

**Секція:** Авіаційно-космічна техніка і транспорт

**Назва пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки згідно з Законом України:**  
Технології енергетичного машинобудування

**Назва напрямку секції 1.** Науково-технічні проблеми дослідження, проектування, виробництва, випробування, експлуатації та ремонту двигунів та енергоустановок для авіаційно-космічної техніки і транспортних засобів

**Назва піднапрямку секції 1.2** Фізичне та математичне моделювання, системний аналіз і синтез процесів в двигунах та енергоустановках

## **ЗВІТ ЗА ЕТАПОМ 2015 РОКУ**

### **за науково-дослідною роботою**

(Характер НДР: прикладне дослідження)

- 1. Тема НДР:** “Числовий аналіз динаміки ротора ТНА РРД з урахування динамічних характеристик підшипників і ущільнень”
- 2. Керівник НДР:** Марцинковський Володимир Альбінович
- 3. Номер державної реєстрації НДР:** 0115U000679
- 4. Назва вищого навчального закладу:** Сумський державний університет
- 5. Терміни виконання:** початок - 1 січня 2015 р., закінчення - 31 грудня 2016 р.
- 6. Наукові результати** (до 30 рядків тексту).

виконано аналіз сучасного стану конструювання, методів розрахунку і досліджень ущільнень-опор та динаміки ротора. Огляд наявних експериментальних стендів та спеціалізованих програм для розрахунку динаміки роторів з урахуванням підшипників та ущільнень. Обрано напрямок та методи досліджень;

розроблені методи аналізу спільних радіальних, кутових і осьових коливань, методів розрахунку критичних частот, границь стійкості руху, амплітудних і фазових частотних характеристик роторів турбонасосів з урахуванням шпарових ущільнень і автоматів врівноваження осьових сил; методичні основи розрахунку і проектування нових конструкцій турбонасосів без виносних підшипників, в яких шпарові ущільнення і автомати врівноваження виконують одночасно функції радіально-осьових опор; нові конструкції шпарових ущільнень і підшипників ковзання.

створений експериментальний стенд для динамічних випробувань роторів, який імітує радіальні і осьові навантаження, а також систему опорно-ущільнювальних вузлів, та дозволяє експериментально визначати динамічні характеристики ротора, підшипників і ущільнень. Розроблена методика проведення експериментальних досліджень ротородинамічних характеристик.

### **7. Результати етапів (відповідно до технічного завдання):**

Номер етапу	Назва етапу згідно з технічним завданням.	Заплановані результати етапу	Отримані результати етапу
1.	Розробка методів розрахунку і експериментальних досліджень роторів турбонасосів з урахуванням шпарових ущільнень і автоматів врівноваження осьових сил	Огляд літературних джерел. Теоретичні основи числових розрахунків, оригінальний експериментальний стенд та методика проведення експериментальних досліджень	Огляд літературних джерел за темою досліджень. Обґрунтування вибору найбільш перспективних напрямків та методів досліджень. Теоретичні основи

	<p>ротородинамічних характеристик турбонасосних агрегатів рідинних ракетних двигунів.</p> <p>Проміжний звіт.</p>	<p>числових розрахунків ротородинамічних характеристик турбонасосних агрегатів рідинних ракетних двигунів.</p> <p>Оригінальний експериментальний стенд та методика проведення експериментальних досліджень ротородинамічних характеристик.</p> <p>Проміжний звіт.</p>
--	--	---

### 8. Результативність виконання науково-дослідної роботи

	Показники	Виконано (за результатами НДР)
		кількість
1.	<p><b>Публікації виконавців за тематикою НДР:</b></p> <p>1.1. Статті у журналах, що входять до наукометричних баз даних Scopus, Web of Science та/або Index Copernicus (для соціо-гуманітарних наук).</p> <p>1.2. Публікації в матеріалах конференцій, що входять до наукометричних баз даних, які вказані у п. 1.1.</p> <p>1.3. Статті у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України та, які не зазначені у а. 1.1.</p> <p>1.4. Публікації у матеріалах конференцій та виданнях, що не включені до переліку наукових фахових видань України.</p> <p>1.5. Монографії, опубліковані за рішенням Вченої ради ВНЗ.</p> <p>1.6. Підручники, навчальні посібники.</p>	<p>2</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>-</p> <p>-</p>
2.	<p><b>Підготовка наукових кадрів:</b></p> <p>2.1. Захищено докторських дисертацій за тематикою НДР.</p> <p>2.2. Подано до розгляду спеціалізовану вчену раду докторських дисертацій за тематикою НДР.</p> <p>2.3. Захищено кандидатських дисертацій за тематикою НДР.</p> <p>2.4. Подано до розгляду у спеціалізовану вчену раду кандидатських дисертацій за тематикою НДР.</p> <p>2.5. Захищено магістерських робіт за тематикою НДР.</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>2</p> <p>-</p> <p>-</p>
3.	<p><b>Охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності створені за тематикою НДР:</b></p> <p>3.1. Отримано патентів (свідоцтв авторського права) України.</p> <p>3.2. Подано заявок на отримання патенту України.</p> <p>3.3. Отримано патентів (свідоцтв авторського права) інших держав.</p> <p>3.4. Подано заявок на отримання патенту інших держав.</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>
4.	<p><b>Участь з оплатою у виконанні НДР:</b></p> <p>4.1. Студентів.</p> <p>4.2. Молодих учених та аспірантів.</p>	<p>3</p> <p>2</p>

**9. Бібліографічний перелік монографій, підручників, посібників, наукових статей, інших публікацій; подані заявки та отримані патенти; теми захищених та поданих до розгляду у спеціалізовану вчену раду дисертацій** (за матеріалами досліджень за звітний період).

1. Гудков, С.Н. Ресурсные испытания торцового сальникового уплотнения с реверсивными канавками / С.Н. Гудков, А.В. Загорулько // Международный научный журнал «Технологический аудит и резервы производства». – Харьков, 2015. – №1(21).– С. 11-15.
2. Марцинковский, В.А. Осевые колебания системы ротор-торцовое сальниковое уплотнение / В. А. Марцинковский, С. Н. Гудков, Ч. Кундера. Научно-производственный и информационный журнал «Компрессорное и энергетическое машиностроение», №4.
3. Верещака С.М. Термопружний напружений стан склопластикового шарнірно обпертого циліндра з урахуванням неідеального контакту між шарами/ С.М. Верещака, А.В. Дейнека// Вісник Запорізького національного університету: Збірник наукових статей. Фізико-математичні науки. – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2015. – 42-50 с.
4. A. Zahorulko. Experimental investigation of mechanical properties of stuffing box packings. Sealing Technology, P. 7–13.
5. S. Blasiak, A.V. Zahorulko. A parametric and dynamic analysis of non-contacting gas face seals with modified surfaces. Tribology International 94, P. 126-137.
6. А.В. Загорулько. Теоретические и экспериментальные исследования затворного торцового импульсного уплотнения с дискретным подводом. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 4 (7 (76)), P. 45-52.
7. Gudkov Sergii. An analysis of axial vibration in face packing seals / Sergii Gudkov, Volodymyr Martsynkowskyu, Czesław Kundera // 12<sup>th</sup> Conference on Active Noise and Vibration Control Methods. – Kraków – Krynica Zdrój, Poland, June 08-11, 2015. – P. 51.
8. Martsynkowskyu Volodymyr. Selected Dynamic Problems of the Face Packing Seal / Volodymyr Martsynkowskyu, Czesław Kundera, Sergii Gudkov // Machine Modeling and Simulations 2015: 20<sup>th</sup> Scientific Slovak-Polish Conference (September 7-9, 2015, Terchová, Slovak Republic). – P. 40.
9. Peczkis G. and Zahorulko A. Analysis of the rotordynamics coefficients of a seal – bearing unit in a multistage centrifugal pump. 14th EDF/Pprime Workshop: Futuroscope, October 8 & 9, 2015. - P. 42.
10. Boyarskiy D., Zahorulko A., Martsinkovsky V., Fillon M. CFD analysis of oil film cooling influence on thermal state of thrust sliding bearing. 14th EDF/Pprime Workshop: Futuroscope, October 8 & 9, 2015. - P. 43.
11. Дейнека А.В. Розв'язання задачі термопружності склопластикової труби за допомогою сплайн-функцій / С.М. Верещака, А.В. Дейнека, В.В. Данільцев // 12-й міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: Тези доповідей. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД. – 2015. – С. 51.
12. Святашова, А. В. Розрахунок торцевого сальникового ущільнення з урахуванням шорсткості сальникової набивки / А. В. Святашова, С. М. Гудков // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студ. фак-ту технічних систем та енергоефективних технологій (м. Суми, 14-17 квітня 2015 р.) / Редкол.: О Г. Гусак, В.Г. Євтухов. — Суми : СумДУ, 2015. — Ч.1. — С. 116.
13. Почкун, Є.М. Термопружний напружений стан багатошарового циліндра з дефектами структури / Є.М. Почкун, А.Ю. Міхалько, А.В. Дейнека // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студ. фак-ту технічних систем та енергоефективних технологій (м. Суми, 14-17 квітня 2015 р.) / Редкол.: О Г. Гусак, В.Г. Євтухов. — Суми : СумДУ, 2015. — Ч.1. — С. 141.
14. Міхалько, А.Ю. Термопружний напружений стан багатошарової труби / А.Ю. Міхалько, А.В. Дейнека, С.М. Верещака // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студ. фак-ту технічних систем та енергоефективних технологій (м. Суми, 14-17 квітня 2015 р.) / Редкол.: О Г. Гусак, В.Г. Євтухов. — Суми : СумДУ, 2015. — Ч.1. — С. 169.

15. Лісовенко Д. В. Експериментальні дослідження запірних торцевих імпульсних ущільнень / Лісовенко Д.В., Загорулько А. В. // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студ. фак-ту технічних систем та енергоефективних технологій (м. Суми, 14-17 квітня 2015 р.) / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. — Суми : СумДУ, 2015. — Ч.1. — С. 118.

16. Масалітін І. О. Комп'ютерний аналіз ротородинамічних характеристик лабіринтних і демпферних ущільнень / Масалітін І. О., Загорулько А. В. // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студ. фак-ту технічних систем та енергоефективних технологій (м. Суми, 14-17 квітня 2015 р.) / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. — Суми : СумДУ, 2015. — Ч.1. — С. 130.

17. Боярський Д. П. Комп'ютерне моделювання механізму змащення упорного колодкового підшипника ковзання / Боярський Д. П., Кайота Д. О., Загорулько А. В. // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студ. фак-ту технічних систем та енергоефективних технологій (м. Суми, 14-17 квітня 2015 р.) / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. — Суми : СумДУ, 2015. — Ч.1. — С. 131.

18. Пилипенко В. В. Експериментальна установка для досліджень ротородинамічних характеристик лабіринтних і демпферних ущільнень / Пилипенко В. В., Загорулько А. В. // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студ. фак-ту технічних систем та енергоефективних технологій (м. Суми, 14-17 квітня 2015 р.) / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. — Суми : СумДУ, 2015. — Ч.1. — С. 143.

19. Кириленко В. В. Комп'ютерне моделювання та дослідження напружено-деформованого стану робочих коліс відцентрового компресора / Кириленко В. В., Савченко Є. М. // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студ. фак-ту технічних систем та енергоефективних технологій (м. Суми, 14-17 квітня 2015 р.) / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. — Суми : СумДУ, 2015. — Ч.1. — С. 139.

20. Гребенюк М. О. Дослідження у програмному комплексі ansys причин руйнування робочих коліс відцентрового компресора з урахуванням не стаціонарності потоку / Гребенюк М. О., Савченко Є. М. // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студ. фак-ту технічних систем та енергоефективних технологій (м. Суми, 14-17 квітня 2015 р.) / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. — Суми : СумДУ, 2015. — Ч.1. — С. 138.

21. Благодырь Ф. И. Применение программного комплекса labview для сбора, обработки и анализа измерительной информации / Благодырь Ф. И., Савченко Є. М. // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студ. фак-ту технічних систем та енергоефективних технологій (м. Суми, 14-17 квітня 2015 р.) / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. — Суми : СумДУ, 2015. — Ч.1. — С. 140.

#### **Теми захищених та поданих до розгляду у спеціалізовану вчену раду дисертацій:**

1. Дейнека А.В. «Конструкційна міцність багат шарових елементів машин з дефектами структури».

2. Гудков С.М. «Торцеве сальникове ущільнення з гідродинамічним розвантаженням пари тертя».

#### **10. Використання результатів НДР у навчальному процесі та/або в промисловості (інших галузях) (до 15 рядків):**

Отримані наукові результати впроваджені у навчальні курси: «Гермомеханіка» (викладач С.М. Гудков), «Динаміка роторних машин» (викладач проф. В.І. Симоновський), «Комп'ютерне моделювання динамічних систем» та «Практикум з обчислювальної механіки» (викладач доц. А.В. Загорулько) у вигляді теоретичних основ числових розрахунків ротородинамічних

характеристик турбонасосних агрегатів рідинних ракетних двигунів. Укладено договір з Державним підприємством «Конструкторським бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля».

**11. Опис інших видів діяльності у рамках НДР.**

Співпраця у рамках проекту з відділом Інженерної механіки комплексних систем науково-дослідного інституту «ПіПрайм» Університету Пуатьє (м. Пуатьє, Франція) і з лабораторією роторної динаміки машинобудівного факультету Техаського А&М університету (м. Техас, США).

**12. Кількість штатних співробітників** \_\_-\_\_, кількість сумісників \_\_7\_\_, молодих учених з оплатою \_\_2\_\_, кількість студентів з оплатою \_\_3\_\_, які брали участь у виконанні НДР

**13. Рішення наукової ради** від \_\_24.12.2015\_\_ протокол № \_\_5\_\_ про затвердження звіту

**Керівник роботи:**

**Проректор із наукової роботи:**

\_\_\_\_\_ Марцинковський В.А.  
підпис

\_\_\_\_\_ Черноус А.М.  
підпис

**МП**