

УДК 681.51:007.52

В.В. Чепкій¹, к.т.н., доц.**В.В. Скачков¹**, д.т.н., проф.**О.М. Єфимчиков¹**, к.т.н., доц.**О.Д. Єльчанінов²**, к.т.н., доц.¹ Військова академія (м. Одеса), Україна² Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, Україна

СТРАТЕГІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ НАЗЕМНОГО РОБОТОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ В НАДСИСТЕМИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

В системному сенсі розглядається методологічний базис технології інтеграції наземних робототехнічних комплексів в надсистеми спеціального призначення. Такий базис пропонується утворювати на основі комплексування «квартету» стратегій: тріадного представлення процесу технологічної взаємодії, науково-технічної раціональності, енергоінформативної інваріанти та інформаційної взаємодії в умовах апріорної невизначеності. Наводиться підхід до вирішення специфічно-системної задачі технології взаємодії конструктивних компонентів в ієрархії «об'єкт-система» для забезпечення гарантованого функціонування робототехнічного комплексу в складних або невизначених ситуаціях.

Ключові слова: стратегія, інтеграція, парадигма, наземний робототехнічний комплекс, надсистема спеціального призначення, тріадна модель, науково-технічна раціональність, енергоінформативна інваріанта, технологічна взаємодія, інформаційна взаємодія, апріорна невизначеність.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досягнень і публікацій

Перспективи розвитку наземних робототехнічних комплексів (РТК) військового призначення, ефективність застосування їх в регламентованих умовах експлуатації часто безпосередньо і не без підстав пов'язують з технологією інтеграції роботизованих засобів в надсистеми – системи забезпечення та виконання спеціальних завдань в інтересах Збройних Сил України [1-4]. Заявлена технологічність ґрунтується на розумінні інтеграції, як процесу занурення, впровадження або втілення наземних робото технічних комплексів в системи вищого рівня ієрархії, об'єднання однорідних і комплексування різнорідних структур роботизації в єдиний функціональний простір. Завдяки такому синергізму створюються евентуальні передумови для удосконалення форм, прийомів, способів ведення бойових дій і спеціальних операцій, а в контексті головної мети, досягнення бажаної переваги у збройному конфлікті [4].

Результативність анонсованих заяв і гіпотетичних припущень потребує визначитись з методологічним базисом технології інтеграції та, в категоріях його модельної конфігурації: «підсистема – наземний РТК → система взаємодії – середовище експлуатації РТК → надсистема – простір функціонального занурення РТК в структури спеціального призначення», дослідити потенційні можливості інтеграційних механізмів і розкрити технологічний ресурс скритих резервів. Задачі з такою негентропійністю за класичного сприйняття технології інтеграції, як сукупності упорядкованих методів, прийомів, форм і засобів спільної діяльності в сфері військової робототехніки, знайшли своє відображення в ряді відомих теоретичних та науково-практичних публікацій. Зокрема:

– в літературі [5-8] закладено нормативно-правові основи для подолання даної проблематики: концепція застосування наземних РТК, категоріальний апарат, глосарій, бази даних, єдині вимоги до військової та спеціальної робототехніки на всіх етапах її життєвого циклу;

– в різнобічних наукових дослідженнях [9, 10] представлено результати аналізу поточного стану базових технологій в сфері теоретичної робототехніки, перспективних розробок систем управління РТК та обробки інформації, а також впровадження інноваційних технологій і технічних рішень в областях інтелектуалізації і роботизації сучасних видів озброєння і військової техніки (ОВТ);

– в роботах [11-13], поряд з проектуванням обладйливих систем технічного зору (СТЗ) для наземних РТК, розглядаються технології формування віртуальної реальності з залученням мобільних (багатоагентних) роботів, оснащених комплексірованими СТЗ. Отримані результати дають можливість будувати візуально подібні об'ємні моделі зовнішнього середовища в реальному часі, а отже, істотно підвищувати рівень ситуаційної обізнаності, поступово вилучаючи функції керування і контролю з боку оператора та збільшуючи ступінь автономності наземних РТК;

– в ряді публікацій [11, 12, 14] розглянуто технологією групового управління мобільними роботами з автономною системою пересування і навігації, показано організаційні варіанти взаємодії інтелектуальних роботів між собою, їх здатність сприймати інформацію стосовно середовища експлуатації, реагувати на ситуаційні зміни та взаємодіяти один з одним для вирішення єдиного цільової завдання. При цьому технологічна взаємодія трактується як узгодження роботами групи своїх дій за допомогою зв'язків між ними з використанням електромагнітних і гідроакустичних полів.

Підкреслюючи ступінь розробленості оголошеної проблеми, акцентуємо увагу на тому, що технологічно інтеграційні процеси можуть утворювати нові інформаційні простори взаємодії ієрархічних структур, встановлювати точки біфуркації, породжувати властивості, нетипові для окремих зразків наземних робототехнічних комплексів. Категоріальною одиницею інтеграційних механізмів визначимо «технологічну взаємодію» характеристик наземного РТК, середовища його експлуатації та надсистеми функціонального занурення. Вважаємо за правило – усі пропонувані інтеграційні процедури спрямовувати на системну організацію технологічної взаємодії та модифікацію алгоритмів управління.

У зв'язку з цим актуальними видаються дві проблеми.

З одного боку, необхідність діалектичного осмислення сутності інтегральної складності досліджуваного «об'єкта-системи» в модельній конфігурації: «наземний РТК → середовище взаємодії → надсистема занурення РТК» (рис. 1).

Така модель багатомірна, багатогранна, в тому сенсі, що різні рівні її організації та сторони її змісту складають предмет різних наук або наукових дисциплін. Вказана предметна розбіжність є причиною гетерогенності показників складності та характеристик типів організованості об'єкта інтеграції. В свою чергу, саме гетерогенність робить відносними оцінки показника складності реального «об'єкта-системи», оскільки для кожної предметної області існує власна одиниця оцінювання. В загальному випадку, заявлена багатопредметність, гетерогенність, полісистемність обумовлює труднощі синтезу окремих елементів, компонентів та складових віртуального «об'єкта-системи» в цілісний образ [15-17].

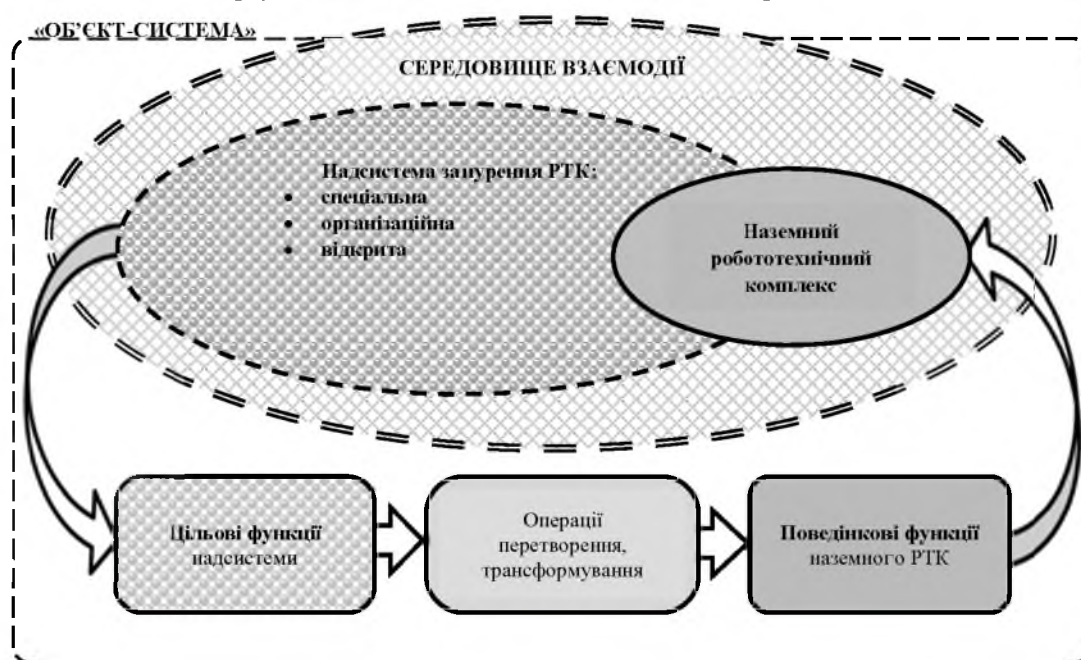


Рис. 1. Інтегрований «об'єкт-система» в заявленій модельній конфігурації

З іншого боку, інтегральна складність, як різноманіття процедур технологічної взаємодії, може генерувати інтегральні знання системного об'єкта роботизації. Такі знання є нагальною потребою в розв'язанні нормативно-синтетичних задач проектування, конструювання, розробки робототехнічних засобів з наперед заданими властивостями, функціями, показниками якості. В апіорі знання оцінок основних характеристик цілісності та організованості системного об'єкта роботизації, співвідношень і взаємодії між ними надають можливість для кількісного оцінювання його інтегральної складності. Однак, розрив між різноманіттям характеристик інтегральної складності і фактичним положенням з її оцінками ускладнює процедуру пошуку сумірності цих показників та потребує додаткових витрат технологічних ресурсів для оцінювання емергентності реального «об'єкта-системи» [17].

Означені проблеми є предметом міждисциплінарних (системних) досліджень, методологічною преамбулою для яких може служити «квартет» стратегій (рис. 2): тріадного представлення процесу технологічної взаємодії, науково-технічної раціональності, енергоінформативної інваріантності й інформаційної взаємодії в умовах апіорної невизначеності. Утворюючи органічний базис для системного аналізу в сфері теоретичної робототехніки, такі стратегії припускають формування структурно-функціонального каркасу, здатного надати розрізненням між собою галузям наукового знання властивості цілісності.

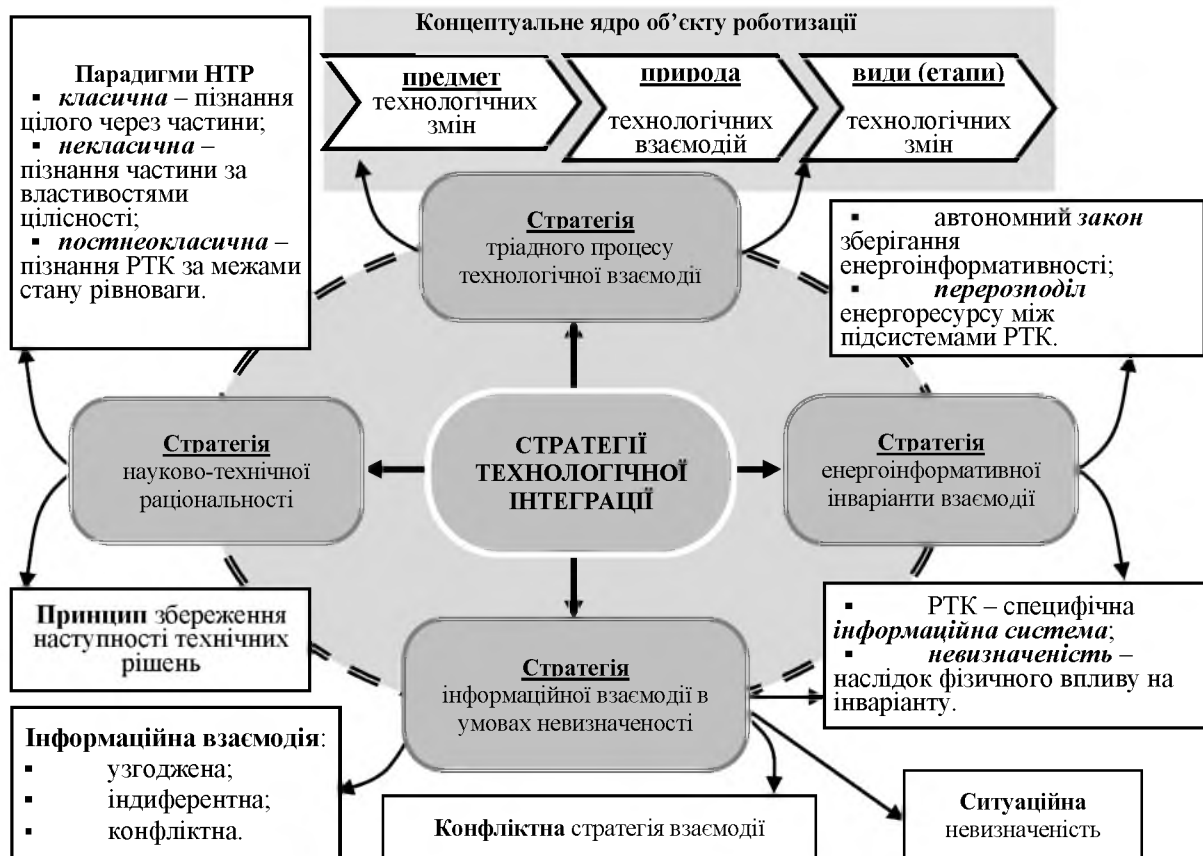


Рис. 2. Стратегії технологічної інтеграції в конструкції робототехнічного «об'єкта-системи»

Мета дослідження – формування стратегії інтеграції технологічних ресурсів для гарантованого функціонування наземного робототехнічного комплексу в надсистемах спеціального призначення.

Постановка задачі

Прийняте рішення на досягнення оголошеної мети передбачає побудову модельної конструкції досліджуваного «об'єкта-системи», за якої технологія інтеграції, на відміну від класичної дефініції, декларується як системна організація упорядкованих процедур з наступними рівнями ієрархії:

– внутрісистемний рівень інтеграції – конструктивний рівень матеріального змісту структури наземного РТК, який характеризує сукупність елементів робототехнічного засобу в їх технологічній взаємодії один з одним. Співвідношення елементів і структури РТК підпорядковується структурно-

функціональному принципу [14]. В умовах безконфліктності оптимізація структури і організації процесів розвитку елементів РТК запобігає перевитратам технологічного ресурсу, перерозподіляючи його між компонентами РТК, і в цьому сенсі, відповідає закону зберігання енергоресурсу [6];

– зовнішньо-узгоджений рівень інтеграції – функціональний рівень, що відображує зовнішній прояв властивостей наземного РТК в узгодженій взаємодії з відкритою надсистемою спеціального призначення, зокрема, системами: матеріально-технічного забезпечення (логістика), спостереження, радіаційної, хімічної і бактеріологічної розвідки, ліквідації надзвичайних ситуацій, розмінування місцевості, охорони і оборони специфічних ділянок кордону, забезпечення оперативних дій та інші. Узгоджена взаємодія передбачає збалансованість цільових орієнтирів – функцій, критеріїв, показників – трансформування та відображення їх в службово-нормативній документації. Цільові функції взаємодії розглядаються, як інтегральні характеристики реального «об'єкта-системи», оскільки відображують специфіку надсистеми за призначенням (поставлених задач, прийнятих рішень, алгоритмів взаємодії частин у складі цілого) і залежить від внутрішніх якостей наземного РТК (складу, властивостей, стану, конструкції). На функціональному рівні дії наземного РТК проявляються не як зовнішній фактор, а як процедура інтегрування його у відкриту надсистему, в результаті якої ітераційно видозмінюється простір потенційних станів реального «об'єкта-системи»;

– зовнішньо-конфліктний рівень інтеграції – граничний рівень реакції компонентів наземного РТК на дії невідомих факторів неорганізованого середовища. Будучи відкритою системою, наземний РТК взаємодіє з фізичними характеристиками зовнішнього простору, джерелами інформації та матеріалізованими об'єктами середовища експлуатації. Цільові функції надсистеми занурення РТК перетворюються або трансформуються в поведінкові функції наземного РТК, виступаючи як зовнішнє управління процесом функціонування та його поведінки в навколишньому середовищі. За відповідних обставин значення поведінкових функцій наземного РТК будуть регулюватись внутрішнім контуром управління, до певної межі вплив середовища може компенсуватись посиленням одних і ослабленням інших процесів, а починаючи з деяких граничних значень з'являється потреба перебудувати структурно-функціональну конфігурацію наземного РТК.

Діалектичний зв'язок якісної і кількісної визначеності рівнів інтеграції в представленій декомпозиції встановлює стратегічні орієнтири у вирішенні питань концептуалізації процесів технологічної взаємодії наземного РТК в заявленій модельній конфігурації, у пошуку критеріїв і показників оцінки гарантованого функціонування інтегрального «об'єкта-системи» в невизначених ситуаціях, а також заходів реалізації цих критеріїв та інше. Спроби знайти відповіді на поставлені або подібні питання впирається в рішення специфічно-системної задачі – дослідження технології взаємодії конструктивних компонентів «об'єкта-системи» між собою для забезпечення гарантованого функціонування наземного РТК в складних або невизначених ситуаціях.

Виклад основного матеріалу дослідження

Змістовна частини даної роботи складається із завдання наступної спрямованості:

– по-перше, формування інтегрального (концептуального) ядра технологічної взаємодії системних компонентів досліджуваного «об'єкта-системи» в заявленій модельній конфігурації (рис. 1);

– по-друге, теоретичний аналіз стану системних компонентів в різноманітних умовах стійкості та рівноваги організується на підставі знання закономірностей цілого і властивостей цілісності за різними парадигмами науково-технічної раціональності;

– по-третє, збереження енергоресурсу наземного РТК здійснюється шляхом компенсації енергетичних витрат приростом інформації, а сам інтеграційний «об'єкт-система» розглядається як специфічна інформаційна система зі структурою реального масштабу часу;

– по-четверте, відповідність модельної конфігурації «об'єкта-системи» ступеню агресивності простору функціонування та необхідність подолання ситуаційної невизначеності досягається вибором додаткових каналів інформації та їх адаптацією до умов середовища експлуатації.

1. Стратегія тріадного представлення процесу технологічної взаємодії

Вихідним пунктом практичної реалізації даного питання служить фіксована елементарна ланка технологічної взаємодії складових «об'єкта-системи»: надсистеми, середовища і наземного РТК або тих його компонентів, що безпосередньо впливають на предмет (процес) технологічного перетворення. Піддана ідеалізації елементарна ланка технологічної взаємодії отримує необхідну множину параметрів, які визначають:

- предмет технологічних змін – речовина, енергія, інформація;
- природу технологічної взаємодії – фізична, хімічна, біологічна, соціальна форми руху матерії;
- види технологічних змін – отримання, перетворення, передавання, збереження.

Будучи теоретичними конструктами, вказані категорії в інтеграції з множиною взаємозв'язків утворюють тріаду технологічної взаємодії (ТТВ), яка візуально представлена на рис. 3.

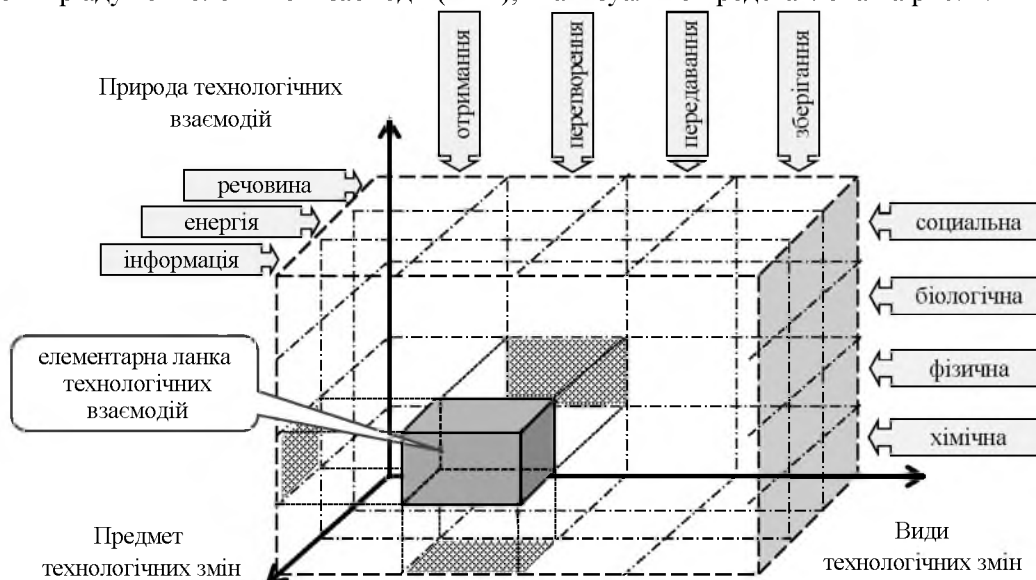


Рис. 3. Візуалізація тріадної моделі процесу технологічної взаємодії

Компоненти параметричних осей цієї тріади знаходяться в діалектичній залежності: біологічна природа взаємодій органічно включає в себе фізичну і хімічну, а соціальна – і фізичну, і хімічну, і біологічну. Енергія, як предмет технологічного перетворення, органічно включає в себе речовину, а інформація – і енергію, і речовину. В контексті практичної робототехніки це означає, що за вибору критеріїв та параметрів оцінювання ефективності озброєння і військової техніки потрібно, поряд з інформаційними, вводити матеріально-енергетичні (вартісні, енергоресурсні) показники.

В загальній теорії технологій заявлена тріада взаємодій, як відомо [5], виступає в іпостасі фундаментальної схеми, в сфері теоретичної робототехніки – як структурно-функціональний каркас, а в міждисциплінарній теорії взаємодії виконує функцію ядра інтеграційних структур. Представлене в розширеній сукупності термінів і понять, інтегральне ядро утворює базис концептуальної моделі, який в подальшому може піддаватись аналізу, переформатуванню або перебудові. До сімейства базових концептів такої моделі відносяться гіпотези, часткові теоретичні схеми, найбільш стійкі зв'язки теоретичних конструктів тріади, а також закони процесу технологічної взаємодії.

Трансформація ядра тріадної моделі до проблеми вербального або формалізованого опису процесу просторово-часової взаємодії інтегрованих компонентів «об'єкта-система» пов'язана:

- з конкретизацією природи технологічних взаємодій за однієї з чотирьох форм руху матерії – фізичною, хімічною, біологічною, соціальною;
- з конкретизацією предмета технологічних змін та надання пріоритетного значення технологічному руху інформації;
- з конкретизацією елементарної ланки технологічної взаємодії, якою можуть бути: на рівні наземного РТК (його окремих підсистеми) сигнали управління в ході міжсистемних перетворень, на рівні

цілісного робототехнічного «об'єкта-системи» – електромагнітні, гідроакустичні поля та будь-які інші носії інформації про фізичні об'єкти просторово-часових спостережень, а також кодові послідовності даних в пристроях обміну інформацією службової та спеціальної спрямованості.

Зазначені міркування стосовно заявленого інтегрального ядра тріадної моделі технологічної взаємодії дозволяють зробити практичні висновки-рекомендації.

По-перше, гарантоване (на рівні тактико-технічних показників або бойових можливостей) функціонування окремих зразків наземного РТК, як інтеграційної компоненти ієрархічного «об'єкта-системи», можна досягти на рівні інформаційної взаємодії електромагнітного поля з фізичними об'єктами зовнішнього середовища, змінивши:

- фізичну природу цієї взаємодії, переходячи від оптичної до тепло, радіо локації і навпаки;
- характер цієї взаємодії шляхом комплексування сенсорних каналів з різними фізичними принципами отримання корисної інформації;
- параметри цієї взаємодії за рахунок переходу від вузькосмугових до широкосмугових сигналів, повноти використання просторово-частотного спектра електромагнітних випромінювань;
- спосіб реалізації цієї взаємодії, впроваджуючи технології групового управління.

По-друге, результативність наземних РТК інтегрованих в надсистеми спеціального призначення пропонується підвищити за рахунок вибору інформаційно-керуючої підсистеми як елементарної ланки технологічного засобу, а також удосконалення її характеристики і параметрів шляхом оптимізації внутрісистемних зв'язків та автоматизації процесів збору, обробки і передачі інформації.

По-третє, військово-технічна політика «якісного стрибка» в області роботизації ОВТ потребує екстенсивних методів розвитку, інноваційних технологій, в тому числі і технології інтеграції, а не інтенсивного, кількісного накопичення парку робототехнічної техніки. В залежності технологічного засобу від технологічної функції проявляється феномен морального старіння будь-якого зразка РТК. Дійсно, за умови зміни цільової функції інтегрального «об'єкта-системи», інтегрального ядра технологічної взаємодії, а відповідно, і поведінкової функції конкретного зразка, робототехнічна техніка, яка щойно зійшла з заводського конвеєра може виявитись непотрібною.

Завершуючи характеристику технологічної специфіки інтегрального ядра міждисциплінарної теорії, слід вказати, що середню ланку заявленої технологічної тріади утворює «технічний (технологічний) засіб». В практичних додатках робототехніки середня ланка відображує набір правил прийняття технічних рішень для створення, модернізації, удосконалення технологічних процесів наземного робототехнічного комплексу, зануреного в реальний «об'єкт-систему» з усією супутньою цим процесам інфраструктурою.

2. Стратегія науково-технічної раціональності

Ігноруючи емоційно-оціночні аспекти предметів, виділяючи з них технологічні властивості, стратегія визначає критерії істинності науково-технічного знання, критерії ефективності системотехнічної діяльності та її методології [5]. В теорії робототехніки сукупність методологічних орієнтирів, що задається науково-технічною раціональністю (НТР), є матрицею інтеграційних практик, яка, з одного боку, відтворює конфігурацію взаємодій технічного засобу з природним середовищем, а з іншого – сама їх формує, пронизуючи всі рівні і форми технологічної діяльності. Поки ще не оформлена в об'єктивований кодекс регламентації, НТР виявляє себе у всіх типових практиках «малої», «великої» і «глибокої» роботи-зації [6, 7, 11], виступаючи як їх регулятор, осуджуючи вихід їх за межі критерія гарантованого успіху.

Інтеграція науково-технічної раціональності визначається наступними параметрами:

- орієнтацією на раціональне і координоване втручання в технологічні процеси з метою розгортання їх у певному напрямку або блокування;
- вектором спрямованості на постійну перебудову робототехнічних засобів в будь-якій надсистемній конфігурації та збереження наступності відпрацьованих технічних рішень;
- готовністю до руйнування неефективних інтеграційних практик – прийнятих технічних рішень, незважаючи на їх теоретично ціннісне значення.

Аналіз стану роботизації в розвинених країнах [2, 4, 18] вказує, що інтеграція технологічних ресурсів може відбуватись шляхом дооснащення існуючих зразків ОВТ модульним вбудованим або навісним обладнанням, яке забезпечує безекіпажне використання військової техніки в режимі дистанційного управління, а також шляхом розробки спеціалізованих дистанційно-керуючих, напівавтономних і автономних РТК наземного базування. Виходячи із специфіки задач, що вирішуються на полі бою, наземні робототехнічні комплекси за будь-якого ступеню автономності повинні діяти в реальній обстановці за часткової або повної відсутності вихідної інформації щодо умов і середовища функціонування [15].

Багатофункціональність наземних РТК, як ієрархічно-складної конструкції, потребує технічної інтеграції контурів дистанційного і автономного управління, процесорів технічного зору та інформаційно-сенсорних структур реального масштабу часу, систем розпізнавання ситуацій, сцен і прийняття рішень та інше [7, 19]. В технічній інтеграції відображується один з базових принципів побудови, модернізації, розвитку складних ієрархічних конструкцій – збереження наступності відпрацьованих технічних рішень. За цього принципу наземні робототехнічні комплекси з автономною схемою поведінки розробляються на базі дистанційно-керованих робототехнічних комплексів зі збереженням ядра контуру дистанційного управління, як системи автономного управління нижнього (виконавчого) рівня [6, 7, 11]. Будучи технологічним інструментом інтеграції, принцип збереження наступності технічних рішень ґрунтується на парадигмах класичної, некласичної та постнеокласичної науково-технічної раціональності [5, 20].

Парадигма класичної науково-технічної раціональності розглядає принцип збереження наступності технічних рішень як процес пізнання цілого через пізнання його частин. Традиційно зміст більшості теоретичних досліджень та наукових видань обмежені питаннями розробки структурних і функціональних компонентів (складових) робототехнічного засобу. Окреслені обмеження базуються на гіпотетичному припущенні про детермінований (лінійний) характер зв'язків компонентів наземного робото технічного комплексу, другорядності цих зв'язків відносно вкладу кожного з них в сумарний ефект функціонування РТК в надсистемі за призначенням в умовах агресивності зовнішнього середовища. Разом з тим, інтегральна складність досліджуваних «об'єкта-системи» та його компонентів, специфіка виконуваних ними завдань вимагають аналізу процесів технічного управління, не тільки під кутом ефективності функціонування окремих елементів конструкції, але й з точки зору структурно-ієрархічної організації та ступеня інформаційної невизначеності поточної та очікуваної поведінки (перехідного стану) наземних РТК. В цьому разі в своїх дослідженнях доцільно спиратись на парадигму некласичної наукової раціональності.

Парадигма некласичної науково-технічної раціональності забезпечує реалізацію принципу наступності технічних рішень через пізнання частини на підставі знання закономірностей цілого і властивостей цілісності [5]. Системний підхід, як її методологічний інструментом, дозволяє провести всебічний аналіз інтеграційних характеристик «об'єкта-системи», показників ефективності функціонування інтегрованого РТК підвищеної автономності, включаючи сутність закладених в них актуальних і перспективних технічних рішень. Системна методологія є місійною ознакою ефективного вирішення покладених на неї багатопараметричних задач в додатках ієрархічно-складних «об'єктів-систем», що знаходяться в стаціонарному або близькому до нього стані та експлуатуються в умовах детермінованих (визначених, організованих) середовищ [15, 16].

Стосовно умов експлуатації: принципові вимоги до наземних РТК та їхньої поведінки в надсистемах спеціального призначення полягає в здатності РТК функціонувати в невизначених умовах, зокрема, недетермінованих, неорганізованих і навіть агресивних середовищах. Останні, будучи породженням аварійних ситуацій природного або штучного походження, реальності польових умов, особливостей ведення бойових дій та протидій з боку противника, знаходять своє відображення в цільових функціях надсистеми та поведінкових функціях наземних РТК. Очевидно, що в недетермінованих середовищах військова робототехніка за свого призначення повинна перебувати заданий час у відносно стійкому (рівноважному) стані. Однак в більш тривалі терміни, особливо в період активізації агресивності в протидії з боку противника, РТК виявляють явно виражені нелінійні властивості, знаходячись далеко від рівноважного

стану. Як наслідок, порушується принцип класичної суперпозиції [16], нове утворення не рівняється сумі частин, а відображає іншу організаційну конфігурацію або «об'єкту-системи» іншого рівня. За такої логіки методологія дослідження ґрунтується на парадигмі постнеокласичної наукової раціональності.

Парадигма постнеокласичної науково-технічної раціональності в рамках синергетичного підходу забезпечує пізнання інтегрованого «об'єкту-системи» за межами стану рівноваги [5, 20]. На відміну від традиційного системного підходу, що базується на лінійних наближеннях з повільно змінними параметрами, в теоретичних моделях синергетичного підходу досліджуються суттєво нелінійні, в тому числі, швидко розвиваючі процеси. Останні за відповідних умов внутрішньої і/або зовнішньої детермінацій (флуктуацій) можуть привести робототехнічний «об'єкт-систему» до суттєвих змін: втрати працездатності, фізичного руйнування, формування нових відносно стійких структур.

Таким чином, змістом стратегії науково-технічної раціональності служить набір базових правил з прийняття рішень, що дозволяють розглядати інтеграційні властивості наземного робототехнічного комплексу в їх співвіднесенні з «об'єктом-системою» як єдине ціле, враховуючи основні закони поведінки таких цілісних структур.

3. Стратегія енергоінформативної інваріанти процесу взаємодії

Основна ідея полягає в формуванні механізмів компенсації приросту енергетичних витрат відповідним приростом інформації для збереження енергоресурсу «об'єкту-системи» та інтегрованого в нього наземного РТК. Згідно внутрішнього закону збереження енергоінформативності, як відношення умовних одиниць інформації до енергетичних витрат на її отримання, є величиною постійною [5]. Інваріантність цього показника свідчить про допустимість перерозподілу величини енергоресурсу між компонентами РТК. Енергоінформативність визначається не інтеграційною цільовою функцією «об'єкту-системи», а фізичним змістом, організацією (конструкцією, побудовою) наземного РТК та ресурсом його компонентів, підсистем та пристроїв. Для наземного РТК таким інваріантом вважається вектор технічних параметрів, який може містити, наприклад, середню потужність випромінювання передавального пристрою, граничну чутливість і смугу пропускання приймального пристрою, спрямовані властивості сенсорів технічного зору та інші. Останні, на відміну від тактичних параметрів наземного РТК, не залежать від поточної ситуації, що склалася у середовищі взаємодії.

Як відомо, в умовах детермінованої ситуації або організованого (визначеного) середовища енергоінформативна інваріанта відображає процеси оптимального функціонування наземного РТК, які запобігають перевитратам енергоресурсу, характерного для конфліктних систем. Взаємодії наземного РТК під час бойових дій або експлуатації його в надсистемі спеціального призначення відбуваються в умовах активної протидії середовища. Широкомасштабне застосування електромагнітних перешкод з боку противника, прагнення до вогневого ураження наземних РТК, придушення сигналів радіоуправління та інші дії породжують конфліктну ситуацію, яка може погіршувати тактико-технічні показники наземного РТК. Зниження значення таких параметрів РТК, як завадостійкості, точності вимірювання координат, розподільчої здатності компенсується підвищенням енергетичних витрат на оптимальне функціонування підсистем РТК. Така інваріанта наземного РТК вписується в модель технологічного перетворення «інформація → енергія → речовина» (рис. 3) та підтверджує справедливості існування автономного закон зберігання енергоінформативності. Останній, незважаючи на модельний характер, дозволяє розкрити низку важливих властивостей інтегрованого «об'єкту-системи», ідентифікувати і пов'язати матеріально-енергетичні та інформаційні процеси, прийняти системотехнічні рішення на основі сукупності емпіричних фактів, а також, запобігти спотворенню поведінкових функцій наземного РТК і в асимптотиці – цільових функцій досліджуваного «об'єкту-системи».

Поведінкова функція описує розгорнуту в часі послідовність реакцій технічних пристроїв управління РТК на зовнішні дії. Стрибокподібна реакція пристрою управління наземним РТК на агресивні дії зовнішнього середовища носить граничний характер. Перевищення сигналами протидії встановлених

граничних значень приводить до порушення роботи оптимальних алгоритмів функціонування окремих компонентів наземного РТК, до зміни його поведінки в цілому. За триадної моделі технологічної взаємодії граничний показник є функцією трьох змінних: кількості певної речовини, кількості енергії певного виду та кількості інформації певної якості. Для наземного РТК, як відкритої системи, рівень речовинної і енергетичної взаємодії, в силу різного роду обмежень [5], носить достатньо регламентований характер. За таких обставин саме приріст інформації, визначає один із основних напрямків інтеграції наземного РТК в надсистему спеціального призначення.

Узагальнюючи сказане, можна зробити наступні висновки-рекомендації:

– перше, в модельній конструкції інтеграції «об'єкта-системи» наземному РТК належить найважливіша інформаційна функція, а сам робототехнічний комплекс допустимо розглядати, як специфічну інформаційну систему, основу якої складають різносенсорні канали технічного зору;

– друге, конструктивний рівень реакції зазначеної інформаційної системи на агресивні дії зовнішнього середовища визначається граничними порогоми, значення яких регулюються самою системою. До певного рівня вплив середовища можна компенсувати посиленням одних і ослабленням інших процесів, а починаючи з деякого рівня – потрібно перебудовувати інформаційну систему;

– третє, типовим наслідком фізичного впливу вимірюваної величини (кількісного вираження властивості) на внутрісистемний інваріант є невизначеність в різних формах її походження, існування та прояву. Максимальна точність вимірювання властивостей наземного РТК залежить від характерної для нього області невизначеності, в середині якої підвищення точності виміру одного параметру тягне за собою зниження точності визначення іншого параметра;

– четверте, природне походження невизначеності пов'язано із статистичними помилками вимірювання параметрів випадкових процесів, з показниками достовірності та повноти обсягу інформації в задачах розпізнавання і ситуаційної ідентифікації стохастичних умов зовнішнього середовища, з оцінками поточного стану компонентів наземного РТК та самого інтегрального «об'єкта-системи», з оптимальністю прийняття статистичних рішень та інше.

4. Стратегія інформаційної взаємодії в умовах невизначеності

Стратегія пов'язана з вибором поведінки наземного РТК, як системи третього-четвертого рівнів ієрархії за класифікацією К. Боулдинга [5, 15, 20], та алгоритмами управління нею в невизначених ситуаціях. За поведінкової функції РТК підпорядковується, з одного боку, фізичній причинності (об'єктивному чиннику) – задіяні модифіковані об'єкти природи або перетворені природні процеси, а з іншого боку, – технологічній причинності (суб'єктивному чиннику) – будується за законами людської діяльності [2, 4]. В надсистемі спеціального призначення обидва чинника підпорядковуються інформаційній причинності, оскільки інформаційна функція є однією з основних поведінкових функцій наземного РТК. Процедурно інформаційна взаємодія роботи технічного комплексу з компонентами «об'єкта-системи» може протікати в одній з трьох форм:

– узгоджена інформаційна взаємодія – передбачає координацію взаємодії поведінкових функцій підсистем РТК і цільових функцій «об'єкта-системи». Узгоджена взаємодія характерна для детермінованих умов, визначеного або організованого середовища, для апріорної повноти відомостей щодо стану, параметрів і характеристик цілісності «об'єкта-системи», його компонентів, фізичних каналів передачі, приймання та обробки інформації, контурів управління робототехнічного комплексу, а також відомостей щодо розповсюджуваних в них сигналах, способах кодування інформаційних даних. На інформаційному рівні така ситуація властива для підсистем радіоуправління, радіозв'язку, технічного зору та інших;

– індиферентна інформаційна взаємодія реалізується в ситуації «байдужості» РТК по відношенню до процесу отримання інформації. При цьому ступінь апріорної невизначеності стосовно характеру взаємодії (в порівнянні з попереднім випадком) зростає. Індиферентність типова для програмованих РТК – мобільних «роботів-саперів» або мобільних «роботів-санітарів», умови функціонування яких не припускають цілеспрямованих агресивних впливів зовнішнього середовища;

– конфліктна інформаційна взаємодія відрізняється наявністю антагонізму поведінкових функцій об'єктів взаємодії, які прагнуть досягти несумісного відносно один одного стану. Конфліктний характер взаємодії супроводжується високим рівнем невизначеності стосовно стану середовища, параметрів і характеристик компонентів РТК, а також носіїв інформації (електромагнітних, гідроакустичних полів, різного виду сигналів), що використовуються в них. Згідно синергетичного підходу відбувається обмін потоками інформаційної невизначеності відносно намірів і ситуації, з метою переведення РТК в нестійкий стан (стан хаосу). Як наслідок, навіть незначні речовинно-енергетичні або інформаційні впливи з боку протидіючих угруповань суттєво порушують нормативні та регламентні алгоритми гарантованого функціонування робототехнічного комплексу в конфігурації «об'єкт-система».

Дотримуючись заданої логіки, невизначеність розглядається в стратегії інформаційної взаємодії, як недостатність та нечіткість вихідних інформаційних даних, що породжені недетермінованими джерелами, станом навколишнього середовища, діючими факторами активного або пасивного противника. Пошук методів усунення подібних ситуацій викликає наступні асоціації щодо взаємовідносин сутності та явища невизначеності, зокрема, як: відсутність інформації; відображення поточного стану інтегрованого «об'єкта-системи» по відношенню до детермінованої ситуації; множинність вибору різних альтернатив; якість інформації, що відображається в параметрах гарантованого успіху (цінності, ясності, повноти та вірогідності); атрибутивне джерело ризику. В класі задач статистичного синтезу, математичного моделювання та прийняття рішень можливі інші тлумачення даного поняття [13].

Таким чином, процедури формалізації інтеграційних процесів і структур досліджуваного «об'єкта-системи» зазвичай здійснюється в умовах неоднозначності цілей, неповноти вихідної інформації, наявності неконтрольованих факторів, неможливості точного передбачення наслідків синтезованих і прийнятих рішень; неповторності експериментальної перевірки отриманих результатів.

В підсумок окресленої стратегії зробимо наступні узагальнення та зауваження:

– організаційна структура інтегрованого в надсистему наземного РТК визначається цільовою функцією «об'єкта-системи», змістом поведінковими функціями взаємодії з середовищем, системотехнічною природою компонентів РТК, інформаційним предметом взаємодії, видом перетворення останнього та проблемним характером цієї взаємодії;

– техніко-технологічний вигляд конструкцій інформаційних підсистем наземного РТК та реалізовані в них способи функціонування визначаються характером інформаційного конфлікту, що протікає між ними. В такій конструкції знаходить своє відображення принцип відповідності структури робототехнічного комплексу структурі зовнішнього середовища;

– характеристикою інтегральної складності наземних РТК вважається невизначеність в сенсі можливість вибору, відсутності або недостатності інформації. Методи усунення невизначеності пов'язані з пошуком додаткових каналів отримання інформації, їх комплексуванням, адаптацією в різних видах реалізації до умов навколишнього середовища, а також з використанням внутрішніх критеріїв, які дозволяють вичленили із аналізу ті рішення, що збільшують невизначеність ситуації;

– невизначеність задає форму абстрактної (концептуальної, математичної, експериментальної) моделі будь-якого робототехнічного засобу і виражається в її параметрах, структурі, вхідних і вихідних сигналах. Ситуація невизначеності викликає складності в процедурах моделювання конфліктних взаємовідносин. Побудова заявленої модельної конфігурації «об'єкт-система» передбачає повний обсяг апріорної інформації стосовно зовнішніх та внутрісистемних збурень, параметрів і характеристик статичного та динамічного стану наземного робототехнічного комплексу, а також його вихідних сигналів.

Висновки

Представлений в статті матеріал порушує тільки вибрані питання однієї з ключових тем теоретичної робототехніки – впровадження технології інтеграції робототехнічних засобів в системи вищого рівня ієрархії. Метою роботи було визначити та систематизувати техніко-технологічних заходи забезпечення гарантованого функціонування інтегрованого в «об'єкт-систему» наземного РТК в невизначених ситуаціях та неорганізованих середовищах.

Запропонований базис стратегій, як інструментарій методологічного аналізу, що склався в сучасній системології, надає можливості:

- сформувані інтегральні ядра технологічної взаємодії структурно-функціональних компонентів досліджуваного «об'єкта-системи» в заявленій модельній конфігурації;
- реалізувати принцип збереження наступності технічних рішень за різними парадигмами науково-технічної раціональності;
- розглядати інтеграційний «об'єкт-систему» як специфічну інформаційну систему зі структурою реального масштабу часу;
- визначити модельну конструкцію «об'єкта-системи», що відповідає ступеню проблемності простору технологічної взаємодії наземного РТК в умовах ситуаційної невизначеності.

В перспективі отримані результати дозволяють, по-перше, візуалізувати смислову конструкцію «об'єкт-система», розглядаючи її як конфліктну інформаційно-керовану систему з адекватними метриками; по-друге, визначити апарат формалізованого представлення інтеграційних процесів інформаційної взаємодії на різних рівнях концептуалізації; по-третє, прийняти правила оптимізації критеріального показника гарантованого функціонування адаптивного наземного робототехнічного комплексу в над-системах спеціального призначення.

Список використаних джерел

1. Русинов В. Состояние и планы развития наземных робототехнических комплексов США / В. Русинов // *Зарубежное военное обозрение*, 2013. – №3. – С. 44–56.
2. Русинов В. Наземные военные роботы ВС США [Электронный ресурс] / В. Русинов // *Зарубежное военное обозрение*. – Режим доступа: <http://www.modernarmy.ru/article/256/nazemnievoennie-roboti-ssha>.
3. Буренок В.М. Технологические и технические основы развития вооружения и военной техники: монография / В.М. Буренок. – М.: Граница, 2010. – 216 с.
4. Кондратьев А. Е. Боевые роботы США – под водой, в небесах и на суше // *Независимое военное обозрение* [Электронный ресурс]. 14.05.2010. – URL: http://nvo.ng.ru/armament/2010-05-14/8_robots.html.
5. Ботов М.И. Введение в теорию радиолокационных систем: монография / М.И. Ботов, В.А. Вяхирев, В.В. Девотчак; ред. М. И. Ботов. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 394 с. – ISBN 978-5-7638-2740-8.
6. Юревич Е.И. Управление роботами и робототехническими системами / Е.И. Юревич. – СПб.: БХВ-Петербург, 2000. – 85 с.
7. Юревич Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юревич. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
8. Артемьев В.М. Локационные системы роботов: справочное пособие / В.М. Артемьев. – Минск: Вышэйшая школа, 1988. – 221 с.
9. Юревич Е.И. Сенсорные системы в робототехнике : учеб. пособие / Е. И. Юревич. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 100 с.
10. Манько С.В. Перспективы применения, принципы построения и проблемы разработки мульти-агентных робототехнических систем. / С.В. Манько, М.П. Романов, С.А-К. Диане // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014 Москва, 16-19 июня 2014 г. – С. 3810–3821.
11. Михайлов Б.Б. Автономные мобильные роботы – навигация и управление / Б.Б. Михайлов, А.В. Назарова, А.С. Ющенко // *Известия ЮФУ Технические науки*. – 2016. – 2 (175). – С 48–66.
12. Воронников С.А. Информационные устройства робототехнических систем: Учеб. пособие / С.А. Воронников. – М.: изд. МГТУ им Н.Э. Баумана, 2005. – 384 с.
13. Мошкин В.И. Техническое зрение роботов / В.И. Мошкин, А.А. Петров, В.С. Титов, Ю.Г. Якушенков; под общ. ред. Ю.Г. Якушенкова. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.

14. Каляев И.А. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук, С.Г. Капустян. – М.: Физматлит, 2009. – 280 с.

15. Раскин Л.Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления / Л.Г. Раскин. – Москва: Сов. радио, 1976. – 344 с.

16. Макаров И.М. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов; [отв. ред. И.М. Макаров]; Отделение информ. технологий и вычисл. систем РАН. – М.: Наука, 2006. – 333 с. – ISBN 5-02-033782-X.

17. Гиг Дж. Ван. Прикладная общая теория систем / Гиг Дж. Ван: пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 336 с.

18. Чепков І.Б. Роль, місце та принципи побудови ґрунтових наземних роботизованих комплексів під час виконання заходів матеріального забезпечення військ у зоні бойових дій / І.Б. Чепков, О.П. Григор'єв, В.Т. Беліков, С.С. Ковалішин // Наука і оборона, 2016. – №3. – С. 46–51.

19. Мосиенко С.А. Концепция построения наземного робототехнического ударного комплекса / С.А. Мосиенко, В.И. Лохтин. – М.: ООО Самполиграфист, 2014. – 124с.

20. Бертуланфи Л. фон. Общая теория систем – критический обзор / Л. фон Бертуланфи // Исследования по общей теории систем: Сборник переводов / Общ. ред. В.Н. Садовского, Э.Г. Юдина. – М.: Прогресс, 1969. – С. 23–82.

СТРАТЕГИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ НАЗЕМНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В НАДСИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В.В. Чепкий, В.В. Скачков, А.Н. Ефимчиков, А.Д. Ельчанинов

В системном смысле рассматривается методологический базис технологии интеграции наземных робототехнических комплексов в надсистемы специального назначения. Такой базис предлагается образовывать на основе комплексирования квартета стратегий: триадного представления процесса технологического взаимодействия, научно-технической рациональности, энергоинформативной инварианты и информационного взаимодействия в условиях априорной неопределенности. Приводится подход к решению специфично-системной задачи технологии взаимодействия конструктивных компонентов в иерархии «объект-система» для обеспечения гарантированного функционирования робототехнического комплекса в сложных или неопределенных ситуациях.

Ключевые слова: стратегия, интеграция, парадигма, наземный робототехнический комплекс, надсистема специального назначения, триадная модель, научно-техническая рациональность, энергоинформативная инварианта, технологическое взаимодействие, информационное взаимодействие, априорная неопределенность.

STRATEGY OF TECHNOLOGICAL INTEGRATION OF GROUND ROBOTIC COMPLEX INTO SUPERSYSTEMS OF THE SPECIAL PURPOSE

V. Chepkyi, V. Skachkov, O. Yefymchykov, O. Yelchaninov

Methodological basis of technology of integration of ground robotic complex into supersystem of special purpose is considered in the system sense. This basis is proposed to be created on the ground of the integration of the "quartet" of strategies: the strategy of the triad representation of the process of technological interaction, the strategy of scientific and technical rationality, the strategy of energy and informative invariants, and the strategy of information interaction under the conditions of a priori uncertainty. This article also proposes the approach to resolve specific and system problem of technology of functional components' cooperation in hierarchy "object-system" to provide with guaranteed functioning of robotic complex amid complicated and indefinite situations

Keywords: strategy, integration, paradigm, ground robotic complex, supersystem of special purpose, triad model, scientific and technical rationality, energy and informative invariant, technological interaction, information interaction, a priori uncertainty.