

## **ВІДГУК**

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Яблонського Петра Миколайовича

«Інтегроване комплексне геометричне моделювання ґрунтообробних знарядь»,

що подана до спеціалізованої вченої ради Д 26.056.06

у Київському національному університеті будівництва і архітектури

на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

зі спеціальності 05.01.01 – «Прикладна геометрія, інженерна графіка»

Аналіз дисертаційної роботи, реферату та опублікованих за темою виконаного дослідження праць здобувача дозволяє зробити наступні висновки.

### **Актуальність теми дослідження.**

Розробляння сучасної техніки характеризується інтенсивним використанням CAD/CAM/CAE/PLM систем. Це обумовлено нагальними потребами покращення промислової продукції, а також зменшення витрат під час усього її життєвого циклу. Геометричне моделювання є базовою складовою окреслених процесів. Тому актуальною постає проблема подальшого вдосконалення засобів автоматизованого формоутворення. В нинішніх складних умовах сільське господарство відіграє одну з провідних ролей в економіці нашої держави. Зазначене обумовлює важливість проведення відповідних наукових досліджень, чому й присвячено дану дисертаційну роботу.

У рамках обраної теми розроблено спеціальну теорію інтегрованого комплексного геометричного моделювання складних технічних об'єктів і процесів, яку проілюстровано на прикладі ґрунтообробних знарядь. Дані наукові розвідки узагальнюють здобутки школи прикладної геометрії КПІ ім. Ігоря Сікорського, які стосуються напрямків структурно-параметричного формоутворення технічних об'єктів, розробляння сільськогосподарських машин та розвідок у галузі багатовимірної геометрії. Отримані здобутки послуговували подальшому розвитку теоретичного ядра методології прикладної геометрії.

Розроблені способи, прийоми та геометричні моделі для автоматизованого проектування впроваджено в практику та освітній процес, що додатково підтверджує актуальність проведених досліджень.

**Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, їх достовірність.**

Запропоновані наукові положення, напрацьований математичний апарат, створені геометричні моделі достатньою мірою висвітлено в наукових фахових

виданнях України та у публікаціях, проіндексованих у наукометричних базах даних Scopus та Web of Science Core Collection, обговорено на конференціях. Для обґрунтування отриманих результатів застосовано методи диференціальної та обчислювальної геометрії, математичного аналізу, апроксимації та інтерполяції, теорії множин і графів, автоматизованого проектування, виготовлення та експлуатації ґрунтообробних знарядь, структурно-параметричної оптимізації, програмування. Коректність отриманих результатів перевірено проведенням належних комп'ютерних експериментів та впровадженням у практику.

Таким чином, наведені в дисертації наукові положення, висновки і рекомендації є достовірними.

### **Наукова новизна результатів дослідження.**

#### ***Вперше:***

– розроблено спеціальну теорію, методологію та інструментарій інтегрованого комплексного геометричного моделювання для якісно нового дослідження багатопараметричних складних технічних об'єктів і процесів на прикладі ґрунтообробних знарядь;

– розроблено нові способи комп'ютерного інтегрованого комплексного геометричного моделювання (спосіб інтегрованих класифікацій для автоматизованого формоутворення груп технічних об'єктів; спосіб узагальненого контуру; спосіб зменшення області проектних розв'язків);

– розроблено на основі напрацьованих способів нові інтегровані комплексні геометричні моделі полицевих, дискових і чизельних сільськогосподарських знарядь;

– розроблено узагальнену геометричну модель робочих поверхонь широкої номенклатури полицевих і чизельних знарядь з метою здійснення комплексної оптимізації;

– визначено залежності змінювання кутів розпушення, обертання та зсуву ґрунту полицевих робочих поверхонь, що особливо важливо для забезпечення високих агротехнічних показників сільськогосподарських знарядь;

– обґрунтовано можливість використання методології інтегрованого комплексного геометричного моделювання в інших, крім сільського господарства, сферах життєдіяльності.

#### ***Вдосконалено:***

– базові положення структурно-параметричного формоутворення методологією інтегрованого комплексного геометричного моделювання.

### **Отримали подальший розвиток:**

– теоретичне ядро прикладної геометрії в частині розроблення спеціальної теорії інтегрованого комплексного геометричного моделювання для якісно нового дослідження багатопараметричних складних технічних об'єктів і процесів;

– теорія автоматизованого проектування технічних об'єктів у вигляді запропонованих інтегрованих комплексних геометричних моделей на прикладі ґрунтообробних знарядь.

### **Структура та зміст дисертаційної роботи.**

Дисертація складається з анотацій, вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

У **вступі** подано загальну характеристику дисертаційної роботи, обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету та завдання, визначено наукову новизну отриманих результатів, наведено дані про їхню апробацію, виконані впровадження.

**Перший розділ** присвячено аналізу наявних літературних джерел з обраної тематики та їхній систематизації за такими важливими напрямками, як: геометричне моделювання технічних об'єктів, процесів їхнього виготовлення та експлуатації; комп'ютерне автоматизоване формоутворення; проектування сільськогосподарської техніки, підвищення її якості; моделювання технологічних процесів обробітку ґрунту та ін.

Показано, що окреслені напрямки потребують не тільки свого комплексного дослідження, а й інтегрованого опрацювання. Було встановлено, що в основі зазначених процесів лежать геометричні параметри і характеристики вказаних ґрунтообробних знарядь. На основі цього визначено мету даного наукового дослідження, яка полягає в потребі розширення теоретичних засад прикладної геометрії шляхом розроблення спеціальної теорії інтегрованого комплексного геометричного моделювання складних технічних об'єктів. Важливим є забезпечення належної адаптації створюваних комп'ютерних геометричних моделей ґрунтообробних знарядь до різноманітних вимог сільськогосподарських наук. Для цього визначено завдання: розробити спосіб інтегрованих класифікацій для ефективного автоматизованого формоутворення груп технічних об'єктів; спосіб узагальненого контуру та спосіб зменшення області проєктних розв'язків, які дозволять визначати раціональні величин параметрів і характеристик опрацьовуваних технічних об'єктів та процесів; розробити узагальнену геометричну модель робочих

поверхонь широкої номенклатури полицевих і чизельних знарядь з метою здійснення їхньої комплексної оптимізації; провести аналіз змінювання кутів розпушення, обертання та зсуву ґрунту різноманітних полицевих робочих поверхонь, що особливо важливо для забезпечення високих агротехнічних показників сільськогосподарських знарядь.

**Другий розділ** присвячено теоретичним засадам запропонованої спеціальної теорії та інструментарію інтегрованого комплексного геометричного моделювання складних технічних об'єктів і процесів на прикладі ґрунтообробних знарядь. На підставі цього розроблено три способи для належного автоматизованого геометричного моделювання, які взаємно доповнюють один одного. Також це послугувало підставою для створення узагальненої моделі робочих поверхонь полицевих і чизельних знарядь, призначеної для продуктивного застосування комп'ютерних засобів завдяки гнучкому математичному апарату на основі інтеграції раціональних параметричних кривих і поверхонь Кунса. Це забезпечило уніфікований підхід до формоутворення широкої номенклатури ґрунтообробної техніки. В рамках запропонованого на засадах структурно-параметричного підходу способу узагальненого контуру виконано узагальнення кривих Безье шляхом застосування ступеневої параметризації. Було аналітично показано отримання ряду корисних властивостей вказаних ліній.

У **третьому розділі** виконаного дослідження висвітлено практичну реалізацію напрацьованих теоретичних положень, методології та інструментарію на прикладі геометричного моделювання робочих органів полицевих і чизельних сільськогосподарських знарядь.

Виконано аналітичний аналіз характеру змінювання важливих для агротехнічних та економіко-екологічних показників сільськогосподарських знарядь характеристик, зокрема, кутів розпушення, обертання та зсуву ґрунту вздовж робочих поверхонь. Створено узагальнений підхід до опрацювання відповідних розрахункових даних. Подано відповідну методичку, пристосовану для реалізації в середовищі сучасних комп'ютерних інформаційних технологій, орієнтовану на інтегроване комплексне використання іншими дисциплінами, наприклад ґрунтообробною механікою.

Розроблено конструкційні структурно-параметричні варіантні геометричні моделі полицевих і чизельних сільськогосподарських знарядь. Показано, що обрані перспективні різновиди теоретичних поверхонь робочих органів ґрунтообробних знарядь слугують основою для проведення додаткових

розрахунків, комп'ютерних і натурних експериментів. У результаті створюються належні конструкційні комп'ютерні твердотільні моделі. З метою обрання серед них остаточних найкращих варіантів застосовано метод експертних оцінок техніко-економічних та інших показників опрацьовуваних об'єктів, та структурно-параметричну оптимізацію на графах.

**Четвертий розділ** присвячено ґрунтообробним дискам, на прикладі яких висвітлено деякі додаткові, ще не розглянуті питання інтегрованого комплексного геометричного моделювання технічних об'єктів. Наведені матеріали належним чином доповнюють подані в попередніх розділах дисертації відомості. Напрацьовано методику раціонального вибору типу ґрунтообробних знарядь, що ґрунтується на застосуванні запропонованих комп'ютерних графоаналітичних моделей, проілюстровано її застосування на прикладі ротаційних органів. Виконано структурно-параметричну класифікацію ґрунтообробних дисків, що дозволило забезпечити розроблення геометричних моделей для продуктивних автоматизованих побудов великих груп технічних об'єктів. Виконано геометричне моделювання деяких технологічних процесів формоутворення сільськогосподарських дисків, показано важливість урахування розглянутих та інших факторів для забезпечення цілісного інтегрованого комплексного підходу до автоматизованого проєктування промислової продукції.

Таким чином, у цьому розділі дисертації на прикладі ґрунтообробних дисків подано додаткові компоненти методології інтегрованого комплексного геометричного моделювання технічних об'єктів, які належно доповнюють проаналізовані матеріали щодо полицевих і чизельних робочих органів.

У **п'ятому розділі** наведено математичні описи процесів обробітку ґрунту із застосуванням знарядь, проаналізованих у попередніх розділах дисертації. Опрацьовано як загальні питання, наприклад моделювання траєкторій руху сільськогосподарських агрегатів, так і технологій із використанням конкретних полицевих, дискових та чизельних робочих органів. Розроблено методику інтегрованого комплексного геометричного комп'ютерного моделювання лемішно-полицевих плугів. Її особливість полягає в поєднанні таких стадій проєктування, як варіантний розрахунок теоретичних поверхонь полиць, визначення та оптимізація їхньої конструкції, компонування плугів у вигляді відповідних складаних одиниць. Створено нову узагальнену математичну модель побудови профілю борозни, яка формується дисковими робочими органами в залежності від їхніх конструкційних та експлуатаційних

параметрів. Розроблено методику інтегрованого комплексного геометричного комп'ютерного моделювання дискаторів та лапових культиваторів суцільного обробітку ґрунту. Акцентовано спільність запропонованого підходу до автоматизованого проектування цих досить різних, з позицій обробітку ґрунту, знарядь. Розроблено методику математичного опрацювання числової експериментально-теоретичної інформації шляхом застосування запропонованого способу зменшення області проектних розв'язків.

Отже, у п'ятому розділі дисертації опрацьовано питання математичного та комп'ютерного моделювання процесів обробітку ґрунту, що логічно завершує попередньо викладені матеріали досліджень.

У **шостому розділі** підсумовано отримані результати, висвітлено напрямки вдосконалення запропонованої методології інтегрованого комплексного геометричного моделювання технічних об'єктів, розширення сфери її практичного застосування. Подані матеріали можуть слугувати базою для виконання подальших наукових досліджень з відповідної тематики. Зокрема, це стосується більш докладного аналізу кривих Безьє зі степеневою параметризацією, розвитку способу узагальненого контуру до методу узагальнених оболонки, поширення даного підходу на оптимальне компонування сільськогосподарських машино-тракторних агрегатів, опрацювання таких технологічних процесів, як сівба, збирання врожаю тощо.

**Загальні висновки** повністю відображують отримані в дисертаційній роботі результати, які є обґрунтованими та підтверджують вагомий внесок здобувача в розвиток прикладної геометрії та інженерної графіки.

У **додатках** подано тестові приклади та практичну реалізацію запропонованого підходу інтегрованого комплексного геометричного моделювання технічних об'єктів та документальне підтвердження виконаних впроваджень.

**Практичне значення роботи** полягає в побудові геометричних моделей ґрунтообробних знарядь, які орієнтовані на ефективне застосування сучасних комп'ютерних інформаційних технологій, забезпечення продуктивного варіантного автоматизованого проектування широкої номенклатури промислової продукції. При цьому реалізується інтегрований комплексний підхід, який реалізує багатоаспектну оптимізацію. Отримані у дисертаційному дослідженні наукові результати впроваджено у практику, зокрема: в Іванівській дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових

буряків Національної академії аграрних наук України; у фермерському господарстві «Павільйон флори» Миргородського району Полтавської області; у навчальний процес КПІ ім Ігоря Сікорського; у Науково-виробничому підприємстві «Техногаз» м. Полтави; у ТОВ «Інноваційні інженерні рішення» м. Києва. Це підтверджує практичну цінність даної дисертаційної роботи.

#### **Повнота викладу основних наукових результатів в опублікованих працях.**

За темою дисертації опубліковано 64 роботи, зокрема: 2 – монографії; 4 – у виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus/ WoS; 24 – у наукових фахових виданнях України; 2 – у наукових періодичних виданнях інших держав; 5 – патентів на корисну модель; 25 – у матеріалах конференцій; 2 – додаткові публікації. У зазначених працях належним чином відображено основні наукові результати дисертаційної роботи, які пройшли необхідну апробацію.

#### **Відповідність дисертації спеціальності, за якою вона подана до захисту.**

Дисертація за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.01.01 – «Прикладна геометрія, інженерна графіка», за якою спеціалізованій ученій раді Д 26.056.06 у Київському національному технічному університеті будівництва і архітектури надано право проводити захист дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

#### **Мова та стиль дисертації.**

Дисертація написана державною мовою. Матеріали роботи викладено логічно, аргументовано та належним чином ілюстровано. Необхідні відомості подано в доступно, чітко сформульовано, без зайвих стилістичних перевантажень. Використана термінологія є загальноприйнятою.

#### **Відповідність академічній доброчесності.**

Аналіз звіту подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові збіги, дозволяє зробити висновок, що дисертаційна робота Яблонського Петра Миколайовича не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень і є результатом самостійних досліджень автора. Використані в дисертації ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

#### **Ідентичність змісту реферату й основних положень дисертації.**

Реферат дисертації за своїм змістом з належною повнотою відповідає викладеним у дисертаційній роботі результатам та ідентично відображає загальну характеристику, основний зміст та висновки роботи.

## **Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційної роботи:**

1. Перший розділ дисертації, який присвячено сучасному стану геометричного моделювання ґрунтообробних знарядь, виконано доволі якісно. Це стосується виконаної систематизації опрацьовуваних літературних джерел за певними тематичними напрямками, зокрема, щодо створення сільськогосподарської техніки, комп'ютерних засобів автоматизованого формоутворення, моделювання технологічних процесів обробітку ґрунту, напрямків розвитку систем землеробства і т. д. Розглянуто способи формоутворення полицевих знарядь, однак, відповідним питанням щодо геометричного моделювання дискових та чизельних знарядь приділено недостатньо уваги. Зазначений недолік дещо обмежує сформоване належне цілісне уявлення про сучасний стан геометричного моделювання ґрунтообробних знарядь.

2. У пп. 2.2.1.2 виконано докладну структурно-параметричну класифікацію ґрунтообробних знарядь на засадах теорії множин, яка пристосована для ефективною комп'ютерної реалізації. При цьому для забезпечення наочності наведено зображення, які ілюструють певні типи сільськогосподарських знарядь. Проте, для цілісного уявлення бажано було б в додатках, через обмежений обсяг основного тексту дисертації, навести більш повну відповідну графічну інформацію. Останнє дозволило б отримати краще уявлення про опрацьовану номенклатуру ґрунтообробних знарядь.

3. Пункт 2.2.3.2 присвячено запропонованим автором кривим Безьє зі степеневою параметризацією. Зазначені криві є доволі перспективними, оскільки не лише зберігають корисні властивості кривих Безьє з лінійною параметризацією, а й мають ряд додаткових, що вдосконалює засоби проєктування технічних об'єктів. Цікаво було б проаналізувати криві Безьє зі степеневою параметризацією в раціональній формі, яка б забезпечила ще більш широкий спектр можливостей.

4. Запропонований автором метод узагальненого контуру бажано було б розвинути до методу узагальнених оболонки.

5. У рефераті дисертаційної роботи доречно дещо скоротити, щоб відобразити, зокрема, напрацьовану методикау визначення раціональних конструктивних, виробничих та експлуатаційних параметрів і характеристик ґрунтообробних знарядь, проілюстровану на прикладі полиць плугів.

Однак, наведені вище зауваження ніяким чином не знижують загального високого рівня дисертаційної роботи Яблонського Петра Миколайовича.



**Загальний висновок:** аналіз дисертації, реферату та опублікованих праць свідчить про те, що дисертаційна робота Яблонського Петра Миколайовича на тему «Інтегроване комплексне геометричне моделювання ґрунтообробних знарядь» є завершеною науковою працею, що має наукову новизну, теоретичне та практичне значення, які в сукупності розв'язують актуальну науково-прикладну проблему розширення теоретичного ядра прикладної геометрії шляхом розроблення спеціальної теорії інтегрованого комплексного геометричного моделювання для якісно нового дослідження багатопараметричних складних технічних об'єктів і процесів на прикладі ґрунтообробних знарядь.

За актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною, змістом та оформленням, дисертаційна робота повністю відповідає вимогам пп. 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17.11.2021 № 1197 та паспорту спеціальності 05.01.01 – «Прикладна геометрія, інженерна графіка», а її автор Яблонський Петро Миколайович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.01.01 – «Прикладна геометрія, інженерна графіка».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри нарисної геометрії,  
комп'ютерної графіки та дизайну  
Національного університету біоресурсів  
і природокористування України



Сергій ПИЛИПАКА

