

Голові разової спеціалізованої вченої ради
в Національному університеті
«Одеська політехніка»,
доктору технічних наук, професору
Анатолію УСОВУ

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, кандидата технічних наук, доцента, завідувача кафедри «Підйомно-транспортного та робототехнічного обладнання» Національного університету «Одеська політехніка» Вудвуда Олександра Миколайовича 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

Тема дисертації відноситься до вирішення важливої науково-технічної задачі – удосконалення методики розрахунку піднімальних канатів на статичну міцність. В різних країнах методики зводяться до вибору каната з сортаменту за характеристиками «сумарне розривне зусилля усіх дротів канату» або «розривне зусилля каната в цілому». Обидві характеристики не відповідають схемам навантаження піднімальних канатів. Характеристика – «розривне зусилля каната в цілому» дещо наближена до схеми чистого розтягання каната (розтягання прямого каната в напрямних), але не відповідає навантаженню піднімального каната.

Крім розтягання піднімальний канат отримує деформації згинання і кручення. Така неточність розрахункової схеми піднімальних канатів обумовлює рівень нормативних запасів міцності в інтервалі (3 – 9 і навіть більше), що на багато вище рівня нормативних запасів міцності металоконструкцій і механізмів піднімально-транспортних машин, де використовуються точні розрахункові схеми і нормативний запас становить (1,4 – 1,8). Умовний характер нормативного запасу міцності перешкоджає оптимальному раціональному вибору каната.

В дисертації розроблено метод 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, обривів дротів. Використання таких характеристик

в методиках розрахунку канатів на статичну міцність дозволить повніше використовувати міцнісний ресурс канатів.

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

Базується на достатньому аналізі літературних джерел за обраною проблемою. В роботі впевнено роз'яснено суть помилкових рішень будівельної механіки каната щодо впливу міжелементного тертя при деформуванні прямого каната розтяганням з крученням. 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. Отримало 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 тім, 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 1 доволі повно описано два напрямки теоретичного дослідження деформованого стану канатів. Наведено також методики визначення жорсткості канатів, але відсутні числові порівняння жорсткостей за вказаними двома напрямками і обчислень параметрів деформовано-напруженого стану: агрегатних деформацій каната, деформацій і напружень в дротах.

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) Недостатньо обґрунтовано вплив залишкових технологічних напружень на напружений стан в дротах при робочих навантаженнях.

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.

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри підйомно-транспортного
та робототехнічного обладнання
Національного університету «Одеська політехніка»

Олександр ВУДВУД