

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри теоретичної та будівельної механіки Харківського національного університету будівництва та архітектури Гриньова Володимира Борисовича на дисертацію Скріпченко Наталії Борисівни «КОНТАКТНА ВЗАЄМОДІЯ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОБУДІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ ЛОКАЛЬНОЇ ПОДАТЛИВОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Актуальність теми дисертації. Більшість робочих рухів у машинах передається між їхніми елементами за допомогою взаємного руху уздовж контактуючих поверхонь. Ці поверхні мають у багатьох випадках складну форму, тому розрахунок розподілу контактного тиску між цими тілами потребує застосування більш складних методів та моделей, ніж широко розповсюджені традиційні, які базуються на різноманітних модифікаціях теорії Герца. Проте навіть якщо їхня форма має простий вигляд, мікроструктура поверхневих шарів вносить певну корекцію у відомі співвідношення для обчислення розподілу контактного тиску. Таким чином, ці два чинники (складна геометрична форма та локальна податливість поверхневого шару деталей машин), взяті кожен окремо, значно ускладнюють дослідження контактної взаємодії шорстких складнопрофільних тіл. У роботі ж Скріпченко Н.Б. ці чинники враховуються у сукупності, що, по-перше, набагато ускладнює розв'язання задач, що виникають, а, по-друге, робить модель, що створюється, більш адекватною реальним процесам та станам.

Отже, дисертація Скріпченко Н.Б. саме і присвячена поглибленому дослідженню конструкційної міцності складнопрофільних елементів машин у процесі їхньої контактної взаємодії та має перспективу широкого застосування. З огляду на це, ще раз можна наголосити, що вибрана тема досліджень та отримані здобувачем результати є актуальними і сприятимуть розвитку методів дослідження задач механіки контактної взаємодії та конструкційної міцності машин.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна роботи визначається, з одного боку, розробленням більш досконалих моделей напружено-деформованого стану шорстких складнопрофільних тіл з урахуванням контактної взаємодії. З іншого боку, установлені нові закономірності впливу форми контактних поверхонь та податливості, яка зумовлена шорсткістю, на розподіл контактних зон та контактного тиску. Крім того, визначено вплив скінченних розмірів контактуючих тіл на величину та розподіл контактного тиску між ними. Як елемент новизни також слід відзначити удосконалений метод експериментального визначення розподілу контактного тиску у розширеному діапазоні його величини за рахунок одночасного використання декількох чутливих до тиску плівок.

Підсумовуючи, можна відзначити, що при розв'язанні поставленої в роботі задачі здобувач досягла нових наукових результатів за допомогою нових моделей та методів, нею розроблених. За критерієм наукової новизни, таким чином, робота відповідає самим строгим критеріям.

Практичне значення отриманих результатів. Робота має незаперечне практичне значення. Це зумовлене кількома обставинами. Так, розроблена математична модель реалізована у програмному коді, який може бути застосований для аналізу напружено-деформованого стану широкої множини шорстких складнопрофільних тіл з метою забезпечення конструкційної міцності відповідальних деталей машин. Разом з цим, ця потенційна практична цінність уже реалізована при дослідженні контактної взаємодії елементів низки конструкцій: гідропередач танкових трансмісій, модифікованих зубчастих передач, роликотіпшипників тощо. Ці дослідження проведені як у рамках бюджетних тем, так і господарчих договорів з різними підприємствами. На основі рекомендацій, які розроблені із застосуванням результатів досліджень, забезпечено конструкційну міцність досліджених елементів машин. Відповідно, отримано акти впровадження, які підтверджують значення дисертації для науково-дослідних робіт не тільки в теоретичному плані, але й у практичному для вітчизняних машинобудівних підприємств.

Ступінь обґрунтованості наукових положень та достовірність результатів. Наукові положення, висновки за результатами проведеного дослідження та рекомендації щодо застосування і практичного використання достатньо обґрунтовані, їхня достовірність підтверджена з прийнятною точністю

у ході проведення багатьох експериментів, а також широкою апробацією в опублікованих наукових працях і доповідях на конференціях різних рівнів із позитивною реакцією наукової спільноти.

Обсяг та структура дисертації. Структурно дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг дисертації становить 178 сторінок, з них 140 сторінок – основний обсяг, в тому числі 96 рисунків по тексту та 8 рисунків на 5 окремих сторінках; 3 таблиці в тексті; список використаних джерел з 168 найменувань на 19 сторінках, 4 додатки на 9 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, її зв'язок із планами науково-дослідницької роботи НТУ «ХП», сформульовано мету та задачі дисертаційних досліджень, описано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, а також наведено інформацію про апробацію результатів теоретичних і експериментальних досліджень та публікації, що містять основні положення роботи.

У першому розділі на основі ретельно проведеного аналізу сучасного стану досліджень механіки контактної взаємодії визначено, що існуючі методики розрахунку контактних напружень мають значні недоліки. Зокрема, вони не дають можливості коректно та точно визначати напружено-деформований стан складнопрофільних шорстких тіл. Існуючі аналітичні залежності, з одного боку, а також метод скінченних елементів з іншого, визначені як крайні з точки зору поєднання точності та оперативності розрахунку контактного тиску. Відповідно, запропоновано звернути увагу на альтернативний метод граничних інтегральних рівнянь, який поєднує переваги та позбавлений недоліків перелічених методів. У зв'язку із цим даний метод із дискретизацією за методом граничних елементів був обраний як базовий для розв'язання задач досліджень, які окреслені у кінці розділу 1.

Другий розділ містить опис загальних підходів до розв'язання поставлених задач досліджень. Здобувач послідовно розглянула локальну постановку задачі визначення напружено-деформованого стану складнопрофільних шорстких тіл з урахуванням контактної взаємодії, її варіаційне формулювання, а також постановку на основі граничних інтегральних рівнянь. Якраз на основі останньої далі розгорнуто побудову математичної моделі аналізу контактної взаємодії складнопрофільних шорстких тіл. При

цьому незаперечним досягненням слід вважати розроблену модель, яка сумісно враховує «локальну» та «глобальну» податливість взаємодіючих тіл у розв'язувальних співвідношеннях. На цій основі проведено дискретизацію та зведення розв'язальних співвідношень до системи рівнянь та нерівностей відносно вузлових значень контактної тиску у вузлах трикутної сітки, нанесеної на поверхню контактуючих тіл.

У третьому розділі проведено опис числової реалізації розробленої математичної моделі контактної взаємодії складнопрофільних шорстких тіл. Описано структуру програмного коду, а також проілюстровано його працездатність та точність на прикладі порівняння із аналітичними розв'язками задач Герца та Штаєрмана, а також із числовими розв'язками методом скінченних елементів.

У четвертому розділі із застосуванням розроблених інструментів досліджень розв'язано низку прикладних задач контактної взаємодії складнопрофільних шорстких тіл. Зокрема, привертають увагу важливі результати щодо контактної взаємодії кульового поршня з біговою доріжкою гідрооб'ємної передачі. Розподіли контактної тиску, що визначені в ході розрахунків, принципово відмінні від традиційних розподілів із єдиним максимумом у середній частині плями контакту. Не зовсім очевидні й очікувані результати одержані при дослідженні контактної взаємодії елементів зубчастих передач, роликотідшипників, пуансонів зі скругленими кінцями тощо.

Важливою відмітною особливістю є намагання здобувача розв'язувати не одиничний варіант задачі, а цілий їхній набір. Це створює можливості для установлення узагальнених закономірностей зміни розподілів контактної тиску при варіюванні форми розподілу початкового зазору та податливості шорсткого шару. Отже, цим самим виявляються глибинні взаємозв'язки геометричних, силових, технологічних та міцнісних чинників та параметрів.

Одержані та описані у розділі 4 результати були передані у виробництво для формування рекомендацій щодо обґрунтування проектно-технологічних рішень за критерієм забезпечення конструкційної міцності складнопрофільних шорстких тіл у складі машинобудівних конструкцій.

У п'ятому розділі міститься опис експериментальних досліджень контактної взаємодії складнопрофільних шорстких тіл із застосуванням чутливих до тиску плівок. Здобувач запропонував встановлювати між

контактуючими тілами не одну, а декілька плівок одночасно, тим самим значно розширюючи діапазон контактного тиску, який цим пакетом плівок фіксується, порівняно із традиційними методиками із застосуванням одиночних плівок. За результатами досліджень на спеціально обладнаному стенді переконливо підтверджено повну якісну та задовільну кількісну відповідність отриманих чисельно, з одного боку, та експериментально, – з іншого, результатів.

Увагу привертає також широке впровадження результатів дисертаційних досліджень у виробництво.

Загальні висновки і рекомендації, які містяться в дисертації, відображають результати проведеного дослідження, є конкретними і корисними для теоретичних досліджень, практичних розрахунків і проектування складнопрофільних шорстких тіл за критерієм забезпечення конструкційної міцності.

Ступінь апробації результатів дисертаційного дослідження можна вважати достатньо повним. Автором опубліковано 32 наукових праці, де висвітлено всі теоретичні аспекти, зроблено багато доповідей на науково-технічних конференціях різних рівнів з публікацією відповідних тез і матеріалів. Багато публікацій за кордоном (7 публікацій у закордонних фахових виданнях), є публікація іноземною мовою.

В цілому, оцінюючи дисертаційну роботу Скрипченко Н.Б., вважаю, що вона має цілісний і завершений характер, розв'язує важливу науково-прикладну задачу, пов'язану із механікою контактної взаємодії складнопрофільних шорстких тіл. Є також підстави вважати (і це підтверджує аналіз текстів публікацій), що дисертація виконана здобувачем самостійно і на високому науковому рівні.

Стиль викладу матеріалу – чіткий, логічний, легкий для сприйняття. Рукопис містить достатньо ілюстрацій. Терміни, що використані, за деякими випадками, є загальноприйнятними у механіці та машинобудуванні.

Автореферат дисертації достатньо повно відображає основні положення виконаної роботи і дає достатню уяву про ступінь новизни та практичне значення отриманих результатів.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. Перший розділ можна було б розширити за рахунок огляду методів пошуку мінімізації квадратичного функціонала на випуклій множині, адже один

із варіантів розв'язання задачі аналізу контактної взаємодії складнопрофільних шорстких тіл – зведення її за принципом Калькера до такого типу задач.

2. У дисертації не міститься строгого доведення єдиності та існування розв'язку розв'язувальної системи співвідношень. Разом із тим, як видно із практики розв'язання низки прикладних задач, отримані розв'язки існують і вони єдині.

3. Здобувач у роботі прагне до узагальнення залежностей розподілів контактного тиску від варійованих параметрів. Для цього вводяться різні безрозмірні параметри. Так, введено параметр, який описує співвідношення «локальної» та «глобальної» податливості в точках поверхонь контактуючих тіл. Разом із тим в цьому параметрі присутня величина кроку сітки дискретизації, хоча із фізичних міркувань це не зовсім коректно.

4. У роботі варто було б навести більше результатів, що безпосередньо стосуються питань забезпечення конструкційної міцності деталей машин, зокрема, щодо аналізу напружено-деформованого стану. Проте таких результатів у роботі порівняно мало, а основна увага зосереджена на дослідженні розподілу контактного тиску.

5. У роботі мало інформації щодо опису скінченно-елементних та гранично-елементних моделей досліджуваних тіл, що не дає повного уявлення про параметри числових розв'язків та їхню деталізацію.

Зазначені зауваження не мають вирішального значення і не зменшують наукового рівня виконаного дослідження та практичної цінності результатів роботи. Вони мають здебільшого рекомендаційний характер і спрямовані на доповнення змісту дисертації та її поліпшення. Крім того, ці аспекти можуть стати підґрунтям для дискусійного обговорення на засіданні спеціалізованої вченої ради.

Загальний висновок. Дисертація Скріпченко Н.Б. є завершеною науковою дослідницькою роботою, у якій розв'язана важлива науково-прикладна задача зі створення методів дослідження контактної взаємодії шорстких складнопрофільних тіл.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Дисертаційна робота «Контактна взаємодія складнопрофільних деталей машинобудівних конструкцій з урахуванням локальної податливості

поверхневого шару» виконана на належному науковому рівні, відповідає сучасним вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій, та п.п. 9, 11, 12 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника" щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Скрипченко Наталія Борисівна продемонструвала високу кваліфікацію дослідника, володіння широким спектром інструментарія ученого та глибокі професійні знання, що дає підстави для висновку про те, що вона заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Офіційний опонент, доктор технічних наук,
професор, завідувач кафедри
теоретичної та будівельної механіки
Харківського національного університету
будівництва та архітектури



В.Б. Гриньов

Підпис професора Гриньова В.Б. засвідчую

Учений секретар Харківського національного
університету будівництва та архітектури
кандидат економічних наук, доц.



Т.О. Тохтамиш