 2 – запірно-регулюючий клапан;
 3 – трійник;
 4 – опора;
 5 і 6 – підведення води від насосів № 1 і № 2 відповідно;
 7 – підведення води до приймальної ємності;
 8 – повернення води до вхідної ємності

принцип дії нагнітачів, зокрема відцентрових насосів, ознайомлення з методами їх дослідження, вивчення схеми та пристрою експериментального стенду.

Лабораторна робота № 2. Має на меті поглиблення знань про характеристики нагнітачів, практичне освоєння методик експериментального дослідження нагнітачів, побудови їх напірних характеристик і розрахунку опору водяних мереж; набуття навичок проведення вимірювання параметрів нагнітачів. В результаті роботи студентами отримуються напірно-витратні характеристики насосів № 1 і № 2: $H_N = f(Q)$ або $\Delta P_N = f(Q)$. Дані характеристики будуть використовуватись під час виконання наступних лабораторних робіт.

Лабораторна робота № 3. Має на меті практичне освоєння методик експериментального визначення характеристик елементів мереж. В результаті роботи студенти визначають коефіцієнт опору зворотнього клапану, та залежність коефіцієнта опору клапана-регулятора від положення його запірного органу.

Лабораторна робота № 4. Має на меті практичне освоєння регулювання подачі нагнітача дроселюванням. В результаті роботи студенти будують графік залежності витрати води у мережі від положення робочого органу клапана-регулятора $Q = f(POS)$.

Лабораторна робота № 5. Має на меті практичне освоєння регулювання подачі нагнітача перепуском частини води поза споживачем. В результаті роботи студенти будують графіки залежності витрати води від положення робочого органу клапана-регулятора на байпасній лінії у мережі $Q_m = f(POS)$, у байпасній лінії $Q_b = f(POS)$, від насоса $Q_N = f(POS)$.

Лабораторна робота № 6. Має на меті вивчення особливостей паралельної роботи нагнітачів у мережі. В результаті студенти будують напірно-витратну характеристику паралельно працюючих нагнітачів № 1 і № 2, та визначають дефіцит подачі насосів № 1 і № 2.

Наведені в лабораторних роботах методики можуть використовуватись при визначенні параметрів нагнітачів, що працюють у теплових мережах, системах енергетичних установок, господарсько-питних водопроводах; системах підготовки додаткової води для електростанцій, що працюють на органічному або ядерному паливі; парових та водогрійних котлів різного призначення.

У перспективі планується дообладнати стенд додатковою ділянкою з проміжною ємністю і двома нагнітачами для дослідження послідовної роботи нагнітачів та каскадного підйому води до споживачів.

Разом з тим фізичний експеримент залишається важливою складовою наукового дослідження. Він також грає важливу роль і у галузі дослідження фізичних явищ за допомогою чисельного експерименту: за результатами фізичного експерименту відбувається верифікація розрахункових математичних моделей [5, 6].

Друга частина лабораторного комплексу проводиться дистанційно. Наявність теоретичного і практичного досвіду в підготовці та проведенні фізичного експерименту та обробці його результатів дасть можливість здобувачам підготуватись до самостійної творчої роботи в галузі технічних наук, реалізувати діяльнісний підхід у навчанні, розвинути в студентах пізнавальну, інформаційну та комунікативну компетенції.

Розглянемо дидактичні можливості експериментального стенду під час проведення фізичного дослідження нагнітачів та мереж.

В результаті виконання лабораторної роботи № 2 студенти отримують характеристики нагнітачів (див рис. 3).

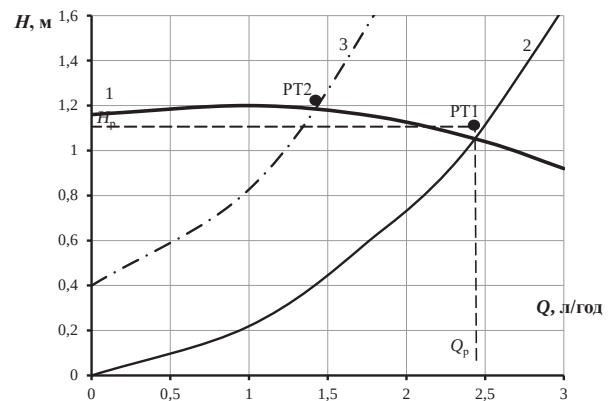


Рис. 3. Отримання характеристики нагнітача, шляхом зміни характеристики системи (зміна висоти приймальної ємності): 1 – робоча характеристика насоса; 2, 3 – гідравлічні характеристики мережі при різному положенні приймальної ємності; PT1, PT2 – робочі точки при різному положенні приймальної ємності

В результаті виконання лабораторної роботи № 3 студенти визначають характеристики арматури (див рис. 6) та будують характеристику клапана-регулятора (рис. 7).

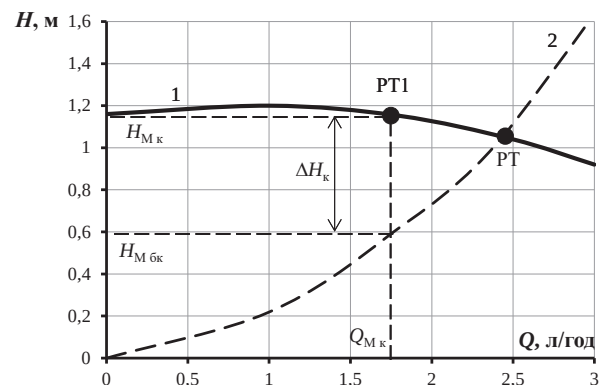


Рис. 4. Визначення опору клапана
1 – робоча характеристика насоса; 2 – гідравлічна характеристика мережі без клапана; PT і PT1 – робоча точка мережі без клапана і з клапаном відповідно

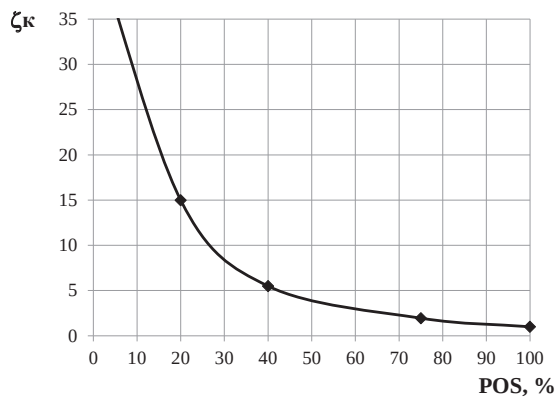


Рис. 5. Залежність коефіцієнта опору клапана-регулятора від положення його запірного органу (POS)

В результаті виконання лабораторної роботи № 4 студенти змінюють подачу нагнітача за допомогою дросельного регулювання (рис. 4) і будують витратну характеристику мережі в залежності від положення робочого органу клапана-регулятора (рис. 6)

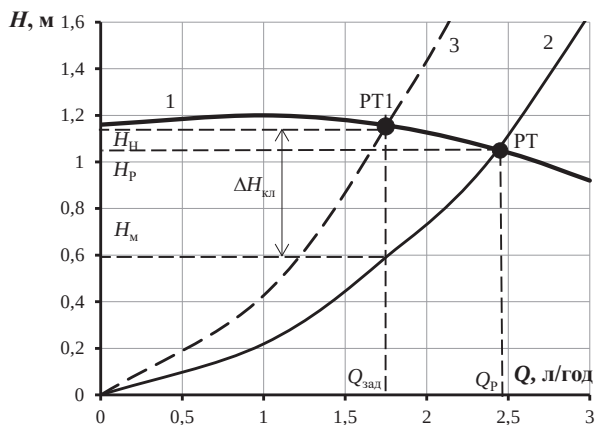


Рис. 6. Зміна подачі нагнітача збільшенням опору системи: 1 — робоча характеристика насоса; 2 — гідравлічна характеристика мережі при повністю відкритому клапані; 3 — гідравлічна характеристика мережі при частково прикритому клапані; PT і $PT1$ — робочі точки при повністю відкритому і при частково прикритому клапані

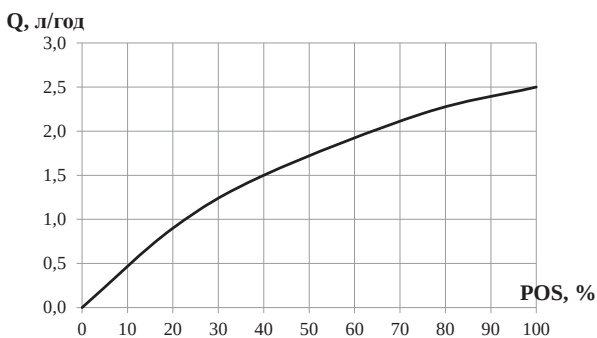


Рис. 7. Зміна витрати води у мережі в залежності від положення робочого органу клапана-регулятора

В результаті виконання лабораторної роботи № 5 студенти змінюють витрату води у системі за допомогою перепуску (рис. 8) і будують витратну характеристику мережі в залежності від положення робочого органу клапана-регулятора на байпасній лінії (рис. 9)

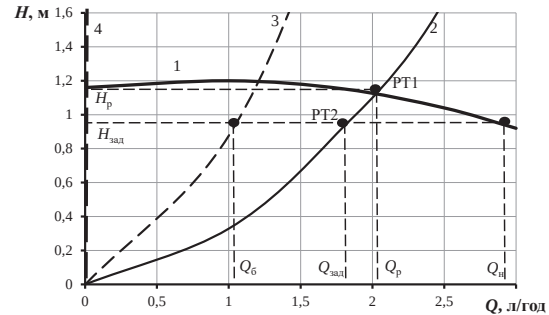


Рис. 8. Регулювання роботи насоса перепуском: 1 — робоча характеристика насоса; 2 — гідравлічна характеристика мережі; 3 — гідравлічна характеристика байпасу при частково відкритому клапані; 4 — гідравлічна характеристика байпасу при повністю закритому клапані

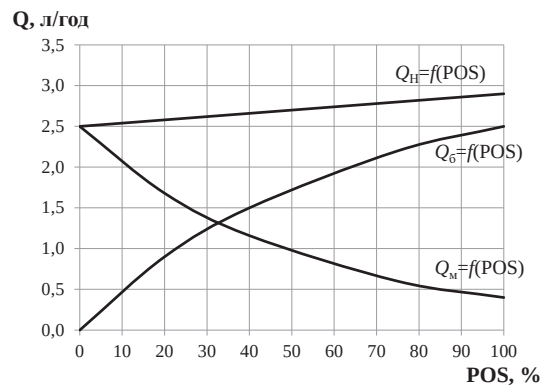


Рис. 9. Зміна витрати води у мережі в залежності від положення робочого органу клапана-регулятора на байпасній лінії

В результаті виконання лабораторної роботи № 6 студенти отримують витратну характеристику при паралельній роботі нагнітачів у мережі (рис. 10).

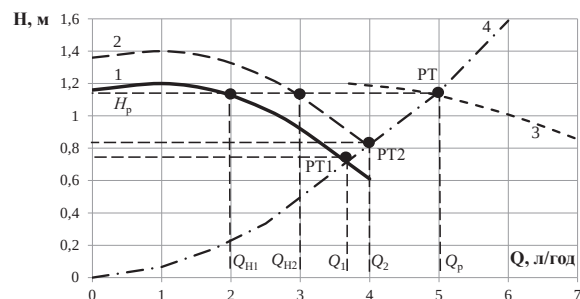


Рис. 10. Паралельна робота різних насосів на одну мережу: 1 — робоча характеристика насоса № 1; 2 — робоча характеристика насоса № 2; 3 — робоча характеристика двох різних насосів при їх паралельній роботі; 4 — гідравлічна характеристика мережі

ВИСНОВКИ

Наявність теоретичного і практичного досвіду в підготовці та проведенні фізичного експерименту та обробки його результатів на універсальному стенді дасть можливість студентам підготуватись до самостійної творчої роботи в галузі технічних наук,

реалізувати діяльнісний підхід у навчанні, розвинути в студентах пізнавальну, інформаційну та комунікативну компетенції. Крім того, дозволить скоротити термін перебування в аудиторії, що дуже важливо під час повітряних тривог. Значно скорочує кошти на обладнання та електроенергію (приблизно до 5 разів).

REFERENCER

- [1] Semenov M.M., Solomoniuk D.M., Shapovalov Yu.O. (2021). Dosvid vprovadzhennia virtualnogo laboratornogo praktykumu dlia spetsialnosti teploenerhetyka. [Experience in the implementation of a virtual laboratory workshop for the thermal power engineering specialty]. Sudnova enerhetyka: stan ta problemy: Materialy Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. Mykolaiv NUK, 333–336.
- [2] Yevstifieiev V.A., Chornyi A.P., Velychko T.V. (2005). Virtualnyi kompleks dlia navchalnogo protsesu ta naukovykh doslidzhen. [Virtual complex for educational process and scientific research]. Problemy avtomatyzovanoho elektropryvodu. Teoriia ta praktyka: Vistn.nats.tekhn.un-ta «KhPI». Temat.vyp. 45, 25–28.
- [3] Semenov, M.M., Solomoniuk, D.M., Shapovalov, Yu.O. (2021). Metodichni vkazivky do vykonannia laboratornykh robot z dystsypliny «Nahnitachi ta teplovi dvyhuny». [Methodical instructions for performing laboratory work in the discipline «Superchargers and heat engines»]. Mykolaiv NUK, 55.
- [4] Solomoniuk D.M. (2022). Nahnitachi ta teplovi dvyhuny navchalnyi posibnyk dlia studentiv spetsialnosti 144 «Teploenerhetyka» osvithno-profesiinoi prohramy «Teploenerhetyka» kvalifikatsiinoho rivnia «bakalavr». [Superchargers and heat engines study guide for students of specialty 144 «Heat power engineering» of the educational and professional program «Heat power engineering» qualification level «bachelor»] Mykolaiv: NUK, 88.
- [5] Shapovalov Yu.O., Semenov M.M., Zhyhulina V.V., Smolyk T.L. (2019) Mizhhaluzevyi pidkhid u pidhotovtsi mahistriv spetsialnosti «teploenerhetyka» osvithnoi prohramy «oblikovo-analitychne zabezpechennia systemy upravlinnia ta audyt promyslovykh i komunalnykh pidpriemstv». [An interdisciplinary approach in the preparation of masters in the specialty «thermal energy» of the educational program «accounting and analytical support of the management system and audit of industrial and communal enterprises»]. Sudnova enerhetyka: stan ta problemy: Materialy Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. Mykolaiv. NUK, 349–351.
- [6] Shapovalov Yu.O., Semenov M.M., Kozynets S.O., Romaniukina I.Iu. (2019). Motyvatsiini aspekty aktyvizatsii protsesu vyvchennia dystsypliny «khimii» dlia studentiv osvithnykh prohram kafedry ekspluatatsii sudnovykh enerhetychnykh ustanovok ta teploenerhetyky. [Motivational aspects of activation of the process of studying the discipline «chemistry» for students of educational programs of the Department of Operation of Ship Power Plants and Thermal Power Engineering.] Sudnova enerhetyka: stan ta problemy: Materialy Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. Mykolaiv, NUK, 351–353.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Семенов М.М., Соломонюк Д.М., Шаповалов Ю.О. (2021). Досвід впровадження віртуального лабораторного практикуму для спеціальності теплоенергетика. Суднова енергетика: стан та проблеми: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції. Миколаїв НУК, 333–336.
- [2] Євстіфєєв В.А., Чорний А.П., Величко Т.В. (2005). Віртуальний комплекс для навчального процесу та наукових досліджень. Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія та практика: Вістн. нац. техн. ун-та «ХПІ». Темат. вип. 45, 25–28.
- [3] Семенов, М.М., Соломонюк, Д.М., Шаповалов, Ю.О. (2021). Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Нагнітачі та теплові двигуни». Миколаїв НУК, 55 с.
- [4] Соломонюк Д.М. (2022). Нагнітачі та теплові двигуни навчальний посібник для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» освітньо-професійної програми «Теплоенергетика» кваліфікаційного рівня «бакалавр». Миколаїв: НУК, 88 с.
- [5] Шаповалов Ю.О., Семенов М.М., Жигуліна В.В., Смолик Т.Л. (2019) Міжгалузовий підхід у підготовці магістрів спеціальності «теплоенергетика» освітньої програми «обліково-аналітичне забезпечення системи управління та аудит промислових і комунальних підприємств». Суднова енергетика: стан та проблеми: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції. Миколаїв. НУК, 349–351.
- [6] Шаповалов Ю.О., Семенов М.М., Козинець С.О., Романюкіна І.Ю. (2019). Мотиваційні аспекти активізації процесу вивчення дисципліни «хімія» для студентів освітніх програм кафедри експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики. Суднова енергетика: стан та проблеми: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції. Миколаїв, НУК, 351–353.

© Шаповалов Ю. О., Семенов М. М., Соломонюк Д. М.

Дата надходження статті до редакції: 08.11.2023

Дата затвердження статті до друку: 15.11.2023