

УДК 004.78

Л. О. САВ'ЮК, А. О. РОГАЧ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ

## РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ПРАКТИКУМІВ ВІДДАЛЕНОГО ДОСТУПУ У СТРУКТУРІ ВІРТУАЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ ІНЖЕНЕРНОГО СПРЯМУВАННЯ

**Анотація.** У статті здійснено аналіз стану впровадження автоматизованих лабораторних практикумів віддаленого доступу (АЛВПД) у практику професійної підготовки і перепідготовки спеціалістів інженерного профілю. Доведено, що структура віртуальних навчальних середовищ технічного спрямування повинна будуватися на платформі АЛВПД та сучасних систем управління процесом дистанційного навчання. На основі проведеного інформаційного пошуку, щодо сучасного АЛВПД, розроблено комплексну класифікацію інструментальних засобів даного призначення та здійснений порівняльний аналіз структури і функціональних можливостей віртуальних навчальних середовищ підготовки інженерного рівня.

**Ключові слова:** Віртуальна лабораторія, лабораторний практикум, віддалений доступ, система, інформаційно-комунікаційні технології, дистанційне навчання.

**Анотация.** В статье проведен анализ состояния внедрения автоматизированных лабораторных практикумов удаленного доступа (АЛВПД) в практику профессиональной подготовки и переподготовки специалистов инженерного профиля. Доказано, что структура виртуальных учебных сред технического направления должна строиться на платформе АЛВПД и современных систем управления процессом дистанционного обучения. На основе проведенного информационного поиска, о современном АЛВПД, разработана комплексная классификация инструментальных средств данного назначения и осуществлен сравнительный анализ структуры и функциональных возможностей виртуальных учебных сред подготовки инженерного уровня.

**Ключевые слова:** Виртуальная лаборатория, лабораторный практикум, удаленный доступ, система, информационно-коммуникационные технологии, дистанционное обучение

**Abstract.** The article analyzed the status implementation of automated laboratory practical remote access (ALPRA) in specialist's practice training and retraining in engineering profile. It is proved that the structure of virtual learning environments technical guidance should be based on the platform ALPRA and modern process control systems distance learning. Based on the current ALPRA search information, a comprehensive classification tools of the purpose were developed and carried out a comparative analysis of the structure and functionality of virtual learning environments preparing on engineer's level.

**Key words:** Virtual lab, laboratory practice, remote access, system, information and communication technologies, distance learning.

### Вступ

Автоматизовані лабораторні практикуми віддаленого доступу (АЛВПД) набули широкого застосування у процесі підготовки майбутніх інженерних кадрів відомих вітчизняних та закордонних вищих навчальних закладів (ВНЗ). Використання даного педагогічного інструменту професійної підготовки спеціалістів інженерного профілю дозволяє зміцнити зв'язок теоретичних та практичних знань студентів, забезпечує формування системи компетенцій та сприяє появі стійкої мотивації до процесу навчання. АЛВПД можна назвати авторитетним і інноваційним інструментом інженерної освіти, який має свої інструментальні, класифікаційні ознаки і апаратно-програмні системи підтримки.

Проведення порівняльного аналізу існуючих АЛВПД, вивчення досвіду їх впровадження у навчальний процес ВНЗ технічного рівня, порівняння їх функціональних, інформаційних моделей і структур має науково-практичне значення для інтенсифікації, оптимізації та уніфікації процесів інтегрування даних досконалих інструментальних засобів у навчально-методичний процес Українських ВНЗ. На сучасному етапі розвитку інженерної освіти АЛВПД на основі досягнень в області інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), інноваційних методів і алгоритмів дистанційного навчання здатні трансформуватися у віртуальні навчальні середовища (ВНС) технічного спрямування.

### Постановка проблеми

Авторами вирішується завдання проектування, практичної реалізації та інтегрування у навчальний процес підготовки студентів спеціальності "Комп'ютеризовані системи управління та автоматика" ВНС на основі АЛВПД, які призначений для вивчення динамічних режимів роботи фізичних моделей складних технологічних об'єктів. На стадії дослідної експлуатації у навчальному процесі знаходиться АЛВПД по вивченню функціональних особливостей двох вимірного термодинамічного об'єкту з розподіленими параметрами на прикладі кліматичної камери, яка дозволяє моделювати агресивний вплив оточуючого середовища на дослідні зразки різноманітної природи на основі експериментальних вимірювань та контролю параметрів вологості та температури повітря [1]. Такі прилади широко використовуються багатьма науково-дослідними закладами, що розробляють обладнання для машинобудівної, оборонної, авіаційної промисловості. Даний АЛВПД дозволяє майбутньому інженеру засвоїти на практиці алгоритми і методи теорії розпізнавання та ідентифікації складних динамічних об'єктів та побудови і верифікації математичної моделі кліматичної камери на основі проведення активних експериментальних досліджень.

При реалізації поставленого завдання виявилось необхідним провести ретельний аналіз досвіду використання подібних АЛВПД у навчальному процесі підготовки та перепідготовки інженерних кадрів. Результати аналізу існуючих апаратно-програмних реалізацій та систем підтримки їх практичного вико-

ристання дозволить оптимізувати функціональну структуру впроваджуваного АЛВПД та покращити його апаратно - програмну платформу.

### Виклад основного матеріалу

АЛВПД є по своїй суті системами віддаленого доступу (СВД) навчального призначення для управління фізичними моделями динамічних об'єктів і систем на базі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ).

Принципи, закладені в основу концепції проектування та практичної реалізації АЛВПД, перевірені світовим досвідом використання в найрізноманітніших областях людської діяльності, особливо в науці та техніці. Наприклад, прилади, призначені для контролю параметрів об'єктів, прямий контакт з якими по ряду причин є неможливим, завжди керувалися на відстані, в тому числі і задовго до появи персональних комп'ютерів та комп'ютерних мереж. В даному випадку дистанційне керування апаратурою і проведення з її допомогою віддалених експериментів здійснювалося з допомогою спеціальних пристроїв, які могли передавати команди оператора на потрібну відстань любым доступним на той час способом - послідовністю електричних сигналів через з'єднувальні кабелі, радіо канали або за допомогою телеуправління.

Класичними прикладами використання подібного підходу віддаленого керування є:

1. системи управління з земної поверхні безпілотними літаючими апаратами та іншими об'єктами;
2. управління роботами, які працюють зі шкідливими речовинами або у небезпечних місцях;
3. системи управління освітленням і вентиляцією задля забезпечення безпеки людини;
4. системи управління споживанням електроенергії у центрах безперебійної обробки інформації;
5. системи контролю оптимальних режимів роботи різноманітного технологічного обладнання.

Слід відмітити, що на сьогодні для реалізації СВД використовують сучасні апаратні засоби моніторингу, управління та автоматизації технологічних процесів відомих світових фірм.

Стрімкий розвиток мережі Інтернет значно спростило та удосконалив електронний зв'язок між апаратними засобами контролю і управління та самим технологічним об'єктом, надав можливість легкої комунікації між персональними комп'ютерами у структурі локальних мереж і між серверами в глобальній мережі, дозволив сформувати і втілити у життя концепцію віддаленого управління обладнанням реальних науково - дослідних лабораторій.

На сьогодні практично реалізовані наступні можливості СВД [2]:

1. підвищення ефективності навчання студентів завдяки колективному віддаленому доступу до унікальних експериментальних установок;
2. тренінги з управління унікальним промисловим устаткуванням;
3. проведення експериментів з радіоактивними та іншими небезпечними речовинами;
4. спрощення та здешевлення проведення реальних наукових експериментів;
5. організація безперервного цілодобового доступу до технологічного обладнання в автоматичному режимі.

Концепція інтеграції методології СВД в навчальний процес технічних університетів, в тому числі в систему дистанційної освіти (ДО), передбачає використання апробованих методів віддаленого контролю і управління в промислових умовах з максимальною їх адаптацією до особливостей професійної підготовки студентів інженерних спеціальностей.

Системи дистанційного навчання (СДН) активно використовуються в навчальному процесі більшості відомих ВНЗ по всьому світу. Для доставки теоретичного контенту, в тому числі у мультимедійного і в інтерактивному вигляді, існують інформаційно-комунікаційні і мобільні технології, які стрімко розвиваються і удосконалюються. Однак, проблема набуття професійних інженерних компетенцій на основі роботи з реальним лабораторним обладнанням залишається найбільш не вирішеною областю розвитку і впровадження СДН технічного спрямування. Лабораторне обладнання даного рівня є настільки складним і дорогим у розробці і реалізації, що у більшості випадків керівництво ВНЗ переходить до організації систем змішаного (гібридного) навчання (СЗН).

АЛВПД являє собою комплексну взаємо пов'язану систему апаратно-програмних засобів, які надають можливість проводити експериментальні дослідження віддалено з можливістю обробки експериментальних даних з подальшою інтерпретацією і аналізом отриманих результатів. Окрім того, сучасні АЛВПД повинні забезпечувати стійку комунікацію між студентами та викладачем (тьютором) для оцінки навчальної діяльності та корегування навчального процесу. Такі можливості забезпечують спеціалізовані навчальні сайти, які містять інструктивні мультимедійні матеріали для роботи з АЛВПД, системи діагностики готовності роботи з обладнанням, середовища для організації он-лайн консультацій та іншої методичної підтримки. Таким чином АЛВПД перетворюються на сучасні віртуальні навчальні середовища (ВНС).

Відома класифікація поділяє АЛПВД на три основних класи – лабораторні практикуми на основі різноманітних моделей об'єктів і систем з можливістю організації симуляцій та віртуальних досліджень, лабораторні практикуми на основі реального апаратного забезпечення та на основі фізичних моделей промислових систем [3]. Однак постійний розвиток ІКТ та апаратно-програмних засобів розробки АЛПВД дозволив авторам на основі аналізу інформаційних джерел розробити комплексну класифікацію існуючих АЛПВД (рис. 1).

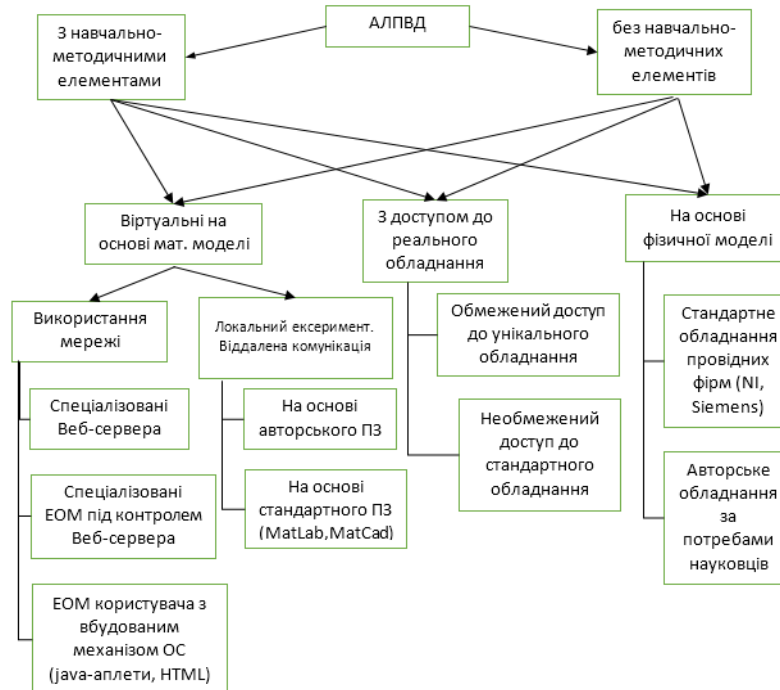


Рисунок 1 - Класифікації АЛПВД згідно структурних та функціональних особливостей

Слід підкреслити відмінність поняття “лабораторії віддаленого доступу” не тільки від традиційної, реальної лабораторії, експерименти в якій проводяться традиційним способом і потребують присутності експериментатора біля реального стенда. Дана відмінність очевидна, однак, лабораторія з віддаленим доступом відрізняється і від “віртуальної”. Доступ до віртуальної лабораторії, так само як і до віддаленої, здійснюється через комп’ютер по локальній або глобальній мережі. При цьому, в залежності від конкретного програмного забезпечення, студент або експериментатор може бачити на екрані максимально наближені до реальних пристроїв органи управління лабораторним стендом, датчики, виконавчі механізми та прибори реєстрації відгуку обладнання, що і під час віддаленого доступу до реальної лабораторії.

Однак, у віртуальній лабораторії реальне лабораторне обладнання та динамічні процеси, що супроводжують його функціонування повністю заміщується мультимедійними та імітаційними моделями в процесі організації симуляції. Таким чином, замість реального фізичного процесу віртуальна лабораторія дозволяє вивчати лише наближені, деколи ідеалізовані, моделі фізичних явищ і процесів. Якість віртуальної лабораторії залежить від вибору математичної моделі, від того, наскільки повно з її допомогою можна описати ті або інші аспекти фізичних процесів, з якими в реальності взаємодіє реальна лабораторія. Тому віртуальні лабораторії, які можна називати “симуляторами” реального обладнання, використовуються виключно для демонстраційного навчання, при цьому лабораторії даного рівня займають по степені ефективності використання в процесах тренінга та перекваліфікації інженерних кадрів останнє місце. На відміну від віртуальних лабораторій сучасні АЛПВД можуть використовуватися не тільки для навчання, але й для проведення реальних досліджень в багатьох областях науки та техніки, у підготовці компетентних інженерних кадрів з використанням унікального дорогого обладнання, яке встановлене в найбільших наукових центрах та лабораторіях провідних ВНЗ.

В наукових дослідженнях АЛПВД застосовуються на даний час більш широко, ніж в організації ДО інженерного рівня. Це пояснюється низькою об’єктивних і суб’єктивних факторів, таких як висока вартість даних інструментальних засобів, складність розробки АЛПВД, які є максимально адаптованими до навчальних планів різних напрямків підготовки студентів технічних спеціальностей. Тим не менше, вже сьогодні на відомих Інтернет порталах об’єднуються у загальні ВНС сотні різних експериментальних установок з можливістю віддаленого доступу, при цьому бажаючи можуть вибрати для свого науко-

вого дослідження необхідне технологічне обладнання та провести віддалений експеримент. Доступ до проведення віддаленого експерименту може бути не обмеженим або лімітованим вимогами власників Інтернет порталів.

Як відомо, у вік високих технологій актуальні проблеми науково-технічного прогресу часто вирішуються за рахунок складних, комплексних, унікальних науково-дослідних установок або комплексів, створених спільними зусиллями декількох провідних ВНЗ з багатьох країн світу, яким керують одночасно великі колективи спеціалістів, програмістів, техніків і іншого обслуговуючого персоналу. Наявність в визначеній країні таких унікальних приладів і установок часто виявляється показником рівня розвитку національної наукової школи або технічної галузі.

Реалізація АЛПВД зробила можливим покращити навчання в слаборозвинутих країнах, що є однією з пунктів міжнародної соціальної політики розвинутих країн. [3].

Дослідження проведені в роботі [4], виявили розподіл реалізованих проектів АЛПВД по країнах і по областях людської діяльності. Вияснилося, що в 2004 р. нараховувалося більше 70 лабораторій з віддаленим доступом, з яких 50 були безкоштовними з необмеженим доступом, які навіть не вимагали реєстрації. Буквально через два роки кількість впроваджених у використання АЛПВД збільшилося вдвоє. Половина всіх реалізованих проектів АЛПВД розташовувалися в США та Німеччині. 90% всіх реалізованих лабораторій призначалось для вивчення основ електроніки і роботи технічних систем, через деякий час були реалізовані і проекти АЛПВД в області фізичних досліджень. За останні роки список країн, які створюють АЛПВД постійно збільшується. Україну, без сумніву, можна також віднести до даного списку. У таблиці 1 наведений перелік найбільш відомих в світі АЛПВД, порівняльний аналіз їх функціональних можливостей, апаратної платформи реалізації лабораторій, у тому числі проаналізована наявність методичної підтримки АЛПВД на основі систем управління процесом дистанційного навчання LMS (Learning Management System). Необхідно відмітити, що саме розробка методичних засобів підтримки АЛПВД у структурі LMS забезпечує якісний перехід на платформу ВНС інженерного спрямування.

Призначення ВНС технічного рівня полягає у можливості реалізації наступних функціональних елементів навчального призначення [5, 6]:

1. модуля інформаційної підтримки для ознайомлення з функціональними особливостями АЛПВД;
2. інструктивного модуля, що дозволяє користувачу підготуватися до роботи з обладнанням;
3. методичного модуля, який містить методи і алгоритми збереження та обробки отриманих експериментальних даних;
4. модуля діагностики рівня знань для можливості доступу до апаратно-програмних засобів АЛПВД;
5. модуля комунікаційного зв'язку з інструктором для вирішення можливих проблем при роботі з АЛПВД.

Таблиця 1. Порівняльний функціонал найвідоміших АЛПВД

Засоби підтримки професійних інженерних компетенцій	Використані технології	Доступ до реального обладнання	Наявність віртуальної підтримки	Можливості віддаленої роботи
Labicom ( <a href="https://labicom.net">https://labicom.net</a> ) Глобальна платформа організації доступу до реального та віртуального інженерного обладнання	National Instruments (Labview)	Універсальний Web-доступ до будь-якого інженерного обладнання (Web сервер LabVIEW)	Використання віртуальних приладів на платформі Labview	Моніторинг, управління, колективна робота. Власна LMS
NetLab ( <a href="http://netlab.unisa.edu.au/">http://netlab.unisa.edu.au/</a> )	Java	Доступ до інженерного обладнання через Java API	Віртуальні прилади (точна копія доступних для виконання робіт)	Моніторинг, управління, колективна робота
Labshare ( <a href="http://www.labshare.edu.au/">http://www.labshare.edu.au/</a> )	Java, National Instruments (Labview)	Web-доступ до будь-якого інженерного обладнання	Використання віртуальних приладів на платформі Labview	Моніторинг, управління
E-Laboratory ( <a href="http://www.ises.info/">http://www.ises.info/</a> )	ISES WEB Control	Універсальний Web-доступ до будь-якого інженерного обладнання	ISES, Websocket	Моніторинг, управління

Продовження таблиці 1

Weblab-deusto ( <a href="http://weblab.deusto.es/">http://weblab.deusto.es/</a> )	Open source	Універсальний Web-доступ до будь-якого обладнання	Відсутня	Моніторинг, управління
Remote internet laboratory ( <a href="http://remote-lab.fyzika.net/">http://remote-lab.fyzika.net/</a> )	ISES Web Control	Універсальний Web-доступ до будь-якого обладнання	Використання віртуальних приладів на платформі (Labview)	Моніторинг, управління
Relle ( <a href="http://rexlabs.ararangua.ufsc.br/">http://rexlabs.ararangua.ufsc.br/</a> )	Open Source	Універсальний Web-доступ до будь-якого обладнання	Відсутня	Моніторинг, управління. LMS MOODLE
University network of interactive labs ( <a href="http://unilabs.dia.uned.es/">http://unilabs.dia.uned.es/</a> )	Java	Web-доступ до обладнання	Віртуальні прилади, симулятори	Моніторинг, управління, програмування регуляторів та роботів. LMS MOODLE
Лаборатория Электронных Средств Обучения (ЛЭСО) СибГУТИ ( <a href="http://www.labfor.ru/">http://www.labfor.ru/</a> )	National Instruments (Labview) Java	Web-доступ до інженерного обладнання	Віртуальні прилади та симулятори на платформі LabView	Моніторинг, управління, програмування контролерів

АЛПВД у порівнянні з реальним лабораторним обладнанням володіють безсумнівною перевагою економічного характеру:

1. економія коштів на створення лінійку однотипних реальних експериментальних установок при наявності хоча б одного екземпляра в структурі одного АЛПВД;
2. економія коштів за рахунок відсутності потреби створення реального інтерфейсу для роботи з апаратурою в лабораторії з повною заміною засобами зв'язку з комп'ютерним сервером;
3. поява можливості роботи на дорогому унікальному обладнанні, яке знаходиться влюбій країні, будь-якому місті або науковому центрі світу;
4. зручність доступу до лабораторії в будь-який час для будь-якої кількості користувачів одночасно;
5. можливість пропозицій стосовно користування унікальним експериментальним обладнанням кожному бажаному на комерційній або іншій основі, тим самим підвищуючи ефективність використання існуючої апаратури з наданням фінансової можливості своєчасної модернізації та удосконалення.

Практична реалізація концепції АЛПВД є важливим напрямком подальшого розвитку інженерної освіти в нашій країні, враховуючи економічну та політичну ситуацію сьогодення та доведену ефективність їх використання для навчання студентів технічних спеціальностей, яка багатократно підтверджена світовим досвідом. При цьому, ефективність і користь подібних лабораторій в найбільшій степені визначає рівні освітньої та наукової політики таких розвинутих країн як США, Німеччина, Англія, де відсутня необхідність жорсткої економії на утримання університетських лабораторних практикумів, однак вимоги сучасності по забезпеченню максимальної мобільності при підготовці та пер підготовці інженерних кадрів стимулюють динамічний розвиток ВНС на основі АЛПВД.

#### Висновки

На основі проведеного аналізу сучасного стану розвитку і впровадження у процес підготовки інженерних кадрів ВНС на основі АЛПВД прийнято рішення щодо проектування, практичної реалізації і впровадження у навчальний процес ВНС підготовки інженерних кадрів на базі кафедри комп'ютерних технологій в системах управління та автоматики Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Модельним АЛПВД, який має бути апробований у структурі майбутнього ВНС є лабораторний практикум дослідження особливостей роботи кліматичної камери нагрівання з повним методичним супроводом на платформі LMS Moodle версії 2.6.5.

Подальший розвиток ВНС планується на основі включення у його структуру лабораторних практикумів вивчення режимів роботи нафтопереробного резервуарного парку, робота-маніпулятора, двох координатного графо – побудовувача. При необхідності парк АЛПВД може постійно розширюватися при збереженні методичних основ формування ВНС.

### Список літератури

1. Назначение испытательных климатических камер [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://clim-tech.ru/novosti/articles/16-klimatika-naznachenie>
2. Faltin, N., Böhne, A., Tuttas, J. and Wagner, B. Distributed Team-Learning in an Internet-Assisted Laboratory/ Innovations in Virtual and Remote Laboratories // International Conference on Engineering Education. - August 18 - 21, 2002, Manchester, U.K [electronic resource]. – <http://discoverlab.com/References/icee02.pdf>
3. Постников Е.Б. Обзор мирового опыта создания и эксплуатации лабораторий удаленного доступа [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.efmsb.ru/download/Mirovoy\\_opit\\_sozdaniya\\_i\\_ekspluatacii\\_laboratoriy\\_udalennogo\\_dostupa.pdf](http://www.efmsb.ru/download/Mirovoy_opit_sozdaniya_i_ekspluatacii_laboratoriy_udalennogo_dostupa.pdf)
4. Sebastian Gröber, Martin Vetter, Bodo Eckert, and Hans-Jörg Jodl, Experimenting from a distance – remotely controlled laboratory (RCL). Eur. J. Phys. 28 (3), 127-141 (2007).
5. Рогач А.О. Віртуальне навчальне – експериментальне середовище як інноваційна стратегія технічної освіти.- Збірник праць ІХ міжнародної конференції “Нові інформаційні технології в освіті для всіх”.Київ, 26 листопада 2014р.– Ч.2.- Київ, МННЦ ІТіС-2014.- С. 174 – 183.
6. Заміховський Л.М., Сав’юк Л.О. Проектування віртуального навчального середовища кафедри комп’ютерних технологій в системах управління та автоматики.- Збірник тез доповідей ІІІ Всеукраїнського науково-практичного семінару “Сучасні інформаційні технології в дистанційній освіті”. Івано-Франківськ, 22-24 вересня 2014р. - Івано-Франківськ, вид-во ІФНТУНГ- 2014.- С.73-76.

Стаття надійшла: 27.11.2015.

### Відомості про авторів

**Сав’юк Лариса Олександрівна** - к.т.н., доцент кафедри комп’ютерних технологій в системах управління та автоматики, м. Івано-Франківськ, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

**Рогач Артур Олегович** - аспірант кафедри комп’ютерних технологій в системах управління та автоматики, м. Івано-Франківськ, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.