

DOI: <https://doi.org/10.32820/2074-8922-2019-62-24-35>  
УДК 378.162.33

**УЗАГАЛЬНЕННЯ ДОСВІДУ СТВОРЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ БАЗИ ДЛЯ  
ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТЬ З ДИСЦИПЛІН ПРОФЕСІЙНОГО ЦИКЛУ ПРИ  
ПІДГОТОВЦІ ІНЖЕНЕРІВ-ПЕДАГОГІВ ДЛЯ НАФТОГАЗОВОЇ ГАЛУЗІ**

© Канюк Г.І., Андреев О.В., Мезеря А.Ю., Прокопенко О.О., Антоненко Н.С.

*Українська інженерно-педагогічна академія*

**Інформація про авторів:**

**Канюк Геннадій Іванович:** ORCID: 0000-0003-1399-9039; tetaet@i.ua; доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплоенергетики та енергозберігаючих технологій; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 610003, Україна.

**Андреев Олександр Віталійович:** ORCID: 0000-0002-2601-1491; tetaet@i.ua; кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики та енергозберігаючих технологій; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 610003, Україна.

**Мезеря Андрій Юрійович:** ORCID: 0000-0003-2946-9593; tetaet@i.ua; кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики та енергозберігаючих технологій; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 610003, Україна.

**Прокопенко Олена Олександрівна:** ORCID: 0000-0002-6834-3056; tetaet@i.ua; кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики та енергозберігаючих технологій; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 610003, Україна.

**Антоненко Наталія Сергіївна:** ORCID: 0000-0001-5576-3388; nsantonenko2015@gmail.com; кандидат технічних наук, декан факультету енергетики, енергозберігаючих технологій і автоматизації енергетичних процесів, доцент кафедри теплоенергетики та енергозберігаючих технологій; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 610003, Україна.

У статті узагальнено досвід створення лабораторної бази використовуваної при викладанні навчальних курсів, присвячених вивченню обладнання газового господарства та спрямованих на формування професійних компетентностей при підготовці інженерів-педагогів спеціальності 015 «Професійна освіта (Нафтогазова справа)» на кафедрі теплоенергетики та енергозберігаючих технологій Української інженерно-педагогічної академії.

Описано системний підхід до створення лабораторної бази, основними ідеями якого є:

- створення лабораторного стенду з використанням реальної промислової газорозподільної станції (ГРС);
- створення універсального стенда ГРС, що включає такі основні структурні елементи, як вузол підготовки природного газу, газорегуляторний пункт, вузол комерційного обліку спожитого газу, одоризаційну установку;
- врахування специфіки та особливостей використання обладнання та вимірювальної техніки, що застосовуються в нафтогазовій галузі;
- постановка комплексу лабораторних робіт для використання при викладанні ряду дисциплін циклу професійної підготовки, передбачених навчальним планом і спрямованого на формування у студентів знань характеристик обладнання газового господарства і формування умінь визначення їх параметрів і характеристик, а також їх регулювання;
- розробка методичного забезпечення лабораторної бази з урахуванням компетентностей, якими має володіти майбутній фахівець нафтогазової галузі, викладач спеціальних дисциплін в хімічній і нафтогазовій галузях, і вимог до програмних результатів його навчання;
- врахування специфіки підготовки інженерно-педагогічних кадрів для викладання спеціальних дисциплін в навчальних закладах системи професійно-технічної освіти;
- облік сучасних вимог енерго- та ресурсозбереження при розробці та створенні лабораторної бази.

Показано, що використання лабораторної бази при викладанні професійних дисциплін забезпечує формування у студентів твердих практичних умінь і навичок налагодження, настройки та експлуатації газової апаратури і обладнання, що є особливо важливим для успішної інженерно-педагогічної діяльності.

**Ключові слова:** лабораторна база, газорозподільна станція, газорегуляторний пункт, комерційний облік газу, практичні навички, професійні компетенції, підготовка фахівців для нафтогазової галузі, професійна освіта, нафтогазова справа.

**Канюк Г.И., Андреев А.В., Мезеря А.Ю., Прокопенко Е.А., Антоненко Н.С.** «Обобщение опыта создания лабораторной базы для проведения занятий по дисциплинам профессионального цикла при подготовке инженеров-педагогов для нефтегазовой отрасли»

В статье обобщен опыт создания лабораторной базы используемой при преподавании учебных курсов, посвященных изучению оборудования газового хозяйства и направленных на формирование профессиональных компетентностей при подготовке инженеров-педагогов специальности 015 «Профессиональное образование (Нефтегазовое дело)» на кафедре теплоэнергетики и энергосберегающих технологий Украинской инженерно-педагогической академии.

Описан системный подход к созданию лабораторной базы, основными идеями которого являются:

- создание лабораторного стенда в масштабе реальной промышленной газораспределительной станции (ГРС);
- создание универсального стенда ГРС, включающего такие основные структурные элементы, как узел подготовки природного газа, газорегуляторный пункт, узел коммерческого учета потребляемого газа, одоризационная установка, газопровод;
- учет специфики и особенностей использования оборудования и измерительной техники, применяемых в нефтегазовой отрасли;
- постановка комплекса лабораторных работ для использования при преподавании ряда дисциплин цикла профессиональной подготовки, предусмотренных учебным планом и направленного на формирование у студентов знаний характеристик оборудования газового хозяйства и формирования умений определения их параметров и характеристик, а также их регулирования;
- разработка дидактического обеспечения дисциплин, преподавание которых предусматривает использование разработанной лабораторной базы;
- разработка методического обеспечения лабораторной базы с учетом компетентностей, которыми должен владеть будущий специалист нефтегазовой отрасли, преподаватель специальных дисциплин в химической и нефтегазовой отраслях, и требований к программным результатам его обучения;
- учет специфики подготовки инженерно-педагогических кадров для преподавания специальных дисциплин в учебных заведениях системы профессионально-технического образования;
- учет современных требований энерго- и ресурсосбережения при разработке и создании лабораторной базы.

Показано, что использование лабораторной базы в преподавании профессиональных дисциплин обеспечивает формирование у студентов твердых практических умений и навыков наладки, настройки и эксплуатации газовой аппаратуры и оборудования, что особенно важно для успешной инженерно-педагогической деятельности.

**Ключевые слова:** лабораторная база, газораспределительная станция, газорегуляторный пункт, коммерческий учет газа, практические навыки, профессиональные компетенции, подготовка специалистов для нефтегазовой отрасли, профессиональное образование, нефтегазовое дело.

**Kanyuk G., Andryeyev O., Mezerya A., Prokopenko O., Antonenko N.** "Lessons learned on establishing laboratory facilities to conduct classes in specialized disciplines while training engineering teaching professionals in the field of the oil and gas industry"

The article presents the experience in creating laboratory facilities to teach courses dealing with studying the equipment for the oil and gas industry and aiming to shape professional competencies while training students specializing in the program subject area 015 "Vocational education (Oil and Gas Engineering)" at the Department of Power Engineering and Energy Saving Technologies of Ukrainian Engineering Pedagogics Academy.

The main ideas describing a systematic approach to establishing laboratory facilities include:

- establishing a laboratory stand at the scale of a real industrial gas distribution station (GDS);
- establishing a universal stand of the GDS, including such basic structural elements as a natural gas preparation unit, a gas control unit, a measuring unit for gas consumption, an odorizer, a gas pipeline;
- considering the specifics and characteristics of operating appliances and measuring equipment used in the oil and gas industry;
- developing a set of laboratory experiments used in teaching a number of courses envisaged in the curriculum and aimed at expanding students' knowledge of the characteristics of the oil and gas industry equipment and forming skills for determining its parameters and characteristics, as well as ways to regulate it;

–developing didactic support for the classes where the use of the established laboratory facilities is involved;

– developing methodological provision for laboratory facilities with regard to the competencies required to become a specialist in the field of the oil and gas industry, specializing in teaching specific courses in the chemical and oil and gas fields, and the requirements for the results of training;

– taking into account the specifics of training the teaching staff for the vocational education system;

– taking into consideration the requirements on saving energy and resources while developing and establishing laboratory facilities.

It is evident that the use of laboratory facilities as a part of the training process ensures that students obtain practical skills for application, adjustment and operation of the equipment used in the oil and gas industry. Mastering the above-mentioned hard skills will enable students to succeed professionally in the future.

**Keywords:** laboratory base, gas distribution station, gas distribution plant, gas metering, practical skills, professional competency, training specialists for the oil and gas industry, vocational education, oil and gas business.

**Постановка проблеми.** Газифікація промислового виробництва і комунально-побутової сфери промислово розвинених країн знаходиться на високому рівні - частка нафти і газу в енергетичному балансі досягає 70-80% [1], в структурі споживання енергії України на частку газу припадає понад 40% [2]. Газотранспортна система України має протяжність газопроводів різного призначення близько 40 тисяч кілометрів, в тому числі розподільних трубопроводів близько 17 тисяч кілометрів, включаючи 1450 газорозподільних станцій.

Система газопостачання Харкова є однією з найбільших і найстаріших в Україні, тільки мережа розподільних газопроводів міста становить понад 4 тисячі кілометрів, з яких 360 кілометрів експлуатується понад 40 років [3].

У нафтогазовій галузі України зайнято понад 100 тисяч виробничого персоналу.

Разом з тим енергоємність промислового виробництва і комунально-побутової сфери України є вищою за середньоєвропейський рівень в 3-4 рази [4].

З огляду на викладене, а також враховуючи орієнтацію галузі на інноваційний шлях розвитку, проблема підготовки висококомпетентних фахівців для нафтогазової галузі України є актуальною, від рівня кваліфікації інженерних кадрів залежить в кінцевому підсумку рішення науково-технічних і практичних завдань галузі.

Однією з важливих вимог вивчення студентами ключових дисциплін циклу професійної підготовки навчального плану бакалаврів спеціальності 015 «Професійна освіта (Нафтогазова справа)» є придбання ними професійних практичних знань, умінь і навичок експлуатації системи газопостачання, комерційного обліку, газорозподілу.

Важлива роль в набутті практичних знань відводиться лабораторному практикуму, що диктує спеціальні вимоги до створення лабораторної бази.

У статті розглянуто досвід створення лабораторної бази в Українській інженерно-педагогічній академії (УІПА), що відповідає сучасним вимогам підготовки фахівців для нафтогазової галузі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналізу піддані роботи провідних вчених в області підготовки фахівців для нафтогазової галузі [1, 2, 4 - 7].

Важливим висновком з проведеного аналізу є наявність актуальної та такої, що інтенсивно розвивається, тенденції формування у фахівців практичних знань, умінь і навичок, в придбанні яких велика роль належить лабораторному практикуму і виробничій практиці. У той же час в роботах відзначається недостатній обсяг цих видів занять у існуючих навчальних планах. Підкреслюється важлива роль створення лабораторних стендів в реальному промисловому масштабі [1, 2], на яких виконання лабораторних робіт забезпечує набуття студентами міцних практичних умінь і навичок експлуатації систем газопостачання.

Базою набуття практичних знань і умінь [6, 7] є вивчення побудови і принципу дії обладнання систем газорозподілу і комерційного обліку. З цією метою широко застосовуються навчальні плакати, макети, відеофільми.

Сучасні лабораторії провідних вишів нашої країни оснащені комп'ютерною технікою, яку широко використовують формування професійних навичок і компетенцій при проведенні лабораторних занять, як в частині вивчення принципів дії нафтогазового обладнання на віртуальних лабораторних стендах і тренажерах, так і для комп'ютерного

моделювання технічних пристроїв і технологічних процесів нафтогазової галузі. Широкі можливості надає комп'ютерна техніка для формування і розвитку навичок синтезу та аналізу систем автоматизації та обробки експериментальних даних отриманих при проведенні досліджень параметрів систем і процесів галузі.

Таким чином, з точки зору педагогічної науки лабораторний практикум є ефективним методом навчання і сучасною формою організації навчального процесу.

Наведені висновки покладені в основу концепції створення лабораторної бази ряду навчальних курсів, що вивчаються при підготовці інженерів-педагогів для нафтогазової галузі в УПА.

**Постановка задачі.** З метою забезпечення отримання твердих знань, практичних умінь і навичок створено універсальний лабораторний стенд в реальному промисловому масштабі газорозподільної станції, яка включає вузол підготовки газу, газорегуляторний пункт, вузол комерційного обліку газу, одоризаційну установку.

Така структура лабораторного стенду дозволяє створити базу і забезпечити лабораторний практикум наступних дисциплін циклу професійної підготовки навчального плану бакалаврів спеціальності 015 «Професійна освіта (Нафтогазова справа)»:

- технології та обладнання зберігання і розподілу газу та нафтопродуктів;
- системи газопостачання промислових підприємств і населених пунктів;
- способи комерційного обліку нафти і газу;
- автоматизація технологічних процесів в нафтогазовій галузі;
- контрольно-вимірювальні прилади і автоматика нафтогазової галузі.

Основними етапами створення лабораторної бази є наступні:

- розробка структури лабораторії;
- розробка технічного завдання;
- створення робочого проекту;
- замовлення і придбання комплектуючих;
- виготовлення, монтаж і налагодження універсальної лабораторної установки;
- постановка лабораторних робіт;
- комп'ютеризація робочих місць;
- розробка методичного забезпечення;
- розробка технічних засобів (плакатів, презентацій, макетів і відеофільмів).

Створення лабораторної бази в умовах навчальної лабораторії висуває специфічні

вимоги, пов'язані з регламентом навчального процесу:

- обмеженість розмірів приміщення навчальної лабораторії;
- обмеженість часу проведення лабораторної роботи (в рамках академічних годин, відведених на одне заняття);
- необхідність широкого використання мультимедійних технологій (із застосуванням навчальних фільмів, плакатів, презентацій, комп'ютерних тренажерів, макетів і т.д.)

### **Виклад основного матеріалу**

#### **1 Основні етапи реалізації проекту**

##### **1.1 Вибір структури лабораторії.**

У приміщенні, яке було виділене для розміщення в ньому навчальної лабораторії, розміщено 20 робочих місць, обладнаних персональними комп'ютерами, засоби аудіо- та відеотехніки, і власне, лабораторний стенд. Виділене для лабораторії приміщення має площу близьку до 60 м<sup>2</sup>. Розміщення структурних елементів лабораторії приведено на рис.1.

##### **1.2 Розробка технічного завдання.**

Основною вимогою технічного завдання є розробка універсального лабораторного стенду в реальному промисловому масштабі. Розміри стенду регламентовані площею приміщення, яку відведено на розміщення стенда ~15 м<sup>2</sup>.

З точки зору максимального охоплення лабораторним практикумом перерахованих в розділі «Постановка завдання» дисциплін таким стендом може служити діюча газорозподільна станція, що включає до себе вузли підготовки газу, газорегуляторний пункт, вузол комерційного обліку, одоризаційну установку.

З метою безпеки роботи лабораторного стенду як робоче середовище має бути передбачено використання стисненого повітря від компресора.

З огляду на обмежену площу приміщення, пропускна здатність газорозподільної станції стенду має бути обмежена значенням 20 м<sup>3</sup>/год., ав структурі стенду мають бути застосовані газопроводи середнього (0,005-0,3 МПа) і низького (менше 0,005 МПа) тиску.

Такий вибір обумовлений тим, що на практиці протяжність трубопроводів низького тиску становить близько 80% від загальної протяжності трубопроводів в системах газопостачання [2].

Для з'єднання окремих вузлів стенду необхідно передбачити використання безшовних холоднопрокатних труб з фланцевими з'єднаннями.

Слід використовувати стандартні покупні вироби: коліна, переходи і трійники та класичну запірну арматуру.

Застосувати шафований газорегуляторний пункт (ШГРП), який серійно виготовляється підприємством Промгаз (м.Полтава).

Передбачити наявність пункту одоризації, байпасної лінії і пристрою споживання газу.

Оснастити систему засобами виміральної техніки: манометрами, термометрами, вузлом комерційного обліку

споживання газу, лічильником кількості споживаного газу.

Врахувати необхідність наявності запобіжно-скидного клапана і скидної свічки.

**1.3 Розробка робочого проекту.** Робочий проект розроблено відповідно до вимог СНКП-42-01-2002. Газорозподільні системи [8]. До складу проекту входять:

- пояснювальна записка;
- аксонометрична схема лабораторного макета діючої ГРС (рис. 2);

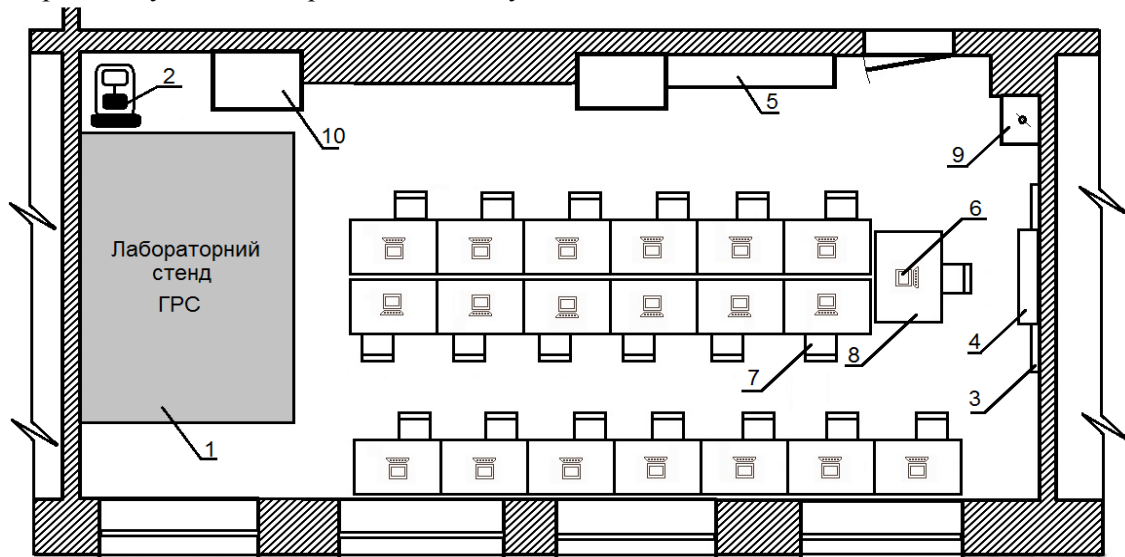


Рисунок 1 –План-схема лабораторії:

- 1 - стенд ГРС; 2 - компресор; 3 - навчальна дошка; 4 - відеомонітор; 5 - подіум для наочних посібників;  
6 - персональний комп'ютер; 7 - стілець; 8 - стіл учнівський; 9 - рукомийник; 10 - маршрутизатор

- функціональна схема ШГРП (рис. 3);
- робочі креслення (35 аркушів формату А4);
- специфікація (46 позицій);
- інструкція з виготовлення, монтажу і налагодження лабораторного обладнання;
- інструкції з техніки безпеки;
- план комп'ютеризації робочих місць з документацією на технічне і програмне забезпечення;
- інструкція з налагодження та використання в навчальному процесі відеомонітора;
- методичне забезпечення лабораторних робіт;
- комплект навчальних плакатів і макетів;
- добірка навчальних презентацій та відеофільмів.

**1.4 Замовлення і придбання комплектуючих виробів для лабораторного стенду** здійснювалося відділом постачання

УПА шляхом укладення окремих договорів з підприємствами-постачальниками, оплатою рахунків через Казначейство і організацією доставки.

Слід зазначити, що до робіт на стадії пошуку постачальників через INTERNET були залучені студенти, в результаті чого ними було придбано практичні навички збору технічної інформації, пошуку реального газового обладнання, вміння аналізувати технічні характеристики виробів, що замовляють, за їх паспортами і інструкціями, порівнювати характеристики і параметри виробів різних підприємств - виробників і можливостей їх гарантійного та післягарантійного обслуговування.

Вміння і знання, набуті студентами в процесі комплектації лабораторної бази, увійшли в фундамент їх практичної базової професійної підготовки, а також сформували навички міжособистісної взаємодії і спілкування на професійному рівні.

## ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ОСВІТИ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ

**1.5 Виготовлення, монтаж і налагодження** стенду було здійснено навчально-виробничими майстернями УПА силами співробітників майстерень, навчально-допоміжного персоналу кафедри і студентів.

Студентами в рамках виробничих практик виконано значний обсяг токарних,

слюсарних, зварювальних, монтажних та налагоджувальних робіт, в результаті чого вони придбали практичні вміння і навички, володіння якими є основою майбутньої діяльності як інженерів-педагогів.

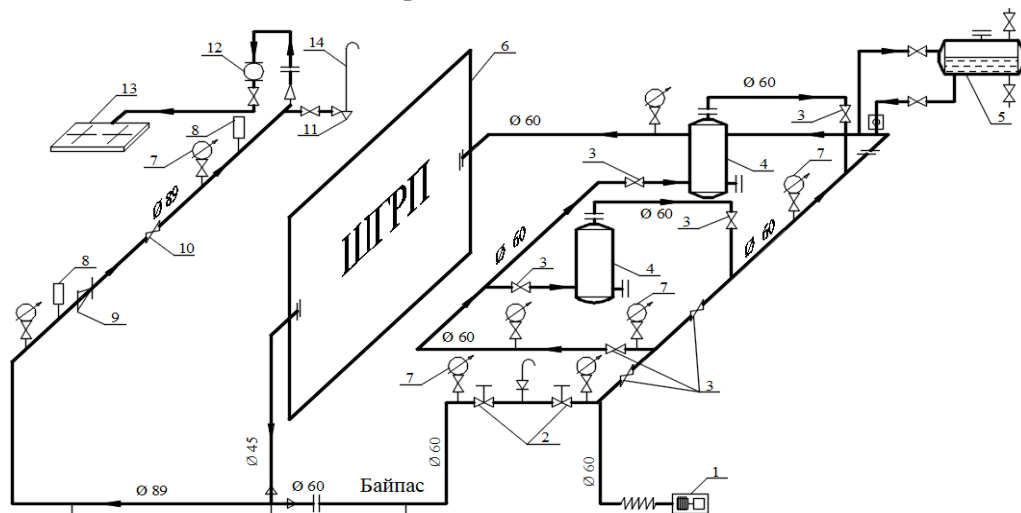


Рисунок 2 - Аксонометрична схема стенду ГРС:

- 1 - компресор «WERK» ZBM-60-50; 2 - засувка 30ч39р DN 50; 3 - кран кульовий 11e42р (КШН - DN 50); 4 - пилловловачі-сепаратори; 5 - одоризаційна установка (одоризатор газу з дозованою подачею одоранту); 6 - газорегуляторний пункт шафовий ШГРП-2MBZ-2/25; 7 - напоромір ДМ-05-100; 8 - термометр ТТЖ-М (0-150 °С); 9 - звуження потоку (діафрагма ДКС); 10 - кран кульовий 11e42р (КШН - DN 80); 11 - запобіжно-скидний клапан (ПСК-25); 12 - газовий лічильник G10РЛ; 13- пристрій споживання газу (плита газова двохконфорочна); 14- скидна свічка

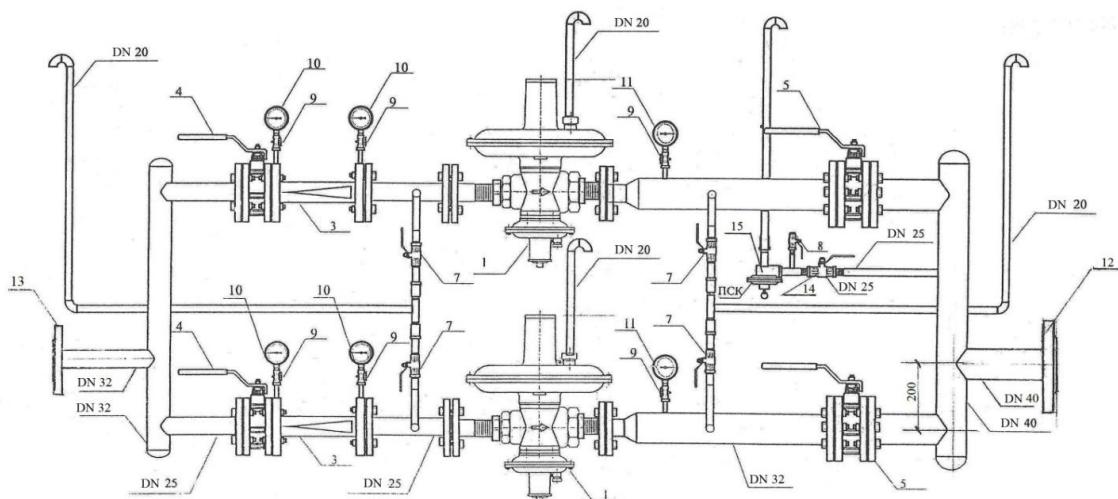


Рисунок 3 –Функціональна схема ШГРП-2MBZ-2/25:

- 1 - регулятор тиску газу RG-2MBZ DN25 з вбудованими запобіжно-запірним і скидним клапанами MVS/1; 3 - фільтр газовий ФС-Г-25/1,6 DN25; 4 - кран кульовий КШ Ц.Ф.25/25 PN 4,0; 5 - кран кульовий КШ Ц.Ф.32/32 PN 1,6; 7 - кран кульовий муфтовий ВВ DN20; 8 - кран кульовий муфтовий ВВ DN15; 9 - кран триходовий DN15 M20-1/2"; 10 - манометр ДМ-05-100-0,6-1,5; 11- напоромір ДМ-05-100-0,6-2,5; 12,13- фланці; 14- кран кульовий муфтовий ВВ DN25; 15- клапан запобіжно-скидний ПСК-25П-Н

**1.6 Постановка лабораторних робіт та розробка методичного забезпечення.**

Відповідно до мети створення універсальної лабораторної бази було визначено тематику лабораторних робіт:

Лабораторна робота № 1, тема: «Вивчення призначення, структури і технічних характеристик ГРС»;

Лабораторна робота № 2, тема: «Вивчення побудови і принципу дії основної арматури ГРС»;

Лабораторна робота № 3, тема: «Експериментальне визначення опору газового фільтру»;

Лабораторна робота № 4, тема: «Експериментальне визначення пропускної здатності регулятора тиску»;

Лабораторна робота № 5, тема: «Комерційний облік споживання природного газу за допомогою лічильника об'ємного типу»;

Лабораторна робота № 6, тема: «Комерційний облік споживання природного газу методом змінного перепаду тиску»;

Лабораторна робота № 7, тема: «Експериментальне визначення гідравлічних характеристик газопроводу».

Структура методичного забезпечення лабораторних робіт традиційно включає наступні елементи:

- інструктаж з техніки безпеки;
- постановка задачі і цілей лабораторного заняття;
- основні теоретичні положення;
- перелік обладнання та приладів;
- опис лабораторної установки;
- методика проведення експерименту;
- алгоритм обробки результатів експерименту;
- висновки;
- вимоги до оформлення звіту;
- контрольні питання;
- список літератури.

Технічну характеристику універсального лабораторного стенду наведено в табл. 1.

Виконання будь-якої з перерахованих вище лабораторних робіт вимагає оцінки пропускної здатності регулятора тиску, тобто оцінки об'ємної витрати газу через ГРС в цілому. Регулятор тиску типу FRG/2MB, встановлений в схемі ШГРП, при вхідному тиску  $P_1 \geq 0,5$  бар забезпечує витрата газу  $100 \text{ м}^3/\text{год}$ . У той же час максимальна продуктивність компресора «WERK» ZBM-60-50, задіяного у схемі в якості джерела живлення, становить близько  $20 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Регулятор тиску типу FRG/2MB, встановлений в схемі ШГРП, при вхідному тиску  $P_1 \geq 0,5$  бар забезпечує витрата газу  $100 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Таблиця 1

Технічна характеристика лабораторного стенду

Робоче середовище	повітря
Джерело живлення	компресор «WERK» ZBM-60-50
Тиск	0,5-6,0 бар
Продуктивність	$20 \text{ м}^3/\text{год}$
Потужність	кВт
Ресивер	50 л
Шафвий газорегуляторний пункт	ШГРП-2MBZ-2/25
Діапазон настройки вихідного тиску	2,0-3,0 кПа
Максимальна пропускна здатність	$100 \text{ м}^3/\text{год}$
Мінімальна витрата	$0,01 Q_{\text{max}}$
Діапазон робочих температур, °С	-40 +60
Діапазон настройки запобіжно-скидного клапана (ПСК)	1,8-8,0 кПа
Діапазон настройки запобіжно-запірного клапана	3,0-9,0 кПа
Маса	1,0-3,0 кПа
Фільтр-сепаратор	130 кг
Тонкість фільтрації	50 мкм
Лічильник газовий роторний	G10Ex
- номінальний витрата	$10 \text{ м}^3/\text{год}$
- максимальна витрата	$16 \text{ м}^3/\text{год}$
- мінімальний витрата	$0,16 \text{ м}^3/\text{год}$
- максимальна втрата тиску	300 Па
- максимальний робочий тиск	0,3 МПа
- маса не більше	3 кг
Одоризаційна установка (імітація)	одоризатор газу з дозованою подачею одоранту (метилмеркаптану)

У той же час максимальна продуктивність компресора «WERK» ZBM-60-50, задіяного у схемі в якості джерела живлення, становить близько 20 м<sup>3</sup>/год. Тому робочим діапазоном тисків  $P_1$  на вході в регулятор тиску буде діапазон  $P_1 = 0 \div 0,5$  бар. Пропускна здатність регулятора тиску в цьому діапазоні тисків залежить як від вхідного тиску, так і від перепаду тиску  $\Delta P$  на регуляторі, а також від робочого середовища (природний газ або повітря). Діаграму пропускної здатності регулятора тиску FRG/2MB [9] приведено на рис. 4.

Як видно з рис. 4 діаграму пропускної здатності регулятора тиску FRG/2MB фірми MADAS виконано в логарифмічному масштабі. Користування такою діаграмою є утрудненим, оскільки в більшості практичних випадків вимагає трудомісткого масштабування для приведення параметрів діаграми до натуральних одиниць випадку коли параметри не збігаються з наведеними на діаграмі.

З огляду на те, що в технічних паспортах вітчизняних регуляторів тиску такі діаграми дають в напівлогарифмічному масштабі або у вигляді таблиць залежностей  $Q = f(P_1)$  для різних перепадів тиску на регуляторі ( $\Delta P$ ), при проведенні лабораторних занять становить практичний інтерес обробка студентами даних діаграми фірми MADAS для їх приведення до вимог, прийнятих в Україні.

Слід зазначити що, така процедура формує у студентів набуття практичних умінь і навичок необхідних, зокрема, при обробці результатів, вимірювань параметрів,

одержуваних при експлуатації промислових об'єктів газорозподілу.

Результати приведення характеристик пропускної здатності регулятора тиску FRG/2MB до вітчизняних вимог показано на рис. 5 і в табл. 2.

Експериментальне визначення пропускної здатності регулятора тиску здійснюється за допомогою роторного лічильника об'ємної витрати типу G10PL (поз. 12 на рис. 2):

$$Q_v = V_v / t_v, \text{ м}^3 / \text{год}, \quad (1)$$

- де  $Q_v$  – витрата повітря через лічильник;  
 $V_v$  – обсяг повітря, що пройшов через лічильник, м<sup>3</sup> (реєструють на табло лічильника);  
 $t_v$  – час проходження обсягу  $V_v$  в годинах (реєструють секундоміром).

Обчислене за формулою (1) значення витрати повітря  $Q_v$  отримано при робочих умовах, тобто при абсолютному тиску, (Па) і термодинамічній температурі

$$T = 273,15 + t \text{ (К)},$$

- де  $P_{\sigma}$  – барометричний тиск, Па (вимірюють барометром);  
 $P_1$  – надлишковий тиск на вході в лічильник, Па (вимірюється натискоміром 11), див. рис. 2);  
 $t$  – температура повітря, °С (вимірюється термометром 8), див. рис. 2.

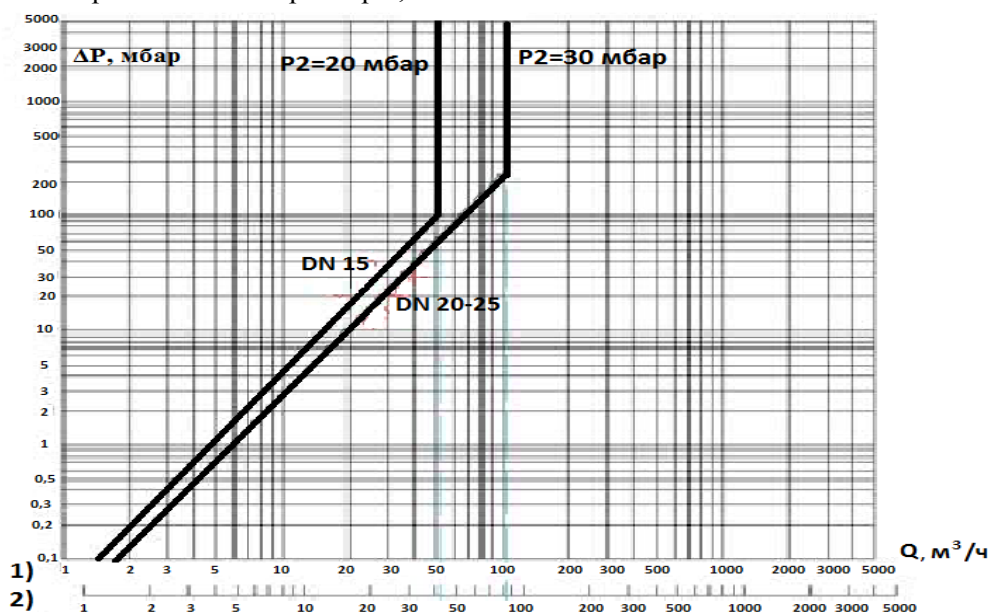


Рисунок 4 – Діаграма пропускної здатності регулятора тиску FRG/2MB:  
 1) - природний газ, 2) - повітря



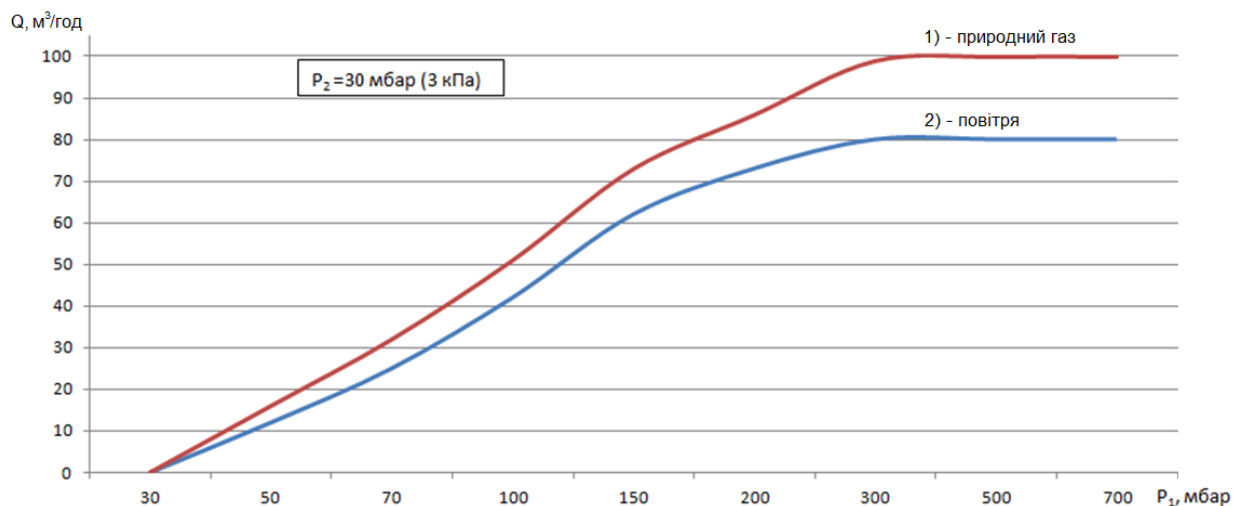


Рисунок 5 – Діаграма пропускної здатності регулятора тиску FRG/2MB (напівлогарифмічний масштаб)

Таблиця 2

Пропускна здатність регулятора тиску FRG/2MB

$P_1$ , мбар	35	40	45	50	70	100	150	200	300	500
$\Delta P$ мбар	5	10	15	20	40	70	120	170	270	470
$Q_{пр. газ}$ , м <sup>3</sup> /ч	12,5	17,1	21,3	24,8	38,0	50,6	73,3	86,7	98,6	100
$Q_{повітря}$ , м <sup>3</sup> /ч	9,6	14,1	17,9	19,3	31,0	42,7	63,3	73,3	81,3	82,7

Виміряну при робочих умовах витрату повітря  $Q_l$  необхідно привести (перерахувати) до стандартних умов ( $p_{c2}=101325$  Па,  $T_{c2}=293,16$  К відповідно до ГОСТ-2939):

$$Q_{ст. повітря} = Q_l \cdot \frac{T_{c2} \cdot P}{T \cdot P_{c2}} = Q_l \cdot \frac{293,16 \cdot P_0 + P_1}{273,16 + t \cdot 101325}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2)$$

Користуючись діаграмами рис. 4 і 5 або табл. 2 можна отримати значення відповідної витрат природного газу  $Q_{ст. газ}$  приведене до стандартних умов.

Дві лабораторні роботи присвячені формуванню вмінь комерційного обліку споживаного газу для фінансових розрахунків постачальника і споживача.

Вимірювання витрати природного газу в комунально-побутовому середовищі споживання (лабораторна робота №5 - див. тематику лабораторних робіт наведену вище) здійснюється лічильниками, встановленими в газифікованих квартирах житлових будинків (зазвичай ними є побутові лічильники на номінальну витрату до 10 м<sup>3</sup>/год без термокомпенсації). Такі лічильники

реєструють обсяг газу спожитого за певний період часу при робочих умовах (тиск і температура), які можуть істотно відрізнятися від стандартних.

Зростання тарифів на природний газ зараз обумовлене необхідністю врахування відмінностей робочих і стандартних умов при комерційних розрахунках.

Перерахунок проводять відповідно до методики, затвердженої наказом Міністерства палива та енергетики [10]:

$$V_c = k \cdot V, \quad (3)$$

де  $V$  – обсяг спожитого газу, виміряний лічильником, м<sup>3</sup>;  
 $k$  – коефіцієнт для приведення до стандартних умов;  
 $V_c$  – обсяг спожитого газу, приведений до стандартних умов, м<sup>3</sup>.

Методикою передбачено шість груп коефіцієнтів коригування показань лічильника.

Вибір групи залежить від місця розташування лічильника (зовні приміщення, в неопалюваному приміщенні, на заданій відстані від виходу газопроводу з землі до вхідного штуцера лічильника і т.п.). Методикою надано значення коефіцієнтів

**ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ОСВІТИ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ**

коригування для кожної групи споживачів у кожний календарний місяць. Крім того величини коефіцієнтів коригування залежать від кліматичних умов і наведені для 26 областей України.

Так, для Харківської області значення коефіцієнтів знаходяться в межах від 1,11 (січень, лічильник встановлено зовні приміщення) до 0,99 (липень, лічильник встановлено всередині опалювального приміщення).

Для перерахунку обсягу спожитого газу на стандартні умови користуються формулою [1]:

$$V_c = V \cdot \frac{P_t \cdot 273,16 + 20}{P_0 \cdot 273,16 + t}, \quad (4)$$

де  $V_c$  – обсяг газу при стандартних умовах, м<sup>3</sup>;  
 $V$  – обсяг газу при реальних умовах, м<sup>3</sup>;  
 $P_t$  – абсолютний тиск газу при реальних умовах, Па;  
 $P_0$  – абсолютний тиск газу при стандартних умовах (101325 Па);  
 $t$  – температура газу при реальних умовах, °С.

З порівняння формул (3) і (4) випливає, що коефіцієнт приведення до стандартних умов має наступний фізичний сенс:

$$k = \frac{P_t \cdot 273,16 + 20}{P_0 \cdot 273,16 + t}; \quad (5)$$

Описана методика комерційного обліку газу базована, таким чином, на досить точному обліку обсягу споживання газу і до теперішнього часу є єдиною нормативною базою для організації комерційного обліку в Україні для споживачів комунально-побутової сфери.

З огляду на викладене, навчання студентів методиці перерахунку вимірних об'ємів спожитого газу на стандартні умови є актуальним завданням з точки зору набуття ними практичних знань, умінь і навичок.

Системи комерційного обліку споживання природного газу на всіх стадіях його транспортування і розподілу від родовища до кінцевого промислового споживача використовують більш досконалі методи і прилади, які передбачають термокомпенсацію, облік робочого тиску, вологості, і включають в свій склад обчислювачі кількості, комп'ютерні програми обліку тощо.

З метою навчання студентів методам комерційного обліку споживання природного газу промисловими підприємствами поставлено лабораторну роботу на тему «Комерційний облік споживання природного газу методом змінного перепаду тиску». В основу методу вимірювання витрати та кількості природного газу покладено використання стандартних пристроїв звуження потоку [11].

На лабораторному стенді як пристрій звуження використано стандартну діафрагму типу ДКС. Для розрахунку кількості споживаного газу за результатами відповідних вимірювань тиску і температури при проведенні лабораторної роботи використовують комп'ютерну програму «Флуометрика - ПРО».

Навчання роботі з цією програмою як користувачу в практичній інженерній діяльності є однією з умов формування компетентності фахівця нафтогазової галузі.

Загальним недоліком застосовуваних методів обліку, є те, що вони в оперативному режимі роботи вузлів обліку газу практично не враховують його енергетичну цінність, як найважливіший параметр для комерційних розрахунків. Горючі властивості природних газів характеризують числом Воббе, яке згідно до ГОСТ 5542-87 [12] у природних газів може коливатися в широких межах 41,2 ... 54,5 МДж/м<sup>3</sup> (теплота згорання 7600 ... 10120 ккал/м<sup>3</sup>) при допустимих відхиленнях не більше  $\pm 5\%$  від номінального значення. Газотранспортна система України має в своєму складі близько 50 лабораторій, які визначають або теплоту згорання газу (калориметрія) або склад природного газу (хроматографія).

За даними вітчизняних лабораторій середньозважене значення теплоти згорання природного газу склало в 2018 році 8200 ккал/м<sup>3</sup>, що відповідає вимогам ГОСТ 5542-87, який регламентує мінімальну теплоту згорання в 7600 ккал/м<sup>3</sup>. Однак в тарифах України на природний газ теплоту згорання не враховують, в той час як теплотворна здатність компонентів природного газу має визначатись при реалізації газу споживачам. В країнах Європейського Союзу тариф на природний газ залежить від його якості і енерговмісту.

В даний час в Україні розробка системи обліку природного газу по енерговмісту знаходиться на початковій стадії. Метрологічні аспекти створення в Україні систем обліку природного газу по

**ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ОСВІТИ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ**

енерговмісту описані в роботі [3], в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу групою молодих вчених створено дослідний зразок приладу для вимірювання теплоти згорання природного газу в потоці, вартість приладу при серійному виробництві складає близько 30 тис. гривень.

**Висновки і перспективи.** При створенні універсального лабораторного стенду враховано усі специфічні вимоги та особливості навчального процесу студентів спеціальності Професійна освіта (Нафтогазова справа).

Досвід викладання дисциплін професійного циклу навчального плану бакалаврів напряму підготовки Професійна освіта (Нафтогазова справа) з використанням розробленої лабораторної бази показали доцільність створення універсального стенду в реальному промисловому масштабі газорозподільної станції. Універсальність стенду дозволила поставити сім лабораторних

робіт, забезпечивши лабораторною базою п'ять навчальних дисциплін.

Виконання лабораторних робіт на стенді проходить в реальному промисловому масштабі ГРС і забезпечує набуття студентами міцних практичних умінь і навичок налагодження, настройки та експлуатації газової апаратури, що є особливо важливим для успішної подальшої інженерно-педагогічної діяльності.

Усі відмічені фактори мають бути врахованими при використанні універсального лабораторного стенду при підготовці майбутніх інженерів-педагогів для нафтогазової галузі.

Створений стенд має промислову якість виготовлення і може бути запропонованим на ринку навчальної техніки України.

У перспективі планується дооснащення стенду суміщеними засобами диспетчеризації і управління процесами газопостачання.

**Список использованных источников**

1. Газоснабжение: учебник для студентоввызов по специальности «Теплогаснабжениеи вентиляция» / А. А. Ионин [и др.]. – М. : Изд-во АСВ, 2013. – 472 с.

2. Седак В. С. Спецкурс з газопостачання: Курс лекцій. Навчальне видання / В. С. Седак, О. М. Слатова. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 255 с.

3. Дуболад А. С. Метрологические аспекты создания в Украине системы учета природного газа по энергосодержанию / А. С. Дуболад, В. П. Слитушенко // Метрология. – 2012. – № 2. – С. 12-18.

4. Концепція створення лабораторної бази навчального курсу «Основи енерго- і ресурсозбереження» / Г.І. Кانیк [та ін.]. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 4 (2). – С. 33-41.

5. Нубарян С. М. Средства коммерческого учета энергоносителей: курс лекций / С. М. Нубарян. – Харьков : ХНАМГ, 2009. – 153 с.

6. Пашинський В. А. Учет, контроль и регулирование энергоресурсов. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 1-430106 / В. А. Пашинський. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 128 с.

7. Кодочигов В. В. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Проектирование газонепроводов» / В. В. Кодочигов, Е. Л. Полуборцев. – Ухта : УГТУ, 2014. – 28 с.

8. СНиП 42-01-2002. Газораспределительные системы. – ВЗАМЕН СНиП 2.04.08-87\* и СНиП 3.05.02-88. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 18 с.

9. Регуляторы давления газакombинированные. Паспорт FRG/2MB. – MADAS, 2016. – 17 с.

10. Про затвердження Методики приведення об'єму природного газу до стандартних умов за показами побутових лічильників у разі відсутності приладів для вимірювання : Наказ №116 від 26.02.2004 р / Міністерство палива та енергетики. – 12 с.

11. ДСТУ ГОСТ 8.586.1-2007. Вимірювання витрати та кількості рідини і газу із застосуванням стандартних звукувальних пристроїв. – Київ : Держспоживстандарт України, 2007. – 53 с.

12. ГОСТ 5542-87. Газы горючие природные для промышленного и коммунального назначения. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 8 с.

**References**

1. Ionin, AA, Zhila, VA, Arkhovich, VV & Pshonik, MG 2013, *Gasosnabzhenie* [Gas supply], Izdatelstvo Asociacii stroitelnyh vuzov, Moskva.

2. Sedak, VS & Slatova, OM 2010, *Spetskurs z hazopostachannia* [Special course on gas supply], Kharkivska natsionalna akademiia miskoho hospodarstva, Kharkiv.

3. Dubolad, AS & Slitushenko, VP 2012, 'Metrologicheskie aspekty sozdaniya v Ukraine sistemy ucheta prirodnogo gaza po jenergosoderzhaniju' [Metrological aspects of creating in Ukraine a natural gas metering system for energy content], *Metrologija*, no. 2, pp. 12-18.

4. Kaniuk, HI, Cherniuk, AM, Beziazychnyi, VF, Puhachova, TM & Eremenko, VS 2013, 'Kontseptsiia stvorennia laboratornoi bazi navchalnoho kursu Osnovy enerho- i resursozberezhennia' [The concept of creating a laboratory training course.

**ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ОСВІТИ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ**

"Fundamentals of energy and resource conservation", *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnolohiy*, no. 4 (2), pp. 33-41.

5. Nubarjan, SM 2009, *Sredstva kommercheskogo ucheta jenergonositelej* [Means of commercial accounting of energy carriers], Harkovskaja nacionalnaja akademija gorodskogo hozjajstva, Harkov.

6. Pashinskij, VA 2017, *Uchet, kontrol i regulirovanie jenergoresursov. Metodicheskie ukazaniya k vypolneniju laboratornyh robot dlja studentov specialnosti 1-430106* [Accounting, control and regulation of energy resources. Guidelines for the implementation of laboratory work for students of the specialty], Informacionno-vychislitelnyj centr Minfina, Minsk.

7. Kodochigov, VV & Poluborcev, EL 2014, *Metodicheskie ukazaniya k laboratornym robotam po discipline Proektirovanie gazonefteprovodov* [Guidelines for laboratory work on the subject "Design of gas and oil pipelines"], Uhtinskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet, Uhta.

8. GipronIIgaz et al. 2002, *SNiP 42-01-2002. Gazoraspredeletelnye sistemy* [Gas distribution systems] – VZAMEN SNiP 2.04.08-87\* i SNiP 3.05.02-88, Izdatelstvo standartov, Moskva.

9. *Reguljatory davlenija gazakombinirovannye* [Gas-combined pressure regulators.], *Pasport FRG/2MB* 2016, MADAS, San Pietro di Legnago.

10. Ministerstvo palyva ta enerhetyky 2004, *Nakaz Pro zatverdzhennia Metodyky pryvedennia obiemu pryrodnoho hazu do standartnykh umov za pokazamy pobutovykh lichylnykh u razi vidsutnosti pryladiv dlja vymiriuvannia* [Approval of the Methodology for bringing the natural gas volume to standard conditions for the displays of domestic meters in the absence of measuring instruments] no. 116 vid 26.02.2004 roku.

11. Derzhspozhyvstandart Ukrainy 2007, *Vymiriuvannia vytraty ta kilkosti ridyny i hazu iz zastosuvanniam standartnykh vzuzhuvalnykh prystroiv* [Measurement of flow rate and quantity of liquid and gas using standard puncture devices], DSTU HOST 8.586.1-2007, Derzhspozhyvstandart Ukrainy, Kyiv.

12. Ministerstvo gazovoj promyshlennosti Sojuza Sovetskih Socialisticheskikh Respublik 1987, *Gazy gorjuchie prirodnye dlja promyshlennogo i kommunalnogo naznachenija. Tehnicheskie uslovija* [Combustible natural gases for industrial and municipal purposes. Technical conditions], GOST 5542-87, Izdatelstvo standartov, Moskva.

*Стаття надійшла до редакції 05.02.2019р.*