До спеціалізованої вченої ради Д 41.106.01
Національного університету «Одеська морська академія» МОН України,
65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 8

ВІДГУК
офіційного опонента

на дисертаційну роботу Стукаленка Олександра Михайловича «Підвищення ефективності експлуатації суднових вантажопідйомних пристроїв», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

1. Актуальність теми дослідження

У зв'язку із тим, що серед завдань Транспортної стратегії України на період до 2030 року є:

– створення умов для запобігання аваріям на транспортних засобах, які можуть призвести до погіршення екологічного стану водних об'єктів (забруднення), що може шкідливо вплинути на здоров'я людей і стан водних екосистем;

– гарантування доставки "від дверей до дверей" та виконання "шести правил логістики" в ланцюгах поставок (вантаж, якість, кількість, час, місце, витрати – тобто необхідний товар, необхідної якості, в необхідній кількості доставлений у відповідний час у визначене місце з мінімальними витратами);

– забезпечення належного рівня безпеки під час перевезення небезпечних вантажів,

питання, що стосуються проблеми запобігання аварій, зокрема - внаслідок обриву тросу у судновому вантажопідйомному обладнанні, є досить гострими.

Обриви тросів вантажних та стрілових підвісів, що трапляються під час проведення навантажувально-розвантажувальних робіт та технологічних операцій на річковому та морському транспорті, призводять не лише до псування вантажу. У залежності від виду вантажу (а це можуть бути вибухонебезпечні, отруйні речовини тощо), від місця, над яким стався обрив, від виду суднового вантажопідйомного пристрою, на якому стався обрив, наслідки не обмежуються лише матеріальними збитками через втрату вантажу та ліквідацію наслідків аварії під час простою судна. Можливі екологічні катастрофи та людські жертви.

На даний час недостатність наукових досліджень процесів, що відбуваються після обриву тросу у суднових вантажопідйомних пристроях є причиною відсутності дієвих заходів боротьби із наслідками таких аварій.

Саме це обумовлює актуальність теми дослідження Стукаленка О. М.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»
КАНЦЕЛЯРІЯ
Вхідний № 558
Надійшло 09.04 2021 р.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, які сформульовані у дисертаційній роботі, визначена використанням:

– аналізу й узагальнення, а також наукової класифікації при проведенні інформаційного пошуку та дослідженні стану проблеми;

– експертного оцінювання при обранні напряму та теми дисертаційної роботи;

– системного аналізу для розробки технології наукового дослідження;

– теоретичних положень динаміки складних механічних систем при розробці математичних моделей процесів, що відбуваються у силовому ланцюзі суднових вантажопідйомних пристроїв (СВПП) у випадку обриву тросу;

– числові методи розв'язання диференціальних рівнянь при проведенні обчислювального експерименту;

– верифікації математичних моделей на експериментальному стенді у лабораторних умовах і реальній експлуатації.

Слід підкреслити, що для досягнення мети дослідження науково обґрунтовані для вирішення наступні задачі:

– аналіз відомих технічних рішень та методів розрахунку засобів для запобігання аварії після обриву троса;

– встановлення впливу і урахування маси фрикціона СВПП у процесі роботи зрівняльного фрикційного пристрою при утриманні вантажу після обриву троса;

– розробки математичних моделей утримання стріли та вантажу у СВПП з гнучким підвісом стріли у випадку обриву троса і подальшого аналізу перехідних процесів у ланках силового ланцюга СВПП;

– розробки засобу компенсуючого впливу на динамічні навантаження у силовому ланцюзі після обриву троса СВПП;

– удосконалення математичних моделей процесу утримання вантажу після обриву троса СВПП із урахуванням пружності металоконструкції.

Достовірність отриманих у роботі наукових результатів підтверджується не тільки комплексом проведених досліджень, а і доцільним та цілеспрямованим формулюванням допоміжних завдань дослідження.

Отримані автором наукові результати відповідають поставленим задачам дослідження і є логічними, не суперечать фундаментальним фізичним законам та підтверджуються апробацією основних положень та висновків на міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях.

3. Новизна наукових положень, висновків та рекомендацій

У дисертаційній роботі виконано теоретичне узагальнення та запропоновано нове вирішення актуального науково-технічного завдання – науковому обґрунтуванні та створенні методів розрахунку засобу, що забезпечує га-

рантоване утримання вантажу після обриву троса у судновому вантажопідйомному пристрої.

Вирішення цього завдання полягає у створенні і удосконаленні методів розрахунку параметрів здвоєних поліспастів.

У результаті досліджень отримані і обґрунтовані наступні наукові результати:

– вперше встановлено, що у процесі роботи зрівняльного фрикційного пристрою під час утримання вантажу, маси фрикціона здійснюють рух із періодичними зупинками, що дає змогу ідентифікувати параметри фрикціону щодо забезпечення допустимих навантажень на елементи СВПП;

– вперше розроблені математичні моделі утримання стріли та вантажу у СВПП з гнучким підвісом стріли після обриву троса здвоєного поліспаста, які дають змогу розрахувати максимальні динамічні навантаження ланок силового ланцюга та визначити умови, за яких забезпечується утримання вантажу або стріли;

– вперше запропонований засіб компенсуючого впливу на динамічні навантаження у силовому ланцюзі після обриву троса СВПП, а саме – зрівняльний пристрій із ступінчастим опором фрикціона, який забезпечує обмеження динамічних зусиль у допустимих межах не лише у вантажному підвісі, а й у пружній металоконструкції;

– удосконалені математичні моделі процесу утримання вантажу після обриву троса у здвоєному поліспастовому підвісі, які відрізняються від відомих урахуванням пружності металоконструкції, швидкості руху вантажу у момент обриву троса та впливу довжини підвісу. Це дозволяє з більшою точністю визначати максимальні динамічні зусилля у пружних зв'язках силового ланцюга.

4. Аналіз наукових публікацій та повнота відображення результатів дисертації в авторефераті

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 25 наукових працях (з яких одна публікація одноосібна у фаховому виданні). Зокрема, це 6 публікацій у фахових виданнях (з них 1 публікація, що входить до науковометричної бази даних *Scopus*), 9 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових конференцій, 5 патентів на винахід України та один деклараційний патент на винахід України.

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертації відображені у публікаціях рівномірно за її розділами.

Особистий внесок здобувача в сумісних публікаціях є підтвердженим. Рівень та кількість публікацій, рівень апробації дисертації відповідають вимогам, що ставляться МОН України до дисертацій.

Дисертація пройшла достатню апробацію на науково-технічних і науково-практичних конференціях різного рівня. Результати проведених досліджень повною мірою наведені у публікаціях: розкрити науково-технічне завдання дослідження, методи розрахунку засобів, що забезпечують гарантоване утримання вантажу та завершення вантажної операції після обриву

троса у судновому вантажопідйомному пристрої тощо.

Кількість, обсяг та зміст друкованих праць надають авторові право публічного захисту дисертації.

5. Оцінка ідентичності змісту автореферату та основних положень дисертації

Детальний аналіз представлених рукопису та автореферату дисертації Стукаленка Олександра Михайловича «Підвищення ефективності експлуатації суднових вантажопідйомних пристроїв» дає підстави констатувати ідентичність автореферату та основних положень дисертації.

Автореферат містить всі основні матеріали, положення, висновки і рекомендації, що наведені у дисертації, а також містить всю іншу, необхідну для попередньої оцінки і ознайомлення з роботою, інформацію.

Запозичень у тексті дисертації чужих праць і ідей без посилань на першоджерела та невідповідності змісту дисертації, автореферату і Паспорту спеціальності не виявлено.

6. Структура та зміст дисертації

Дисертаційна робота Стукаленка О. М. «Підвищення ефективності експлуатації суднових вантажопідйомних пристроїв» складається з двомовної анотації, списку публікацій здобувача, змісту, переліку скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 187 сторінок.

У *вступі* визначено існуючу проблему, обґрунтовано актуальність теми, визначені зв'язки з науковими програмами й темами. Наведені мета, наукові завдання, методи досліджень, предмет та об'єкт досліджень. Сформульовано наукову новизну й практичне значення отриманих результатів. Наведено дані про публікації й апробацію роботи, визначено особистий внесок здобувача. Наведені відомості щодо впровадження наукових результатів у виробництво і навчальний процес.

У *першому розділі* проведено аналіз літературних і нормативних джерел, стан проблеми, існуючі технічні рішення та відомі методи розрахунку параметрів здвоєних підвісів для утримання вантажу після обриву троса. Визначені напрямки досліджень. На основі системного аналізу розроблена технологічна карта дослідження.

У *другому розділі* проведені теоретичні дослідження процесів, що відбуваються у силовому ланцюзі суднового вантажопідйомного пристрою при утриманні вантажу після обриву троса здвоєного підвісу. Дослідження проведені для наступних типів суднових вантажопідйомних пристроїв: а) із лебідкою механізму підйому, встановленою на жорсткій основі; б) із пружною металоконструкцією; в) із тросовим підвісом стріли.

Визначені розрахункові динамічні навантаження у підвісі при використанні трьох типів зрівняльних пристроїв: а) жорсткої дії; б) із пружинним

компенсатором-уловлювачем у стріловому підвісі; в) із фрикціоном у зрівняльному пристрої із постійним опором та ступінчастим.

Доведено, що при використанні здвоєного підвісу із зрівняльним пристроєм жорсткої дії динамічні зусилля під час утримання номінальної ваги вантажу після обриву троса досягають величин, за яких розрахункові коефіцієнти перевантаження і троса, і металоконструкції, перевищують запаси їх міцності. Тобто, аварія суднового вантажопідйомного пристрою - неминуча.

У процесі досліджень доведено, що при використанні здвоєного стрілового підвісу із пружинним компенсатором-уловлювачем розрахункові динамічні зусилля у стріловому підвісі під час утриманні стріли після обриву троса досягають значень, за яких коефіцієнт перевантаження дорівнює 1,51. З урахуванням того, що для суднових кранів вантажопідйомністю більш за 160 т, коефіцієнт запасу міцності дорівнює 3, і після обриву одного троса у другому остаточний запас буде 1,3. Таким чином можна стверджувати, що додатковий пружний зв'язок у підвісі не дає ефективного зниження динамічних зусиль у допустимих межах.

Доведено, що рухомі маси фрикціона під час роботи зрівняльного фрикційного пристрою при утриманні вантажу здійснюють рух із періодичними зупинками – так звані зривні фрикційні автоколивання 1-го роду.

Запропоновано і доведено ефективність використання ступінчастого опору фрикціона зрівняльного пристрою - для обмеження динамічних зусиль у допустимих межах, як у підвісі, так і у пружній металоконструкції.

У *третьому розділі* проведено експериментальне моделювання навантаження пружної металоконструкції при утриманні вантажу при використанні здвоєних підвісів із трьома типами зрівняльних пристроїв – жорсткої дії, із постійним опором фрикціона та із ступінчастим опором фрикціона. Для експериментального стенду розроблені відповідні математичні моделі, здійснений обчислювальний експеримент. Розбіжність значень розрахункового коефіцієнту перевантаження металоконструкції та експериментального не перевищує 7 %.

Підтверджена ефективність використання ступінчастого опору фрикціона для забезпечення допустимих динамічних зусиль при утриманні вантажу після обриву троса у підвісі і пружній металоконструкції.

У *четвертому розділі* наведені технічні рішення, розроблені на основі результатів теоретичних досліджень.

Для суднових вантажопідйомних пристроїв із лебідкою механізму підйому, встановленою на жорсткій основі (ліфти, суднові підйомники, суднові спуско-підйомні пристрої) запропоновані технічні рішення здвоєних поліспастів із постійним опором фрикціона. Для суднових ліфтів передбачено, за вимогами Регістру, утримання кабіни ліфта після обриву троса на напрямних за допомогою уловлювачів ковзної дії. Показано, що зараз ця проблема вважається вирішеною. Наведена статистика аварій вказує на недосконалість систем із уловлювачами із відцентровими обмежувачами швидкості. Для суднових вантажопідйомних пристроїв із пружною металоконструкцією запропоновані технічні рішення, що містять фрикціон із ступінча-

стим опором. Доведено, що таке рішення забезпечує допустимі динамічні зусилля не лише у здвоєному підвісі, а й у пружній металоконструкції.

Запропоноване технічне рішення із постійним опором фрикціона у зрівняльному пристрої, захищене патентом на винахід № 72052 України, реалізовано у підйомнику типу ПГ1.БКС.

Технічне рішення із ступінчастим опором фрикціона, захищене деклараційним патентом на винахід № 33449 України, використане при створенні експериментального зразка із зрівняльним фрикційним пристроєм для козлового крану КК-12,5.

7. Рекомендації щодо використання результатів роботи

Запропоновані методи і математичні моделі можуть використатися при дослідженнях перехідних процесів, що відбуваються у силовому ланцюзі суднових вантажопідйомних пристроїв при утриманні вантажу здвоєним підвісом після обрису троса. Отримані у дисертації основні результати можуть використатися при визначенні типу опору фрикціона зрівняльного пристрою в залежності від типу суднового вантажопідйомного пристрою. Їх використання на практиці суттєво підвищує безпеку вантажних робіт на судні.

Технічні рішення та методи розрахунку параметрів здвоєних підвісів, за допомогою яких забезпечується гарантоване утримання вантажу після обриву троса, можуть використатися під час проектування сучасних, безпечних, суднових вантажопідйомних пристроїв, використатися на машинобудівних і суднобудівних підприємствах.

Результати наукового дослідження рекомендується застосовувати під час навчання студентів і курсантів закладів вищої освіти, при підвищенні кваліфікації фахівців морського і річкового транспорту, зокрема - суднових механіків і електромеханіків.

8. Загальна оцінка дисертації, її завершеність у цілому, відповідність встановленим вимогам до оформлення дисертацій

Дисертаційна робота написана загальноприйнятою науковою мовою із використанням сучасної української науково-технічної термінології. Робота виконана на доброму науковому рівні, є завершеною науковою кваліфікаційною працею, має практичне значення та відображає розв'язання актуальної науково-технічної задачі, яка пов'язана із дослідженням, розробкою і розвиненням методів розрахунку засобів, що забезпечують гарантоване утримання вантажу після обриву троса суднових вантажопідйомних пристроїв.

Дисертація, в цілому, відповідає заявленій, актуальній, темі досліджень та вимогам, що встановлені наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р.

Дисертація відповідає всім вимогам до кандидатських дисертацій, визначених у «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів» від 24 липня 2013 № 567 із змінами), а також паспорту спеціальності 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

9. Зауваження відносно змісту дисертаційної роботи

Відзначаючи позитивні сторони дисертаційної роботи О. М. Стукаленка і її практичну спрямованість, слід зазначити, що вона не позбавлена певних недоліків і потребує пояснень.

1. При дослідженні перехідних процесів при обриві троса здвоєного підвісу жорсткої дії, слід побудувати амплітудно-частотні характеристики – для ідентифікації найбільш навантаженого режиму.

2. Динамічна модель металоконструкції прольотних СВПП приведена як дискретна, з однією масою та одним пружним зв'язком. Більш точною є дослідження на основі опису металоконструкції дискретно-континуальною динамічною моделлю. Цей опис і обґрунтування використаного опису, відсутні.

3. При складанні динамічних моделей, маса вантажу прийнята зосередженою. Однак відомо, що найбільше розрахункове навантаження виникає при представленні маси вантажу, як розподіленої маси із урахуванням пружності.

4. У роботі наведені математичні моделі, за якими можна досліджувати перехідні процеси у СВПП у випадку обриву троса при вимкненому приводі. Але обчислювальні експерименти у роботі проведені лише для випадків обриву троса СВПП при підйомі та опусканні вантажу. Тобто випадок обриву троса при вимкненому приводі не досліджено.

5. У ході лабораторно-експериментальних досліджень не зазначено, за якими критеріями обирались головні параметри експериментального стенду.

6. Не розглянуті випадки утримання вантажу при відхиленнях параметрів фрикціона від розрахункових.

7. Не досліджена точність вмикання фрикціона у роботу в залежності від зміни маси рухомих його частин.

8. Не враховані горизонтальні складові коливань, що виникають у металоконструкції козлового крана при знаходженні вантажного візка на консолі.

9. У роботі розглянуті використання електроприводу у СВПП. Чи можна використати розроблені математичні моделі при використанні у СВПП гідроприводу?

10. Зазначено, що під час руху мас фрикціона відбувається процес тертя із періодичними зупинками – зривні фрикційні автоколивання 1-го роду. У наведених моделях використано постійний коефіцієнт тертя. Але виникнення коливань пояснюється різницю між коефіцієнтами тертя спокою та початку руху. Пояснень немає. Також не визначені період та декремент затухання коливань.

Відзначені зауваження не знижують загального позитивного враження від дисертаційної роботи.

10. Загальний висновок

Зміст дисертації Стукаленка Олександра Михайловича відповідає за формулою та напрямками досліджень Паспорту спеціальності 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Зміст автореферату відповідає змісту дисертаційної роботи.

Публікації здобувача, з достатнім для захисту роботи ступенем, відображають основні результати досліджень. Повнота відображення результатів дисертаційних досліджень та необхідна кількість публікацій відповідають вимогам МОН України.

Дисертаційна робота оформлена із додержанням вимог, прийнятих правил та норм.

Дисертаційна робота Стукаленка Олександра Михайловича «Підвищення ефективності експлуатації суднових вантажопідйомних пристроїв» є завершеною і оригінальною кваліфікаційною науковою працею, у якій вирішено важливу науково-технічну задачу, пов'язану із дослідженням, розробкою і розвитком методів розрахунку засобів, що забезпечують гарантоване утримання вантажу після обриву троса суднових вантажопідйомних пристроїв, безпеку вантажних операцій на суднах.

За рівнем наукової новизни, якістю досліджень, достовірністю та обґрунтованістю висновків, теоретичною і практичною цінністю дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.13 р. № 567 зі змінами) та іншим чинним вимогам, які висуваються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор, Стукаленко Олександр Михайлович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Офіційний опонент,
Заслужений винахідник України,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри технічних
систем та процесів управління в судноводінні
Державного університету інфраструктури
та технологій МОН України В. І. Богом'я

Підпис професора Богом'ї В.І. засвідчую
в.о. ректора ДУІТ Н.С. Брайковська