

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора

Нікольського Валерія Євгеновича

на дисертаційну роботу Остроги Руслана Олексійовича

«Теоретичні основи процесів формування гранул у неоднорідному середовищі»,
представлену для здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології

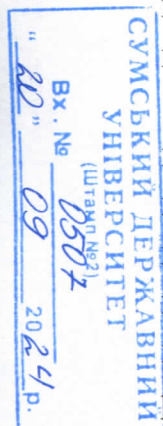
Дисертаційна робота включає анотацію, перелік умовних позначень, вступ, шість основних розділів, загальні висновки, список використаних джерел, що налічує 383 найменування, а також п'ять додатків. Загальний обсяг дисертації становить 339 сторінок друкованого тексту, робота містить 17 таблиць і 67 ілюстрацій.

Актуальність теми дисертаційної роботи, її зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Виробництво гранульованих продуктів відіграє ключову роль у сучасній промисловості, оскільки технології гранулювання широко застосовуються у багатьох важливих секторах, таких як сільське господарство, фармацевтика, харчова, хімічна та технічна промисловості. Гранульовані матеріали, включаючи мінеральні добрива, фармацевтичні препарати, харчові добавки та технічні засоби, суттєво впливають на продуктивність і функціональність технологічних процесів.

Для України, як одного з провідних аграрних регіонів, виробництво гранульованих добрив має особливу вагу, оскільки сільське господарство є основним сектором економіки, що не лише забезпечує продовольчу безпеку на внутрішньому ринку, але й є вагомим експортним напрямом. Якість мінеральних добрив має прямий вплив на врожайність культур, що визначає продуктивність аграрного сектору.

Ефективність виробництва гранульованих продуктів має стратегічне значення для економіки країни та її продовольчої безпеки. Впровадження новітніх технологій у процеси гранулювання здатне покращити якість продукції, знизити виробничі витрати та мінімізувати екологічний вплив. В умовах глобальної конкуренції та високих стандартів якості такі інновації є ключовими для забезпечення конкурентоспроможності української промисловості, що сприяє її стабільному розвитку та зміцненню економіки.

Зважаючи на це, обрана тематика дисертаційного дослідження є надзвичайно актуальною, оскільки вона спрямована на розв'язання важливих науково-прикладних завдань, пов'язаних з оптимізацією та удосконаленням процесів формування гранул у неоднорідних середовищах. Ці питання мають вагомим значення для підвищення ефективності технологічних процесів у галузях, що займаються гранулюванням, адже саме цей етап відіграє ключову роль у забезпеченні якості кінцевої продукції. Запропоновані в рамках



дослідження наукові підходи і технологічні рішення дозволяють не лише покращити основні показники виробництва, але й сприяти зниженню енерговитрат, мінімізації ресурсних втрат і підвищенню екологічної безпеки виробничих процесів. Крім того, реалізація цих підходів може суттєво посилити конкурентоспроможність підприємств на ринку, забезпечивши їм додаткові переваги у вигляді більш ефективного використання матеріалів та енергії, а також підвищення якості та стабільності кінцевих продуктів.

Тематика дисертаційної роботи гармонійно відповідає стратегічним пріоритетам найбільш амбітної та масштабної програми Європейського Союзу у сфері наукових досліджень та інновацій – Horizon Europe. Вона вписується в рамки передового наукового напрямку «Monodisperse systems in the production of foodstuff and compound (combined) fertilizers», що реалізується в рамках грантової угоди № 871072. Завдяки тісній інтеграції в загальноєвропейську наукову спільноту, результати роботи можуть суттєво сприяти розвитку інноваційних підходів до виробництва як харчових продуктів, так і гранульованих добрив, що стане вагомим внеском у забезпеченні сталого розвитку на глобальному рівні.

Дисертаційна робота виконана в рамках плану науково-дослідних робіт кафедри хімічної інженерії Сумського державного університету, які стосуються таких наукових тем: «Гідродинамічні показники двофазних потоків у тепломасообмінному, грануляційному та сепараційному обладнанні» (номер державної реєстрації 0115U002551, період виконання 2015–2019 рр.), «Small-scale energy-saving modules with the use of multifunctional devices with intensive hydrodynamics for the production, modification and encapsulation of granules» (номер державної реєстрації 0119U100834, період виконання 2019–2021 рр.), «Створення нових гранульованих матеріалів для ядерного палива та каталізаторів в активному гідродинамічному середовищі» (номер державної реєстрації 0120U102036, період виконання 2020–2022 рр.), а також «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку “Технічні науки” Сумського державного університету» – етап 3 (номер державної реєстрації 0121U112684, термін виконання 2023 р.).

У дисертаційній роботі також використано результати досліджень, проведених в рамках виконання госпдоговірних науково-дослідних робіт за наступними темами: «Наукове обґрунтування вибору оптимального апаратурного оформлення малогабаритної мобільної установки для капсулювання мінеральних добрив» (№ 51.18-01.17.СП), «Розробка дослідних зразків гранульованих добрив на органічній основі» (№ 51.18-2022.СП/01), а також «Розробка дослідних зразків складнозмішаних (комбінованих) добрив спеціального призначення» (№ 51.18-2023.СП/03). В усіх зазначених дослідженнях здобувач виступав керівником, що підкреслює його активну роль у розробці нових технологій та науковому супроводі процесу виробництва.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі. Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, базуються на аналізі та опрацюванні обсягу як теоретичних, так і експериментальних досліджень. Кожен із сформульованих висновків є аналітично обґрунтованим, та підкріплюється рекомендаціями щодо їх впровадження. Надійність та достовірність отриманих результатів забезпечується використанням сучасного вимірювального обладнання, а також застосуванням методик аналізу та обробки експериментальних даних. Розроблені рекомендації можуть бути впроваджені для різних галузей виробництва з метою підвищення продуктивності та якості кінцевих продуктів.

Наукова новизна дисертаційної роботи здобувача полягає в тому, що в результаті проведених аналітичних та експериментальних досліджень було отримано низку наукових результатів, які розширюють існуючі знання у відповідній галузі. На основі проведених досліджень здобувачем запропоновані математичні моделі, які мають потенціал впливу на покращення виробничих процесів у промисловості:

вперше:

- набули подальшого розвитку положення визначення температурного профілю у двошаровій гранулі, що дозволяє враховувати складні взаємодії між шарами гранули та теплопередачу;
- проаналізовано вплив пористої структури оболонки на характер теплопровідності, на основі аналізу взаємозв'язку між морфологією пор та ефективністю теплопередачі у шарі матеріалу;
- представлено характеристику умов розмежування стадій теплоперенесення в системі «газ – тверда фаза» для псевдозріджених та завислих шарів;
- отримали подальший розвиток теоретичні основи формування гранул в багатоступеневих апаратах зваженого шару, що сприяє підвищенню ефективності та якості виробництва гранульованих продуктів у різних галузях промисловості;
- проведено енергетичний аналіз для раціонального вибору конструкції охолоджувача гранул мінеральних добрив, що дозволяє систематично оцінити ефективність різних конструкцій охолоджувачів з точки зору енергетичних втрат та ефективності використання енергії;

набули подальшого розвитку:

- науково-теоретичні основи процесу гранулювання, який ускладнений умовами сепарації дрібних частинок, що дає можливість прогнозувати гранулометричний склад кінцевого продукту;
- науково-теоретичні основи щодо особливостей зважених шарів із активною гідродинамікою потоків;

удосконалено:

- методологічну основу теоретичного розрахунку розпаду струменів та теоретичного визначення розміру крапель рідини під впливом власних коливань у струмені рідини (плаву);
- методологічну основу теоретичного аналізу температурного профілю гранул мінеральних добрив уздовж радіуса цієї гранули до її центру, що дозволяє визначати динаміку зміни температури гранули при її конвективному охолодженні у грануляційній башті.

Практична значимість результатів дисертаційної роботи:

1. Запропоновано математичну модель з програмним забезпеченням для визначення виносу дрібних фракцій із псевдозріджених та завислих шарів. Ця модель дозволяє прогнозувати гранулометричний склад ретурку і кінцевого продукту, використовуючи емпіричні рівняння, які враховують вплив швидкості газового потоку та швидкість витання твердих частинок. Алгоритм розрахунку дає змогу оптимізувати гідродинамічний режим псевдозрідження для отримання гранул із заданими характеристиками за гранулометричним складом.

2. Запропоновано методику термодинамічного та ексергетичного аналізу для раціонального вибору типу охолоджувачів для гранульованих мінеральних добрив. Ця методика враховує як термодинамічні параметри – коефіцієнт охолодження, рекуперації та термодинамічний коефіцієнт корисної дії, так і ексергетичні показники – ексергетичний коефіцієнт корисної дії. Такий комплексний підхід дозволяє значно точніше оцінювати енергетичні витрати на охолодження дисперсних матеріалів і вибрати найбільш енергоефективну конструкцію охолоджувального апарата.

3. Запропоновано конструктивно-технологічні параметри робочої камери поличного гранулятора зі зваженим шаром, що дозволяє реалізувати активний струменевий гідродинамічний режим. Цей підхід значно підвищує ефективність технологічних процесів в умовах промислового виробництва, сприяючи зростанню конкурентоспроможності підприємств, що займаються виробництвом гранульованих продуктів.

4. Розроблено практичні рекомендації щодо впровадження малогабаритної мобільної установки для капсулювання мінеральних добрив, яка була успішно введена в експлуатацію на базі ТОВ «Альянс» (акт впровадження від 15.11.2017 р.). Крім того, здійснено розробку дослідних зразків гранульованих добрив на органічній основі для ТОВ «Білопілля Агросвіт» (акт впровадження від 01.12.2022 р.) та дослідних зразків складнозмішаних (комбінованих) добрив спеціального призначення для ТОВ «Аграрник» (акт впровадження від 30.06.2023 р.).

5. Наукові результати дисертаційного дослідження впроваджені в навчальний процес кафедри хімічної інженерії Сумського державного

університету відповідно до теми НДР «Створення нових гранульованих матеріалів для ядерного палива та каталізаторів в активному гідродинамічному середовищі» (ДР № 0120U102036, акт впровадження від 26.12.2022 р.) та теми НДР «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку “Технічні науки” СумДУ» (ДР № 0121U112684, акт впровадження від 28.12.2023 р.).

Повнота викладення результатів дисертаційної роботи у наукових фахових виданнях. Аналіз наданого автором списку опублікованих наукових праць свідчить про те, що всі наукові результати, представлені до захисту, належать автору і повністю висвітлені у 42 наукових публікаціях. Зокрема, це 2 монографії у співавторстві, 3 розділи у колективних монографіях, 23 статті, з яких 5 опубліковано у наукових фахових виданнях, включених до переліку МОН України, 16 статей — у зарубіжних наукових періодичних виданнях та виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних, такими як Scopus та Web of Science. Також опубліковано 14 матеріалів доповідей у збірниках наукових конференцій.

За кількісними, об’ємними та якісними показниками, наукові публікації відповідають усім вимогам МОН України щодо висвітлення основного змісту і результатів дисертаційної роботи для здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Оцінка змісту та структури дисертаційної роботи.

У *вступі* дисертаційної роботи обґрунтовано її актуальність. Автор сформулював мету та конкретні завдання, які необхідно вирішити в процесі дослідження. Висвітлено практичну цінність отриманих результатів, які мають потенціал для впровадження у виробничі процеси. Увагу приділено особистому внеску здобувача в реалізацію дослідження, що підкреслює його активну участь на всіх етапах роботи. Крім того, у вступі представлені результати апробації наукових напрацювань на конференціях та інших наукових заходах, що підтверджує їхній високий рівень та значущість. Також детально розкрито структуру й обсяг дисертації, що дає уявлення про її логічну побудову та повноту викладення матеріалу.

У *першому розділі* дисертації здобувач провів аналіз літературних джерел і визначив основні методи гранулювання, які застосовуються в сучасному виробництві. До них належать диспергування плавів з подальшим охолодженням у грануляційних баштах, обкочування з одночасним нанесенням розплаву на поверхню гранул, а також диспергування пульпи або суспензії у псевдозрідженому (зваженому) шарі. Здобувач підкреслює, що метод прилювання є найбільш економічно вигідним завдяки високій продуктивності та активно використовується для виробництва гранульованих азотних добрив. Для гранул пролонгованої дії ефективним виявляється метод гранулювання обкочуванням на тарілчастому грануляторі, при якому розплав наноситься на

поверхню гранул, що позитивно впливає на їх міцність. Особливу увагу приділено методу гранулювання у псевдозрідженому шарі, який є раціональним вибором для виробництва органо-мінеральних добрив. Цей метод дозволяє мінімізувати витрати на обробку вологих речовин, а активний гідродинамічний режим прискорює процес гранулоутворення. Перспективним напрямком є використання багатоступеневої протиточної взаємодії між зріджувальним агентом і дисперсною фазою у зваженому шарі, що дозволяє підвищити ефективність процесу. Не менш важливим процесом є конвективне охолодження, яке необхідне для стабілізації структури гранул. Здобувач пропонує використовувати поличний охолоджувач- пневмокласифікатор як ефективний варіант для досягнення цього завдання, забезпечуючи високу ефективність і продуктивність на завершальних етапах виробництва.

У *другому розділі* представлено загальну методику проведення наукових досліджень, яка охоплює опис експериментальних установок, розроблені методики для проведення експериментів, а також підходи до аналізу отриманих результатів і оцінки похибок вимірювань. Увагу приділено опису експериментальних установок, які використовувалися для дослідження гідродинамічних процесів у неоднорідних системах. Висвітлено підходи до обробки результатів експериментів, включаючи статистичні методи аналізу даних, що дозволяють адекватно оцінити достовірність отриманих результатів і врахувати вплив випадкових факторів. Оцінені похибки вимірювань. Особливий акцент зроблено на методах математичного моделювання. Моделювання гідродинамічних параметрів неоднорідних систем здійснювалося на основі класичних принципів гідромеханіки з використанням спеціалізованого програмного забезпечення. Розв'язання рівнянь моделі проводилося з використанням систем комп'ютерної алгебри, що дозволяло ефективно розраховувати складні математичні вирази. Аналіз отриманих результатів проводився за допомогою диференціальних методів математичного аналізу та інтегрального обчислення, що дозволяло глибше зрозуміти закономірності, які виникають у процесі дослідження гідродинамічних систем.

У *третьому розділі* представлено аналітичний аналіз процесу формування гранул у неоднорідному середовищі «газ – тверда фаза», що розкриває фізичні умови та чинники, які впливають на цей процес. Особливу увагу приділено впливу конструктивних параметрів корзини обертового вібраційного гранулятора на утворення крапель розплаву. Проведено аналіз механізму утворення крапель на виході з корзини під впливом коливань струменя, що надало можливості забезпечення стабільного процесу гранулоутворення з контрольованими характеристиками кінцевого продукту. Також у розділі досліджено вплив пористості гранул на їх теплопровідні властивості. Для кількісної оцінки вказаних факторів запропоновано формулу для визначення ефективного коефіцієнта теплопровідності, що враховує пористість гранул, і

дозволяє прогнозувати теплові режими в процесі їх формування. Запропоновано математичну модель кінетики формування оболонки гранул з врахуванням кількості суспензії, яка використовується в процесі гранулювання, а також механізм приєднання дрібних частинок до гранул.

У *четвертому розділі* представлено результати експериментальних досліджень гідродинаміки руху газового потоку в поличному апараті зваженого шару. Використовуючи спеціалізоване програмне забезпечення, було проведено моделювання гідродинамічної структури газодисперсного потоку. На основі результатів моделювання були виведені емпіричні рівняння для визначення оптимальної швидкості газового потоку, яка забезпечує стабільний режим завислого шару, необхідного для вискоефективного гранулоутворення. Запропоновано математичні моделі, які описують процеси сепарації твердих частинок і кінетику гранулювання у багатоступеневих поличних апаратах. Застосування таких підходів з виходом на апаратурно-конструктивне оформлення апаратів можуть сприяти підвищенню ефективності процесу гранулювання та покращенню якості кінцевого продукту, що має велике значення для промислового використання.

У *п'ятому розділі* здобувачем на основі рішення рівняння теплопровідності Фур'є було визначено температурні профілі всередині твердих частинок, а також розраховано час, необхідний для їхньої теплової обробки. Запропоновано диференціальне рівняння теплового балансу, яке дозволяє оцінювати температурний розподіл у залежному шарі грануляційної системи. Експериментальним шляхом встановлено, що найбільша інтенсивність міжфазного теплообміну спостерігається у зоні розвантаження гранул, де активний газовий потік значно підвищує площу контакту між газом і гранулами. Це сприяє більш ефективному охолодженню та прискоренню процесу теплообміну. Розуміння цих закономірностей дозволяє оптимізувати процеси охолодження у грануляційних системах, підвищуючи їх продуктивність і забезпечуючи стабільну якість гранул на виході.

У *шостому розділі* запропоновано методику ексергетичного аналізу, яка дозволяє оцінювати енергетичні витрати на процеси гранулювання та конвективного охолодження гранульованого продукту. Методика забезпечує можливість обґрунтованого вибору параметрів процесу гранулоутворення, враховуючи енерговитрати. Проведено аналіз енергетичних процесів у різних типах грануляційних систем, включаючи грануляційні башти без охолоджувача, з інтегрованим охолоджувачем, апарати киплячого шару та багатоступеневі системи. Увагу приділено визначенню ефективності різних конструкцій охолоджувачів для мінеральних добрив, що дозволило ідентифікувати найефективніші варіанти для зниження енерговитрат та підвищення продуктивності. Це дало змогу запропонувати рекомендації щодо практичного використання таких охолоджувачів у різних галузях

промисловості, спрямованих на оптимізацію енергетичних витрат і підвищення економічної ефективності виробництва загалом.

Висновки дисертаційної роботи відображають процес вирішення поставлених наукових завдань, послідовність отриманих результатів. Вони також акцентують увагу на новизні та практичній цінності отриманих результатів, підкреслюючи їх потенціал для подальшого впровадження у виробничі процеси та промислові технології.

Відповідність дисертаційної роботи та реферату встановленим вимогам. Дисертаційна робота та реферат оформлені відповідно до вимог пп. 7 та 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 р., щодо отримання наукових результатів, які мають значення для вдосконалення технологій гранулювання в неоднорідних середовищах. Результати можуть бути використаними з метою підвищення ефективності процесів гранулоутворення, оптимізації енергетичних витрат, а також удосконаленню конструкцій апаратів для гранулювання.

Висновки та результати дослідження відображають етапи проведеної роботи. Таблиці та ілюстрації, представлені в тексті реферату, ілюструють як теоретичну, так і практичну значущість дисертаційного дослідження.

Тематика досліджень відповідає паспорту спеціальності 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології за напрямками досліджень:

1. Теоретичні та експериментальні дослідження гідромеханічних процесів: псевдозрідження, коагуляції й гранулювання дисперсних систем; встановлення параметрів, необхідних для вибору або створення нового обладнання (апаратів псевдозрідженого шару, грануляторів і коагуляторів, спеціальних роздільних апаратів, зокрема пінних тощо).

2. Теоретичні й експериментальні дослідження теплових і масообмінних процесів теплообміну в газових і рідких системах; теплообміну при фазових перетвореннях (зокрема під час барботування й псевдозріджування), при високих швидкостях, за наявності внутрішніх джерел теплоти; теплового випромінювання; масообміну в газових і рідких системах, системах з твердою фазою; загальні основи розрахунку тепло- й масообмінного обладнання.

Зміст відповідає основним положенням дисертації.

Оцінка мови та стилю викладення матеріалу. За структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим МОН України, наказ № 40 від 12 січня 2017 року. Мова та стиль викладу дисертації й реферату передають отримані науково-практичні результати, відповідно до поставлених цілей дослідження. Забезпечено взаємозв'язок проведених досліджень та отриманих результатів; викладення наукових положень, результатів і висновків є аргументованим; застосована в роботі термінологія є загально визнаною; стиль викладення результатів

теоретичних і практичних досліджень, наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття.

Рекомендації стосовно використання результатів дисертаційної роботи. Результати проведених досліджень рекомендується використовувати для вдосконалення технологічних процесів гранулювання в різних галузях промисловості, зокрема у виробництві мінеральних добрив та харчових продуктів. Запропоновані методики забезпечать можливість оптимізації роботи обладнання, що дозволить не тільки зменшити енергетичні витрати, але й значно підвищити якість отримуваної гранульованої продукції. Подальше впровадження цих результатів сприятиме підвищенню загальної ефективності виробничих процесів, а також зробить вагомий внесок у покращення екологічної безпеки завдяки зниженню впливу на навколишнє середовище.

Зауваження щодо змісту та оформлення дисертаційної роботи та реферату. У ході аналізу змісту та структури дисертації й реферату виявлено певні зауваження як змістовного, так і редакційного характеру, зокрема такі:

1. Стосується назви «Теоретичні основи процесу формування гранул у неоднорідному середовищі». Наукові засади формування гранул у неоднорідному середовищі достатньо широко висвітлені у літературних джерелах [383], наведених у дисертації, на які, у різноманітних постановках, автор посилається. На наукових засадах обґрунтовано значний вибір конструкцій та апаратів для формування гранул у неоднорідному середовищі, що підтверджено автором у першому розділі дисертації (стор. 40-96).

2. Основу теоретичних досліджень, на яких автор будує «...теоретичні основи процесу формування гранул у неоднорідному середовищі...» створюють математичні моделі. Математичні моделі – інструмент досліду процесів з метою визначення ієрархії факторів впливу. Моделі та аналітичні висновки і їх аналіз не можуть бути «...теоретичними основами...», а тільки «...аналітичними дослідженнями...», що підтверджує автор (стор. 146, п.9 висновків). Висновки, одержані автором з математичних моделей, «...залежність факелу розпилу від швидкості обертання...», «...швидкість обертання призводить до збільшення факелу розпилу...», «...пористість гранул впливає на механізм теплопровідності...» - мають характер констатації загальноприйнятих положень потрійної аналогії гідро газодинаміки та тепло-масопереносу.

3. В науковому плані, доцільно розглянути умови формування процесів на поверхні розділу фаз, системи «газ - тверде тіло», з метою впливу на режимно-технологічні фактори інтенсифікації процесу грануляції та покращення параметрів процесу в цілому. Загальна констатація наведених у дисертації висновків з математичних моделей, в різних постановках, не можуть бути «елементами наукової новизни».

4. У п'ятому розділі автор наводить модель теплообміну в системі «газ –

тверда фаза» на основі рівняння Фур'є. Модель наведена без врахування умов застосування рівняння Фур'є. Рівняння Фур'є застосовується у випадках, коли відсутні зміни маси, маса є сталою величиною. У випадках коли «...збільшення маси на поверхні сферичної гранули ретури відбувається за рахунок утворення плівки, яка згодом кристалізується, чи гранулюється, а також змінюється за рахунок приєднання частини ретури до поверхні гранул...» (стор. 33), маса змінюється, тому таке застосування рівняння Фур'є не є коректним. Загальна ідея методу Фур'є – це вирішення допоміжних задач для зменшення числа змінних в диференціальних рівняннях. Доцільно було б, в даному випадку, розглянути теплообмін на границі розділу фаз з застосуванням термодинамічних потенціалів фаз в термодинамічній системі «газ-тверде тіло» і енергії Гіббса, так як відбувається кристалізація рідини на поверхні розділу фаз.

5. У розділі 6 (табл. 6.4, стор. 234) автор не наводить пояснень де і в яких умовах, на якому підприємства одержані показники ексергетичного балансу багатоступеневого полочного гранулятора з високими показниками к.к.д. 96% у порівнянні з іншими балансами грануляції в різних апаратах на рівні 71% (стор. 232), 32% (стор. 233), 64% (стор. 231). На цих показниках автор ставить акцент щодо переваги полочного багатоступеневого гранулятора і закладає це рішення у конструкцію пілотної установки, з метою покращення процесів грануляції.

6. Взагалі матеріал відображений в дисертації носить характер рекомендацій, що підтверджено актами впровадження. В роботі автор не наводить конструкції апаратів виробництва гранул, який відповідав би апаратурно-конструктивному оформленню до режимно-технологічних параметрів, одержаних автором в роботі. Це підтверджується відсутністю в дисертаційній роботі патентів та авторських свідоцтв, що значно знижує науково-технічну новизну представленої роботи.

7. В цілому, представлена дисертаційна робота містить всі компоненти які відповідають кваліфікаційній роботі щодо здобуття ступеня доктора технічних наук і може бути представлена до захисту.

Загальний висновок. Дисертаційна робота здобувача Остроги Руслана Олексійовича відповідає рівню вимог до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук відповідно до п.п. 7, 8, 9 пп. «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 р. Практичне застосування результатів дослідження дозволить покращити процеси гранулювання, підвищити ефективність роботи обладнання та зменшити енергетичні витрати. З вищевикладеного можна зробити висновок що дисертаційна робота Остроги Руслана Олексійовича може бути представлена до захисту в спеціалізованій раді з метою присудження йому наукового ступеня

доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри енергетики
Українського державного
університету науки і технологій



Валерій НІКОЛЬСЬКИЙ

*Усенний секретар,
к. фіз.-мат. н., доц.*



Ірина Радивис