

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА
Конопльова Анатолія Васильовича
доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри «Машинознавство й інженерна механіка»
Одеського Національного Морського Університету
на дисертаційну роботу Вовка Павла Євгенійовича на тему:
«Характеристики граничного пружного і пружно-пластичного станів піднімальних канатів», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»,
галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Актуальність теми дисертаційного дослідження

Тема дисертації присвячена удосконаленню методики розрахунку піднімальних канатів на статичну міцність і є важливою науково-технічною задчею. Досі в різних країнах методики канату на статичну міцність представляють собою максимально вибір кантату із сортаменту по двом характеристикам:

- сумарне розривне зусилля усіх дротів канату;
- розривне зусилля каната в цілому.

Дані характеристики лише віддалено наближені до розрахунку канту на статичну міцність при розтяганні канату в напрямних та не враховують деформації кручення та згину канату котрі виникають при інших схемах навантаження: розтяганні вільно підвішеним вантажем, розтяганні зі згином вантажем в напрямних і розтяганні зі згином вільно підвішеним вантажем. В даних методиках компенсація низької точності розрахунку компенсується використанням аномально великих значень коефіцієнтів нормативного запасу міцності, що призводить до неоптимального вибору кантів.

В дисертації розроблено метод розрахунку двох міцнісних характеристик канатів для 4-х схем навантаження. Запропонований метод враховує деформації розтягання, згину, кручення, міжелементне тертя, обриви дротів та деформативні властивості дроту, що дозволить значно підвищити точність розрахунку канатів на статичну міцність.

Аналіз змісту та форми дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Вовка П.Є. є завершеним, цілісним науковим дослідженням. Структура роботи є логічною та класичною: вона складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

Анотація дисертації коректно відображає її основні положення.

У Вступі автором чітко обґрунтовано актуальність, визначено мету, об'єкт, предмет та задачі дослідження. Чітко окреслено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Вступ демонструє глибоке розуміння автором проблематики та вміння формулювати наукові задачі.

Перший розділ присвячено ґрунтовному аналізу теперішнього стану теорії розрахунку підйомних канатів на стичну міцність, розглянуто два основні напрямки в будівельній механіці підйомного канату.

В другому розділі роботи розглядається вплив міжелементного тертя на напружено-деформований стан канату. На основі вирішення задачі Ейлера про тертя нитки по круговій поверхні вирішено дві задачі: тертя нитки по циліндричній поверхні з прямою твірною та тертя нитки по циліндричній спіральною твірною. Використовуючи дане рішення, автор врахував вплив тертя на співвідношення деформацій і переміщень дротів в канаті при розтяганні з крученням та побудував аналітичну модель оцінки впливу обірваних дротів.

Третій розділ присвячений визначенню першої з двох міцнісних характеристик – зусиллю граничного пружного стану. За граничний пружний прийнято такий стан канату (таке зусилля розтягання), за яким одна з дротин канату (або одночасно група дротин) досягають деформації розтягання, рівної деформації пропорційності за діаграмою розтягання дроту. Отримані аналітичні рішення для розрахунку зусилля граничного пружного стану отримані для 4-х основних схем навантаження канту та враховують вплив обірваних дротів та міжелементного тертя.

Четвертий розділ дисертаційної роботи присвячений визначенню другої міцнісної характеристики – зусиллю граничного пружно-пластичного стану канату. За своєю суттю ця характеристика відповідає несівній спроможності канату. Отримані аналітичні рішення для розрахунку зусилля граничного пружно-пластичного стану канату отримані для 4-х основних схем навантаження канту та враховують вплив обірваних дротів та міжелементного тертя.

П'ятий розділ присвячений оцінці точності триманих розрахункових методів визначення міцнісних характеристик з наявними експериментальними даними.

В цілому, дисертація справляє враження глибокого, систематичного дослідження. Логіка викладу послідовна, аргументація переконлива, а отримані результати достатньою мірою обґрунтовані теоретично та підтверджені експериментально.

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

Робота заснована на достатньому аналізі літературних джерел за обраною тематикою дослідження. В роботі доведено що врахування тертя значно впливає . Показано, що врахування тертя дає відповідь на протиріччя аналітичних і експериментальних результатів деформованого стану канатів при навантаженні вільно підвішеним вантажем.

Аналітичне визначення міцнісних характеристик базується на найбільш загальних положеннях механіки – на законі збереження енергії. Це втілено в визначенні жорсткостей канатів на основі теореми: *друга частинна похідна від питомої потенційної енергії деформування (тобто що накопичується в одиничній довжині канату) по узагальненій деформації дорівнює відповідній жорсткості його перерізу.*

На базі теоретичних розробок, пов'язаних з усуненням залишкових зусиль від звивального натягання дротів і сталок при виготовленні канатів, одержані патенти.

Основні аналітичні положення підтверджуються експериментами, які взяті з відомих робіт інших авторів.

Наукова новизна одержаних результатів

Проявлена наукова новизна як в розробці методу визначення міцнісних характеристик на основі аналізу деформовано-напруженого стану канатів, так і при дослідженні основних впливових факторів.

1. Вперше на основі деформації розтягання дротів в канаті, пов'язаної з його деформаціями розтягання, кручення і згинання розроблено метод визначення характеристик граничного пружного і граничного пружно-пластичного станів піднімальних канатів для різних схем навантаження. Доведено, що характеристики схем розтягання з навиванням на барабан можна визначати тільки методом послідовних наближень.

2. Розвинута методика врахування параметрів діаграм деформування дроту: при визначенні характеристики граничного пружного стану – деформації границі пропорційності; при визначенні характеристики граничного пружно-пластичного стану – деформації умовної границі текучості та рівномірної граничної деформації дроту.

3. Для канатів одинарного та подвійного звивання розроблена методика врахування тертя дротів з обривами на міцнісні характеристики та жорсткості перерізу каната на основі вирішення задачі про тертя нитки в гвинтовій формі при розтяганні на циліндричній поверхні з гвинтовою твірною.

4. Дістало подальший розвиток дослідження впливу на міцнісні характеристики піднімальних канатів параметра відношення діаметра барабана і каната.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи викладено в 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 всі розділи дисертації та досить повно відображають зміст і результати досліджень і розробок, наведених в роботі. Аналіз публікацій та особистого внеску в них здобувача показує, що всі наукові положення та висновки, що містяться в дисертації та виносяться на захист, отримано здобувачем самостійно в період з 2020 по 2023 рр. і узагальнено при оформленні дисертації. Порушень академічної доброчесності в матеріалах дисертації та наукових публікаціях не виявлено.

Значення роботи для науки та практики

Результати наукових досліджень здобувача є практично значимими і полягають у створенні методу аналітичного визначення міцнісних характеристик канатів для 4-х схем навантаження з урахуванням крім розтягання невід'ємних деформацій кручення та згинання, конструктивних особливостей канатів, деформативних властивостей канатного дроту, міжелементного тертя та обривів дротів. Використання таких характеристик в методиках розрахунку канатів на статичну міцність дозволить повніше використовувати міцнісний ресурс канатів.

Вирішена задача тертя нитки гвинтової форми при розтяганні на циліндричній поверхні з прямою і гвинтовою твірними, яка доповнює відоме вирішення задачі Ейлера щодо тертя нитки при розтяганні на круговому циліндрі при її концентричній формі. Відмінність запропонованої задачі полягає в тому, що нитка розташовується на циліндричній поверхні не концентрично, а по гвинтовій лінії. Прикладне значення даної задачі, в першу чергу, у дослідженні деформовано-напруженого стану елементів каната з обривами дротів при різних схемах навантаження.

Звичайно, найвагомішою практичною цінністю було б впровадження розробок міцнісних характеристик в Нормативні методики розрахунків канатів на статичну міцність. Але це проблема галузевого, державного рівня, а не одної дисертації. Головною трудностю на цьому шляху буде перерахування нормативних запасів міцності в бік зменшення при збереженні рівня безпеки. Впевненість важливості практичного значення даної роботи всилає загально відома обставина, що точність розрахункової схеми є одним з головних факторів проектування досконалих конкуренто здатних машин та споруд.

Слід мати на увазі, що поряд з регламентованими методиками розрахунків канатів на міцність в сучасній техніці є установки, в яких до канатів пред'являються особливі вимоги

щодо мінімальних діаметрів при високих рівнях навантаження і мінімально можливих параметрах згинання (наприклад, бурові установки, каротажні кабелі). За таких умов представлені розробки мають безпосередньо практичне використання.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

Поряд з результатами власних досліджень автора в дисертації використані ідеї, результати і тексти інших авторів, на які є посилання з указанням на відповідних джерел. Фактів порушення академічної доброчесності в дисертації здобувача не виявлено.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

В розрахунках канатів на міцність є дві дискусійні проблеми. Одна полягає в тому, що внаслідок циклічного навантаження канату його необхідно було б розраховувати на витривалість (довговічність). Друга проблема знаходиться в межах існуючих регламентованих методик розрахунку на статичну міцність – це невідповідність міцнісних характеристик схемам навантаження канату на піднімальних установках. Дисертація Вовка Павла Євгенійовича певною мірою вирішує другу проблему стосовно відповідності міцнісних характеристик, але не змінює регламент самих існуючих методик. Зміна методик – це проблема галузевого, державного рівня. Поряд з цим, розроблений метод визначення міцнісних характеристик може знайти застосування для канатів, що працюють з малим запасом міцності, наприклад, у бурових установках, де коефіцієнт запасу статичної міцності дорівнює 2. В аналогічних умовах знаходяться вантажонесучі елементи (броня) каротажних кабелів при дослідженні глибоких свердловин, а також канати та вантажонесучі кабелі деяких підйомних та утримувальних пристроїв з коефіцієнтом запасу 1.5...1.7 та інше. Крім того, знати такі характеристики міцності необхідно для визначення критичних навантажень, у тому числі, в екстремальних ситуаціях, наприклад, при аварійному підйомі або буксируванні за допомогою каната, у випадках прихвату каротажного кабелю в свердловині.

1) В розділі 2 при оцінці впливу обірваних дротів вбачається зростання розбіжності між теоретичними та експериментальними даними по мірі збільшення кількості обривів дротів. Доцільно навести пояснення причини утворення даної розбіжності.

2) Третьому розділі «Метод деформацій в визначенні характеристик граничного пружного стану канатів» формула даної характеристики (3.22)

$$P_e = N = \frac{\varepsilon_{np}}{\max \bar{\varepsilon}_i}; \quad i = 1, 2, \dots, s.$$

містить два позначення P_e і N . Відсутня мотивація подвійного такого позначення.

3) В розділі 3 представлення міцнісних характеристик відбувалося у відносному вимірюванні $\bar{P}_e = P_e / P_c$. Доцільно навести мотивацію подібного рішення.

4) Слід було б навести приблизний перелік задач, які постануть при запровадженні пропонованих міцнісних характеристик в практичні регламентовані методики розрахунку піднімальних канатів на статичну міцність.

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 піднімальних канатів», виконана на достатньому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, 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».

Опонент:

доктор технічних наук, професор

завідувач кафедри машинознавства та інженерної механіки

Одеського Національного Морського Університету

Анатолій Конопльов