

Голові разової спеціалізованої вченої ради
в Національному університеті
«Одеська політехніка»
Усову Анатолію Васильовичу,
доктора технічних наук,
доцента кафедри цифрових технологій в
інжинірингу
Інституту цифрових технологій,
дизайну та транспорту
Баланюк Г.В.

Рецензія

офіційного рецензента,

доктора технічних наук, доцента кафедри «Цифрових технологій в інжинірингу» інституту цифрових технологій, дизайну та транспорту Баланюк Ганни Василівни на дисертаційну роботу здобувача Вовка Павла Євгенійовича «Характеристики граничного пружного і пружно-пластичного станів піднімальних канатів», подану до захисту в разову спеціалізовану вчену раду Національного університету «Одеська політехніка» Міністерства освіти і науки України на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

Актуальність теми дисертації

Сталевий канат є стандартною масовою деталлю і належить до найбільш відповідальних деталей вантажопідіймальних, транспортувальних машин та інженерних споруд. Для експлуатаційників розрахунок на міцність таких деталей має бути максимально простим. Реально так і відбувається: згідно з регламентованими методиками розрахунок зводиться до вибору каната з каталогу за відповідними характеристиками.

У різних країнах методики передбачають вибір каната із сортаменту за характеристиками «сумарне розривне зусилля всіх дротів каната» або «розривне зусилля каната в цілому». Проблема полягає в тому, що обидві характеристики не повною мірою відповідають схемам навантаження піднімальних канатів. За першою характеристикою канат розглядається як суцільний стрижень, що зовсім не пов'язано з його реальною конструкцією. Друга характеристика («розривне зусилля каната в цілому») дещо наближена до схеми чистого розтягання каната (розтягання прямого каната в напрямних). Проте, крім розтягання, піднімальний канат зазнає деформацій згинання і кручення.

Така неточність розрахункової схеми піднімальних канатів компенсується рівнем нормативних запасів міцності в інтервалі ($n = 4,5 \dots 9,0$), що набагато вище нормативних запасів міцності ($n = 1,5 \dots 2,5$) металоконструкцій і механізмів підйально-транспортних машин, де використовуються точні розрахункові схеми. Умовний характер нормативного запасу міцності перешкоджає раціональному вибору каната.

У дисертації на основі дослідження пружного і пружно-пластичного деформування розроблено метод визначення міцнісних характеристик канатів для основних схем навантаження. Враховано деформації кручення та згинання, конструктивні параметри канатів, властивості канатного дроту, вплив тертя, а також обриви дротів. Застосування таких характеристик у методиках розрахунку канатів на статичну міцність дозволить підвищити показник економічності їх використання.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

У роботі обґрунтовано фактори, які впливають на напружено-деформований стан, а отже, і на міцнісні характеристики. Одним із таких факторів є міжелементне тертя. Річ у тім, що в будівельній механіці каната побутує твердження: «...зважаючи на сумісність пружних зміщень шарів дротів, незважаючи на контактний тиск між ними, внутрішні сили тертя не реалізуються». У дисертаційній роботі показано, що такий висновок можна вважати правильним винятково у випадку деформації розтягання прямого каната. За умов деформації розтягання з крученням і поперечною деформацією обґрунтовано необхідність врахування міжелементного тертя. Це доведено теоретично і підтверджено експериментально.

У визначенні міцнісних характеристик ключовим є використання жорсткостей канатів, які визначаються за енергетичною теоремою. Визначається глобальна матриця жорсткості каната, яка складається з основних жорсткостей: розтягувальної, крутної, двох згинальних і 12-ти жорсткостей впливу. Це дозволило врахувати вплив обривів дротів на міцнісні характеристики канатів. На базі теоретичних розробок одержано три патенти. Основні аналітичні положення задовільно підтверджуються результатами експериментів.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Вперше на основі деформацій дротів у канаті та його жорсткостей перерізу розроблено метод визначення характеристик граничного пружного і граничного пружно-пластичного станів піднімальних канатів для 4-х схем навантаження.

2. Розроблений метод розрахунку зазначених вище міцнісних характеристик надав подальшого розвитку дослідженню залишкових технологічних напружень.

3. Вперше розроблено методику врахування впливу тертя дротів з обривами на зазначені міцнісні характеристики та жорсткості перерізу канатів.

4. Набуло подальшого розвитку дослідження залежності міцнісних характеристик канатів від співвідношення діаметра барабана до діаметра каната, а також дослідження оптимізації передзвивального натягування дротів і сталок за критерієм відсутності залишкових напружень після виготовлення каната.

У ході проведення цих досліджень одержано патенти на спосіб виготовлення кручених виробів подвійного звивання за режимів натягування, що відповідають критерію відсутності залишкових напружень після виготовлення.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи викладено у 9 публікаціях, з них:

– 3 статті у наукових фахових виданнях України з технічних наук за профілем спеціальності;

– 2 публікації у працях і матеріалах наукових конференцій, які проіндексовано в міжнародній наукометричній базі Scopus;

– 3 патенти на корисну модель.

Публікації охоплюють усі розділи дисертації та досить повно відображають зміст і результати досліджень і розробок, наведених у роботі. Аналіз публікацій та особистого внеску здобувача показує, що всі наукові положення та висновки, що містяться в дисертації та виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно в період з 2020 по 2023 рр. і узагальнені під час оформлення дисертації. Порушень академічної доброчесності в матеріалах дисертації та наукових публікаціях не виявлено.

Значення роботи для науки та практики

Результати наукових досліджень здобувача є практично значущими і полягають у створенні методу аналітичного визначення міцнісних характеристик канатів для 4-х схем навантаження. При цьому, окрім розтягання, враховано невіддільні деформації кручення та згинання, конструктивні особливості канатів, деформативні властивості канатного дроту, міжелементне тертя та обриви дротів. Використання таких характеристик у методиках розрахунку канатів на статичну міцність дозволить повніше використовувати їхній міцнісний ресурс.

Вирішено задачу тертя нитки гвинтової форми при розтяганні на циліндричній поверхні з прямою і гвинтовою твірними, яка доповнює відоме рішення задачі Ейлера щодо

тертя нитки при розтяганні на круговому циліндрі за її концентричної форми. Відмінність запропонованої задачі полягає в тому, що нитка розташовується на циліндричній поверхні не концентрично, а по гвинтовій лінії. Прикладне значення цієї задачі полягає, насамперед, у дослідженні напружено-деформованого стану елементів каната (дротів і сталок) за різних схем навантаження.

Остаточну оцінку практичної користі отриманих результатів можна буде зробити після впровадження пропонованих міцнісних характеристик у нормативні методики розрахунків канатів на статичну міцність. Таке впровадження є проблемою галузевого і державного рівнів. Головною складністю на цьому шляху стане перерахунок нормативних запасів міцності у бік зменшення за умови збереження належного рівня безпеки.

Впевненість у важливості практичного значення цієї роботи підкріплюється загальновідомим фактом: точність розрахункової схеми є одним із головних факторів проєктування досконалих та конкурентоздатних машин і споруд. Крім того, поряд зі стандартними методиками розрахунків канатів на міцність, у сучасній техніці існують установки, до канатів яких висуваються особливі вимоги щодо мінімальних діаметрів за високих рівнів навантаження та мінімально можливих параметрів згинання. За таких умов представлені розробки мають безпосереднє практичне застосування.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

Поряд із результатами власних досліджень, автор у дисертації використовує ідеї, результати і тексти інших науковців, на які наявні коректні посилання із зазначенням відповідних джерел. Фактів порушення академічної доброчесності в дисертації здобувача не виявлено.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

Існуючі регламентовані методики розрахунку піднімальних канатів на статичну міцність мають дві головні особливості. Перша (позитивна) — це простота у виконанні розрахунку, що зводиться до вибору каната з таблиць сортаменту за міцнісною характеристикою, яка відповідає лише зовнішнім параметрам: типу каната і границі міцності дроту. Друга (негативна) — міцнісні характеристики не повною мірою відповідають реальній схемі навантаження та внутрішнім конструктивним особливостям, що визначають ступінь крутості каната і деформативні характеристики дроту.

Експлуатаційна безпека за такої неточності розрахункової схеми компенсується умовно високими рівнями нормативних запасів міцності, що перешкоджає раціональному вибору каната. Використання пропонованих у дисертації В.П. Євгенійовича міцнісних характеристик дозволить усунути цю умовність та відкриє шлях до оптимізації призначення піднімальних канатів.

Разом із тим, щодо змісту роботи є наступні зауваження:

Головні зауваження щодо змісту дисертації

1. У першому розділі наведено критичні зауваження щодо неврахування міжелементного тертя в роботах професора М.Ф. Глушка. Здобувачу варто було б підкріпити ці твердження відповідними обчисленнями, які б наочно продемонстрували кількісну розбіжність результатів.

2. Ключовим для дослідження напружено-деформованого стану та міцнісних характеристик є розрахунок жорсткостей каната. Здобувач визначає їх на основі теореми, запропонованої професором Чаюном І.М. (друга частинна похідна від питомої потенційної енергії деформування каната за відповідною його деформацією). Однак у тексті дисертації відсутнє доведення цієї теореми або посилання на джерело, де таке доведення наведено.

3. У дисертації представлено розробки для чотирьох схем навантаження канатів. Дві з них безпосередньо стосуються піднімального каната. Проте викликає питання доцільність дослідження двох інших схем (розтягання прямого каната в напрямних та розтягання при вільному підвісі вантажу), оскільки в цих випадках канат не зазнає деформації згинання, яка є притаманною піднімальним канатам під час експлуатації.

4. У списку використаних джерел наявні посилання на наукові праці, видані на території РФ/СРСР (наприклад, Шнейдерович Р.М., 1968 р.). Відповідно до рекомендацій МОН України щодо використання джерел інформації держави-агресора, цитування таких матеріалів рекомендується обмежувати. Оскільки використані автором джерела є фундаментальними працями з технічних наук, виданими задовго до 2014 року, вони підпадають під припустимий виняток, проте здобувачу варто було б обґрунтувати безальтернативність їх використання або неможливість заміни на сучасні вітчизняні чи західні аналоги.

Наведені зауваження носять дискусійний характер та жодним чином не знижують високий науковий рівень роботи, а також її наукову і практичну цінність.

Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Вовка Павла Євгенійовича «Характеристики граничного пружного і пружно-пластичного станів підні-

мальних канатів» виконана на достатньому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням. Сукупність отриманих теоретичних та практичних результатів успішно розв’язує актуальне наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.п. 6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44.

Здобувач Вовк Павло Євгенійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

Офіційний рецензент:

Доктор технічних наук,
доцент кафедри цифрових технологій в інжинірингу
Інституту цифрових технологій,
дизайну та транспорту
Національного університету «Одеська політехніка»

Ганна БАЛАНЮК