

Секція: 10 - Механіка

2. Проблеми механіки і засоби їх вирішення із використанням комп'ютерних технологій. 2.2. Розробка комп'ютерних засобів та систем для моніторингу і аналізу механічних процесів, визначення параметрів та діагностики механічного стану технічних систем та об'єктів

АНОТОВАНИЙ ЗВІТ

за завершеним фундаментальним науковим дослідженням, виконання якого здійснювалось у 2015-2017 роках

Назва: Розроблення узагальненого методу прогнозування ресурсу експлуатації конструкцій із композиційних матеріалів при складному навантаженні з урахуванням пошкоджуваності

Керівник роботи: Бобир Микола Іванович

Номер державної реєстрації: 0115U000398

Номер облікової картки заключного звіту: 0217U006817

Повна назва організації-виконавця: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Назва пріоритетного тематичного напрямку організації-виконавця: 1.3.1. Механіка деформівного твердого тіла. 1.3.1.1. Методи розрахунку та дослідження напружено-деформованого стану, у тому числі при наявності дефектів різного походження.

Строки виконання: початок - 01.01.2015, закінчення - 31.12.2017

Обсяг коштів, виділених на виконання НДР, за весь період (згідно із запитом / фактичний): 600 / 506.349 тис. гривень.

1. КОРОТКИЙ ЗМІСТ ЗАПИТУ

1.1. Проблема, на вирішення якої було спрямовано дослідження, обґрунтування щодо актуальності: Загальна фундаментальна проблема в механіці твердого деформівного тіла (МТДТ) на сьогодні полягає в обґрунтованому зниженні матеріаломісткості відповідальних та високонавантажених елементів конструкцій (які виготовлені з нових КМ) виробів нової техніки різних галузей машинобудівного комплексу з гарантованим забезпеченням проектного ресурсу їх експлуатації.

Актуальність роботи. Наближеність та недостатня обґрунтованість сучасних розрахунків несучої спроможності таких конструкцій вимагає суттєвого завищення коефіцієнту запасу по ресурсу ($n_t=10-20$). У зв'язку з інтенсифікацією робочих параметрів сучасних машин і конструкцій, прогнозування ресурсу експлуатації їх несучих елементів в ймовірнісній постановці на мало- та багатоциклову втому в умовах складного напруженого стану та складного навантаження стає одним із основних видів розрахунку на стадії їх проектування та експлуатації. Названий вид розрахунку (як основна складова розрахунку надійності) на сьогодні є найменш вивченим для умов складного термосилового навантаження з врахуванням нестаціонарності, анізотропії та реологічних властивостей КМ. Виходячи з концепції двостадійності руйнування конструкційних КМ, інкубаційна стадія зародження макротріщини (стадія накопичення розсіяних пошкоджень), складає як правило до 90% загального ресурсу експлуатації конструктивних елементів (враховуючи живучість). У зв'язку з цим на перший план виходить вирішення проблеми достовірного феноменологічного моделювання процесів, яке базується на основних гіпотезах механіки розсіяних руйнувань (континуальної механіки пошкоджуваності) та термодинаміки незворотніх процесів. Такий підхід є найбільш ефективним для інженерних розрахунків.

1.2. Об'єкт і предмет дослідження.: Об'єктом дослідження є елементи авіаційних, ракетних та енергетичних конструкцій, хімічного та транспортного сегментів машинобудівного комплексу та інших виробів нової техніки, які виготовлені із композиційних матеріалів (КМ) з різними концентраторами напружень (деформацій) у вигляді отворів, галтелей, елементів кріплень та ін.

1.3. Мета і основні завдання дослідження: Основною метою є розробка нових феноменологічних моделей, критеріїв розсіяного руйнування та достовірного розрахунково-експериментального методу прогнозування ресурсу експлуатації (в тому числі і залишкового)

відповідальних елементів конструкцій із КМ, в тому числі армованих безперервними волокнами, які будуть використовуватись в різних галузях машинобудівного комплексу по параметру програмної мало- та багатоциклової втоми з врахуванням технологічної та експлуатаційної пошкоджуваності.

1.4. У випадку, якщо відбувалися коригування мети, предмету дослідження, основних завдань, відхилення від запланованого календарного плану роботи - описати це у звіті: -

2. ОПИС ПРОЦЕСУ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Описати підходи щодо проведення досліджень, визначити, у чому полягає їх новизна: Основною наукового дослідження є розробка нових та експериментально-теоретичне обґрунтування границь використання узагальнених рівнянь стану та феноменологічних моделей руйнування в ймовірнісній постановці для умов складного програмного та експлуатаційного термосилового циклічного навантажень для анізотропних КМ (в тому числі армованих безперервними волокнами). Вони складають основу методу прогнозування та діагностики ресурсу експлуатації відповідальних елементів конструкцій виробів нової техніки. Цей метод базується на основних законах та фундаментальних положеннях пружно-в'язко-пластичності при складному циклічному навантаженні, термодинаміки незворотних процесів, нелінійної механіки континуальної пошкоджуваності, теорії ймовірності та математичної статистики.

2.2. Розкрити основні ідеї дослідження, яким чином вони втілювались: При розробці фізичних основ пружно-в'язко-пластичного деформування та пошкоджуваності конструкційних матеріалів в напівциклі навантаження методами фізики твердого тіла на сьогодні отримані фундаментальні наукові результати про взаємозв'язок їх макрохарактеристик пластичності та накопичення мікропошкоджень. Цей факт є основою для формування та обґрунтування феноменологічних моделей розсіяного руйнування в МТДТ (як найбільш практичних в інженерних розрахунках). Суттєве уточнення розрахункового ресурсу по параметру мало- та багатоциклової втоми та обґрунтоване зменшення матеріаломісткості відповідальних елементів конструкцій із КМ повинно базуватися на основних положеннях нелінійної механіки пошкоджуваності та пружно-в'язко-пластичності з урахуванням основних термосилових параметрів складного технологічного та експлуатаційного навантажень. Для обґрунтування надійності експлуатації відповідальних конструкцій, в цілому, всі названі розрахунки проведені в ймовірнісному аспекті.

2.3. Навести основні гіпотези, які лягли в основу дослідження, як вони підтверджувались або спростовувались, перетворювались на теорію чи концепцію: На основі положень пружно-в'язко-пластичного деформування КМ та взаємозв'язаного з ним процесом накопичення розсіяних руйнувань побудована та отримала подальше обґрунтування з границями використання узагальнена феноменологічна модель пошкоджуваності у вигляді кінетичного рівняння еволюції параметра пошкоджуваності та критерія руйнування на стадії зародження макротріщини. Розширено перелік експлуатаційних факторів, які враховуються в кінетичному рівнянні пошкоджуваності, а саме: анізотропію фізико-механічних властивостей КМ (клас армованих вуглепластиків), характер стохастичного режиму навантаження в режимі мало-багатоциклової втоми, анізотропію фізико-механічних властивостей КМ та інш.

2.4. Представити нові або оновлені методи та засоби, методіку та методологію досліджень, що створені авторами у ході виконання роботи; обґрунтувати, чим вони відрізняються від наявних: Обґрунтований ефективний метод прогнозування ресурсу елементів конструкцій, виготовлених із вуглецевих композитів для умов стохастичного експлуатаційного навантаження.

Важливі нові результати роботи :

- вперше побудована та обґрунтована узагальнена феноменологічна модель, яка описує кінетику накопичення розсіяних руйнувань в КМ на мікро та мезорівнях з врахуванням параметрів анізотропії, статичного та мало-багатоциклового стаціонарного і стохастичного експлуатаційного навантажень;
- обґрунтовано енергетичні критерії руйнування анізотропного КМ на стадії зародження макротріщини з врахуванням двох механізмів руйнування: відрив та зріз;
- вперше сформовано та обґрунтовано тензор параметрів пошкоджуваності і показані його інваріанти, а також конкретизовано методіку їх знаходження;

- розроблено та обґрунтовано ефективні методики визначення параметрів моделі пошкоджуваності та критеріїв руйнування з новою конструкцією зразків із КМ, які моделюють НДС від одновісного розтягу до чистого зсуву;
- розроблено комплексний розрахунково-експериментальний метод прогнозування ресурсу елементів конструкцій із КМ, який враховує пошкоджуваність та нестационарність експлуатаційного навантаження.

Достовірність методу показана на базі розв'язання ряду актуальних в науковому та прикладному аспектах інженерних задач технологічного і експлуатаційного спрямування/

2.5. Описати особливості структури та складових проведення дослідження: Згідно розробленого методу здійснено розв'язок ряду практично важливих інженерних задач, зокрема: визначено розрахунково-експериментальним методом довговічність конструктивного елемента з поверхневим зміцненням, обґрунтовано ресурс експлуатації з'єднань методом динамічного зварювання та проведено комплекс розрахунків міцності та надійності силової платформи сучасного космічного апарату із КМ.

3. ОДЕРЖАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

3.1. Результати етапів (відповідно до технічного завдання) відобразити у таблиці:

Таблиця 1

Номер етапу, строки	Назва етапу згідно з техн. завданням	Заплановані результати	Отримані результати
1. з 01.01.2015 по 31.12.2015	Проведення критичного аналізу сучасного стану методів прогнозування ресурсу несучих елементів конструкцій із КМ різного призначення по параметру мало-багатоциклової втоми. Розробка та обґрунтування границь використання ймовірнісної феноменологічної моделі пошкоджуваності на базі енергетичного параметру з врахуванням анізотропії фізик о-механічних властивостей КМ Обґрунтування методики визначення параметрів моделі пошкоджуваності	Затвердження плану теоретично-експериментальних досліджень та його логічно-структурної схеми. Розробка креслень вузлів по модернізації експериментального стенду. Кінетична модель пошкоджуваності КМ з врахуванням анізотропії КМ для умов складного напруженого стану та складного навантаження. Методика визначення параметрів моделі пошкоджуваності. Узагальнені рівняння стану для умов складного напруженого стану та складного навантаження. Критерій руйнування КМ на стадії зародження макротріщини. Метод визначення залишкового ресурсу конструкцій із КМ. Заплановано публікацій - 12, захист кандидатських робіт - 1, захист магістерських робіт-3, охоронних документів - 1.	Логічно-структурна схема загальної методики досліджень. Аналіз сучасних методів прогнозування ресурсу експлуатації елементів конструкцій виготовлених із КМ з врахуванням пошкоджуваності. Методика уточнення границь використання узагальненої феноменологічної моделі пружно-в'язко-пластичності та пошкоджуваності при визначенні ресурсу роботи конструкцій із КМ. Ймовірнісна модель накопичення пошкоджень та методики визначення залишкового ресурсу та визначення параметрів властивостей КМ для прогнозування ресурсу роботи деталей та конструкцій. Публікації - 14, захист кандидатських робіт - 0, захист магістерських робіт-3, охоронних документів - 0.

Номер етапу, строки	Назва етапу згідно з техн. завданням	Заплановані результати	Отримані результати
	<p>. Обґрунтування меж використання рівнянь стану для анізотропних КМ. Розробка узагальнених рівнянь стану. Конкретизація параметрів моделі та рівнянь стану для КМ</p> <p>Розробка та обґрунтування меж використання ймовірнісного критерію руйнування КМ. Розробка ймовірнісної моделі визначення залишкового ресурсу елементів конструкцій із КМ</p>		
<p>2. з <u>01.01.2016</u> по <u>31.12.2016</u></p>	<p>Розробка критерію прогнозування ресурсу експлуатації елементів конструкцій із КМ. Аналіз Результати досліджень кінетики накопичення пошкоджень в КМ при осьовому навантаженні, зсуві та пропорційному деформуванні. Методики та алгоритми розрахунків параметрів критерію</p>	<p>Установити критерій прогнозування ресурсу експлуатації елементів конструкцій. Провести експериментальне дослідження кінетики накопичення пошкоджень при осьовому навантаженні, зсуві та пропорційному деформуванні. Методики та алгоритми розрахунків параметрів критерію руйнування для КМ. Програми дослідження кінетики накопичення пошкоджень в деталях і виробках та алгоритми розрахунків експлуатаційного ресурсу елементів конструкцій із КМ. Заплановано публікацій - 11, захист</p>	<p>Критерій прогнозування ресурсу експлуатації елементів конструкцій. Експериментальні дослідження кінетики накопичення пошкоджень при осьовому навантаженні, зсуві та пропорційному деформуванні. Методики та алгоритми розрахунків параметрів критерію руйнування для КМ. Програми дослідження кінетики накопичення пошкоджень в деталях і виробках та алгоритми розрахунків експлуатаційного ресурсу елементів конструкцій із КМ. Публікацій - 13, захист кандидатських робіт - 1, захист докторських робіт - 1, захист магістерських робіт-3, охоронних документів - 0.</p>

Номер етапу, строки	Назва етапу згідно з техн. завданням	Заплановані результати	Отримані результати
	руйнування для КМ. Програми дослідження кінетики накопичення пошкоджень в деталях і виробках та алгоритми розрахунків експлуатаційного ресурсу елементів конструкцій із КМ.	кандидатських робіт - 1, захист докторських робіт - 1, захист магістерських робіт-3, охоронних документів - 1.	
3. з <u>01.01.2017</u> по <u>31.12.2017</u>	Розробка методики та алгоритмів розрахунків параметрів критерію руйнування з урахуванням кінетики накопичення пошкоджень для КМ. Програми дослідження кінетики накопичення пошкоджень в деталях і виробках та алгоритми розрахунків експлуатаційного ресурсу елементів конструкцій з КМ з врахуванням концентраторів напружень (отвори, переходи розмірів поперечних перетинів, виточки на поверхні)	Уточнені алгоритми проектування технологічних процесів обробки КМ відповідальних елементів конструкцій. Уточнений алгоритм розрахунку ресурсу експлуатації відповідальних елементів конструкцій виготовлених із КМ. Комплекс рекомендацій по експлуатаційному ресурсу елементів конструкцій. Рекомендації по оптимізації визначення експлуатаційного ресурсу роботи елементів конструкцій із КМ з врахуванням кінетики накопичення пошкоджень при напрацюванні. Заплановано публікацій - 12, , захист магістерських робіт-4, охоронних документів - 1.	Розроблено методику врахування процесів розсіяного руйнування елементів конструкцій в умовах складного динамічного навантаження. Змодельовано НДС силової платформи космічного апарату під дією статичних навантажень та випадкових вібрацій на перших двох стадіях життєвого циклу. Проведено аналіз міцності та стійкості її несучих елементів. На цій основі обґрунтовано комплекс рекомендацій для оптимального проектування КА по параметру жорсткості та матеріаломісткості. Публікацій - 13, захист магістерських робіт-4, охоронних документів - 0, монографія - 2, начальний поїбник - 1.

3.2. Визначити, чи одержане нове знання та нове розуміння предмету дослідження, і сформулювати, у чому саме вони полягають. Розкрити зміст одержаного знання у вигляді детального представлення нових положень, суджень. Докладно розкрити форми одержаних результатів - навести описи теорій, концепцій, закономірностей,

моделей, властивостей, механізмів які створено, змінено та/або доповнено у роботі:

Розроблено узагальнену феноменологічну модель (рівняння стану та кінетичне рівняння пошкоджуваності), які враховують основні параметри нестационарного експлуатаційного навантаження (анізотропію механічних характеристик, вид напруженого стану, знак першого інваріанту тензора напружень та історію складного навантаження). Обґрунтований ефективний метод прогнозування ресурсу елементів конструкцій, виготовлених із вуглецевих композитів для умов стохастичного експлуатаційного навантаження.

3.3. Визначити, які із результатів і як само були науково обґрунтовані та доведені, як вони пов'язані із закономірностями організації та розвитку природи, суспільства людини, їх взаємозв'язків. Чи є одержані результати достатньо надійними для різних контекстів застосування та використання: Розширено перелік експлуатаційних факторів, які враховуються в кінетичному рівнянні пошкоджуваності, а саме: анізотропію фізико-механічних властивостей КМ (клас армованих вуглепластиків), характер стохастичного режиму навантаження в режимі мало-багатоциклової втоми, анізотропію фізико-механічних властивостей КМ та інш. При цьому вперше встановлено залежність кінетики накопичення розсіяних руйнувань від знаку першого інваріанту тензора напружень, від значення коефіцієнта анізотропії КМ та обґрунтовано тензор пошкоджуваності і його інваріанти. Залежність коефіцієнта анізотропії КМ від кінетики накопичення пошкоджень дозволяє суттєво зменшити кількість базових експериментів з визначення параметрів пошкоджень для анізотропного КМ. Згідно розробленого методу здійснено розв'язок ряду практично важливих інженерних задач, зокрема: визначено розрахунково-експериментальним методом довговічність конструктивного елемента з поверхневим зміцненням, обґрунтовано ресурс експлуатації з'єднань методом динамічного зварювання та проведено комплекс розрахунків міцності та надійності силової платформи сучасного космічного апарату із КМ.

3.4. Довести наукову новизну результатів на основі їх змістовного порівняння з існуючими аналогами у світовій науці, посилаючись на конкретні публікації. Список цих публікацій навести у Додатку 1. Довести переваги отриманих наукових результатів над аналогами, розмежуватись із суміжними науковими напрацюваннями світової спільноти вчених: Вперше розроблені нові феноменологічні нелінійні моделі кінетики накопичення пошкоджень в конструкційних матеріалах при термосилових нестационарних навантаженнях з метою надійної оцінки ресурсу експлуатації конструкцій і апаратів нової техніки, діагностики виробленого і прогнозу залишкового ресурсу в процесі експлуатації які враховують основні параметри нестационарного експлуатаційного навантаження (анізотропію механічних характеристик, вид напруженого стану, та історію складного навантаження) [1,2,4]. Вперше розроблені нові підходи оцінки виробленого ресурсу об'єктів в процесі експлуатації, які основані на діагностиці стану конструкційних матеріалів та на основі математичного моделювання процесів деградації основних фізико-механічних властивостей КМ [3,5]. Розроблений комплексний розрахунково-експериментального метод діагностики технічного стану та прогнозування ресурсу відповідальних елементів конструкцій забезпечує істотне уточнення розрахункового ресурсу по параметру мало- та багатоциклової втоми та обґрунтоване зменшення матеріаломісткості відповідальних елементів конструкцій із КМ [6,7]. Ефективність роботи полягає у використанні розробленого більш точного і надійного методу розрахунку експлуатаційного ресурсу відповідальних та високонавантажених елементів конструкцій із сучасних та перспективних КМ виробів нової техніки машинобудівного та авіакосмічного комплексу на стадії їх проектування та залишкового ресурсу на стадії експлуатації. Це призводить до обґрунтованого зниження коефіцієнтів запасу по ресурсу

4. ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ

4.1. Обґрунтувати цінність результатів для світової та вітчизняної науки та для продовження фундаментальних та/або прикладних досліджень: Побудована та отримала подальше обґрунтування з границями використання узагальнена феноменологічна модель пошкоджуваності у вигляді кінетичного рівняння еволюції параметра пошкоджуваності та критерія руйнування на стадії зародження макротріщини. Розширено перелік експлуатаційних факторів, які враховуються в кінетичному рівнянні пошкоджуваності, а саме: анізотропію фізико-механічних властивостей КМ (клас армованих вуглепластиків), характер стохастичного режиму навантаження в режимі мало-багатоциклової втоми, анізотропію фізико-механічних властивостей КМ та інш. При цьому вперше встановлено залежність кінетики накопичення

розсіяних руйнувань від знаку першого інваріанту тензора напружень, від значення коефіцієнта анізотропії КМ та обґрунтовано тензор пошкоджуваності і його інваріанти. Залежність коефіцієнта анізотропії КМ від кінетики накопичення пошкоджень дозволяє суттєво зменшити кількість базових експериментів з визначення параметрів пошкоджень для анізотропного КМ. Згідно розробленого методу здійснено розв'язок ряду практично важливих інженерних задач, зокрема: визначено розрахунково-експериментальним методом довговічність конструктивного елемента з поверхневим зміцненням, обґрунтовано ресурс експлуатації з'єднань методом динамічного зварювання та проведено комплекс розрахунків міцності та надійності силової платформи сучасного космічного апарату із КМ

4.2. Довести цінність результатів для підготовки фахівців у системі освіти, зокрема вищої кваліфікації. Відокремити використання очікуваних результатів від науково-методичних завдань, що виконуються викладачами у межах їх основної педагогічної діяльності. Навести у Додатку 2 теми досліджень магістрантів (студентів), аспірантів і докторантів, кількість місяців їх роботи за темою з оплатою: За результатами НДР розроблено два нових лекційний курси «Прогнозування ресурсу конструкцій» та «Теорія пошкоджуваності матеріалів при напрацюванні» і два нових цикли лабораторних робіт «Деградація модуля пружності при пружно-пластичному деформуванні»; «Заліковування мікропошкоджень при повторно-змінному навантаженні» з дисциплін «Прогнозування ресурсу конструкцій» та «Теорія пошкоджуваності матеріалів при напрацюванні».

5. ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА ТЕМОЮ

Зараховуються виключно роботи, серед авторів яких 50% і більше належать до колективу виконавців, визначеного у Таблиці 9. Оцінюючи наукові праці на відповідність темі, меті, предмету та завданням дослідження, експерт має право не зараховувати їх у разі повної невідповідності.

5.1. Перелік опублікованих за темою статей в журналах, що індексуються БД Scopus та/або Web of Science Core Collection (WoS) (або Index Copernicus для соціо-гуманітарних наук)(окремо за кожною наукометричною базою):

Таблиця 2

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії; підкреслити <u>прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців	Наукометр. база даних
1	Бобырь Н.И., Коваль В.В. Фактор поврежденности в оценке напряженно-деформированного состояния в зонах концентрации напряжений // Проблемы прочности. - 2017. - №3. - С.21-29 http://www.ipp.kiev.ua/journal/2017_u.htm	Scopus
2	ЛОБАНОВ Л.М., ПАЩИН М.О., МИХОДУЙ О.Л., <u>СИДОРЕНКО Ю.М.</u> Вплив ударної дії електрода-індентора на напружено-деформований стан сплаву АМгб при електродинамічній обробці. Проблемы прочности. - 2017. - №3. - С.30-42. http://www.ipp.kiev.ua/journal/2017_u.htm	Scopus
3	ЛОБАНОВ Л.М., ПАЩИН Н.А., ТИМОШЕНКО А.Н., ГОНЧАРОВ П.В., МИХОДУЙ О.Л., <u>СИДОРЕНКО Ю.М.</u> Влияние электродинамической обработки на долговечность сварных соединений алюминиевого сплава АМгб, 2017, N2. - С.30-35. http://www.ipp.kiev.ua/journal/2017_u.htm	Scopus

5.2. Перелік опублікованих за темою англомовних статей та тез доповідей у матеріалах міжнародних конференцій, що індексуються БД Scopus або WoS (або Index Copernicus для соціогуманітарних наук)(окремо за кожною наукометричною базою):

Таблиця 3

№	Повні дані про статті та тези доповідей з веб-адресою електронної версії; <u>підкреслити прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців	Наукометр. база даних
1	<u>Bobyr', N.I. & Koval', V.V.</u> Damage Contribution to the Assessment of the Stress-Strain State of Structure Elements Strength of Materials, 49(3), 361-368 https://link.springer.com/article/10.1007/s11223-017-9876-2	Scopus
2	Lobanov L.M. Effect of the electrodynamic treatment on the life of AMg6 aluminum alloy weld joints / L.M. Lobanov, N.A. Pashchin, <u>A.N. Timoshenko</u> , P.V. Goncharov, O.L. Mikhodui, <u>Yu.M. Sidorenko</u> // Strength of Materials. - 2017. - Volume 49, Issue 2. - PP.234-238. https://link.springer.com/article/10.1007/s11223-017-9862-8	Scopus
3	Lobanov L.M. Effect of the Indenting Electrode Impact on the Stress-Strain State of an AMg6 Alloy on Electrodynamic Treatment / L.M. Lobanov, M.O. Pashchyn, O.L. Mykhodui, <u>Yu.M. Sydorenko</u> // Strength of Materials. - 2017. - Volume 49, Issue 3. - PP.369-380. https://link.springer.com/article/10.1007/s11223-017-9877-1	Scopus

5.3. Перелік опублікованих за темою статей у журналах, що входять до переліку фахових видань України (окремо статті у журналах, що рекомендовані секціями Наукової ради МОН), а також статей у закордонних журналах, які не увійшли до п.5.1 і 5.2 та охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності:

Таблиця 4

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії, або вихідні дані про охоронні документи; <u>підкреслити прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців
1	<u>Коваль В.В.</u> Поврежденность конструкционных материалов в условиях малоциклового нагружения // Mechanics and Advanced Technologies. - 2017. - №2 (80). - С.52-58. http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/48156
2	<u>Сидоренко Ю.М.</u> Спец тема / Ю.М. Сидоренко, В.В. Яковенко, А.А. Ткаченко // Збірник наукових праць Національного університету оборони України. - 2017. - №4(143). - С.206-216.
3	Рубашевський В.В., Заразовський М.М., <u>Шукаєв С.М.</u> Аналіз методів визначення констант пружності однонаправленого шару композиційних матеріалів // Mechanics and Advanced Technologies. - 2017. - №2 (80). - С.107-112. http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/109634
4	Kalyuzhny V., Pimanov V., <u>Timoshenko O.</u> , <u>Pham Duk Quan</u> Definitions of mechanical properties of steels under conditions of action differentiated counterpressure // Вісник НТУУ "КПІ", Серія Машинобудування. - 2017. - №75. - С. 144-150.
5	<u>Коваль В.В.</u> Оценка повреждаемости металлических материалов при их упруго-пластическом деформировании / XI международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиноведения», Гомель. - 2016. - С.27-28.
6	<u>Сидоренко Ю.М.</u> Спецтема / Ю.М. Сидоренко, О.Л. Чеченкова // Збірник наукових праць Національного університету оборони України - 2015. - №2(129). - С.97-108. - таємно
7	Lavrenko I., <u>Babenko A.</u> , <u>Khalimon O.</u> Dynamik und Festigkeit von hochpräzisen Zentrifugen. 12. Magdeburger Maschinenbau-Tage 30.09 bis 01.10.2015. - B5-2.
8	<u>Сидоренко Ю.М.</u> Спецтема / Ю.М. Сидоренко, О.Л. Чеченкова // Збірник наукових праць

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії, або вихідні дані про охоронні документи; <u>підкреслити прізвища авторів, які належать до списку виконавців</u>
	Національного університету оборони України - 2015. - №2(128). - С.115-120. - таємно
9	<u>Сидоренко Ю.М.</u> Спец тема / Ю.М. Сидоренко, В.В. Яковенко, А.А. Ткаченко // Збірник наукових праць Національного університету оборони України. - 2017. - №4(143). - С.206-216. - таємно.
10	Jens Strackeljan, <u>Andriy Babenko</u> , Iaroslav Lavrenko НЕОБХІДНІ УМОВИ СТІЙКОСТІ РУХОМИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОТОРА ЦЕНТРИФУГИ // Вісник НТУУ "КПІ". Серія Машинобудування. - 2015. - Випуск 72. - С.18-23. https://ru.scribd.com/document/333141765/%D0%9D%D0%95%D0%9E%D0%91%D0%A5%D0%86%D0%94%D0%9D%D0%86-%D0%A3%D0%9C%D0%9E%D0%92%D0%98-%D0%A1%D0%A2%D0%86%D0%99%D0%9A%D0%9E%D0%A1%D0%A2%D0%86-%D0%A0%D0%A3%D0%A5%D0%9E%D0%9C%D0%98%D0%A5-%D0%95%D0%9B%D0%95%D0%9C%D0%95%D0%9D%D0%A2%D0%86%D0%92-pdf
11	Барандич Е.С., Выслоух С.П., <u>Тимошенко А.В.</u> , <u>Коваль В.В</u> Технологическое обеспечение максимальной циклической долговечности и производительности токарной обработки деталей // Международная научно-практическая конференция "Моделирование в технике и экономике" , м. Вітебськ , Республіка Білорусь, 2016, с. 32- 34. https://ies.unitech-mo.ru/files/upload/publications/15349/e0da0e978ef08aff8db76e4416a66b1d.pdf
12	<u>Бобир М.</u> , <u>Коваль В.</u> Довговічність елементів конструкцій за умов мало циклового навантаження з урахуванням пошкоджуваності, 5-а міжнародна науково-технічна конференція «Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення та експлуатації машинобудівних конструкцій», Львів: 2016 р., с. 20-22
13	<u>Тимошенко А.В.</u> , к.т.н. доц.; Пиманов В.В., к.т.н.; <u>Бабак А.Н.</u> , Коробко Е.Н ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДОРНОВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ В ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВКАХ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16ЧТ, ISSN 2305-9001. Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування №3 (75). 2015, с. 144-150
14	<u>Коваль В.В.</u> Малоцикловая усталость конструкционных материалов с учетом поврежденности // Современный научный вестник. - 2015. - №5 (252). - С.63-72.
15	<u>Babenko A.</u> , <u>Khalimon O.</u> Dynamik und Festigkeit von hochpräzisen Zentrifugen. 12. Magdeburger Maschinenbau-Tage 30.09 bis 01.10.2015. B5-2. http://www.uni-magdeburg.de/strackeljan-kat-publikationen.html
16	Найда А.М. Шнирук О.М., Федун В.І., <u>Тимошенко О.В.</u> , <u>Коваль В.В.</u> , Мельник Л.І Вплив орієнтування пвх на релаксацію видовження зразків після випробувань // ІХ Міжнародній науково-технічній Web-конференції «Композиційні матеріали», НТУУ КПІ м.Київ; Дата проведення: 09.05.2016, с 111-113.
17	http://htkm.kpi.ua/engine/download.php?id=332&area=static
18	;Фам Д.К., ;Тимошенко О.В. ; , ;Бабак А.М; Визначення впливу рівня пластичної деформації при дорнуванні на кількість циклів до руйнування для д16чт // Тези доповідей всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «інновації молоді - машинобудуванню», Київ, 2016 р. С.
19	http://mmi-dmm.kpi.ua/images/nauka/2016/Study_DMM_2016.pdf
20	Барандич Е.С., Выслоух С.П., <u>Тимошенко А.В.</u> , <u>Коваль В.В</u> Технологическое обеспечение максимальной циклической долговечности и производительности токарной обработки деталей // Международная научно-практическая конференция "Моделирование в технике и экономике" , м. Вітебськ , Республіка Білорусь, 2016, с. 32- 34. https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=hfNdZVQAAAAJ&citation_for_view=hfNdZVQAAAAJ:ZeXyd9-uunAC
21	Пиманов В.В., <u>Тимошенко А.В.</u> , <u>Бабак А.Н.</u> ; Исследование влияния величины натяга на поврежденность материала в процессе дорнования отверстий в листовых заготовках из

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії, або вихідні дані про охоронні документи; підкреслити прізвища авторів, які належать до списку виконавців
	алюмінієвого сплава д16чт // XVII Міжнародної науково-технічної конференції „Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта”, м. Одеса; Дата проведення: 21.06.2016 с. 45-47 http://conf.mmi.kpi.ua/2016/paper/view/3932
22	<u>Коваль В.В.</u> «Розрахунок максимальних напружень та деформацій в зонах їх концентрації з урахуванням пошкоджуваності» Міжнародна науково-практична інтернет-конференція "Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи"; - м. Вінниця, 2016 р., с top. http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/10386/%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%B0%D1%85%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%BA%20
23	%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D1%8C.pdf?sequence=1&isAllowed=y
24	<u>Бобир М., Коваль В.</u> Довговічність елементів конструкцій за умов мало циклового навантаження з урахуванням пошкоджуваності, 5-а міжнародна науково-технічна конференція «Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення та експлуатації машинобудівних конструкцій», Львів: 2016 р., с. 20-22 http://znc.com.ua/ukr/news/2016/201610_konferenz.php
25	Грабовский А. П., <u>Бондарец А. А.</u> Оценка долговечности работы конструкций и сооружений С.28-30 Современные проблемы машиноведения : тез. докл. XI Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 20-21 окт. 2016 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. С.28-30 https://elib.gstu.by/bitstream/handle/220612/14789/%D0%A1%D0%BE%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D1%8B%20%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F.pdf?sequence=1&isAllowed=y
26	<u>Микола Бобир</u> , , <u>Анатолій Грабовський</u> , <u>Олександр Бондарець</u> , МОДЕЛІ РУЙНУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ МЕХАНІКИ ПОШКОДЖУВАНОСТІ. Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій С.4-6, 27 - 28 жовтня 2016 р., м. Львів http://znc.com.ua/ukr/news/2016/201610_konferenz10.pdf
27	<u>Грабовский А. П., Бондарец А. А.</u> Оценка долговечности работы конструкций и сооружений С.28-30 Современные проблемы машиноведения : тез. докл. XI Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 20-21 окт. 2016 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. С.28-30 https://elib.gstu.by/bitstream/handle/220612/14789/%D0%A1%D0%BE%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D1%8B%20%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F.pdf?sequence=1&isAllowed=y
28	<u>Бобир М., Коваль В.</u> Довговічність елементів конструкцій за умов мало циклового навантаження з урахуванням пошкоджуваності, 5-а міжнародна науково-технічна конференція «Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення та експлуатації машинобудівних конструкцій», Львів: 2016 р., с. 20-22 http://znc.com.ua/ukr/news/2016/201610_konferenz10.pdf
29	<u>Сидоренко Ю.М.</u> Дослідження процесу вибухового метання двох осколкових дисків змінної товщини / В.В. Фепа, Ю.М. Сидоренко, В.В. Яковенко // Mechanics and Advanced Technologies. - 2017. - Vol 81. - PP. _ _ http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/111296

5.4. Перелік опублікованих за темою монографій:

Таблиця 5

№	Повні дані про монографії; <u>підкреслити прізвища авторів, які належать до списку виконавців</u>
1	<u>Бобырь Н.И.</u> , Маковей В.А. Профилирование винтообразных труб теплообменников / Lambert, Academic Publising, 2017, 230 с.
2	Бобир М.І. Динаміка та довговічність високошвидкісних прецизійних центрифуг: Монографія / <u>М.І. Бобир</u> , <u>А.Є.Бабенко</u> , Я.І.Лавренко, <u>О.П.Халімон</u> . - Нац.техн.ун-т України «КПІ імені Ігоря Сікорського». Електронне видання -Київ: А, 2017. - 171с.

5.5. Перелік опублікованих за темою проекту підручників, навчальних посібників, словників, довідників:

Таблиця 6

№	Повні дані про підручники, навчальні посібники, словники, довідники; <u>підкреслити прізвища авторів, які належать до списку виконавців</u>
1	Механіка матеріалів і конструкцій. Частина II. Навчальний посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» / <u>Бабенко А.Є.</u> , Боронко О.О., <u>Шукаєв С.М.</u> , Заховайко О.П., Трубочев С.І., Колодежний В.А., Лавренко Я.І., <u>Бабак А.М.</u> - Київ: Електронне видання КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. - 192 с.

5.6. Перелік захищених докторських і кандидатських (доктора філософії) дисертацій виконавцями проекту:

Таблиця 7

№	Повні дані про дисертації
1	Ещенко В.О. «Напружено-деформований стан біомеханічних систем металоостеосинтезу», дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.02.04 - механіка деформівного твердого тіла.керівник д.т.н. проф. Крищук М.Г., (31.10.2016р.), Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» МОН України, Київ, 2016.
2	Сидоренко Ю.М. "Спецтема" за спеціальністю 20.02.14 - озброєння і військова техніка. дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, Науковий консультант М.І. Бобир, (06.10.2016р.)

5.7. Кількість грантів, за якими працювали виконавці, що фінансувались закордонними організаціями (з відповідним підтвердженням від закладу вищої освіти (наукової установи), посиланням на сайт грантового проекту або офіційним листом від грантодавця): 0

6. ВИКОНАВЦІ ПРОЕКТУ (з оплатою в межах запиту)

- доктори наук: 3, кандидати наук: 2;

- молоді вчені до 35 років: 4, з них кандидатів: 1, докторів: 0, докторантів: 0; аспірантів: 1

- наукові працівники без ступеня: 3;

- інженерно-технічні кадри: 0, допоміжний персонал: 0; студенти: 2.

Р а з о м : 11.

Виконавці проекту* (з оплатою в межах запиту):

№	Прізвище, ім'я, по батькові	Науковий ступінь	Вчене звання	Посада і місце основної роботи	Вік
1	Бондарець Олександр Анатолійович	без ступеня	без звання	молодший науковий співробітник. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»	30
2	Сидоренко Юрій Михайлович	д-р техн. наук	доц.	доцент. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»	40
3	Бобир Микола Іванович	д-р техн. наук	проф.	директор Механіко-машинобудівного інституту. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»	66
4	Коваль Віктор Вікторович	без ступеня	без звання	молодший науковий співробітник. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»	36
5	Тимошенко Олександр Вікторович	канд. техн. наук	доц.	молодший науковий співробітник. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»	45
6	Бабак Антон Миколайович	без ступеня	без звання	інженер. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»	34
7	Куан Фам Дик	без ступеня	без звання	інженер. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»	24

Рішення вченої (наукової, науково-технічної) ради від "12" лютого 2018р., протокол № 2
щодо завершення роботи

Керівник проекту

Проректор з наукової роботи

ПІБ: Бобир М. І.

ПІБ: Віталій ПАСІЧНИК

Підпис, дата: _____

Підпис, дата: _____

МП

Додаток 1. Список основних публікацій закордонних та вітчизняних вчених, на які
посилаються автори роботи для доведення наукової новизни власних результатів

№	Повні дані про статті
1	Mao H., Mahadevan S. Fatigue damage modelling of composite materials Composite Structures, 58, 2002. - pp.405-410.
2	Luo A.C.J., Mou Y., Han R.P.S. A large anisotropic damage theory based on an incremental

№	Повні дані про статті
	complementary energy equivalence model. International Journal of Fracture 70: 1995. -pp.19-34
3	M. Kaminski, F. Laurin, J.-F. Maire, C. Rakotoarisoa, E. Hémon, "Fatigue Damage Modeling of Composite Structures: the ONERA Viewpoint" // Journal AerospaceLab, Issue 9, 2015, pp. 1-13.
4	Lemaitre J., Desmorat R., Sauzay M. Anisotropic damage law of evolution. Eur. J. Mech. A/Solids 19, 2000. -pp.187-208.
5	Sevenois R.D.B., Van Paeppegem W. Fatigue Damage Modeling Techniques for Textile Composites: Review and Comparison with Unidirectional Composite Modeling Techniques // Applied Mechanics Reviews, 2015. - 67(2). - 020802.
6	Maire J.F., Chaboche J.L. A New Formulation of Continuum Damage Mechanics (CDM) for Composite Materials // Aerospace Science and Technology. - 1997. - № 1. - pp. 247-257.
7	Mahjoub R., Yatim J.M., Sam A.R.M., Hashemi S.Ha. Tensile properties of kenaf fiber due to various conditions of chemical fiber surface modifications. Construction and Building Materials, 55, 2014. -pp.103-113.

Додаток 2. Дані про магістрантів (студентів), аспірантів і докторантів, які працювали за темою з оплатою праці

№	ПІБ	Статус	Назва теми досліджень	Кількість місяців їх роботи за темою з оплатою
1	Куан Фам Дик	студент	Критерії граничного стану конструкційних матеріалів при складному напруженому стані з урахуванням пошкоджуваності	12
2	Нізіньковський Р.	студент	Моделювання анізотропної пошкоджуваності конструкційних матеріалів при пружно-пластичному деформуванні	6
3	Куан Фам Дик	аспірант	Критерії граничного стану конструкційних матеріалів при складному напруженому стані з урахуванням пошкоджуваності	24

Додаток 3. Анотації українською мовою статей, що наведені у Таблиці 2

№	Назви статей та їх анотації
1	<u>Бобырь Н.И., Коваль В.В.</u> Фактор поврежденности в оценке напряженно-деформированного состояния в зонах концентрации напряжений // Проблемы прочности. - 2017. - №3. - С.21-29 http://www.ipp.kiev.ua/journal/2017_u.htm Приведены и проанализированы инженерные методы расчёта напряжений и деформаций в зонах концентрации при упругопластическом деформировании конструктивных элементов. Показано, что для оценки закономерностей кинетики эффективных коэффициентов концентрации напряжений и деформаций наиболее приемлемой по точности является модификация Махутовым аналитической зависимости Нейбера. Введено понятие рассеянной поврежденности. Влияние учёта рассеянных повреждений на оценку напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов продемонстрировано на примере упругопластического деформирования пластинки с отверстием.
2	<u>ЛОБАНОВ Л.М, ПАЩИН М.О., МИХОДУЙ О.Л., СИДОРЕНКО Ю.М.</u> Вплив ударної дії електрода-індентора на напружено-деформований стан сплаву АМгб при

№	Назви статей та їх анотації
	<p>електродинамічній обробці. Проблемы прочности. - 2017. - №3. - С.30-42. http://www.ipp.kiev.ua/journal/2017_u.htm Описана расчетная модель процесса ударного взаимодействия электрода-индентора с пластиной при электродинамической обработке сварных соединений из алюминиевого сплава АМг6. Решение задачи проводилось в плоской двухмерной лагранжевой постановке с использованием программы ANSYS/LS-DYNA. Представлены результаты расчета процесса формирования в пластине зон остаточных нормальных напряжений и пластических деформаций при ударном упруго-пластическом взаимодействии с индентором, разогнанным до скорости 1, 5 и 10 м/с.</p>
3	<p>ЛОБАНОВ Л.М., ПАЩИН Н.А., ТИМОШЕНКО А.Н., ГОНЧАРОВ П.В., МИХОДУЙ О.Л., СИДОРЕНКО Ю.М. Влияние электродинамической обработки на долговечность сварных соединений алюминиевого сплава АМг6, 2017, N2. - С.30-35. http://www.ipp.kiev.ua/journal/2017_u.htm Исследовали влияние электродинамических воздействий на долговечность сварных соединений из алюминиевого сплава АМг6 при циклическом нагружении. Установлено, что электродинамическая обработка (ЭДО) образцов стыковых сварных соединений сплава АМг6 вызывает снижение уровня остаточных сварочных напряжений растяжения, сопровождаемое изменением их знака.</p>

Додаток 4. Анотації українською мовою монографій, що наведені у Таблиці 5

№	Назви монографій та їх анотації
1	<p><u>Бобырь Н.И.</u>, Маковой В.А. Профилирование винтообразных труб теплообменников / Lambert, Academic Publisting, 2017, 230 с. Викладені результати досліджень впливу основних технологічних фізико-механічних та експлуатаційних параметрів на процес формування гвинтоподібних труб різного призначення для енергетичних установок. Описані моделі пошкоджуваності та руйнування елементів конструкцій в залежності від основних параметрів пружнопластичного деформування.</p>
2	<p>Бобир М.І. Динаміка та довговічність високошвидкісних прецизійних центрифуг: Монографія / <u>М.І. Бобир</u>, <u>А.Є.Бабенко</u>, <u>Я.І.Лавренко</u>, <u>О.П.Халімон</u>. - Нац.техн.ун-т України «КПІ імені Ігоря Сікорського». Електронне видання -Київ: А, 2017. - 171с. Монографія присвячена розв'язанню актуальної науково-практичної задачі розвитку методу розрахунку високошвидкісних прецизійних центрифуг з врахуванням їх динаміки та конструктивних особливостей. Наукове та практичне значення отриманих результатів полягає у визначенні, по-перше, умов достатніх для забезпечення необхідної якості сепарації та, по-друге, забезпечення необхідного терміну експлуатації. Для виконання першої задачі розроблено метод визначення динамічних характеристик з врахуванням гіроскопічних ефектів на основі нової конструктивної моделі, яка враховує реальну конструкцію роторної системи, та враховує конструкцію пружних опор. Розглянуто вплив статичного і динамічного дисбалансу на коливання, і показано, що вони викликають вимушені коливання, а також визначені необхідні умови стійкості руху. Для виконання другої задачі створено метод визначення довговічності центрифуги на основі моделі накопичення розсіяних мікропошкоджень, що дає можливість широкого використання для розрахунку елементів конструкцій при повторно-змінному навантаженні з врахуванням пошкоджуваності.</p>

Додаток 5. Анотації захищених кандидатських і докторських дисертацій виконавцями проекту, що наведені у Таблиці 7

№	Назви дисертацій та їх анотації
1	<p>Єщенко В.О. «Напружено-деформований стан біомеханічних систем металоостеосинтезу», дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.02.04 - механіка деформівного твердого тіла.керівник д.т.н. проф. Кришук М.Г.,</p>

№	Назви дисертацій та їх анотації
	<p>(31.10.2016р.), Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» МОН України, Київ, 2016.</p> <p>Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.02.04 - механіка деформівного твердого тіла. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» МОН України, Київ, 2016. З використанням інформаційних технологій і систем СТ/CAD/CAE комп'ютерної томографії та інженерного аналізу розроблено та вивчено моделі неоднорідних анізотропних деформівних середовищ біомеханічних систем. Вперше розроблено метод обчислення параметрів функціональної надійності БМС з конструкціями металоостеосинтезу та імплантатами. На основі оцінок головних показників граничного стану БМС проведено оцінки параметрів функціональної надійності БМС "нижня кінцівка з переломом і зовнішнім апаратом фіксації кісткових уламків" при транспортуванні постраждалих санітарним колісним засобом, БМС колінного суглобу при втраті жорсткості зв'язок наколінка і двох типах дисплазії стегнової кістки, БМС нижньої щелепи з переломом і конструкцією остесинтезу і БМС "щелепа - зубний моноблочний імплант - супраконструкція" при функціональному навантаженні.</p>
2	<p>Сидоренко Ю.М. "Спецтема" за спеціальністю 20.02.14 - озброєння і військова техніка. дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, Науковий консультант М.І. Бобир, (06.10.2016р.)</p> <p>Робота має гриф обмеженого доступу (таємно).</p>

Керівник роботи

ПІБ: Бобир М. І.

Підпис: _____ Дата: _____