

Харківський авіаційний інститут ім. М.Є. Жуковського

На правах рукопису

ЦИГАНКОВ Олег Семенович

УДК 629.78.002

**КОНЦЕПЦІЯ, ТЕОРЕТИКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ
ОБГРУНТУВАННЯ КРИТЕРІАЛЬНОЇ БАЗИ ПРОЕКТУВАННЯ,
ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І РЕАЛІЗАЦІЇ
ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ КОСМІЧНОГО ПОЛЬОТУ**

Спеціальність 05.07.04

"Технологія виробництва літальних апаратів"

Дисертація
у формі наукової доповіді на здобуття
наукового ступеня доктора технічних наук



Харків - 1993

№ 26. 885

Роботу виконано в Науково-виробничому
об'єднанні "Енергія" ім. акад. С.П. Корольова

Офіційні опоненти - чл.-юр. Інженерної академії України, док-
тор технічних наук, професор В.Є. Гайдачук;

академік Інженерної академії України,
Заслужений машинобудівник України, доктор
технічних наук, професор А.І. Бабускін;

доктор технічних наук М.І. Дзюв

Провідна організація - КБ "Салют"

Захист відбудеться "26" березня 1993 р. о 14⁰⁰
годині на засіданні спеціалізованої ради Д.053.І4.02 в
Харківському авіаційному інституті ім. М.Є. Жуковського
за адресою: 310070, м. Харків-70, вул. Чкалова, 17

З дисертацій у формі наукової доповіді можна
ознайомитися в бібліотеці ХАІ

Дисертацію розіслано "26" лютого 1993 р.

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00825831 (R)

Вчений секретар
спеціалізованої ради ~~А.С. Корнілов~~ Г.Л. Корнілов

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

I. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

I.I. Актуальність проблеми

Тенденція до збільшення габаритних розмірів і терміну активного існування космічних об'єктів тривалий час зберігається в світовій космонавтиці. Це підтверджується прикладами вітчизняного орбітального комплексу "Мир", проектом американської орбітальної станції "Фридом", розробками місячних і марсіанських експедицій і станцій.

Забезпечення тривалого і надійного функціонування таких об'єктів є основою їх науково-технічної та економічної ефективності. Це досягається шляхом як підвищення власної надійності структурних елементів, поелементного, поблочного, навіть посистемного резервування, так і проведення технічного обслуговування і ремонту комплексу силами екіпажу безпосередньо в польоті.

Великий космічний комплекс тепер і в майбутньому знаходиться і, звичайно, буде знаходитися в стані постійного розвитку: розширення, дооснащення, реконструкції, модернізації подібно до кожного наземного технічного комплексу, що правомірно розглядати як продовження або завершення наземного виробничого процесу. Спорудження великогабаритних конструкцій, їх остаточне складання і монтаж можуть здійснюватися тільки поза Землею.

Звідси очевидна неминучість виконання технологічних процесів в умовах космічного польоту, необхідність застосування космонавтами інструментів, приладів, оснастки, тобто реалізації технологічної діяльності. Це новий вид технологічної діяльності в умовах, конфліктних до умов зародження і розвитку як самого організму людини, так і людської цивілізації. Вихід у відкритий космос і позакорабельна діяльність є особливим видом польотних операцій навіть у професіограмі космонавта.

Відсутність цілеспрямованих досліджень, об'єктивної і всебічної інформації про специфіку технологічної діяльності в космосі була б серйозною перешкодою для здійснення вітчизняних космічних програм у тому вигляді, в якому вони реалізуються протягом останніх двох десятиліть.

Отже, дослідження і науково-технічне забезпечення робіт в умовах космічного польоту є насущною та актуальною проблемою

сучасного етапу розвитку космонавтики і являє собою по суті новий напрямок в галузі технології виробництва літальних апаратів.

1.2. Ціль роботи

Створення концепції, науково-технічне обґрунтування принципів і критеріїв проектування, інструментального забезпечення і реалізації технологічної діяльності в умовах космічного польоту.

1.3. Методи дослідження

Теоретичні дослідження виконано на базі логічної і математичної моделей, апарата багатофакторного регресивного аналізу і теорії планування експериментів.

Експериментальні дослідження виконано методом фізичного моделювання системи, що досліджується, і середовища функціонування - невагомості, на оригінальному створеному устаткуванні з вимірюванням часових, кінематичних, динамічних, біоелектричних і фізіологічних параметрів.

1.4. Наукова новизна роботи полягає в такому:

- технологічна діяльність в умовах космічного польоту вперше з'являється у вигляді цілісної ергатичної системи, обґрунтовано структурно-функціональну модель системи, дано її математичну інтерпретацію, виконано дослідження функціональних можливостей космонавта в системі "людина-скафандр-інструмент" стосовно до задач технологічної діяльності;

- вперше здійснено комплексний аналіз конструкцій космічних апаратів як об'єктів технологічної дії, сформульовано цілі, задачі та зміст технологічної діяльності в космічному польоті;

- встановлено критерії монтажної технологічності складання конструкцій в космосі;

- визначено поняття, роль і значення фіксації для здійснення технологічної діяльності в умовах невагомості, вперше запропоновано систематику і класифікацію методів і засобів фіксації, рекомендації та критерії їх розрахунку і розробки;

- вперше теоретично та експериментально вирішено питання динаміки безреактивного ударно-імпульсного енергопривода для

механізованих інструментів, запропоновано його конструктивні рішення і методики розрахунку;

- на основі висунутої концепції технологічної діяльності сформовано систему критеріальних вимог і принципів для прийняття проектно-конструкторських рішень при створенні спеціальних космічних інструментів;

- розроблено методологію, систему організаційно-технічних заходів і технічних засобів, що забезпечують експериментальне відпрацювання, випробування, тренування і підготовку екіпажів, документування і планування технологічних польотних завдань в програмах космічних польотів та їх реалізацію.

1.5. Практична цінність роботи

Результати виконаних досліджень, теоретичних і методологічних узагальнень і розробок в проблеми технологічної діяльності в космосі забезпечили впровадження в практику експлуатації орбітальних станцій "Салют" і "Мир" процедур складання, монтажу, технічного обслуговування і ремонту як всередині відсіків, так і у відкритому космосі. Це дозволило при формуванні програм освоєння космічного простору вийти на принципово нові позиції по термінах активного існування об'єктів і по діапазону їх науково-технічного потенціалу.

Результати дисертації впроваджено і використано в НВО "Енергія" ім. акад. С.П. Корольова, КБ "Салют", НТП "Звезда", ЦПК ім. Ю.О. Гагаріна, на заводі ім. Хрунічева, НВО ВНДІ БМІ, НВО ЗАНГ ЦПФ, НДІ Монтажспецстрой, ІЕД АНУ, СКБ НІ ІМП Латв. АН, ІКД РАН, в учбовому процесі МАІ ім. С. Орджонікідзе, ХАІ ім. М.Б. Жуковського, САГУ ім. С.П. Корольова.

1.6. Апробація роботи

Основні положення і результати роботи доповідалися на науково-технічних конференціях і семінарах: читаннях, присвячених розробці наукової спадщини і розвитку ідей К.Е. Ціолковського /м. Калуга, 1983-90 рр./; Гагарінських наукових читаннях по авіації і космонавтиці /1977-88 рр./; Всесоюзній конференції по великогабаритних космічних конструкціях /м. Севастополь, 1990 р./; Міжреспубліканській конференції по проблемах міцності /м. С.-Петербург, 1992 р./; конференціях і семінарах МАІ ім. С. Орджоні-

кідзе, ХАІ ім. М.С. Жуковського, САКУ ім. С.П. Корольова, ВІКУ ім. Можайського; конференціях, семінарах і НТС галузі та НВО "Енергія" ім. акад. С.П. Корольова в період 1969-92 рр.

1.7. Публікації

Результати досліджень і розробок по проблемі технологічної діяльності в умовах космічного польоту, проектуванню та реалізації технологічних процесів, створенню інструментів, приладів, нові технічні рішення та їх зміст опубліковано в 196 наукових роботах, з них 34 наукові статті, 39 науково-технічних звітів, 5 учбових посібників, 108 авторських свідоцтв на винаходи та 10 - на промислові зразки.

1.8. Структура і обсяг роботи

Дисертація виконана у формі наукової доповіді і складається з 6 розділів, висновків, списку робіт автора по темі дисертації.

2. ЗМІСТ РОБОТИ

2.1. Стан і перспективи розвитку технологічної діяльності в космічному просторі

В науково-технічній літературі дістав визнання і дедалі більше утверджується термін "космічна технологія".

В космічній технології сформовано два актуальних напрямки досліджень, дві галузі застосування результатів досліджень і розробок в практиці.

Перший напрямок - це дослідження і розробки технологічних процесів в інтересах експлуатації космічних літальних апаратів, що реалізуються безпосередньо в умовах польоту силами і засобами екіпажу. Цей напрямок будемо іменувати "технологічною діяльністю космонавта" /ТДК/.

Другий напрямок - це дослідження і розробки з метою одержання речовин і матеріалів з використанням унікальних властивостей космічного простору, організація економічно виправданого їх промислового виготовлення, який здобув назву "космічного виробництва".

Роботу сфокусовано на першому напрямку - технологічній діяльності космонавта в процесі польоту, що є об'єктивною необ-

хідністю в практиці експлуатації орбітальних станцій на протязі останнього двадцятиріччя.

Становлення і розвиток цього напрямку стало можливим завдяки роботам по забезпеченню життєдіяльності космонавта в системі "людина-скафандр", виконаним Г.І. Севериним, В.І. Сверщевим, І.П. Абрамовим, О.Ю. Стоклицьким. Рішення ряду конструктивних задач, пов'язаних з проектуванням ручних машин та електромеханічних інструментів, розглянуто в роботах М.Л. Гельфанда, І.Я. Ципенюка. Питання моделювання, розробки і здійснення окремих технологічних операцій в космосі висвітлювалися в роботах М.І. Дзова, І.Т. Белякова, М.М. Горбунова, В.Ф. Мартюшова, В.М. Кобріна, В.Д. Гречки, В.Ф. Лапчинського, О.О. Загребельного, М.І. Сітаса. В реалізації технологічної діяльності в умовах космічного польоту брали участь В.В. Рїмін, В.О. Соловиов, О.П. Александров, В.В. Лебедев та інші, що знайшло відповідне відображення в публікаціях.

Виходячи із загальної спрямованості прогресу космонавтики представляється можливим установити цілі та прогнозувати тенденції розвитку технологічної діяльності в космічному просторі /рис. 2.1/.

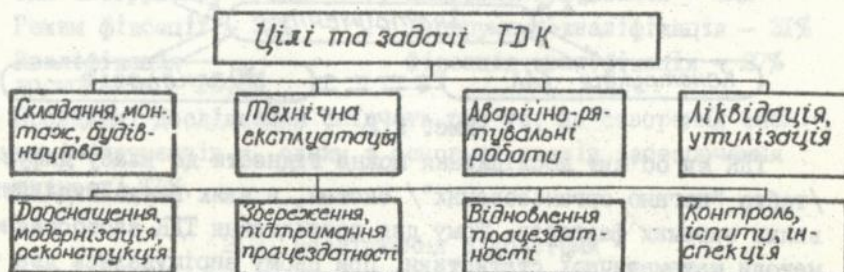


Рис. 2.1

Очевидно, що в багатьох випадках не тільки ефективність, але й сама можливість здійснення космічних програм залежить від обсягу і рівня можливостей ТДК.

2.2. Системний аналіз і керування процесом технологічної діяльності космонавта

Технологічну діяльність космонавта визначимо як реалізацію функціональних можливостей людини в рамках здійснення техноло-

гічного процесу, включаючи його цілі, засоби і результати.

Складність і унікальність технологічної діяльності, особливо в умовах відкритого космічного простору, викликає необхідність її уявлення у вигляді цілісної органічної системи, одним з елементів якої є космонавт. Взаємозалежність і взаємодія сукупності структурних елементів і реально діючих факторів є системоутворюючою основою ТДК.

ТДК розвивається в теоретичному просторі відношень суб'єкта-космонавта та об'єкта – космічного літального апарата. Процес здійснення ТДК представляємо як вплив суб'єкта на об'єкт за допомогою технології та інструменту з наявністю зворотних зв'язків. В цій схемі є два види взаємозалежних зв'язків: 1/ взаємодія інструменту з технічними елементами системи; 2/ взаємодія інструменту з ергономічними елементами системи: скафандром і засобами фіксації.

Шляхом об'єднання схем взаємодії інструменту з технічними та ергономічними елементами системи одержуємо структурну модель системи ТДК /рис. 2.2/:



Рис. 2.2

ТДК як об'єкт дослідження можна віднести до класу дифузійних /тобто "погано організованих"/ систем, в яких важко виділити вплив окремих факторів. Тому для дослідження ТДК застосовано методи математичної статистики. При цьому вирішувались два типи задач:

- установлення факту істотності впливу окремого фактора на властивості системи і ступінь цього впливу, що досягається використанням методу дисперсного аналізу;
- визначення рівняння зв'язку між факторами, для чого застосовано апарат регресивного аналізу.

Як комплексний показник ефективності процесу ТДК, який ура-

ховує вплив технологічних і ергономічних факторів, приймався загальний час здійснення операції.

Дослідження ТДК виконано по результатах спеціальних багатофакторних експериментів, що мали активний характер.

Математична модель ТДК описує вплив незалежних факторів з різними рівнями на мінливість нормально розподіленої ознаки - часу здійснення операції:

$$T_{ijklm} = K_i + \Phi_j + J_e + C_k + K_i \Phi_j + K_i J_e + K_i C_k + \Phi_j J_e + \Phi_j C_k + J_e C_k + K_i \Phi_j J_e + K_i J_e C_k + \Phi_j J_e C_k + K_i \Phi_j J_e C_k + Z_{ijklm} \quad /2.1/$$

де i, j, k, ℓ - сполучення рівня взаємодії фактора;

m - порядковий номер спостереження.

Досліджено вплив трьох найбільш значущих факторів: кваліфікації космонавта / K / - два рівні; режиму фіксації / Φ / - 3 рівні; типу інструменту / I / - 4 рівні, на мінливість часу здійснення операції.

Після виконання оперативних дій рівняння регресії набрало вигляду

$$T = 497,46 - 98,13K - 324,79\Phi - 406,21J + 63,13K\Phi + 79,21KJ + 226\Phi J - 52,21K\Phi J \quad /2.2/$$

Вплив факторів і груп факторів на загальну мінливість часу здійснення операцій визначився:

Тип інструменту - 52%	Інструмент+фіксація - 42%
Режим фіксації - 32%	Інструмент+кваліфікація - 31%
Кваліфікація космонавта - 15,8%	Фіксація+кваліфікація - 27%

Проведені дослідження свідчать про те, що створення спеціальних інструментів є одним з основних шляхів забезпечення ефективності ТДК.

2.3. Дослідження підсистеми

"космонавт-скафандр-засоби фіксації"

Один з найбільш специфічних факторів космічного простору - невагомість робить істотний вплив на рухову активність людини, що лежить в основі ручної праці.

Аналіз прямого і посереднього впливу невагомості на організм людини та її трудову діяльність, а також засобів і методів профілактики, нейтралізації та обмеження впливу невагомості показав, що кожному виду несприятливого впливу неваго-

мости протиставляється не менше трьох засобів нейтралізації або обмеження цього впливу. В той же час забезпечення біомеханічних умов ефективної роботи шляхом виключення безопорного стану можна досягти за допомогою тільки одного засобу - фіксації.

Наявність фіксації є біомеханічною умовою продуктивності робочого руху, умовою рівноваги системи, тобто рівності нулю всіх сил і моментів у в'язці "космонавт-інструмент-об'єкт труда".

Закономірно розглядати устаткування фіксації як пристрої або оснастку, тісно пов'язані з технологічним процесом, інструментом і характером операцій, що виконуються, тому що основним навантаженням на пристрої фіксації є реакція на сили взаємодії інструменту і предмета труда, які передаються через тіло космонавта.

Якщо представити тіло космонавта /без скафандра або в скафандрі/ у вигляді кінематичного ланцюга з ланок, що обертаються навколо центрів суглобів, і здійснити аналіз такої моделі тіла в квазістаціонарній постановці, приходимо до визначення системи сил і моментів \vec{M}_K , що впливають на точку закріплення /наприклад, стопу або поясний шпангоут скафандра/:

$$\begin{aligned} \vec{M}_K &= K_{pac} K_M (\vec{M}'_F + \vec{M}''_F + \vec{M}'_H + \vec{M}''_H); \\ \vec{F}_K &= K_{pac} K_M (\vec{F}'_H + \vec{F}''_H), \end{aligned} \quad /2.3/$$

де K_{pac} , K_M , K_F - коефіцієнти: розподілу, сприйняття моментів і сил;

\vec{M}'_F , \vec{M}''_F - моменти, що виникають в точці фіксації від технологічних зусиль \vec{F}'_H , \vec{F}''_H ; \vec{M}'_H , \vec{M}''_H - зовнішні технологічні моменти. Сили і моменти для правої руки мають один штрих зверху, а для лівої - два штрихи.

При цьому компоненти векторів \vec{M}'_F і \vec{M}''_H мають вигляд

$$\vec{M}'_F = \begin{vmatrix} R'_{iy} F'_{Hz} - R'_{iz} F'_{Hy} \\ R'_{iz} F'_{Hx} - R'_{ix} F'_{Hz} \\ R'_{ix} F'_{Hy} - R'_{iy} F'_{Hx} \end{vmatrix}; \quad \vec{M}''_F = \begin{vmatrix} R''_{iy} F''_{Hz} - R''_{iz} F''_{Hy} \\ R''_{iz} F''_{Hx} - R''_{ix} F''_{Hz} \\ R''_{ix} F''_{Hy} - R''_{iy} F''_{Hx} \end{vmatrix}; \quad \vec{M}'_H = \begin{vmatrix} M'_{Hx} \\ M'_{Hy} \\ M'_{Hz} \end{vmatrix}; \quad \vec{M}''_H = \begin{vmatrix} M''_{Hx} \\ M''_{Hy} \\ M''_{Hz} \end{vmatrix}. \quad /2.4/$$

Тут \vec{R}'_i - радіус-вектор, що з'єднує точку фіксації тіла /скафандра/ з точкою прикладення технологічного зусилля до руки космонавта.

Для знаходження раціональних способів фіксації в умовах невагомості розроблено біомеханічну модель тіла зафіксованої людини і проведено її дослідження. При цьому застосовано спільні методи

тензометрії опорних реакцій і міографії /з м'язів ведучої руки/.

В результаті досліджень зроблено висновок про необхідність створення такого способу фіксації, котрий забезпечив би повне і жорстке закріплення ніг, особливо при роботах у скафандрі.

Досвід реальних польотів дозволяє стверджувати, що космонавт, який пройшов період адаптації, може виконати всередині гермовідсіків практично всі необхідні операції, які були б доступні йому в наземних умовах відповідно до його рівня знань, умінь і навиків.

Робота в скафандрі поза гермовідсіками розглядалася і оцінювалася як специфічний вид діяльності космонавта.

Аналіз показує, що в підсистемі "людина-скафандр" космонавт, як регулююча ланка, одночасно вилучається в декілька контурів управління: системами скафандра; агрегатами шлюзування; контролю фізіологічних показників організму. Крім того, він виконує цільові дії.

Слід відзначити, що, маючи високі захисні властивості, скафандр накладає обмеження на функціональні можливості космонавта.

Проведені дослідження показують, що складання є найбільш характерним технологічним процесом в рамках ТДК. Тому задачі поведінки космонавта визначалися структурою і суттю елементів складальної операції. Кожному переходу, як елементу технологічної структури складальної операції, відповідає сенсорно-моторний акт, як елемент ергономічної структури складальної операції /рис. 2.3/.

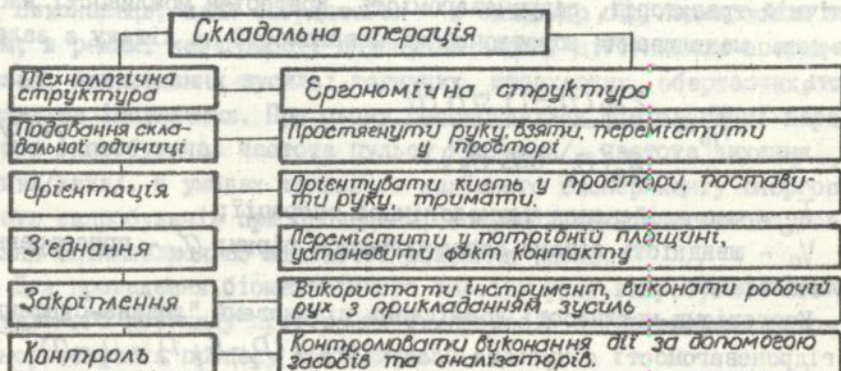


Рис. 2.3

Ерготехнічна модель складальної операції, що була розроблена відповідно до цієї передумови, стала основою для програми досліджень функціональних можливостей космонавта.

Найбільш раціональною і продуктивною методологією дослідження і відпрацювання ТДК стало моделювання. Для адекватного відображення основних складових елементів автор використав метод предметного фізичного моделювання. Виключення в модель окремих елементів системи-оригіналу, таких, як скафандр, конструкції КЛА, а також випробувачів, ставить достовірність моделювання та його результатів на необхідний рівень для вирішення поставлених задач.

Скафандр, що використовувався в процесі моделювання, по своїх характеристиках ідентичний штатному. Він був інструментом оцінки елементів конструкції по критерію їх сумісності з можливостями людини, спорядженої в скафандр.

Макети КЛА, їх механізми та устаткування по конструкції і функціональних параметрах відповідали реальним в рамках задач, що вирішуються.

Важливим компонентом системи з точки зору моделювання є людина. Характеристики випробувачів були ідентичними або близькими до характеристик персоналу, який діє в системі, тобто штатного екіпажу.

Моделювання гравітаційних умов: невагомості, місячної - 0,16 або марсіанської - 0,33 сили тяжіння здійснюється імітацією системи реально діючих сил або відтворенням результату сукупної дії зовнішніх сил.

Для цих цілей використано такі методи: польот літака по параболічній траєкторії, гідроневагомість. Критерієм можливості застосування моделювання короточасної невагомості на літаку є залежність

$$T_{70} = \frac{2V_0(n_y - 1) \sin \theta_1}{g_0(n_y - \cos \theta_2)}, \quad /2.5/$$

де T_{70} - час здійснення технологічної операції;
 V_0 - швидкість літака перед початком гірки; g_0 - прискорення сили тяжіння.

Критеріями можливості досліджень підсистеми "людина-скафандр" у гідроневагомості є нульова плавучість / ($P_z = G$; $P_x = P_y = 0$) і "байдужа" рівновага / ($\tau_{y,r} = \tau_{y,\theta}$; $\Sigma M_x = \Sigma M_y = \Sigma M_z = 0$).

Для досліджень структури і параметрів рушійної активності космонавта в скафандрі було розроблено і змонтовано на літаку-лабораторії ТУ-104М стенд "Ерго" /рис. 2.4/.

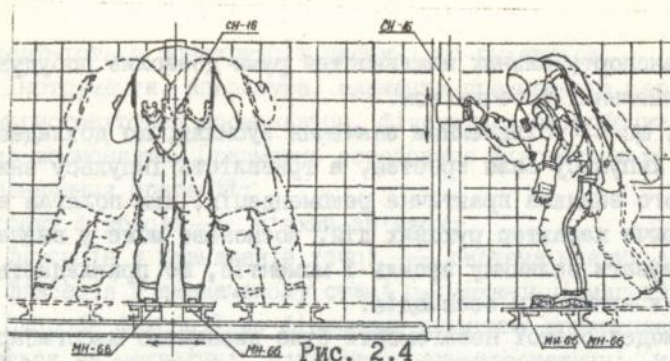


Рис. 2.4

Основним елементом стенду є динамометричний штурвал – прилад для вимірювання величини зусиль, що розвиваються випробувачем і прикладаються до ручок штурвала однією і двома руками в різних площинах і на різних рівнях. Величина зусиль реєструвалася осцилографом з прив'язкою до величини перевантажень та інших параметрів польоту.

Випробувач фіксувався ступнями ніг /черевиками скафандра/ в обладнанні "Якорь" на "плаваючій" опорній площадці, що має тензодатчики у вертикальній і горизонтальній площині. Площадка устанавлювалася на різній відстані від штурвала і могла зміщатися в сторони.

Для відзначення робочих зон використовувалися щити з нанесеною на них координатною сіткою.

Виконавець, який споряджався в скафандр під надлишковим тиском, в режимі невагомості виконував задані дії: нахили вперед-назад, прикладання зусиль: тягнучих, штовхаючих, обертаючих, тривалих та імпульсних. При цьому реєструвалися фізіологічні параметри випробувача: частота пульсу /уд/хвил/, частота дихання /цикл/хвил/. В умовах тривалого наземного експерименту енергозатрати випробувачів при проведенні операцій технічного обслуговування оцінювалися по кількості вбирання кисню.

Для проведення біомеханічного аналізу руху випробувача або детального розгляду протікання техпроцесів здійснювалася фото- і кінореєстрація процесу досліджень.

Принциповим методологічним положенням усіх видів експериментів з участю людини, яка знаходиться під впливом шкідливих для здоров'я факторів, була гарантія безпеки випробувача.

В результаті експериментальних досліджень визначено локомоторні та енергосилові можливості космонавта, який споряджається в скафандр.

Аналіз транспортувальних можливостей руки дозволив побудувати діаграму оптимальних робочих зон.

Визначено, що зі збільшенням значення зусилля, що докладається, величина імпульсу сили зростає, а тривалість імпульсу знижується. Із цього виникла практична рекомендація, яка полягає в тому, що, змінюючи характер рухових дій, космонавт може у визначених межах дозувати величину зусиль і моментів, що прикладаються до об'єктів, з якими він взаємодіє.

В умовах модельованої невагомості було визначено масогабаритні характеристики вантажів, які можуть контролюватися і безпечно переміщатися одним космонавтом; двома космонавтами; за допомогою допоміжних засобів.

По результатах експериментів визначено, що більш критичним фактором щодо можливостей космонавта є не маса вантажу, що переміщається, а його габаритні розміри і момент інерції.

В цілому рівень ергономічних показників, що характеризують функціональні можливості космонавта, який споряджений в скафандр, є достатнім для реалізації задач ТДК при умові, що при розробці технологічних процесів, устаткування, інструментів і плануванні робіт ці показники будуть прийняті як визначальні базові критерії.

На основі детального аналізу технологічних операцій, що виконує екіпаж, сформульовано критеріальні вимоги до засобів фіксації тіла космонавта.

Виходячи з цих вимог для фіксації ступней ніг розроблено засоби і механічні пристрої "Якорь", які містять в своїй основі оснащення взуття елементами закріплення, а також використовують наддування, характерне для скафандра. З врахуванням вимог безпеки при роботах поза ЮА конструкція обладнання виключає можливість одночасної мимовільної розфіксації обох ніг.

У процесі експериментальних досліджень було виявлено ефект можливості прийняття і збереження, у відношенні до вихідної, похилої робочої пози з відхиленням до $70...80^\circ$ у границях рухомості голінкостопних суглобів. При цьому "аеробалки" ніг скафандра можуть бути деформовані космонавтом і цей їх стан підтримується без скільки-небудь значного напруження м'язів.

Даний спосіб фіксації дозволив розширити робочі зони до 300%, мінімізувати кількість рухів при використанні /два руки стопи/, забезпечити швидкодів /до 10 с/, а також високу надійність через

відсутність в конструкції частин, що рухаються.

Інструменти, апаратура, елементи предметного середовища, що використовуються космонавтом, фіксуються на робочих місцях або на тілі космонавта. Предметне середовище фіксується в залежності від призначення операції:

факт фіксації → м'який зв'язок;

фіксація у визначеній точці → система м'яких зв'язків;

фіксація у визначеному стані → механічні, магнітні пристрої.

Способи фіксації по фізичному принципу прикріплення підрозділяються на механічні, адгезійні, електростатичні, магнітні, електромагнітні та пневматичні. В практиці більше всього застосовуються механічні, магнітні та магнітно-механічні пристрої, а також фіксатори з еластичних матеріалів.

Серед вирішених задач фіксації є такі: забезпечення організованої поведінки фала електроживлення скафандра; забезпечення причалювання і закріплення космонавта з автономною рушійною установкою /APV/.

По результатах розрахунково-теоретичних і експериментальних досліджень з підтвердженням у випробних процедурах були сформульовані вимоги до конструктивних елементів, що забезпечують фіксацію на зовнішній поверхні КЛА з дальшим оформленням у вигляді ОСТу /табл. 2.1/.

Таблиця 2.1

Елементи конструкції	Розрахункове навантаження, Н	Примітка
Конструкція зовнішніх трас поручнів для роботи у відкритому космосі, страховальні фали	2000	Навантаження визначаються виходячи з величини кількості руху або накопиченої енергії, але не менше $P_{розр} = 2000 \text{ Н}$

Вирішення проблеми фіксації дозволило позитивно вирішити організаційно-технологічні, біомеханічні, фізіологічні та психологічні задачі ТДК, забезпечуючи заняття та збереження робочої пози, передачу робочих і сприйняття реактивних зусиль, визволення обох рук безпосередньо для роботи, виключення істотного порушення локомоторної координації, можливість зосередитися на цільовій роботі, а не на стабілізації положення тіла, безпеку і безаварійність робіт, концентрацію уваги на цільових задачах.

2.4. Дослідження підсистеми "космонавт-інструмент-конструкція"

Аналіз технологічного змісту цільових задач по спорудженню великогабаритних конструкцій, реконструкції, модернізації, дооснащенню КЛА вказує на переваження механоскладальних, електромонтажних, а також демонтажних операцій у загальному обсязі ТДК. Ще більше зростає обсяг і роль складально-монтажних робіт при переході від моноблочної конструкції КЛА до великомодульної.

Проведення тривалих пілотованих польотів викликає жорсткі вимоги до характеристик КЛА. Однак надійність і ресурс КЛА, що визначають успіх здійснення програми польоту, виявилися значно нижче розрахункових проектних. Аналіз даних про розподіл відказів дозволив установити найменш надійні системи, механізми і деталі /рис. 2.5/, що має велике значення для підготовки їх усунення.

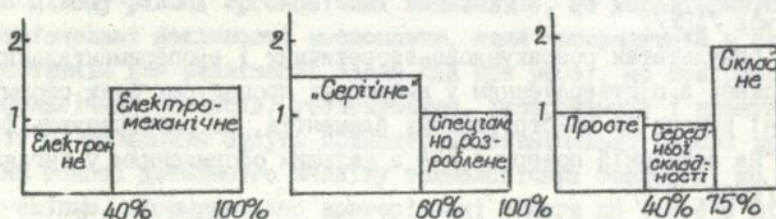


Рис. 2.5

З метою виявлення номенклатури технологічних процесів, реалізація яких необхідна для проведення ремонтних робіт, устаткування було проаналізовано по таких категоріях: корпус і металоконструкції; рухомо-механічне; електромеханічне; електронне; пневмо-, гідросилове; пневмо-, гідромагістральне; електро-, радіо-, електронно-оптичне. В результаті аналізу встановлено, що найбільш поширеним і характерним видом ремонтних робіт є заміна устаткування, тобто виконання складально-монтажних операцій. В загальному обсязі робіт близько 75% складають операції по заміні блоків, агрегатів, вузлів, деталей, плат і т.ін.

Детальний технологічний аналіз порушень нормальних режимів роботи устаткування свідчить про те, що більше 50% пошкоджень і дефектів можуть усуватися силами екіпажу.

Одними з найважливіших показників при оцінці технологічності

конструкції КІА є показники монтажної технологічності. В сучасній практиці і літературі не існує критеріїв монтажної технологічності конструкцій /МТК/ і методик її забезпечення стосовно до складання у космосі.

Розроблена методика кількісної оцінки підготовленості конструкції до складання у космосі побудована застосуванням принципу поелементного аналізу конструкції /вузлів, деталей/ з точки зору можливості, безпеки та ефективності здійснення складальних операцій. Для опису складальних одиниць застосовано формалізований підхід з однозначним кодуванням признаков об'єкта.

Властивості матеріальних елементів і технологічного процесу, обумовлені цими елементами, диференційовано на 12 ступенів, кожний з яких характеризує певну сукупність властивостей і які ранжировані в порядку їх впливу на МТК. Склад, групування властивостей і бал вагомості визначено методом експертних оцінок. Для визначення вагомості ознак прийнято комплексний показник, що має імовірний характер і включає в себе зручність складання, трудозатрати і тривалість складання /як математичні чекання тривалості, вартості і трудомісткості складання/ - імовірність виконання операції складання в заданий час.

Інструментом інформаційного описання складального компоненту на формалізованій мові служить розроблений класифікатор. На його основі рівень МТК оцінювався по трьох комплексних показниках:

- а/ по підсумковій сумі балів, що визначається сумою балів етапів складання, які формують об'єкт в цілому;
- б/ по середньому значенню суми балів;
- в/ по середній категорії складності операції або етапу складання:

$$B = \sum_{i=1}^q \delta_i ; \quad B_{cp} = \frac{B}{q} ; \quad K = \frac{\sum_{i=1}^q K_i}{q} , \quad /2.6/$$

де δ_i - сума балів i -ї операції /етапу складання/;

K_i - категорія складності i -ї операції /етапу складання/.

Як критерії оцінки МТК і підготовленості конструкції до складання з участю космонавта приймали

$$B_{cp} = B_{cp.min} ; \quad B = B_{min} ; \quad K_{cp} = K_{cp.min} \quad /2.7/$$

Визначальними критеріями при зіставленні варіантів конструкцій слід вважати показники B_{cp} і K_{cp} .

Методика дозволяє здійснювати порівняльний аналіз варіантів

збірних конструкцій і може бути основою для подальших досліджень, пов'язаних з відробленням методів побудови технологічних процесів складання об'єктів у космосі.

Алгоритм дій космонавта, спорядженого в скафандр, при складанні з'єднань є досить складним в умовах невагомості. Під таким кутом зору здійснено огляд і селективний аналіз характерних для машинобудування пар деталей у з'єднаннях.

В результаті розгляду спектра з'єднань було визначено і підтверджено практикою, що найбільш прийнятними є нарізні з'єднання внаслідок притаманних їм позитивних якостей: мала габаритність, висока несуча здатність, надійність, зручність стопоріння і т.ін.

По результатах аналізу і експериментальної оцінки зроблено висновок, що стандартні головки кріпильних елементів та існуючі спеціальні конструкції головок не відповідають вимогам і умовам роботи.

Розроблено анкерну систему кріплення, що складається з нарізного кріпильного елемента – гвинта типу "К" і спеціального анкерного інструмента /рис. 2.6/. Характерною властивістю даної систе-

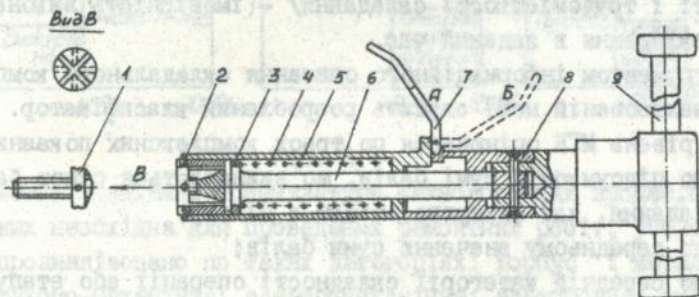


Рис. 2.6

ми є забезпечення оперативного жорсткого механічного з'єднання /фіксації/ пари "гвинт-інструмент". Фіксація здійснюється за допомогою кульового замка на інструменті та відповідних заглиблень на циліндричній поверхні головки гвинта.

Анкерна система гарантує одержання таких переваг: виключено утворення металевої стружки, спрощено моторні та енергосилові функції виконавця, знижено вимоги до режиму фіксації.

Зростання продуктивності праці космонавта у скафандрі під надлишковим тиском при використанні анкерної системи досягає у по-

рівнянні із звичайними кріпильними елементами 900%, а для роботи однією рукою є єдиною можливим на сьогодні способом.

Ефективність ТДК, зокрема складально-монтажних робіт, визначається обраною технологічною схемою проведення робіт, максимально адаптованою до можливостей виконавців, що, в свою чергу, знаходиться в певній залежності від конструктивно-технологічних особливостей космічної конструкції.

Розглянуто реально існуючі та потенційно можливі типи конструкцій, а саме: модулі, що виводяться з Землі та збираються за допомогою стикування; конструкції, що розкладаються; конструкції, що збираються /монтуються /; моноблоки, які виготовляються у космосі.

Запропоновану методику використано для аналізу МК другого і третього типу конструкцій.

В результаті оцінки визначено, що найбільш раціональним був би гібридний варіант конструкції та відповідна йому схема складання, а саме: конструкція, що попередньо збирається на Землі і механічно розсувається в польоті, в якій фіксацію шарнірів і стиків здійснить екіпаж з використанням інструментів. Даному варіанту властиві найбільш сприятливі показники по надійності та вартості при інших рівних показниках /міцність, жорсткість та ін./ у порівнянні з конструкціями, що трансформуються і збираються.

2.5. Дослідження підсистеми "космонавт-інструмент-технологія"

Реалізація технологічного процесу можлива тільки при наявності інструментального набору, адаптованого до умов його застосування. В даній роботі при формуванні комплексу вимог до спеціальних інструментів на основі проведених досліджень було використано такі відповідні до сучасного стану космічної техніки посилки: використання інструментів є об'єктивною необхідністю; компоновка КУА відповідає /повністю або частково/ вимогам експлуатаційної, ремонтної і монтажно-технологічності; не передбачається вузькоспеціальна підготовка космонавта; функціональні можливості космонавта прийнято як пріоритетний визначаючий фактор при розробці конструкції; домінуючим критерієм при оцінці конструкції є безпека космонавта; створення штучної важкості не передбачається.

З урахуванням в дослідженнях можливостей космонавта і приведених граничних умов сформульовано техніко-ергономічні вимоги до

інструментів і технологічних пристроїв. Серед усіх вимог до інструментів однією з найістотніших і таких, що трудно реалізуються, є вимога про відсутність або мінімізацію реактивного впливу на руку космонавта будь-якого інструменту.

При великому обсязі робіт по спорудженню в космосі великогабаритних конструкцій із значним обсягом ТДЖ необхідно забезпечити достатньо високу продуктивність праці, чого можна досягти шляхом створення і застосування механізованих електромеханічних, пневматичних та інших інструментів і ручних машин.

Вимога безреактивності є найбільш істотною для інструментів з енергетичними приводами. По результатах аналізу способів замикання обертових частин на шпindelь привода електромеханічних ручних машин оцінено як найбільш перспективний щодо реалізації принципу безреактивності в конструкції.

Проведено теоретичне та експериментальне дослідження динаміки і кінематики безреактивного привода з метою розробки методів розрахунку і визначення оптимальних параметрів і характеристик.

В розробленій конструкції /рис. 2.7/ реалізовано принцип зами-

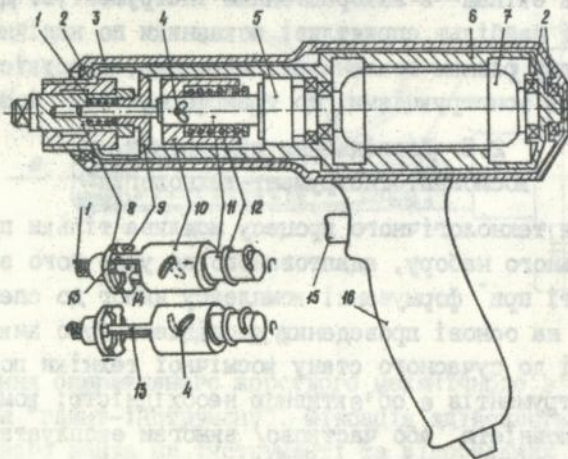


Рис. 2.7

кання частин машини, що рухаються, на деталь, яка обробляється, причому на останню замкнено не тільки елементи ударного механізму, пов'язані з якорем електродвигуна, але й статор машини, котрий при цьому має можливість обертатися. Визначивши розрахункову схему ударного механізму привода з трьома ступенями вільності та

обчисливши частинні похідні від кінематичної енергії по узагальнених швидкостях, узагальнених координатах і часу для статора, якоря і бойка, одержали систему диференціальних рівнянь Лагранжа, які описують динаміку процесу розгону ударного механізму при розрахунку по трьохмасовій схемі:

$$J_1 \ddot{\varphi}_1 - \frac{KJ_3}{(1-K)^2} (\ddot{\varphi}_2 - K\ddot{\varphi}_1) - \frac{KJ_5}{(1-K)^2} (\ddot{\varphi}_2 - K\ddot{\varphi}_1 + \ddot{\varphi}_5 - K\ddot{\varphi}_5) = -M_{\partial\partial}(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - M_{TP};$$

$$J_2 \ddot{\varphi}_2 + \frac{J_3}{(1-K)^2} (\ddot{\varphi}_2 - K\ddot{\varphi}_1) + \frac{J_5}{(1-K)^2} (\ddot{\varphi}_2 - K\ddot{\varphi}_1 + \ddot{\varphi}_5 - K\ddot{\varphi}_5) = M_{\partial\partial}(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2); \quad /2.8/$$

$$\frac{J_5}{1-K} (\ddot{\varphi}_2 - K\ddot{\varphi}_1 + \ddot{\varphi}_5 - K\ddot{\varphi}_5) + m(Rtg\alpha)^2 \dot{\varphi}_5 = P_o Rtg\alpha - C\varphi_5 tg^2\alpha$$

В результаті вирішення системи було визначено кут повороту і кутова швидкість статора, якоря і бойка відносно вала з гвинтовими канавками в процесі розгону, що характеризують зміну динамічних параметрів механізму.

Розроблена методика розрахунку безреактивного привода по трьохмасовій схемі дозволяє враховувати вплив характеристик двигуна, моменту тертя у фрикційній муфті, пружних і масових параметрів системи на вихідні характеристики привода. Одержані рішення дали можливість визначити закони руху елементів системи в процесі розгону і вибрати оптимальні конструктивні елементи привода для роботи в умовах невагомості.

Розроблені приводи типу М9А, М18 забезпечені технологічними насадками /рис. 2.8, а/, що дозволило скоротити чисельність і масу інструментів для складально-монтажних робіт і полегшити виконання технологічних операцій космонавту.

Крім механізованих ручних машин було розроблено комплект слюсарно-монтажних інструментів для використання всередині герметичних об'єктів /ГО/ і в умовах відкритого космосу, показаний на рис. 2.8, б, в. У комплект входять молотки, що розсіюють ударний імпульс внаслідок тертя дисперсних частинок, що поміщаються в бойок, анкерні ключі для закручування /відкручування/ спеціальних гвинтів та гайок; ключі для закручування накидних гайок штепсельних рознімачів, установлених на блоках апаратури; універсальний важільний інструмент для перекусування дроту, шлангів, кабелей, а також для обтиску і захвату різних деталей, універсальний держак, що комплектується змінним інструментом /зубилом, бородком, керном, пробійником/; ударні гайкові ключі. Для фіксації на

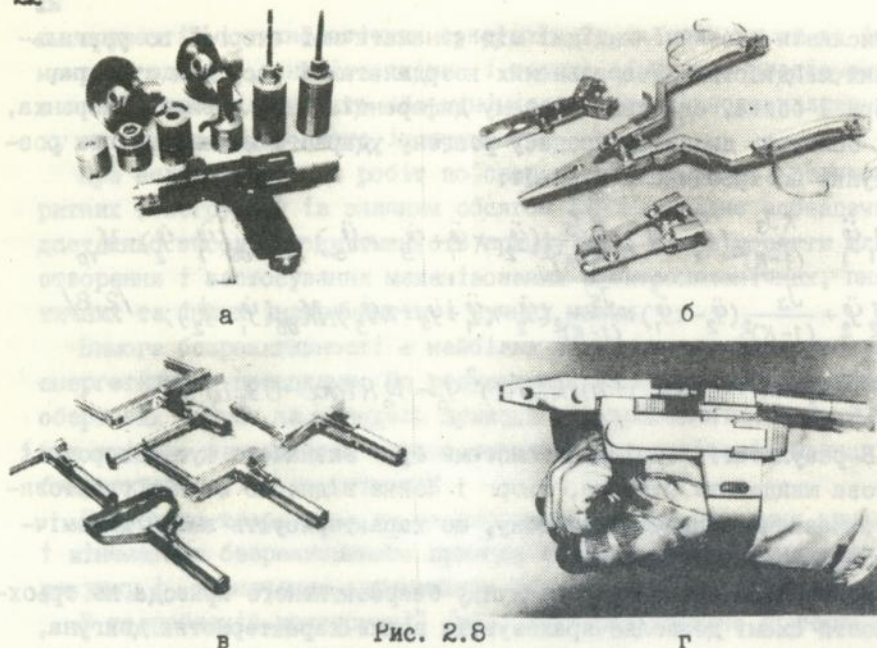


Рис. 2.8

руці та елементах конструкції інструменти мають відповідні пристрої - кільця для кріплення фала або ланцюжка і затискача для їх фіксації на рукавиці скафандра. Розроблено і випробувано комплекти ручних інструментів, що кріпляться безпосередньо на рукавиці скафандра /рис. 2.8,г/, які реалізують принцип "інструмент-рука" і призначаються для здійснення різних складально-монтажних операцій при невеликому обсязі робіт.

Для експериментальних досліджень підсистеми "космонавт-інструмент-технологія" розроблено спеціальне устаткування і методичні підходи.

З метою досліджень і відпрацювання технологічних процесів використано динамічний імітатор "Селен". Позиціонер, що є у складі стенда-імітатора, дозволяє відтворювати будь-яке взаємне становище у ланці "космонавт-конструкція". Стенд дозволяє імітувати обмеження, що накладаються наддуваним скафандром і впливом невагомості.

Крім імітації невагомості на стендах нейтралізації ваги, при дослідженні підсистеми "космонавт-інструмент-технологія" реалізовано такі комбінації дії факторів:

СКАФАНДР + ВАКУУМ = ВЕЛИКІ БАРОКАМЕРИ

СКАФАНДР + НЕВАГОМІСТЬ = СКАФАНДР НА ЛІТАКУ

ВАКУУМ + НЕВАГОМІСТЬ = БАРОКАМЕРА НА ЛІТАКУ

В інтересах даних досліджень було розроблено метод і стенд "Кентавр", що реалізує його, які дозволили вперше у дослідній практиці в наземних умовах відтворити спільний вплив обмежень скафандра, невагомості та вакууму на досліджуваний об'єкт, техпроцес і випробувача при виконанні робочих операцій.

Метод полягає у створенні вакууму в локальному об'ємі, відділеному від оточуючого простору оболонкою, що містить в собі фрагмент скафандра, а тиск середовища оточуючого простору прирівнюється штатному наддуванню скафандра. Для забезпечення сукупного впливу обмежень скафандра, невагомості та вакууму середовище зі зниженим тиском утворювалося безпосередньо у салоні літака шляхом його розгерметизації на висоті, де атмосферний тиск дорівнює надлишковому тиску в скафандрі.

Параметри польоту при використанні стенду "Кентавр" у літаку показані на рис. 2.9.

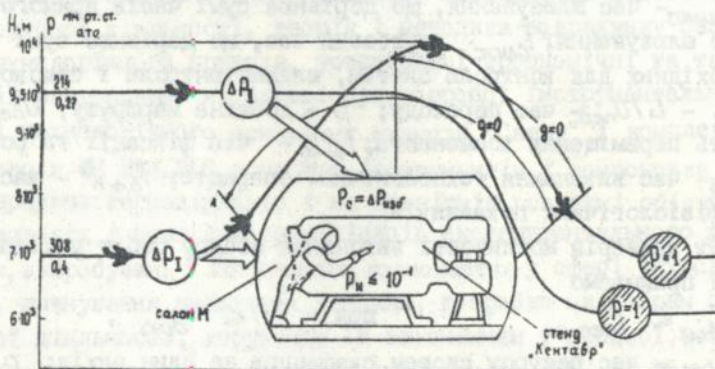


Рис. 2.9

На основі даних, одержаних на стенді "Кентавр", з великою імовірністю прогнозувалися результати виконання операцій випробувачем, екіпірованим у повний комплект захисного спорядження.

Складальні та монтажні операції виконуються космонавтами всередині ГО і у відкритому космічному просторі. ТДК всередині ГО відрізняється від виконання подібних технологічних операцій на Землі наявністю невагомості. Тому при відповідному устаткуванні робочих місць засобами фіксації космонавта і предметів труда, пристроями та інструментом для робіт в умовах невагомості та при відповідних навиках космонавта складально-монтажні роботи виконуються без особливих труднощів.

Як критерії можливості виконання робіт у гермовідсіку приймаємо

$$T_{ГО} \leq T_{прост} , \quad /2.9/$$

де $T_{ГО}$ - час здійснення технологічної операції та її контролю;
 $T_{прост}$ - час, на протязі якого забезпечується життєдіяльність екіпажу при відключенні системи, що відновлюється.

Основні технологічні операції у відкритому космосі виконуються у послідовності, аналогічній складально-монтажним роботам у ГО. Проте у зв'язку з тим, що час перебування поза гермовідсіками обмежується можливостями системи життєзабезпечення скафандра, розроблюється детальна циклограма позакорабельної діяльності /ПКД/ космонавта. Для типового техпроцесу тривалість ПКД розраховується по формулі

$$T_{вдх} = T_{шлюз} + T_{служ} + T_{пер} + T_{фікс} + T_{роб} + T_{в.ф.п} , \quad /2.10/$$

де $T_{шлюз}$ - час шлюзування, що дорівнює сумі часів прямого і зворотного шлюзування; $T_{служ}$ - службовий час, що дорівнює сумі часів, необхідних для контролю систем, взаємоконтролю і самоконтролю; $T_{пер} = L/U_{пер}$ - час переходу; L - довжина маршруту; $U_{пер}$ - швидкість переміщення космонавта; $T_{фікс}$ - час фіксації та розфіксації; $T_{роб}$ - час виконання технологічної операції; $T_{в.ф.п}$ - час відновлення фізіологічних показників.

Як критерій можливості виконання обсягу робіт у відкритому космосі приймаємо

$$T_{вдх} \leq T_{рес.ск} \quad \text{при} \quad \tau \leq \tau_{дон} , \quad /2.11/$$

де $T_{рес.ск}$ - час ресурсу систем скафандра на один вихід; τ - частота пульсу космонавта у процесі ПКД; $\tau_{дон}$ - допустима частота пульсу.

При організації робочого місця на борту орбітальної станції основною ціллю, що переслідується як при загальній, так і внутрішній компоновці робочих місць, було створення зручних і безпечних умов праці, найбільш ефективного застосування корисного об'єму станції, підвищення коефіцієнту використання робочого часу космонавтів.

Робочі місця на ДОС "Салют-6", комплексі "Мир" забезпечувалися засобами фіксації інструментів, оператора, комплектами інструментів і приладів - для здійснення технологічних операцій і контролю, засобами збирання стружки, що утворюється, і т.п.

Інструментальні набори комплектувалися виходячи з таких передумов: для внутрішніх і зовнішніх робіт; по частоті застосування

інструментів - першої необхідності та ті, що застосовуються епізодично; загального призначення і вузькоспеціалізовані.

2.6. Результати впровадження досліджень і розробок

У науково-виробничі програми НВО "Енергія" ім. акад. С.П. Корольова впроваджено:

- аналіз конструкцій КЛА як об'єктів технологічного впливу з метою технологічного обслуговування, ремонту, дооснащення, складання і монтажу в умовах орбітального польоту;

- установлені критерії оцінки та забезпечення монтажної технологічності конструкцій КЛА використано при проектуванні та розробці конструкторської документації довгочасних орбітальних станцій "Салют" і орбітального комплексу "Мир";

- дослідження функціональних можливостей космонавта у системі "людина-скафандр-інструмент", установлення впливу безопорного стану на реалізацію технологічних процесів, математична модель системи технологічної діяльності, теорія і методика розрахунку безреактивного технологічного привода, установлені ергономічні та технічні критерії застосовано як базові при розробці інструментального арсеналу і технологічного оснащення станцій "Салют" і комплексу "Мир" /приводи М9, М9А, МІБ, комплект інструментів і компоновка для роботи всередині гермовідсіків і на зовнішній поверхні об'єктів/;

- методологія і принципи: організації експериментального відпрацювання, випробувань і тренування космонавтів у сфері технологічних робіт, планування польотних завдань, розробки циклограм позакорабельної діяльності, керування їх виконанням у процесі космічного польоту реалізовано у бортових інструкціях 27КС ІЕ-85; І7КС ВІО, ч. І, ІІ; 77КСД; 37КЕ ВІО; 77 КСТ ВІО; 27КС ІЕВ8А5.

Теоретичні висновки і практичні рекомендації дисертаційної роботи підтверджені натурними випробуваннями. Технології, методики, оснастка, інструментарій, використані для підтримання, відновлення і розширення технологічних можливостей станцій "Салют" і комплексу "Мир" /рис. 2.10/, дозволили забезпечити їх довговічність і живучість, підвищити їх економічну ефективність. В указаних розробках використано 97 авторських свідоцтв.

Результати досліджень даної роботи впроваджено та використано також в НВО ВНДІ БМІ, НВО ЗАНХ ЦПК, на заводі ім. Хрунічева, НДІ Монтажспецстрой, ІЕД АНУ, СКБ НІ ІМП Латвії.

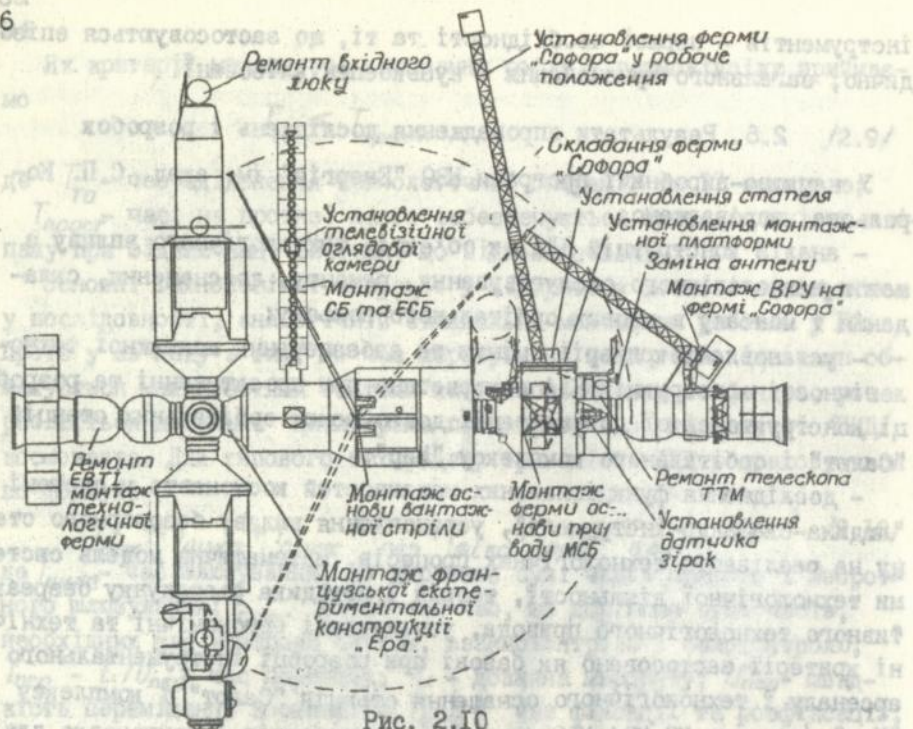


Рис. 2.10

У роботах НПП "Звезда" впроваджено магнітно-механічний вузол стикування АРУ зі станцією "Мир" і страхувальний фал мінливої довжини у складі скафандра "Орлан".

У роботі КВ "Салют" впроваджено засоби фіксації космонавтів та устаткування на зовнішній поверхні ДОС /"Якорь", магнітні та магнітно-механічні замки, поручні/, трапи та устаткування робочих місць станцій "Салют" і комплексу "Мир", засоби фіксації космонавта всередині ДОС, ремонтно-технологічний пост і комплект інструменту, що розміщуються всередині ДОС.

Результати досліджень впроваджено в навчальний процес відділу підготовки космонавтів НВО "Енергія" ім. С.П. Корольова, МАІ ім. С. Орджонікідзе, ХАІ ім. М.Є. Жуковського, ЦПК ім. Д.О. Гагаріна, САКУ ім. С.П. Корольова.

Основні висновки

I. У дисертації на основі здійсненого циклу комплексних досліджень та їх теоретичних узагальнень вирішено науково-технічну проблему, що полягає у розробці концепції, теоретико-експериментально-

му обґрунтуванні критеріальної бази проектування, інструментального забезпечення і реалізації технологічної діяльності в умовах космічного польоту. Ця проблема має важливе народногосподарське значення і вирішена шляхом виконання цілеспрямованих робіт, що проводяться у вітчизняних космічних програмах, у тому вигляді, в якому вони реалізуються.

2. Представлення технологічної діяльності космонавта в умовах космічного польоту у вигляді цілісної ергатичної системи дозволило обґрунтувати її структурно-функціональну модель, направлену на практичну реалізацію, і відповідно до цього виконати дослідження функціональних можливостей космонавта у системі "людина-скафандр".

3. На основі виконаного комплексного аналізу конструкцій КІА сформульовано цілі, задачі та зміст технологічної діяльності, що дозволило здійснити розробки пілотованих об'єктів з можливістю їх технічного обслуговування і ремонту в космічному польоті. Останнє дозволило знизити витрати на проектування систем і значно збільшити час активного функціонування об'єктів на орбіті.

4. Дослідження ролі та значення фіксації у технологічній діяльності, що проводилися вперше, призвели до необхідності впровадження фіксуючих засобів різних типів, без яких виконання технологічних робіт було неможливим. Для використання у герметичних об'єктах рекомендовані анкерна система, магнітні фіксатори, при виконанні складних операцій – устаткування типу "Якорь-ПК". Для фіксації у відкритому космосі рекомендоване устаткування типу "Якорь-СК", "Якорь-СК-П", магнітні та магнітно-механічні фіксатори, фали, карабіни і поручні різних конструктивних виконавць.

5. Проведені дослідження мінімізації реактивного впливу механізованого інструменту на руку оператора дозволили визначити кінематичні та динамічні параметри імпульсних ударних механізмів. Експериментальна перевірка теоретичних досліджень динаміки процесу розгону рухомих частин механізму показала збіжність результатів з точністю до 9%, що дозволило використати методику розрахунку при проектуванні імпульсних ударних приводів з різною енергією удару.

6. На основі висунутої концепції технологічної діяльності та формування системи критеріїв і принципів як бази при прийнятті проектно-конструкторських рішень створено гаму космічних інструментів, показана їх відповідність вимогам технологічної діяльності як всередині герметичних відсіків, так і в умовах відкрито-

го космосу.

7. Розроблені методологія і система організаційно-технічних заходів і технічних засобів забезпечили експериментальне відпрацювання, випробування, тренування і підготовку екіпажів, документування і планування технологічних польотних завдань у програмах космічних польотів.

Список друкованих праць по темі дисертації

1. Цыганков О.С. Попытка системного подхода к анализу технологической деятельности космонавта в целях обеспечения ее необходимыми инструментами //Технология в космосе: Темат. сб. науч. докл., заслушанных на УІ Гагаринских чтениях. - М.: МАИ, 1977. С. 13-15.
2. Цыганков О.С. Исследование функциональных возможностей космонавта применительно к задачам обслуживания и ремонта //Научные чтения по авиации и космонавтике, 1978. -М.: Наука, 1980. С. 121-122.
3. Цыганков О.С. Основные принципы эргономических испытаний специнструментов //Научные чтения по авиации и космонавтике, 1980. -М.: Наука, 1981. С. 94-98.
4. Цыганков О.С., Александров А.П., Гречка В.Д., Кобрин В.Н. Сборочно-монтажные и ремонтно-восстановительные работы в космическом пространстве: Учеб. пособие. -Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1990. - 248 с.
5. Цыганков О.С., Патон В.Е., Лапчинский В.Ф. и др. Стенд для исследования технологических процессов в условиях, имитирующих космос //Космические исследования на Украине. -Киев: Наук. думка, 1973. Вып. I. С. 5-9.
6. Цыганков О.С., Патон В.Е., Лапчинский В.Ф. Стенд-тренажер для имитации сварочных работ в космосе //Космические исследования на Украине. -Киев: Наук. думка, 1973. Вып. 6. С. 5-11.
7. Цыганков О.С. и др. О выборе привода ручных машин, работающих в условиях космического пространства //Технология в космосе: Темат. сб. науч. докл., заслушанных на У Гагаринских чтениях. -М.: МАИ, 1976. С. 16-23.
8. Цыганков О.С. и др. О разработке оборудования и технологических операций, выполняемых в условиях космоса методом магнитно-импульсной обработки //Технология в космосе: Темат. сб. науч. докл., заслушанных на УІ Гагаринских чтениях. -М.: МАИ, 1977. С. 31-33.
9. Цыганков О.С., Гельфанд М.Л., Лохин Е.Г. Методы и средства фиксации при выполнении технологических операций //Технология в

космосе: Темат. сб. науч. докл., заслушанных на VI Гагаринских чтениях. - М.: МАИ, 1977. С. 43-54.

10. Цыганков О.С. и др. Улавливание стружки в условиях невесомости //Технология в космосе: Темат. сб. науч. докл., заслушанных на УП Гагаринских чтениях. -М.: МАИ, 1978. С. 30-31.

12. Цыганков О.С. и др. Техническое обслуживание, ремонт и сборка ЛА в космосе: Учеб. пособие. М.: МАИ, 1978. - 65 с.

13. Цыганков О.С. и др. Принципы создания специальных инструментов //Научные чтения по авиации и космонавтике. 1978. -М.: Наука, 1980. С. 125-126.

14. Цыганков О.С. и др. Метод ГН и его применение для отработки сборочно-монтажных операций //Научные чтения по авиации и космонавтике, 1978. - М.: Наука, 1980. С. 126-127.

15. Цыганков О.С. и др. Ремонтная технологичность космических объектов //Научные чтения по авиации и космонавтике, 1978. -М.: Наука, 1980. С. 130.

15. Цыганков О.С. и др. Некоторые вопросы проектирования инструментов для работы в условиях космоса //Космическая технология и материаловедение. -М.: Наука, 1982. С. 58-65.

16. Цыганков О.С., Гречка В.Д., Кобрин В.Н. Сборочно-монтажные и ремонтно-восстановительные работы в безопорном пространстве: Учеб. пособие. - Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1984. - 113 с.

17. Цыганков О.С., Ведзюк С.В. Идеомоторный метод оценки сформированности сенсомоторных навыков //Психофизика дискретных и непрерывных задач. -М.: Наука, 1985. С. 43-47.

18. Цыганков О.С., Гельфанд М.Л., Ципенюк Я.И. и др. Анкерная система резьбового крепления, приспособленная к условиям космического полета //Технология в космосе: Темат. сб. науч. докл., заслушанных на У Гагаринских чтениях. -М.: МАИ, 1976. С. 43.

19. Ц. Олегов /О.С. Цыганков/, Г. Сергеев. Инструменты для космонавта //Наука и жизнь, 1976. № 6, С. 27-30.

20. Цыганков О.С., Руднев А.А., Ульянов В.С. Особенности технологической отработки сборочно-монтажных операций в гидроневесомости //Научные чтения по авиации и космонавтике. 1980. -М.: Наука, 1981. С. 281.

21. Цыганков О.С., Гречка В.Д., Щекочихин С.В. и др. Анализ особенностей автономных малогабаритных устройств разделения конструктивных элементов //Обработка материалов давлением в машиностроении. - Харьков, 1985. Вып. 21. С. 88-92.

22. Цыганков О.С., Кобрин В.Н., Солдатенков В.О. и др. Оборудование для резки конструктивных элементов в специальных условиях //Гагаринские научные чтения по авиации и космонавтике, 1983, 1984. -М.: Наука, 1985. С. 254.
23. Цыганков О.С., Данилов С.Г., Горский В.А. Проблемы дизайна при создании технологического оборудования для космических условий //Труды XIX чтений, посвящ. разраб. науч. наследия и развития идей К.Э. Циолковского /Калуга, 17-20 сент. 1984/. Секция "К.Э. Циолковский и проблемы пром. производства". -М.: ИИЕТ АН СССР, 1986. С. 61-65.
24. Цыганков О.С., Волович М.Я., Максимов С.Н. и др. Принцип магнитного тяжения как основа сборочно-монтажных работ в космических условиях //Труды XIX чтений, посвящ. разраб. науч. наследия и развития идей К.Э. Циолковского /Калуга, 17-20 сент. 1984/. Секция "К.Э. Циолковский и проблемы пром. производства". -М.: ИИЕТ АН СССР, 1986. С. 102-104.
25. Цыганков О.С., Штарков Е.А. Проблемы инструментального обеспечения сборочно-монтажных и ремонтно-профилактических работ //Труды XVII чтений, посвящ. разраб. науч. наследия и развития идей К.Э. Циолковского /Калуга, 13-16 сент. 1983/. Секция "К.Э. Циолковский и проблемы космического производства". - М.: ИИЕТ АН СССР. С. 116-121.
26. Цыганков О.С., Данилов О.В., Кобрин В.Н. Использование льдопривода для технологических устройств //Труды XXII чтений, посвящ. разраб. науч. наследия и развития идей К.Э. Циолковского /Калуга 15-18 сент. 1987/. Секция "К.Э. Циолковский и проблемы космического производства". -М.: ИИЕТ АН СССР, 1988. С. 112-116.
27. Цыганков О.С., Кобрин В.Н., Самофалов С.И. и др. Оптимальное проектирование технологического процесса ручной сборки пространственной ферменной конструкции //Труды XXII чтений, посвящ. разраб. науч. наследия и развития идей К.Э. Циолковского /Калуга, 15-18 сент. 1987/. Секция "К.Э. Циолковский и проблемы космического производства". -М.: ИИЕТ АН СССР, 1988. С. 116-118.
28. Цыганков О.С., Щекочихин С.В., Кобрин В.Н. и др. Исследование и разработка ручного устройства для резки конструктивных элементов //Конструирование и производство летательных аппаратов и двигателей. -Харьков, Харьк. авиац. ин-т, 1985. С. 88-89.
29. Цыганков О.С., Гречка В.Д., Кобрин В.Н. и др. Некоторые

особенности проектирования технологических устройств с двухфазным рабочим телом // Гагаринские научные чтения по космонавтике и авиации, 1988. - М.: Наука, 1989. С. 258-259.

30. Цыганков О.С., Кобрин В.Н., Самофалов С.И. Способ демпфирования колебаний разворачиваемых ферменных конструкций технологическими методами // Гагаринские научные чтения по космонавтике и авиации, 1988. - М.: Наука, 1989. С. 259.

31. Цыганков О.С., Лобачев А.И., Береговой В.Г. и др. К вопросу о функциональных возможностях манипуляторов применительно к задачам технического обслуживания // Технология и оборудование космического производства. - Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1988. С. 36-46.

32. Цыганков О.С., Ситас Н.И., Книжник С.В. Разработка управляемых магнитно-механических систем применительно к задачам технологического обеспечения операций в условиях невесомости // Технология и оборудование космического производства. - Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1988. С. 29-36.

33. Цыганков О.С., Щекочикин С.В., Кобрин В.Н. Особенности резки конструктивных элементов автономным механизированным ручным инструментом // Обработка металлов давлением в машиностроении. - Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1990. Вып. 26. С. 46-49.

34. Цыганков О.С., Александров А.П., Кобрин В.Н. Технологические конструкции обслуживания летательных аппаратов в условиях невесомости // Крупногабаритные космические конструкции: Тез. докл. Всесоюз. конф. - Севастополь, 1990. С. 14-15.

35. Цыганков О.С., Кобрин В.Н., Шимко В.А. Определение оптимальной траектории перемещения компонентов при сборке крупногабаритных конструкций в специальных условиях // Крупногабаритные космические конструкции: Тез. докл. Всесоюз. конф. - Севастополь, 1990. С. 56-57.

36. Цыганков О.С., Кобрин В.Н., Данилов О.Ю. и др. Автономные малогабаритные устройства разделения для работы в специальных условиях // Труды 25 чтений, посвящ. разраб. науч. наследия и развития идей К.Э. Циолковского / Калуга, 11-14 сент. 1990/. Секция "Космическая индустрия: от эксперим. к пром. масштабам". - М.: ИИЕТ АН СССР, 1991. С. 54-60.

37. Цыганков О.С., Александров А.П., Кобрин В.Н. Некоторые технологические аспекты работы с некооперированными объектами

//Труды 25 чтений, посвящ. разраб. науч. наследия и развития идей К.Э. Циолковского /Калуга, II-IV сент. 1990/. Секция "Космическая индустрия: от эксперим. к пром. масштабам." - М.: ИИЕТ АН СССР, 1991. С. 69-72.

38. Цыганков О.С., Кобрин В.Н., Гречка В.Д. Сборка и монтаж агрегатов летательных аппаратов из унифицированных элементов: Учеб. пособие. -Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1988. - 90 с.

39. Цыганков О.С., Лысенко Ю.Д. Технология в космосе /сборочно-монтажные и ремонтно-восстановительные работы в космическом пространстве: Учеб. пособие. -Куйбышев: КуАИ им. С.П. Королева, 1987. - 84 с.

Авторські свідчення СРСР

160335, 203093, 160057, 210347, 1123249, 2211952, 239991, 249901, 203172, 238771, 221427, 1145616, 1099549, 222088, 210753, 212323, 227944, 220737, 208443, 202663, 200529, 243529, 243167, 160334, 151035, 165802, 84833, 220307, 200261, 1121876, 223588, 1233422, 814655, 255179, 174839, 559435, 973337, 134893, 1160679, 1156317, 187907, 81610, 83668, 85648, 289131, 292507, 265903, 861262, 234210, 217856, 235732, 277705, 230226, 213481, 214831, 224899, 240228, 311993, 563783, 81610, 27517, 1572769, 311632, 233613, 313390, 313391, 313392, 1592145, 315182, 311691, 286941, 304344, 309574, 308142, 309517, 308280, 251654, 216791, 43369, 48141, 43396, 577067, 261051, 261136, 48689, 48700, 126180, 26634, 26638, 25347, 25346; 24556, 24554, 24548, 21872, 21871, 23346.

471445

AB 26.885

AB 26.885