

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Івано-Франківського
національного технічного
університету нафти і газу
проф. Чудик І.І.
"15" 2021 р.



ВИСНОВОК

розширеного фахового наукового семінару Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації на здобуття ступеня доктора філософії

Присяжнюк Людмили Олександрівни

на тему: «Вдосконалення методів та засобів вимірювання енергетичних характеристик природного газу»

(галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування,

спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка)

Актуальність теми. Постійне зростання цін на енергоносії, зокрема на природний газ, та важливі характеристики природного газу як енергоносія (екологічна чистота, мінімальне виділення вуглекислого газу на одиницю маси порівняно з іншими видами органічного палива, зручність транспортування та використання) спричиняють підвищену увагу до якісних показників природного газу, найважливішими з яких є його енергетичні характеристики. Проте вимірювання їх з високою точністю супроводжується певними конструктивними та технологічними труднощами, які ускладнюють використання приладів, що традиційно застосовуються в калориметрії енергоносіїв. Обмеження, з якими стикаються конструктори, зокрема низька густина природного газу, ускладнюють отримання таких же показників точності, як для калориметрів та густиномірів, призначених для вимірювання характеристик рідких та твердих енергоносіїв. Внаслідок цього в даний час як в Україні, так і за кордоном інтенсивно розробляються нові методи та прилади для енергетичних характеристик природного газу. Одночасно зі створенням засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) з заданими метрологічними характеристиками необхідно створювати їх метрологічне забезпечення. Департамент нафтогазового комплексу Міністерства енергетики та вугільної промисловості ініціює внесення змін в Правила визначення обсягів природного газу, які розроблені у відповідності до Законів України «Про ринок природного газу», «Про забезпечення комерційного обліку природного газу», і які покликані встановити вимоги до автоматизованих систем контролю і обліку природного газу (у відповідності до Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 13.01.2016 р. № 94), обсяги якого визначаються в тому числі і в одиницях енергії з використанням похідної одиниці – теплоти згоряння природного газу. Нормативний документ регламентує визначення теплоти згоряння природного газу із застосуванням хроматографів, густиномірів, спектральних газоаналізаторів та калориметрів. Крім того, для забезпечення виконання вимог Третього Енергопакету ЄС у 2015 році було прийнято закон «Про ринок природного газу» і постанову НКРЕКП №2498 від 30.09.2015р. «Про затвердження типового договору розподілу природного газу», які зобов'язують суб'єктів газового ринку під час здійснення господарських операцій використовувати якісні (енергетичні) характеристики природного газу. Враховуючи наведене, можна обґрунтовано стверджувати, що актуальність теми підтверджена як факторами економічного та технічного характеру, так і чинним законодавством України.

Зв'язок теми дослідження з планами науково-дослідних робіт. Дисертаційна робота виконувалась у Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу та в ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», за місцем роботи здобувачки. Окремі питання дисертаційної роботи було вирішено при виконанні згідно з тематикою науково-дослідних і

дослідно-конструкторських робіт у сфері метрології, де здобувачка була виконавцем окремих розділів, а саме:

РК 0117U003516 Тема НДДКР "Створення державного первинного еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газу на газовому середовищі при тиску до 1,6 МПа" 2017 рік

РК 0118U006317 Тема НДР "Дослідження стабільності відтворення та зберігання одиниць вимірювання державними первинними еталонами, що знаходяться в ДП "Івано-Франківськстандартметрологія"" 2018 рік

РК 0120U103846 Тема НДДКР «Дослідження фізико-хімічних та якісних показників газоповітряної суміші вугільних шахт ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» 2021 рік.

Конкретна особиста участь автора в одержанні результатів та особистий внесок в них автора у публікаціях:

Основна частина теоретичних та експериментальних досліджень виконана здобувачкою самостійно. Інша частина отримана у співпраці з науковим керівником. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані результати одержані здобувачкою особисто. Здобувачка є безпосереднім виконавцем розділів вказаних робіт, результати яких наведені в дисертації.

Особисто здобувачкою: розроблено схему калориметра для визначення теплоти згоряння природного газу в побутовому секторі та досліджено кінетику реакції горіння вуглеводнів [1], розроблено метод зменшення сумарної невизначеності вимірювання теплоти відпрацьованих газів газу при використанні калориметра природного газу прямої дії [6], розроблено пробовідбірник-дозатор природного газу для калориметрів прямої дії [7], встановлено залежність теплоти згоряння чистого газу C_nH_{2n+2} від стехіометричного співвідношення [8], розроблено калориметричну колонку калориметра природного газу прямої дії [9], запропоновано метод організації відбору та вимірювання характеристик газу лабораторним калориметром [10], запропоновано концепцію створення комплексу технічних засобів для визначення теплоти згоряння природного газу та розроблено методику проведення відбору проби газу і процедуру імпульсної інтерполяції для врахування частин імпульсу від еталонного лічильника [2], запропоновано використання трьох паралельно встановлених ідентичних пневматичних циліндрів із застосуванням крокового двигуна в якості приводу [11], розроблено метод реалізації еталонного густиноміра природного газу методом диференційного зважування ємностей (балонів) і досліджуванням та еталонним природним газом [12], обґрунтовано необхідність розроблення мобільного еталона для проведення калібрування засобів вимірювання теплоти згоряння природного газу [13], обґрунтовано доцільність використання калориметра прямого згоряння для відтворення одиниці теплоти згоряння та розроблено схему відтворення одиниць теплоти згоряння та густини природного газу на базі гравіметричної установки газу [3], розроблено технічне рішення для створення переносного газового калориметра прямої дії та запропоновано спосіб стабілізації стехіометричного складу газоповітряної суміші калориметра з використанням одночасно двох давачів: давача на основі гальванічного елемента з твердим електролітом у вигляді кераміки з діоксиду цирконію (ZrO_2) та давача вмісту CO у продуктах згоряння [20], обґрунтовано необхідність застосування прямого методу для визначення теплоти згоряння природного газу [14], запропоновано блок-схему інформаційно-вимірювальної системи визначення числа Воббе з використанням резонатора Гельмгольца [14], розроблена схема вимірювання та регулювання числа Воббе [16], запропоновано метод визначення густини газу через власну частоту резонатора Гельмгольца [17], запропоновано конструктивні параметри густиноміра газу [18], обґрунтовано використання мікрофона з певною діаграмою спрямованості в потоковому резонансному густиномірі природного газу [19], розроблено алгоритм роботи скануючого акустичного густиноміра та його структурну схему, а також структурні схеми інформаційно-вимірювальних систем для визначення числа Воббе [4], розроблено метод керування теплообміном ізоперіболічного калориметра [5].

№	Автори, назва публікації	Особистий внесок дисертанта, зміст	%
Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації			
1	Петришин І.С., Бас О.А., Присяжнюк Л.О. Калориметр природного газу прямої дії. // <i>Метрологія та прилади</i> . 2017.-№4.-С.8-16 (вітчизняне фахове видання)	Розроблено схему калориметра для визначення теплоти згоряння природного газу в побутовому секторі та досліджено кінетику реакції горіння вуглеводнів	50
2	Петришин І.С., Бас О.А., Присяжнюк Л.О. Комплекс технічних засобів для визначення теплоти згоряння природного газу. // <i>Вимірювальна техніка та метрологія</i> . 2018. № 79(2). – С.5-12 (вітчизняне фахове видання)	Запропоновано концепцію створення комплексу технічних засобів для визначення теплоти згоряння природного газу та розроблено методику проведення відбору проби газу і процедуру імпульсної інтерполяції для врахування частин імпульсу від еталонного лічильника	50
3	Петришин І.С., Бас О.А., Присяжнюк Л.О. Шляхи відтворення і передавання одиниць теплоти згоряння та густини природного газу в Україні. // <i>Український метрологічний журнал</i> . – 2018 - № 4. – С.14-24; (Індексується в базі Web of Science Core Collection).	Обґрунтовано доцільність використання калориметра прямого згоряння для відтворення одиниці теплоти згоряння та розроблено схему відтворення одиниць теплоти згоряння та густини природного газу на базі гравіметричної установки газу	50
4	Присяжнюк Л.О. Інформаційно-вимірювальна система для визначення та регулювання числа Воббе. // <i>Colloquium-journal</i> . – 2021 - № 20. – С.25-31 (Польський міжнародний журнал наукових публікацій)	Розроблено алгоритм роботи скануючого акустичного густиноміра та його структурну схему, а також структурні схеми інформаційно-вимірювальних систем для визначення числа Воббе	100
5	L.Prysyazhnyuk, I.Petryshyn, B. Dolishnii, L.Ropyak. A portable calorimeter for measuring the calorific value of natural gas. Портативний калориметр для вимірювання теплотворної здатності природного газу. // <i>Український метрологічний журнал</i> . – 2021 - № 3. – С.58-65 (Індексується в базі Web of Science Core Collection)	Розроблено метод керування теплообміном ізоперіболічного калориметра	40
6	Присяжнюк Л.А. Уменьшение неопределенности измерения теплоты сгорания газа при использовании газовых калориметров непосредственного действия. – <i>VI Міжнародна науково-технічна конференція «Метрологія, інформаційно-вимірювальні технології та системи МІВТС – 2017»</i> 24-25.10.2017. м.Харків – с.119-120	Розроблено метод зменшення сумарної невизначеності вимірювання теплоти відпрацьованих газів газу при використанні калориметра природного газу прямої дії	100

№	Автори, назва публікації	Особистий внесок дисертанта, зміст	%
Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації			
7	Петришин І.С., Бас О.А., Присяжнюк Л.О. Пробовідбірник – дозатор природного газу для калориметрів прямої дії. - <i>Четверта міжнароджна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДЕС-2019)»</i> 31.10-02.11.2017, м.Вінниця, тези доповідей – с.141-142	Розроблено пробовідбірник–дозатор природного газу для калориметрів прямої дії	50
8	Петришин І.С., Бас О.А., Присяжнюк Л.О. Портативний калориметр природного газу прямої дії. - <i>Восьма міжнародна науково-технічна конференція пам'яті професора Ігоря Кісіля «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання»</i> 14-16.11.2017, м.Івано-Франківськ, збірник матеріалів доповідей – с.93-95	Встановлено залежність теплоти згоряння чистого газу C_nH_{2n+2} від стехіометричного співвідношення	50
9	Присяжнюк Л.О., Бас О.А., Петришин І.С. Розроблення калориметричної колонки калориметра природного газу прямої дії. - <i>VI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів і молодих учених «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання»</i> 15-16.11.2017, м.Івано-Франківськ, збірник тез доповідей – с.57-58	Розроблено калориметричну колонку калориметра природного газу прямої дії	50
10	6. Петришин І.С., Бас О.А., Присяжнюк Л.О. Метод організації відбору та вимірювання характеристик газу для лабораторного калориметра - <i>IV Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement -2018»</i> 13-18.02.2018, м.Славське, тези доповідей – с.67-68	Запропоновано метод організації відбору та вимірювання характеристик газу лабораторним калориметром	50
11	Петришин І.С., Бас О.А., Присяжнюк Л.О. Калібратор об'ємної витрати газу поршневого типу – <i>Міжнародна науково-практична веб-конференція молодих вчених та студентів «Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії-2018»</i> 17-19.09.2018, м.Івано-Франківськ, тези доповідей – с.21-24	Запропоновано використання трьох паралельно встановлених ідентичних пневматичних циліндрів із застосуванням крокового двигуна в якості приводу	50
12	Петришин І. С., Бас О. А., Присяжнюк Л. О. Еталонний густиномір природного газу - <i>XI Міжнародна науково-технічна конференція «Метрологія та вимірювальна техніка»</i> 09-11.10.2018, м.Харків, тези доповідей - с.106	Розроблено метод реалізації еталонного густиноміра природного газу методом диференційного зважування ємностей (балонів) і досліджуванним та еталонним природним газом	50

№	Автори, назва публікації	Особистий внесок дисертанта, зміст	%
Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації			
13	Петришин І. С., Бас А. А., Присяжнюк Л. А. Уменьшение неопределенности измерений автоматизированных систем контроля энергетических ресурсов при их оценке соответствия - <i>XI Міжнародна науково-технічна конференція «Метрологія та вимірювальна техніка», семінар «Невизначеність вимірювання: наукові, прикладні, нормативні та методичні аспекти (UM-2018)»</i> 09-11.10.2018, м.Харків, тези доповідей - с.201-203	Обґрунтовано необхідність розроблення мобільного еталона для проведення калібрування засобів вимірювання теплоти згоряння природного газу	50
14	Присяжнюк Л.О. Обґрунтування необхідності застосування прямого методу для визначення теплоти згоряння природного газу - <i>III Міжнародна науково-практична конференція Академії Технічних Наук України «Прикладні науково-технічні дослідження»</i> 03-05.04.2019, м.Івано-Франківськ, тези доповідей - с.99	Обґрунтовано необхідність застосування прямого методу для визначення теплоти згоряння природного газу	100
15	Петришин І., Бас О., Присяжнюк Л. Інформаційно-вимірювальна система визначення числа Воббе - <i>Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання"</i> 20-25.05.2019, м.Івано-Франківськ, збірник матеріалів - с.28-31	Запропоновано блок-схему інформаційно-вимірювальної системи визначення числа Воббе з використанням резонатора Гельмгольца	50
16	Бас О., Присяжнюк Л. Вимірювання якісних показників природного газу - <i>Міжнародна конференція метрологів МКМ'2019</i> 10-12.09.2019, м.Львів, тези доповідей – с.91	Розроблена схема вимірювання та регулювання числа Воббе	70
17	Петришин І.С., Бас О.А., Присяжнюк Л.О. Обчислювач числа Воббе природного газу - <i>П'ята міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДЕС-2019)»</i> 29-31.10.2019, м.Вінниця, збірник тез доповідей – с.34	Запропоновано метод визначення густини газу через власну частоту резонатора Гельмгольца	50
18	Бас О., Присяжнюк Л. Поточковий густиномір природного газу - <i>VII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів і молодих учених "Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання"</i> 19-20.11.2019, м.Івано-Франківськ, збірник тез доповідей – с.19-21	Запропоновано конструктивні параметри густиноміра газу	70
19	Петришин І.С., Бас О.А., Присяжнюк Л.О. Поточковий резонансний густиномір природного газу - <i>XII міжнародна науково-технічна конференція «Метрологія та вимірювальна техніка»</i> 6-8.10.2020, м.Харків, збірник тез доповідей – с.71	Обґрунтовано використання мікрофона з певною діаграмою спрямованості в поточковому резонансному густиномірі природного газу	50

№	Автори, назва публікації	Особистий внесок дисертанта, зміст	%
Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації			
20	Петришин І.С., Присяжнюк Л.О., Бас О.А. «Переносний газовий калориметр прямої дії». Патент на корисну модель № 130982, Україна, заявка № u 2018 03135 від 26.03.2018, опубл. 10.01.2019. Бюл.№1.	Розроблено технічне рішення для створення переносного газового калориметра прямої дії та запропоновано спосіб стабілізації стехіометричного складу газоповітряної суміші калориметра з використанням одночасно двох давачів: давача на основі гальванічного елемента з твердим електролітом у вигляді кераміки з діоксиду цирконію (ZrO ₂) та давача вмісту CO у продуктах згоряння	50

Ступінь обґрунтованості запропонованих здобувачем положень, висновків та рекомендацій.

Наукові положення, висновки та рекомендації, отримані автором у процесі дослідження, належним чином аргументовані та науково обґрунтовані. Достовірність, сформульованих у дисертації наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується їх науковим обґрунтуванням, яке базується на критичному осмисленні здобутків вітчизняних та іноземних вчених у напрямках визначення енергетичних характеристик природного газу та відповідністю використаних наукових методів завданням, поставленим в ході дослідження; структурованістю та логічною послідовністю етапів дослідження; значним обсягом опрацьованих джерел. Проведені експериментальні дослідження підтвердили теоретичні дослідження, положення та висновки.

Основні результати дослідження, ступінь їх наукової новизни та значущості.

Отримані в процесі дослідження наукові результати в сукупності дозволили розв'язати важливе науково-прикладне завдання у галузі вимірювання і контролю якісних параметрів природного газу – удосконалення методів і технічних засобів для вимірювання енергетичних характеристик природного із використанням комплексу розроблених пристроїв.

Наукова новизна отриманих результатів:

– вперше отримана залежність числа Воббе від резонансної частоти заповненого природним газом різного компонентного складу резонатора Гельмгольца, що дозволяє реалізувати новий метод експериментального визначення числа Воббе;

– вперше запропоновано метод стабілізації стехіометричного відношення газоповітряної суміші калориметра прямого згоряння шляхом одночасного вимірювання трьох параметрів продуктів згоряння – вмісту залишкового кисню, вмісту монооксиду вуглецю та температури, що дає можливість оцінювати повноту окислення газу і підвищити точність вимірювання вищої теплоти згоряння;

– удосконалено метод ізоперіболічного вимірювання теплоти згоряння природного газу шляхом додаткового впровадження засобів активного керування теплообміном калориметричної ємності, що дозволяє скоротити час виконання вимірювань з 20 – 24 годин до 40 хвилин – 1 години, залежно від значення теплоти згоряння природного газу;

– набув подальшого розвитку метод визначення резонансної частоти резонатора Гельмгольца шляхом доповнення методу процедурою двохстороннього сканування, що дозволяє підвищити точність визначення числа Воббе в складі розробленого приладу;

– набули подальшого розвитку методи оцінки метрологічних характеристик ізоперіболічних калориметрів шляхом використання встановленої залежності похибки визначення теплоти згоряння природного газу від діапазону зміни температури калориметричної ємності, що дозволяє оцінювати вплив діапазону зміни температури

калориметричної ємності на точність вимірювання вищої теплоти згорання ізоперіболічного калориметра.

Теоретичне значення роботи:

- отримана залежність числа Воббе від резонансної частоти заповненого природним газом різного компонентного складу резонатора Гельмгольца;
- отримана залежність похибки визначення теплотворної здатності природного газу від діапазону зміни температури калориметричної ємності.

Практичне значення одержаних результатів:

- розроблено та виготовлено дослідний зразок вдосконаленого ізоперіболічного калориметра з інтегрованою мікропроцесорною інформаційно-вимірювальною системою, що дало можливість скоротити час виконання вимірювання порівняно з існуючими конструкціями ізоперіболічних калориметрів з 20 – 24 годин до 40 хвилин – 1 години, залежно від значення теплоти згорання природного газу;
- розроблено та виготовлено дослідний зразок аналізатора енергетичних характеристик природного газу, який дозволяє визначати вищу теплоту згорання, густину газу та його число Воббе в умовах побутових та промислових споживачів газу;
- розроблено конструкцію вибухобезпечного пробовідбірника газу з пневматичним приводом для мереж низького та середнього тиску газу, що забезпечує можливість відбору проб в реальних умовах газових мереж.

Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок у них автора. Результати досліджень, що викладені в дисертації, опубліковано в 20 наукових працях, з яких: 5 статей (1 стаття одноосібно в іноземному фаховому виданні, 2 – в виданнях, які індексуються в базі Web of Science Core Collection, 2 – у вітчизняних фахових виданнях), 14 публікацій тез науково-технічних конференцій та 1 патент на корисну модель.

Апробація результатів дослідження. Основні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на таких міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях: Четверта міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДЕС-2019)» 31.10-02.11.2017, м.Вінниця; VI Міжнародна науково-технічна конференція «Метрологія, інформаційно-вимірювальні технології та системи МІВТС – 2017» 24-25.10.2017, м.Харків; Восьма міжнародна науково-технічна конференція пам'яті професора Ігоря Кісіля «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання» 14-16.11.2017, м.Івано-Франківськ; VI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів і молодих учених «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання» 15-16.11.2017, м.Івано-Франківськ; IV Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених у царині метрології «Technical Using of Measurement -2018» 13-18.02.2018, м.Славське; Міжнародна науково-практична веб-конференція молодих вчених та студентів «Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії-2018» 17-19.09.2018, м.Івано-Франківськ; XI Міжнародна науково-технічна конференція «Метрологія та вимірювальна техніка» 09-11.10.2018, м.Харків; XI Міжнародна науково-технічна конференція «Метрологія та вимірювальна техніка», семінар «Невизначеність вимірювання: наукові, прикладні, нормативні та методичні аспекти (UM-2018)» 09-11.10.2018, м.Харків; III Міжнародна науково-практична конференція Академії Технічних Наук України «Прикладні науково-технічні дослідження» 03-05.04.2019, м.Івано-Франківськ; Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання» 20-25.05.2019, м.Івано-Франківськ; Міжнародна конференція метрологів МКМ'2019 10-12.09.2019, м.Львів; П'ята міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДЕС-2019)» 29-31.10.2019, м.Вінниця; VII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів і молодих учених "Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання" 19-20.11.2019, м.Івано-Франківськ; XII міжнародна науково-технічна конференція «Метрологія та вимірювальна техніка» 6-8.10.2020, м.Харків.

Відповідність дисертації вимогам МОН. Дисертаційна робота відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України «Про порядок проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» від 06.03.2019 р. № 167, вона пройшла перевірку на плагіат.

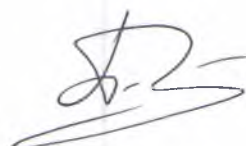
Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертаційна робота написана грамотною українською технічною мовою, стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття.

Загальний висновок:

Враховуючи наведене вище, фаховий семінар рекомендує дисертацію Присяжнюк Людмили Олександрівни на тему «Вдосконалення методів та засобів вимірювання енергетичних характеристик природного газу» до розгляду та захисту на здобуття ступеня доктора філософії (галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування, спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка) у спеціалізованій вченій раді.

Результати голосування: «за» – 17 учасників семінару;
«проти» – 1 учасник семінару.

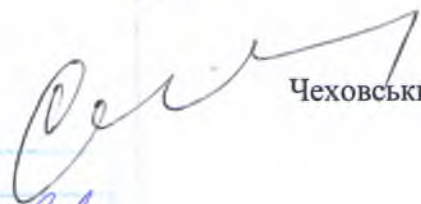
Головуючий на засіданні фахового семінару
завідувач кафедри енергетичного
менеджменту та технічної діагностики,
д.т.н., проф.

 Райтер П.М.

Рецензент,
завідувач кафедри метрології
та інформаційно-вимірвальної техніки,
д.т.н., проф.

 Середюк О.Є.

Рецензент,
професор кафедри метрології
та інформаційно-вимірвальної техніки,
к.т.н., проф.

 Чеховський С.А.

