

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. Генерального директора  
ДП «КБ «Південне»  
Михайло БОНДАР  
2024р.

## ВИСНОВОК

### про наукову новизну, теоретичне і практичне значення результатів дисертації

на тему: ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ПАРАМЕТРІВ КАПІЛЯРНИХ  
ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУЦІЛЬНОСТІ ПАЛИВА ВІД ТЕРМІНУ ЇХ  
ЕКСПЛУАТАЦІЇ

здобувача наукового ступеню доктора філософії Міня Олександра  
Миколайовича

з галузі знань

**13 Механічна інженерія**

*шифр, назва галузі знань*

за спеціальністю

**134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.**

*шифр, назва спеціальності*

Попередню експертизу проведено на засіданні секції НТР КБ-2  
25 січня 2023 року, протокол №1.

**1. Актуальність теми дослідження.** Наукову працю спрямовано на теоретичне і експериментальне дослідження закономірностей зміни значень основних проектних параметрів сітчастих розділювачів фаз капілярних засобів забезпечення суцільності палива космічних літальних апаратів з тривалим терміном експлуатації та багаторазовим вмиканням рушійної установки в умовах невагомості, що є актуальною та своєчасною темою для ракетно-космічної галузі України.

### **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Науково-дослідні роботи, теоретичне і експериментальне дослідження закономірностей зміни значень основних проектних параметрів сітчастих розділювачів фаз було виконано в рамках наступних тем та програм:

- «Концепція Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2021-2025 роки» схвалено розпорядженням кабінету Міністрів України від 13 січня 2021 р. №15-р;

- модернізація ракет-носіїв і космічних літальних апаратів щодо зниження несприятливого впливу на екологію навколоземного космічного простору (номер теми ФТФ-26-13, номер держреєстрації 0114U000185);

- закономірності процесів гідродинаміки і теплообміну в умовах низької гравітації та їх вплив на проектні параметри систем подачі палива літальних апаратів (номер теми 6-242-11, номер держреєстрації 0111U001142);

- розробка перспективних систем запуску двигуна в умовах невагомості (мікрогравітації) космічних літальних апаратів відповідно до тематичних планів ДП «КБ «Південне», тема: «Дніпро», «Циклон-4», «Циклон-4М» та НТРП (науково-технічний розвиток підприємства).

**3. Мета і завдання дослідження.** Встановлення закономірностей зміни капілярної утримуючої здатності сітчастих розділювачів фаз протягом тривалого терміну їх експлуатації і удосконалення методик визначення параметрів капілярних засобів забезпечення суцільності палива з урахуванням тривалого терміну дії на них компонентів рідкого ракетного палива: азотного тетроксиду та несиметричного диметилгідразину.

*Об'єктом дослідження* є утримуюча здатність сітчастого розподільвача фаз капілярного засобу забезпечення суцільності палива у процесі довготривалої експлуатації космічного літального апарата.

*Предметом дослідження* є процес зміни капілярної утримуючої здатності сітчастих розділювачів фаз капілярних засобів забезпечення суцільності палива (сталевих сіток саржевого типу переплетіння), які тривалий термін перебували під впливом хімічно агресивних компонентах палива – азотного тетроксиду та несиметричного диметилгідразина і їх парів.

#### 4. Наукова новизна отриманих результатів.

У дисертації одержані такі нові наукові результати:

- уточнено залежність швидкості корозії основного конструкційного матеріалу сітчастого розділювача фаз (на прикладі сітки зі сталі марки 12X18H10T саржевого типу плетіння № 008 з квадратною чарункою у світлі) від терміну їх перебування в хімічно агресивних компонентах палива (азотному тетроксиді та несиметричному диметилгідразині) і під їх парами;

- вперше виявлено, що корозія сталі 12X18H10T у газовій фазі азотного тетроксиду та несиметричного диметилгідразину протікає ~ 1,5 рази швидше, ніж у рідкій. У середньому вона, майже у 2 рази перевищує відоме теоретичне значення, яке дорівнює  $1 \cdot 10^{-4}$  мм на рік. Складає  $1,91 \cdot 10^{-4}$  для азотного тетроксиду та  $2,13 \cdot 10^{-4}$  для несиметричного диметилгідразину, що еквівалентно збільшенню розміру чарунок (на 31 рік експлуатації) з номінального значення у 80 мкм до 91,8 мкм (для азотного тетроксиду) та 93,2 мкм (для несиметричного диметилгідразину);

- виявлено закономірності процесу втрати КУЗ внаслідок порушення рівноваги зовнішніх та внутрішніх сил на поверхні розподілу фаз «рідина-газ» капіляру в чарунці сітки, що залежать від терміну перебування конструкційного матеріалу сітки в агресивних компонентах палива, фази (рідка чи газова) і типу компоненту (азотний тетроксид чи несиметричний диметилгідразин). Отримано графіки лінійної регресії зміни значень капілярної утримуючої здатності сітчастих розділювачів фаз за часом. Максимальне зниження капілярної утримуючої здатності отримано для сталевих сіток № 008, які впродовж 31 року перебували під впливом парів азотного тетроксиду та несиметричного диметилгідразину: 11% (для азотного тетроксиду) і 23% (для несиметричного диметилгідразину);

- вперше отримано, що у разі тривалого терміну перебування конструкційного матеріалу сітки № 008 в газовій фазі несиметричного диметилгідразина (31 рік), внаслідок адгезійних процесів на поверхні металу

з часом відбувається поступове збільшення контактного кута змочування  $\theta$  з  $0^\circ$  до  $25^\circ$ ;

- отримано нові (більш точні) коефіцієнти для напівемпіричної математичної моделі критичного числа Бонда, що суттєво підвищує точність визначення основних параметрів СРФ при проектуванні капілярних ЗЗС палива;

- подальшого вдосконалення отримали математичні моделі визначення проектних параметрів капілярних засобів забезпечення суцільності палива за рахунок введення до них змінної складової – функції часу.

## **5. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації є таким:**

- розраховано коефіцієнти максимальної швидкості корозії, застосування яких вдосконалює інженерні методики розрахунків основних параметрів сітчастих розділювачів фаз капілярних засобів забезпечення суцільності палива під час їх проектування;

- на основі визначених при науково-експериментальних дослідженнях закономірностей розроблені інженерні методики розрахунку основних проектних параметрів сітчастих розділювачів фаз капілярних засобів забезпечення суцільності палива з тривалим терміном експлуатації, а саме: статичної капілярної утримуючої здатності; динамічної капілярної утримуючої здатності; гідравлічного опору;

- використовуючи удосконалений підхід до визначення основних проектних параметрів СРФ капілярних засобів забезпечення суцільності палива з тривалим терміном експлуатації у хімічно агресивних компонентах палива (азотному тетроксиді та несиметричному диметилгідразині) і під їх парами, можливо оперативно та з більшою точністю, ніж це було раніше, визначити: статичну і динамічну капілярну утримуючу здатність, еквівалентний капілярний діаметр пор, коефіцієнт гідравлічного опору і

мінімально потрібну площу змоченої поверхні сітчастого розділювача фаз, застосовувати оптимальні значення коефіцієнтів запасу і підібрати оптимальний типорозмір сітки ще на етапі ескізного проектування, що дозволить оптимізувати обрану конструкцію і зробити її більш надійною;

- використання удосконалених методик вибору основних проектних параметрів СРФ капілярних засобів забезпечення суцільності палива з тривалим терміном експлуатації у хімічно агресивних компонентах палива (азотному тетроксиді та несиметричному диметилгідрозині) і під їх парами, дозволяє зменшити кількість експериментальних випробувань (або відмовитись від них взагалі) і, тим самим, зменшити загальні часові та матеріально-технічні витрати при виконанні проектних робіт.

#### **6. Використання результатів роботи:**

- результати теоретичних та експериментальних досліджень, розрахункові моделі, а також розроблені методики визначення основних проектних параметрів СРФ капілярних засобів забезпечення суцільності палива з тривалим терміном експлуатації у хімічно агресивних компонентах палива (азотному тетроксиді та несиметричному диметилгідрозині) і під їх парами знайшли практичне використання (підтверджено актами впровадження та апробування) у виробничому процесі ДП «КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля під час виконання робіт з розробки перспективних космічних літальних апаратів та їх окремих систем;

- результати дисертаційних досліджень використовуються у процесі проведення лекційних, практичних і лабораторних занять відповідно до навчальних планів на кафедрі ракетно-космічних та інноваційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

**Особиста участь автора** в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі, висвітлено в 21 роботі, з них 1 стаття у вітчизняному фаховому виданні, що входить до

наукометричної бази SCOPUS та Web of Science, 2 статті у закордонному виданні, що входить до наукометричної бази Web of Science та 6 статей у фахових виданнях України, що входять до наукометричних баз даних Index Copernicus, Google Scholar, CiteFactor. Без співавторства виконано 4 статті. В матеріалах наукових конференцій та збірниках тез доповідей опубліковано 12 праць.

Усі наукові результати отримані автором самостійно. У працях, опублікованих у співавторстві, автору належать такі результати: [1] – теоретичне й експериментальне дослідження, обробка і аналіз результатів, визначення залежностей; [2] – побудова 3D моделей, проведення розрахунків, обробка і аналіз результатів, визначення залежностей; [4] – проведення експериментальних випробувань, побудова 3D моделей, обробка і аналіз результатів, визначення залежностей; [5] – експериментальне дослідження, обробка і аналіз результатів; [6] – проведення розрахунків, аналіз результатів, висновки.

Статтю [1], що опубліковано у співавторстві, присвячено експериментальному дослідженню закономірностей зміни значень капілярної утримуючої здатності сітчастих розділювачів фаз капілярних засобів забезпечення суцільності палива космічних літальних апаратів з тривалим терміном експлуатації та багаторазовим вмиканням рушійної установки в умовах невагомості. Виявлені закономірності процесу втрати капілярної утримуючої здатності у наслідок порушення рівноваги зовнішніх та внутрішніх сил на поверхні розподілу фаз «рідина – газ» капіляру в чарунці сітки, що залежать від терміну перебування конструкційного матеріалу сітки в компонентах палива, фази (рідка чи газова) і типу компоненту (азотний тетроксид чи несиметричний диметилгідразин).

Статтю [2], що опубліковано у співавторстві, присвячено пошуку і вибору оптимальної конструкції забірною пристрою у паливних баках космічних літальних апаратів з наявністю тунельного трубопроводу, який би забезпечував підвищення енергетичних характеристик. Наведено результати

експериментального дослідження та чисельного моделювання процесу формування залишку компонентів палива, що не випрацьовуються для різних типів забірних пристроїв. Обрано найбільш оптимальний тип забірної пристрою, з точки зору забезпечення підвищення енергетичних характеристик ракети-носія «Цикло-4».

В роботі [3] розроблено класифікацію капілярних засобів забезпечення суцільності палива, на підставі огляду та аналізу основних типів конструкцій за призначення, що втілено в конструкції існуючих космічних апаратів. За результатами проведеного аналізу визначено, що найбільшого розповсюдження отримали засоби забезпечення суцільності палива капілярного типу.

В роботі [4], що опубліковано у співавторстві, висвітлено результати експериментального дослідження та чисельного моделювання процесу формування статичного залишку компонентів палива для забірних пристроїв центрального типу. В результаті проведених робіт було створено комбінований розрахунково-експериментальний метод визначення статичного значення залишку компонентів палива у паливних баках ракет-носіїв з забірними пристроями центрального типу, який поєднує проведення експериментального відпрацювання і чисельного моделювання.

В роботі [5], що опубліковано у співавторстві, розглянуто випадок осадження палива в баку окислювача космічного ступеня ракети з використанням двох двигунів малої тяги перед повторним включенням маршового двигуна в умовах невагомості. Підтверджено комбінований розрахунково-експериментальний метод визначення потрібного часу осадження палива, який поєднує проведення експериментального відпрацювання і чисельного моделювання.

У статті [6], що опубліковано у співавторстві, розглянуто конструкції бічного, сифонного і кільцевого забірних пристроїв, проведено розрахунок їх основних параметрів і порівняльний аналіз зміни енергетичних характеристик ракети-носія в залежності від вибраної конструкції. Ви-

значена ефективність роботи забірних пристроїв, що розглядаються, за параметром значення висоти провалу рівня в статичних умовах, яке безпосередньо визначає масу залишків, що не виробляються. Результатом проведених розрахунково-аналітичних робіт стало визначення найбільш оптимального варіанту забірної пристрою, яким за декількома параметрами виявився сифонний забірний пристрій.

У статті [7] наведено результати багаторічного дослідження впливу тривалого терміну перебування основних функціональних елементів капілярних засобів забезпечення суцільності палива – сітчастих розділювачів фаз, у компонентах рідкого ракетного палива  $N_2O_4$  та  $(CH_3)_2N_2H_2$  і під їх парами, на зміну капілярної утримуючої здатності сіток з квадратною чарункою у світлі. Визначено величину її зниження протягом 31 року. Проведено аналіз основних факторів, що вплинули на зміну капілярної утримуючої здатності: рівномірних корозійних уражень та локальних змін мікроструктури конструкційного матеріалу сіток, зміни значення контактного кута змочування палива з матеріалом сіток. Отримані результати дозволяють при проектуванні капілярних засобів забезпечення суцільності палива досить точно прогнозувати збереження працездатності сітчастих розділювачів фаз, після їх тривалого перебування у хімічно агресивних компонентах палива, що гарантує можливість безаварійного багаторазового запуску рушійної установки космічного літального апарату, в умовах невагомості, під час тривалого терміну експлуатації.

В роботі [8] виконані дослідження по визначенню швидкості корозії основного конструкційного матеріалу сітчастих розділювачів фаз – сталевих сіток саржевого типу переплетіння, та її вплив на структурні і геометричні характеристики сіток; наведено результати експериментального визначення зміни капілярної утримуючої здатності сіток; наведено результати удосконалення фізичної моделі визначення капілярної утримуючої здатності сіток, враховуючи термін їх експлуатації у складі паливної системи космічних літальних апаратів. В результаті проведених робіт визначено



коефіцієнт максимальної швидкості корозії. Уточнено фізичну модель залежності осередненого значення критичного числа Бонду від температури компонентів палива. Отримано лінійні регресії зміни апроксимованих значень капілярної утримуючої здатності сіток в залежності від терміну їх експлуатації. Визначено збільшення середнє арифметичного значення контактного куту змочування  $\theta$  в несиметричному диметилгідразині за 31 рік експлуатації сітчастих розділювачів фаз. Отримано удосконалену фізичну модель визначення капілярної утримуючої здатності сіток, з урахуванням терміну їх експлуатації в азотному тетроксиді та несиметричному диметилгідразині.

У статті [9] опубліковано результати визначення зменшення діаметрів дротів та збільшення розмірів чарунок сіток капілярних розділювачів фаз в наслідок корозійного враження основного конструкційного матеріалу сітки нержавіючої сталі марки 12X18H10T. За результатами проведених робіт було: визначено, що катіони металів на поверхні зразків сіток відповідають елементам, що входять до складу сплаву алюмінію та сталі – основних конструкційних матеріалів паливних баків ракет-носіїв; сталь 12X18H10T не піддається в азотному тетроксиді та несиметричному диметилгідразині локальним видам корозії (піттингової, міжкристалічній, крапковій, контактній, щілинній та корозійному розтріскуванню під навантаженням); встановлено присутність суцільного (рівномірного) корозійного враження поверхні дротів сіток; отримані залежності зміни основних геометричних параметрів сіток (діаметрів дротів і розмірів чарунок) протягом часу, відповідно до яких встановлені межі швидкостей корозії нержавіючої сталі марки 12X18H10T в рідкій та газовій фазі досліджуваних компонентів палива; розраховані коефіцієнти максимальної швидкості корозії.

Дисертаційну роботу виконано у ЛСНД-216 Державного Підприємства «Конструкторське Бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля».

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, експерти дійшли висновку, що дисертаційна робота Міая Олександра Миколайовича

є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Дисертація характеризується єдністю змісту та відповідає вимогам щодо її оформлення. Особиста участь автора полягає в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі, в аналізі та пошуку літературних джерел інформації, розробці наукової гіпотези та методики наукових досліджень, оформленні та узагальненні роботи, участі у виконанні аналітичної частини, аналізі та обґрунтуванні отриманих результатів, формулюванні висновків і рекомендацій, підготовці отриманих матеріалів до публікацій та оприлюднення даних, щодо наукового дослідження відповідно до плану та теми дисертаційної роботи.

Апробація наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі здійснювались здобувачем особисто при методичній і науковій підтримці наукового керівника, д.т.н. професора Давидова Сергія Олександровича.

Особистий внесок здобувача підтверджений представленими документами і науковими публікаціями.

**7. Перелік публікацій за темою дисертації** із зазначенням особистого внеску здобувача у разі співавторства:

Статті, опубліковані в виданнях, проіндексованих у наукометричних базах даних *Web of Science*, *CoreCollection* та/або *Scopus*

№ п/п	Прізвище, ім'я, по батькові автора	Назва публікації	Назва видання, де опубліковано публікацію	Рік, том, номер (випуск), перша-остання сторінки публікації	Цитування у наукометричній базі (назва НБ <i>Scopus, Web of Science</i> )	Web –сторінка публікації
1	Minai O.	Influence of long-term stays of elements of capillary intake devices in liquid propellant components on their parameters  <i>Особистий внесок здобувача: теоретичне й експериментальне дослідження, обробка і аналіз результатів, визначення залежностей.</i>	Aerospace Research in Bulgaria	2020, Vol. 32, P. 175 – 192.	<i>Web of Science</i>	<a href="https://doi.org/10.3897/arb.v32.e15">https://doi.org/10.3897/arb.v32.e15</a>
2	Minai O.	Choice of the optimum design of lateral PMD using the CFD method  <i>Особистий внесок здобувача: побудова 3D моделей, проведення розрахунків, обробка і аналіз результатів, визначення залежностей.</i>	Aerospace Research in Bulgaria	2023, Vol. 35, P. 128 – 144.	<i>Web of Science</i>	<a href="https://doi.org/10.3897/arb.v35.e13">https://doi.org/10.3897/arb.v35.e13</a>
3	О. М. Мінай	Класифікація, основні типи конструкцій та призначення капілярних засобів забезпечення суцільності палива	Космічна наука і технологія	2024. Т. 30, № 1 (146). С. 14-30.	<i>SCOPUS</i>	<a href="https://doi.org/10.15407/knit2024.01.014">https://doi.org/10.15407/knit2024.01.014</a>

Статті, опубліковані в виданнях, які на дату їх опублікування внесені до переліку наукових фахових видань України

№ п/п	Прізвище, ім'я, по батькові автора	Назва публікації	Назва видання, де опубліковано публікацію	Рік, том, номер (випуск), перша-остання сторінки публікації	Web -сторінка публікації
4	А.Н. Минай	<p>Применение методов численного моделирования при экспериментальной отработке заборных устройств центрального типа</p> <p><i>Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних випробувань, побудова 3D моделей, обробка і аналіз результатів, визначення залежностей.</i></p>	Авіаційно-космічна техніка і технологія	2019. №6 (158). С. 33 – 41.	<a href="https://doi.org/10.32620/aktt.2019.6.05">https://doi.org/10.32620/aktt.2019.6.05</a>
5	А.Н. Минай	<p>Экспериментальное определение времени осаждения топлива в сферическом баке перед повторным включением маршевого двигателя</p> <p><i>Особистий внесок здобувача: експериментальне дослідження, обробка і аналіз результатів.</i></p>	Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки: зб. наук. пр.	2019, Том XXVII, С. 136 – 144.	<a href="https://doi.org/10.15421/471933">https://doi.org/10.15421/471933</a>
6	О.М. Мінай	<p>Выбор оптимальной конструкции заборного прибора у баку пального першого ступеню ракети-носія «Циклон-4»</p> <p><i>Особистий внесок здобувача: проведення розрахунків, аналіз результатів, висновки</i></p>	Авіаційно-космічна техніка й технологія.	2022, №1 (177), С. 25 – 33.	<a href="https://doi.org/10.32620/aktt.2022.1.03">https://doi.org/10.32620/aktt.2022.1.03</a>
7	О.М. Мінай	Зміна капілярної утримної здатності засобів забезпечення суцільності палива в наслідок їх тривалого терміну експлуатації	Вісник ДНУ. Серія: ракетно-космічна техніка, зб. наук. пр.	2023, Том XXXI, С. 58 – 73.	<a href="https://doi.org/10.15421/452306">https://doi.org/10.15421/452306</a>
8	О.М. Мінай	Експериментальне визначення зміни капілярної утримної здатності сітчастих розділювачів фаз	Авіаційно-космічна техніка й технологія	2023, № 6 (192), С. 55 – 65	<a href="https://doi.org/10.32620/aktt.2023.6.07">https://doi.org/10.32620/aktt.2023.6.07</a>
9	О.М. Мінай	Визначення швидкості корозії основного конструкційного матеріалу сіток капілярних розділювачів фаз	Авіаційно-космічна техніка й технологія	2024, № 1 (193), С. 43 – 55	<a href="https://doi.org/10.32620/aktt.2024.1.04">https://doi.org/10.32620/aktt.2024.1.04</a>

## **8. Структура та обсяг дисертації.**

Дисертаційна робота складається із вступу, 4-ох розділів, загальних висновків та списку використаних джерел з 225 найменувань і 4-ох додатків. Загальний обсяг роботи становить 252 сторінок, у тому числі 103 рисунка та 39 таблиць.

## **9. Оцінка мови і стилю дисертації.**

Дисертаційна робота Міная Олександра Миколайовича написана грамотною українською мовою, має змістовну цілісність, послідовність та завершеність. Стиль викладання матеріалу відповідає прийнятому в науковій літературі.

## **10. Ступінь наукової зрілості.**

Під час виконання дисертаційної роботи за час навчання в аспірантурі Мінай Олександр Миколайович проявив високий рівень наукової підготовки, вміння поставити задачу, обґрунтувати шляхи її вирішення та практичної реалізації. Мінай Олександр Миколайович володіє сучасними методами експериментальних досліджень, характеризується високою працездатністю, ініціативністю та наполегливістю.

**Вважати**, що дисертаційна робота Міная Олександра Миколайовича «ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ПАРАМЕТРІВ КАПІЛЯРНИХ ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУЦІЛЬНОСТІ ПАЛИВА ВІД ТЕРМІНУ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ», яку подано на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової

програми Державного підприємства "Конструкторське бюро "Південне" ім. М.К. Янгеля" зі спеціальності – 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

**Рекомендувати:**

Дисертаційну роботу «ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ПАРАМЕТРІВ КАПЛЯРНИХ ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУЦІЛЬНОСТІ ПАЛИВА ВІД ТЕРМІНУ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ», подану Мінаєм Олександром Миколайовичем на здобуття ступеня доктора філософії до захисту.

Генеральний конструктор –  
Перший заступник  
Генерального директора  
ДП "КБ "Південне", к.т.н.

Максим ДЕГТЯРЬОВ

Заступник Генерального конструктора  
з конструювання і супроводження  
конструкцій – головний конструктор  
і начальник КБ-2  
Голова секції НТР КБ-2

Євген ШЕВЦОВ

Учений секретар-  
начальник освітньо-наукового центру,  
к.т.н.

Лариса ПОТАПОВИЧ