

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Скляренка Євгена  
Валентиновича «Створення піролізної технології та установки для термохімічної  
конверсії рослинної біомаси», що подана на здобуття наукового ступеню  
кандидата технічних наук за спеціальністю  
05.14.06 – “Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика”

### Стан проблеми

Залучення до числа горючих речовин альтернативних палив з біомаси – важливий тренд останніх десятиріч в рамках оптимізації балансу первинної енергії України, Європи, світу.

В той же час використання біомаси – неоднозначна проблема з огляду на енергетичні та екологічні наслідки спалювання, вплив на глобальний клімат планети. Відповідно до класифікації EUROSTAT біогаз не відноситься до продуктів категорії «Газ», а є складовою «All other renewable energies» «Усі інші відновлювальні енергоджерела», де цей продукт об'єднаний разом з іншими нетрадиційними джерелами енергії (від сонячної до гідроенергії). Разом з твердим та рідким біопаливом категорія «All other renewable energies» входять до категорії «Renewable energies» («Відновлювальні енергії (енергоджерела)»).

В умовах України наявність біопалива, безумовно, має позитивне значення з огляду на можливість диверсифікації джерел паливостачання, в європейських країнах з – урахуванням поступового заміщення мінеральних палив джерелами відновлюваної енергії, тобто – на заміну органічного палива (fossil fuels) джерелами відновлюваної енергії та відходами біомаси. Відповідно до світового прогнозу передбачається, що доля енергії біомаси складатиме на період до 2040 р. до ~ 16 %<sup>1</sup> (New Policies Scenario) в структурі енергопостачання, незважаючи на випереджальні темпи поширення основних видів мінерального палива, особливо вуглеводневого.

1. World Energy Outlook 2014.– P.56.

На жаль, за статистичною звітністю за 2015 р. обсяг виробництва біогазу в Україні приблизно у 1000 разів менший від власного видобутку природного газу і в 475 разів менше від виробництва технологічних газів – доменного і коксового. Директивою Євросоюзу RED (Renewable Energy Directive (2009/28/EC)) введено обов'язковою умовою використання до 2020 р. одночасно з мінеральними паливами (fossil fuels) певної долі альтернативних джерел, зокрема біопалива 20 % – в структурі загального споживання енергії, 10 % – на транспорті.

З огляду на викладене вище, слід визнати тему і предмет дисертаційної роботи Є. Складенка цілком актуальними та значущими для української економіки та науки.

## **1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

### **1.1. Актуальність теми дисертації**

Актуальність теми обумовлена необхідністю скорочення витрат традиційних викопних палив та зменшення шкідливих викидів у навколишнє середовище за рахунок використання відновлюваних джерел енергії, зокрема рослинної біомаси, якій притаманна доступність, відновлюваність та відносна екологічність використання. Низькі теплотехнічні характеристики рослинної біосировини створюють певну перешкоду паливозаміщенню. Вибір в роботі піролізного процесу для вирішення проблеми обумовлено його універсальністю щодо можливості конверсії різних видів рослинної біомаси, широкого спектру отримуваних продуктів з низькими експлуатаційними і капітальними витратами, а також можливістю адаптувати існуючі енергетичні установки до використання рослинної біомаси в якості альтернативного палива.

Поглиблення існуючих наукових знань та удосконалення технологій термохімічної конверсії рослинної біомаси є актуальним завданням. Використання результатів дисертаційної роботи дозволяє знайти раціональні технологічні і конструктивні рішення щодо конверсії дрібнофракційної рослинної біомаси в горючий газ і біовуглець.

## **1.2. Структура та обсяг дисертації**

Роботу виконано в Інституті технічної теплофізики НАН України. Дисертація складається зі списку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків і списку використаної літератури. Обсяг основного тексту дисертації становить 138 сторінок, рисунків – 51, таблиць – 35, додатків 11. Список літератури складається з 105 найменувань. У додатках наведено результати розрахункових досліджень, а також документи, що підтверджують впровадження результатів дослідження.

## **1.3. Оформлення дисертації**

Дисертацію оформлено згідно вимогам ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення».

Матеріал дисертації подано в логічній послідовності відповідно до поставлених мети і завдань дослідження, вирішення яких розкрито достатньо повно, матеріал викладено грамотною технічною мовою.

Обсяг і структура рецензованої роботи відповідає вимогам ДАК МОН України, що висуваються до кандидатських дисертацій. Зміст автореферату дисертації і самої роботи ідентичні та відображають основні положення роботи.

Автореферат дисертації обсягом 0,9 авторських аркуша, написаний українською мовою, розіслано 17 лютого 2017 року.

**1.4. Зміст дисертації, об'єкт і предмет дослідження** знаходяться у відповідності до паспорту спеціальності 05.14.06 «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика» як за формулою спеціальності, так і за напрямком досліджень.

## 1.5. Зміст роботи

У **Вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано об'єкт і предмет дослідження, мету та основні завдання дисертаційної роботи, визначено наукову новизну, теоретичне і практичне значення одержаних результатів дослідження, відображено їх апробацію та повноту викладення на наукових конференціях і у публікаціях.

У **першому розділі** зроблено огляд літературних даних, що стосуються теми дисертації. Приведені загальні дані про рослинну біомасу, її теплотехнічні характеристики та ресурсну базу. Розглянуті існуючі і перспективні технології термохімічної конверсії рослинної біомаси, особливості і тенденції їх розвитку. Основна увага приділена піролізним процесам термохімічної конверсії дрібнофракційної рослинної біомаси.

Для реалізації таких технологій широкого поширення набули шнекові реактори. Наведено короткі відомості про принцип їх роботи, направленість та основні характеристики і шляхи підвищення ефективності процесу. Розглянуто вплив сировинних і режимних факторів на вихід і якість цільових продуктів.

У висновках по розділу вказано на недоліки відомих на сьогодні підходів до ефективного використання енергетичного потенціалу рослинної біомаси, завдяки чому наприкінці розділу сформульовано мету і завдання дослідження.

**Другий розділ** присвячено розробленню нової технології термохімічної конверсії рослинної біомаси, визначенню вихідних параметрів процесу і факторів, які впливають на його ефективність. Розроблена технологія (патент України на винахід № 102789) базується на новому способі енерготехнологічної переробки біомаси (патент України на винахід № 43070) і реалізується в шнековому реакторі в умовах комбінованого підведення теплоти через його стінку і при фільтрації газового теплоносія, який подається у вигляді продуктів неповного згоряння вуглеводневого газу через затиснутий рухомий шар біомаси.

Основна ідея процесу полягає в проведенні піролізу біомаси в режимі «теплового удару» високопотенційним газовим теплоносієм, що дозволяє за

короткий час перевести значну частину її органіки в газову фазу, зменшити вихід смол та закінчити процес на стадії відгонки летких речовин і біовуглецю.

Особливості процесу дозволяють отримати і додаткові переваги:

- газовий теплоносій у вигляді продуктів неповного згоряння вуглеводневого газу забезпечує високу стабільність процесу та характеристик піролізного газу та дає можливість покращувати механічні характеристики біовуглецю, а також в перспективі створювати нові вуглемісткі матеріали.

- затиснутий шар запобігає механічному виносу частинок біомаси і дозволяє форсувати швидкість фільтрації теплоносія, інтенсифікувати тепломасообмінні процеси в реакційній зоні, а також збільшує коефіцієнт заповнення реактора, що підвищує продуктивність установки і зменшує її масогабаритні характеристики;

- шнек забезпечує шуровку і рівномірне переміщення біомаси по довжині реактора, що дозволяє покращити тепломасообмінні процеси і отримати біовуглець однорідної якості, без обгоряння і спікань.

Для визначення конструктивних характеристик установки піролізу у відповідності до теплофізичних та режимних параметрів процесу проведений комплекс відповідних аналітичних і експериментальних досліджень. Була створена експериментальна установка для певного моделювання в стаціонарному режимі гідромеханічних характеристик затиснутого шару, робочих характеристик теплоносія, визначення впливу температури та вологості вихідної біомаси, часу перебування біомаси в реакційній зоні на кінетику процесу.

В результаті експериментальних досліджень визначено оптимальні параметри газового теплоносія, гідродинамічні характеристики затиснутого шару біомаси, які забезпечують стабільну і безпечну роботу газового пальника та іншого обладнання, вихідні технологічні параметри самого піролізного процесу. Визначені характеристики використані в математичній моделі процесу.

Значну увагу присвячено особливостям формування газового теплоносія і його робочим характеристикам. Цікавим є вирішення проблеми підвищення теплотехнічних характеристик теплоносія за рахунок реалізації

високотемпературної змішаної конверсії вуглеводневого газу в продуктах неповного його згоряння. Отриманий автором газовий теплоносій при змішаній конверсії природного газу в продуктах неповного згоряння з загальним надлишком повітря 0,5 дозволяє покращити його теплотехнічні характеристики, підвищити стабільність піролізного процесу і характеристик піролізного газу. В перспективі, за допомогою такого теплоносія можна навуглецьовувати біовуглець, підвищуючи його механічні характеристики і отримувати нові **вуглець вміщуючі** матеріали.

**Третій розділ** дисертації присвячено розробці математичної моделі і методики розрахунку процесу піролізу рослинної біомаси в запропонованій технології, яка забезпечує визначення закономірностей розподілення температур твердої фази і газових компонентів та їх виходу по довжині реактора, отримання детальної інформації про параметри робочого процесу при різних навантаженнях реактора та параметрах процесу. Адекватність математичної моделі встановлена шляхом порівняння результатів розрахункових досліджень з експериментальними даними, отриманими на спеціально створеній модельній шнековій установці з повномасштабною реакційною камерою.

Дослідженнями показано високу ефективність піролізних процесів, які проходять в режимі «теплого удару» високотемпературним газовим теплоносієм (1000-1100°C). З метою формування рекомендацій по конструкції установки піролізу шнекового типу та вибору основного і допоміжного обладнання визначено енерготехнологічні параметри процесу.

**У четвертому розділі** представлено установку ЕТУ-1 конверсії біомаси в піролізний газ і біовуглець продуктивністю до 200 кг/год тріски. В установці в якості газового теплоносія застосовані продукти неповного згоряння природного газу, що дозволяє стабілізувати режим піролізу і покращити якість піролізного газу при зміні вологості біомаси та зміні технологічного режиму. Заслужує на увагу той факт, що такий газовий теплоносій в перспективі може бути використаний для навуглецьовання біовуглецю і отримання нових вуглецьмістких матеріалів з підвищеними механічними та теплотехнічними характеристиками.

Розроблена технологія отримала подальший розвиток в експериментальній установці ЕТУ-200 (патент України на корисну модель №79797), де теплоносієм є продукти неповного згоряння піролізного газу при відсутності природного газу. Газ отримують в ході термохімічної конверсії, тепловміст газу передається шару біомаси здебільшого через стінку. Це дозволяє зменшити розбавлення горючого газу негорючими компонентами продуктів неповного згоряння і підвищити його теплоту згоряння на 30% при умові попередньої підсушки біомаси.

Створена установка забезпечує термохімічну конверсію дрібнофракційної рослинної біомаси, включаючи кору, лузгу соняшника, насіння буряка, фрезерний торф.

В заключній частині четвертого розділу приведені технологічні схеми та показники економічної ефективності впровадження розроблених установок, зокрема, в пиловугільних котлах та в когенераційних системах енергозабезпечення.

У **Висновках** наведено основні результати, одержані за дисертаційною роботою, які вирішують важливу для енергетики науково-прикладну задачу заміщення традиційних викопних палив рослинною біомасою в паливному балансі країни. На завершення в роботі наведено список використаних літературних джерел і додатки.

## **2. СТУПІНЬ ОБГРУНТОВАНOSTІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ**

### **2.1. Методологія досліджень**

За результатами огляду теоретичних та експериментальних робіт з термохімічної конверсії рослинної біомаси в піролізний газ і біовуглець, виконаних у провідних наукових центрах країни і за кордоном, аналізу існуючих результатів термодинамічного розрахунку процесу автор сформулював мету дослідження, а також завдання для досягнення поставленої мети.

На думку автора найбільш сучасним та перспективним є енерготехнологічне використання рослинної біомаси з термохімічною конверсією в піролізний газ і біовуглець на базі піролізного процесу.

**Надійність запропонованої методології досліджень** забезпечується комбінацією математичного моделювання та фізичного експерименту в умовах великомасштабного вогневого стенду та постановкою завдання, а також достатнім рівнем обґрунтованості наукових результатів і зроблених на їх основі висновків.

## **2.2. Математичний апарат дисертації**

Запропонована методика розрахунку базується на відомих термохімічних і теплофізичних залежностях, а описаний метод розрахунку реалізований в програмі WOOD (C<sup>++</sup>). Ці підходи можуть бути прийняті як базові для проведення розрахунків у випадку полідисперсного складу різної рослинної біомаси. Методика дозволяє отримати необхідну інформацію про параметри робочого процесу при різній продуктивності установки та варіюванні характеристик вихідної біомаси.

## **3. ДОСТОВІРНІСТЬ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ**

Достовірність наукових і технологічних результатів, висновків і рекомендацій забезпечується використанням в роботі сучасних методів досліджень, коректним вживанням відповідного математичного апарату, великомасштабним моделюванням технологічних процесів в рамках прийнятих припущень; задовільним узгодженням результатів з відомими даними досліджень, накопичених в літературі та промисловій практиці.



## 4. НОВИЗНА НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

**4.1. Нові наукові результати,** отримані при виконанні дисертаційної роботи, полягають в наступному:

1. Удосконалено технологію термохімічної конверсії рослинної біомаси в піролізний газ і біовуглець на базі піролізного процесу, що реалізується в шнековому реакторі з комбінованим підведенням теплоти через стінку реактора і при фільтрації газового реагенту через затиснутий рухомий шар біомаси.

2. Досліджена і випробувана технологія використання продуктів неповного згоряння вуглеводневих газів з коефіцієнтом надлишку повітря 0,5 як реагентів в піролізному процесі, що дозволило підвищити вихід кінцевих продуктів і характеристик піролізного газу та дає можливість в перспективі створювати нові вуглецьмісткі матеріали.

3. Експериментально досліджені і визначені основні гідромеханічні характеристики полідисперсного шару тріски нерегулярної форми, що дозволило визначити граничні параметри шару (товщину, фракційний розмір і дійсну швидкість фільтрації) та уточнити закономірності гідравлічного опору шару.

4. Розроблено і верифіковано математичну модель та програму розрахунку процесу термохімічної конверсії з використанням двох основних відновлювальних реакцій: взаємодії вуглецю з паром та  $\text{CO}_2$  – і розрахунку констант швидкостей реакцій в ареніусівському наближенні з метою спрощення розрахунків піролізного процесу.

## 5. ЗНАЧЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ, ЯКІ ОТРИМАНО В РОБОТІ, ДЛЯ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ

**Значення для теорії** мають наступні результати досліджень:

1. Розрахунковий комплекс з математичної моделі та програми розрахунку, які можуть бути використані для дослідження термохімічної конверсії різних видів рослинної біомаси та інших твердих палив в умовах їхньої фільтрації окремими газовими реагентами.

2. Результати аналізу процесу неповного згоряння вуглеводневих газів використані в якості газового реагенту при піролізі рослинної сировини, а також для навуглецювання біовуглецю і отримання нових вуглемістких матеріалів.

3. Основні фільтраційні гідромеханічних характеристик полідисперсного шару тріски нерегулярної форми при обробці сировини в реакторі.

**Практичну цінність** представляють наступні результати розробок та досліджень:

1. Спосіб піролізу рослинної сировини з використанням шнекового реактора.

2. Основні технологічні параметри запропонованого піролізного процесу в умовах шнекового реактора.

3. Спосіб отримання газового теплоносія для процесів піролізу рослиної біомаси та вуглеводнів при змішаній конверсії природного газу в продуктах неповного згоряння з загальним надлишком повітря 0,5.

4. Рекомендації по конструюванню і вибору обладнання при проектуванні енерготехнологічних установок, та технологічні схеми їх використання.

Результати роботи у вигляді технічного завдання використані ДП «Укргіпроцукор» при створенні установки продуктивністю 200 кг/год для КП «Київзеленбуд», при створенні дослідної установки ЕТУ-200 з використанням піролізного газу як газового теплоносія, а також в навчальному процесі НАУ (акт впровадження) при виконанні магістерських робіт і дипломних проектів зі спеціальності 7.05130105 – хімічна технологія палива та вуглецевих матеріалів.

## **6. НАПРЯМКИ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Результати досліджень і розроблені рекомендації доцільно використовувати на етапах проектування і розробки енерготехнологічних

установок проектними організаціями з метою адаптації існуючого енергетичного обладнання в умовах використання рослинної біомаси як альтернативного джерела енергії при заміщенні традиційних палив. При цьому необхідно провести аналіз можливостей скорочення шкідливих викидів для випадків використання конкретної сировини.

## **7. ОЦІНКА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Зміст дисертації відповідає напрямкам досліджень за спеціальністю «технічна теплофізика та промислова теплоенергетика» в тих розділах, які пов'язані з оптимізацією паливного балансу, взаємозаміщенню окремих видів палив, ефективному використанню відновлювальних джерел енергії та відходів. Робота стосується одержання цільових речовин в газовій та в твердій фазах, як продуктів хіміко-термічної переробки біомаси, що містять вуглець. В роботі вирішена науково-прикладна задача підвищення енергетичного потенціалу рослинної біомаси, що свідчить про завершеність наукових досліджень. Подання матеріалу в логічній послідовності з обґрунтуванням і узагальненням результатів у вигляді висновків за розділами і загальних висновків за роботою сприяє її сприйняттю як цілісного дослідження. **Результати, наведені в дисертаційній роботі, отримано автором особисто.**

## **8. ПОВНОТА ВИКЛАДУ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ В ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЯХ**

Результати дисертації опубліковано в 7 статтях у наукових фахових виданнях, в тому числі у журналах, які входять до міжнародних наукометричних баз, матеріалах 2 доповідей на міжнародних конференціях, п'яти патентах України. У зазначених вище роботах, які опубліковано у відкритій пресі, повністю розкрито основні наукові результати, що становлять наукову сутність дисертації.

## 9. ЗАУВАЖЕННЯ ДО ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Зауваження та побажання за роботою пов'язані з основними науковими складовими та змістом дисертації, включаючи певні аспекти хімічної термодинаміки, процесів переносу, екологічних особливостей перетворення палива, технології процесу та конструктивних особливостей обладнання.

1. Автор мав змогу відповідно до поставленої задачі – одержання конвертованої біомаси, що включає біовуглець (тверду фазу) та піролізний газ – винайти у наближенні термодинамічної рівноваги оптимальні параметри процесу (температура, тиск), а також склад реагуючого газу та співвідношення масових потоків газового реагенту та біомаси, які забезпечують бажаний склад кінцевих продуктів реакції в газовій та твердій фазі. Однак в роботі відсутні термодинамічні розрахунки рівноважних складів продуктів реакції в зазначеній постановці та в необхідному діапазоні параметрів.

2. Із відомих способів виробництва біопалив з різних видів біосировини: газифікація, піроліз/зрідження, гідроліз (ферментація), біоекстракція – дисертантом обрано метод піролізу деревини. При цьому предметом розробок і досліджень є комплекс, який включає технологію, режимні характеристики процесу та конструкцію установки термохімічної обробки деревини. В дисертаційній роботі, на наш погляд, не наведені переконливі дані щодо переваг запропонованої технології та конструкції установок у порівнянні з існуючими технологіями і установками.

3. Для визначення впливу шару сировини на течію в шарі автор моделює процес в шнековому реакторі в установці з сталим шаром, який не може слугувати моделлю для вивчення гідромеханіки рухомого шару, який до того ж переміщується.

4. Оскільки основу процесу в реакторі складає механізм хімічних реакцій в шарі сировини та теплообмін при наявності хімічних реакцій, визначальним є сорт біомаси та фізико-хімічні характеристики сировини, що піддається піролізу, перш за все структура деревини з порами, яка відповідає за теплопровідність та акумулюючу здатність шару. З іншого боку – конструктивні риси шнеку, включаючи крок, кут нахилу гвинтової поверхні визначають розподіл тиску в

межах шару реагуючої біомаси. На жаль, відповідні питання не знайшли достатнього висвітлення в дисертаційній роботі.

5. В позначеннях до формул (2.10) дисертації та (1) автореферату помилково зазначений не тиск як такий на вході та виході з шару, а квадрати його значень.

6. Потребують пояснень тези про безвідходність запропонованої технології, оскільки сама по собі наявність кінцевих продуктів у твердій та газовій фазах не замикає технологічний ланцюг піролізної технології та використання її продуктів.

7. Бажано навести докази до тези про «скорочення викидів парникових газів ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) до 40 % за рахунок скорочення витрат викопних палив і довготривалого відтермінування викидів вуглецю у довкілля». Розрахунки вказують на суттєве зменшення питомих викидів  $\text{CO}_2$  при спалюванні природного газу у порівнянні з продуктами газифікації біомаси.

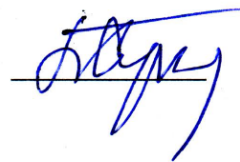
8. Бібліографія в дисертації складається з 105 найменувань, з яких більшість літературних джерел є застарілими (до 2000 р.). Цей факт свідчить про недостатню увагу до існуючих в світі передових технологій, можливість їхнього аналізу та запозичення іноземного досвіду.

9. В третьому розділі визначені функціональні залежності виходу кінцевих продуктів переробки біопалива від основних параметрів процесу піролізу: температури, вологості сировини. Характерною ознакою результатів досліджень є асимптотичний характер виходу летючих палив та біовуглецю, теплоти їхнього згоряння, складу піролізного газу в залежності від температури при стабілізації зазначених характеристик на рівні 500 °C. Відомо, що процес неповного горіння та газифікації палив згідно з термодинамікою конверсії вуглецевих та вуглеводневих палив супроводжується формуванням твердої фази в залежності від взаємопов'язаних параметрів – температури та співвідношення «паливо / окислювач». Конкуренті технології газифікації біомаси зазвичай мають оптимум від температури 600 °C та вище. До цього слід додати, що вимога збільшення температури процесу є обумовленою також необхідністю збільшення продуктивності процесу та установки, а також наближенням кінцевих продуктів реакції до рівноважного стану.

## 10. ВІДПОВІДНІСТЬ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ ВИМОГАМ ДАК МОН УКРАЇНИ

В результаті вивчення представленої дисертаційної роботи, автореферату і наукових праць можна зробити висновок, що дисертація Є.В. Скляренко є завершеною працею, в якій науковий рівень та повнота викладення результатів розробок і досліджень відповідають вимогам ДАК МОН України щодо дисертацій, поданих на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (п.п. 11, 12, 13 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника"). Наведені в роботі науково обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати у сукупності вирішують важливу для розвитку теплоенергетики та ефективного використання палива науково-прикладну задачу заміщення традиційних мінеральних палив продуктами хіміко-термічної переробки рослинної біомаси як альтернативного відновлюваного джерела енергії. Автор роботи, Скляренко Євген Валентинович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – "Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика".

Завідувач відділу  
високотемпературного тепломасообміну  
Інституту газу НАН України.  
доктор технічних наук, професор,  
заслужений діяч науки і техніки України



Б.С. Сорока

Особистий підпис Б.С. Сороки засвідчую

Вчений секретар  
Інституту газу НАНУ  
канд. технічних наук



Б.К. Ільєнко