

Додаток 2  
до Переліку технічних завдань та тематик спільних прикладних наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок за запитом ініціатора, які будуть внесені на конкурс для відбору виконавців

## **ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ РОБОТИ ТОВ «БАВАТЕКС», суб'єкт малого підприємництва**

### **1. Назва науково-технічної роботи**

Розроблення та експериментальна валідація мобільної модульної системи безреагентної обробки баластної води BawateX на основі гідродинамічної кавітації та регенеративної термічної обробки.

### **2. Назва пріоритетного напрямку конкурсу**

Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки

### **3. Мета і вихідні дані для виконання НТР**

#### **3.1. Найменування Ініціатора**

Товариство з обмеженою відповідальністю «БАВАТЕКС» (ТОВ «БАВАТЕКС»), суб'єкт малого підприємництва. Загальна кількість працівників станом на дату подання заявки - 0 осіб; трудові договори (контракти) з фізичними особами не укладено. Обсяг річного доходу за останній звітний період - 0 грн. Підприємство перебуває на стадії розроблення технології та не здійснювало реалізації продукції, робіт або послуг. Поточні витрати фінансуються за рахунок власних коштів засновників і залученої поворотної фінансової допомоги. Фінансова звітність складається та подається у встановлені законодавством строки і може бути надана за запитом у межах процедури конкурсу.

Окремо від офіційного показника чисельності працівників реалізацію проєкту на поточній стадії забезпечує постійна проєктна команда з трьох осіб. Губов Гліб Борисович (учасник ТОВ, частка 50%, директор) здійснює стратегічне управління та загальну координацію проєкту, розвиває партнерства з промисловими, науковими й міжнародними стейкхолдерами, представляє проєкт перед інвесторами, донорами та галузевими організаціями, відповідає за маркетингові комунікації і взаємодію з кластерами, експертами та потенційними клієнтами. Недов Олексій Сергійович (учасник ТОВ, частка 50%) забезпечує юридичний супровід діяльності компанії, бере участь у базовому фінансовому плануванні та комунікаціях із торгово-промисловими палатами і частиною B2B-клієнтів. Сергій Берил як ключовий учасник проєктної команди координує взаємодію з технічними підрядниками й виробничими партнерами, сприяє розвитку партнерств і просуванню проєкту на галузевому та інституційному рівнях.

На окремих стадіях проєкту передбачається залучення на договірних засадах профільних фахівців і підрядників, зокрема для ведення бухгалтерського обліку та складання фінансової звітності, інженерного проєктування, виготовлення, автоматизації, лабораторних випробувань, сертифікації та інших спеціалізованих робіт.

#### **3.2. Мета виконання НТР**

Розробити, виготовити та експериментально валідувати дослідну систему BWTX-R&D-20 продуктивністю 10-20 м<sup>3</sup>/год, яка поєднує керовану гідродинамічну кавітацію, регенеративний

теплообмін, коригувальний догрів і контрольовану температурну витримку. Визначити підтверджений безпечний робочий діапазон (Safe Design Limits, SDL), біологічну результативність, енергетичні та екологічні показники й сформувати вихідні дані для передпроектного опрацювання (Pre-FEED) промислового модуля BWTX-100 продуктивністю 100 м³/год.

### **3.3. Проблеми, на вирішення яких має бути спрямована НТР**

Баластна вода потрібна судну для регулювання осадки й диференту, забезпечення остійності та керованості. Під час її приймання у танки потрапляють бактерії, планктон, яйця й личинки; під час скидання в іншому порту ці організми можуть опинитися в новій екосистемі. Частина з них стає інвазійною, витісняє місцеві види, змінює харчові ланцюги та завдає збитків рибальству, портовій інфраструктурі й прибережним громадам. Тому Міжнародна конвенція про контроль суднових баластних вод і осадів та управління ними (BWM Convention), що набула чинності у 2017 році, встановила обов'язкове управління баластними водами, а правило D-2 - числові граничні показники скиду.

Наявні системи управління баластною водою (Ballast Water Management Systems, BWMS) розв'язують регуляторне завдання, але мають різні екологічні та експлуатаційні обмеження. Технології з активними речовинами потребують контролю залишкових окисників, побічних продуктів і нейтралізації; ультрафіолетові системи залежать від оптичних властивостей води та потребують ламп, електроніки й технічного обслуговування; тонка фільтрація утворює концентрований зворотний потік, схильна до забруднення та збільшує обсяг сервісних операцій. Для частини суден малого й середнього тоннажу стаціонарне дооснащення також обмежене вартістю, доступним простором, електричною потужністю і строками виведення судна з експлуатації.

Технологічний виклик ТОВ «БАВАТЕКС» полягає у відсутності експериментально підтвердженого режиму, за якого мобільна система без дозування або генерування активних речовин, без ультрафіолетового реактора та без тонкої фільтрації як основного механізму біологічної обробки забезпечує нормативний біологічний результат у прісній, солонуватій і морській воді. Для планування випробувань застосовні числові критерії IMO D-2 та USCG BWDS консолідуються у внутрішньому критерії BawateX Combined Regulatory Requirement (BCRR); він не є окремим міжнародним стандартом і не замінює типові схвалення. НТР повинна визначити вплив геометрії реактора, витрати, перепаду тиску, температури, газовмісту, каламутності й часу перебування; перевірити однопрохідний режим як робочу гіпотезу; встановити фактичне енергоспоживання, ризики ерозії, корозії, накипоутворення та невалідного скиду; створити доказову основу для масштабування, пілотування і подальшого типового схвалення.

### **3.4. Обґрунтування потреби Ініціатора у виконанні НТР**

ТОВ «БАВАТЕКС» створює власну мобільну систему обробки баластної води для судновласників, портів, суднобудівних і судноремонтних підприємств. На поточному етапі сформовано концепцію, базис проектування, принципову архітектуру та програму досліджень, але відсутні інтегрований дослідний зразок, калібровані моделі та незалежні випробувальні дані, необхідні для переходу до промислового продукту.

Практичним результатом НТР для Ініціатора стануть верифіковані режими, межі SDL, тепловий і матеріальний баланс, обґрунтована конструкція кавітаційного реактора, методики біологічної та інженерної валідації, комплект конструкторської документації й пакет вихідних даних для BWTX-100. Це зменшить технічні та сертифікаційні ризики й дасть змогу перейти до промислового мінімально життєздатного продукту (Minimum Viable Product, MVP), портового та суднового пілотування, локалізації виробництва і комерціалізації.

### **3.5. Вихідні дані для розроблення науково-технічної продукції**

Робоча редакція Concept Design Basis BawateX BWTX-CDB-001; принципова технологічна схема, попередня схема трубопроводів і контрольно-вимірювальних приладів (Piping and Instrumentation Diagram, P&ID) та реєстр обладнання; вихідні режими BWTX-R&D-20 продуктивністю 10-20 м<sup>3</sup>/год і цільового BWTX-100 продуктивністю 100 м<sup>3</sup>/год; попередні теплові, гідравлічні та енергетичні розрахунки, моделі обчислювальної гідродинаміки (Computational Fluid Dynamics, CFD) і розподілу часу перебування (Residence Time Distribution, RTD); дані виробників обладнання і матеріалів; вимоги потенційних місць пілотування. Нормативною основою є чинні редакції BWM Convention, BWMS Code (MEPC.300(72)), настанов ІМО щодо складних водних умов, 33 CFR Part 151, 46 CFR 162.060, вимоги Регістру судноплавства України та обраного класифікаційного товариства. Актуальність нормативної бази повторно перевіряється до затвердження програми випробувань і заморожування конструкції.

## **4. Основні характеристики науково-технічної продукції**

### **4.1. Опис науково-технічної продукції та її функціональне призначення**

Кінцевою продукцією НТР буде дослідний зразок мобільної модульної проточної системи BWTX-R&D-20 із гідродинамічним кавітаційним реактором CR-201, регенеративним теплообмінником НХ-101, коригувальним нагрівачем НХ-201, секцією температурної витримки RT-301, насосно-регульовальним контуром, засобами вимірювання, автоматизації та пробовідбору. Система призначена для дослідження комбінованої кавітаційно-термічної обробки баластної води з продуктивністю 10-20 м<sup>3</sup>/год у модельних, прісних, солонуватих і морських водних матрицях.

Цільовим комерційним режимом є однопрохідна обробка, можливість і межі якої мають бути підтверджені НТР. Автоматика визначатиме валідність режиму за витратою, тиском, температурою, часом перебування та станом обладнання; вода поза підтвердженням SDL не подаватиметься на штатний вихід і спрямовуватиметься на рециркуляцію або до передбаченої ємності. Разом із дослідним зразком буде створено комплект конструкторської, розрахункової, програмної й експлуатаційної документації, калібровані моделі, методики випробувань і вимоги до промислового мобільного BWTX-100 у контейнерному виконанні 20 або 40 футів залежно від підтвердженої компоновки.

### **4.2. Відповідність рівню технологічної готовності**

Стартовий рівень технологічної готовності консервативно визначено як TRL2: сформульовано концепцію інтегрованої технології, базову архітектуру системи та програму перевірки, але інтегрований дослідний зразок BawateX ще не виготовлено й не валідувано. Промислова зрілість окремих стандартних компонентів не підвищує TRL інтегрованої технології.

Цільовий рівень після завершення НТР - TRL5. Його досягнення підтверджуватиметься виготовленням інтегрованого BWTX-R&D-20, випробуваннями у релевантному середовищі на репрезентативних водних матрицях, незалежно підтвердженими біологічними результатами, установленим SDL, каліброваними моделями та комплектом даних, достатнім для переходу до TRL6 - демонстрації BWTX-100 у портовому або судновому середовищі.

### **4.3. Очікувані характеристики та вимоги до науково-технічної продукції**

| Характеристики |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                  |
|----------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тип            | Назва характеристики або вимоги                                      | Потрібне значення або діапазон                                                                                                                                                                                                                                                                     | Нормативна або методична основа                                                                                  | Результат, що має бути досягнутий                                                                                                                                                |
| технічні       | Продуктивність і біологічний результат                               | 10-20 м <sup>3</sup> /год. Ціль - однопрохідна обробка. Граничні показники: <10 життєздатних організмів/м <sup>3</sup> для розміру ≥50 мкм; <10 життєздатних організмів/мл для 10-50 мкм; <i>Vibrio cholerae</i> O1/O139 <1 КУО/100 мл; <i>E. coli</i> <250 КУО/100 мл; ентерококи <100 КУО/100 мл | BWM Convention, правило D-2; BWMS Code; 33 CFR 151.2030; 46 CFR 162.060                                          | Валідований BWTX-R&D-20; карта режимів PASS/FAIL; підтверджений SDL і вихідні дані для BWTX-100                                                                                  |
| експлуатаційні | Стабільність, керованість і автоматичний контроль валідності         | Пуск, штатна робота, регулювання, зупинка, малі витрати та аварійні переходи лише в межах підтвердженого SDL                                                                                                                                                                                       | BWMS Code; правила обраного класифікаційного товариства; BWTX-SDL-OPS-001                                        | Підтверджені Qmin-Qmax; реєстрація параметрів; автоматичне блокування штатного виходу за невалідного режиму                                                                      |
| фізико-хімічні | Робота з різними водними матрицями та контроль скиду                 | Прісна, солонувата й морська вода; тестова матриця TSS 50-100 мг/л; контроль DOC, РОС, рН, температури, солоності та газовмісту                                                                                                                                                                    | BWMS Code; чинні настанови IMO щодо складних водних умов; BWTX-WCC-001                                           | Матриця критичних водних умов; установлені межі застосування і протоколи контролю параметрів скиду                                                                               |
| механічні      | Міцність, герметичність, корозійна та кавітаційно-ерозійна стійкість | Розрахункові та пробні тиски - за затвердженою P&ID і правилами класу; 100-300 год прискорених матеріальних випробувань; змочувані деталі - AISI 316L або кращий матеріал                                                                                                                          | Правила обраного класу; застосовні ISO, EN і ДСТУ для трубопроводів, посудин, матеріалів та випробувань          | Підтверджені допустимі тиски, герметичність і матеріали; карта зон ерозії та вимоги до ресурсу критичних деталей                                                                 |
| якісні         | Відтворюваність результатів і оцінювання невизначеності              | Не менше 3 валідних повторів для ключового режиму або статистично обґрунтована кількість; контроль межі виявлення і межі кількісного визначення (LOD/LOQ); довірчі інтервали та критерії прийнятності                                                                                              | IMO/USCG методики; BWTX-BIO-001; BWTX-BIO-UNC-001; BWTX-DOE-001                                                  | Верифіковані моделі, протоколи випробувань, оцінена невизначеність і однозначні критерії PASS/FAIL                                                                               |
| споживчі       | Мобільність, модульність, ремонтпридатність і сумісність             | Рамне виконання дослідного зразка; вимоги до промислового модуля у контейнері 20 або 40 футів; стандартні приєднання; доступ до сервісних вузлів                                                                                                                                                   | Правила класу; вимоги до контейнерів, підіймання, перевезення і суднової інтеграції                              | 3D-компоновка BWTX-R&D-20; інтерфейсні вимоги й компоновочні обмеження BWTX-100                                                                                                  |
| інші           | Простежуваність даних і кіберстійкість керування                     | Журналювання витрати, тиску, температури, станів, тривоги і дій оператора; синхронізація часу; ролі доступу; резервне відновлення                                                                                                                                                                  | Чинні IACS UR E26 та UR E27 - за застосовністю; настанови IMO з управління морськими кіберризиками; BWTX-CYB-001 | Повний архів випробувань та аудиторський слід; локальний безпечний режим; захисні функції програмованого логічного контролера (PLC) мають пріоритет над аналітичними алгоритмами |

| Характеристики               |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                      |                                                                                                                        |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тип                          | Назва характеристики або вимоги                                                 | Потрібне значення або діапазон                                                                                                                                                                                                                 | Нормативна або методична основа                                                      | Результат, що має бути досягнутий                                                                                      |
| Вимоги                       |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                      |                                                                                                                        |
| медичні клінічні             | Не застосовується: продукція не є медичним виробом                              | Не застосовується                                                                                                                                                                                                                              | Не застосовується                                                                    | Не застосовується                                                                                                      |
| надійність і захищеність     | Відмовобезпечна архітектура та захист від невалідного скиду                     | FMEA/FMECA; критичні блокування; безпечна зупинка; резервування критичних даних                                                                                                                                                                | Правила класу; BWTX-RAM-001; BWTX-FS-001                                             | Критична відмова не призводить до неконтрольованого відкриття штатного виходу; усі відмови реєструються                |
| потужність                   | Гідравлічна, теплова та електрична потужність                                   | Продуктивність 10-20 м³/год; робочі точки насосів у допустимій зоні; теплова доза і час витримки - за матрицею DoE                                                                                                                             | BWTX-HMB-001; BWTX-HYD-001; BWTX-EL-SLD-001                                          | Підтверджені карти навантаження, ККД, електричний і тепловий баланси для кожного валідного режиму                      |
| призначеність                | Обробка баластної води та підготовка до типового схвалення                      | Робота лише в підтвердженому SDL; однопрохідний режим - гіпотеза, що підлягає перевірці; внутрішній BCRR не замінює нормативне схвалення                                                                                                       | IMO D-2 і D-3; BWMS Code; USCG BWDS                                                  | Досягнення застосовних числових критеріїв на дослідному зразку без твердження про завершене типове схвалення           |
| ресурсо- та енергозбереження | Рекуперація тепла і мінімізація питомого енергоспоживання                       | Попередня ціль коефіцієнта рекуперації тепла (HRR) $\geq 90\%$ у чистому стані; сценарний діапазон питомого електроспоживання (SEC-E) 0,12-0,25 кВт·год/м³ підлягає перевірці; питоме теплове споживання (SEC-T) визначається експериментально | BWTX-HMB-001; BWTX-TEC-001; методика енергетичного балансу                           | Фактичні HRR, SEC-E і SEC-T з невизначеністю для кожного валідного режиму та стану забруднення                         |
| технологічність              | Стандартне обладнання, локалізація і змінний картридж CR-201                    | Модульна побудова; локалізація високого тиску; мінімізація унікальних деталей; ремонт без демонтажу всього модуля                                                                                                                              | ДСТУ 3973:2000; ДСТУ 3974:2000; правила класу                                        | Комплект конструкторсько-технологічної документації, придатний для виготовлення дослідного зразка та Pre-FEED BWTX-100 |
| безпека                      | Захист від надлишкового тиску, перегріву, гідроудару, втрати потоку та живлення | HAZOP; FMEA; аналіз pump trip/rundown; захисні уставки; безпечна послідовність клапанів і насосів                                                                                                                                              | Правила класу; застосовні вимоги машинної та електричної безпеки; BWTX-HYD-TRANS-001 | Підтверджені уставки, блокування, аварійні сценарії та алгоритм безпечної зупинки                                      |

| Характеристики                 |                                                                          |                                                                                                                                                                                         |                                                                                    |                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тип                            | Назва характеристики або вимоги                                          | Потрібне значення або діапазон                                                                                                                                                          | Нормативна або методична основа                                                    | Результат, що має бути досягнутий                                                                                                                                                 |
| конструктивні                  | Модульне рамне або контейнерне виконання і змінні реакторні картриджі    | Компонування з урахуванням маси, центра ваги, вібрації, сервісного доступу, стропування й приєднань                                                                                     | Правила класу; BWTX-WGT-001; BWTX-CR-MECH-001                                      | 3D-компоновка стенда; вимоги до мобільного контейнерного BWTX-100 і маршрутів обслуговування                                                                                      |
| ергономіка                     | Безпечне керування та технічне обслуговування                            | Зрозумілий HMI; доступ до реактора, теплообмінників, арматури та датчиків; визначені сервісні зони й точки підіймання                                                                   | BWTX-MNT-001; вимоги охорони праці та принципи ергономіки                          | Перевірені сервісні зони, маршрут демонтажу, перелік операцій екіпажу й людино-машинний інтерфейс                                                                                 |
| охорона довкілля та утилізація | Відсутність активних речовин у штатній обробці та контроль усіх відходів | Без дозування або генерування активного реагенту; без несанкціонованого скиду; контроль температури, pH, вуглецевої системи, металів, частинок, біомаси та сервісних відходів           | BWM Convention; застосовні вимоги MARPOL і портові правила; BWTX-ENV-001; план LCA | Протоколи екологічного контролю; замкнені маршрути промивної води; ізольований сервісний контур безрозбірного очищення (Cleaning in Place, CIP); порівняльний екологічний профіль |
| спеціальні                     | Підготовка до суднової інтеграції та подвійної нормативної валідації     | Сумісність Q-H/NPSH; інтерфейси інтегрованої системи автоматизації та аварійно-попереджувальної сигналізації (IAS/AMS); класифікаційна і сертифікаційна матриця; вимоги до відбору проб | IMO/USCG; чинні IACS UR E26/E27; правила обраного класу                            | Пакет вихідних даних для Pre-FEED, пілотування та майбутнього типового схвалення                                                                                                  |
| інші                           | Аналітична та предиктивна оптимізація без впливу на захист               | Спочатку тіньовий режим; апаратно-програмне тестування Hardware-in-the-Loop (HIL); контроль дрейфу й відкату; алгоритм не може змінювати захисні уставки або обходити PLC-блокування    | BWTX-AI-001; BWTX-CYB-001                                                          | Документовано пріоритет детермінованих блокувань PLC; застосування штучного інтелекту (Artificial Intelligence, AI) допускається лише після окремої валідації                     |
| Вимоги до умов експлуатації    |                                                                          |                                                                                                                                                                                         |                                                                                    |                                                                                                                                                                                   |
| транспортування та зберігання  | Збереження геометрії, приладів і налаштувань                             | Стропування, фіксація, дренавання, консервація, захист від замерзання, ударів, вологи й корозії                                                                                         | Правила перевезення і підіймання; BWTX-WIN-001                                     | Інструкція транспортування, консервації, зберігання та повторного введення в роботу                                                                                               |

| Характеристики         |                                                                  |                                                                                                                                                                       |                                                    |                                                                                                                        |
|------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тип                    | Назва характеристики або вимоги                                  | Потрібне значення або діапазон                                                                                                                                        | Нормативна або методична основа                    | Результат, що має бути досягнутий                                                                                      |
| експлуатація та ремонт | Працездатність, калібрування, очищення і ремонтпридатність       | Регламент огляду; калібрування КВП; заміна картриджа; безрозбірне очищення (Cleaning in Place, CIP) лише в окремому сервісному контурі; інтервали - за випробуваннями | Настанови виробників; правила класу; BWTX-MNT-001  | Комплект експлуатаційних процедур, FMEA, концепція запасних частин і валідований критерій сигналу про необхідність CIP |
| інші умови             | Портова і суднова експлуатація та взаємодія з баластною системою | Нахили, вібрація, температура довкілля, соляний туман, якість живлення і доступний простір - за місцем встановлення                                                   | Правила обраного класу; BWTX-CL-001; BWTX-PINT-001 | Матриця умов застосування та перелік вихідних даних для конкретного судна або порту                                    |

## 5. Результати виконання НТР

### 5.1. Науково-технічна продукція, що буде створена і передана

- Дослідний зразок мобільної модульної системи BWTX-R&D-20 продуктивністю 10-20 м³/год - 1 комплект.
- Комплект конструкторської документації: принципова технологічна схема, P&ID, реєстр обладнання, специфікації, 3D-компоновка та креслення критичних вузлів - 1 комплект.
- Розрахунковий пакет: тепловий і матеріальний баланс, стаціонарна та перехідна гідравліка, CFD-модель CR-201, RTD-модель, аналіз міцності й енергетичний баланс - 1 комплект.
- Програмно-алгоритмічне забезпечення програмованого логічного контролера і людино-машинного інтерфейсу (PLC/HMI), опис логіки керування, блокувань, архівування й відновлення даних - 1 комплект.
- Комплект програм і методик гідравлічних, теплових, біологічних, матеріальних, екологічних, безпекових і статистичних випробувань - 1 комплект.
- Паспорт підтверджених режимів і меж SDL, методика масштабування до BWTX-100, пакет даних для Pre-FEED, пілотування, патентування та підготовки типового схвалення - 1 комплект.
- Науково-технічний звіт за формою Замовника - 1 примірник.

### 5.2. Основні складові дослідного зразка

| Назва складової частини                                                                               | Необхідна кількість |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Дослідний технологічний модуль BWTX-R&D-20 у зборі                                                    | 1 комплект          |
| Експериментальні картриджі гідродинамічного кавітаційного реактора CR-201                             | не менше 3 одиниць  |
| Регенеративно-термічний модуль HX-101, HX-201 і RT-301                                                | 1 комплект          |
| Насосно-регулювальний та вимірювальний контур                                                         | 1 комплект          |
| Шафа керування PLC/HMI, електроживлення та реєстрації даних                                           | 1 комплект          |
| Пробовідбірний і лабораторно-аналітичний комплект                                                     | 1 комплект          |
| Окремий сервісний контур промивання та CIP, фізично й логічно ізольований від штатного режиму обробки | 1 комплект          |
| Науково-технічний звіт за формою Замовника                                                            | 1 примірник         |

### 5.3. Додаткові методики, матеріали та рекомендації

- протокол подвійної біологічної валідації BWTX-BIO-001 і статистичний план BWTX-BIO-UNC-001;
- методика калібрування CFD, RTD-аналіз і паспорт кавітаційного режиму BWTX-CAV-VAL-001;
- матриця багатофакторного експерименту BWTX-DOE-001 і модель оцінювання синергії BWTX-SYN-001;
- методики випробувань у критичних водних умовах, оцінювання накипоутворення, ерозії, корозії та ресурсу;
- HAZOP, FMEA/FMECA, концепція функціональної безпеки, кіберстійкості та суднової інтеграції;
- порівняльне оцінювання життєвого циклу (Life Cycle Assessment, LCA), модель капітальних та експлуатаційних витрат (CAPEX/OPEX), оцінювання викидів парникових газів (GHG) і рекомендації щодо пілотування, сертифікації, патентування та масштабування;
- настанови оператора, технічного обслуговування, транспортування, консервації та реагування на нештатні режими.

## 6. Календарний план виконання НТР

| № етапу | Етапи виконання робіт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Строк виконання                   | Продукція та матеріали, що здаються Замовнику                                                                                                                                                                                                            | Вартість. грн    |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1       | Технічне проєктування і підготовка експериментальної програми: уточнення вимог; тепловий і матеріальний баланс (HMB); стаціонарна та перехідна гідравліка; базова CFD; планування експерименту (Design of Experiments, DoE); біологічний, матеріальний, екологічний і безпековий плани; конструкторська документація стенда.                 | Місяці 1-6 від дати початку НТР   | Уточнена CDB; ТЗ і комплект КД BWTX-R&D-20; HMB; гідравлічна та базова CFD-модель; затверджені програми BWTX-DOE-001, BWTX-BIO-001 і BWTX-CAV-VAL-001; звіт етапу.                                                                                       | 2 000 000        |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>2 000 000</b> |
| 2       | Виготовлення, складання та інженерна валідація: закупівля і виготовлення складових; монтаж; пусконаладження; гідравлічні, кавітаційні, теплові, RTD, матеріальні та перехідні випробування; калібрування вимірювань, CFD й автоматики.                                                                                                       | Місяці 7-12 від дати початку НТР  | Дослідний зразок BWTX-R&D-20; акти складання і пусконаладження; протоколи інженерних випробувань; калібровані моделі; паспорт попередніх режимів; проміжний SDL; звіт етапу.                                                                             | 7 000 000        |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>7 000 000</b> |
| 3       | Біологічна та інтегрована валідація: порівняльні режими необробленого контролю, лише термічної обробки, лише кавітації та комбінованої обробки; випробування різних водних матриць; оцінювання BCRR, синергії, невизначеності, енергоефективності та екологічних показників; демонстрація у релевантному середовищі; методика масштабування. | Місяці 13-18 від дати початку НТР | Валідований SDL і режими BCRR; незалежні біологічні протоколи; підсумкові методики; пакет Pre-FEED і пілотування BWTX-100; техніко-економічна та екологічна моделі; основа патентної й сертифікаційної документації; підсумковий науково-технічний звіт. | 4 000 000        |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>4 000 000</b> |

| № етапу | Етапи виконання робіт | Строк виконання | Продукція та матеріали, що здаються Замовнику | Вартість, грн |
|---------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------------------|---------------|
|         |                       |                 |                                               | 13 000 000    |

## 7. Фінансові умови виконання НТР

Попередній фінансовий розподіл сформовано для суб'єкта малого підприємництва за максимальною часткою державної підтримки 65%. Остаточний кошторис і розподіл за джерелами підлягають погодженню з Виконавцем НТР до підписання.

| Джерело фінансування                                     | Сума, грн         | Частка, %  |
|----------------------------------------------------------|-------------------|------------|
| Фінансова підтримка за рахунок коштів державного бюджету | 8 450 000         | 65         |
| Співфінансування Ініціатора                              | 4 550 000         | 35         |
| <b>Сукупна вартість НТР</b>                              | <b>13 000 000</b> | <b>100</b> |

### 7.1. Перелік витрат НТР

| № | Стаття витрат                                              | Загальна сума, грн | Кошти державного бюджету, грн | Кошти Ініціатора, тис. грн |
|---|------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1 | Витрати на оплату праці                                    | 3 000 000          | 1 950 000                     | 1 050 000                  |
| 2 | Нарахування на оплату праці                                | 660 000            | 429 000                       | 231 000                    |
| 3 | Матеріали                                                  | 2 400 000          | 1 560 000                     | 840 00                     |
| 4 | Паливо та енергія для науково-виробничих цілей             | 300 000            | 195 000                       | 105 000                    |
| 5 | Витрати на відрядження                                     | 250 000            | 163 000                       | 87 000                     |
| 6 | Спецстаткування та обладнання                              | 4 000 000          | 2 600 000                     | 1 400 000                  |
| 7 | Витрати на впровадження та комерціалізацію результатів НТР | 650 000            | 423 000                       | 227 000                    |
| 8 | Інші витрати                                               | 650 000            | 422 000                       | 228 000                    |
| 9 | Накладні адміністративні витрати                           | 1 090 000          | 708 000                       | 382 000                    |
|   | <b>Всього</b>                                              | <b>13 000 000</b>  | <b>8 450 000</b>              | <b>4 550 000</b>           |

## Підтвердження готовності до співфінансування

ТОВ «БАВАТЕКС» засвідчує готовність забезпечити співфінансування виконання НТР у сумі 4 550 000. грн, що становить 35% сукупної вартості НТР, відповідно до умов Порядку.

## 8. Очікуване впровадження та спосіб реалізації результатів НТР

### 8.1. Вагомість і конкурентні переваги науково-технічної продукції

BawateX формує в Україні компетенцію з розроблення та виготовлення систем управління баластною водою для судноплавства, портів і судноремонтної галузі. Потенційні користувачі - судновласники й оператори флоту малого та середнього тоннажу, порти, суднобудівні й судноремонтні підприємства. Потенційні ринки - Україна, країни Чорноморського та Балтійського басейнів, ЄС та США після проходження відповідних процедур схвалення.

Переваги, що підлягають підтвердженню НТР: мобільне модульне виконання; продуктивність дослідного зразка 10-20 м³/год із подальшим переходом до BWTX-100 на 100 м³/год; відсутність дозування або генерування активних речовин у штатному режимі; відсутність ультрафіолетового реактора і тонкої фільтрації як основного механізму біологічної обробки; цільова рекуперація тепла не менше 90% у чистому стані; автоматичне блокування невалідного скиду; придатність до продажу, оренди та сервісної моделі.

Порівняльна перевага над УФ-системами, системами з активними речовинами та фільтраційними схемами оцінюватиметься за єдиною методикою: біологічний результат, питоме енергоспоживання, параметри скиду, утворення відходів, потреба в витратних матеріалах, сервісне навантаження та оцінювання життєвого циклу. До завершення випробувань BawateX не заявляє «нульового впливу» або статусу найекологічнішої системи; НТР має перевірити цю конкурентну гіпотезу вимірюваними даними.

## **8.2. Очікуваний ефект від впровадження результатів НТР**

Безпосередній результат НТР - один валідований дослідний зразок, підтверджений SDL, кількісні біологічні, енергетичні й екологічні дані та пакет для BWTX-100. Їх використання у Pre-FEED, виготовленні промислового MVP і пілотуванні скоротить невизначеність конструкції та ризик невідповідності до початку витрат на повномасштабне виробництво й типове схвалення.

Після комерціалізації система має зменшувати ризик перенесення інвазивних водних організмів і виключати утворення залишкових активних окисників у штатному режимі обробки. Локалізація металоконструкцій, трубопроводів, автоматизації, теплообмінного, насосного та кавітаційного обладнання створюватиме замовлення для українських підприємств, інженерні й виробничі робочі місця, податкові надходження та експортний потенціал. Кількісні показники екологічного й економічного ефекту визначатимуться за результатами випробувань, LCA та погодженої моделі CAPEX/OPEX, без використання непідтверджених оцінок.

## **8.3. Шляхи подальшого впровадження використання та комерціалізації**

ТОВ «БАВАТЕКС» разом із визначеним за результатами конкурсного відбору Виконавцем НТР проведе дослідження, виготовлення та валідацію BWTX-R&D-20 на умовах співфінансування. Досягнення TRL5 має бути підтверджене випробувальними протоколами, межами SDL, каліброваними моделями, комплектом документації та доказовою базою для наступної стадії.

Після TRL5 передбачено Pre-FEED BWTX-100, виготовлення промислового MVP продуктивністю 100 м³/год та портове і суднове пілотування за окремими угодами. Лише після валідації BWTX-100 виконуватиметься поетапний перехід до 300, 500 і 1000 м³/год. Співпраця з Одеським національним морським університетом оформлена меморандумом і може бути використана для залучення наукової, випробувальної та освітньої компетенції в межах окремо погоджених робіт.

Проект має підтримку Регістру судноплавства України, AS Tallink Grupp і Orion Reederei GmbH & Co. KG. Технічний суперінтендант флоту Orion Reederei консультує команду щодо реальних судових вимог: продуктивності, гідравлічних та електричних приєднань, компонування, безпеки, ремонтпридатності, навантаження на екіпаж, інтеграції із судовими системами і сценаріїв випробувань. Така підтримка не замінює незалежних випробувань, оцінювання відповідності або типового схвалення.

Подальший маршрут охоплює незалежну біологічну валідацію, погодження програми випробувань із класифікаційним товариством, підготовку досьє для типового схвалення за вимогами IMO та USCG, захист інтелектуальної власності, локалізацію виробництва й запуск трьох моделей комерціалізації: продаж обладнання, оренда мобільного модуля та обробка баластної води як послуга (Ballast Water Treatment as a Service). План впровадження в Україні та пов'язані витрати включено до НТР окремою статтею кошторису.