

## АВТОМАТИЗАЦІЯ І КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

---

УДК 378.018.43:004.774

DOI: 10.31471/1993-9981-2021-2(47)-62-71

### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИСТАНЦІЙНОЇ ФОРМИ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

*Д. О. Паневник**ІФНТУНГ, 76019, м.Івано-Франківськ, вул.Карпатська, 15, тел.(0342) 727101,  
e-mail: den.panevnik@gmail.com*

На основі використання експериментальної лабораторної установки призначеної для визначення гідравлічних характеристик свердловинного струминного насоса запропонована методика дистанційного проведення лабораторної роботи із забезпеченням віддаленого доступу студентів до безпосереднього регулювання та контролю в режимі реального часу режимних параметрів повнорозмірної дослідної установки. Спрощений варіант проведення лабораторних робіт передбачає залучення оператора, який за допомогою відеотелефонного віддаленого конференц-зв'язку та «хмарних» технологій з використанням безкоштовного додатку Google Meet отримує необхідні команди та здійснює безпосередній запуск і регулювання режиму роботи дослідного стенда. Для дистанційного регулювання та моніторингу режиму роботи дослідної установки запропонована структурна схема проведення лабораторної роботи, яка складається з підключених до «хмарного» сховища персональних комп'ютерів (планшетів, смартфонів) викладача і студентів, смарт-давачів для транслявання показів манометрів та витратомірів, електроприводу регулювальних засувок та дистанційного вимикача електричного живлення двигуна відцентрового насоса. Привід регулювальних засувок містить кінцеві і проміжні вимикачі обладнані давачами, які виконують функцію дистанційного моніторингу та керування за допомогою цифрових інтерфейсів. Керування двигуном насоса дослідного стенда здійснюється за допомогою бездротового вимикача. Для вимірювання режимних параметрів можуть застосовуватись витратоміри з імпульсним виходом та цифрові манометри і мановакууметри. Для захисту лабораторних робіт рекомендовано використання онлайн-сервісів Google Classroom та Moodle.

**Ключові слова:** дистанційне навчання, інформаційні технології, «хмарні» обчислення, віддалений доступ, дистанційний моніторинг та регулювання.

На основе использования экспериментальной лабораторной установки служащей для определения гидравлических характеристик скважинного струйного насоса предложена методика дистанционного проведения лабораторной работы с обеспечением удаленного доступа студентов к непосредственному регулированию и контролю в режиме реального времени режимных параметров полноразмерной исследовательской установки. Упрощенный вариант проведения лабораторных работ предусматривает привлечение оператора, который с помощью видеотелефонной удаленной конференц-связи и «облачных» технологий с использованием бесплатного приложения Google Meet получает необходимые команды и осуществляет непосредственный запуск и регулирование режима работы исследовательского стенда. Для дистанционного регулирования и мониторинга режима работы опытной установки предложена структурная схема проведения лабораторной работы, которая состоит из подключенных к «облачному» хранилищу персональных компьютеров (планшетов, смартфонов) преподавателя и студентов, смарт-датчиков для трансляции показаний манометров и расходомеров, электропривода регулировочных задвижек и дистанционного выключателя электропитания двигателя центробежного насоса. Привод регулирующих задвижек содержит конечные и промежуточные выключатели оборудованные датчиками, которые выполняют функцию дистанционного мониторинга и управления с помощью цифровых интерфейсов. Управление двигателем насоса исследовательского стенда осуществляется с помощью беспроводного выключателя, для измерения режимных параметров могут применяться расходомеры с импульсным выходом и цифровые

манометры и мановакууметры. Для защиты лабораторных работ рекомендуется использование онлайн-сервисов Google Classroom и Moodle.

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, информационные технологии, «облачные» вычисления, удаленный доступ, дистанционный мониторинг и регулирование.

Based on the use of an experimental laboratory installation designed to determine the hydraulic characteristics of the downhole jet pump, a method of remote laboratory work with remote access of students to direct regulation and real-time control of mode parameters of a full-scale experimental installation is proposed. A simplified version of the laboratory work involves an operator who uses videophone remote conferencing and "cloud" technology using the free application Google Meet receives the necessary commands and directly launches and regulates the mode of operation of the experimental stand. For remote control and monitoring of the experimental setup, a structural scheme of laboratory work is proposed, which consists of personal computers (tablets, smartphones) of teachers and students connected to the "cloud" storage, smart sensors for broadcasting readings of manometers and flow meters, electric control latches and remote switch of electric power supply of the engine of the centrifugal pump. The actuator of the control valves contains limit and intermediate switches equipped with sensors that perform the function of remote monitoring and control via digital interfaces. The motor of the pump of the experimental stand is controlled by means of the wireless switch. For measurement of mode parameters the flowmeters with a pulse exit and digital manometers and manovakuumetry can be applied. To protect laboratory work, it is recommended to use the online services Google Classroom and Moodle.

**Keywords:** distance learning, information technology, "cloud" computing, remote access, remote monitoring and control.

### Вступ

Впровадження карантинних заходів, викликаних поширенням вірусу Covid-19, зумовило необхідність переходу закладів вищої освіти на дистанційні форми навчального процесу. Поряд з технічними проблемами використання дистанційних методів навчання, зокрема відсутністю необхідного рівня розвитку всесвітньої комп'ютерної мережі та засобів її використання, виявились суттєві недоліки, пов'язані з невідповідністю наявного методичного забезпечення (особливо при проведенні лабораторних занять з технічних дисциплін) вимогам вищої школи. На відміну від дисциплін гуманітарного та економічного напрямку, на технічних дисциплінах лабораторні роботи передбачають ознайомлення з реальними приладами та устаткуванням, вимірювальною апаратурою, обчислювальною технікою, отримання навичок роботи з ними та з методикою експериментальних досліджень у конкретній предметній галузі. Відмінність від проведення лекційних занять, де викладач транслює інформацію у вигляді презентації, полягає в наявності при проведенні лабораторних занять експериментальної складової. В інженерних галузях лабораторна діяльність відіграє важливу роль. Незадовільний рівень проведення лабораторних занять з технічних дисциплін пояснює відсутність необхідних результатів при застосуванні

дистанційної форми навчання в інженерних галузях. Потреба забезпечення необхідної якості навчання вимагає реального дистанційного виконання лабораторних робіт без присутності студента у навчальному закладі. Зважаючи на визначальну роль лабораторних занять у формуванні навиків майбутнього фахівця технічного напрямку удосконалення дистанційної форми їх проведення є актуальною задачею.

### Аналіз сучасних досліджень і публікацій

Для дистанційного проведення лабораторних робіт застосовуються відеотехнології у вигляді відеодемонстрування навчальних матеріалів і виконання дій чи технологічних операцій; відеоінструкцій до виконання окремих завдань; створення анімацій (наприклад у програмі Adobe Photoshop) за рахунок покадрового додавання зображень шкали вимірювального приладу та іншої необхідної інформації поверх основного відео [1]. В національному університеті «Чернігівська політехніка» здобувачі вищої освіти працюють з реальними лабораторними стендами на базі мікроконтролерів STM32H7 [2], отриманих від компанії AgileVision. Здобувачі дистанційно заходять на персональні комп'ютери (ПК), розміщені в лабораторії, створюють та відлагоджують програмне забезпечення для мікроконтролера, яке запускають на реальному стенді, підключеному до ПК. Спостерігати за

результатами роботи вони можуть через режим відлагодження у програмному забезпеченні Atollic True Studio, а також за допомогою Web-камер, підключених до ПК, які виводять відеозображення стенду. В процесі передачі відео- та аудіо- інформації у синхронному режимі можуть застосовуватись відеоконференції на платформі Zoom [3]. В роботі [4] запропоновано використання мережевих технологій (електронний лімінг) для створення, сприяння, забезпечення та полегшення навчання. Відповідно до розробленої моделі сформована однорангова міжконтинентальна мережа віддалених лабораторій за підтримки європейських та латиноамериканських вищих навчальних закладів. У цьому мережевому контексті було визначено модель спільної роботи для студентів, які працюють з різних місць. Це дозволяє отримати доступ до вартісного обладнання включаючи безкоштовну пропозицію навчальних матеріалів для всієї інженерної галузі, незалежно від різного рівня економічного стану університетських закладів. Соціальна участь принаймні одного високомотивованого гравця є ключем до успіху такої однорангової мережі. Прикладом такої мережі є консорціум утворений двома збалансованими групами з Європи та Латинської Америки, кожна з яких очолюється Вищим навчальним закладом з координаційними обов'язками. Це: Політехнічний інститут Порту (IPP), Університет Порту (UP), Університет Бремена (UB), Технічний університет Берліна (TUB), Університет Данді (UD), Федеральний університет Санта Катаріни (UFSC), Федеральний університет Ріо-Гранде-ду-Сул (UFRGS), Католицький університет Чилі (PUC), Католицький університет Темуко (UCTemuco), Інститут технологій та вищої освіти Монтеррея (ITESM), Мексика. Відоме використання для дистанційного професійного навчання та освіти програми віртуальних приладів LabVIEW [5], яка за допомогою камер, давачів та контролерів дозволяє здійснювати управління рівнями освітлення при застосуванні освітлювальних технологій, а синхронізований (одночасний) віддалений доступ студентів до приладів забезпечується спеціально розробленою веб-сторінкою. Кожен користувач може запускати

програми протягом певного періоду через цей веб-сайт із індивідуальним збереженням даних, отриманих у моделі.

### **Виділення частини невирішеної проблеми**

Модель однорангової міжконтинентальної мережі віддалених лабораторій [4] апробована при проведенні дистанційних лабораторних занять з інформатики і не має досвіду використання в умовах залучення до навчального процесу обладнання експериментальних установок. Використання віртуальних лабораторних робіт та тренажерів [6] незважаючи на застосування сучасного програмного забезпечення (Model Vision Studium, LabVIEW, Internet Space Builder, Internet Scene Assembler, VRML-технологія), а також застосування комп'ютерних моделей не забезпечує повне відтворення виконання реальної лабораторної роботи. При цьому втрачаються уміння виконувати вимірювання і керувати лабораторним обладнанням. Вирішення проблеми дистанційного використання навчальних тренажерів особливо актуальне при застосуванні повномасштабного обладнання, зокрема тренажерів-імітаторів. Значний досвід застосування даного виду навчального обладнання починаючи з 2004 року (тренажери-імітатори DRILLSIM 5000 та «DrillSim-20») накопичений в тренажерному буровому центрі Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

### **Мета досліджень**

Мета роботи полягає в розробленні методики дистанційного проведення лабораторної роботи із забезпеченням віддаленого доступу студентів до безпосереднього регулювання та контролю в режимі реального часу режимних параметрів повнорозмірної дослідної установки.

### **Висвітлення основного матеріалу**

В процесі проведення досліджень, спрямованих на підвищення ефективності дистанційної форми проведення лабораторних занять, використана експериментальна лабораторна установка [7] призначена для визначення гідравлічних характеристик свердловинного струминного насоса.

Експериментальна установка (рисунок 1) складається з приймальної ємності 1,

відцентрового насоса 2, струминного насоса у вигляді робочої насадки 3, камери змішування 4 та дифузора 5, всмоктувальної лінії 6 у вигляді додаткового замкнутого контура циркуляції та напірної лінії 7. Регулювання режиму роботи силового приводу та струминного насоса

здійснюється за допомогою засувок 10, 11. Для контролю за роботою струминного насоса використовують витратоміри 12–14, манометри 15, 17 та мановакууметр 16.

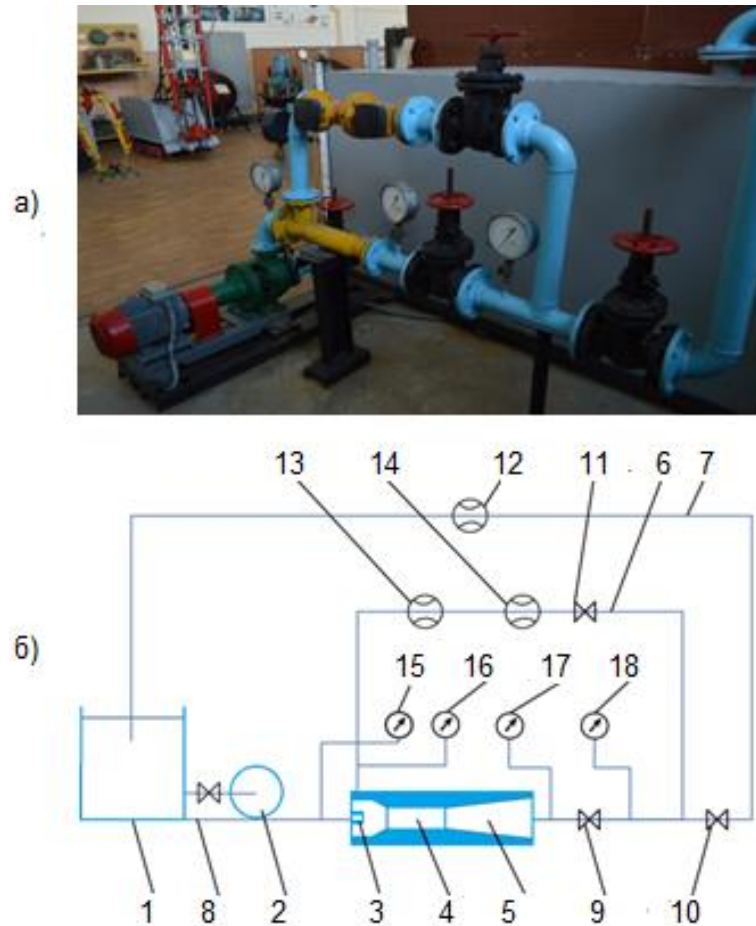


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд (а) та гідравлічна схема (б) лабораторної установки

Запуск установки здійснюється на закриття засувки 10, яку відкривають після включення відцентрового насоса 2. Степінь відкриття засувки 10 визначається величиною робочої витрати, яку необхідно отримати при проведенні лабораторної роботи. Режим роботи струминного насоса регулюється зміною степені відкриття засувки 11, розміщеної на всмоктувальній лінії ежекційної системи. Витратомір 12 дозволяє визначити витрату робочого потоку, а витратоміри 13, 14 – витрату інжектваного потоку відповідно для прямого та зворотного режимів експлуатації струминного насоса. При проведенні

експериментальних досліджень для визначення витрати інжектваного потоку, зазвичай, використовують один витратомір. Манометричні прилади 15, 16, 17 (клас точності 0,4) дозволяють контролювати тиски відповідно робочого, інжектваного та змішаного потоків.

Таким чином, регулювання режиму роботи лабораторної установки здійснюється двома засувками, а контроль робочих параметрів – двома витратомірами та трьома приладами для вимірювання тиску.

Конструкція лабораторної установки допускає можливість розміщення приладів для

вимірювання тиску на одній контрольно-вимірювальній панелі (рисунок 2, а, б, в).

Спрощений варіант проведення лабораторних робіт передбачає залучення проміжної ланки у вигляді оператора, який за допомогою відеотелефонного віддаленого конференц-зв'язку (із залученням «хмарних» обчислень) з використанням безкоштовного додатку Google Meet отримує необхідні команди та здійснює безпосередній запуск і регулювання режиму роботи відцентрового насоса шляхом зміни степені відкриття відповідних засувок лабораторної установки (рисунок 1). Спрощений варіант дистанційного

проведення лабораторних робіт вимагає облаштування робочого місця оператора у складі персонального комп'ютера з необхідним програмним забезпеченням відеозв'язку з віддаленими учасниками конференції та безперервної якісної трансляції відео- та аудіо-файлів. Покази приладів для вимірювання тиску при цьому у синхронному режимі передаються за допомогою спільної веб-камери, а передавання показів витратомірів здійснюється трьома індивідуальними веб-камерами, об'єднаними в систему відеоспостереження і віддаленого моніторингу на персональному комп'ютері.



**Рисунок 2 – Контрольно-вимірювальна панель для визначення тиску у всмоктувальній (а), робочій (б) і змішаній (в) лініях та витрати робочого (г), і інжектованого потоку при роботі струминного насоса у прямому (д) та зворотному (е) режимах**

За наявності угоди між навчальним закладом і компанією Google про співпрацю в освітній галузі оператору надається можливість здійснення запису лабораторної роботи (за допомогою внутрішньої функції програми Google Meet «Запис») із збереженням даного файлу у «хмарному» сховищі та подальшим

наданням відкритого доступу до даної інформації студентам в асинхронному режимі. При цьому учасники навчального процесу не залежать від будь-якої апаратної платформи і географічної території, можуть працювати з «хмарними» сервісами з будь-якої точки планети і з будь-якого пристрою, що має доступ

в інтернет, а також оперативно реагувати на зміни умов дистанційного навчання.

Підсумовуючи відзначимо, що реалізація даного варіанта дистанційного проведення лабораторних робіт не вимагає значних матеріальних витрат і потребує використання персонального комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням та чотирьох веб-камер.

Максимальна ефективність проведення лабораторних занять реалізується при забезпеченні доступу учасників навчального процесу до безпосереднього дистанційного регулювання режиму роботи дослідної установки та неперервного моніторингу параметрів її експлуатації. Відповідно до конструкції дослідної установки (рисунок 1) та методики проведення лабораторного заняття процес дистанційного регулювання режиму роботи струминного насоса передбачає наступні стадії:

- повне закриття розміщеної на вихідній лінії стенда засувки з дистанційним керуванням (засувка 10);
- запуск відцентрового насоса (позиція 2 на рисунку 1) за допомогою дистанційного пускового пристрою;
- часткове відкриття засувки з дистанційним керуванням (засувка 10) для досягнення необхідної величини робочої витрати. Контроль витрати робочого потоку здійснюється з використанням витратоміра 12 (рисунок 1), обладнаним дистанційним доступом до моніторингу значень вимірювальних параметрів;
- повне закриття засувки з дистанційним керуванням розміщеної на всмоктувальній лінії струминного насоса (засувка 11 на рисунку 1). Фіксація тиску інжектowanego потоку для повністю закритої засувки 11, який приймає

мінімальні значення, за допомогою мановакууметра 16, обладнаного дистанційним доступом до моніторингу значень вимірюваного параметра;

– повне відкриття засувки з дистанційним керуванням розміщеної на всмоктувальній лінії струминного насоса (засувка 11 на рисунку 1). Фіксація тиску інжектowanego потоку для повністю відкритої засувки 11, який приймає максимальні значення, за допомогою мановакууметра 16, обладнаного дистанційним доступом до моніторингу значень вимірюваного параметра;

– визначення різниці тисків інжектowanego потоку для граничних положень запірного елемента засувки 11, поділ отриманого діапазону зміни тиску на очікувану кількість експериментальних точок та встановлення низки величин тиску інжектowanego потоку для яких необхідно проводити виміри;

– фіксація витрати інжектowanego потоку за допомогою витратоміра 14, обладнаного дистанційним доступом до моніторингу значень вимірюваних параметрів для попередньо встановлених величин тиску інжектowanego потоку. Одночасно з фіксацією витрати інжектowanego потоку визначаються тиски робочого та змішаного потоків за допомогою манометрів 15, 17, обладнаних дистанційним доступом до моніторингу значень вимірюваних параметрів.

Запропонована структурна схема дистанційного проведення лабораторної роботи (рисунок 3) включає підключені до «хмарного сховища» персональні комп'ютери (планшети, смартфони) викладача і студентів, смарт-давачі для транслявання показів манометрів та витратомірів, електроприводи регулювальних засувок та дистанційний вимикач електричного живлення двигуна відцентрового насоса.

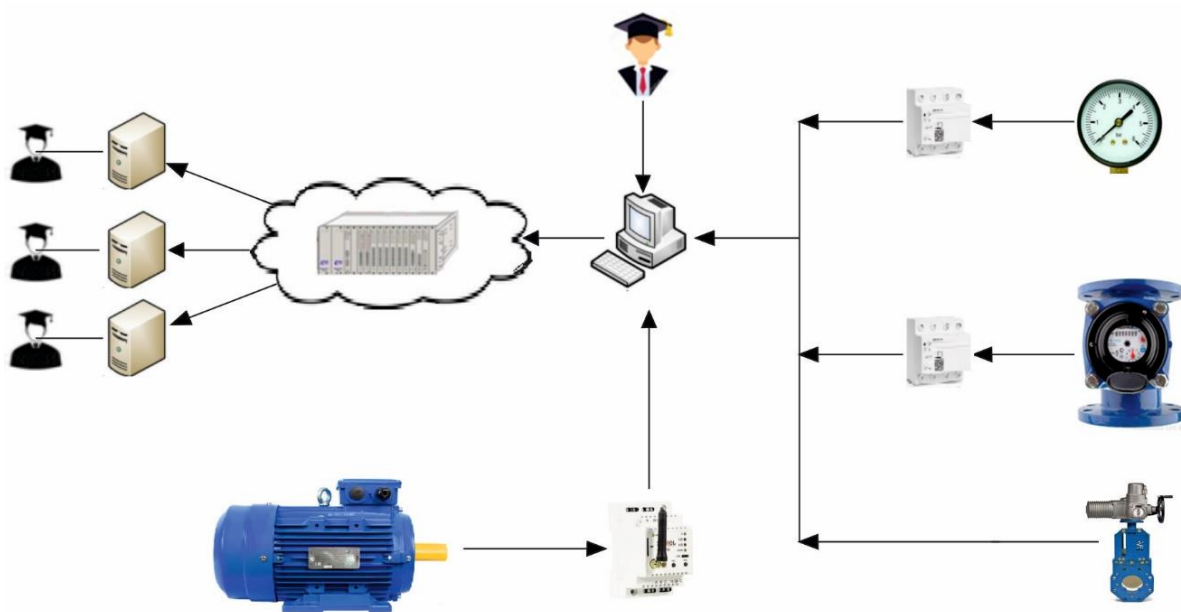


Рисунок 3 – Структурна схема дистанційного проведення лабораторної роботи

Для забезпечення дистанційного керування засувками 10, 11 можна використовувати різні типи приводів: гідравлічний, пневматичний, електричний. Для лабораторної установки приведеної на рисунку 1 рекомендовано обрати засувку з електроприводом, яка є сучасним запірним пристроєм і успішно застосовується при водопостачанні та в інших системах. Електропривід може використовуватись не тільки для перемикання арматури між режимами «закрито», «відкрито», а і для

регулювання проміжного положення запірного елемента. Основним компонентом електроприводу засувки є електродвигун. Найчастіше використовуються електродвигуни змінного струму, редуктор, що перетворює і передає обертання електродвигуна на шпindelь арматури та кінцеві і проміжні вимикачі обладнані датчиками, які виконують функцію дистанційного моніторингу та керування за допомогою цифрових інтерфейсів (рисунок 4 а)

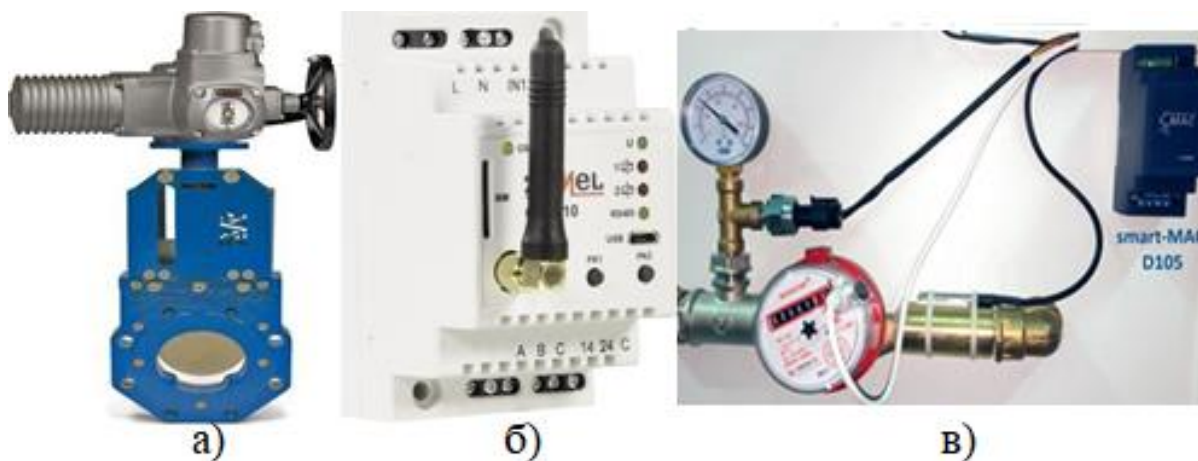


Рисунок 4 – Засоби дистанційного регулювання та моніторингу режимних параметрів лабораторної установки: а) засувка з електроприводом дистанційного керування, б) дистанційний вимикач, в) прилади для вимірювання тиску та витрати і smart-пристрій для передачі даних

Електропривід засувки має кріплення для з'єднання з арматурою (зазвичай використовуються фланці), електричні з'єднання та роз'єми для підключення до промислової мережі.

З метою повної автоматизації установки та керування двигуном насоса 2 (рисунок 1) може застосовуватись бездротовий вимикач, призначений для віддаленого управління електротехнікою, що дозволяє виконувати ряд додаткових функцій. Основна функція даного приладу вмикати та вимикати під'єднані електроприлади, сприймаючи сигнал з віддаленого пристрою управління. Крім того, вони оснащуються додатковими можливостями, до складу яких входить керування таймером вмикання та вимикання, а також надають можливість моніторингу напруги струму та потужності в реальному часі.

Трифазне WiFi реле напруги українського виробництва (фірма "Баклер" КСР-321-60) використовується для керування пристроєм за допомогою мережі WiFi та передачі даних на віддалений сервер, доступ до якого можна отримати з особистого кабінету чи сайту з телефону, планшета або настільного комп'ютера за допомогою відповідного додатку. У випадку, коли доступ до інтернету неможливий доцільне застосування приладу GRM-10 (рисунок 4 б), який призначений для дистанційного керування електрообладнанням через мережу мобільного зв'язку GSM за допомогою дзвінка на номер пристрою або надсилання і прийому закодованих SMS-повідомлень. Дистанційне керування роботою електроприладів здійснюється командами (вхідний дзвінок, SMS-повідомлення), що відправляються з мобільного телефону. До переваг такого пристрою можна віднести зручне управління важкодоступними пристроями в умовах відсутньої або слабкої мережі WiFi, наявність двох релейних виходів з максимальною здатністю навантаження 16А, оптичної сигналізації роботи (живлення, стану реле, стану GSM-модуля), низьке споживання потужності, можливість постійної роботи.

Для вимірювання режимних параметрів струминного насоса (експериментальні значення відносного напору та коефіцієнта інжекції), які визначаються за експериментальними значеннями тисків робочого, інжектованого та змішаного потоків та експериментальними

значеннями витрати інжектованого та робочого потоків, оптимальним рішенням буде використання витратомірів з імпульсним виходом, які призначені для обліку витрат рідини та транслявання сигналу на вторинний прилад управління або на смарт-пристрій (рисунок 4 в) та цифрові манометри (мановакууметри). Вторинний прилад (смарт-пристрій) перетворює виміряні параметри в інформаційні сигнали, які відправляються за допомогою кабельного з'єднання з сервером або бездротовою технологією WiFi на «хмарний» сервер даних. Всі накопичені дані можуть зберігатись на сервері даних з хвилинною деталізацією. При роботі в режимі реального часу показання лічильників оновлюються з інтервалом до 5 секунд. Доступ до «хмарного» сервера і історичних даних можна отримати з особистого кабінету чи сайту з телефону, планшета або настільного комп'ютера.

Призначення та технічні характеристики пристроїв для дистанційного регулювання та вимірювання параметрів лабораторної установки приведені в таблиці 1.

Особливу увагу при організації дистанційного проведення лабораторних занять необхідно звернути на електронні підручники з додатковими можливостями отримання знань і підвищення кваліфікації. Для покращення контролю знань студентів за допомогою сервісу Google Forms до кожного тестового завдання інтегрований безкоштовний додаток Form Limiter, який дозволяє встановити часові обмеження при захисті лабораторних робіт. Розвиток таких комп'ютерних технологій полегшує контроль знань при дистанційному навчанні з використанням низки онлайн-сервісів на безоплатній основі і, зокрема, таких як Google Classroom та Moodle.



**Таблиця 1. Пристрої для дистанційного регулювання та контролю параметрів лабораторної установки**

№	Назва пристрою	Призначення пристрою	Технічні характеристики пристрою
1	Засувка 30с941нж	Регулювання витрати робочого та інжектваного потоку	Номінальний діаметр 50 мм Номінальний тиск до 1,6 МПа
2	Wifi реле «Баклер» КСР-321-60	Дистанційний запуск двигуна відцентрового насоса	Номінальний струм 60 А Напруга 110...630 В Швидкодія 0,009...0,02 с
3	Імпульсний лічильник фланцевий ETATRON D.S.	Визначення витрати робочого та інжектваного потоку	Діаметр 65 мм (2 ½'') Подача 25 м3/год
4	Прецизійний цифровий манометр ДМ 500 2М	Визначення тиску інжектваного потоку	Діапазон показів від -1 до 1,5 кгс/см2. Клас точності 0,4. Діаметр корпусу 100 мм
5	Прецизійний цифровий манометр ДМ 500 2М-Г	Визначення тиску робочого та змішаного потоку	Діапазон показів від 0 до 6,0 кгс/см2 . Клас точності 0,4. Діаметр корпусу 100 мм

### Висновки

1. Визначальною умовою надання студентам технічних спеціальностей необхідних умінь та навиків з формуванням відповідних компетентностей є дистанційне проведення лабораторних робіт з використанням у синхронному або асинхронному режимі реального повнорозмірного обладнання і наявністю експериментальної складової.

2. Спрощений варіант дистанційного проведення лабораторних занять не вимагає значних матеріальних витрат і передбачає залучення до керування дослідною установкою проміжної ланки у вигляді оператора, персонального комп'ютера з чотирма об'єднаними в систему відеоспостереження веб-камерами та програмним забезпеченням відеотелефонного зв'язку з віддаленими учасниками конференції з використанням безкоштовного додатку Google Meet та технологій віддаленої обробки та зберігання даних.

3. Розроблена методика дистанційного проведення лабораторної роботи технічного спрямування із забезпеченням безпосереднього

віддаленого доступу студентів до запуску, регулювання та контролю в режимі реального часу режимних параметрів повнорозмірної дослідної установки. Запропонована структурна схема включає під'єднані до «хмарного сховища» засоби відеотелефонного віддаленого конференц-зв'язку, смарт-давачі моніторингу режимних параметрів лабораторної установки та засоби дистанційного запуску і регулювання режиму її роботи.

4. Розроблення методів віддаленого регулювання та моніторингу режимів роботи повнорозмірного нафтогазового обладнання дозволяє здійснювати дистанційне підвищення кваліфікації персоналу бурових та нафтогазовидобувних компаній.

Завдання подальших досліджень полягає у розробленні сервісної бази дистанційного навчання на основі «хмарних» технологій та методичних вказівок для виконання конкретних лабораторних робіт.

### Подяка

Робота виконана під керівництвом та за безпосередньої участі ректора ІФНТУНГ академіка НАН України професора Крижанівського Євстахія Івановича.

### Коментар

Виконання лабораторних робіт із віддалених доступом є невід'ємною ланкою в цілісній системі дистанційного навчання студентів за складними технічними та технологічними спеціальностями, де використовується складне технологічне обладнання (наприклад, при реалізації процесів буріння свердловин, видобування нафти і газу та інше). Удосконалення форми віддаленого доступу до лабораторного обладнання дозволяє дистанційно проводити міжнародну сертифікацію фахівців високої кваліфікації з використанням тренажерів-імітаторів DRILLSIM 5000 та «DrillSim-20».

Професор Крижанівський Є. І.

### Література

1. Джевага Г. Підготовка лабораторних робіт до виконання студентами в умовах дистанційного навчання // Проблеми підготовки сучасного вчителя. – 2017. – № 15. – С.42–49.
2. Дистанційне проведення лабораторних робіт: кафедра радіотехнічних та вбудованих систем національного університету «Чернігівська політехніка». – 03.04.2021. <http://rtes.stu.cn.ua> > dist-learn...
3. Тарасенко В.Г., Бойко В.С. Особливості проведення лабораторних занять з дисципліни «процеси і апарати» в умовах дистанційного навчання // Збірник науково-методичних праць Таврійського державного технологічного університету ім. Дм.Моторного. 2021. № 24. С. 462–466.
4. Herrera O.A., Alves G.R., Fuller D., Roberto G., Aldunate R.G. Remote Lab Experiments: Opening Possibilities for Distance Learning in Engineering Fields // International Federation for Information Processing. 2006. Vol. 210. P. 321-325.
5. Polat Z., Ekren N. Remote laboratory trends for Distance Vocational Education and Training (D-VET): A real-time lighting application // The International Journal of Electrical Engineering & Education. 2020. no 6. P. 206–217.
6. Сокурєнко В.І., Солод Л.В., Чорнойван А.А. Застосування інтерактивних моделей лабораторних робіт для дистанційного навчання на технічних спеціальностях // Вісник

Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2011. № 1. С. 5–8.

7. Kryzhanivskiy Ye.I., Panevnyk D.O. Experimental investigation of the near-bit jet pump // Oil and gas exploration and production. 2019. Vol.6. Issue 2. P.35-40.

### References

1. Dzhevaha H. Pidhotovka laboratornykh robit do vykonannya studentamy v umovakh dystantsiinoho navchannia // Problemy pidhotovky suchasnoho vchytelia. 2017. № 15. P.42-49.
2. Dystantsiine provedennia laboratornykh robit: kafedra radiotekhnichnykh ta vbudovanykh system natsionalnoho universyteta «Chernihivska politehnika». – 03.04.2021. <http://rtes.stu.cn.ua> > dist-learn...
3. Tarasenko V.H., Boiko V.S. Osoblyvosti provedennia laboratornykh zaniat z dystsypliny «protsezy i aparaty» v umovakh dystantsiinoho navchannia // Zbirnyk naukovo-metodychnykh prats Tavriiskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu im. Dm.Motornoho. 2021. № 24. P. 462–466.
4. Herrera O.A., Alves G.R., Fuller D., Roberto G., Aldunate R.G. Remote Lab Experiments: Opening Possibilities for Distance Learning in Engineering Fields // International Federation for Information Processing. 2006. Vol. 210. P. 321-325.
5. Polat Z., Ekren N. Remote laboratory trends for Distance Vocational Education and Training (D-VET): A real-time lighting application // The International Journal of Electrical Engineering & Education. 2020. no 6. P. 206–217.
6. Sokurenko V.I., Solod L.V., Chornoivan A.A. Zastosuvannia interaktyvnykh modelei laboratornykh robit dlia dystantsiinoho navchannia na tekhnichnykh spetsialnostiakh // Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury. 2011. № 1. P. 5–8.
7. Kryzhanivskiy Ye.I., Panevnyk D.O. Experimental investigation of the near-bit jet pump // Oil and gas exploration and production. 2019. Vol.6. Issue 2. P.35-40.