



ЕРГОДИЗАЙН  
безпілотних  
повітряних суден

**УКРАЇНСЬКИЙ  
НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ДИЗАЙНУ ТА ЕРГОНОМІКИ  
НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЦЕНТР БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЇ «ВІРАЖ» НАУ**

**М.П. МАТІЙЧИК, А.Л. РУБЦОВ, В.О. СВІРКО,  
В.П. ХАРЧЕНКО, М.І. ФУЗІК**

# **ЕРГОДИЗАЙН БЕЗПЛОТНИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН**

**Київ 2019**

УДК 331.101.1:72.012 (075.8)  
ББК Ж17я7+Ж18я7  
0751

Рецензенти: **С.В.Бойченко** – доктор технічних наук, професор;  
**О.В.Кардаш** – доктор технічних наук (з технічної естетики), професор;  
**Є.П.Ударцев** – доктор технічних наук, професор

*Рекомендовано до друку Науково-технічною радою  
Українського НДІ дизайну та ергономіки НАУ в якості монографії*

**ЕРГОДИЗАЙН БЕЗПІЛОТНИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН**  
Монографічне видання / М.П. Матійчик, А.Л. Рубцов, В.О. Свірко,  
В.П. Харченко, М.І. Фузік – Київ: УкрНДІ ДЕ, 2019. – 193 с.

За редакцією **В.П.Харченка, В.О.Свірка**

Дослідження, результати яких викладено в цій публікації, відображають багаторічну роботу авторського колективу зі створення безпілотних авіаційних систем, ергодизайнерського аналізу і проектування складних об'єктів, зокрема комплексів безпілотних повітряних суден.

Монографія складається з чотирьох частин. У першій – наведено загальну характеристику комплексів БПС, визначено і обґрунтовано принципи ергодизайнерського проектування КБПС. У другій частині розглянуто основні етапи ергодизайнерського забезпечення проектування безпілотних авіаційних комплексів і засоби їх реалізації. Третя частина присвячена ергодизайнерському аналізу основних, з точки зору дизайну і ергономіки, складових безпілотних авіаційних комплексів – робочих місць зовнішніх пілотів. У четвертій – сформульовано рекомендації з ергодизайнерського забезпечення проектування робочих місць зовнішніх пілотів.

Наукові та методичні проблеми ергодизайну повітряних суден і шляхи їх вирішення, наведені у цій книжці, характерні для переважної більшості ситуацій, що виникають в процесі розроблення нових складних виробів. Тому досвід і шляхи їх вирішення можуть бути використані проектувальниками будь-яких систем, викладачами технічних дисциплін, фахівцями у галузі дизайну та ергономіки, студентами дизайнерських, ергономічних спеціальностей вищих навчальних закладів.

ISBN 978-966-8603-52-5      УДК 331.101.1:72.012 (075.8)  
ББК Ж17я7+Ж18я7

© Український науково-дослідний інститут дизайну та ергономіки НАУ, 2019  
© Науково-виробничий центр безпілотної авіації «Віраж» НАУ, 2019  
© М.П. Матійчик, А.Л. Рубцов, В.О. Свірко, В.П. Харченко, М.І. Фузік, 2019

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>5</b>
<b>1 ПРИНЦИПИ ЕРГОДИЗАЙНЕРСЬКОГО ПРОЕКТУВАННЯ БПС .....</b>	<b>12</b>
1.1 Загальна характеристика комплексів БПС .....	12
1.2 Принципи ергодизайну, застосовні до створення й експлуатації комплексів БПС .....	44
<b>2 ОСНОВНІ ЕТАПИ ЕРГОДИЗАЙНЕРСЬКОГО ПРОЕКТУВАННЯ БПС І ЗАСОБИ З ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ .....</b>	<b>58</b>
2.1 Ергодизайнерська характеристика комплексів БПС..	58
2.2. Визначення ергодизайнерських вимог до комплексів БПС .....	70
2.3 Засоби з реалізації ергодизайнерського забезпечення проектування комплексів БПС .....	93
2.3.1 Нормативне дизайн-ергономічне забезпечення ....	94
2.3.2 Ергодизайнерський аналіз дослідних зразків як вихідний етап проектування комплексів БПС .....	105
2.4. Формалізація аналізу та синтезу структури комплексів БПС.....	111
<b>3 ЕРГОДИЗАЙНЕРСЬКИЙ АНАЛІЗ РОБОЧИХ МІСЦЬ ЗОВНІШНІХ ПЛОТІВ (ОПЕРАТОРІВ) БПС .....</b>	<b>131</b>
3.1 Ергодизайнерський аналіз робочих місць операторів БПС .....	132
3.2 Ергономічне оцінювання робочих місць операторів БПС	139
3.3 Естетичне оцінювання робочих місць операторів БПС	148
<b>4 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕРГОДИЗАЙНЕРСЬКОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧИХ МІСЦЬ ЗОВНІШНІХ ПЛОТІВ (ОПЕРАТОРІВ) БПС...</b>	<b>152</b>
4.1 Компонування АРМ операторів БПС .....	152
4.2 Вибір та обґрунтування робочих поз операторів БПС.	158
4.3 Антропометричні вимоги .....	160
4.4 Засоби візуальної інформації .....	172
4.5 Засоби акустичної інформації .....	173
4.6 Чинники зовнішнього середовища .....	174
<b>ПІСЛЯМОВА .....</b>	<b>182</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>184</b>
<b>ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....</b>	<b>190</b>

## ВСТУП

Одною з основних сучасних тенденцій розвитку авіаційної техніки є активний розвиток комплексів безпілотних повітряних суден (англомовний відповідник – UAV – Unmanned Air Vehicle). Це обумовлено рядом їхніх важливих переваг, до основних з яких можна віднести:

- відсутність екіпажу на борту;
- відносно невелику вартість БПС;
- збереження життя особового складу;
- певне заниження вимог до стану здоров'я операторів БПС;
- можливість зниження радіолокаційної, оптичної й теплової помітності БПС;
- відносно малі витрати на експлуатацію;
- більш високу питому вагу цільової навантаги на одиницю злітної маси БПС;
- можливість виконувати маневри з перевантаженням, що перевищує максимально припустимі навантаження пілотованих повітряних суден;
- можливість здійснення польотів великої тривалості з урахуванням можливості зміни зовнішнього екіпажу протягом польоту тощо.

Станом на початок цього сторіччя багато підприємств різних країн розробляли й випускали більше ніж 150 типів БПС. На разі розроблених типів можна нарахувати приблизно 1200 [1]. Таке велике різноманіття типів можна пояснити широким спектром застосування БПС.

Цю тенденцію підтвердила 6-а Міжнародна виставка авіакосмічної промисловості «Singapore Airshow», яка відбулася з 6 по 11 лютого 2018р. в Сінгапурі [2]. Цього року гіганти індустрії приділили особливу увагу дронам (те саме, що й «безпілотник», «джміль» з англійської). Відвідувачам було запропоновано вибрати безпілотник на свій смак – для доставки посилок, для зйомки панорамного 4К-відео, для боротьби з вогнем і навіть для ведення стеження за сусідами. Наприклад, азійський стартап AeroLion Technologies Pt. презентував квадрокоптер, який може літати підземними тунелями без GPS-навігації. Авіабудівна компанія Airbus показала свій перший октокоптер (з 8 гвинтами) Skyways для доставки товарів.

Британський стартап Samad Aerospace працює над цілковито електричними безпілотниками з вантажопідйомністю в 10 кг. Азійський стартап Spectronik запропонував альтернативний варіант – паливний елемент на водні. Він зможе жити маленький безпілотник у 10 разів довше класичних літій-іонних батарей, які використовує, наприклад, Tesla.

Для створеного в 2014 році українського стартапу AVISION Robotics немає обмежень у кількості керованих безпілотників та щодо місць їх маршрутів [3]. Тисяча і більше дронів можуть працювати як у місті, так і в польових умовах: всі маршрути розраховуються та коригуються автоматично. AVISION Robotics реалізували UTM (Unmanned traffic management – інтелектуальна система управління безпілотниками/дронами різних модифікацій). За їхнім проектом кожному апарату прописуються маршрути, а також дії, які потрібно виконати: бути задіяним в службах доставки, для перевезень вантажів у сільському господарстві, будівництві, геодезії та картографії, фотозйомках, різного роду інспекціях, завданнях у бойових умовах. Виходячи з різних даних, що передаються дронами на землю, наприклад, про перешкоди, напрямок вітру тощо, система управління коригує швидкість, маршрут та інші показники. За результатами 2015 року стартап посів перше місце в конкурсі інженерних стартапів Vernadsky Challenge (Україна), організованому інвесткомпанією Noosphere Ventures. Кілька країн, зокрема США, хочуть взяти платформу AVISION Robotics на озброєння і зробити її державною. Зараз українська команда спільно с Amazon, Verizon та іншими компаніями працює в групі NASA над розробленням єдиних стандартів, а також протоколів керування і контролю безпілотників.

Якщо провести загальний аналіз сфер застосування БПС, можна констатувати, що в науці безпілотники використовують для одержання нових знань, причому не має значення те, з якої сфери ці знання й де вони потім будуть застосовані. Це можуть бути випробовування нової техніки (у т.ч. нових принципів польоту) або спостереження за природними явищами тощо.

Прикладна ж сфера використання БПС має два основних напрямки – військовий та цивільний.

Військові БПС згідно з функційним призначенням можна застосовувати як [4]: спостережні (зокрема, для коригування вогню на полі бою); розвідувальні; ударні (для ударів по наземних цілях ракетною зброєю; розвідувально-ударні; бомбардувальні; винищувальні (для знищення повітряних цілей); радіотрансляційні тощо.

Цивільна сфера застосування БПС надзвичайно велика. Галузі й споживачі послуги від БПС також досить різні: від сільського господарства й будівництва до нафтогазового сектору й сектору безпеки; їх застосовують наукові організації, рекламні компанії, засоби масової інформації та окремі громадяни.

Більшість випадків застосування систематизовано та виділено в наступні групи:

**1. Виявлення малорозмірних об'єктів:**

- повітряних;
- надводних;
- наземних;
- підземних;
- пошук та допомога в надзвичайних ситуаціях.

**2. Допомога в діяльності Інспекцій:**

- за дотриманням правил морського судноплавства;
- в пошуку і знаходженні суден;
- в попередженні аварійних ситуацій у портах;
- за контролем морських кордонів;
- за контролем правил риболовлі;
- за дотриманням договірних обов'язків (режим «відкритого неба») та ін.

**3. Розвиток регіональних та міжрегіональних телекомунікаційних мереж:**

- тимчасові системи зв'язку, в тому числі мобільні;
- тимчасове телерадіомовлення;
- ретрансляція теле/радіосигналу;
- тимчасові навігаційні системи;
- застосування БПС на телебаченні/кіно, в рекламі як носія відповідного технічного обладнання.

**4. Аерофотозйомка та контроль земної поверхні:**

- аерофотозйомки в малих і середніх масштабах, картографія та інші випадки аерозйомки, в тому числі нічні в невидимому спектрі;
- контроль гідро-, метеообстановки;
- контроль активно випромінюючих об'єктів;
- виявлення лісових пожеж;
- спостереження периметрів об'єктів;
- спостереження промислових площадок та інших площадних об'єктів;
- контроль залізничних колій, ЛЕП та інших лінійних об'єктів.

**5. Контроль екологічного стану:**

- радіаційний контроль;
- газохімічний контроль;
- контроль стану газо- та нафтопроводів;
- «опитування» сейсмічних датчиків;
- контроль стану лавин;
- магнітометричні дослідження;
- загальний тривалий екологічний моніторинг території за заявкою Замовника (застосування декількох БПС).

**6. Застосування в сільському/лісовому господарстві та геологорозвідці:**

- лісоавіаційні роботи (відповідно до вимог Лісавіабази);
- авіаційні роботи в сільському господарстві відповідно до вимог Міністерства сільського господарства (крім АХР);
- визначення характеристик ґрунтів;
- розвідка корисних копалин;
- моніторинг відкритих кар'єрів та інших гірських відкритих об'єктів;
- під поверхневе зондування Землі (можливе до 100 м) та ін.

**7. Океанологія:**

- розвідка льодової обстановки;
- спостереження за станом моря/океану;
- пошук промислових скупчень риби та ін.

**8. Нерегулярні перевезення пошти чи інших спецвантажів.**

**9. Допомога в правоохоронній діяльності:**

- контроль несанкціонованих заворушень;



- дотримання контролю за незаконною міграцією людей та інші задачі, де Замовниками виступають цивільні правоохоронні структури.

**10. Управління повітряним рухом:**

- у важкодоступних районах;
- під час стихійного лиха та аваріях;
- на тимчасових маршрутах під час виконання авіаційних робіт.

**11. Інші випадки застосування:**

- альтернативні супутникові оптико-електронні дані від БПС про стан території для геоінформаційних систем (ГІС);
- забезпечення керованого сходження лавин, випадання дощу тощо.

Кожен з окремих випадків застосування БПС вважається авіаційною роботою А4 і повинен бути відображений у вигляді інструкції у Керівництві з льотної експлуатації конкретного типу БПС.

Як видно з наведеного переліку застосувань БПС, галузь стрімко зростає. Разом з тим аналіз інформаційних матеріалів показує, що цей процес проходить без участі дизайнерів та ергономістів, що, мабуть, зумовлено тим фактом, що, нібито, у безпілотній авіації низька роль людського чинника. Звісно, це не так. Роль зовнішнього пілота (оператора) у безпілотній авіації майже така сама (окрім того, що він керує з землі і може керувати кількома БПС), як і в звичайній авіації, крім того, що на нього не впливає чинник особистої небезпеки. Щоправда, у військовій справі особиста небезпека для зовнішнього екіпажу присутня, оскільки за екіпажами БПС супротивник часто слідкує з метою нейтралізування та перешкоджання виконання завдання. Відповідно військові наземні станції керування є об'єктами, що мають посилено охоронятись.

Що стосується автоматичних пристроїв і автоматизованих систем, то роль людського чинника у них достатньо відома. Відомо також, що значна частина аварій (прийнятий у цивільній авіації термін – авіаційна подія) на таких об'єктах трапляється з вини обслуговуючого персоналу. Автоматизовані режими змістовно досліджені для різних видів техніки (потреба в них найбільш за все виникає у тих процесах, де існує небезпека чи суттєві незручності

для людини у разі її безпосередньої участі в них), і цей досвід свідчить про значну вагу людського чинника. Забезпечення безпеки і комфорту перебування людини (виконання процесів керування, ремонту, обслуговування) у системі «людина–техніка–середовище» є головним завданням ергодизайну. А відтак актуальність таких досліджень не викликає питань і з кожним разом зростає, адже їх змістом є дослідження та обґрунтування ергодизайнерських принципів, вимог і методів створення і експлуатації комплексів БПС.

Базою методів ергодизайну в дослідженні комплексів «зовнішній пілот – БПС» є **системний підхід**, який *розглядає реальний об'єкт у вигляді системи і здійснює відносно неї макро- і мікроаналіз*. Вихідним пунктом цього підходу є розгляд об'єкта й законів його функціонування у реальному світі в цілому, розчленовування його на складові, виділення характерних підсистем, вивчення зв'язків між ними тощо. Система є вищою формою організації; у загальному вигляді під системою розуміється комплекс необхідних і достатніх елементів, що знаходяться в стійкому взаємозв'язку й взаємодії у відносно визначених межах і складають єдине ціле. Те саме можна сказати й про комплекс БПС як об'єкт ергодизайну, що й робить системний підхід ефективним засобом у дослідженні цих проблем.

Принципи системного проектування досить ретельно викладені в літературі [6, 7, 8]. Більшість авторів сходяться в тому, що характерною ознакою процесу системного проектування є **послідовність наближень**. Відповідно до цього принципу розробка системи виглядає, як процес послідовних наближень до оптимального вирішення. Очевидно, що зменшення кількості кроків і послідовних дій характеризує також ступінь оптимізації самого процесу проектування.

Очевидно, що будь-яка система (автоматизована виробнича система або комплекс БПС в контексті його оптимізації) як ціле повинна мати певну структуру й задовольняти таким вимогам:

- кількість структурних елементів системи має бути необхідною й достатньою для її існування;
- властивості системи як цілого не зводяться до простої суми властивостей її складових елементів;

– кожний елемент, долучений до системи, набуває нових властивостей;

– властивості цілого породжуються властивостями елементів, і навпаки, властивості елементів породжуються характеристиками цілого;

– кожний елемент системи існує не як самодостатній, а з урахуванням його місця в системі; залежно від ієрархії побудови системи він може мати одночасно різні характеристики, параметри, виконувати різні функції й навіть бути влаштованим за різними принципами;

– буття системи невіддільне від умов її існування.

Системний підхід надає дослідникам та розробникам БПС дещо більше, ніж просто метод. Сукупність поглядів і дій, що він несе з собою, зазвичай перевищує можливості різних (у тому числі й досконалих) методик, узятих окремо. При цьому, як вважають методисти «іншого покоління», зникає саме поняття про будь-які фіксовані методики, адже отут проектувальник (дизайнер, ергономіст у тому числі) повинен вміти самостійно формулювати й оперативно уточнювати самі цілі й завдання проектування, прогнозувати та брати відповідальність за його результати, ухвалювати рішення з врахуванням усіх наслідків тощо.

У запропонованій авторами першій в Україні монографії з ергодизайну БПС розглянуті лише основні проблеми дизайнерського і ергономічного забезпечення проектування й експлуатації безпілотних авіаційних систем з позицій «людського чинника». Дослідження у цьому напрямку продовжуються.

Автори щиро вдячні редакторів – Тетяні Булаш – за впорядкування матеріалів цього видання.

# 1 ПРИНЦИПИ ЕРГОДИЗАЙНЕРСЬКОГО ПРОЕКТУВАННЯ БПС

## 1.1 Загальна характеристика комплексів БПС

Перш ніж визначити та сформулювати принципи ергодизайнерського проектування складових БПС треба розібратися, що таке «комплекс БПС»? Очевидно, як впливає з назви, це не одиничний, як кажуть у дизайні, а комплексний об'єкт. Згідно з визначенням, наведеним у Повітряному кодексі України [9], безпілотне повітряне судно – це *«повітряне судно, призначене для виконання польоту без пілота на борту, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються за допомогою спеціальної станції керування, що розташована поза повітряним судном»*. В свою чергу, повітряним судном, згідно з цим же документом, називають *«апарат, що підтримується в атмосфері у результаті його взаємодії з повітрям, відмінної від взаємодії з повітрям, відбитим від земної поверхні»*. Тоді визначення комплексу БПС є *«сукупність матеріально-технічних засобів, необхідних для виконання певних функцій. Комплекс БПС поєднує одне чи кілька БПС, керувальне (НСК) і транспортне устаткування, технічні пристрої, що формують канали зв'язку й передавання інформації, пристрої оброблення інформації тощо»* [4].

Важливо розуміти, що БПС – це штучний мобільний об'єкт багаторазового або умовно багаторазового використання, що не має на борту екіпажу (людини-пілота) і здатний самостійно та цілеспрямовано переміщатися у просторі для виконання різних функцій в автономному режимі (за допомогою власної керуючої програми) або за допомогою дистанційного керування, яке здійснюється людиною-оператором (інше визначення – *зовнішній пілот*) або диспетчерським центром, які є частиною комплексу.

До БПС не відносять ракети, снаряди, бомби (незалежно від того, керовані вони чи ні), аеростати без двигунів та інші безмоторні літальні апарати: планери, дельтаплани, парашани. Але безпілотні дирижаблі, моторні дельтаплани та парашани відповідно до даного визначення цілком можна віднести до БПС.

Як правило, комплекс БПС поставляють замовникові у вигляді закінченого, повністю готового до експлуатації виробу. Але за необхідності цей комплекс може розширюватися й

інтегруватися в інші системи за рахунок додаткових апаратних і програмних засобів. Наприклад, до складу тактичного комплексу БПС можуть долучатися: кілька БПС, спеціальний тягач із установленою на ньому стартовою катапультою, мобільний командний пункт, антенно-фідерні пристрої, включно з ретрансляторами сигналів. Але цей комплекс може використовувати об'єкти, що входять до нього: допоміжний транспорт для перевезення людей і матеріальних ресурсів, ангари для зберігання техніки, інфраструктуру аеродромів, включаючи радіолокаційні засоби тощо.

Отже, до основних складових комплексів БПС відносять:

- БПС (одне чи кілька) (рис. 1.1);
- стартовий пристрій (рис. 1.2);
- наземну станцію керування (рис. 1.3);
- антенно-фідерні пристрої, ретранслятори сигналів (рис. 1.4);
- допоміжне устаткування (наприклад, транспорт, пакувальні контейнери – рис. 1.5);
- пристрій посадки (рис. 1.17 – 1.24).

**Класифікація БПС.** Підсумки широкомасштабного використання БПС дозволяють певною мірою провести аналіз покладених на них завдань, класифікації їхніх типів і особливості застосування в різних умовах.

Міжнародною асоціацією з безпілотних систем AUVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International) була запропонована універсальна класифікація БПС за 16 базовими ознаками [5, 10]:

1) **за використанням:** військові, цивільні, анти-терористичні. У свою чергу цивільні (відповідно до ліцензій для пілотів) можуть бути: державними, приватними, комерційними, транспортними;

2) **за типом системи керування** (для одного БПС): дистанційно керовані або автоматичні авіаційні системи. *Дистанційно керовані* – керуються безпосередньо оператором у зоні видимості через наземну станцію або на великій віддалі оператором через лінію зв'язку за допомогою зворотного відеозв'язку або телеметрії. *Автоматичні* – виконують попередньо запрограмовані дії без керування зовнішнім пілотом, однак

володіють можливістю змінювати план польоту або частково адаптуватися до зовнішніх змін;



**Рисунок 1.1** – Приклади БПС  
(НВ ЦБА «Віраж» НАУ, Україна)



**Рисунок 1.2** – Стартовий пристрій БПС М-10-2 «Око»  
(НВ ЦБА «Віраж» НАУ, Україна)  
([http://uav.nau.edu.ua/m-10\\_ukr.html](http://uav.nau.edu.ua/m-10_ukr.html))



**Рисунок 1.3** – Стационарна наземна станція керування компанії «Дженерал атомікс» (<http://otvaga2004.ru/kaleydoskop/kaleydoskop-air/bla-chast-4/>)



**Рисунок 1.4** – Загальний вигляд антенної та поворотної систем наземної станції керування БПС М-6-3 «Жайвір» (НВ ЦБА «Віраж» НАУ, Україна)



а)



б)

**Рисунок 1.5** – Загальний вигляд мобільного КБПС М-10-2 «Око»:  
а) запакованого в переносні рюкзаки;  
б) рюкзаки у похідному положенні (НВЦБА «Віраж» НАУ, Україна)  
([http://uav.nau.edu.ua/m-10\\_ukr.html](http://uav.nau.edu.ua/m-10_ukr.html))

3) **за правилами польоту:** візуальні, приладові й візуально-приладові. Якщо БПС знаходиться та виконує політ у межах видимості пілота, який керує і контролює його в світлий час доби, то політ – *візуальний*, а якщо політ виконується в автоматичному режимі («на автопілоті» для пілотованих суден) не тільки у видимій зоні, але і в сліпих зонах, а також у темний час доби з відповідною системою керування, то політ – *приладовий*. *Візуально-приладові* – якщо під час одного польоту використовують візуальні і приладові правила (наприклад, зліт і посадка – візуальні, а основна частина польоту – приладова);

4) **за класом повітряного простору:** можна розділити на сегреговані і несегреговані. У свою чергу, несегреговані бувають класу А, В і С. *Сегреговані* – виконують польоти в сегрегованому повітряному просторі (заборонених зонах, зонах обмеження польотів, а також спеціальних зонах польотів для БПС – якщо це передбачено авіаційними стандартами держави), а *несегреговані* – відповідно в несегрегованому повітряному просторі класів А, В, С, де необхідно відповідне бортове обладнання, ліцензії та дозволи служб організації і обслуговування повітряного руху;



5) **за типом повітряного судна:** літакові, вертолітні, конвертопланові. *Літаковий* і *вертолітний* типи мають відповідний цим повітряним суднам зовнішній вигляд і характеристики, а *конвертоплановий* – об'єднує ці два типи. На практиці типів повітряних суден набагато більше, проте їхній розгляд не є завданням цієї публікації;

6) **за типом крила:** фіксовані і змінні (змінюють форму, положення, розмір під час зльоту/посадки та виконання польоту). *Фіксовані* – як правило, літакового і вертолітного типів, де використовують фіксоване крило, а *змінні* – використовують в конвертопланах, які мають поворотне крило;

7) **за напрямком зльоту/посадки:** за напрямком зльоту – горизонтальні, вертикальні, мультитипідйомні. За напрямком посадки – горизонтальні, вертикальні, підпарашутні, щоглові, безпосадкові, мультиспускові (використовують комбінації зазначених типів посадки).

Напрямок і підйомна сила залежить від типу крила, також від можливості злітати й сідати як самостійно, так і за допомогою допоміжної техніки та/або механізмів (класифіковані у п. 8);

8) **за типом зльоту/посадки:** аеродромні, палубні, гідроплани, ручні, нетипового зльоту, мультизлітні. *За посадкою* діляться на: аеродромні, точкові, палубні, гідроплани, безпосадкові; нетиповопосадкові; мультипосадкові. *За зльотом:* *аеродромні* – виконують зліт з ЗПС подібно літакові; *за типом запуску* – використовують системи запуску (установки запуску, платформи, розгінний носій; пілотоване ПС (літак, вертоліт, конвертоплан), ракету-носій, нетипову установку); *палубні* – злітають з палуби; *водні* – БПС-амфібії; *ручні* – злітають з руки; *мультизлітні* – залежно від модифікації можуть використовувати кілька варіантів зльоту;

9) **за типом двигуна:** електричні, поршневі, роторно-поршневі, турбовальні, турбогвинтові, повітряно-реактивні, турбореактивні, турбореактивні двоконтурні, турбореактивні з форсажною камерою, турбореактивні двоконтурні з форсажною камерою, гіперзвукові прямопотокові повітряно-реактивні, надзвукові прямопотокові повітряно-реактивні, газотурбінні, підйомно-маршові, прямопотокові повітряно-реактивні, турбо-

гвинтовентиляторні, пульсуючі повітряно-реактивні, вентильні, твердо-реактивні ракетні, ракетні на рідкому паливі;

10) **за паливною системою:** монозаправні (одноразові) і полізаправні (багаторазові). *Монозаправні* – одноразова заправка паливної системи виконується у виробничих умовах виробником на заводі; *полізаправна* – багаторазова заправка, яка може в свою чергу бути: *наземною* (виконується на землі), *платформною* (на борту морського судна), *бортовою* (на борту пілотованого ПС, призначеного для перевезення, запуску і заправки БПС), *польотною* (заправка у повітрі під час польоту ПС- заправника);

11) **за типом паливного бака:** базові і базово-резервні. *Базові* БПС мають основний паливний бак, а *базово-резервні* – мають основний і резервні паливні баки;

12) **за кількістю використань:** залежно від паливної системи – одноразові (безпосадкові, посадкові) та багаторазові. Наприклад, якщо не передбачена система посадки – це одноразове безпосадкове БПС. Якщо використано одноразову паливну систему і є система посадки – це одноразове посадкове БПС. Багаторазові БПС використовують не менш 10 разів;

13) **за категорією** (з врахуванням **маси** і **максимальної дальності дії**): тактичні, оперативно-тактичні, оперативні, оперативно-стратегічні, стратегічні, спеціальні. Категорії мають свої підкатегорії: *тактичні* – нано, мікро, міні, надлегкі; *оперативно-тактичні* – легкі; *оперативні* – середні, середньотяжкі, важкі низьковисотні; *оперативно-стратегічні* – легкі (низьковисотні великої тривалості польоту), важкі середньовисотні (середньовисотні великої тривалості польоту); *стратегічні* – важкі висотні (висотні великої тривалості польоту); *спеціальні* – безпілотні бойові літаки, летальні, стратосферні, екзостратосферні, космічні.

Класифікацію БПС за масою, висотою, тривалістю польоту та радіусом дії наведено в табл. 1.1;

14) **за радіусом дії:** ближнього, малого, середнього і дальнього радіусу, великої тривалості польоту. *Ближній радіус дії* – до 40 км, *малий* – до 70 км, *середній* – до 300 км, *дальній* – до 1500 км, *велика тривалість* – не менше ніж 1500 км;

15) **за висотою:** граничномаловисотні (0 – 0,3) км; маловисотні (0,3 – 0,6) км; низьковисотні (0,6 – 1,5) км; низькосередньовисотні (1,5 – 6,0) км; середньовисотні (6,0 – 9,0)

км; високосередньовисотні (9,0 – 12,0) км; висотні – понад 12 км. У свою чергу, висотні діляться на: стратосферні (12,0 – 15,0) км; суборбітальні (15,0 – 20,0) км; спеціальновисотні (20,0 – 25,0) км; орбітальні – вище ніж 25 км;

**Таблиця 1.1**– Класифікація БПС за масою, висотою, тривалістю польоту та радіусом дії

Код англ.	Назва (укр.)	Маса (кг)	Радіус дії (км)	Висота польоту (м)	Час польоту (год)
<b>ТАКТИЧНІ</b>					
micro	Мікро	≤5	≤10	250	1
mini	Міні	≤20/25/30/150	≤10	150/250/300	≤2
CR	Дуже малої дальності	25-150	10-30	3000	2-4
SR	Малої дальності	50 -250	30-70	3000	3-6
MR	Середньої дальності	150-500	70-200	5000	6-10
MRE	Середньої дальності і великої тривалості	500-150	≥500	8000	10-18
LADP	Низьковисотний	250-2500	≥250	50-9000	0,5-1
LALE	Низьковисотний з великою тривалістю польоту	15-25	≥500	3000	≥24
MALE	Середньої висоти з малою тривалістю польоту	1000-1500	≥500	5000-8000	24-28
<b>СТРАТЕГІЧНІ</b>					
HALE	Висотний з великою тривалістю польоту	2500-5000	≥2000	20000	24-48
Strato	Стратосферні	≥2500	≥2000	≥20000	≥48
EXO	Поза стратосферні	-	-	≥30500	-
<b>СПЕЦІАЛЬНІ</b>					
UCAV	Бойові БПС	≥1000	+/- 1500	12000	2
LET	Одноразові БПС	-	300	4000	3-4
DEC	БПС-мішені	150-500	0 - 500	50-5000	≤4

16) за *функційним призначенням*: військові (згідно з ДСТУ В 7371 [11]): ударні, винищувальні, розвідувальні, цілевказівні, радіоелектронної боротьби, транспортні, ретранслятори, повітряні мішені, імітатори цілі, багатоцільові, – та *цивільні*: інформаційно-

розвідувальні (оперативне отримання, накопичення, обробка і передача даних; аерофотознімання; розвідка; пошук збитих або потерпілих аварію літаків і вертольотів з пошуком екіпажів і пасажирів тощо.

На рис. 1.6 – 1.14 наведено приклади БПС різних категорій.



**Рисунок 1.6** – Приклади БПС категорії «Мікро» (Micro) та «Міні» (Mini) [5]



**Рисунок 1.7** – Приклади БПС категорії «Середні» (MR) [5]



**Рисунок 1.8** – Приклади БПС категорії «Середньої ваги»  
(НВ ЦБА «Віраж» НАУ, Україна)



**Рисунок 1.9** – Приклади БПС категорії «Надлегкі» (CR)  
та «Легкі» (SR) [5]



**Рисунок 1.10** – Приклади БПС категорії «Важкі» низьковисотні (LADP) [5]



**Рисунок 1.11** – Приклади БПС категорії «Легкі» низьковисотні великої тривалості польоту (LALE) [5]



**Рисунок 1.12** – Приклади БПС категорії «Важкі» висотні великої тривалості польоту (HALE) [5]



**Рисунок 1.13** – Приклади БПС категорії «Важкі» середньовисотні великої тривалості польоту (MALE) [5]



**Рисунок 1.14** – Приклади БПС категорії «Безпілотні бойові літаки» (UCAV) [5]

**Стартові пристрої.** У якості стартових пристроїв БПС найчастіше використовують катапульти (див. рис. 1.2). Як приклад, наведемо найпростішу класифікацію катапульти [12]:

**З розгінним гумовим акумулятором** (джамбо-шнуром). Найлегші, найпростіші та найбільш надійні пристрої організованого пуску БПС. Маса БПС 5-20 кг. ([uk.wikipedia.org/wiki/M10\\_Око](http://uk.wikipedia.org/wiki/M10_Око)).

**Гіромеханічного типу.** Розібрана катапульта має невеликі розміри (до 3 метрів). Дозволяє запускати БПС масою до 50 кг.

**Лесного типу з трампліном.** Складається з трампліну довжиною 3 м і гумового амортизатора довжиною 12 м. Є набір металевих кілків для фіксації до землі. Весь комплект переноситься однією людиною. Дозволяє запускати БПС масою до 30 кг.

**Лесного типу з гіралебідкою.** Привід лебідки електричний, має широкий діапазон застосування за температурою і висотою старту БПС. Маса катапульти до 98 кг, довжина в складеному стані до 2 м. Дозволяє запускати БПС масою до 50 кг.

**Пневматичного типу.** У пристрої застосовується в якості робочого тіла стиснене повітря.

Також застосовується інші методи пуску, зокрема з іншого літального апарату або за допомогою додаткових розгінних твердопаливних двигунів.

Приклади типових стартових пристроїв див. на рис. 1.15 – 1.17.

**Пристрої посадки.** Конструкція пристроїв посадки залежить від способу приземлення БПС. До найпоширеніших способів приземлення БПС можна віднести літаковий і підпарашутний.



**Рисунок 1.15** – Стартовий пристрій БПС Fulmar (<http://www.laserlocation.ru/catalog/aircraft/UAV/3435/>)





**Рисунок 1.16** – Стартовий пристрій БПС Lockheed Martin (<https://progress.online/oborona/871-lockheed-martin-narashchivaet-vynoslivost-razvedyvatelnyh-bespiotnikov>)



**Рисунок 1.17** – Стартовий пристрій БПС М-6-3 «Жайвір» (Україна, НАУ, Віраж) ([http://uav.nau.edu.ua/m-6\\_ukr.html](http://uav.nau.edu.ua/m-6_ukr.html))

**Літаковий** – якщо БПС приземляється як літак. При цьому може застосовуватися *аерофінішер* (рис. 1.18). Аерофінішер застосовують у випадку, коли посадка здійснюється на палубу морського судна. Але в цьому разі можуть застосовувати уловлювальну *сітку* (рис. 1.19).



**Рисунок 1.18** – Посадка БПС Х 47В з використанням аерофінішера  
(<https://www.youtube.com/watch?v=7vZbBJwFCFI>)



**Рисунок 1.19** – Посадка БПС RQ-2 Pioneer у сітку  
(<http://bp-la.ru/bpla-rq-2-pioneer/>)

Сітку можуть використовувати й у разі посадки на землю (рис. 1.20).



**Рисунок 1.20** – Посадка БПС Fulmar у сітку  
(<http://www.laserlocation.ru/catalog/aircraft/UAV/3435/>)

**Підпарашутний** – якщо для посадки використовують парашут (рис. 1.21).



**Рисунок 1.21** – Посадка БПС М-10-2 «Око» під парашутом  
(Україна) ([uk.wikipedia.org/wiki/M10\\_Око](http://uk.wikipedia.org/wiki/M10_Око))

Використовують також інші види посадок БПС. Так, наприклад, фахівці Німецького центру авіації та космонавтики продемонстрували один з можливих варіантів того, як здійснити посадку серійного БПС на легковий автомобіль (рис. 1.22). При цьому, швидкість автомобіля в момент контакту з БПС перебувала в межах 70 км/год, а в якості посадкового майданчика використовувалася встановлена на даху машини сітка зі спеціальними маркерами.

Агентство перспективних досліджень DARPA (США) схвалило результати проекту SideArm, щодо швидкого запуску й організованої посадки військових безпілотників на дуже обмежену ділянку [13].



**Рисунок 1.22** – Посадка БПС на автомобіль, що рухається (<https://3dnews.ru/tags/%D0%B1%D0%BF%D0%BB%D0%B0/page-10.html>)

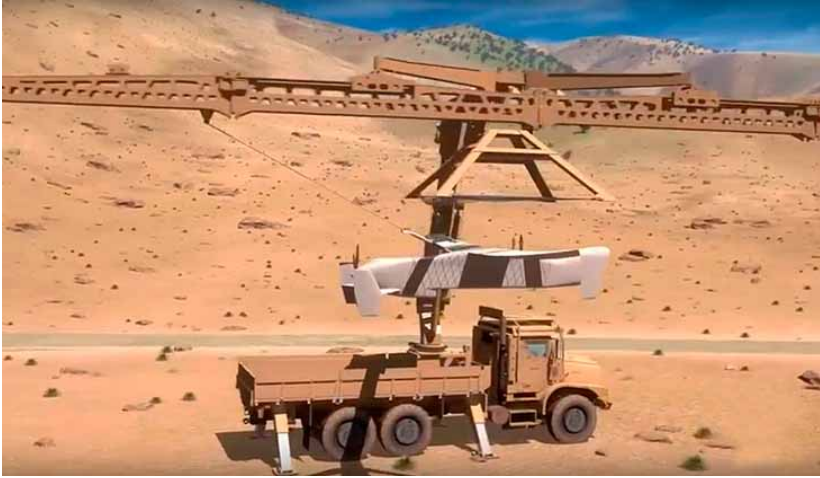
Система SideArm дозволяє запустити БПС за допомогою горизонтальної катапульти, вирішуючи проблему нестачі місця для зльоту літального апарату. Пристрій схожий на традиційну систему гальмування літаків під час посадки на авіаносець. У момент посадки на верхній поверхні безпілотника піднімається гак, який чіпляється за троси, що знижує швидкість апарату до нуля (рис. 1.23 – 1.25).



**Рисунок 1.23** – Старт БПС з використанням SideArm [13]



**Рисунок 1.24** – Посадка БПС з використанням SideArm [13]



**Рисунок 1.25** – Посадка БПС з використанням SideArm на суші [13]

### **Наземні станції керування.**

**Наземна станція керування (НСК)** повинна забезпечити безперервний контроль та керування БПС на землі та у польоті у межах заявлених висот та радіусу дії [18, 19].

Обладнання, що розташоване в НСК є невід’ємною частиною системи керування БПС.

Типова сучасна система керування БПС складається з наземної станції керування (НСК) і бортової системи керування (БСК), необхідних ефірних ліній контролю та зв’язку. Як правило застосовується телеметрична радіолінія діапазону «Р», радіокомандна лінія та відеолінія діапазону «S».

Бортова система керування БПС побудована на основі польотного контролера, що забезпечує виконання наступних функцій:

стабілізацію БПС у повітрі:

- утримання висоти та вирішення навігаційної задачі;
- автоматичний політ по заданих наперед точках (ППМ);
- передачу на землю поточних параметрів польоту та прийом команд керування;
- забезпечення безпеки польоту (повернення в точку зльоту при втраті сигналу, автопосадка тощо);

– підключення додаткової периферії: системи OSD, додаткових датчиків тощо. Система керування дозволяє експлуатувати БПС за правилами польотів за приладами (ППП) та обмежено за правилами проведення візуальних польотів (ПВП).

Застосовуються наступні режими роботи системи керування: автоматичний, напівавтоматичний та ручний.

За чинником рухомості НСК можуть бути:

- ручні (рис. 1.26);
- переносні (рис. 1.27);
- мобільні – змонтовані у пристосованому кузові автомобіля (рис. 1.28);
- мобільні – розташовані у спеціальному кузові-фургоні (типу КУНГ) (рис. 1.29);
- мобільні – розташовані у спеціальному контейнері (рис. 1.30);
- стаціонарні – розташовані у спеціальному приміщенні.



**Рисунок 1.26** – Ручна НСК БПС Orbiter [20]



а)

<http://www.kvand-is.com/produksiya/portativnaya-stantsiya-kontrolya-i-upravleniya>



б)

[uk.wikipedia.org/wiki/M10\\_Око](http://uk.wikipedia.org/wiki/M10_Око)

**Рисунок 1.27** – Переносні НСК



**Рисунок 1.28** – Мобільна НСК, змонтована у кузові мікроавтобуса  
[http://www.indelauav.com/press\\_17102014.html](http://www.indelauav.com/press_17102014.html)





**Рисунок 1.29** – Мобільна НСК, розташована у спеціальному кузові-фургоні автомобіля (<http://bp-la.ru/bla-hermes-450/>)

Найпростіше автоматизоване робоче місце оператора БПС призначене для проведення:

- передполітної підготовки БПС;
- передстартового контролю БПС;
- підготовки програм польоту;
- тренування оператора без проведення польоту БПС.

Воно забезпечує:

- обмін з БПС телеметричною інформацією в реальному часі;
- керування корисною навантагою;
- приймання, відображення, записування, зберігання і відтворення інформації від корисної навантаги на екранах моніторів в реальному часі;
- керування режимами польоту і роботи корисної навантаги;
- підготовку польотного завдання і завантаження його в бортовий комплекс;
- контролювання технічного стану бортового комплексу БПС;
- передполітні та післяполітні перевірки;
- визначення координат цілей в географічних і полярних системах координат;
- керування виконанням польотного завдання;
- ведення протоколу виконання польотного завдання;
- моделювання виконання польотного завдання.



**Рисунок 1.30** – Мобільна НСК, розташована у спеціальному контейнері

<http://www.kvand-is.com/stantsiya-upravleniya/avtonomnaya-nazemnaya-stantsiya-kontrolya-i-upravleniya>

Як правило, НСК має два робочих місця: РМ1 зовнішнього пілота і РМ2 оператора корисної навантаги (рис. 1.31).

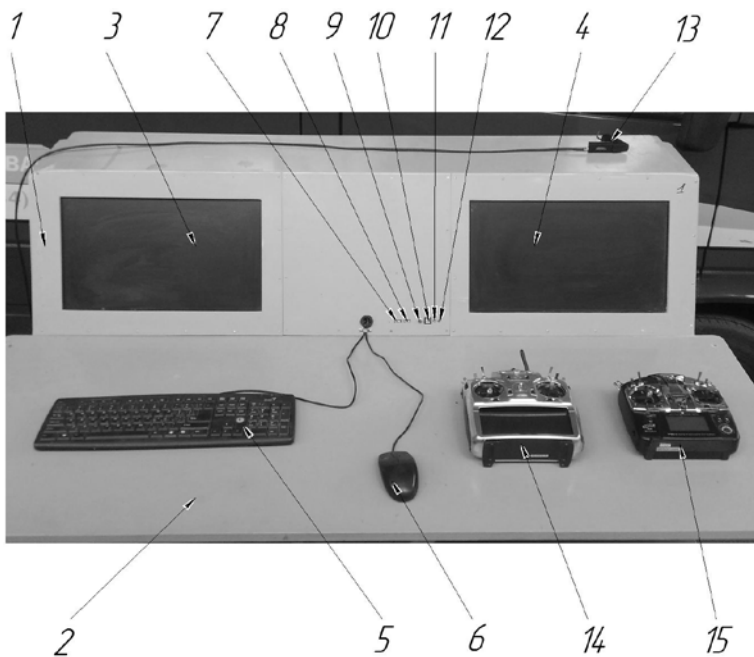
Згідно з практичним досвідом НВ ЦБА «Віраж» НАУ, наприклад, наземна станція керування НСК М-7-В5 встановлена на пульті.

Апаратно-програмною основою наземної частини керування БПС (НСК БПС) є персональний комп'ютер (ПК), що завантажений програмним забезпеченням «Mission Planner». Живлення ПК у 220 В забезпечено від бензинового електрогенератора, а також через відповідні блоки безперебійного живлення з акумуляторними батареями.

За наявності стандартної однофазної мережі 220В/50Гц можна скористатись зовнішнім вводом, який використовується для забезпечення живлення ПК від бензинового електрогенератора.

У відповідні порти ПК підключаються:

- наземний модем телеметрії на частоту 0,915 ГГц;
- автоматичний поворотний пристрій антен;
- передавач радіокерування (телеметричний);
- клавіатура ПК;
- маніпулятор «мишка».



**Рисунок 1.31** – Загальний вигляд пульта НСК М-7-В5

1. Корпус пульта
2. Стіл пульта
3. Лівий монітор ЗП (PM1)
4. Правий монітор ЗП (PM2)
5. Клавіатура ПК
6. Маніпулятор «мишка» ПК
7. Порт USB 1
8. Порт USB 2
9. Кнопка перезавантаження НСК
10. Кнопка ввімкнення НСК
11. Індикатор активності накопичувача
12. Індикатор ввімкненого стану НСК
13. Модем телеметрії 0,915 ГГц
14. Передавач радіокерування телеметричний
15. Передавач радіокерування ефірний, ближньої дії на 2,2 ГГц.

Крім того ПК НСК обладнаний засобами зв'язку для підключення до мережі Інтернет, а також аудіозасобами відтворення голосових повідомлень.

Окремо від ПК на НСК знаходиться передавач радіокерування, який працює з відповідним приймачем на борту БПС на невеликих відстанях (в межах оптичної видимості).

Також у ПК завантажено програмне забезпечення для контролю та керування потоком даних з бортової відеокамери.

Відображення пілотажної інформації на моніторі ЗП (РМ1 – лівий пульт).

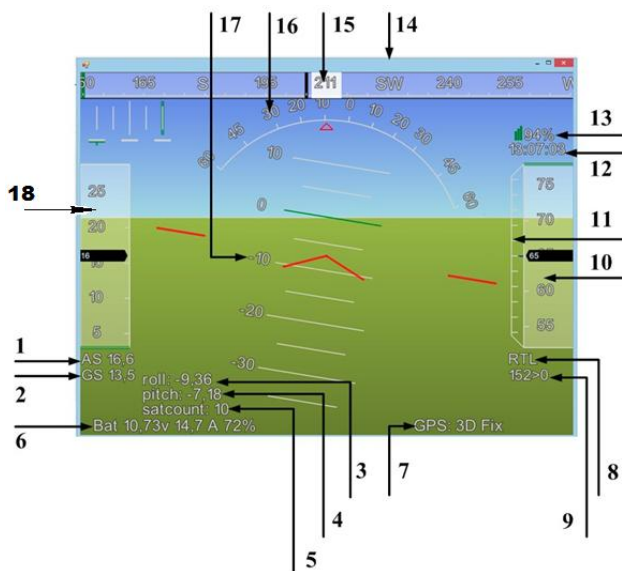
Під час виконання польотів зовнішній пілот контролює стан параметрів БПС за показами приладів на комбінованому пілотажному приладі (КПП). Монітор ЗП візуалізує інтерфейс програмного забезпечення «Mission Planner» НСК М-7В5. Зображення на моніторі програми «Mission Planner» називається головним екраном і розподілено на декілька зон:

- зону авіагоризонту (комбінованого пілотажного приладу);
- зону вікна польотних параметрів;
- зону польотної карти та редагування польотного завдання.

### **Індикація польотної інформації БПС на моніторі РМ1**

Індикація польотної інформації БПС на моніторі РМ1 представляє собою зображення комбінованого пілотажного приладу з додатковими позначками. На рис. 1.32 подано розшифрування символів у відповідних одиницях, присутніх на зображенні зони авіагоризонту (комбінованого пілотажного приладу) монітора.

**Увага.** Якщо БПС під час польоту нахилено вправо, то авіагоризонт відображає нахил вліво (рис. 1.32). При подвійному клацанні по вікну авіагоризонту його можна розкрити на весь екран.



**Рисунок 1.32** – Зона авіагоризнту на моніторі РМ1  
(лівий монітор)

1. AS – повітряна швидкість БПС (м/с).
2. GS – швидкість за маршрутом БПС (м/с).
- 3 Roll – кут крену (град.).
4. Pitch – кут тангажу (град.).
5. Satcount – кількість видимих GPS-приймачем супутників.
6. Bat 10.73v 14.7A 72% – стан батареї: напруга силової батареї (В), струм споживання (А), залишок заряду акумулятора у %.
7. 3D Fix – стан GPS-приймача.
8. Актуальний польотний режим БПС.
9. Відстань до запланованого польотного пункту маршруту.
10. Висота БПС за барометричним висотоміром (м).
11. Швидкість набору/зниження висоти (вертикальна швидкість) БПС (м/с).
12. Польотний час по GPS.
13. Коефіцієнт якості прийому/передачі телеметрії в процентах (максимум – 100%).
14. Штучний горизонт (авіагоризонт).
15. Курсовий кут БПС (град.).
16. Кут крену БПС (град.).
17. Кут тангажу БПС (град.).
18. Індикатор істинної повітряної швидкості БПС (м/с).

На рисунку 1.33 показано зону вікна польотних параметрів ГЕ з відповідними поясненнями відзначених позицій.

**Рисунок 1.33 – Вікно польотних параметрів**

Пояснення:

1. Висота БПС за барометричним висотоміром (м).
2. Відстань до запланованого ППМ (м).
3. Вертикальна швидкість БПС (м/с).
4. Швидкість за маршрутом БПС (м/с).
5. Кут курсу (азимут) БПС (град.).
6. Відстань до бази (м).

На рисунку 1.34 показано зону вікна польотної карти з відповідними поясненнями відзначених позицій.

**Рисунок 1.34** – Вікно зони польотної карти та редагування польотного завдання

1. Точність у горизонтальній площині (геометричний фактор).
2. Кількість видимих GPS-приймачем супутників.
3. Координата БПС: широта (град.).
4. Координата БПС: довгота (град.).
5. Висота БПС (м).
6. Вікно масштабування карти.
7. Курс БПС за GPS.
8. Курс БПС за магнітометром.
9. Курс БПС на ППМ.
10. Актуальна висота БПС (м).
11. Мітка БПС на карті.
12. Рисунок маршруту БПС, що пройдено.
13. Повзунок масштабування карти.

Зони авіагоризонту, вікно польотних параметрів, зона польотної карти та редагування польотного завдання об'єднані на головному екрані в єдине зображення вікна «Flight data» (рис. 1.35).

**Рисунок 1.35** – Загальний вигляд вікна «Flight data»  
головного екрану

Пояснення:

- 1 – зона авіагоризонту;
- 2 – вікно 6-ти польотних параметрів («Quick»);
- 3 – польотна карта;
- 4 – панель переключення вікон («Меню»).

Зверху головного екрана міститься панель переключення вікон («Меню»), яка має наступні вікна (рис. 1.36).

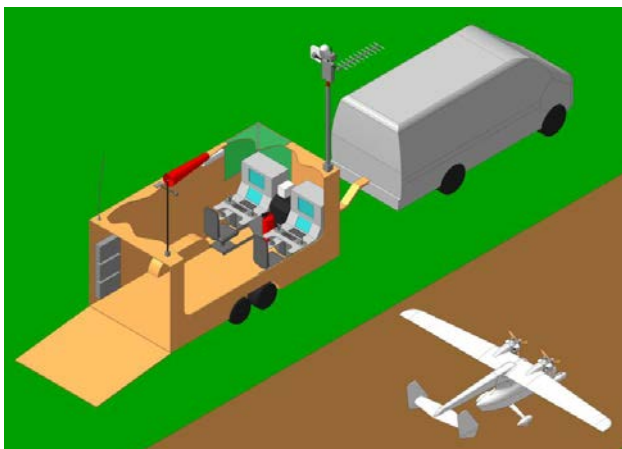


### Рисунок 1.36 – Панель переключення вікон

Пояснення:

1. Вікно «FLIGHT DATA».
2. Вікно «FLIGHT PLAN».
3. Вікно «INITIAL SETUP».
4. Вікно «CONFIG/TUNING».
5. Вікно «SIMULATION».
6. Вікно «TERMINAL».
7. Вікно «HELP».
8. Вікно «Link Stats».
9. Вікно вибору COM-порту.
10. Вікно вибору швидкості порту.
11. Вікно «CONNECT».
12. Панель «Mission Planner» з зазначенням версії програмного забезпечення.

На рис. 1.37а показано комплекс НСК, обладнаний двома робочими місцями.



а)



б)

**Рисунок 1.37** – Комплекс НСК БПС М-7В5 «Небесний патруль» (НВЦБА «Віраж» НАУ, Україна)

### **Норми льотної придатності, як основа ергономічних рішень щодо комплексів БПС**

Відомо, що для забезпечення відповідності виробів авіаційної техніки вони повинні розроблятися згідно Норм льотної придатності (НЛП), якими є наприклад авіаційні правила України (АПУ), стандарти НАТО в галузі авіації STANAG, стандарти MIL-STD-810 військового спрямування (США) та інші.

У залежності, в основному від маси БПС, НЛП тим чи іншим способом вказують розробникам на вимоги, без яких дані зразки техніки не відповідатимуть критеріям «виробу авіаційної техніки».

Стосовно ергономічних рішень, основою вимог є пункти НЛП, що стосуються мануальної, зорової та слухової взаємодії зовнішнього пілота та комплексу БПС, особливо складових частин НСК.

Як приклад можна навести вимоги STANAG 4671 (п. U1723) [85] до відображення пілотажної та навігаційної інформації для БПС масою до 20 000 кг.

### **Пілотажна та навігаційна інформація**

(а) Потрібні такі мінімально необхідні дані про політ і навігацію, які повинні відображатись весь час на станції управління зі швидкістю поновлення, яка відповідає безпечній експлуатації:

- (1) приладова швидкість
- (2) тиск на висоті й пов'язане з ним налаштування висотоміра
- (3) курс або траєкторія
- (4) місце розташування БПС.

Місцезнаходження БПС має постійно відображатися на карті в масштабі, обраному екіпажем БПС з рівнем деталізації, що забезпечує безпеку польотів.

(5) при напівавтоматичному режимі управління польотом, як визначено в STANAG 4671 п. USAR.1329, активовані команди польоту або навігаційні параметри, відправлені на БПС повинні бути відображені в НСК.

(b) З огляду на STANAG 4671 п. USAR.1722 мінімально потрібні такі дані про політ і навігації, які можуть бути обрані або доступні при запиті екіпажем БПС для відображення на станції управління зі швидкістю оновлення, що забезпечує безпеку експлуатації:

(1) обмеження швидкості польоту, визначені в STANAG 4671 пп. USAR.1505 і USAR.1513

(2) кут ковзання

(3) температура повітря за бортом

(4) пристрої попередження за критичною швидкістю:

(i) БПС з газотурбінним двигуном

(ii) інші БПС, для яких  $V_{MO} / M_{MO}$  і  $V_D / M_D$  встановлені по STANAG 4671 пп. USAR.335 і USAR.1505.

Пристрій попередження швидкості повинен дати екіпажу БПС ефективне звукове попередження (яке відрізняється від голосових попереджень, які використовуються для інших цілей) кожного разу, коли швидкість перевищує узгоджену з повноважним органом.

Верхня межа по швидкості в пристрої попередження не може перевищити прийняту швидкість попередження. Більш низька межа повинна бути встановлена так, щоб мінімізувати потребу в попередженнях. Точне регулювання цього пристрою попередження по швидкості може однак враховувати існування захисту за швидкістю, що підтримується системою управління польотом, коли це може бути показано та БПС перешкоджає досягненню цих швидкостей.

(5) Місцезнаходження БПС:

(i) має також відображатися за дальністю та азимутом положення БПС по відношенню до напрямку надсилання передачі/приймання даних;

(ii) відхилення БПС між запланованою і фактичною траєкторією щодо землі

(6) значення крену і тангажу БПС

(7) вертикальна швидкість

(8) час UTC (години, хвилини, секунди)

(9) стан навігаційних систем

(10) ідентифікацію БПС відповідно до USAR.1883 (б), коли експлуатуються декілька БПС

(11) напрямок і швидкість вітру на висоті БПС, якщо дані траєкторії відображаються наземному екіпажу БПС.

## **1.2 Принципи ергодизайну, застосовні до створення й експлуатації комплексів БПС**

Визначивши основні складові комплексів БПС та застосовні норми льотної придатності, перейдемо до принципів ергодизайну, яких необхідно дотримуватись під час їх проектування й виробництва.

За умови збереження єдиної алгоритмічної основи процес проектного синтезу в ергодизайні систем все ж істотно відрізняється від звичайного дизайнерського синтезу, хоча і включає низку його процедур. Головний зміст процесу ергодизайну системного об'єкту полягає у забезпеченні набагато більшої кількості складних та різноманітних внутрішніх і зовнішніх, прямих і опосередкованих зв'язків технічно-процесуальної системи з оператором, ніж у разі дизайнерської розробки окремого об'єкту, безпосередньо пов'язаного з оператором. Основна ж особливість ергодизайну – це проектування не тільки предметного, але й процесуального боку системи.

**Системний підхід – основний методологічний принцип ергодизайнерського проектування комплексів БПС.** У попередньому підрозділі було з'ясовано, що комплекс БПС є структурно складним *системним* об'єктом, до якого входять кілька складових, що знаходяться у стійкій взаємодії одне з одним. Отже,

досить логічно буде в такому разі застосувати *системний підхід* як один з найпоширеніших і найефективніших у дизайні.

У найзагальнішому вигляді під **системою** розуміють *комплекс необхідних і достатніх елементів, що знаходяться в стійкому взаємозв'язку і взаємодії у відносно визначених межах і складають єдине ціле.*

Очевидно, що будь-яка система (як ціле) має визначену структуру і задовольняє низці вимог. До того ж кожний елемент системи не повністю самодостатній, а підпорядковується відповідно до його місця в заданій системі. Залежно від ієрархії побудови системи, він може мати одночасно різні характеристики, параметри, виконувати різні функції і навіть бути влаштованим за різними принципами. Елементи, характеристики, принципи побудови та створення систем є універсальними для будь-якої галузі застосування системного підходу (як для проектування середовища, так і для окремого виробу). Очевидно, що якісне проектування систем невіддільне від системного проектування. Отже, *системними можуть бути як методика проектування взагалі, так і окремий об'єкт.* Правильне розуміння співвідношення основних видів методик проектування та проектованих об'єктів дозволить уникнути багатьох несподіванок і непогодженостей у реальній практиці ергодизайну.

*Буття системи невіддільне від умов її існування.* Система існує і розглядається в статичі (предметне буття) та динаміці (процеси, вимірювання, розвиток). Для того, щоб характеризувати систему у статичі, розглядають її елементи та структурні аспекти, а у динаміці враховують функційні (поточні) та історичні зміни. Системі притаманні внутрішнє (у самій системі) та зовнішнє функціонування (між системою і середовищем). Історичний розвиток розглядається з генетичної та прогностичної точок зору. Цілком очевидно, у разі аналізу та синтезу системного об'єкта слід чітко бачити його будову, виділяти необхідні та достатні складники, що визначають стійкість цілого. Необхідно виявити спосіб зв'язку основних елементів і моделювати структуру, враховуючи відносну самостійність компонентів системи, та репрезентувати її у вигляді підсистеми більш складної *гіперсистеми*. Саме такий підхід здійснюють під час аналізу побудови, походження та функціонування системи, спираючись на принципи *ізоморфізму та гомоморфізму* систем,

що співвідносяться, сполучаючи структурно-функційний і генетично-історичний аспекти дослідження [14].

Системний підхід – якісно новий шабель методології наукового пізнання і практичної діяльності. Розуміння об'єктів як систем забезпечує більш поглиблену постановку досліджуваних проблем і дозволяє розробити плідну стратегію їх дослідження. Особливість системної методології полягає в установці на цілісність об'єкта і чинників, що її обумовлюють. Вона дозволяє виявити все різноманіття і складність зв'язків, притаманних об'єкту, і представити їх в реальній єдності. Наразі системний підхід стає одним з провідних методів в пізнавальній і творчій діяльності.

***Головною ознакою системного ергодизайнерського проектування є не тільки всебічний розгляд широкого кола специфічних проблем, але й антропоцентриська орієнтованість проектних дій.*** Проектування окремих виробів і систем ведеться тут з урахуванням максимальної кількості вимог користувачів, що приводить до створення цілісної системи елементів предметного наповнення конкретного середовища життєдіяльності людини (зокрема – спроможності задовольняти вимогам *функційного комфорту всіх учасників процесів керування та обслуговування комплексів БПС.*

Для визначення сенсу системного підходу в ергодизайні КБПС необхідно визнати, що його предметом є цілісне структурування (структурування), а метою – цілісно-структурований об'єкт. Виходячи з того, що об'єктом ергодизайнерської розробки є предмет або процес, визначаються відповідно *предметний і діяльнісний* рівні типології. Залежно від переваги, яка надається під час ергодизайнерської розробки проблемам користі, краси чи зручності, відповідно визначають її переважно утилітарний, естетичний чи ергономічний аспект. У разі накладання один на одного зазначених рівнів і аспектів утворюється типологічна матриця ергодизайну КБПС. Зрозуміло, що для ергодизайнерської розробки, якою є проектування комплексу БПС, необхідним (і звичайно достатнім) є діяльнісний рівень і, відповідно, *діяльнісний підхід*, що значно спрощує процес конкретного проектування.

**Діяльнісний підхід.** У психологічних науках про трудову діяльність прийнято вважати, що тільки аналіз проектованої

діяльності та виявлення на цій основі її характерних рис дозволяють вирішити завдання узгодження психічних, фізичних і психофізіологічних можливостей суб'єкта із властивостями, особливостями сучасних людино-машинних комплексів, а отже, створювати передумови для забезпечення оптимального функційного стану працюючої людини в процесі діяльності – **стану функційного комфорту**. З цього випливає одне досить важливе положення, яке стосується безпосередньо інтерпретації діяльнісного підходу, відповідно до якого в людино-машинному комплексі техніка є засобом, долученим до діяльності людини, і розглядається з позицій людського чинника. У цьому випадку центром уваги має бути структура діяльності з усіма її елементами (тобто її склад), а сама дія є багатокомпонентним утворенням, у якому кожна зі складових має свої функції, що визначають роботу системи в цілому.

Таке представлення обумовлює одержання інтегральних характеристик людини та техніки, які проявляються в конкретних умовах їхньої взаємодії в людино-машинних системах. У такий спосіб знаходить своє пояснення загальновідомий постулат *«урахування людського чинника» у системах «людина – техніка – середовище»*. Фахівцями, які займаються дослідженням цих систем, доведено, що ефективність і безпека керування ними залежить від багатьох чинників – об'єктивних і суб'єктивних, різних за своєю природою та силою впливу [6]. Відповідно до загальних принципів ергодизайну, проектування конкретного виду діяльності та забезпечення при цьому її оптимізації, передбачають, насамперед, дослідження та формування вимог до **внутрішніх засобів діяльності**. До них відносяться: *досвід, знання, вміння та навички оператора, його психічні функції, психофізіологічні й особистісні характеристики*.

**Не менш важливі зовнішні засоби діяльності** – знаряддя, засоби та умови праці, наприклад, *засоби відображення інформації, органи керування*. Це першочергова зона уваги, одночасно компетенція дизайнера та ергономіста. Їхні функції у всіх випадках полягають у тому, щоб спільними зусиллями домогтися високих споживчих якостей зовнішніх засобів діяльності. А це можливе лише за умов узгодження внутрішніх засобів діяльності з її зовнішніми засобами.

При цьому слід враховувати, що діяльність не є сталим процесом. Вона, як будь-який рух, може бути охарактеризована через енергетичні показники. З цієї точки зору важливим виявляється ще один показник –

**ціна діяльності.** Це – величина фізіологічних і психологічних витрат, що забезпечують виконання завдання на заданому рівні. Виходячи з ціни діяльності, можна робити висновки про ступінь її *напруженості* і таким чином прогнозувати **ступінь надійності функціонування всієї системи.** У даному випадку під надійністю розуміють вірогідність виконання системою поставленого завдання в заданий час з допустимою точністю та збереженням параметрів її функціонування. Особливими умовами успішного виконання завдань діяльності виступають *здібності людини.* Загальні здібності є характеристикою активності суб'єкта, його здатності до саморегуляції. Їхній розвиток слугує основою для формування та розвитку гармонійно розвиненої особистості. Ергономіка, а на її основі й ергодизайн, здебільшого розглядають часткові (окремі, поодинокі, особисті) здібності.

**Часткові здібності (професійна придатність)** – наявність у людини сукупності характеристик, що визначають ефективність виконання завдань в рамках конкретної професійної діяльності. Будь-яка професійна діяльність не може реалізовуватися з самого початку з найвищою віддачею. Їй передують соціально-психологічний процес пристосування людини до освоюваної професії та умов професійної діяльності, або, як її ще називають, професійна адаптація.

**Професійна адаптація** – процес пристосування людини до умов конкретної трудової діяльності: формування відповідних знань, вмінь та навичок, що дозволяють раціонально та ефективно працювати у стандартних і екстремальних виробничих ситуаціях [6].

Процес адаптації, в свою чергу, слід оптимізувати як за параметрами ефективного функціонування системи, так і за параметрами максимального використання специфічних здібностей людини в системі управління.

В подальшому, оптимізуючи проектну ситуацію, доцільно спиратися на обмежене коло осіб – певний контингент користувачів комплексів БПС, що характеризується оптимальним для використання відповідного виробу діапазоном фізичних, фізіологічних, психофізіологічних, антропометричних показників, а також рівнем тренуваності і підготовки [6].

Підсумовуючи визначимо, що для створення та експлуатації безпілотних авіаційних систем універсальним, базисним є системно-діяльнісний підхід. Він може бути застосований до проектування різних комплексів БПС та їх складових,



реалізуючись у ергодизайнерських принципах різного рівня, які визначають специфіку проектування й експлуатації основних систем комплексів БПС.

Аналіз розробок комплексів БПС останніх років [2, 3, 20], результати досліджень здійснених авторами [78, 79, 80, 81, 82, 83, 84] надають можливість визначити наступне.

Головною ознакою системного ергодизайнерського проектування комплексів БПС, поряд з розглядом широкого кола дизайнерських та ергономічних аспектів, є антропоцентрична орієнтованість проектних дій, а необхідною умовою ергодизайнерського проектування – діяльнісний підхід. У цей спосіб знаходить пояснення такий постулат, як «урахування людського чинника» у системах «зовнішній пілот – БПС». А інтегральною мірою досконалості ергодизайну комплексів БПС є досягнення функціонального комфорту як критерію оптимального психофізіологічного стану операторів у процесі їх трудової діяльності та як критерію адекватності складових і елементів комплексів БПС індивідуальним можливостям людини.

Визначаються декілька рівнів (в залежності від деталізації, значущості тощо) ергодизайнерських принципів проектування та експлуатації комплексів БПС. Основні з них такі:

– **принципи організації діяльності операторів** (основоположні) – забезпечення оптимального психофізіологічного навантаження оператора, робочої пози, м'язової сили, рухів; відповідності між діапазоном завдань і потребами операторів; універсальності і гнучкості; змінності їх поз та інформованості; ремонтпридатності й адаптованості складових РМ;

– **принципи проектування середовища РМ зовнішніх пілотів БПС** – додержання оптимального рівня забезпеченості виконання завдань оператора, рівня зручності виконання робіт; забезпечення оптимальності робочої пози, рівня складності регулювання, рівня організації робочих поверхонь, забезпеченості додатковими елементами підтримки;

– **принципи компонування основних складових комплексів БПС** – забезпечення доступу оператора для обслуговування елементів комплексів БПС, організації робочих груп, оптимального рівня освітлення, доступу для прибирання.

Під час ергодизайнерського проектування комплексів БПС слід базуватися на визначенні і організації їх високотехнологічного обладнання як комплексної системи «людина – БПС – середовище», основними домінантою та складником якої є людина.

Основоположні принципи реалізуються під час проектування та експлуатації комплексів БПС шляхом додержання принципів нижчого рівня, значимість яких обумовлюється специфікою кожного конкретного виду КБПС. Основні з них такі.

Одними з найважливіших при проектуванні і, в меншій мірі, експлуатації комплексів БПС є **принцип додержання ергодизайнерських вимог та принцип додержання ергодизайнерських показників.**

Ергодизайнерські вимоги спрямовані на досягнення необхідного рівня властивостей, що повинні здобути комплекси БПС в процесі їхнього розроблення.

Під час визначення комплексу ергодизайнерських вимог необхідно враховувати, що використання наявних у нормативах вимог до промислових виробів (зокрема, до засобів відображення інформації, органів та пультів керування тощо) дуже часто обмежено рамками тієї діяльності, при вивченні якої вони були отримані.

Слід також враховувати, що ергодизайнерські вимоги, а на їх основі й показники виробу засновані на ергономічних та дизайнерських властивостях людини-оператора, й незважаючи на те, що ці показники так чи інакше описують технічні («машинні») характеристики, вони виходять із «людського чинника», який повинен бути закладений у конструкції БПС. Тому припущення про наближення показників до еталонних, ідеальних ергодизайнерських характеристик виробу дійсне лише деякою мірою, яке далі визначимо як рівень ергодизайнерських показників і який виявляється під час ергодизайнерського розроблення й аналізування комплексів БПС.

При цьому у процесі ергодизайнерського проектування комплексів БПС головна увага повинна приділятися не окремим показникам, а їхній структурі, зв'язкам і знаходженню між ними загальних формальних властивостей – ізоморфізму, що відображає зміст зв'язків показників. Адже проектування повинно здійснюватися з погляду єдиного критерію ефективності, з яким

пов'язані всі показники та якому вони всі підлегли безпосередньо або опосередковано. Ці підлеглі показники в процесі розроблення оптимізуються для одержання максимального значення основного критерію ефективності, тобто коригуються з метою поліпшення основного критерію. Таким чином, всі показники повинні бути пов'язані в єдину систему за допомогою критерію ефективності, і їхня роль буде розглядатися та оцінюватися стосовно цього критерію.

Слід також враховувати, що для кількісного визначення якості об'єкта в ергодизайні не настільки важлива природа показника, що впливає на рівень ергодизайну БПС, як важлива його значимість, вагомість, у ряді інших показників стосовно ергодизайнерського критерію та типу функціональної залежності ергодизайнерського рівня комплексу БПС від зміни цього чинника, хоча сама залежність визначається природою діючого чинника.

Слід враховувати, що проблема визначення та вимірювання показників є частково математичною. У великій мірі пошук вимірювального інструмента залежить від якісного аналізу об'єкта вимірювання й знаходження ізоморфності між реальними об'єктами та інструментом вимірювання – числовими шкалами. Таким чином, успішність кількісного ергодизайнерського визначення пов'язується з розробленням специфічних експериментальних вимірювальних процедур, що дозволять ввести спеціальну «ергодизайнерську метрику», аналогічну фізичній, та будувати відповідні шкали інтервалів і відносин.

Важливим є **принцип додержання комплексності одиничних показників**. Достатньо розповсюджений випадок, коли ергодизайнерський рівень якості визначається декількома показниками. Наприклад, якість приладу ЗВІ визначається сукупністю таких ергодизайнерських показників, як точність і зорова стомлюваність оператора під час зчитування показань. Така сукупність окремих ергодизайнерських показників визначає комплексний ергодизайнерський показник, що вже повністю може визначити ергодизайнерський рівень складових БПС.

Характер взаємодії ланок системи «зовнішній пілот – БПС» обумовлює існування показників-критеріїв якості або ефективності системи. Цими критеріями повинні оцінюватися як кожний елемент системи, так і вся система у цілому.

Загальними (або зовнішніми) критеріями якості людино-технічних систем є точність, надійність, продуктивність зазначеної системи та стомлюваність людини-оператора в системі. Ергодизайнерські показники-критерії в цьому випадку можуть характеризувати ступінь оптимальності системи «зовнішній пілот – БПС» у широкому, комплексному плані. Слід також враховувати наявність певної залежності між оптимальними значеннями ергодизайнерських показників комплексів БПС й критеріями ефективності систем, що включають у себе цей об'єкт.

Використання системи ергодизайнерських показників комплексів БПС дає можливість визначити їх потенційну ефективність щодо виконання цільових функцій. Це положення досить важливе, тому що ряд БПС може призначатися тільки для одноразового застосування. Таким чином, ергодизайнерський аналіз складових комплексів БПС (у першу чергу тих, в експлуатації яких безпосередньо бере участь людина) повинен здійснюватися за рядом показників, наявність яких доцільно визначати до остаточного задуму використання БПС (до виконання ним цільової функції).

Вважається також встановленим [6, 8], що правильність загального визначення ефективності системи залежить від ряду окремих (або внутрішніх) показників, що характеризують діяльність елементів системи. Остаточне та повне визначення ефективності комплексів БПС здійснюється за інтегральним критерієм, однак, у разі неможливості або важкості застосування інтегрального критерію, можливе використання окремих критеріїв або показників, що виявляються в умовах, наближених до реальних (зокрема на спеціальній апаратурі, створеній з метою аналізування виробу в системі: на стендах, тренажерах й інших спеціалізованих установках).

У процесі створення безпілотних авіаційних систем необхідно також додержуватись **принципу формування комплексів БПС на основі функціонально-алгоритмічного аналізу діяльності зовнішніх пілотів.** Функціонально-алгоритмічний аналіз є ефективним засобом як проектування діяльності операторів так і виявлення «слабких» ланок у певному робочому процесі, зокрема для перерозподілу потоків інформації в КБПС тощо. Без додержання процедур функціонального аналізу

ефективність проектування та експлуатації комплексів БПС значно знижується й може виявитися на рівні чистої емпірики. Тому, функціональний аналіз є також підставою для отримання об'єктивної оцінки системи і визначення ергодизайнерського рівня якості виробу.

Принципи ще нижчого рівня, як правило, визначають умови ефективного проектування й експлуатації окремих складових і елементів комплексів БПС. Так, під час ергодизайнерського проектування систем керування комплексів БПС доцільно керуватися такими принципами-вимогами нижчого рівня:

1. Органи керування мають однозначно ідентифікуватися при всіх робочих станах і розміщуватися так, щоб допускати безпечно й своєчасне виконання операцій.

2. Орган керування повинен виконувати тільки ті команди, що відповідають заданим цілям його застосування.

3. Дії користувачів не повинні призводити до невизначеного або небезпечного стану устаткування або процесу.

4. Органи керування й пов'язані з ними контрольні пристрої повинні розміщатися відповідно до вимог чинних нормативних документів і бути функційно взаємозалежними.

5. Для унеможливлення небезпечних наслідків, пов'язаних з помилками оператора, рекомендується забезпечити:

- певний пріоритет команд (наприклад, команда «СТОП» має більший пріоритет, ніж команда «ПУСК»);

- спрощення послідовності функціонування органа керування (наприклад, за допомогою автоматизації);

- блокування керування (наприклад, керування двома руками);

- функціонування в натискному режимі.

6. Органи керування повинні бути логічно згруповані відповідно до їх експлуатаційного або функційного взаємозв'язку. Зазначений принцип повинен дотримуватися у всіх сферах застосування устаткування. Розміщення органів керування повинне бути виконане таким чином, щоб спростити його ідентифікацію й мінімізувати ймовірність неправильного приведення в дію в результаті помилки оператора.

Повинні бути використані один або декілька з наступних способів угруповання органів керування:

- угруповання відповідно до функції або взаємозв'язку;
- угруповання відповідно до послідовності застосування;
- угруповання відповідно до частоти застосування;
- угруповання відповідно до пріоритетів;
- угруповання відповідно до процедур функціонування (нормальний або критичний стан);
- угруповання відповідно до моделювання схеми підприємства (машини).

Принципи угруповання повинні бути сумісні з навичками користувача, придбаними ним у результаті навчання.

7. Не повинні застосовуватися дзеркальні та симетричні схеми панелей з розташованими на них органами керування, контролерами та засобами відображення інформації.

8. Пов'язані групи органів керування повинні розміщатися відповідно до їх рівня пріоритету, наприклад:

- найвищий пріоритет – вверху зліва;
- найнижчий пріоритет – внизу справа.

Проектування засобів відображення інформації (ЗВІ)\* в комплексах БПС обумовлене такими окремими принципами:

- **принципом інформативності:** інформаційні елементи комплексів БПС повинні розкривати та пояснювати функціональну структуру об'єкту, слугувати інформаційним навігатором оператора у реальному часі виконання завдань;

- **принципом функційності:** інформаційні елементи комплексів БПС поряд з інформаційною (передавання інформації) мають виконувати також експресивну (оцінювання інформації) та прагматичну (передавання відповідної психологічної настанови, яка і визначає вплив інформації на зовнішнього пілота) функції;

- **принципом універсальності,** який визначає саме можливості застосованих інформаційних елементів щодо співставлення та інтеграції форм інформаційного обміну, адже розвиток інформаційних систем обумовлює нові вимоги до елементів комплексів БПС, які мають поєднуватись з іншими комунікаційними елементами системи;

---

\* Засіб відображення інформації розглядається у цьому контексті як елемент робочого місця оператора, призначений для формування інформаційної моделі керованого об'єкта

- **принципом змістоутворення:** відповідно до нього інформаційна складова діяльності зовнішніх пілотів повинна забезпечувати їхню орієнтацію у просторі з забезпеченням оператору максимально можливого інформаційного комфорту;

- **принципом адресності:** під час проектування систем інформаційного обміну необхідно враховувати внутрішні властивості повідомлень безвідносно до їх інтерпретації, враховувати зв'язок знакової інформації з адресатом тощо.

9. Конструктивно ЗВІ можуть бути різних типів: стрілочні, цифрові, звукові, мнемосхеми тощо. Для кожного з типів мають бути розроблені спеціальні ергодизайнерські рекомендації.

10. Компонування ЗВІ на інформаційній панелі повинно здійснюватись з урахуванням наступних положень:

– значимості: ЗВІ, що мають важливе значення, повинні розміщатися у зоні найкращого сприйняття, зоні миттєвої видимості;

– послідовного використання: розміщення ЗВІ повинне здійснюватися відповідно до послідовності операцій управління БПС;

– частоти використання: найчастіше використовувані ЗВІ розміщують в самих зручних зонах сенсомоторного поля (вертикальні розміри панелей для розміщення ЗВІ –  $30^\circ$  вверху і  $40^\circ$  униз від лінії нормального погляду; кути нахилу лицьових панелей до горизонтальної лінії погляду –  $60^\circ$ –  $80^\circ$ ; горизонтальні розміри панелей  $40^\circ$  –  $60^\circ$ ).

У загальному вигляді процедуру додержання принципів з досягнення необхідного ергодизайнерського рівня комплексів БПС представлено у такий спосіб. Попередньо вибирається, виходячи з конкретних завдань, ергодизайнерський критерій, наприклад, функційність, надійність, швидкість, стомлюваність тощо. Важливою вимогою до такого критерію є те, щоб він мав ергодизайнерський зміст.

Наступним завданням є знаходження ергодизайнерських параметрів комплексів БПС. Ергодизайнерськими параметрами можуть бути, наприклад, величина зусиль і просторове розташування для органів керування, розмір, форма знакової інформації тощо. Визначати параметри можна експериментально з використанням, наприклад, кореляційного методу, що дозволить

виділити й виміряти ступінь впливу ергодизайнерських параметрів на обраний критерій. Для спрощення можна скоротити кількість параметрів, вибравши з них найбільш значимі, ті, що найпомітніше впливають на ергодизайнерський критерій і визначають його зміну.

Наступним етапом є знаходження згідно з ергодизайнерськими принципами функціональної залежності між ергодизайнерськими критеріями й параметрами і знаходження значень ергодизайнерського рівня якості за окремими критеріями й параметрами. На цьому етапі вже можна визначати якість проєктованого виробу диференційними методами, тобто зіставляючи кожне із чисельних значень показників виробу з відповідними показниками еталона окремо. Але загальну оцінку комплексів БПС ще дати не можна, тому що для цього необхідно звести чисельні значення окремих ергодизайнерських параметрів до єдиної шкали, у якій вони могли б бути зіставлені один з одним. Таким чином, знаходження взаємозв'язку ергодизайнерських параметрів між собою та їхніх зв'язків в сукупності (а не окремо кожного) з ергодизайнерськими критеріями є наступним етапом проєктування, зокрема оцінювання проєктних вирішень комплексів БПС. У результаті цього повинна бути отримана функціональна залежність, що пов'язує даний ергодизайнерський критерій із сукупністю визначених ергодизайнерських параметрів. На даному етапі можна зробити комплексне визначення якості, але тільки за одним обраним критерієм. За одним критерієм можна оцінити, наприклад, якість крісла оператора, взявши за критерій стомлюваність людини, як основної характеристики ергономічності крісла оператора.

Завершуючи розділ відзначимо, що сучасний формат розвитку в Україні проєктування й експлуатації комплексів БПС, орієнтований на європейські підходи, потребує суттєвого оновлення і переосмислення базових підходів і критеріїв проєктування у ергодизайні: від постановки задач – до оцінювання кінцевого результату. На відміну від попередніх етапів розвитку вітчизняного ергодизайну, де головним критерієм ефективності та якості ергодизайнерського проєкту вважалося досягнення функціонально-естетичної виразності форми окремого виробу (об'єкту), у сучасних умовах першочерговими є завдання поглибленого аналізу принципової доцільності створення



комплексів БПС, їх органічного включення в загальні системи життєдіяльності, мінімізації матеріальних та енергетичних затрат на його виготовлення, уніфікації з подібними виробами, можливості їх переробки у кінці «життєвого циклу», та, головне, унормування, ергодизайнерських вимог і показників комплексів БПС, під час якого необхідно додержуватись наступних узагальнюючих принципів:

- принципу закріплення в нормативній документації найбільш перспективних методів і засобів ергодизайнерського проектування;

- принципу додержання (привнесення) «людської міри» під час створення об'єктів техніки, середовища їх виробництва та використання;

- принципу періодичної (циклічної) актуалізації (оновлення) чинної нормативної дизайн-ергономічної бази;

- принципу визначення (усвідомлення) утилітарного естетичним, а естетичного – утилітарним (унормування одного в іншому).

- принципу орієнтації при унормуванні процедур ергодизайнерського проектування на визнані культурні ідеали і цінності;

- принципу пріоритету гуманізації під час унормування процедур створення об'єктів середовища життєдіяльності людини.

Відмітимо також, що вітчизняна філософія ергодизайнерської діяльності зі створення й експлуатації безпілотних авіаційних систем потребує суттєвого перегляду. Це може бути проілюстровано на прикладі уніфікації, яка сприяє раціональному скороченню та упорядкуванню складових комплексів БПС, кількість різновидів яких не виправдано зростає і є першим кроком до необхідної стандартизації, досягнення різноманітності систем при мінімумі елементів. З іншого боку науково необґрунтоване застосування уніфікації як специфічного засобу формотворення, призводить сьогодні до зниження естетичної своєрідності і художньої виразності об'єкту. Тому не тільки принципи функціонування комплексів БПС, а, насамперед соціальні, культурні, вікові та інші відмінності майбутнього споживача (або їх груп) повинні обумовлювати як діапазон можливої уніфікації, так і ступінь ергономічності, функційності та пластично-образної новизни БПС.

## **2 ОСНОВНІ ЕТАПИ ЕРГОДИЗАЙНЕРСЬКОГО ПРОЕКТУВАННЯ БПС І ЗАСОБИ З ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ**

### **2.1 Ергодизайнерська характеристика комплексів БПС**

Питання застосування безпілотних повітряних суден (БПС) з комерційною метою, поступово актуалізується з огляду на світові тенденції розвитку авіації взагалі. Аналіз розвитку існуючих у світі БПС впродовж останніх 20-ти років виявляє стійку тенденцію до збільшення їхніх розмірів і маси, а також висоти й тривалості польоту і, зрештою, їх кількості.

Сьогодні безпілотні повітряні судна допомагають вирішувати цілий спектр наукових і прикладних завдань, пов'язаних з геологією, екологією, метеорологією, зоологією, сільським господарством, з вивченням клімату, пошуком корисних копалин тощо. Вони можуть стежити за міграцією птахів, ссавців, риби, зміною метеоумов і льодової обстановки на ріках, за рухом суден, переміщенням транспорту й людей, проводити аеро-, фото- і кінозйомку, радіолокаційну й радіаційну розвідку, багато-спектральний моніторинг поверхні, проникаючи всередину до 100 метрів тощо.

Відомо, що саме БПС не може ізольовано виконувати свої функції, окрім так званих автоматичних. Та навіть автоматичні БПС у момент активування потребують наземного/базового обслуговування, що говорить про наявність певної системи, яку прийнято називати «комплекс безпілотних повітряних суден» (КБПС). Концептуально можна виходити з того, що комплекс БПС складається власне із БПС й наземного (повітряного, надводного) пункту управління. Але, щоб БПС могло здійснити політ, комплекс, як вже відмічалось у попередньому розділі, повинен складатися з власне БПС; станції контролю (управління) БПС; програмного забезпечення і системи контролю стану борту БПС; засобів зв'язку (земля-повітря і повітря-земля) для управління повітряним рухом і корисним навантаженням БПС; терміналів обробки даних; посадкової системи; системи запуску і системи відновлення стану в польоті; обладнання для обслуговування і підтримки стану БПС і його систем; системи зберігання та транспортування комплексу БПС.

При цьому комплекс БПС повинен обслуговуватися кваліфікованим наземним персоналом.

Міжнародна організація цивільної авіації (ІКАО), розглядаючи питання комплексів БПС вказує на принципові

моменти, які характеризують майбутні комплекси БПС. Найважливішими з них є:

- ключовий фактор безпечної інтеграції комплексів БПС у виділений повітряний простір. Полягає в їх здатності вести себе і реагувати так само, як повітряні судна з пілотом на борту. Багато складових цієї здатності будуть визначатися технологією – здатністю повітряного судна виконувати керуючі команди зовнішнього пілота і виступати в якості сполучної ланки між зовнішнім пілотом і органом управління повітряним рухом (ОУПР), підтримувати необхідні експлуатаційні характеристики (наприклад, час і безперервність транзакцій зв'язку), а також своєчасне реагування повітряного судна на вказівки ОУПР;

- з метою відмінності пілотів, які здійснюють свої, пов'язані з пілотуванням БПС обов'язки, перебуваючи поза повітряним судном, запропоновано використовувати термін «зовнішній пілот» (новий термін замість терміну «пілот-оператор». Циркуляр 328-AN/190 ІКАО. Беспилотные авиационные системы [76]);

- в осяжному майбутньому БПС не будуть перевозити на борту пасажирів за плату;

- зовнішній пілот комплексу БПС і пілот на борту повітряного судна несуть аналогічну кінцеву відповідальність за безпечний політ їх повітряних суден і повинні володіти однаковими знаннями в галузі повітряного права, виробництва та планування польотів, польотних навантажень, аспектів людського фактора, метеорології, навігації, процедур експлуатації, принципів польоту і радіотелефонного зв'язку. Обидва пілоти повинні пройти льотну підготовку, продемонструвати свої навички, отримати певний досвід і відповідні свідоцтва. Вони повинні також володіти мовою, що використовується в радіотелефонному зв'язку, відповідати критеріям придатності за станом здоров'я, хоча останні можуть змінюватися з урахуванням умов використання комплексу БПС;

- технічні засоби, що використовуються в безпілотній авіації і на повітряних суднах з пілотом на борту, безперервно розвиваються. Роль автоматизації постійно зростає, особливо на повітряних суднах транспортної категорії. Автоматичні системи вже здатні приводити в дію органи управління, підтримувати курс повітряного судна, регулювати витрату палива, передавати і отримувати дані від різних наземних станцій, виявляти конфліктні ситуації і надавати рекомендації щодо розв'язання загрози

зіткнення, прокладати і витримувати оптимальні профілі зниження, а також виконувати зліт або посадку повітряного судна. Природно, всі ці функції контролюються зовнішнім пілотом.

З цього випливає, що з точки зору органів, які встановлюють відповідність повітряного судна діючим у галузі стандартам, визначення комплексу БПС можна представити як систему елементів, що конфігуруються, і включає дистанційно пілотоване повітряне судно, пов'язану з ним станцію (станції) зовнішнього пілота, необхідні лінії управління та контролю, а також будь-які інші елементи системи, які можуть знадобитися в будь-який момент у ході виконання польоту.

У сучасній практиці застосування БПС існує потреба в уточненні самого визначення комплексу БПС у рамках цивільної авіації, тобто авіації, яка використовується для задоволення потреб економіки і громадян у повітряних перевезеннях і авіаційних роботах.

Інше положення, яке допомагає уточнити середовище, в якому повинен функціонувати комплекс БПС полягає в тому, що він буде виконувати «авіаційні роботи, під час здійснення яких повітряне судно використовується для забезпечення спеціалізованих видів обслуговування (авіаційно-хімічні роботи, аерофотозйомка, патрулювання тощо).

На світовому ринку БПС присутні й автоматичні системи, однак згідно з принципами ІКАО інтегрувати автоматичні системи у діючу авіаційну структуру на сьогодні не представляється можливим через принципову різницю у питаннях дотримання безпеки польотів. Тому власне можна говорити про БПС у складі комплексу, яке керується дистанційно та постійно контролюється людиною.

Повітряний кодекс України визначає БПС як «повітряне судно, призначене для виконання польоту без пілота на борту, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються за допомогою спеціальної станції керування, що розташована поза повітряним судном» [9].

Ключові визначення, котрі будуть завжди використовуватись під час проектування комплексів БПС надає ІКАО. Зокрема це такі визначення:

1. Комплекс БПС (чи, як синонім, безпілотна авіаційна система) – повітряне судно і пов'язані з ним елементи, які експлуатуються без пілота на борту.

2. Безпілотне повітряне судно – повітряне судно, яке призначене виконувати політ без пілота на борту.

3. Зовнішній пілот – особа, яка керує органами управління дистанційно пілотованого повітряного судна протягом льотного часу.

4. Станція зовнішнього пілота – робоче місце, з якого зовнішній пілот керує польотом безпілотного повітряного судна. Член зовнішнього екіпажу – член екіпажу, що має свідоцтво «члена екіпажу», на якого покладено обов'язки, пов'язані з управлінням дистанційно пілотованих повітряних суден протягом льотного часу [76].

Вищенаведені дані та витяги з нормативних документів свідчать про те, що встановлення мети функціонування комплексу БПС знаходиться на зрізі технічних та технологічних можливостей сучасних БПС, потреб ринку в послугах цивільної авіації, норм та правил діючої системи цивільної авіації.

Тому, у першому наближенні мета функціонування комплексу БПС полягає у забезпеченні проведення безпечного польоту дистанційно пілотованого повітряного судна у виділеному повітряному просторі під час виконання ним авіаційних робіт.

Згідно з концепцією ІКАО, комплекси БПС повинні виконувати польоти відповідно до стандартів ІКАО, які призначені для повітряних суден з пілотом на борту, та іншими спеціальними стандартами, які відображають відмінності в галузі експлуатаційних та правових аспектів, а також аспектів безпеки польотів між повітряними суднами з пілотом на борту та безпілотними повітряними суднами. Для того, щоб забезпечити інтеграцію комплексу БПС у практику використання виділеного повітряного простору і виділених аеродромів, необхідний пілот, що відповідає за політ БПС. Пілоти можуть використовувати відповідне обладнання, наприклад автопілот, що допомагає виконувати свої обов'язки, однак *ні за яких обставин в найближчому майбутньому відповідальність пілота не буде передана технології.*

З позицій ергодизайнерського забезпечення проектування й експлуатації комплексів БПС їх склад доцільно визначити наступним чином.

**Безпілотне повітряне судно:** силові установки БПС; планер БПС; бортова радіокомандна система; бортова система телеметрії БПС; бортова навігаційна система БПС; система приймання повітряних сигналів; бортова електрична система; система керування БПС; автопілот БПС; інші життєво важливі системи БПС; цільове навантаження БПС.

**Наземна станція керування БПС:** робоче місце (РМ) зовнішнього пілота; РМ оператора цільового навантаження; пост зовнішнього пілота; система керування цільовим навантаженням; наземна радіокомандна система для керування БПС; наземна система телеметрії; система відеозв'язку зовнішнього пілота; система радіозв'язку зовнішнього пілота; система запуску і відновлення стану БПС у польоті; система парашутного спуску БПС; система зберігання та транспортування БПС; термінал обробки даних цільової інформації з борту БПС; сліdkуюча антена система наземної станції керування; система енергопостачання наземної станції керування; система автоматичної посадки БПС.

Відомо, що основою дотримання маршруту польоту БПС є його політ за наперед розробленим планом, що базується на відрізках прямої, з'єднаних через точки, які називають поворотними пунктами маршруту. Це забезпечує відповідність між завданням на виконання патрульних, спостережних чи інших авіаційних робіт (які носять характер маршрутних) над об'єктами та реальним положенням БПС у повітрі над об'єктом.

Сучасні технічні засоби радіокерування, радіозв'язку, програмування, автоматизації польоту та супутникової навігаційної підтримки руху відкрили цілий пласт різноманітних систем керування (СК), які дозволяють БПС виконувати у повітрі дуже складні завдання.

З точки зору узагальнення, їх можна звести до двох груп базових систем. Перша – системи дистанційного радіокомандного керування (ДРК). Другою великою групою є системи автоматичного керування (САК). Між елементами груп утворюються взаємозв'язки, які зрештою і породжують той чи інший тип СК БПС. Так, наприклад, СК «Ікарус» для БПС малих класів представляє собою поєднання системи ДРК з телеметричною та відеопідтримкою [9].

СК БПС перш за все повинна забезпечити дистанційне керування літаком. Система автоматичного керування (АК) є лише

бажаною опцією, але не основною. Проте практика польотів сучасних БПС свідчить про те, що його пілотування «вручну» впродовж тривалого часу (5-10 год) пов'язане зі значним перевантаженням зовнішнього пілота і, безперечно, як у пілотованій авіації потреба в автоматизації процесу пілотування існує.

Вказане завдання може бути реалізоване наявністю в системі керування БПС пристроїв, що можуть здійснити дистанційне, автоматичне та комбіноване керування БПС.

Відомо що сучасне дистанційне радіокомандне керування промислово реалізоване у формі об'єднаної та розосередженої систем. Об'єднана, найбільш розповсюджена система, представляє собою портативний переносний передавач-пульт з переважно двома короткими ручками-маніпуляторами, наприклад, від виробників «Hi-Tec», «Futaba» тощо [77]. Відповідно її прийомна частина знаходиться на борту БПС. Розосереджена система менш розповсюджена і полягає в тому, що вихідні каскади стандартного передавача-пульта з'єднується з виносними підсилювачем та антеною для збільшення дальності зв'язку. Інколи конструктивно роз'єднаними є маніпулятори і сам пульт, а інколи замість ручок-маніпуляторів застосовується стандартний трьохосьовий джойстик.

Аналіз ДРК сучасних БПС свідчить про значну різницю між їх функціями. Наприклад, у БПС «Tanqo» застосовують «чисту» радіокомандну лінію «Futaba», а система керування БПС «Orbiter» передбачає зворотній зв'язок у вигляді телеметричної лінії з бортових датчиків [75]. Очевидно, що це продиктовано задачами, які ставляться перед ними. Зрештою межею служить питання щодо польоту у межах оптичної видимості або поза нею.

Політ поза межами оптичної видимості за допомогою радіокомандної системи можливий лише за умови наявності зворотного зв'язку певного типу. Серед технічно реалізованих на сьогодні придатними для цього є телеметрія, відеозображення місцевості та віртуальна модель місцевості. З огляду на це, керування БПС можна типізувати наступним чином (табл. 2.1).

**Таблиця 2.1** – Відповідність між застосуванням ДРК та типом зворотного зв'язку

Тип ДРК	Застосування	Тип зворотного зв'язку
Д1	в межах оптичної видимості	відсутній
Д2	поза межами оптичної видимості	телеметрія
Д3	поза межами оптичної видимості	телеметрія + реальне відеозображення
Д4	поза межами оптичної видимості	телеметрія + віртуальне відеозображення
Д5	поза межами оптичної видимості	телеметрія + реальне відеозображення + віртуальне відеозображення

Стосовно автоматичного керування, то в результаті аналізу також виявляється велика різноманітність у їх функціях [75]. Найпростішим випадком є автоматизація польоту на рівні основних функцій таких, як автоматичне підтримання швидкості, висоти і положення у просторі між поворотними пунктами маршруту, що задаються «вручну» («простий» автопілот). Однак на сьогодні вже відомі системи керування БПС, що дозволяють самостійно виконувати польотне завдання від початку до кінця з певним самостійним вибором всієї траєкторії чи її фрагменту [18]. Очевидно, що між першим найпростішим та останнім, найскладнішим випадками автоматизації існують ще якісь проміжні типи АК.

Якщо взяти за базову першу систему АК, то долучаючи до неї певні опції з метою розширення її функцій, типи вказаних систем для БПС можна отримати у наступному вигляді (табл. 2.2).

**Таблиця 2.2** – Відповідність між типом та функціями різних систем АК

Тип АК	Функції системи автоматичного керування
A1	Автоматичне керування швидкістю, висотою і положенням у просторі між поворотними пунктами маршруту, заданими «вручну» («простий» автопілот)
A2	Автоматичне керування на маршруті («простий» автопілот + програма польоту)



<b>Тип АК</b>	<b>Функції системи автоматичного керування</b>
A3	Автоматичне керування на маршруті, автоматичний старт та посадка («складний» автопілот + програма польоту)
A4	Автономне керування на маршруті («складний» автопілот + програма польоту + архів підпрограм «поведінки» на маршруті)
A5	Автономне керування на маршруті з самостійним вибором «сценаріїв» руху на його фрагментах («складний» автопілот + програма польоту + архів підпрограм «поведінки» на маршруті + елементи штучного «інтелекту»)

Як видно з таблиць 2.1 і 2.2 в їх рядках утворились формалізовані узагальнені випадки дистанційних радіокомандних та автоматичних систем керування БПС. Кожен з них можна розглядати як самостійний тип СК. Але як правило, коли аналізувати реальні СК БПС, то можна зауважити, що в «чистому» вигляді вони використовуються лише в обмежених певними вимогами БПС. Так, системи типу Д1 використовують зі спортивною та науковою метою, типу Д2-Д5 мають обмеження по часу безперервного пілотування одним зовнішнім пілотом. Більше розповсюдження мають системи типів А2 та А3, але лише з військовою метою, і то лише в класах БПС малого радіусу дії (5–15 км) і малої стартової ваги (5–20 кг) [75].

Для БПС у класах більше 20 кг більш придатними є комбіновані СК, де на першому місці знаходиться дистанційне керування, а підтримка характеристик точності дотримання запланованого маршруту відбувається за рахунок автоматики.

Відомою системою управління БПС є комплекс [19]. Вона побудована на основі польотного контролера, що забезпечує виконання наступних функцій:

- стабілізацію БПС в повітрі;
- утримання висоти та вирішення навігаційної задачі;
- автоматичний політ по заданих наперед точках (ППМ);
- передачу на землю поточних параметрів польоту та прийом команд керування;

- забезпечення безпеки польоту (повернення в точку зльоту при втраті сигналу, автопосадка тощо)
- підключення додаткової периферії: системи OSD, додаткових датчиків тощо.

Система керування дозволяє експлуатувати БПС за правилами польотів за приладами (ППП) та обмежено за правилами проведення візуальних польотів (ПВП). Застосовуються наступні режими роботи системи керування: автоматичний, напівавтоматичний та ручний.

В автоматичному режимі забезпечується його політ за наперед складеним планом з поворотними пунктами маршруту (ППМ) поза межами оптичної видимості. Контроль за польотом відбувається за допомогою двосторонньої телеметричної лінії з підтримкою зображення карти місцевості на моніторі зовнішнього пілота. План польоту може бути відредагований або змінений дистанційно. Команди на зміну маршруту подаються з НСК через телеметричну радіолінію. Команди можуть бути комплексними (завантаження нового маршруту) або разовими, наприклад, у вигляді «слідувати за точкою, вказаною мишкою на електронній польотній карті.

У напівавтоматичному режимі цільових значень ППМ досягає зовнішній пілот. При цьому бортовий контролер підтримує режим стабілізації основних функцій БПС; може також стабілізуватись і його горизонтальна швидкість. Командні сигнали подаються через додаткову радіокомандну лінію.

У виключних випадках, у межах оптичної видимості може бути застосоване «ручне» пілотування БПС методом «бачити БПС збоку», коли бортовий контролер відключений. Командні сигнали подаються через додаткову радіокомандну лінію.

Система керування складається з наземної станції керування і бортової системи керування (БСК), необхідних ефірних ліній контролю та зв'язку. У даному зразку БПС застосовується телеметрична радіолінія 0,915 ГГц, радіокомандна лінія – 2, 4 ГГц та відеолінія 2,4 ГГц.

Бортова частина системи керування БПС забезпечує прийом керуючих сигналів, виконання команд всіма його необхідними органами, автоматичну стабілізацію його положення та підтримку навігаційних параметрів польоту, планування польоту за

поворотними пунктами та збереження плану польоту, зміну плану польоту, автоматичне/напівавтоматичне виконання плану польоту, включення/відключення бортового контролера, а також ручне/автоматичне включення системи «самоповернення на базу» та випуску аварійного парашута. Бортова частина системи керування БПС складається з необхідних датчиків, блоків отримання та обробки інформації, прийомопередавачів ліній зв'язку та контролю, антенних пристроїв, а також сервоприводів рулів напрямку, руля висоти, флаперонів, закрилків, сервоприводів керування дроселями двигунів силових установок, сервоприводів керування випуском парашута, сервоприводів керування цільовою відеокамерою та сервоприводів гальм основних коліс.

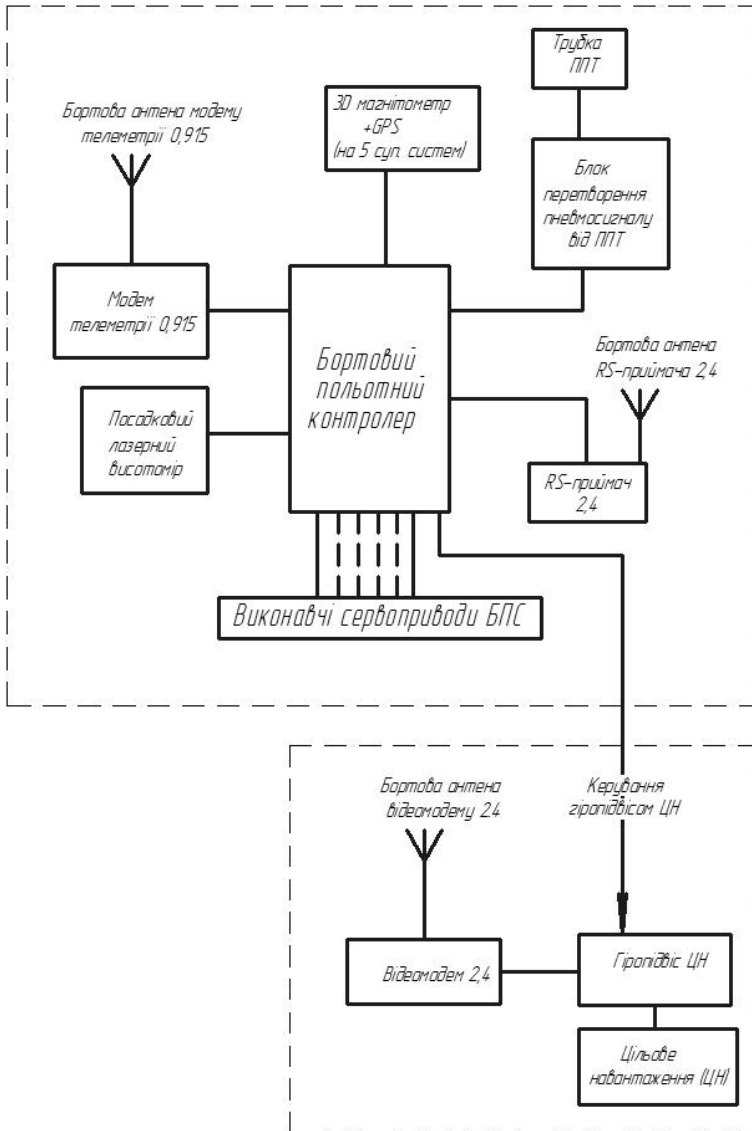
Наземна станція керування БПС розташована у фургоні автомобіля-тягача і складається з робочих місць зовнішнього пілота (ЗП) та оператора цільового навантаження, пультів керування, зовнішніх пристроїв виводу інформації на монітори та передачі її в ефір. На монітор ЗП виводиться зображення комбінованого пілотажного приладу (КПП) та телеметрична інформація в обсязі, необхідному для пілотування БПС, а також карта місцевості з траєкторією руху БПС та з планом його польоту.

На монітор оператора цільового навантаження виводиться реальне зображення місцевості з борту БПС, карта місцевості з прив'язуванням об'єктів до географічних координат, а також траєкторія руху БПС з планом його польоту.

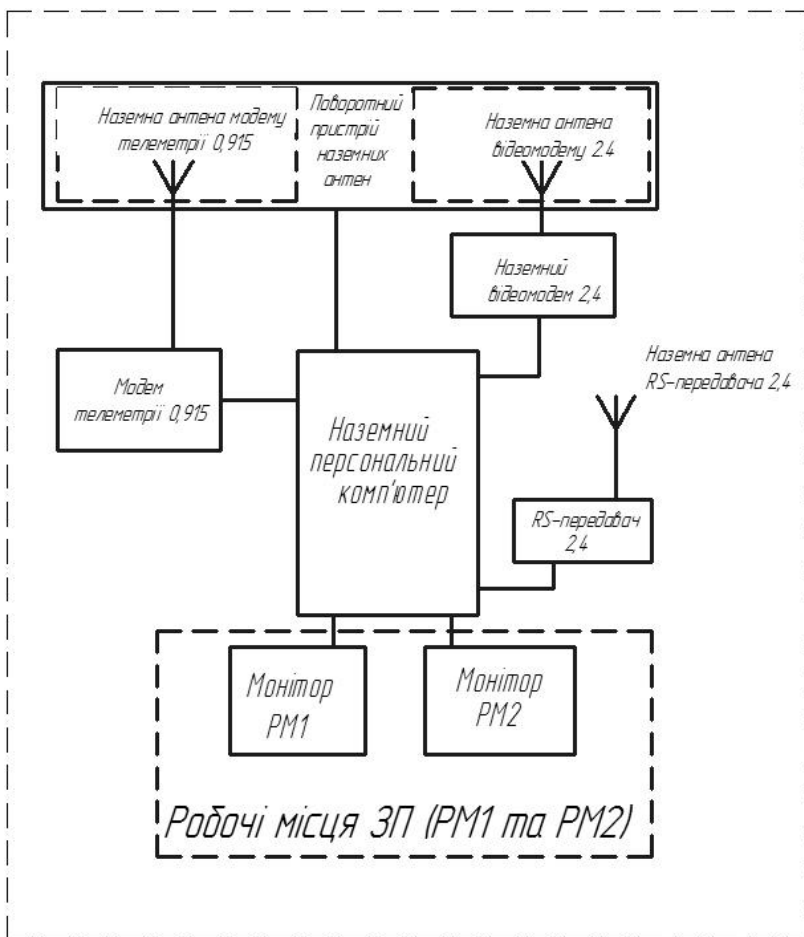
Електроживлення бортової системи керування БПС здійснюється від штатних електрогенераторів двигунів силових установок та бортових акумуляторних батарей.

Електроживлення наземної станції керування здійснюється від зовнішнього електрогенератора через пристрої безперебійного живлення або від зовнішньої електричної мережі 380/220В.

Функціональні схеми бортової та наземної частин системи керування подано відповідно на рис. 2.1 та рис. 2.2.



**Рисунок 2.1** – Схема бортової системи дистанційного керування БПС



**Рисунок 2.2** – Схема наземної системи дистанційного керування БПС

Використання даної системи управління рухом безпілотною повітряного судна дозволяє отримати позитивний ергономічний та технічний ефект від удосконалення системи і відповідно підвищити якість пілотування БПС зовнішнім пілотом.

Відомі розробки робочих місць по суті представляють собою певний набір інструментів, що забезпечують літаководіння БПС. Проте проведені попередні експерименти у Науково-виробничому центрі безпілотної авіації «Віраж» НАУ показали, що:

- одного монітора на робочому місці недостатньо;
- застосування маніпуляторів у вигляді «мишки» ускладнює роботу зовнішнього пілота:
- параметри у позі сидячи зовнішнього пілота за робочим столом повинні регулюватись;
- повинна бути забезпечена відповідна індикація стану життєво важливих систем БПС.

У зв'язку з цим необхідне нове компонування робочих місць зовнішнього пілота БПС, на яких відсутні вищенаведені недоліки. Відповідно на вказаних робочих місцях зовнішні пілоти можуть перебувати не втомлюючись тривалий час, регулюючи параметри свої пози.

РМ повинні дозволяти швидко отримувати потрібну польотну інформацію та інформацію про технічний стан БПС. Крім того доцільне застосування маніпулятора «трекбол» замість традиційної «мишки», що забезпечує полегшене керування комп'ютером лівою рукою оператора, оскільки права зайнята безпосереднім керуванням БПС.

Основною метою функціонування безпілотних авіаційних систем є «забезпечення проведення безпечного польоту дистанційно пілотованого повітряного судна у виділеному повітряному просторі під час виконання ним авіаційних робіт.

Межі застосування КБПС знаходяться у координатах «авіаційно-транспортна система України – ринок авіаційних робіт – експлуатанти авіаційної техніки».

Середовищем, в якому буде функціонувати КБПС є система цивільної та військової авіації у частині виконання авіаційних робіт – польотів, під час здійснення яких повітряне судно використовується для забезпечення спеціалізованих видів обслуговування (авіаційно-хімічних робіт, аерофотозйомки, патрулювання тощо).

Дистанційна система управління БПС складається з САУ, відеокамери, пристрою управління відеокамерою, геореєстратора, аерокартографа, відеоархіву на борту БПС, радіолінії, наземної апаратури з радіолінією, апаратури формування команд управління БПС, дисплею зовнішнього пілота, відеоархіву зовнішнього пілота та блоку, перемикачів управління БПС від САУ до зовнішнього пілота та у зворотному напрямку.

Робоче місце зовнішнього пілота складається з пульта керування, робочого столу ПК, крісла зовнішнього пілота, системного блоку ПК, моніторів відображення польотної інформації, блоку світлової індикації, здвоєної ручки керування двигуном, маніпулятора «трекбол» ПК зовнішнього пілота, клавіатури комп'ютера зовнішнього пілота та ручки керування БПС.

Остаточний функціональний склад КБПС повинен відповідати вимогам, які прийняті на підприємствах цивільної авіації України.

Конструктивно КБПС може мати варіанти побудови, які відрізняються лише умовами розташування БПС під час транспортування та розташування власне станції керування ним.

Ергодизайнерське забезпечення проектування комплексів БПС за своїми основними етапами має виходити з сенсу і послідовності основних етапів конструкторського проектування.

Як відомо, результатом проектування є проект – цілісна сукупність моделей, властивостей або характеристик, описаних у формі, придатній для реалізації системи [15]. *Проектування*, поряд з *аналізом вимог*, є частиною великої стадії життєвого циклу системи, яку називають *визначенням системи* (англ. System definition). Результати цієї стадії є вхідною інформацією для стадії *реалізації системи* (англ. System realization) [15].

Реалізацією проектної діяльності є проект технічно-процесуального комплексу, змістом якого є антропомічні ознаки і зв'язки, структура яких містить власне проект предметної системи та опис процедур керування нею (взаємодії з нею). У сукупності вони складають ергодизайнерську модель технічно-процесуальної системи. Функційним змістом моделі слугує ієрархія зв'язків «тип діяльності – поле діяльності – функційна зона – соціально-діяльнісна роль оператора – робоче місце – алгоритм роботи – комплекс устаткування – одиниця устаткування». Предметним втіленням функційного змісту є система «авіаційна система – система комплексу БПС – БПС – НСК – РМ». З людиноцентричних позицій ергодизайнерським розробленням моделі забезпечується «організація діяльності – поведження оператора – обґрунтування алгоритму діяльності – розроблення РМ». У сукупності ергодизайнерська розробка технічно-процесуальної системи

комплексу БПС відбиває спосіб діяльності, що здійснюється, в ергодизайнерській моделі.

Подібний підхід вимагає ієрархічної побудови ергодизайнерської розробки: кожний з її «нижніх» рівнів входить як підсистема у більш «високий» рівень: окремий інструмент – у комплект, комплект – у блок, блок – у робоче місце тощо. Аналогічно будується зміст проектних матеріалів.

Виходячи з цих положень, а також з результатів розгляду характеристик комплексів БПС, викладених у першому розділі, перейдемо до аналізу ергодизайнерських вимог до комплексів БПС як одного з основних етапів забезпечення процесу проектування.

## **2.2 Визначення ергодизайнерських вимог до комплексів БПС**

У дизайні та ергономіці дизайн-ергономічні вимоги (або ергодизайнерські вимоги – залежно від переважної складової проектування) визначають за переліком відповідних показників, встановлених у національних стандартах [16, 17]. Згідно з цими стандартами до типової номенклатури дизайн-ергономічних показників якості входять такі групи показників: естетичні, ергономічні, соціокультурні, функційні, експлуатаційні, дизайн-маркетингові та дизайн-екологічні. У свою чергу, групи показників поділені на кілька підгруп, що складаються з комплексних показників.

*У разі визначення ергодизайнерських вимог до комплексу БПС треба визначити ергодизайнерські вимоги до кожного з компонентів комплексу.*

Використовуючи типову номенклатуру, наведемо на прикладі БПС – головного компонента комплексу (хоча, зазначимо, поділ на основні і другорядні компоненти у даному випадку досить умовний, оскільки, наприклад, НСК – не менш важливий компонент комплексу) – процес *формування розгорнутої номенклатури ергодизайнерських вимог* до БПС і виставимо оцінки значущості кожної комплексної вимоги за п'ятибальною системою (табл. 2.3) – наведені у третьому стовпчику таблиці. Зазначимо, що одиничні вимоги, з яких складаються комплексні вимоги, звичайно входять до складу номенклатур вимог до конкретних виробів, або до їхніх конкретних номенклатур.



**Таблиця 2.3** – Типова номенклатура ергодизайнерських вимог до БПС

Групова вимога	Комплексна вимога	Характеристика комплексної вимоги/оцінка значущості вимоги
Ергономічні вимоги до БПС	Зручність використання БПС за призначенням	Відповідність БПС антропометричним, біомеханічним, психофізіологічним характеристикам контингенту потенційних користувачів під час його експлуатації, транспортування, підготовки до використання, налагодження, регулювання, монтажу, (демонтажу), збереження /5*
	Зручність керування та контролю (керованість) БПС	Відповідність алгоритмів керування БПС (маніпулювання органами керування), можливостей контролювання цих алгоритмів антропометричним, біомеханічним, психофізіологічним характеристикам людини /2
	Опановність БПС	Складність опанування функційних можливостей БПС та алгоритму керівних впливів; швидкість вироблення навичок застосування БПС; повнота та методичний рівень інструкції з експлуатації БПС /5
	Обслугованість БПС	Комфортність та швидкість проведення технічного обслуговування, ремонту, підготовлення БПС до експлуатації; складність алгоритму обслуговування та ремонту, якість технічних засобів діагностування несправностей та зручність їхнього усунення,

\* Встановлена за результатами спеціального експериментального дослідження, здійснюваного авторами протягом 2017-2018 років

Групова вимога	Комплексна вимога	Характеристика комплексної вимоги/оцінка значущості вимоги
Функційні вимоги до БПС	Гігієнічність БПС та середовища робочої зони	якість технічної документації; зручність доступу до регульованих і замінюваних елементів БПС /5 Відповідність фізичних, хімічних і біологічних чинників виробу та середовища робочої зони гігієнічним нормам /2
	Безпечність БПС	Рівень ергономічності БПС, що відображає загальну безпеку здоров'я та діяльності людини з БПС у конкретному середовищі /5
	Досконалість виконання основної функції БПС Універсальність використання БПС	Ступінь задоволення конкретної потреби під час використання БПС за призначенням /5 Діапазон умов і можливостей використання БПС відповідно до його основної функції, а також наявність у нього додаткових, корисних для споживача функцій, пов'язаних з основною /3
Експлуатаційні вимоги до БПС	Досконалість виконання допоміжних операцій	Пристосованість БПС до виконання допоміжних операцій /0
	Зручність експлуатації БПС	Досконалість використання БПС під час обслуговуючих операцій, що супроводжують здійснення основної та додаткової функцій /5

Групова вимога	Комплексна вимога	Характеристика комплексної вимоги/оцінка значущості вимоги
Естетичні вимоги до БПС	Зручність обслуговування БПС	Досконалість виконання підготовчо-заклучних операцій, а також налаштування виробу у процесі експлуатації /5
	Надійність БПС	Властивість збереження працездатності протягом заданого терміну служби /5
	Художня виразність БПС	Сукупність властивостей форми БПС, здатних відображати естетичні уявлення, що склалися у суспільстві, виявлення у формі БПС художньо-значущого змісту /2
	Раціональність форми БПС	Відповідність форми функційно-конструктивній суті БПС умовам його виготовлення та експлуатації /5
	Цілісність композиційно-пластичного вирішення форми БПС	Гармонійна єдність частин і цілого, органічний взаємозв'язок елементів форми БПС, його узгодженість з іншими компонентами комплексу, а також ефективність використання професійно-художніх засобів для створення композиційного вирішення /3
Досконалість виробничого виконання та збереженість товарного вигляду БПС	Залежність товарного вигляду БПС від конкретних умов виробництва та специфіки його експлуатації за призначенням /4	

Групова вимога	Комплексна вимога	Характеристика комплексної вимоги/оцінка значущості вимоги
Соціально-культурні вимоги до БПС	<p>Соціальна адреса та споживчий клас БПС</p> <p>Відповідність оптимальному виду БПС</p> <p>Моральне старіння БПС</p>	<p>Відповідність виробу структурі потреб певного кола споживачів, для яких він призначений /0</p> <p>Ефективність використання БПС у діючій або прогнозованій системі БПС певного виду /2</p> <p>Термін служби виробу, обмежений появою нових видів виробів більш високої якості, а також зміною суспільних норм і ціннісних орієнтацій /3</p>
Дизайн-маркетингові вимоги до БПС	<p>Ступінь відповідності світовому рівню БПС</p>	<p>Рівень ергодизайнерських характеристик БПС у порівнянні з виробами провідних фірм-виробників аналогічної продукції /5</p>
Дизайн-екологічні вимоги до БПС	<p>Відповідність вимогам потенційного ринку збуту БПС</p> <p>Характер і ступінь впливу БПС на довкілля</p> <p>Ступінь ресурсозбереження</p> <p>Ступінь утилізації матеріалів БПС</p>	<p>Ступінь потреби ринку в певному виробі /5</p> <p>Вплив виробу на довкілля протягом життєвого циклу виробу /4</p> <p>Рівень використання ресурсів протягом життєвого циклу БПС /4</p> <p>Рівень виходу утилізованих матеріалів /2</p>

Групова вимога	Комплексна вимога	Характеристика комплексної вимоги/оцінка значущості вимоги
	<p>Ступінь використання утилізованих матеріалів та вузлів виробу</p> <p>Відповідність вимогам виховання екологічної свідомості споживачів</p>	<p>Рівень використання утилізованих матеріалів та вузлів у нових виробках /1</p> <p>Здатність виробу формувати екологічну свідомість споживачів /1</p>

З аналізу цієї таблиці видно, що, як і передбачалося у цьому випадку, естетичні і соціально-культурні вимоги у разі проектування БПС мають менше значення, ніж вимоги ергономічні, функційні та експлуатаційні. Таке положення пояснюється тим, що БПС належить до тих об'єктів проектування, в яких форма визначається не естетичними, а функційними параметрами, у цьому разі – вимогами аеродинаміки та призначення БПС. Це передбачалося, і тому ергодизайн (а не дизайн) був обраний для вирішення поставленого завдання.

Визначимо основні операції, які оператор має виконувати з БПС під час його транспортування, підготовки до використання, налагодження, регулювання, монтажу/демонтажу, збереження.

Видалимо з таблиці, як малозначні, ті вимоги, оцінка яких менше ніж 3 (табл. 2.4). Зазначимо, що чинимо так, оскільки маємо справу з прикладом (на практиці пороговою оцінкою можна було би призначати 2 чи 1), і що відкидати ті чи інші вимоги під час розглядання конкретних об'єктів чи груп об'єктів не обов'язково, але, погодьтеся, що враховувати їх не раціонально, якщо їхнє значення несуттєве. Назвемо таку номенклатуру *оптимізованою*.

**Таблиця 2.4** – Оптимізована типова номенклатура ергодизайнерських вимог до БПС

Групова вимога	Комплексна вимога	Характеристика комплексної вимоги чи одинична вимога/оцінка значущості вимоги
Ергономічні вимоги до БПС	Зручність використання БПС за призначенням	Відповідність БПС антропометричним, біомеханічним, психофізіологічним характеристикам контингенту потенційних користувачів під час його транспортування, підготовки до використання, налагодження, регулювання, монтажу/демонтажу, збереження /5
	Опановність БПС	Складність опанування функційних можливостей БПС та алгоритму керівних впливів; швидкість вироблення навичок застосування БПС; повнота та методичний рівень інструкції з експлуатації БПС /5
	Обслугованість БПС	Комфортність та швидкість проведення технічного обслуговування, ремонту, підготовки БПС до експлуатації; складність алгоритму обслуговування та ремонту, якість технічних засобів діагностування несправностей та зручність їхнього усунення, якість технічної документації; зручність доступу до регульованих і замінюваних елементів БПС /5
	Безпечність БПС	Рівень ергономічності БПС, що відображає загальну безпеку здоров'я та діяльності людини з БПС у конкретному середовищі /5

Групові вимоги	Комплексна вимога	Характеристика комплексної вимоги чи одинична вимога/оцінка значущості вимоги
Функційні вимоги до БПС	Досконалість виконання основної функції БПС	Ступінь задоволення конкретної потреби під час використання БПС за призначенням /5
Експлуатаційні вимоги до БПС	Універсальність використання БПС	Діапазон умов і можливостей використання БПС відповідно до його основної функції, а також наявність у нього додаткових, корисних для споживача функцій, пов'язаних з основною /3
Експлуатаційні вимоги до БПС	Досконалість виконання допоміжних операцій	Пристосованість БПС до виконання допоміжних операцій /3
Експлуатаційні вимоги до БПС	Зручність експлуатації БПС	Досконалість використання БПС під час обслуговуючих операцій, що супроводжують здійснення основної та додаткової функцій /5
Експлуатаційні вимоги до БПС	Зручність обслуговування БПС	Досконалість виконання підготовчо-заклучних операцій, а також налаштування виробу у процесі експлуатації /5
Експлуатаційні вимоги до БПС	Надійність БПС	Властивість збереження працездатності протягом заданого терміну служби /5
Експлуатаційні вимоги до БПС	Рациональність форми БПС	Відповідність форми функційно-конструктивній суті БПС умовам його виготовлення та експлуатації /5
Естетичні вимоги до БПС	Цілісність композиційно-пластичного вирішення форми	Гармонійна єдність частин і цілого, органічний взаємозв'язок елементів форми виробу, його узгодженість з іншими виробами, а також ефективність

Групова вимога	Комплексна вимога	Характеристика комплексної вимоги чи одинична вимога/оцінка значущості вимоги
Соціально-культурні вимоги до БПС	<p>Досконалість виробничого виконання та збереженість товарного вигляду БПС</p> <p>Моральне старіння БПС</p>	<p>використання професійно-художніх засобів для створення композиційного вирішення /3</p> <p>Залежність товарного вигляду БПС від конкретних умов виробництва та специфіки його експлуатації за призначенням /4</p> <p>Термін служби виробу, обмежений появою нових видів виробів більш високої якості, а також зміною суспільних норм і ціннісних орієнтацій /3</p>
Дизайн-маркетингові вимоги до БПС	<p>Ступінь відповідності світовому рівню БПС</p> <p>Відповідність вимогам потенційного ринку збуту БПС</p>	<p>Рівень ергодизайнерських характеристик БПС у порівнянні з виробами провідних фірм-виробників аналогічної продукції /5</p> <p>Ступінь потреби ринку в певному БПС /5</p>
Дизайн-екологічні вимоги до БПС	<p>Характер і ступінь впливу БПС на довкілля</p> <p>Ступінь ресурсозбереження</p>	<p>Вплив на довкілля протягом життєвого циклу БПС /4</p> <p>Рівень використання ресурсів протягом життєвого циклу БПС /4</p>



Використовуючи табл. 2.4, а також номенклатуру естетичних і ергономічних показників якості [16], отримаємо *розгорнуту* номенклатуру ергодизайнерських вимог до БПС (див. табл. 2.5 –2.7).

**Таблиця 2.5** – Розгорнута номенклатура ергодизайнерських вимог до БПС. **Ергономічні вимоги до БПС**

Комплексна вимога 1-го рівня	Комплексна вимога 2-го рівня	Одинична вимога
Зручність використання БПС за призначенням	Фізична навантага на оператора БПС (тяжкість виконуваної роботи)  Відповідність конструкції БПС і його елементів антропометричним характеристикам людини (ГОСТ 12.2.049)	Динамічне фізичне навантаження (обсяг виконуваної роботи під час його транспортування, підготовки до використання, налагодження, регулювання, монтажу/демонтажу, збереження; маса вантажу, що переміщується)  Статичне фізичне навантаження (зусилля з утримання БПС під час зльоту) Відхилення робочої пози і рухів від фізіологічно раціональних характеристик
Опановність БПС	Повнота і зручність інструкції з експлуатації БПС	Врахування розмірів тіла людини і його частин Врахування форми тіла людини і його частин Врахування вагових характеристик людини
Обслугованість БПС		Рівень повноти інструкції з експлуатації БПС Зрозумілість викладення інструкції Якість оформлення матеріалу Швидкість проведення технічного обслуговування, ремонтування, підготовлення до польоту

Комплексна вимога 1-го рівня	Комплексна вимога 2-го рівня	Одинична вимога
		<p>Складність алгоритму обслуговування і ремонтування</p> <p>Зручність доступу до регульованих і замінюваних елементів</p> <p>Наявність технічних засобів діагностування несправностей</p>
Гігієнічність БПС	<p>Фізичні чинники виробу і середовища робочої зони</p> <p>Хімічні чинники виробу</p>	<p>Якість технічної документації</p> <p>Рівні шуму (ГОСТ 12.1.003)</p> <p>Рівні вібрації (ГОСТ 12.1.012)</p> <p>Рівні ультразвуку (ГОСТ 12.1.001)</p> <p>Рівні іонізуючих випромінювань</p> <p>Рівні електростатичного поля (ГОСТ 12.1.045)</p> <p>Рівні електромагнітних полів радіочастот (ГОСТ 12.1.006)</p> <p>Рівні СВЧ-випромінювань (ГОСТ 12.1.038)</p> <p>Вміст шкідливих компонентів у пальному, матеріалах і покриттях БПС</p>
Безпечність БПС		<p>Рівень безпеки чинників механічного походження</p> <p>Рівень безпеки чинників хімічного походження.</p> <p>Рівень безпеки впливу електричного струму</p> <p>Рівень безпеки впливу шкідливих випромінювань</p> <p>Рівень безпеки впливу екстремальних температур</p>

Комплексна вимога 1-го рівня	Комплексна вимога 2-го рівня	Одинична вимога
		Рівень безпеки, обумовлений повнотою врахування у виробі психофізіологічних характеристик споживача Рівень безпеки, обумовлений алгоритмом експлуатації виробу

**Таблиця 2.6** – Розгорнута номенклатуру ергодизайнерських вимог до БПС. **Естетичні вимоги до БПС**

Комплексна вимога 1-го рівня	Комплексна вимога 2-го рівня	Одинична вимога
Рациональність форми БПС	Функційно-конструктивна зумовленість форми БПС  Технологічна зумовленість форми БПС	Відповідність форми БПС призначенню та умовам експлуатації Відповідність форми БПС його конструктивно-компонувальній схемі  Адекватність використання конструктивних прийомів організації елементів форми БПС Відповідність форми БПС вимогам технології його виготовлення
Цілісність композиційно-пластичного вирішення форми БПС	Гармонійність об'ємно-просторової структури БПС  Архітектонічність форми БПС	Співвідпорядкованість основних і другорядних елементів форми БПС за розмірами, пропорціями та масштабом  Ступінь масштабності БПС і його елементів (візуальна відповідність розмірам тіла людини)

Комплексна вимога 1-го рівня	Комплексна вимога 2-го рівня	Одинична вимога
	<p>Пластичність форми БПС</p> <p>Художньо-графічна виразність</p> <p>Колірно-графічна сполучуваність елементів</p> <p>Колірно-фактурна сполучуваність елементів</p>	<p>Виявлення у формі характеру навантаження її елементів</p> <p>Зорова рівноваженість об'ємно-просторової і композиційно-пластичної структури БПС</p> <p>Цілісність об'ємно-пластичного вирішення форми БПС</p> <p>Адекватність об'ємно-пластичного вирішення застосовуваним матеріалам, технології виготовлення</p> <p>Композиційна обґрунтованість розташування графічних елементів на частинах БПС</p> <p>Ступінь відповідності характеру шрифтів змістовому значенню написів</p> <p>Виразність функційної графіки</p> <p>Співпідпорядкованість колірних і графічних елементів один одному.</p> <p>Підпорядкованість колірних і графічних елементів загальному композиційному та колірно-графічному вирішенню БПС</p> <p>Сполучуваність різних видів матеріалів, фактур, текстур, покриттів, використовуваних у БПС, між собою</p>

Комплексна вимога 1-го рівня	Комплексна вимога 2-го рівня	Одинична вимога
Досконалість виробничого виконання та збереженість товарного вигляду БПС	Чистота виконання контурів  Якість оброблення поверхонь БПС  Чіткість знаків і супровідної документації  Стійкість до пошкодження	Узгодженість різних видів матеріалів, фактур, текстур, покриттів із формою, призначенням та умовами експлуатації БПС Якість виконання контурів, заокруглень і зчленувань елементів форми виробу  Ретельність оброблення поверхонь БПС Ретельність нанесення декоративно-захисних покриттів  Якість виконання графічних елементів БПС, ТСД і рекламно-інформаційних матеріалів до нього  Збереженість елементів форми та поверхонь БПС від пошкоджень, стирання та зміни якості декоративного покриття

Якщо потрібно докладніше розглянути, скажімо, функційні вимоги до БПС, які в табл. 2.4 подано лише комплексними вимогами, їх можна розділити на окремі одиничні вимоги. Для цього застосуємо [21], де авторами проведена подібна операція (табл. 2.7).

**Таблиця 2.7** – Розгорнута номенклатура ергодизайнерських вимог до БПС. **Функційні вимоги до БПС**

Комплексна вимога 1-го рівня	Комплексна вимога 2-го рівня	Характеристика вимог
Досконалість виконання основної функції БПС	Корисна продуктивність БПС	Характеризують корисний ефект експлуатації БПС, який визначає ступінь задоволення конкретної потреби під час його використання за призначенням
Універсальність використання БПС	Ефективність використання БПС Широта використання БПС за призначенням Досконалість виконання додаткових функцій	Характеризують діапазон умов і можливостей використання БПС відповідно до його основної функції, а також наявність додаткових, корисних функцій, пов'язаних з основною
Досконалість виконання допоміжних операцій (транспортування, підготовки до експлуатації, обслуговування, ремонт, зберігання, утилізація)	Досконалість виконання підготовчих операцій Досконалість виконання заключних операцій	Характеризують особливості використання БПС під час операцій з обслуговування, що супроводжують основну і додаткову функції

Визначивши вимоги до всіх складових системи, тобто компонентів комплексу БПС із урахуванням вимог і можливостей людини, можна переходити до ергодизайнерського забезпечення проектування комплексу БПС як цілісної технічно-процесуальної

системи. Це проектування має бути направлено на забезпечення дизайнерських та ергономічних вимог до системи, її заданих властивостей, на формування засобів і способів підтримки необхідної комфортності та працездатності операторів, що використовують компоненти комплексу чи обслуговують їх. За цих умов із самого початку треба проектувати систему «людина-техніка-середовище», а не тільки вироби, або технічні засоби, які лише на стадії їхньої практичної «підгонки» до людини стають компонентами цієї системи. На цьому шляху відкриваються принципово нові можливості для підвищення ефективності життєдіяльності операторів і функціонування системи в цілому.

Як приклад наведемо загальні ергодизайнерські вимоги до окремих складових комплексів БПС.

**Наземна станція керування (НСК).** Для забезпечення відповідної мобільності комплексу безпілотного повітряного судна повинно бути забезпечено встановлення наземної станції керування у транспортному засобі, зокрема в автомобілі.

Наземна станція керування може бути активована та працювати сумісно з безпілотним повітряним судном виключно під час стоянки транспортного засобу.

Під час роботи НСК повинні бути вжиті всі необхідні заходи для забезпечення протипожежної та електробезпеки персоналу та обладнання, а також безпеки від несприятливих погодних умов (опадів, сильного вітру, блискавиць тощо).

У процесі розгортання НСК необхідно забезпечити надійне заземлення корпусу автомобіля.

У базовому транспортному засобі, в якому встановлена НСК повинно бути забезпечено нормальне функціонування обладнання НСК та персоналу при температурі зовнішнього повітря в межах від  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Якщо відсік НСК відділений від загального салону, то забезпечення нормального функціонування обладнання та персоналу має бути забезпечено як мінімум для даного відсіку.

**Внутрішнє середовище.** Відсік, де розміщені робочі місця, повинен відповідати вимогам нормативно-технічної та експлуатаційної документації ДСанПіН 3.3.2-007-98, має бути вогнестійкого виконання.

Для робочих місць повинно бути визначено клас зони згідно з НПАОП 40.1-1.01-97. Відповідне позначення повинно бути нанесено на вхідних дверях кожного приміщення. При цьому площа приміщення має бути не менше 4,0 м<sup>2</sup> із розрахунку на одне робоче місце, а об'єм – не менше 10,0 м<sup>3</sup>.

Для внутрішнього оздоблення зони НСК з персональними комп'ютерами слід використовувати дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі 0,7–0,8, для стін 0,5–0,6.

Покриття підлоги повинне бути матовим з коефіцієнтом відбиття 0,3–0,5.

Поверхня підлоги має бути рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями. Забороняється для оздоблення інтер'єру зони (відсіку) з персональними комп'ютерами застосовувати полімерні матеріали (деревинно-стружкові плити, шпалери, що миються, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

Полімерні матеріали для внутрішнього оздоблення зони з персональними комп'ютерами можуть бути використані за наявності дозволу органів та установ державної санітарно-епідеміологічної служби.

Внутрішнє середовище НСК має обладнуватись шафами для зберігання документів, магнітних дисків тощо; полицями, стелажми, тумбами тощо з урахуванням вимог до площі приміщень.

Зона діяльності операторів має бути забезпечена пристроями підтримання відповідних температури та вологості, а також має бути забезпечене відповідне кондиціонування повітря (повітрообмін) в обсязі, як встановлено в НПАОП 40.1-1.01-97.

Заземлені конструкції, що знаходяться у зоні розміщення робочих місць, батареї опалення, кабелі тощо, мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками з метою недопущення потрапляння оператора під напругу.

Зона розташування робочих місць має бути оснащена системою автоматичної пожежної сигналізації і вогнегасниками відповідно до вимог чинних нормативів України.

Проходи до засобів пожежогасіння мають бути вільними.



У відсіках, в яких розташовані робочі місця, слід щоденно робити вологе прибирання. Крім того відсік має бути оснащений двома аптечками першої медичної допомоги.

**Робочі місця.** Робочі місця операторів БПС, обладнані персональними комп'ютерами повинні відповідати вимогам «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», затверджених Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010 року № 65 (Правила), та «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 № 7 (ДСанПіН 3.3.2-007-98).

**Вимоги щодо транспортування НСК у відсіку базового автомобіля.** Під час транспортування, вся апаратура НСК має бути вимкнена і у відсіку не повинно проводитись ніяких робіт. Для запобігання пошкодженню, незакріплені частини, такі як клавіатури комп'ютерів, маніпулятори «мишки», гарнітури, пульти радіокерування тощо повинні бути надійно закріплені у відповідних місцях (чохли, стелажі тощо);

Перевезення персоналу, який працює у відсіку НСК повинно відбуватись у відповідному пасажирському відсіку транспортного засобу, зокрема у спеціальному пасажирському автомобілі.

Для запобігання виходу з ладу системних блоків персональних комп'ютерів їх корпуси повинні бути встановлені на відповідні амортизуючі опори.

Амортизуючі кріплення повинні мати монітори, блоки живлення та інші критичні елементи НСК.

**Маркування.** Повинно здійснюватись відповідно до вимог конструкторської документації:

– органи керування повинні бути забезпечені написами, які пояснюють їх призначення і вказують їх робоче положення;

– маркування повинно бути в місцях, зазначених в конструкторській документації згідно з вимогами відповідних держстандартів України;

– колір маркувальних написів повинен бути контрастний основному фону.

Тверді обкладинки експлуатаційних документів повинні мати наклейки.

Написи на наклейках повинні бути виконані друкованим способом.

Написи повинні містити шифр виробу, найменування та позначення документа.

На покупні вироби повинно бути нанесене додаткове маркування, яке містить позначення БПС та його заводський номер.

Маркування повинно бути нанесене на вільне місце тильної сторони виробів (див. приклад табл. 2.8).

Маркування вантажів повинно відповідати вимогам чинних держстандартів України. Маркування виконується друкованим способом на ярликах. Розмір шрифту повинен відповідати вимогам чинних держстандартів України.

Розмір ярлика має бути не більше 80 x 120 мм.

Маркування повинно містити:

- найменування та позначення комплексу;
- термін виготовлення;
- номер вантажного місця (у чисельнику – порядковий номер місця у партії, в знаменнику – кількість місць у партії).

**Таблиця 2.8** – Зміст, розмір та розташування маркування на комплексі БПС «UA-БЕТА»/М-10-2 «Око»

Висота (мм) і колір шрифту	Зміст напису	Місце розташування
<b>Борт літака</b>		
10 чорний	АНАЕ.464419.001 Зав. № 0110516001.	Фюзеляж, крила та хв. оперення
10 чорний	АНАЕ.464419.001 Зав. № 0110516001	Частини наземного пункту керування
10 чорний	Не братись	Всі рульові поверхні
10 чорний	Місце парашута	Верхній гаргрот з двох боків
10 червоний	Небезпечно	Біля двигуна з двох боків
10 чорний	Місце амортидушки	Кришка шахти

Продовження табл. 2.8.

Висота (мм) і колір шрифту	Зміст напису	Місце розташування
8 червоний	Стрілка напрямку пов. важеля сервомеханізму закривання верхнього гаргрота (у вигляді стрілки певного напрямку з написом закр. і відкр.)	Біля важеля сервомеханізму
8 червоний	Стрілка напрямку пов. важеля сервомеханізму закривання люка кришки шахти амортизатора (у вигляді стрілки певного напрямку з написом закр. і відкр.)	Біля важеля сервомеханізму
10 чорний	Місце електроключа	По лівому борту біля отворів силового роз'єму
8 чорний	Місце відеокартки	Корпус відеокамери зсередини фюзеляжу
8 чорний	Місце АКБ 16 А год	На панелі АКБ
<b>Пускова установка</b>		
14 чорний	Місце фіксатора	Біля отворів фіксаторів секцій КП-5
14 червоний	Небезпечно з розтягнутим гумовим акумулятором	З боків кожної секції КП-5
14 червоний	Запобіжник знімати тільки після команди «ПРИГОТУВАТИСЬ»	Біля запобіжника з двох боків
14 чорний	Місце колючка	Вздовж задньої опори КП-5

Продовження табл. 2.8.

Висота (мм) і колір шрифту	Зміст напису	Місце розташування
<b>Антенна щогла з антенами та поворотним механізмом</b>		
14 чорний	Позначки 1-1; 2-2; 3-3; 4-4	На з'єднаннях секцій та поворотного механізму (з двох боків кожної труби)
16 чорний	Місце відеомодему	На ложементі модему «Rocket M-2,4» з тильного боку «тарілки»
16 чорний	Для знімання натиснути тут	Стрілка з написом, що вказує на кнопку на ложементі модему «Rocket M-2,4» з тильного боку «тарілки»
16 чорний	Стикувати тут	На роз'ємі половинок відбивача – тарілки
14 чорний	Напрямок закривання замка–байонета. Позначки з стрілками: «замок відкрити – замок закрити»	Кругом периметра опорної п'яти випромінювача з лицевої сторони відбивача – тарілки
<b>Наземний пункт керування</b>		
12 чорний	Ввімкнення живлення	Біля перемикача живлення
12 чорний	Ethernet	Біля порту Ethernet
12 чорний	USB	Біля USB портів панелі ПК
12 чорний	Відсік для АКБ	На кришці відсіку АКБ
12 чорний	Відсік для зарядного пристрою	На кришці зарядного пристрою

Закінчення табл. 2.8.

Висота (мм) і колір шрифту	Зміст напису	Місце розташування
<b>Маркування роз'ємів кабелів</b>		
12 чорний	PMT – USB	На радіомодемі телеметрії
Висота (мм) і колір шрифту	Зміст напису	Місце розташування
12 чорний	PMT – ВЧ	На радіомодемі телеметрії
12 чорний	Трекер від	На кабелі від трекера
12 чорний	Трекер до	На кабелі до трекера
12 чорний	Трекер – USB	На клемах живлення трекера

### **2.3 Засоби з реалізації ергодизайнерського забезпечення проектування комплексів БПС**

Результатом, продуктом ергодизайнерської діяльності завжди є, насправді, не виріб – машина, технічний комплекс, процесуально-технічна система, середовищний об'єкт, а їх особливі властивості. Фахівець з ергодизайну ніколи не створює та й не може створити їх у матеріальному втіленні. На етапі проектування він працює з конструкторами, технологами та іншими фахівцями, і вже всі разом вони створюють власне проект. На етапі виготовлення матеріалізацію проекту здійснюють фахівці-виробничники – організатори виробництва, технологи, економісти, представники робітничих спеціальностей тощо.

Тому фахівець з ергодизайну є відповідальним лише за формування тих властивостей проєктованого виробу, комплексу або середовищного об'єкта, які є його професійною прерогативою, і за зведення цих властивостей у єдину цілісну гармонійну систему.

Отже, продукт ергодизайну є специфічно кваліметричним, тобто орієнтованим на досягнення певної якості. Ця якість інформаційно закріплена в проєкті та потенційно «готова до

споживання (використання)» через предмет, комплекс або середовищний об'єкт. Звідси обов'язковою вихідною умовою плідності проектування є глибоке знання проектувальником ціннісних настанов користувача. На основі чіткого уявлення про його бажання та вимоги стає можливим облік усіх споживчих, дизайн-ергономічних і виробничих вимог, що, у свою чергу, має забезпечити відповідні властивості проєктованого виробу, комплексу, середовищного об'єкту. Споживчі властивості характеризуються конкретними дизайн-ергономічними параметрами, а саме: дизайн-ергономічними показниками якості (або вимогами на етапах розробки технічного завдання і проектування, які розглядалися у 2.2). *Саме ці параметри визначають реальні можливості використання, експлуатації виробу та його якість після реалізації проєкту.* Більшість з них задається спеціальними нормативними документами, що діють на різних рівнях – міжнародному (як STANAG, наприклад, щодо БПС для країн-членів НАТО), європейському, національному.

Водночас *матеріальне втілення* є, з одного боку, ціллю будь-якого проектування, а з іншого – головним засобом перевіряння проєктних рішень й тих самих особистих властивостей, про які говорилося вище.

Отже, розглянемо обидва чинника як необхідні заходи з реалізації ергодизайнерського забезпечення проектування комплексів БПС.

### **2.3.1 Нормативне дизайн-ергономічне забезпечення**

#### **Розроблення національних стандартів.**

Стандарти, що встановлюють класифікацію і типову номенклатуру дизайн-ергономічних показників якості.

ДСТУ 3963 [16] установлює класифікацію і типову номенклатуру дизайнових і ергономічних показників якості *побутових машин та приладів* і методичні рекомендації щодо їхнього застосування для *оцінювання якості продукції*.

ДСТУ 4055 [17] установлює класифікацію і типову номенклатуру дизайнових і ергономічних показників якості *продукції виробничо-технічного призначення*, а також містить методичні рекомендації щодо розроблення розгорнутої та

конкретної номенклатури показників якості та їхнього застосування для *оцінювання якості продукції*. Цей стандарт доповнює положення ДСТУ 3963, враховуючи специфіку продукції виробничо-технічного призначення застосуванням відповідних показників.

Встановлені цими стандартами показники рекомендується використовувати під час розроблення і перегляду стандартів, що встановлюють номенклатуру показників якості для компонентів комплексів БПС; у технічних завданнях на НДР і ДКР щодо дизайн-ергономічного забезпечення проектування компонентів комплексів БПС; під час дизайн-ергономічного оцінювання якості компонентів комплексів БПС у процесі їхнього створення, реалізації або експлуатації; у науково-технічній, навчальній, методичній і довідковій літературі.

Стандарти, що встановлюють методи контролювання якості промислової продукції.

ДСТУ 7247 [21] встановлює *зміст основних робіт під час виконання дизайн-ергономічної експертизи якості побутових машин і приладів і продукції виробничо-технічного призначення*.

ДСТУ 7298 [22] встановлює основні положення і правила оцінювання естетичного рівня якості побутових машин і приладів і продукції виробничо-технічного призначення

ДСТУ 7895 [23] встановлює *правила оцінювання ергономічного рівня якості побутових машин і приладів та продукції виробничо-технічного призначення*.

ДСТУ 7896 [24] встановлює *правила оцінювання функційного рівня якості побутових машин і приладів та продукції виробничо-технічного призначення*.

Три останніх стандарти доповнюють вимоги ДСТУ 7247 щодо специфіки естетичного, ергономічного та функційного оцінювання та їхніх процедур. Сумісне застосування цих стандартів із [21] дозволяє проводити дизайн-ергономічну експертизу якості промислової продукції за певною номенклатурою визначених показників порівнянням їх реальних значень із базовими значеннями показників.

ДСТУ 8603 [25] встановлює *правила оцінювання дизайн-ергономічного рівня якості автоматизованих робочих місць, а також розгорнуту номенклатуру дизайн-ергономічних показників якості*

АРМ. Він доповнює положення [21-24] стосовно правил оцінювання, а також номенклатури дизайн-ергономічних показників якості АРМ.

Стандарти, що встановлюють загальні вимоги дизайну та ергономіки до окремих видів об'єктів.

ДСТУ 7245 [26] встановлює вимоги ергономіки до вибору виду алфавіту, вибору підстави коду і побудови *систем кодування зорової інформації*. На основі цього стандарту повинні розроблятися конкретні типи засобів відображення інформації.

ДСТУ 7246 [27] встановлює вимоги ергономіки до частотних характеристик, рівнів звукового тиску й тривалості сигналів *звукових сигналізаторів немовних повідомлень*, що використовуються в приміщеннях постів керування стаціонарних і рухомих об'єктів на робочих місцях операторів для подавання аварійних, попереджувальних та повідомних сигналів.

ДСТУ 7248 [28] встановлює вимоги ергономіки до *маховиків керування, штурвалів й рульових коліс*, які використовуються у системах «людина-машина» і призначені для виконання східчастих перемикачів і плавного динамічного регулювання однією або двома руками.

ДСТУ 7249 [29] встановлює вимоги ергономіки до *важелів керування систем «людина-машина»*, які призначені для виконання східчастих перемикачів і плавного динамічного регулювання однією або двома руками.

ДСТУ 7250 [30] поширюється на *всі види мнемосхем* стаціонарних і рухомих об'єктів.

ДСТУ 7390 [31] Цей стандарт поширюється на всі види *поворотних вимикачів і перемикачів* і встановлює загальні ергономічні вимоги до їхніх приводних елементів.

ДСТУ 7952 [32] Стандарт установлює загальні ергономічні вимоги до *шкальних відлікових пристроїв, до відлікових пристроїв типу механічний «лічильник» і до комбінованих відлікових пристроїв*, які працюють в умовах зовнішнього середовища, що відповідають установленим санітарно-гігієнічним нормам.

Цей стандарт поширюється на відлікові пристрої візуальних індикаторів рухомих, переносних і стаціонарних об'єктів.

Стандарт не поширюється на відлікові пристрої авіаційних візуальних індикаторів.



ДСТУ 8605 [33] поширюється на всі види *клавійних і кнопових вимикачів і перемикачів* і встановлює загальні ергономічні вимоги до них.

ДСТУ 8689 [34] Цей стандарт встановлює загальні ергономічні вимоги до *вимикачів і перемикачів типу «тумблер»*, які використовують для здійснення операцій швидкого вмикання-вимикання та перемикання електричних кіл у разі необхідності зорового контролю положення органу керування.

ДСТУ 8690 [35] Цей стандарт поширюється на *ручні та ножні органи керування* виробничим устаткуванням і встановлює загальні ергономічні вимоги до їхньої конструкції. Стандарт не поширюється на органи керування транспортними засобами, устаткуванням і машинами, які переміщуються в процесі роботи. Він не поширюється на компоновку і розміщення органів керування.

Стандарти, що встановлюють загальні вимоги дизайну та ергономіки до робочих місць.

ДСТУ 7299 [36] установлює загальні вимоги ергономіки до *взаємного розташування елементів робочого місця: пульта керування, засобів відображення інформації, органів керування, сидіння, допоміжного устаткування*. Цей стандарт поширюється на індивідуальні робочі місця операторів стаціонарних і рухомих об'єктів.

ДСТУ 7951 [37] стандарт поширюється на *крісла оператора стаціонарних й рухомих об'єктів* і встановлює загальні ергономічні вимоги до крісла оператора, а також типи й основні конструктивні параметри крісел.

Стандарт не поширюється на крісла, установлені в рухомих об'єктах із замкнутим малим об'ємом робочого місця оператора, висота населених відділень яких не перевищує 1000 мм, а також на крісла, установлені в автомобілях, сільськогосподарських, будівельних і дорожніх машинах.

ДСТУ 8603:2015 [38] регламентує правила оцінювання рівня якості автоматизованих робочих місць.

ДСТУ 8604 [39] установлює загальні ергономічні вимоги до *робочих місць для виконання робіт у положенні сидячи*. Його застосовують під час проектування нового та модернізації устаткування й виробничих процесів.

**Гармонізація з міжнародними та європейськими стандартами.** Гармонізовані європейські стандарти мають враховувати вимоги Директив ЄС. Гармонізація стандартів у сфері ергодизайну здійснюється, в основному, відповідно до вимог декількох Директив ЄС щодо машин, що послідовно змінювали одна одну. Директиви Європейського Союзу – це законодавчий інструмент, що встановлює обов'язкові вимоги до продукції в процесі проектування, виготовлення, реалізації й утилізації. У той же час, законодавство Європейського Союзу залишає право членам ЄС розробляти власні механізми виконання Європейських Директив з більш строгими правилами.

Гармонізація з міжнародними стандартами ISO та ІЕС також має підкорятися цим вимогам. Охарактеризуємо основні ергодизайнерські стандарти, які можуть бути використано під час проектування та оцінювання комплексів БПС.

#### Стандартизація антропометричних параметрів людини.

Антропометрія є одним із методів антропології, що вивчає розміри та пропорції людського тіла. Її прикладне значення полягає в тому, що антропометричні дані широко використовують для встановлення розмірів та форми виробів, якими людина користується під час виробничої діяльності, занять спортом, відпочинку, в побуті, що сприяє досягненню психофізіологічного комфорту. З іншого боку, знаходження оптимальних габаритів робочого місця та його конструктивних елементів, встановлення адекватних величин та діапазонів регулювань, проведення ергономічної експертизи об'єктів та їх соматографічний аналіз неможливі без детальних знань щодо будови тіла людини, його габаритних показників та пропорцій. Антропометрія, таким чином, стає одним з найважливіших чинників під час оптимізації багатофакторного впливу, що його увесь час відчуває користувач сучасними людино-машинними системами та комплексів БПС зокрема.

Для оптимізації технічного проектування робочого місця, інших компонентів комплексів БПС необхідно кількісно визначити розміри і форму людського тіла. Досягання цієї мети сприяє ДСТУ ISO 7250 [40], в якому наведені *антропометричні дані*, що можуть бути використані у якості основи для вимірювання і порівняння розмірів частин тіла різних груп населення.

Основний перелік вимірювань, наведений в цьому стандарті, призначений ергономістам, яким необхідно визначити цільову групу населення й застосувати ці знання для проектування розмірів об'єктів життєдіяльності. Цей перелік не дає вказівок для проведення антропометричних вимірювань, а наводить тільки інформацію з анатомічних і антропометричних основ і принципів вимірювань, застосовуваних для вирішення завдань проектування.

Антропометричні дані, необхідні для розрахунку *розмірів отворів* для доступу до машин, наведено в ДСТУ EN 547-1 [41] і ДСТУ EN 547-2 [42]. Вони встановлюють розміри, для яких застосовні *антропометричні дані*, що містяться в ДСТУ EN 547-3 [43]. Ці значення ґрунтуються на статичних вимірюваннях неодягнених людей і не враховують рухи тіла, одяг, оснащення, умови роботи машини чи умови навколишнього середовища. Вимоги щодо розмірів додаткового простору подано в додатках. Ці стандарти розроблені переважно для стаціонарних машин; для рухомих машин повинні бути визначені додаткові вимоги.

Антропометричні дані засновані на інформації про обстеження репрезентативних груп населення Європи, кожна з яких складалася не менше ніж з трьох мільйонів людей. Враховані як чоловіки, так і жінки. Результати вимірювань наведені з урахуванням 5-го, 95-го та 99-го перцентилів релевантної групи населення Європи.

Ситуації, що вимагають *запобігання досягання людиною небезпечних зон*, розглянуто в ДСТУ EN 294 [44]. Цей стандарт установлює значення безпечних відстаней, що запобігають досягненню небезпечних зон верхніми кінцівками людей. Ці відстані застосовують тоді, коли тільки за їх допомогою можна досягти належної безпеки. Ці безпечні відстані не можуть забезпечити достатнього захисту від деяких небезпек, наприклад, радіації чи викидів шкідливих речовин. Якщо є такі небезпеки, то необхідно вжити додаткові заходи для їх усунення. Ці безпечні відстані захищають тих осіб, що намагаються досягти небезпечних зон без додаткової допомоги та за умов, визначених для різних ситуацій.

**Стандартизація ергодизайнерських параметрів робочого місця.** Методика проектування робочих місць регламентована певною нормативною документацією. Темпи оновлення такої

документації невпинно зростають. Але вимоги щодо загального планування робочих місць, організації простору, умов антропометрії та психофізіологічні можливості оператора не так швидко змінюються з часом. Через це реальному проектуванню робочих місць повинно передувати детальне вивчення стандартів, як національних, так і гармонізованих з міжнародними. В усіх випадках користуватися слід тими нормативними документами, які є чинними на час виконання проекту.

Стислий опис основних стандартів щодо проектування робочого місця подано нижче.

Мета ДСТУ ISO 9241-5 [45] полягає в тому, щоб *збільшити продуктивність і комфорт користувачів відеотерміналів* при зменшенні ризиків їхньої небезпеки та здоров'я під час перебування на робочому місці. Користувачі відеотерміналів під час роботи в офісі звичайно приймають діапазон різних поз (сидячи з нахиленим, прямим чи відкинутим тулубом, стоячи або застосовуючи декілька положень тіла). Робочі місця, що пристосовані для такого використання, мають забезпечити необхідні рухи і комфорт, а також зменшити фізичні, розумові та візуальні зусилля. ДСТУ ISO 9241-5 встановлює загальні принципи проектування РМ, до яких відносяться універсальність та гнучкість, відповідність між діапазоном завдань і потребами користувачів, можливість зміни пози, інформованість користувача, ремонтпридатність і адаптованість РМ. Він встановлює вимоги та рекомендації до проектування РМ, які стосуються робочих поз оператора, можливостей регулювання елементів РМ, опорних поверхонь, робочих стільців, а також компонування робочих місць у межах робочого простору, аспектів безпечності та стійкості АРМ. У стандарті наведено антропометричні дані, необхідні для проектування і вибору АРМ.

Ергономічні принципи, рекомендації й вимоги щодо *проектування автоматизованих робочих місць*, що існують у центрах керування визначає ДСТУ ISO 11064-4 [46]. Він поширюється на проектування АРМ з певним наголосом на компонування та розміри. Цей стандарт встановлює загальні *рекомендації щодо зору, загальні акустичні вимоги і рекомендації, рекомендації і вимоги до робочої пози, а також встановлює вимоги до компонування дисплеїв і органів керування*. Він

встановлює розміри автоматизованих робочих місць керування для роботи сидячи, стоячи, сидячи-стоячи.

ДСТУ ISO 14738 [47] встановлює *принципи призначення розмірів, виходячи з антропометричних даних, і застосування їх у проектуванні автоматизованих робочих місць на нерухомих машинах*. Він базується на даних антропометрії і визначає вимоги до простору, потрібного для тіла людини у позі сидячи і стоячи під час нормальної роботи устаткування. Він окремо не розглядає простір, потрібний для робіт з обслуговування, ремонтування й чищення. Цей стандарт не надає спеціальних рекомендацій для робочих місць на машинах, обладнаних відеотерміналами. З цією метою ним потрібно користуватися спільно з [45].

Метод визначення *прийнятності статичних робочих поз під час перебування на робочому місці* встановлює ДСТУ ISO 11226 [48]. Він визначає рекомендовані межі статичних робочих поз без будь-якої навантаги чи з мінімальною зовнішньою навантагою, з урахуванням нахилу тіла та часових аспектів. Цей стандарт розроблено як настанову для оцінювання декількох змінних величин робочих завдань з метою визначення чинників ризику для здоров'я працездатної групи населення.

ДСТУ EN 1005-4 [49] встановлює вимоги до проектування машин або їхніх частин стосовно оцінювання та впливу на здоров'я ризиків від поз і рухів, пов'язаних виключно з машиною, тобто під час її складання, монтажу, експлуатації, налагодження, обслуговування, чищення, ремонту, транспортування й утилізації. Цей стандарт встановлює вимоги до робочих поз і рухів без будь-якого або з мінімальним фізичним напруженням.

**Стандартизація робочого середовища, органів керування та засобів відображення інформації.** Керуючись вимогами до більш безпечної, надійної і ефективної роботи операторів, інновації в інформаційних технологіях при проектуванні інтерфейсу «користувач – система» і відповідного робочого середовища сприяли підвищенню автоматизації і централізації контролю. Незважаючи на ці розробки, оператор продовжує відігравати ключову роль у моніторингу і спостереженні за режимом роботи складних автоматизованих систем. Із зростанням різноманітності методів вироблення автоматизованих рішень збільшилися наслідки відмов з вини обладнання і людини.

Робота оператора постійно потребує великої відповідальності. Наслідки невідповідних дій оператора в приміщенні керування, наприклад, дій із спостереження, налагодження, вибору часу, послідовності дій можуть бути катастрофічними.

Тому, стандарти серії ДСТУ ISO 11064 розроблено з метою створення засад застосування *вимог і рекомендацій щодо ергономічних і людських чинників під час проектування і оцінювання центрів керування* з метою усунення або мінімізації помилок оператора, створення комфортних умов його роботи.

Проект конкретного центру керування, наприклад НСК, завжди є невід'ємною частиною розроблення проекту більшої системи. Проектування центру керування не повинно йти у розріз завданням і цілям цієї більшої системи. Отже, ергономічні аспекти проектування приміщення керування необхідно розглядати разом з питаннями, які, на перший погляд або за традицією, можуть видатися поза сферою застосування дизайн-ергономічних розробок. Але саме такі аспекти і питання є характерними для ергодизайну.

До стандарту ДСТУ ISO 11064-1 [50] увійшли *вимоги і рекомендації до проектних розробок центру керування*, виходячи з філософії і способів конкретного проектування й оцінювання проекту, які можна застосувати як для елементів проекту приміщення керування, наприклад, автоматизованих робочих місць і оперативних панелей, так і загального планування і розроблення проектів в цілому. Інші розділи [50] більш детально розглядають вимоги до конкретних елементів центру керування. В ньому детально описуються *ергономічні принципи, рекомендації та вимоги до проектування центрів керування, а також до їхнього розширення, оновлення і технічного переоснащення*. Незважаючи на те, що цей стандарт розроблено для стаціонарних центрів керування, багато принципів, визначених у цьому документі, можна застосовувати для мобільних центрів керування, наприклад, на кораблях і повітряних судах.

ДСТУ ISO 11064-2 [51] встановлює *ергономічні принципи, рекомендації і настанови до організації блоку керування*. Цей стандарт поширюється на ергономічні принципи проектування блоків керування, а точніше – на різні схеми організації приміщень

і вільного простору у блоці керування. Принципи ґрунтуються на аналізі функцій і завдань, виконуваних приміщенням керування і функційно пов'язаними приміщеннями. Вони містять визначення *функційних зон, оцінювання наявного простору для кожної функційної зони, визначення робочих зв'язків між функційними зонами і розроблення попередніх планів блоку керування з метою сприяння руху для здійснення всіх видів діяльності у ньому.*

Вимоги до *планування приміщення керування* визначено в ISO 11064-3 [52]. Вимоги до *засобів відображення інформації і органів керування у приміщеннях керування* визначає ISO 11064-5 [53].

ДСТУ ISO 11064-6 [54] встановлює *вимоги до теплового, освітлювального та акустичного середовищ центрів керування, якості повітря, вібрації, естетичних властивостей та дизайнерських вирішень інтер'єру.* Його розроблено з метою визначення умов робочого середовища, які підвищують комфортність та ефективність роботи оператора. Для поліпшення взаємодії між користувачами і докільям часто необхідний розумний компроміс. Тому в цьому стандарті як базисні наведено керівні принципи, надано основні аспекти для кожного з чинників робочого середовища (наприклад, освітлення, шуму) та наведено настанови щодо вирішення інтегрованих задач для конкретних випадків (наприклад, методи контролювання акустичних показників докільля для виконання певного робочого завдання у певному середовищі).

Цей стандарт надає вимоги до основних принципів ергономічного проектування робочого середовища та автоматизованого робочого місця, враховуючи освітлення, вплив шуму і механічних вібрацій, електричних і магнітних полів, статичної електрики, теплових умов, просторової організації та планування робочого місця.

Стандарти серії ДСТУ EN 894 визначають ергономічні вимоги до проектування індикаторів та органів керування.

ДСТУ EN 894-1 [55] визначає *загальні принципи взаємодії людини з індикаторами та органами керування.* ДСТУ EN 894-2 [56] встановлює *ергономічні вимоги до індикаторів.* ДСТУ EN 894-3 [57] встановлює, відповідно, *ергономічні вимоги до органів керування.*

Найважливішим документом для проектування НСК є ДСТУ EN 894-4 [58], який містить *ергономічні вимоги до розміщення та компоновання індикаторів і органів керування* з метою уникнення ризиків, пов'язаних з їх використанням.

Цей стандарт поширюється на індикатори, органи керування та інше оснащення взаємодії (наприклад, прилади та пристрої, приладові панелі, пульти керування та моніторингу).

#### Стандартизація графічних знаків.

Проблема стандартизації систем візуальної інформації та графічних знаків, пов'язана з підвищенням інформаційних і естетичних характеристик знаків і знакових систем, має дозволити сформувати стереотипність сприйняття й адекватність реагування на інформаційні повідомлення незалежно від мови, підвищити комфортність та естетичність середовища, інформативність та ефективність застосування виробів. Усе це в остаточному підсумку сприятиме створенню задовільного психоемоційного стану людини-користувача знаковою системою, а відтак – стану функційного комфорту і, нарешті, приведе до зниження помилок в інформаційній взаємодії. Отже, ця проблематика є суто ергодизайнерською.

Стандартизація в цій галузі також сприяє закріпленню норм і вимог до систем візуальної інформації, а постійна гармонізація з міжнародним банком знаків дозволить виходити на міжнародні організації із стандартизації графічних знаків і поширювати їх пріоритет у тих сферах, де знакові засоби не одержали ще досить широкого застосування.

Основним стандартом, потрібним саме для проектування графічних знаків для систем керування БПС є ДСТУ ISO 7000 [59], в якому наведено *вміст графічних символів*, що їх використовують на устаткованні. ДСТУ ІЕС 80416-1 [60] і ДСТУ ISO 80416-2 [61] встановлюють *правила створення оригіналів символів і форму й використання стрілок*, відповідно.

На сайті ISO розміщено 6375 графічних знаків, що їх використовують на устаткованні [62].



### 2.3.2 Ергодизайнерський аналіз дослідних зразків як вихідний етап проектування комплексів БПС

Комплекс БПС – це не масова промислова продукція. Звичайно виробництво БПС має малосерійний чи навіть одиничний характер. У такому разі надзвичайно важливе значення має дизайн-ергономічна експертиза дослідного зразка у якості основного заходу з реалізації ергодизайнерського проектування БПС. Саме на дослідному зразку можна остаточно перевірити проектно-конструкторські та ергодизайнерські вирішення.

Будь-яка система «людина – техніка – середовище» (СЛТС) – складна інформаційна система, елементи, якої мають специфічні системні та інформаційні властивості. Об'єднання однієї чи декількох СЛТС слід розглядати як деяку надсистему (комплекс БПС) чи систему більш високого порядку. Елементом системи є об'єкт (предмет, суб'єкт, частина системи) із специфічно визначеними відомими властивостями.

Усяка складна система (підсистема, надсистема), незалежно від її природи, має деякі фізичні властивості (закономірності), що визначають її внутрішні причинно-наслідкові зв'язки. Функціонує така система за окремими та загальними законами, що можуть бути описані чи обміряні (оцінені) деякими алгоритмами чи формулами, що включають фізичні чи квазіфізичні величини [63]. Усі закони систем і надсистем виражають стійкі, іманентні причинно-наслідкові зв'язки між об'єктами, процесами та величинами. Однак через різний понятійний апарат, використовуваний для опису систем різної природи (наприклад, БПС, НСК чи стартовий пристрій), важко чи неможливо знайти загальні зв'язки, що охоплювали б усі складові надсистеми та одночасно були прийнятні для опису специфічних властивостей систем різного типу. Тому більш реально описувати їх з позицій поняття принципу дії чи структури діяльності людини в цій системі.

Дослідження систем і об'єктів різного складу, змісту й сфери застосування (технічних, біологічних, ергатичних, психологічних, соціологічних тощо) дозволяє прийняти три основних підходи, які можна покласти в основу створення та експертування складних систем:

- фізичності;
- здатності до моделювання;

– цілеспрямованості.

Процеси аналізу оцінювання, вироблення та прийняття рішень базуються не тільки на кількісних характеристиках, але й на чинниках, що не завжди мають кількісні виміри (психологічні, естетичні тощо). Тому підготовку інформації для прийняття рішень варто розглядати як творчий акт вибору із сукупності можливих рішень, у якому кількісні фактори сполучаються з евристичними, тобто рішення формуються на основі двох складових сторін вироблення і прийняття рішень: формальної і творчої [64].

У певних оціночних ситуаціях у разі неможливості використання строгих математичних методів (алгоритмів, формул) варто покладатися на судження фахівців-експертів за умови, що ці судження отримані за допомогою спеціально розроблених і формалізованих процедур [65].

Інформаційна методологія реалізується процедурами, алгоритмами обліку та перетворення системної інформації щодо кількісних і якісних властивостей досліджуваних системних явищ і процесів за допомогою кваліметрії (*qualitos* – якість) – наукового і прикладного напрямку, що займається питаннями обґрунтування методів і заходів кількісного оцінювання якості продукції чи властивостей системи. Відповідно до інформаційної концепції під експертною процедурою розуміють систему інформаційного забезпечення експертів, які беруть участь у ній, що дозволяє їм виробляти стійке судження, засноване на досить повному обсязі аналізованої інформації.

В аспекті виконуваного дослідження можна виділити коло проблем ергодизайнерської кваліметрії якості окремих систем, що входять до комплексу БПС. Для таких складних людино-машинних систем виникає необхідність оцінювати стан (працездатне – непрацездатне) і процеси (стійкість, стабільність, зручність ефективність тощо). Особливо велику різноманітність оцінюваних якостей вносить «людський чинник» у системах «оператор – БПС» [66-68].

Діяльність оператора у певному предметно-просторовому середовищі можна підрозділити на виконувану відповідно до задалегідь заданих вказівок (*алгоритмізовану*) і виконувану на основі деякого стереотипу поведіння, на основі особистого досвіду, вміння і навичок, що спирається багато в чому на інтуїцію (*евристичну*). Діяльність людини під час роботи із компонентами

комплексу БПС абсолютно алгоритмізована – за допомогою різного роду нормативної документації, яку обов'язково застосовують у авіації (а експлуатація безпілотників цілком підпорядковується правилам авіаційної експлуатації).

Зупинимось детальніше на проблемі ергономічного оцінювання рівня якості комплексу БПС. Вище зазначалося, що для об'єктів цього виду серед ергодизайнерських характеристик найважливішими з точки зору «людського чинника» є ергономічні, оскільки функційні та експлуатаційні характеристики, в основному задаються конструкторами під час технічного проектування.

Характер взаємодії ланок людино-технічної системи обумовлює існування показників-критеріїв якості або ефективності системи. Цими критеріями оцінюється не кожний елемент системи, а вся система в цілому.

Загальними (або зовнішніми) критеріями якості людино-технічної системи є точність, надійність, продуктивність зазначеної системи й стомлюваність людини-оператора в системі. Уточнімо, що психофізіологічні характеристики оператора у цьому контексті не розглядаються, оскільки, як зазначалося вище, вимоги до них в безпілотній авіації набагато нижче, ніж у пілотованій авіації, а тому не є критичними. Ці критерії якості в цьому випадку можуть характеризувати ступінь оптимальності синтезу людино-технічних систем у широкому, комплексному плані. Існує певна залежність між оптимальними значеннями показників якості виробу та критеріями ефективності систем, що включають в себе цей виріб.

Вважається встановленим, що правильність загальної оцінки ефективності системи залежить від ряду окремих (або внутрішніх) показників, що характеризують діяльність елементів системи. Остаточне і повне оцінювання ефективності системи здійснюється за інтегральним критерієм, однак у разі неможливості або важкості застосування інтегрального критерію використовують окремі критерії або показники, які виявляються в умовах, наближених до реальних (можливо на спеціальній апаратурі, створеної з метою оцінювання виробу в системі: на стендах, тренажерах й інших спеціалізованих установках).

*Ергодизайнерські показники* якості виробу засновані на ергодизайнерських властивостях оператора, й незважаючи на те,

що ці показники так чи інакше описують технічні, машинні характеристики, вони виходять, як уже відмічено у першому розділі, із «людського чинника», закладеного в конструкції виробу. Тому можна говорити про наближення показників до еталонних, ідеальних ергодизайнерських характеристик виробу лише деякою мірою, яку далі ми називатимемо рівнем ергономічних показників якості або ергономічним рівнем якості і яка виявляється під час ергодизайнерського оцінювання.

*Системний підхід* до ергодизайнерського аналізу якості виробів полягає у:

- встановленні структури чинників, що мають відношення до формування якості виробу, а також установа їхньої ієрархії;
- побудові моделі, що описує якість виробу з позиції ергономіки, і їхнє експериментальне перевіряння.

Побудова моделей та загальний комплексний підхід до аналізу сукупності чинників є міждисциплінарним за своїм характером і виходить за рамки сформованого поділу наук. Теорія й практика проектування та оцінювання промислових виробів вимагають комплексного підходу до дослідження людського чинника, синтезу спочатку розділених між собою дисциплін у єдину якісно нову систему, при збереженні колишнього об'єкта дослідження, вивчення якого повинне, однак, здійснюватися на новому, більш високому рівні.

У проблемі ергономічного аналізу головне не окремі чинники, а їхня структура, зв'язки і знаходження між ними загальних формальних властивостей. При цьому в ергодизайні не настільки важлива природа чинника, що впливає на рівень якості, наскільки важлива його значимість, *вагомість*, у ряді інших чинників стосовно ергодизайнерського критерію.

Проблема аналізу й вимірювання є лише частково математичною. У великій мірі пошук вимірювального інструмента залежить від якісного аналізу об'єкта вимірювання й знаходження ізоморфності між реальними об'єктами й інструментом вимірювання – числовими шкалами. Якісні характеристики, з якими доводиться зіштовхуватися під час ергодизайнерського аналізу, часто не мають готових еталонів вимірювання, і їх доводиться конструювати щораз заново відповідно до природи досліджуваного об'єкта. Ціль вимірювання й оцінювання –

установити *якісно-кількісну міру об'єктів*, за межами якої вони втрачають свою колишню якість. Фізичні еталони не завжди придатні для цієї мети, хоча вони можуть бути використані як складові більше складних вимірювальних процедур. Таким чином, успішність розроблення методів кількісного ергодизайнерського аналізу в основному пов'язується не із залученням нових розділів математики, використовуваних для кількісної інтерпретації явищ на якісному рівні, а з розробленням специфічних експериментальних вимірювальних процедур, що дозволяють увести спеціальну «ергономічну метрику», аналогічну фізичної, і будувати шкали інтервалів і відносин замість шкал порядку.

У загальному виді *процедура аналізу* ергодизайнерського рівня якості представляється в такий спосіб. Попередньо вибирається, виходячи з конкретних завдань оцінювання, який-небудь *ергодизайнерський критерій*, наприклад, точність, надійність, швидкість тощо. Важливою вимогою до такого критерію є те, щоб він мав ергономічний зміст.

Наступним завданням є знаходження *ергодизайнерських параметрів* виробу. Ергодизайнерськими параметрами можуть бути, наприклад, величина зусиль і просторове розташування для органів керування, розмір, форма, яскравість для знаків тощо. Визначити параметри можна експериментально з використанням кореляційного методу, що дозволить виділити та виміряти ступінь впливу ергодизайнерських параметрів на обраний ергодизайнерський критерій. Для спрощення оцінювання можна скоротити кількість параметрів, вибравши з них декілька найбільш значимих, тих, що найпомітніше впливають на ергономічний критерій і визначають його зміну.

Наступним етапом є знаходження *функційної залежності* між ергодизайнерськими критеріями та ергодизайнерськими параметрами й *знаходження значень* ергономічного рівня якості за окремими критеріями й параметрами. На цьому етапі вже можна оцінювати якість виробу *диференційними методами*, тобто порівнюючи кожне із чисельних значень показників виробу з відповідними показниками еталона окремо. Але комплексну оцінку виробу ще дати не можна, тому що для цього необхідно звести чисельні значення окремих ергономічних параметрів до *єдиної шкали*, у якій вони могли б бути *зіставлені один з одним*. Таким

чином, знаходження взаємозв'язку ергодизайнерських параметрів між собою і їхніх зв'язків в сукупності (а не окремо кожного) з ергономічним критерієм є наступним етапом оцінювання. У результаті цього етапу дослідження повинна бути отримана *функційна залежність*, яка пов'язує даний ергодизайнерський критерій із сукупністю досліджуваних ергодизайнерських параметрів. На даному етапі можна зробити *комплексне оцінювання якості*, але тільки за одним обраним критерієм. За одним критерієм можна оцінити, наприклад, якість крісла оператора, взявши за критерій стомлюваність людини, що у ряді випадків є основною характеристикою ергономічного рівня якості крісла оператора як промислового виробу.

Однак часто буває, що ергодизайнерський рівень якості визначається декількома ергономічними критеріями. Наприклад, якість шкального приладу визначається сукупністю таких ергономічних критеріїв, як швидкість, точність і зорова стомлюваність людини під час зчитування показань. Така сукупність *окремих, або одиничних ергономічних критеріїв* визначає *комплексний ергономічний критерій*, який вже може повністю визначити ергономічний рівень якості виробу. Щоб знайти комплексний критерій, треба попередньо визначити значення одиничних критеріїв за рядом ергономічних параметрів. Далі необхідно знайти взаємозалежність між одиничними ергодизайнерськими критеріями, спосіб вираження їх одного через інший і встановити еквівалентні значення між ними в рамках комплексного ергономічного критерію. Природною основою кількісного взаємозв'язку між одиничними критеріями є те, що, наприклад, при збільшенні швидкості процесу зчитування зменшується його точність, при збільшенні стомлюваності зменшуються швидкість, точність і т. ін. Таким чином, для одержання оцінки за комплексним критерієм необхідно об'єднати окремі ергодизайнерські критерії шляхом перетворення шкал вимірювання одиничних критеріїв у загальну для них шкалу комплексного ергономічного критерію. Після цієї процедури *шкалювання* необхідно максимізувати комплексний ергодизайнерський критерій шляхом оптимізації окремих ергономічних критеріїв. Отримане в такий спосіб максимальне чисельне значення комплексного ергодизайнерського критерію

буде виражати максимально досяжний для даного виду виробу ергономічний рівень якості, а відповідні цьому значенню критерію ергодизайнерські показники будуть оптимальними.

Звісно, на цьому етапі аналізу потрібна конкретизація параметрів досліджуваних об'єктів.

## 2.4 Формалізація аналізу та синтезу структури комплексів БПС

**Постановка задачі.** Під проблемою аналізу структури розуміється визначення основних характеристик системи при деякій обраній (фіксованій) структурі. Залежно від задач аналізу у поняття структури системи включаються різні питання. На рис. 2.3 приведена загальна схема комплексу БПС. Під час розроблення вказаної структури визначається множина вузлів системи і зв'язків між ними, розподіл задач покладених на технічні засоби, за рівнями і вузлами системи та вибору технічних засобів, що забезпечують їхнє ефективне рішення.

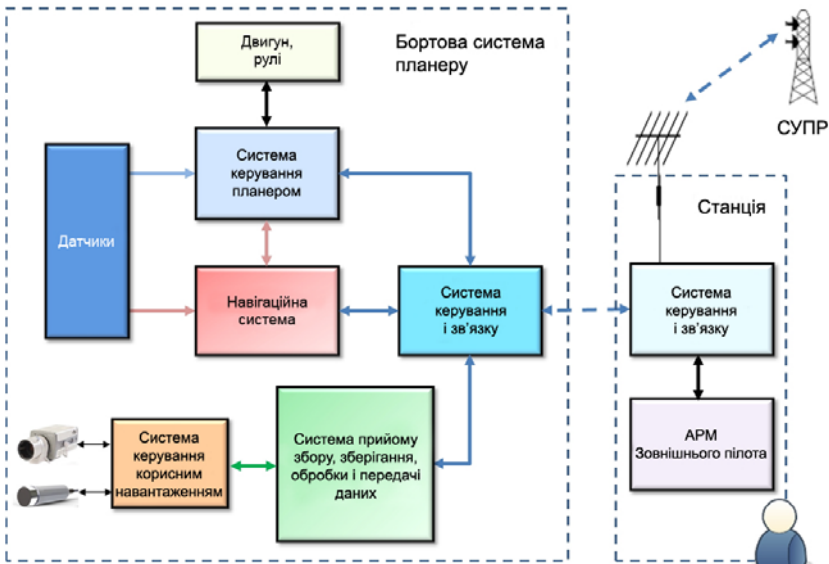


Рисунок 2.3 – Структурна схема КБПС

У даному випадку під структурою управління КБПС будемо розуміти схему, яка задає, по-перше, розподіл процесів по групах,

що складають підсистеми різних рівнів, з підпорядкуванням підсистем даного рівня підсистем вищого рівня; по-друге, розподіл функції управління і відповідних їм алгоритму по підсистемах. Обидва аспекти взаємопов'язані і обґрунтування структури передбачає їх аналіз та розробку з урахуванням цих взаємозв'язків.

**Задача 1.** Для формалізації аналізу структури КБПС введемо позначення:

$Q$  – множина можливих принципів і алгоритмів керування  $\pi \in Q$ , для побудови системи або її елементів. Можливі принципи і алгоритми управління задані або синтезуються (вибираються) при синтезі системи.

$\Phi$  – множина взаємопов'язаних функцій (задач, операцій), виконуваних системою. Кожному набору принципів і алгоритмів управління  $\pi$  при побудові систем відповідає деяка множина функцій  $\Phi(\pi)$ , з якої під час проектування даної системи вибрана підмножина  $\varphi \in \Phi(\pi)$ , достатня для реалізації обраних принципів і алгоритмів управління  $\pi$ .

$V$  – множина можливих взаємопов'язаних елементів системи (п. 1.1).

Введемо також операцію відображення  $\overset{v}{\rightarrow}$  елементів множини  $\Phi$  на елементи множини  $V$ . Оптимальне відображення має забезпечувати екстремум деякої (або деяких) цільових функцій при виконанні заданих обмежень.

У формалізованому вигляді задача аналізу структури полягає у визначенні характеристик при виконанні ряду умов:

$$\pi \in Q, \quad \varphi \in \Phi(\pi), v \in V, \quad (2.1)$$

$$\{\varphi \in \Phi(\pi)\} \overset{v}{\rightarrow} \{v \in V\}, \quad (2.2)$$

Залежно від задач дослідження використовується різний набір характеристик.

**Характеристики системи аеронавігаційного обслуговування комплексів БПС.** Їх можна умовно розділити на три основні групи:

1. Характеристики, пов'язані з ієрархічністю системи: число підсистем даної системи, характер взаємозв'язків між рівнями (підсистемами), ступінь централізації і децентралізації в управлінні, ознаки розвитку системи на підсистеми.



2. Зовнішні характеристики, що визначають результативність функціонування системи: рівень безпеки, регулярність, економічність польотів, пропускна спроможність зон повітряного простору й окремих систем.

3. Ефективність (у широкому сенсі) функціонування системи тієї чи іншої структури.

Характеристики, близькі до оптимальних, можуть бути отримані тільки в результаті вирішення низки проблем розвитку комплексів БПС. Дані проблеми доцільно розділити на дві підгрупи:

а) загальні проблеми розвитку комплексів, властиві в більшій чи меншій мірі аеронавігаційним системам усіх країн світу. До них відносяться, перш за все, проблеми безпеки та економічності польотів БПС, людський і технічний фактори управління повітряним рухом;

б) специфічні проблеми розвитку засобів навігації, зв'язку, спостереження КБПС, характерні для окремих країн в силу особливостей економічного розвитку.

Аналіз розвитку систем аеронавігаційного обслуговування польотів різних країн Західної Європи засвідчує наступне:

1. Управління повітряним рухом досягло рівня насичення. Рішення, які використовуються в даний час для організації потоків повітряного руху (ОППР) дозволяють регулювати ці потоки, але призводять до збільшення затримок рейсів.

2. Структура системи управління повітряним рухом потребує стандартизації, оскільки системи 44 існуючих у Західній Європі таких центрів розроблялася для кожної країни окремо без узгодження з іншими країнами.

3. Норми ешелонування в різних районах польотної інформації не однакові і створюють труднощі в плануванні: у Північній Європі – від 5 до 10 морських миль (9,25 – 18,5 км); у Західній Європі від 8 до 15 морських миль (14,8 – 27,75 км); у Центральній Європі, Туреччині, Греції широко використовується процедурний контроль й існує потреба в засобах зв'язку між центрами, інтервали ешелонування при цьому доходять до 60 морських миль (111 км).

4. Європейська система аеронавігаційного обслуговування надзвичайно перевантажена в зв'язку із занадто великим числом районів польотної інформації (уздовж національних кордонів країн), що знижує ефективність профілів трас.

5. У різних країнах використовується автоматизовані системи різних типів з різними функціональними можливостями і з різними рівнями автоматизації процесів.

6. З економічної точки зору аеронавігаційні збори використовуються не раціонально. Це пояснюється тим, що в деяких країнах бюджет цивільної авіації не пов'язаний безпосередньо з аеронавігаційними зборами, тому вони можуть використовуватися для інших цілей.

7. Жодна з існуючих європейських організацій не несе одночасно політичної та технічної відповідальності.

8. Аналіз стану системи аеронавігаційного обслуговування України показав, що аеронавігаційні засоби, які експлуатуються в даний час відповідають рівню 60-х, 70-х років. Останні два десятиліття нові розробки відповідної техніки не відбувались. Ресурс відповідного парку технічних засобів аеронавігації практично вичерпаний. Основна частина елементної бази застаріла і не випускається. Витрати на експлуатацію цих засобів великі.

9. Ряд засобів аеронавігаційного обслуговування, що широко експлуатуються в даний час, не відповідає міжнародним стандартам, що накладає обмеження на забезпечення міжнародних польотів. Не вирішена проблема автоматизації управління повітряним рухом. Всі проектно-конструкторські розробки засобів забезпечення польотів в Україні повинні проводитися тільки на основі розроблених концепцій розвитку аеронавігаційного обслуговування.

10. Існує нагальна потреба в єдиній технології організації повітряного руху, узгодження вимог до технічних засобів аеронавігації, видам забезпечення польотів військових і цивільних користувачів повітряного простору України.

11. Відсутність єдиної концепції аеронавігаційного обслуговування унеможливує проведення обґрунтованої інвестиційної політики в сфері розробки, виробництва і закупки засобів забезпечення польотів.

**Формалізований опис елементів комплексів БПС та їх взаємозв'язків.** Це одна з найбільш важливих проблем дослідження систем комплексів БПС, їх підсистем і взаємозв'язків. Особливі труднощі викликає формалізація взаємозв'язків між керуючими і керованими підсистемами комплексів БПС. Розглянемо основні задачі.

**Задачі оцінки ресурсу дії керованих об'єктів.** Контроль і управління в системі повітряного руху реалізується в умовах неповної інформації. Тоді відповідно до теорії управління динамічними системами, слід розрізняти три типи задач формалізованого опису і дослідження: детерміновані, стохастичні та ігрові.

Для детермінованих задач управління вибір параметра дії  $\alpha(t) \in L$  однозначно визначає результат процесу руху БПС, тобто по заданому входу:  $A = (Z_c, \alpha(t_0) | \Omega(t_0), t_0)$  однозначно визначається вихід

$$B = (Z_c, \alpha(t_k) | \omega(t_k), Z(t_k), t_k) \quad t \in I_\tau, \quad (2.3)$$

Тут  $Z_c$  – стан розглянутої системи,  $\Omega(t_0)$  – вихідні події,  $\omega(t_k)$  – множина кінцевих подій (термінальна множина),  $Z(t_k)$  – вектор-параметр, що характеризує цілі системи.

В стохастичних задачах вихід  $B$  системи  $G$  визначається обраним параметром  $\alpha(t) \in L$  і деяким випадковим процесом  $\xi(t)$  або подією  $\{\xi, t\}$ ,  $t \in I_\tau$ ,  $\xi \in \Xi$ , для якого є (або попередньо знаходиться) відповідний статистичний опис, тобто

$$B = \{Z_c, \alpha(t_k) | \omega(t_k), Z(t_k), \xi(t_k), (t_k)\}, \quad t \in I_\tau, \quad (2.4)$$

У деяких ситуаціях  $\xi(t)$  може характеризувати збурення на систему  $G$ . Тоді подія  $\{Z_c, t_k\}$  оцінюється ймовірністю  $P(t_k)$ .

При ігрових постановках задач вихід у системі  $G$  залежить від обраного способу дії  $\alpha(t)$  і деякого невизначеного фактора  $v$ , для якого немає відповідного ймовірнісного опису, тобто

$$B = \{Z_c, \alpha(t_k) | \omega(t_k), Z(t_k), v(t_k), (t_k)\}, \quad t \in I_\tau, \quad (2.5).$$

Однією з необхідних умов вирішення цих задач є умова визначення термінальної множини  $\omega(t_k)$  або  $\omega(t_i), t_i, t_k \in I_\tau$ , що визначає ресурс дії керованого об'єкта.

Необхідність обліку динамічних характеристик керованих об'єктів виникає під час вирішення широкого кола задач аналізу і синтезу, як засобів аеронавігації, так і систем аеронавігаційного обслуговування. Це пояснюється, перш за все, швидкоплинністю зміни повітряної обстановки, руху БПС і обмеженістю ресурсу управління на різних етапах польоту.

У зв'язку з цим у коло найважливіших задач дослідження аеронавігаційних систем повинні бути включені дослідження, які дозволили б визначити ресурс дії БПС як керованої підсистеми.

Відомо, що маневрені властивості можна охарактеризувати областями граничних відхилень фазових змінних, законами управління та відповідними траєкторіями (досяжність і керованість).

Ці важливі динамічні характеристики містять інформацію про граничні маневрені можливості БПС, можуть бути одержані відомими математичними методами теорії керованості динамічних систем. Однією з можливостей отримання цих даних є рішення відповідної оптимальної задачі. Розглянемо постановки задач, вирішення яких необхідні при дослідженні ефективності засобів комплексів БПС.

Типова задача оптимального управління БПС для оцінки його динамічних властивостей формується так:

**Задача 2.** Дана система

$$\dot{\vec{x}} = f(\vec{x}, u, t); \quad (2.6)$$

$$\vec{x}(t) \in X \subset R^v; u(t) \in U \subset R^{p_1}, p_1 < p; \quad (2.7)$$

$$\varphi(\vec{x}, \vec{u}) \leq 0, \vec{x}(t_0) = \vec{x}_0; x(t_k) = x_{t_k}; t \in I_T = [t_0, t_k] \quad (2.8)$$

де  $\vec{x} = \{x_1, \dots, x_v\}$  – вектор фазових координат,  $\vec{u} = \{u_1, \dots, u_{p_1}\}$  – вектор управління,  $X$  – обмеження на фазові координати;  $\vec{\varphi} = \{\varphi_1, \dots, \varphi_k\}$  – вектор-функція функціональних обмежень, які повинні бути накладені на динамічну систему як об'єкт управління, наприклад, у вигляді рівнянь зв'язку, а компонентами вектор-функції  $\vec{f} = \{f_1, \dots, f_v\}$  є праві частини рівнянь динаміки руху розглянутого БПС на даній ділянці польоту. У загальному випадку система рівнянь (2.6) є нелінійною.

Потрібно:

а) визначити досяжну множину  $\Omega(t_k)$ , що складається з усіх кінців траєкторій, що починаються в момент  $t_0$  з  $\vec{x}_0$ , якщо використовуються всі управління, що задовольняють умові (2.7);

б) визначити  $\Omega(t_0)$  – керована множина, що складається з усіх тих фазових точок  $\vec{x}_0$ , з яких об'єкт може бути за час  $t$  і приведені в термінальну множину  $\omega(t)$  шляхом використання управлінь  $\vec{u}(t)$ , що задовольняють умові (2.7).

У будь-якому з цих випадків потрібно знайти такий вектор  $\vec{u}^*$ , який доставляє екстремум функціоналу, що забезпечує вирішення певних вище задач а і б:

$$\Phi[u^*] = \underset{u \in U}{\text{extr}} \Phi[\vec{x}, \vec{u}, t]; \quad (2.9)$$

або в розкритому вигляді:

$$\Phi[u^*] = \sup_{u \in U} h(\varphi, (x, u))(x(t) - x(t_0)) \quad (2.10)$$

Тут  $h(\varphi) = \{\sin \varphi, \cos \varphi\}$ ,  $\varphi$  – вектор параметризації меж областей  $\Omega(t_0)$  і  $\Omega(t_k)$ .

Таким чином, задача оцінки ресурсу дії БПС на різних етапах польоту, включаючи захід на посадку, зводиться до побудови керованої множини, яка відповідає областям допустимих відхилень на різних висотах. При цьому повинні бути вказані оптимальні закони керування, які дозволяють усунути наявні відхилення БПС від необхідної траєкторії руху. З цього випливає, що термінальні множини  $\omega(t_1)$ ,  $i = \overline{1, k}$  є областями допустимої локалізації фазових координат керованої підсистеми, тобто при виконанні умови  $x(t_i) \in \omega(t_i)$ ,  $x(t)$   $G$  зі  $(t)$  досягається мета функціонування даної системи.

**Системні задачі локалізації фазових координат керованих об'єктів.** Термінальна множина  $\omega(t_i)$ , що наведена вище, є базовим елементом простору фазових координат БПС, як керованої підсистеми. Вона може бути використана для оцінки якості функціонування засобів навігаційних систем (ЗНС) і систем комплексів БПС як з окремих задач локалізації, так і за задачами системної дії. Сформулюємо таку системну задачу.

**Задача 3.** Задана система

$$\begin{aligned} \dot{\vec{x}} &= f(\vec{x}, \alpha, t); \quad \vec{x}(t) \in Q(t) \subset R^v; \\ \vec{x}(t_0) &= x_0; \quad \vec{x}(t_k) = \vec{x}_k; \quad \alpha = A(x, F, t); \\ A &\in A; \quad F \in F, \quad t \in I_\tau = [t_0, t_k]; \end{aligned} \quad (2.11)$$

Тут оператор  $A$  фіксований,  $F$  – множина можливих значень показників якості керуючої підсистеми.

Потрібно виділити таку підмножину  $F^*$  таку, що  $\forall F \in F^*$  забезпечується  $\vec{x}(t) \in Q(t)$ . Допускається, що крайові умови на правому кінці траєкторії можуть бути включені в  $Q(t)$ .

В окремому випадку оператор  $A$  з урахуванням  $a$  представимо у вигляді

$$\dot{a} = f_a(a, \vec{x}, \vec{\mu}, \vec{y}, \vec{F}, \vec{\lambda}, t); \quad (2.12)$$

а тоді

$$\dot{x} = f(a, \vec{x}, \vec{\mu}, \vec{F}, t), x \in X; \quad (2.13)$$

Тут  $\vec{X}$  вектор фазового стану, що характеризує керований об'єкт  $G_2$  в просторі вимірюваних координат  $R^v$  (курс, бічне відхилення та ін.);  $\vec{\mu}$  – вектор-параметр визначає «внутрішній» стан об'єкта управління  $G_2$  (керована підсистема з компонентами для БПС – маса, площа крила, аеродинамічні коефіцієнти та ін.);  $M$ -мірний вектор вимірюваних фазових координат  $G_2$  на виході інформаційно-керуючої підсистеми  $G_1$ ; ( $\vec{F}$  – вектор показників якості керуючої підсистеми  $G_1$ , (показники точності, виявлення цілі та ін.);  $\vec{\lambda}$  – вектор-параметр «внутрішнього» стану керуючої підсистеми (потужність випромінювання, чутливість приймача та ін.).

Нехай  $S = \{x, a\}$ . При цьому задача набуває вигляду:

$$\dot{x} = f(S, \mu, F, t); S \in \tilde{Q}; F \in F \quad (2.14)$$

$$S_{t_0} = S_0; t \in I_T = [t_0, t_k]$$

Необхідно знайти  $F^* \in F$  таке, що  $\forall F \in F^*$  і  $\forall t \in I_T$  виконується  $S(t) \in \tilde{Q}(t)$ .

Проблема локалізації фазових координат і утримання їх в межах обмежень стає особливо важливою в зв'язку з наявністю збурень зовнішніх  $\zeta$  і внутрішніх  $\xi(t)$ . Можливі такі окремі випадки.

Випадок 1. Збурення об'єкта відсутнє  $\zeta(t) = 0$ , але  $\xi(t) \neq 0$ . Потрібно визначити область  $F^*$ , що забезпечує утримання об'єкта в  $Q(t)$ , при наявності перешкоди  $\xi(t)$ .

$$\zeta(t) \neq 0, \quad \xi(t) \neq 0$$

Випадок 2. Збурення об'єкта:  $\zeta(t) \neq 0, \xi(t) \neq 0$ . Потрібно визначити область  $F^*$ . Ціль попередня.

Припустимо, що  $\zeta(t) \in V_z$  і  $\xi(t) \in \Xi$ . Потрібно визначити  $F^* \subset F$  і  $\Lambda^* \subset \Lambda$  так, щоб  $\forall \zeta(t) \in V_z$  і  $\forall \xi(t) \in \Xi$  забезпечувалася  $\{x(t), \alpha(t)\} \in \tilde{Q}(t)$ .

Що стосується навігації та спостереження, то ця важлива задача формулюється так: визначити допустиму граничну множину показників якості і параметрів керуючою підсистемою при фіксованій структурі, щоб при заданому рівні перешкод вимірів зовнішніх впливів на керуючий об'єкт забезпечувалося успішне завершення етапу польоту без порушення експлуатаційних льотних обмежень.

Зворотною до цієї задачі є задача аналізу.

**Задача 4.** Якщо задано  $\forall \zeta(t) \in V_z, \xi(t) \in \Xi, F \in F$  і існує  $\{x(t), \alpha(t)\} \in \tilde{Q}(t)$ , то потрібно по сформульованим критеріям оцінити якість засобів ССН.

У системах, що функціонують на основі даних засобів ССН, повний вектор  $\vec{x}$  недоступний для оцінки, оскільки він не спостерігається як в прямому фізичному, так і в математичному сенсі. Рішення про дотримання даної траєкторії і продовження польоту приймається на основі спостереження вектора  $\vec{Y}(t) \in Q_Y(t)$ .

Тоді задача управління динамічним об'єктом за даними засобів ЗНС у загальному вигляді може бути записана таким чином.

**Задача 5.** Задана система

$$\begin{aligned} \vec{\dot{x}} &= f(S, \mu, \zeta, t); Y = g(x, t); \\ Y^* &= g^*(x, F, \lambda, \xi, t); S \in \tilde{Q}(t); S(t_0) = S_0; \\ \mu &\in M; F \in F; \lambda \in \Lambda; \forall \zeta \in V_z; \forall \xi \in \Xi \\ \forall t &\in I_\tau = [t_0, t_k]; \end{aligned} \quad (2.15)$$

де  $Y^*$  – оцінка вектора спостереження  $Y$  в аеронавігаційній системі.

У просторі станів  $R^n$  видається область  $D_\tau$  така, що  $D_\tau \subset R^n$  і при  $\{Y, t\} \in D_\tau \times I_\tau, \forall t \in I_\tau$  забезпечується нормальне функціонування системи. Навпаки, якщо  $\{Y, t\} \in D_\tau \times I_\tau$ , при  $\forall t \in I_\tau$  стан системи буде ненормальним, що

призводить до різних ситуацій типу передумов до льотних пригод, уходу БПС на друге коло, помилкової зміни ешелону і т.д. З цього випливає, що вимога безпеки польоту полягає в утриманні фазової точки керованого об'єкта, що задається вектором  $\vec{y}(t)$ , усередині області  $D_{\tau}$ . Управління об'єктом у цьому випадку ведеться в умовах неповної інформації, оскільки між векторами  $X$  і  $Y$  немає бієктивного зв'язку.

У системі спостереження фазові координати динамічного об'єкта (вектор спостереження  $\equiv (Y^*(t))$ ) відображається в сигналі  $\vec{s}_c = V(\vec{Y})$ .

Оператор  $V$  визначає вибір переносника інформації. Оскільки з сигналом  $\vec{s}_c$  взаємодіють перешкоди  $\xi(t)$ , то на вхід пристрою обробки надходить суміш  $\vec{u}_c$ , яку можна представити у вигляді деякого оператора  $I$ :

$$\vec{u}_c = I(S_c, \xi) \quad (2.16)$$

На виході системи формується рішення або оцінка  $\vec{Y}^*$ , яка відтворює  $\vec{Y}$ :

$$\vec{Y}^* = W(\vec{u}_c) = W\{I[V(\vec{Y}, \xi)]\} \quad (2.17)$$

або

$$\vec{Y}^* = W\{I[V(X, F, \lambda, \xi, t)]\} \quad (2.18)$$

Наявність перешкоди  $\vec{\xi}$  обумовлює випадковий характер результатів спостереження вектора  $\vec{Y}$ , оскільки прийняте рішення  $\vec{Y}^*$  є деякою функцією  $W$  випадкової величини  $\vec{u}_c$ , і, отже, також є випадковою величиною. Вже ця обставина вказує на стохастичний характер проблеми визначення фазових координат і визначає доцільність вивчення цієї проблеми статистичними методами. Є й інші причини, які призводять до того, що вектор  $\vec{Y}^*$  носить випадковий характер, зокрема випадковість вектора  $\vec{X}$ , як наслідок, випадковість вектора  $Y$ . Тоді задача аналізу системи спостереження, а в більш загальному випадку системи АНО, зводиться до оцінки



$\{Y, Y^*\} \in D_T \times D_T^*$  і розрахунку польотних ситуацій, що визначаються характером невідповідності векторів указаній умові.

Загальний вираз для показника якості аеронавігаційної системи можна записати у вигляді:

$$p = \iint_{D_T} r(\vec{Y}^*, \vec{Y}) w(\vec{Y}) w(\vec{Y}^* | \vec{Y}) dY^* dY \quad (2.19)$$

де  $(\vec{Y}^*, \vec{Y})$  – функція фазових координат  $Y$  і їх оцінки  $Y^*$ ,  $w(\vec{Y}^* | \vec{Y})$  – умовна щільність ймовірності рішень  $\vec{Y}^*$  за умови реалізації  $Y$ ,  $w(\vec{Y})$  – апріорна щільність ймовірності розподілу фазових координат  $Y$ .

**Ситуаційне прогнозування наслідків подій в аеронавігаційній системі при управлінні динамічними об'єктами.** Сформульовані вище задачі локалізації фазових координат є основним елементом більш загальної задачі прогнозування результатів подій в аеронавігаційній системі при управлінні динамічними об'єктами.

Множину можливих результатів у системі управління динамічними об'єктами можна трактувати як простір логічних можливостей. Нехай  $A_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  визначає результат  $i$ -го етапу руху БПС, прийmemo  $\vec{A} \in \Omega$ . Тут  $\Omega$  – множина реалізованого процесу. Вектор-функція  $\vec{A}$ , визначена на множині  $\Omega$  всіляких шляхів на дереві результатів, являє собою вектор-функцію результатів.

Сукупність  $n$  функцій результатів  $\{A\}$  описує простори логічних можливостей. Кожна точка простору логічних можливостей  $\Omega$  описується певною комбінацією значень функції  $\vec{A}$ . Протилежне твердження, що полягає в тому, що будь-яка комбінація значень цих функцій описує деяку точку з  $\Omega$ , не завжди справедливо.

Функції  $A_1, \dots, A_n$   $\Omega$ , що визначені на заданій множині  $\Omega$ , логічно незалежні, якщо будь-яка комбінація цих функцій можлива. Якщо функції результатів описують весь простір  $\Omega$  є логічно незалежними, то вони утворюють базис простору  $\Omega$ .

Кожна конкретна послідовність можливих результатів відповідає певній гілці дерева результатів. Оскільки в системі управління є, як

зазначалося вище, неконтрольовані і некеровані випадкові чинники  $\{K, \xi\}$ , то результати представляють собою стохастичні послідовності.

Для практичних задач аеронавігаційного обслуговування доцільно розглядати кінцеві стохастичні послідовності. Це означає, що число випробувань звичайне і кожне випробування має кінцеве число можливих результатів. Крім того будемо вважати, якщо відомі результати всіх випробувань, що передували цьому, то для оцінки поточного можна визначити як усі можливі наслідки, так і ймовірності кожного з них. Задача полягає в імовірнісному прогнозуванні ходу всієї послідовності в цілому.

Аеронавігаційна система в процесі функціонування може бути порівняна з множиною станів  $Z_c = \{z_{c_1}, z_{c_2}, \dots, z_{c_n}\}$ , де кожен стан прив'язано до певного часу  $T$ ,  $t_i \in T \subset I_T$ . Тоді  $T$  представляє множину дискретних відліків часу при функціонуванні системи  $G$ , складаючи результати  $A_i = \{z_{c_i}, t_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ . У такому випадку управління полягає в досягненні певної мети  $\omega_i$  або декількох цілей  $\omega = \{\omega_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$  за допомогою реалізації деякого алгоритму  $l \in L \subset L$ . Множина  $L$  визначає алгоритми управління БПС динамічним об'єктом за допомогою вектор-параметра  $a$ . Якщо алгоритм управління  $l \in L$  в нормальних умовах польоту виконується, то в особливих випадках польоту виконується умова  $l \in L$  і відшукується алгоритм реалізації особливої ситуації.

Введемо систему понять про ситуації. Ситуацією  $s \in S$  будемо називати сукупність – не порожня впорядкована множина станів  $z_{c_i}$ , що визначаються відповідними подіями  $A_i = \{z_{c_i}, t_i\}$  і межа області зв'язаності  $\partial D_T$ :

$$S = \{z_{c_i}, t_i | \partial D_T\}, t_i \in T \subset I_T, z_{c_i} \in z_c, \partial D_T \in R^n \quad (2.20)$$

Ситуацією для управління по параметру дії  $a$  будемо називати ситуацію  $S_a$ , що вимагає ухвалення рішення для реалізації (можливо перехідного) процесу управління – застосування алгоритму  $l \sim a$ . До ситуації особливих випадків польоту віднесемо ситуацію, для управління якої немає готового беззбиткового алгоритму.

З огляду на те, що в аеронавігаційній системі визначальним вектором стану є вектор  $\vec{Y}$ , то для аналізу процесу управління ЛА слід прийняти наступне визначення ситуації:

$$S = \{\vec{Y}_i, \vec{Y}^*, t_i | \partial D_\tau\}; Y, Y^* \in R^n, D_{Y_\tau} \subset R^n, t_i \in T \subset I_\tau \quad (2.21)$$

де  $Y^*$  – відображення (оцінка) вектора  $Y$  в проміжній ланці інформаційно-виміральної підсистеми АНО.

Оцінка ситуації  $S_i$  може бути представлена двомісним предикатом  $\pi(S, S^*)$ . Таким чином, ситуація  $S_i$  визначається поняттям  $S_i^*$ ,  $i = \overline{1, d}$  (це поняття типу «нормальні умови польоту», «особливі випадки польоту» тощо). Очевидно, що оцінка ситуацій та зазначених подій може бути як істинною, так і помилковою і визначається ймовірністю її появи  $P[\pi(S, S^*)]$ . Тоді задача прогнозування результатів може бути сформульована у двох постановках.

**Задача 6.** Для системи  $G$ :

$$S = \{z_{c_i}, t_i | \partial D_\tau\}; t_i \in T \subset I_\tau, \quad \begin{matrix} z_c \in Z_c, \partial D_\tau \in R^n \\ s \in S \end{matrix} \quad (2.22)$$

задано

$$\pi(S, S^*): S \Delta S^* \rightarrow S \sim S^* \quad (2.23)$$

Для  $S^* \in S^*$  необхідно визначити максимальну ймовірність появи заданого предиката оцінки ситуацій:

$$\Phi [S] = \max_{s \in S} P[\pi(S, S^*)]. \quad (2.24)$$

**Задача 7.** Для системи  $G$ :

$$S = \{z_{c_i}, t_i | \partial D_\tau\}; Z_c, \partial D_\tau \subset R^n, t_i \in T \subset I_\tau, s \in S^n \quad (2.25)$$

задано

$$\pi(S, S^*): S \Delta S^* \rightarrow S \sim S^* \quad (2.26)$$

Необхідно визначити найбільш ймовірну оцінку ситуацій:

$$\Phi [S^*] = \max_{s^* \in S^*} \max_{s \in S} P[\pi(S, S^*)]. \quad (2.27)$$

Для вирішення цих задач потрібно оцінити перехід системи  $G$  від  $Z_{c_i}$  до  $Z_{c_{i+1}}$  відповідно до  $l \in L$  і визначити момент  $t_i \in I_\tau$ ,

настання особливої ситуації. В цьому випадку  $t_i$  – час, при якому настає небезпечна ситуація і для управління слід побудувати алгоритм  $h$ .

Для побудови алгоритму  $h$  перш за все необхідно знати область втрати керування  $Q$ , тобто та підмножина фазових координат  $Y$ , при яких керована підсистема може бути виведена в розрахункову область простору без втрат. Очевидно, що визначення області  $Q$  означає пошук варіанту рішення для висунутого судження, що виражає оцінку ситуації  $S_i$ . Знаходження області  $Q$  зводиться до побудови дерева секвенції на множині предикатів  $\pi(S, S')$ . Аналіз гілок дерева призводить або до припинення шляху подальшого пошуку (динамічний об'єкт  $G_2$  не виконує свої функції в поєднанні з керуючою підсистемою  $G_1$ , з огляду на недостатню якість системи  $G$ ), або до успішного завершення пошуку (область  $Q$  знайдена). Процес пошуку варіанту рішення і служить алгоритмом оцінки ситуацій.

**Синтез структури системи аеронавігаційного обслуговування.** Однією з характерних особливостей сучасного етапу розвитку системи аеронавігаційного обслуговування є ускладнення їх загальної структури, яке обумовлено збільшенням розмірності й складності технологічних процесів і процесів керування. Складність системи визначається більшою кількістю елементів та функціями, які вони виконують, високим ступенем зв'язності елементів, складністю алгоритмів вибору тих або інших управляючих впливів і великими об'ємами інформації, яка при цьому обробляється. Це висуває ряд непростих проблем, зв'язаних з науково обгрунтованою побудовою їх структури.

Проблема синтезу структури систем комплексів БПС включає:

1. Синтез структури керованої системи, тобто визначення оптимального складу і взаємозв'язку елементів системи, оптимального розбиття множини керуючих об'єктів на окремі підмножини, які володіють заданими характеристиками взаємозв'язків.

2. Синтез структури керованої системи, тобто вибір числа рівнів і підсистем (ієрархії керування), погодження цілей підсистем різних рівнів і оптимізація їх функціонування, створення контурів прийняття рішень.

3. Оптимальне розподілення виконуючих функцій між рівнями і вузлами системи, вибір організаційної ієрархії.

4. Вибір структури систем передачі та обробки інформації.

При синтезі й плануванні розвитку структури системи комплексів БПС важливе значення набуває розробка методів: формалізованого опису елементів систем і їх взаємозв'язків; декомпозиція системи на підсистеми, координації й агрегації елементів систем; оптимізації структурного побудування автоматизованих інформаційно-вимірювальних та інформаційно-керуючих систем, багато машинних комплексів і мереж зв'язку; керування розвитком структур виробничих та організаційних систем; імітаційного моделювання і його використання для аналізу і синтезу структури; обчислювальних методів вирішення даних задач.

Ускладнення структури системи комплексів БПС висуває підвищені вимоги до ефективності та якості прийнятих рішень щодо їх вдосконалення та вимагає створення теоретичних основ, моделей і методів формалізації і автоматизації синтезу структури полієративної системи й управління її розробкою та впровадженням. Ефективність структури визначається кількістю, значенням, формою і змістом її складових частин, а також місцем, які вони займають у структурі й існуючими між ними відношеннями.

Побудова ієрархічних систем комплексів БПС з гнучким управлінням забезпечує зв'язок між питаннями: раціонального вибору схем управління потоками БПС, визначення необхідного числа рівнів ієрархії, встановлення між рівнями ефективних взаємозв'язків, розподілу відповідальності між диспетчерами та екіпажами, організації інформаційних потоків і створення контурів прийняття рішень. Число необхідних рівнів ієрархії безпосередньо пов'язано з можливостями переробки інформації на кожному рівні.

Задачі синтезу структури тісно взаємопов'язані з задачами оптимізації функціонування систем. Характер взаємодій між керуючими підсистемами і розподіл функцій між ними багато в чому визначаються прийнятими принципами і алгоритмами управління, ступенем централізації під час вироблення керуючих впливів і під час їх здійснення, узгодженістю цілей підсистем різного рівня.

**Задачі синтезу структури комплексів БПС.** Під час синтезу структури системи комплексів БПС з'являється необхідність вирішення наступних задач:

- 1) формалізації функціональних та інформаційних задач комплексів і їх взаємозв'язків, у тому числі вибір (синтез) типових підсистем ЗНС;

- 2) вибір варіантів побудови засобів ЗНС та їх розміщення;
- 3) вибір варіантів виконання функціональних задач та їх етапів;
- 4) вибір варіантів формування інформаційних полів;
- 5) формалізація відображення множини взаємопов'язаних задач управління і їх етапів на множини взаємопов'язаних елементів (вузлів);
- 6) виділення істотних частин, агрегування та їх оптимізації;
- 7) вибір оптимальних варіантів побудови системи;
- 8) планування етапів створення обраного варіанту комплексів БПС.

При цьому під синтезом структури комплексів БПС розуміють процес послідовного вирішення взаємопов'язаних задач синтезу основних елементів і частин комплексу за заданими критеріями оптимальності.

Під оптимальним варіантом реалізації структури системи розуміють підграф  $G^* \subset G$ , що володіє наступними властивостями:

- 1)  $G^*$  – модель одного з допустимих варіантів реалізації структури системи;
- 2) система, що реалізується відповідно до моделі  $G^*$ , найкращим чином задовольняє заданим вимогам до характеристик якості синтезованої системи.

**Задача 8.** Якщо позначити  $G_1$  – граф, що задає варіанти складу і взаємозв'язків можливих елементів системи;  $G_i^* \in G_1$  – підграф, що задає один з можливих варіантів реалізації елементів системи з їх взаємозв'язками;  $G_\Phi$  – граф взаємозв'язків виконання альтернативних функцій управління системи;  $G_\Phi^* \in G_\Phi$  – підграф, що задає один з можливих варіантів реалізації функцій системи;  $f$  операція відображення графа  $G_\Phi$  на граф  $G_1$  визначає розподіл виконуваних системою функцій за елементами системи;  $F_n (n = \overline{1, g})$  – характеристики якості створення і функціонування системи. Тоді задача синтезу структури може бути представлена наступним чином

$$\text{extr} \Psi_0 \left\{ (G_\Phi^* \in G_\Phi) \xrightarrow{f} (G_i^* \in G_1) \right\}, \quad (2.28)$$

$$\Psi_{F_n} \left\{ (G_\Phi^* \in G_\Phi) \xrightarrow{f} (G_i^* \in G_1) \right\}, \quad (2.29)$$

$$F_k \in f, \quad k = \overline{1, n} \quad (2.30)$$

У статичній задачі (2.28), (2.29) склад і розподіл функцій, а також склад реалізуючих їх вузлів визначаються для деякого заданого перспективного періоду часу. Після вирішення статичної задачі синтезу структури системи зазвичай вирішується задача синтезу оптимального плану реалізації системи.

**Задача 9.** У динамічній задачі синтезу структури складної системи на відміну від статичної задачі 8 оптимізується не тільки склад підсистем, взаємозв'язку між ними і розподіл функцій по вузлах системи для заданого моменту часу, але і синтезується план розвитку структури системи.

Процес розвитку складних систем може включати в себе ряд етапів, на кожному з яких перед системою ставляться певні цілі, яких вона повинна досягти, і структура системи повинна розвиватися таким чином, щоб бути пристосованою до цих змін. Залежно від ступеня інформованості про характер подальшого розвитку можуть бути виділені моделі розвитку структури систем з заданим кінцевим станом і з рядом проміжних контрольованих станів.

Тоді динамічна задача синтезу структури складних систем полягає у виборі для заданої сукупності моментів контролю за розвитком системи такої сукупності підсистем управління, взаємозв'язків між ними і такого розподілу функцій по елементам системи на кожному з етапів її розвитку, щоб виконувалися вимоги до характеристик якості системи на різних етапах її розвитку.

Використовуємо позначення статичної задачі синтезу структури (2.28), (2.29) і нехай:

$t = \overline{1, T}$  – послідовність етапів розвитку системи. Тоді динамічна задача синтезу структури системи може бути представлена наступним чином:

$$\text{extr} \Psi_0^t \left\{ (G_{\Phi}^t \in G_{\Phi}^t) \rightarrow (G_1^t \in G_1^t) \right\}, \quad (2.31)$$

$$\Psi_{F_n}^t \left\{ (G_{\Phi}^t \in G_{\Phi}^t) \rightarrow (G_1^t \in G_1^t) \right\}, \quad (2.32)$$

$$F_k \in f, k = \overline{1, n}; t = \overline{1, T} \quad (2.33)$$

У тих випадках коли динаміка розвитку системи чітко не визначена, але можлива зміна її використання, при синтезі структури системи повинна бути передбачена її гнучкість, тобто, здатність до перебудови, можливо, з деякою втратою ефективності функціонування.

Для вирішення задач структурного синтезу у вигляді (2.28) – (2.30) або (2.31) – (2.33) необхідний оптимальний набір характеристик  $F_k, k = \overline{1, n}$ . Їхні оптимальні значення можуть бути отримані в результаті параметричного синтезу.

**Задача 10.** Синтез параметрів комплексів БПС зводиться до визначення такого набору показників якості  $\vec{F}$  і параметрів  $\vec{\lambda}\{F, \lambda\}$ , при якому оцінка фазових координат  $Y^*$  за можливості менше відрізняється від спостережуваного вектора  $Y$ . Якщо функція відносної значущості або цінності спільної реалізації фазових координат  $\vec{Y}$  і оцінки  $\vec{Y}^*$  визначена як функція втрат  $r(\vec{Y}^*, Y)$ , то задача синтезу вирішується шляхом мінімізації середнього ризику (2.19).

Такий підхід до синтезу параметрів складний тим, що необхідно мати інформацію про функції розподілу спостережуваних фазових координат, потрібне знання функції ціни.

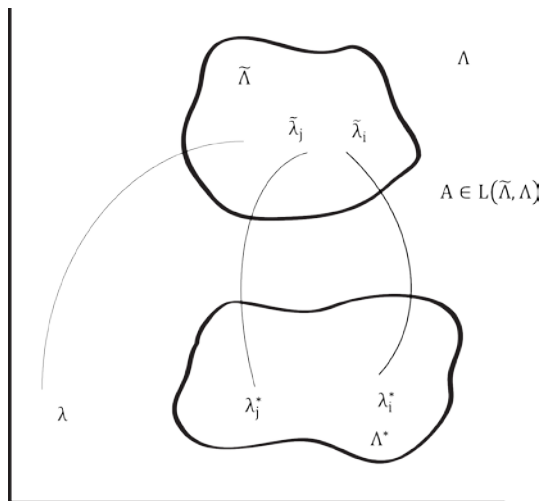
Якщо синтез параметрів вести за показниками послідовності результатів подій у системі застосування комплексів БПС, які розглянуті вище, то в цьому випадку не потрібно моделювання фазових траєкторій, що спрощує процес пошуку рішення.

Задачу синтезу параметрів можна поставити як задачу побудови області допустимих значень параметрів – знаходження її межі, як замкнутої множини. Використовуючи цей підхід можна сформулювати задачу синтезу параметрів у загальному вигляді.

Позначимо (рис. 2.4а) множину можливих параметрів системи у просторі параметрів через  $\Lambda \subset R^g$ , множина вихідних елементів  $\bar{\Lambda} \subset \Lambda$  – область задачі вихідних значень параметрів, а через  $\Lambda^* \subset \Lambda$  позначимо множину допустимих (бажаних) параметрів, значення яких визначає необхідну якість функціонування засобів ЗНС. Якщо з  $\bar{\Lambda}$  на  $\Lambda^*$  може бути побудовано відображення, то в загальному випадку задача синтезу формулюється так: потрібно знайти оператор  $A \in L(\bar{\Lambda}, \Lambda)$ , де – сімейство відображень з  $\bar{\Lambda}$  на  $\Lambda$  з обмеженою нормою, щоб деяка функція  $\Phi(\lambda^*, \lambda), \lambda^* \in \Lambda^*, \lambda \in \Lambda$ , досягла екстремуму, що визначається граничним значенням показника якості функціонування системи. Множина  $\bar{\Lambda}$  є областю визначення оператора  $A$ , а множина  $\Lambda^* \subset \Lambda$  всіх таких  $\lambda$  – областю значень оператора.

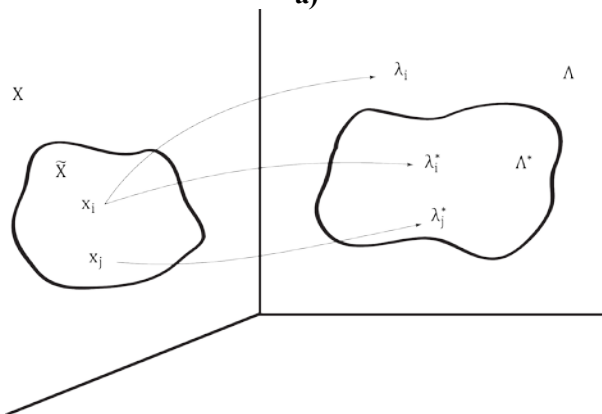


На рис. 2.4б показано підмножину  $\bar{X} \in X$ , яку можна буде взяти в якості вихідної. Для такого випадку змінюється структура оператора  $A: \{\bar{X} \rightarrow \lambda | X \in X, \lambda \in \Lambda, A \in L(X, \Lambda)\}$ .



$$\Phi(\lambda^*, \bar{\lambda}) = \text{extr} \Phi(\lambda^*, \lambda); A \in L(\bar{\Lambda}, \Lambda); (\lambda \in \Lambda)$$

а)



б)

Рисунок 2.4 – До пояснення задачі синтезу допустимих значень параметрів

Прийемо ймовірну природу просторів  $\Lambda, \Lambda^*, \tilde{\Lambda}$  так, що може бути побудована ймовірнісна міра і введена функція щільності ймовірностей. Особливості побудови ймовірнісних характеристик пов'язані з розглянутим вище модельним поданням. Припускаємо, що оператор  $A$  лінійний, а на функцію  $\Phi(\lambda^*, \lambda)$  можуть бути накладені різні обмеження, що відображають вимоги до критерію якості функціонування системи.

Таким чином, можемо записати математичну задачу визначення областей допустимих значень параметрів КБПС як математичну задачу синтезу.

У символічному вигляді цю задачу запишемо наступним чином. Задано:

$$\begin{aligned} \Lambda &\subset \mathbb{R}^k; \lambda \in \Lambda; \tilde{\Lambda} \subset \Lambda; \tilde{\lambda} \in \tilde{\Lambda}; \\ \lambda^* &\in \Lambda^*; A: \tilde{\Lambda} \rightarrow \Lambda; A \in L(\tilde{\Lambda}, \Lambda) \end{aligned} \quad (2.34)$$

Для  $\Phi(\lambda^*, \lambda)$  потрібно визначити оператор  $A$ , що задовольняє умові

$$\begin{aligned} \Phi(\lambda^*, \tilde{\lambda}) &= \text{extr} \Phi(\lambda^*, \lambda). \\ A &\in L(\tilde{\Lambda}, \Lambda) \\ \lambda &\in \Lambda \end{aligned}$$

Оскільки простір параметрів носить ймовірнісний характер, то функція  $\Phi(\lambda^*, \lambda)$  є випадковою величиною і її конкретне значення не може служити критерієм оптимальності. Тоді в загальній постановці задача синтезу, до якої зводяться всі інші задачі, доцільно використовувати математичне сподівання функції  $\Phi(\lambda^*, \lambda)$ :

$$\begin{aligned} \Phi(\lambda^*, \tilde{\lambda}) &= \text{extr} M \Phi(\lambda^*, \lambda). \\ A &\in L(\tilde{\Lambda}, \Lambda) \\ (\lambda &\in \Lambda) \end{aligned}$$

Сформульовані математичні задачі дозволяють забезпечити ергодизайнерське проектування комплексів БПС.

### 3 ЕРГОДИЗАЙНЕРСЬКИЙ АНАЛІЗ РОБОЧИХ МІСЦЬ ЗОВНІШНІХ ПЛЮТІВ (ОПЕРАТОРІВ) БПС

З позиції ергодилайну найбільш «вразливими» з точки зору ефективності функціонування комплексів БПС є робочі місця операторів, раціональне проектування та ергодилайнерська організація робочого простору на яких може значно підвищити експлуатаційні характеристики безпілотних авіаційних систем. Тому доцільно детальніше розглянути процедури ергодилайнерського РМ оператора, як ключової складової аналізу комплексів БПС.

Як зазначалося у попередніх розділах ергодилайнерське оцінювання промислових виробів (основні вимоги до якого унормовує розроблений авторами ДСТУ 7247 [21]), у тому числі складових комплексів БПС, фактично полягає у визначенні *ергономічного, функційного і естетичного рівнів якості* – основних показників споживчих властивостей. Функційні показники робочих місць у разі оцінювання їхньої організації часто збігаються з ергономічними показниками. Естетичний рівень якості, насамперед важливий для виробів побутового призначення. Отже, під час ергодилайнерського аналізу організації робочих місць *ергономічні показники розглядають у якості основних*. Кожен з видів оцінювання – ергономічне, естетичне, функційне – може проводитися окремо або у рамках комплексної дизайн-ергономічної експертизи конкретного робочого місця, але треба пам'ятати, що загальне уявлення про якість промислового виробу може надати лише комплексна експертиза його основних властивостей [69].

Ергономічний аспект постановки питання оцінювання якості промислових виробів ґрунтується на поняттях ергономічних властивостей людини, ергономічної норми, ергономічних вимог і описується системою ергономічних показників, наведених авторами у [16, 17].

Ергономічні вимоги (попередні розділи) спрямовані на досягнення необхідного рівня властивостей, що повинна здобути система, окремий компонент системи та інші об'єкти в процесі їхнього проектування та реалізації.

Під час побудови комплексу ергономічних вимог необхідно пам'ятати, що використання наявних у літературі ергономічних вимог до промислових виробів (зокрема, до засобів відображення інформації,

пультів і органів керування) дуже часто обмежено рамками тієї діяльності, під час вивчення якої вони були отримані.

Основні ергономічні принципи і методи досліджень, застосовні для аналізу робочих місць, докладно розглянуто у [66].

В узагальненому вигляді методика ергономічного аналізу робочого місця має містити три етапи.

**1-й етап – ергономічний аналіз робочого місця.** Він вміщує ергономічне обстеження робочого місця з метою встановлення ергономічних чинників, які можуть впливати на людину в процесі праці, і визначення їхніх параметрів.

**2-й етап – аналіз реакцій організму оператора на трудове навантаження.** На цьому етапі мають проводитися дослідження функційного стану організму людини під час роботи й установлюватися рівень функціонування систем організму людини під час обслуговування устаткування на конкретному робочому місці.

**3-й етап – ергономічне оцінювання робочого місця.** Цей етап має полягати в оцінюванні ергономічних чинників з погляду відповідності їхніх параметрів ергономічним вимогам.

Зазначимо, що *другий етап методики ергономічного аналізу звичайно проводять, якщо оцінюють складні СЛТС з підвищеною відповідальністю операторів внаслідок високої «ціни помилки» (наприклад, енергетичні системи, системи керування АЕС, складні виробничі системи).*

Отже, ергономічне обстеження робочих місць зовнішніх пілотів БПС має містити два етапи: ергономічний аналіз робочого місця та ергономічне оцінювання робочого місця. Такі самі етапи має містити функційний та естетичний аналіз робочого місця.

### **3.1 Ергодизайнерський аналіз робочих місць операторів БПС**

**Ергономічний аналіз.** Під час оцінювання робочих місць необхідно спиратися на уявлення про робоче місце як про малу ергатичну систему. Таке уявлення є найбільш перспективним і прогресивним. Системний підхід припускає охоплення всіх компонентів систем «людина – техніка – середовище»: людини, засобів праці, предмета праці тощо. Виходячи з цього, в

ергономічному аспекті доцільно розглядати робоче місце як просторово-організаційну структуру «малої» системи «людина-машина» й під час її оцінювання виявляти ступінь відповідності ергономічним вимогам системи в цілому, а також її компонентів, насамперед БПС і робочого місця оператора, у конкретних умовах їхньої експлуатації. Робоче місце оператора у цьому випадку – найважливіший ергатичний компонент системи, оскільки саме він є найактивнішим об'єктом взаємодії «людина-машина» у СЛМ, в якій функціонує БПС. Ось чому у цій публікації найвищу увагу надано робочому місцю оператора, а саме – методиці його ергодизайнерського оцінювання та рекомендаціям з організації.

Неважко побачити в такому підході взаємозв'язок двох аспектів – гуманістичного й техніко-економічного. Зупинимось на першому з них. У його рамках чітко виявляється цільова спрямованість ергономічного оцінювання робочого місця на виявлення ступеня відповідності параметрів робочого місця окремим властивостям людини – антропометричним, фізіологічним, психофізіологічним, психологічним – і вимогам, обумовленим впливом середовища на здоров'я й працездатність людини. У разі такого підходу окремі сторони й елементи СЛМ повинні розглядатися, насамперед, незалежно один від одного, а потім і в цілому з виявленням взаємозалежного впливу чинників системи на діяльність людини й функціонування всієї ергатичної системи.

Ергономічне оцінювання системи та її елементів повинно виконуватися виходячи з комплексних критеріїв, що відбивають ступінь ефективності (продуктивність, точність, надійність) і гуманності (відповідність можливостям людини, безпека для здоров'я, рівень напруженості функцій фізіологічних систем і стомлення людини, ступінь емоційного впливу на неї процесу праці).

Зазначений підхід до організації й оцінювання СЛМ розглядається фахівцями [70] як доцільний у методичному плані й у практичному відношенні. Ними запропоноване послідовне проведення операцій ергономічного аналізу: системи – від загального до окремого (до рівня окремого робочого місця), а робочого місця – від окремого до загального (від людини до машини, робочого простору й середовища). Тим самим

забезпечується охоплення всього комплексу чинників, що формують систему «людина-машина». При цьому забезпечується орієнтація на проблему в цілому з урахуванням рекомендацій не однієї, а ряду базових наукових дисциплін, пов'язаних з ергономікою. Оптимальне вирішення робочого місця, наприклад, для роботи в положенні сидячи, може бути досягнуто, якщо під час конструювання робочого місця враховані не тільки вимоги фізіології й антропології, але й соціально-психологічні й естетичні аспекти створення комфорту під час роботи, правильно організований весь трудовий процес.

Виходячи зі сказаного, під час ергономічного проектування й аналізу робочого місця підлягають вивченню його наступні параметри:

а) особливості робочого місця, що характеризують його як систему: цільове призначення; розподіл функцій між людиною й машиною (ступінь автоматизації), специфіка трудового процесу на даному встаткованні; організація праці; склад технічних засобів; режим праці;

б) параметри, що характеризують просторову організацію робочого місця в цілому: розміщення в приміщенні НСК; розміри проходів, робочого простору, робочих зон, робочих поверхонь елементів устаткування; простору для ніг (стоп);

в) параметри, що характеризують елементи робочого місця та їхнє конкретне розміщення (органи керування – ОК, засоби відображення інформації – ЗВІ, засоби колективного захисту, робоче сидіння, допоміжне устаткування);

г) параметри, що характеризують виробниче середовище робочого місця (рівні фізичних, хімічних, біологічних чинників).

Зазначені параметри розглядаються з погляду їхнього безпосереднього впливу на виконання людиною функцій з керування устаткуванням і його обслуговуванням і опосередкованим впливом (через працездатність людини, мотивацію праці, стан здоров'я) на ефективність функціонування системи «людина-машина».

Початковим моментом під час аналізу робочих місць є встановлення їхніх класифікаційних ознак залежно від особливостей, пов'язаних з характером діяльності, організацією праці й устаткуванням. Робочі місця розрізняють за *ступенем*

*автоматизації* (автоматизовані, механізовані й для ручної роботи); за *ступенем спеціалізації* виробництва (універсальні, спеціалізовані й спеціальні), що впливає на склад основного й допоміжного устаткування, повторюваність робочих прийомів, порядок обслуговування тощо; за *кількістю зайнятих робітників* (індивідуальні, групові, колективні) тощо.

Ергономічний аналіз робочого місця базується на дослідженні специфіки трудової діяльності, виконуваної на даному робочому місці, виявленні чинників, що характеризують трудовий процес і впливають на ефективність функціонування СЛМ. У цих цілях застосовують такі методи, як хронометраж, спостереження, опитування робітників, аналіз помилок і зв'язків, професіографію, заповнення працюючими спеціально розроблювальних карток-опитувальників.

**Функційний аналіз робочих місць операторів БПС.** Завданням *функційного аналізу* є визначення елементів системи й відносин між ними. Функційний аналіз системи є фундаментом для її оцінювання. Така роль функційного аналізу особливо важлива для фахівців з оцінювання якості, тому можна, наприклад, стверджувати, що *функційний аналіз повинен бути підставою для вибору номенклатури показників якості*.

Прийоми, використовувані з метою одержання вихідної інформації для функційного аналізу діяльності оператора є самими різноманітними. Це може бути:

- витяг інформації з технічних і експлуатаційних документів (наприклад, з Настанови з льотної та технічної експлуатації або з Регламенту передстартових перевірок);
- ергономічне обстеження устаткування;
- спостереження за ходом процесу експлуатації та поведінням персоналу;
- бесіда з персоналом;
- самозвіт персоналу в процесі діяльності;
- анкетування;
- хронометрія;
- об'єктивна реєстрація й вимірювання складових трудового процесу (відеозйомка напрямку погляду й показань приладів, записування рухів органів керування з вимірюванням сили впливу, магнітофонна реєстрація повідомлень тощо);

- реєстрація показників деяких фізіологічних функцій працюючих (пульс, ЕКГ тощо);
- реєстрація й аналіз кількості і якості помилок працюючого;
- вимірювання параметрів середовища;
- лабораторний і натурний експеримент.

Особливий інтерес може представляти документація, що описує діяльність оператора (операторів). Для цілей аналізу подібні документи можна було б розділити на групи, які несуть інформацію щодо таких чинників: змісту та організації трудової діяльності, пристроїв системи керування, особливостей середовища; підсумків діяльності; індивідуальних особливостей персоналу.

При сучасному рівні інформації можна з достатнім ступенем упевненості вважати, що для значної кількості промислових виробів у світі техніки можна знайти *аналог* – один або декілька виробів, що мають близьке конструктивне вирішення й подібну цільову функцію. Тому доцільно ретельне дослідження процесу експлуатації аналогів аналізованого виробу для того, щоб виявити елементи функційного процесу, які повторюються під час експлуатації аналогів, і мати можливість вичленувати «типові елементи» цього процесу. Це дозволяє порівнювати аналоги між собою й з аналізованим виробом.

Пропонуються також різні варіанти психофізіологічних *класифікацій діяльності операторів*. В основу класифікації покладено ряд ознак: характер системи, тип перероблення інформації, часові характеристики, кінцевий ефект, одержуваний від функціонування системи тощо. Подібні класифікації повинні бути підставою для функційно-алгоритмічного аналізу: розчленовування операції на елементарні дії й логічні умови їхнього виконання з наступним об'єднанням у більші структури й формалізований опис діяльності.

**Але зазначимо, що у випадку ергодизайнерського оцінювання робочих місць більшість функційних показників АРМ оператора БПС співпадає з ергономічними показниками. Це пояснюється тим, що *оператор і є основною функційною ланкою АРМ*, а якщо так, то й розглядати функційні показники такого РМ можна лише на основі *врахування властивостей***



*оператора, тобто на основі тих самих ергономічних показників.*

**Естетичний аналіз робочих місць операторів БПС.**  
Естетична оцінка має бути цілісною відповідно до її природи – естетичної цінності. Розчленовування естетичної оцінки на ряд елементарних показників (існуючі методики припускають два послідовних рівня такого розчленовування – на комплексні показники другого рівня й одиничні показники), які потім підсумовують в інтегральному показнику, є лише формальним прийомом, допустимим для кращого аналізу естетичних властивостей виробу з метою подальшого усунення відмічених недоліків.

Цілісність естетичної оцінки та її якісний характер не виключають послідовно розгорнутого й чітко структурованого аналізу підстав, які приводять до певного ціннісного судження. Ці підстави не повинні, однак, виступати як складові цінності. Так само й структура, до якої наведена їхня характеристика, повинна відповідати цільовому призначенню: пошуку можливостей удосконалювання формотворного процесу в одних випадках, розвитку ціннісних настанов і здатності ціннісного судження у споживачів – в інших. У першому випадку предметом аналізу стають результати певних фаз творчого процесу, використані професійні прийоми й методи в їхньому співвіднесенні із цілісною оцінкою результату й суб'єктивним фактором цінності. У другому випадку аналіз повинен розкрити для споживача цільові настанови творчості дизайнера, показати зміст привнесених ним новацій; такий аналіз повинен допомогти споживачеві співвіднести нове й незнайоме з актуальними потребами та їхнім ймовірним розвитком. В обох випадках завданням аналітичного розбору є не тільки критика недоліків, що знижують естетичну цінність, але й виявлення позитивних сторін досягнутого в порівнянні з наявним, підтримка прогресивної новизни, розгорнуте дослідження суб'єктно-об'єктних залежностей і місця розглянутого об'єкта в системах середовища й культури.

У рамках такої цільової настанови доцільно виділити чотири взаємозалежних і взаємодоповнюючих аспекти досліджень естетичної цінності:

1) структурно-композиційний аналіз робочого місця оператора БПС;

2) аналіз споживчих переваг під час роботи оператора на цьому робочому місці;

3) аналіз естетичної ситуації, пов'язаної з роботою на цьому робочому місці;

4) аналіз взаємодії цього робочого місця й довкіллям в якому воно функціонує.

У першому аспекті форму РМ розглядають стосовно певного культурно значимого змісту та закономірностей його внутрішньої організації як цілісності. У таку цілісність опосередковано входять властивості функційно-конструктивної структури й технології створення РМ, які одержують специфічне художньо-образне осмислення й переломлення в цільовій настанові формоутворення. РМ при цьому розглядають у своїй утилітарній функції з одного боку, і як носій значень, знак, символ – з іншого.

У другому аспекті РМ розглядають у структурі властивих йому функцій, потреб і переваг. Матеріалом для цього повинні служити дані соціологічних і соціо-психологічних досліджень, а в певних випадках – і психології особистості.

У третьому аспекті взаємодію РМ і оператора конкретизують на основі вивчення практичних робочих ситуацій.

У четвертому аспекті досліджують зовнішні зв'язки РМ. Середовищний фактор по-різному проявляється стосовно різних РМ і для деяких відіграє першорядну роль в утворенні естетичної цінності.

Естетичний аналіз рекомендовано виконувати для спеціально створених РМ, наприклад, таких як РМ операторів диспетчерських АЕС, енергетичних і транспортних систем, високоавтоматизованих систем контролю, а також для РМ операторів стаціонарних НСК.

### 3.2 Ергономічне оцінювання робочих місць операторів БПС

Ергономічне оцінювання, чи оцінювання ергономічного рівня якості промислових виробів є частиною ергодизайнерського оцінювання, або дизайн-ергономічної експертизи якості, основні положення якої встановлює ДСТУ 7247 [21].

Оцінювання ергономічного рівня якості РМ оператора БПС проводиться з метою встановлення ступеня відповідності показників РМ ергономічним вимогам і направлене на підвищення ергономічного рівня РМ, створення умов для високої продуктивності праці за рахунок підвищення працездатності оператора разом із забезпеченням безпечних умов діяльності.

Оцінювання ергономічного рівня якості доцільно проводити на стадіях розроблення технічної документації та розроблення дослідного зразка, під час модернізації виробу або встановлення його якості в ряді існуючих аналогів.

РМ БПС, що підлягає ергономічному оцінюванню під час виготовлення й експлуатації, має відповідати вимогам безпеки і має досліджуватися в умовах і режимах, що передбачені нормативною і технічною документацією.

Основні положення дизайн-ергономічної експертизи якості (ДЕЕ) промислової продукції, до якої належить РМ оператора БПС, встановлює ДСТУ 7247. Вимоги до суб'єктів ДЕЕ (експертів, методів опитування, карт опитування) встановлено у розділі 4.1 ДСТУ 7247.

Критеріями оцінювання РМ операторів БПС є базові показники, що встановлюються на основі аналізу граничних значень і вимог нормативних документів.

ДЕЕ РМ виконують за методами оцінювання якості, встановленими в розробленими авторами ДСТУ 7247 [21], ДСТУ 7298 [22] і ДСТУ 7895 [23], ДСТУ 7896 [24].

Процедура виконання ДЕЕ РМ оператора БПС відповідає зазначеній у розділі 5 ДСТУ 7247. Правила оцінювання *ергономічного рівня якості* – згідно з вимогами ДСТУ 7895.

Об'єктом *ергономічного оцінювання* є ергономічні властивості РМ операторів БПС, що характеризуються розробленими авторами показниками якості, викладеними в ДСТУ 3963 [16] і ДСТУ 4055 [17] (див. розділ 2), а також ДСТУ 8603 [25].

Ергономічні показники якості автоматизованих робочих місць (АРМ) операторів БПС розроблено вперше і наведено у табл. 3.1

**Таблиця 3.1 – Показники якості АРМ оператора БПС.  
Ергономічні показники**

<b>Комплексний показник 1-го рівня: Зручність використання АРМ оператора БПС</b>	
<b>Комплексний показник 2-го рівня</b>	<b>Одиничний показник</b>
Рациональність розподілу функцій між оператором і технічними засобами	Рівень оптимальності завантаження оператора
	Рациональність організації і алгоритму діяльності оператора
	Рівень обґрунтованості функцій (дій), що виконуються виключно з санкцій оператора
	Рівень резерву людського чинника (функції оператора в разі відмови системи)
Зручність конструкції	Загальна відповідність розмірів АРМ виконуваним завданням (див. ДСТУ ISO 11064-4) для роботи: сидючи
	стоячи
	сидячи-стоячи
	Рівень забезпечення в конструкції АРМ регулювання робочих поверхонь
	Рівень забезпечення в конструкції АРМ можливості регулювання відстаней спостереження
	Забезпечення в конструкції АРМ можливості зміни кутів оглядовості
	Забезпечення в конструкції АРМ візуального виділення специфічних груп приладів (кольором, компонуванням тощо)
	Наявність в конструкції АРМ сигналізації щодо виходу з ладу ОК
	Наявність в конструкції АРМ сигналізації щодо виходу з ладу ЗВІ
	Відповідність робочих поверхонь ергономічним вимогам щодо твердості, кольору, жорсткості

Продовження табл. 3.1

<b>Комплексний показник 1-го рівня: Зручність використання АРМ оператора БПС</b>	
<b>Комплексний показник 2-го рівня</b>	<b>Одиничний показник</b>
	Наявність перед дисплеєм робочої поверхні для ведення записів, розміщення клавіатури, устаткування зв'язку тощо
	Відповідність ергономічним вимогам рівнів освітлення (природного, загального, локального) АРМ та його елементів
Рациональність компонування	Відповідність компонування АРМ виконуваним завданням (див. ДСТУ ISO 9441-5, ДСТУ ISO 11064-4)
	Відповідність основної робочої пози оператора АРМ структурі діяльності (див. ДСТУ ISO 9241-5)
	Відповідність взаємного розташування складових АРМ вимогам діяльності (див. ДСТУ 7299)
	Відповідність взаємного розташування ОК і ЗВІ структурі виконуваних завдань (ДСТУ ISO 9441-5, ДСТУ ISO 11064-4)
	Відповідність ергономічним вимогам організації місця для ніг при виконанні робіт у позі сидячи
	Відповідність оглядовості складових АРМ ергономічним вимогам
	Відповідність взаємного розташування ОК і ЗВІ ергономічним вимогам
	Забезпечення в компонуванні складових АРМ відстаней, рекомендованих для одночасної взаємодії з ОК
	Забезпечення функційності групування ОК і ЗВІ
	Забезпечення достатньої свободи переміщень оператора в межах АРМ під час виконання робіт стоячи

Продовження табл. 3.1

<b>Комплексний показник 1-го рівня: Зручність використання АРМ оператора БПС</b>	
<b>Комплексний показник 2-го рівня</b>	<b>Одиничний показник</b>
Відповідність конструкції антропометричним характеристикам оператора	Урахування в конструкції АРМ розмірів тіла людини і його частин (див. ДСТУ EN 547-1, ДСТУ EN 547-2, ДСТУ EN 547-3, ДСТУ ISO 11064-4, ДСТУ ISO 14738)
	Урахування в конструкції АРМ форми тіла людини та його частин
	Відповідність відстаней до органів керування антропометричним характеристикам оператора
	Відповідність форми захватних частин ОК антропометричним особливостям рук (ніг) оператора і характеру захвату
Психофізіологічне навантаження оператора	Відповідність ергономічним вимогам застосованих в АРМ принципів взаємодії оператора з ОК та ЗВІ (див. ДСТУ EN 894-1)
	Відповідність рівня точності приладів необхідній точності показників
	Рівень монотонності роботи оператора
	Рівень інформаційного навантаження оператора
	Рівень нервово-психічної та емоційної напруженості діяльності оператора
	Рівень забезпечення можливості виконання операцій скоординованою системою рухів
	Рівень відхилення оптимальних рухів оператора АРМ від фізіологічно раціональних характеристик
Відповідність ергономічним вимогам рівня стомлення оператора	Рівень статичного напруження оператора АРМ
	Рівень зниження емоційного фону оператора за час роботи на АРМ
	Рівень погіршення функційного стану оператора за час роботи на АРМ
	Забезпечення засобами підтримки для ліктів, рук, передпліч, спини оператора

Продовження табл. 3.1

<b>Комплексний показник 1-го рівня: Зручність керування і контролю (керованість) АРМ оператора БПС</b>	
<b>Комплексний показник 2-го рівня</b>	<b>Одиничний показник</b>
Відповідність ергономічним вимогам органів керування (ОК)	Відповідність ергономічним вимогам принципів взаємодії оператора з ОК (див. ДСТУ EN 894-1)
	Відповідність ергономічним вимогам застосованих в АРМ ОК (див. ДСТУ EN 894-3, ДСТУ ISO 9241-9)
	Рівень уніфікації типів та способів організації застосованих в АРМ ОК
	Відповідність ергономічним вимогам застосованих в АРМ засобів кодування ОК (див. ДСТУ ІЕК 60073)
	Відповідність ергономічним вимогам зусиль, необхідних для приведення ОК в дію
	Відповідність форми, розмірів і матеріалу ОК виконуваним з ними діям
	Рівень можливості визначення стану керованого об'єкту (процесу) завдяки положенню ОК (увімкнено-вимкнено)
	Відповідність ергономічним вимогам контрастів між ОК і поверхнями АРМ
Відповідність ергономічним вимогам розміщення ОК	Відповідність розміщення органів керування виконуваним завданням (див. ДСТУ ISO 11064-4, ДСТУ ISO 9241-5, ДСТУ ISO 7250)
	Відповідність розміщення ОК зонам досяжності моторного поля оператора у певній робочій позі
	Відповідність ергономічним вимогам способів об'єднання декількох ОК у групи (панелі)
	Відповідність взаємного розташування панелей і органів керування алгоритму діяльності оператора

Продовження табл. 3.1

<b>Комплексний показник 1-го рівня: Зручність керування і контролю (керуваність) АРМ оператора БПС</b>	
<b>Комплексний показник 2-го рівня</b>	<b>Одиничний показник</b>
Відповідність ергономічним вимогам засобів відображення інформації (ЗВІ)	Відповідність ергономічним вимогам застосованих в АРМ способів кодування візуальної інформації (див. ДСТУ ІЕС 61310-1, ДСТУ 7245)
	Відповідність форми і розмірів ЗВІ виконуваним з ними діям
	Відповідність інформаційних елементів АРМ ергономічним вимогам щодо контрастності, кольору, фактури поверхонь
	Відповідність ергономічним вимогам кутів оглядовості ЗВІ
	Відповідність ергономічним вимогам використовуваної в АРМ знаково-графічної інформації (текстів, цифр, схем, таблиць, марковань, познач тощо)
	Відповідність ергономічним вимогам роботи з відеотерміналами (див. ДСТУ ISO 9241-1, ДСТУ ISO 13406-2)
	Відповідність дисплеїв, застосованих в АРМ, виконуваним завданням (див. ДСТУ ISO 11064-4)
Відповідність ергономічним вимогам розміщення ЗВІ	Відповідність розміщення ЗВІ рекомендованим зонам візуального спостереження (див. ДСТУ ISO 11064-4)
	Відповідність ергономічним вимогам оглядовості панелей та окремих ЗВІ
	Відповідність ергономічним вимогам розміщення ЗВІ та їх функційної взаємодії з оператором (див. ДСТУ EN 894-1, ДСТУ EN 894-2)
	Відповідність рівнів яскравості інформаційних елементів ЗВІ ергономічним вимогам



Продовження табл. 3.1

<b>Комплексний показник 1-го рівня: Зручність керування і контролю (керованість) АРМ оператора БПС</b>	
<b>Комплексний показник 2-го рівня</b>	<b>Одиничний показник</b>
Відповідність ергономічним вимогам засобів акустичної і тактильної інформації	Відповідність характеру акустичних і тактильних повідомлень (простий, складний, періодичний, безперервний тощо) алгоритму діяльності оператора
	Відповідність засобів подання акустичної і тактильної інформації (тон, вібрація, конфігурація, температура тощо) алгоритму діяльності оператора
	Відповідність ергономічним вимогам засобів кодування акустичних і тактильних сигналів (див. ДСТУ ІЕС 61310-1, ДСТУ ІЕС 60073)
	Відповідність ергономічним вимогам сигналізаторів звукових мовних повідомлень (див. ДСТУ 7246:2011)
Опановність АРМ	Адекватність, стереотипність, структурна впорядкованість інформаційної моделі
	Достатність інформації щодо АРМ і керованих процесів
	Надмірність інформації щодо АРМ і керованих процесів
Відповідність ергономічним вимогам експлуатаційної документації	Комплектність експлуатаційної документації
	Зрозумілість викладення інформації експлуатаційної документації
	Якість (чіткість, масштабність, логічність розміщення) ілюстрацій, схем, графічних елементів експлуатаційної документації
	Доступність викладу інструкцій з експлуатації складових АРМ
	Структурованість і доступність допоміжної інформації для експлуатації АРМ

Продовження табл. 3.1

<b>Комплексний показник 1-го рівня: Зручність керування і контролю (керованість) АРМ оператора БПС</b>	
<b>Комплексний показник 2-го рівня</b>	<b>Одиничний показник</b>
Відповідність ергономічним вимогам обладнання і інструментів, необхідних для експлуатації АРМ	Складність алгоритму обслуговування і ремонту елементів АРМ
	Зручність доступу до регульованих і замінюваних елементів
	Наявність технічних засобів діагностування несправностей
	Зручність застосування контрольно-вимірювальної і діагностичної апаратури
	Забезпеченість комфортних умов обслуговування та ремонту складових АРМ
	Досяжність елементів АРМ під час технічного обслуговування, прибирання
<b>Комплексний показник 1-го рівня: Гігієнічність середовища розміщення АРМ оператора БПС</b>	
Відповідність ергономічним вимогам фізичних чинників середовища АРМ	Відповідність нормативам рівня шуму на АРМ (див. ДСТУ ISO 9241-6)
	Відповідність нормативам природного та штучного освітлення приміщення НСК, робочих поверхонь АРМ, ОК і ЗВІ (див. ДСТУ ISO 9241-6)
	Відповідність нормативам механічних вібрацій на АРМ (див. ДСТУ ISO 9241-6)
	Відповідність нормативам електромагнітних полів і статичної електрики в середовищі АРМ (див. ДСТУ ISO 9241-6)
	Відповідність нормативам температурних умов середовища АРМ (див. ДСТУ ISO 9241-6)
	Рівень захисту АРМ від протягів і пилу

Закінчення табл. 3.1

<b>Комплексний показник 1-го рівня: Безпечність АРМ оператора БПС</b>	
<b>Комплексний показник 2-го рівня</b>	<b>Одиничний показник</b>
Відповідність ергономічним вимогам хімічних та біологічних чинників середовища АРМ	Відповідність ергономічним вимогам рівнів концентрації шкідливих речовин у повітрі приміщення НСК
	Відповідність ергономічним вимогам вмісту шкідливих компонентів у матеріалах і покриттях АРМ
	Відповідність ергономічним вимогам рівнів вмісту мікроорганізмів (зокрема грибків) у повітрі або на поверхні елементів АРМ
	Рівень достатності засобів захисту від небезпечних ситуацій на АРМ
	Рівень безпечності чинників механічного, хімічного, електротехнічного походження
	Рівень захисту від впливу шкідливих випромінювань
	Рівень захисту від впливу екстремальних температур
	Відповідність ергономічним вимогам до звукових сигналів безпеки (див. ДСТУ EN 457)
	Відповідність вимогам до візуальних сигналів безпеки (див. ДСТУ EN 842, ДСТУ ISO 11428)
	Рівень додержання умов запобігання небезпечних випадків під час роботи з ЗВІ (див. ДСТУ EN 894-2)
	Рівень доступності до засобів, матеріалів, потрібних у разі виникнення небезпечних ситуацій на АРМ
	Рівень достатності засобів захисту ОК

### 3.3 Естетичне оцінювання робочих місць операторів БПС

Естетичне оцінювання, чи оцінювання естетичного рівня якості є частиною ергодизайнерського оцінювання, або дизайн-ергономічної експертизи якості, основні положення якої встановлює ДСТУ 7247 [21].

Основною особливістю оцінювання естетичного рівня є те, що естетичні норми – суб'єктивні, отже і естетичні властивості виробів мають суб'єктивний характер, а відтак мають оцінюватися за суб'єктивними шкалами, тобто експертним методом.

Естетичний рівень якості визначають на основі типової номенклатури показників, яка охоплює чотири ступені розгляду: групового естетичного показника якості, комплексних показників якості 1-го і 2-го рівня й одиничних показників якості продукції згідно з вимогами ДСТУ 3963 [16] і ДСТУ 4055 [17].

Для визначення естетичного рівня якості використовують один із трьох видів оцінювання показників: цілісного, комплексного або сполученого, які виконують за відповідними методами оцінювання згідно з вимогами розділу 4.4 ДСТУ 7247.

Цілісне оцінювання, здійснюване з використанням експрес-методу згідно з додатком В ДСТУ 7247, воно має оперативний характер, його виконують для оцінювання групового естетичного показника, що не потребує попереднього оцінювання комплексних і одиничних показників, визначення їхніх коефіцієнтів вагомості й містить цілісні судження експертів про естетичний рівень якості виробу. Цей вид оцінювання виконують під час дизайн-ергономічної експертизи якості готових виробів.

Комплексне оцінювання, що містить аналізування й оцінювання всієї сукупності естетичних властивостей виробів, здійснюють для оцінювання комплексних показників і завершують одержанням підсумкової оцінки естетичного рівня якості виробу методом середньозважених величин. Цей вид оцінювання застосовують для одночасного аналізування переваг і недоліків проектного виробу.

Сполучене оцінювання передбачає виконання цілісного та комплексного оцінювання як послідовних етапів і наступне об'єднання результатів. Сполучене оцінювання проводять у разі виникнення розбіжності результатів цілісного й комплексного оцінювання.

Правила оцінювання естетичного рівня якості промислової продукції встановлює ДСТУ 7298 [22].

Об'єктом *естетичного оцінювання* є естетичні властивості АРМ оператора БПС, що характеризуються відповідними показниками якості, розробленими згідно з ДСТУ 3963 [16] і ДСТУ 4055 [17] і встановленими в ДСТУ 8603 [25]. Естетичні показники якості АРМ оператора БПС розроблено уперше і наведено у табл. 3.2

**Таблиця 3.2** – Показники якості АРМ оператора БПС.  
**Естетичні показники**

<b>Комплексний показник 1-го рівня: Художня виразність АРМ оператора БПС</b>	
<b>Комплексний показник 2-го рівня</b>	<b>Одиничний показник</b>
Образна виразність	Відповідність образного вирішення АРМ сучасним уявленням щодо виробів даного виду
Оригінальність	Своєрідність використаних принципів формоутворення АРМ: пластичних, композиційних, компоновальних
	Своєрідність колірно-графічних елементів АРМ.
	Адекватність прийомів досягнення оригінальності складових АРМ вимогам доцільності
Декоративна виразність	Колірно-фактурна виразність використаних матеріалів, покриттів, декоративно-графічних елементів складових АРМ
	Адекватність прийомів досягнення декоративної виразності складових АРМ вимогам доцільності
Стильова єдність	Відповідність пластичного вирішення складових АРМ один одному
	Відповідність ознак зовнішнього вигляду складових АРМ один одному в рамках обраного стилю
Функційно-конструктивна зумовленість форми	Відповідність форми АРМ і його складових призначенню та умовам експлуатації
	Адекватність конструктивного вирішення форми АРМ і його складових вимогам доцільності
	Адекватність використання конструктивних прийомів організації елементів форми АРМ

Продовження табл. 3.2

<b>Комплексний показник 1-го рівня: Художня виразність АРМ оператора БПС</b>	
<b>Комплексний показник 2-го рівня</b>	<b>Одиничний показник</b>
Технологічна зумовленість форми	Відповідність форми АРМ і його складових вимогам технології виготовлення
Гармонійність об'ємно-просторової структури	Співвідпорядкованість основних і другорядних елементів форми АРМ за розмірами, пропорціями та масштабом
	Ступінь масштабності (візуальної відповідності розмірам тіла людини) АРМ і його складових
<b>Комплексний показник 1-го рівня: Цілісність композиційно-пластичного вирішення форми АРМ оператора БПС</b>	
<b>Комплексний показник 2-го рівня</b>	<b>Одиничний показник</b>
Пластичність форми	Морфологічна цілісність та виразність композиційно-пластичного вирішення форми АРМ
	Адекватність об'ємно-пластичного вирішення форми АРМ і його складових застосовуваним матеріалам і технологіям виготовлення
Художньо-графічна виразність	Композиційна обгрунтованість розташування графічних елементів
	Ступінь відповідності характеру шрифтів змістовому значенню написів
	Виразність функційної графіки
	Художня виразність графічних елементів

Закінчення табл. 3.2

<b>Комплексний показник 1-го рівня: Цілісність композиційно-пластичного вирішення форми АРМ оператора БПС</b>	
<b>Комплексний показник 2-го рівня</b>	<b>Одиничний показник</b>
Колірно-графічна сполучуваність елементів	Підпорядкованість колірних і графічних елементів загальному композиційному та колірно-графічному вирішенню
	Співпідпорядкованість колірних і графічних елементів АРМ
Колірно-фактурна сполучуваність елементів	Сполучуваність різних видів матеріалів, фактур, текстур, покриттів, використовуваних в елементах АРМ
	Узгодженість різних видів матеріалів, фактур, текстур, покриттів із формою, призначенням та умовами експлуатації АРМ
<b>Комплексний показник 1-го рівня: Досконалість виробничого виконання та збереженість вигляду АРМ оператора БПС</b>	
<b>Комплексний показник 2-го рівня</b>	<b>Одиничний показник</b>
Чистота виконання контурів	Якість сполучення поверхонь форми АРМ, виконання технологічних роз'ємів, контурів, заокруглень, членувань
Якість оброблення поверхні	Ретельність оброблення поверхонь форми АРМ і його складових
	Ретельність нанесення декоративно-захисних покриттів
Чіткість знаків і супровідної документації	Якість виконання графічних елементів, експлуатаційної документації та інформаційних матеріалів до АРМ
Стійкість до пошкодження	Збереженість елементів форми та поверхонь складових АРМ від пошкоджень, стирання та зміни якості декоративного покриття

## **4 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕРГОДИЗАЙНЕРСЬКОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧИХ МІСЦЬ ЗОВНІШНІХ ПІЛОТІВ (ОПЕРАТОРІВ) БПС**

З позиції людського чинника, а отже і ергодилайну домінуючою складовою комплексів БПС, що обумовлюють їх ефективність, є автоматизовані робочі місця зовнішніх пілотів (користуючись ергономічною термінологією – АРМ операторів наземних станцій керування комплексів БПС).

Доцільно розглянути сучасні ергодилайнерські тенденції з їх проектування й організації.

### **4.1 Компонування АРМ операторів БПС**

**Розміщення дисплеїв.** Розподіляючи певні зони для виконання завдань і розміщення устаткування, необхідно враховувати як горизонтальну (горизонтальна проекція), так і вертикальну (вертикальна проекція) площини. Отриманий робочий простір, обмежений горизонтальною і вертикальною площинами, необхідно розмістити по центру місцезнаходження оператора. На практиці, не потрібно вимагати від оператора фіксації в одному положенні. Загальна конструкція має передбачити візуальні, тактильні і слухові потреби оператора щодо дисплея, завдань зв'язку і контролювання, а також врахувати фізичні пози оператора, наприклад, сидіння, стояння тощо.

Головну увагу необхідно приділити розміщенню дисплеїв і індикаторів, які несуть основну інформацію, у центрі робочої зони. Те саме стосується дисплеїв, якими найчастіше користуються, або тих, які пов'язані з першочерговою інформацією, наприклад, сигналами небезпеки, загальними видами, інтерактивним керуванням тощо. *Важливо не допускати розсіювання уваги, водночас даючи доступ до другорядної інформації у зручний спосіб.*

На вертикальній та горизонтальній проекціях необхідно обчислити кути спостереження з тим, щоб перевірити, чи відповідають вони рекомендаціям до розташування оператора і його робочої пози. Бажано, щоб оператор дивився прямо в центр площини подання основної інформації і на допоміжне часто



використовуване обладнання, тобто блоки кнопоквих вимикачів, системи безпеки тощо.

Якщо оператор тимчасово знаходиться у допоміжному місці розташування (наприклад, веде переговори, виконує додаткові завдання, поряд з принтером тощо), йому необхідно забезпечити можливість бачити основні дисплеї.

Якщо АРМ оператора обладнані поліекранними дисплеями, тобто якщо на робочій поверхні стола чи пульта керування оператора встановлено кілька відеотерміналів (дисплеїв з електронно-променевою трубкою, рідкокристалічних дисплеїв з плоским екраном тощо) потрібна додаткова увага під час їхнього планування та розміщення.

Максимальна кількість дисплеїв на одному АРМ оператора БПС – основне питання, яке потрібно враховувати, аналізуючи робочі завдання. Загалом вважають, що за існуючої техніки можна ефективно керувати і спостерігати не більше ніж за 4 дисплеями (до 25 дюймів по діагоналі кожен). Під час звичайної робочої ситуації контролювання можна спостерігати за додатковою кількістю моніторів, хоча у такому разі було б краще віддалити оператора від переднього краю пульта керування. Якщо існує потреба у спостереженні й керуванні більше ніж 4 моніторами, необхідно забезпечити додаткове робоче місце, розташоване поблизу основного. Це забезпечить допустимі кути спостереження відносно загальних приладів керування, таких як клавіатура, мишка, кульовий маніпулятор тощо.

Під час визначення кількості й місця розташування дисплеїв і відповідних органів керування необхідно розглянути повний спектр дій оператора під час ймовірних ситуацій, наприклад, запуску, приземлення, пошкоджень, аварійного приземлення тощо.

Вибір типів дисплеїв і їх кількість має певний вплив на планування АРМ оператора БПС. Вибираючи засоби відображення інформації для АРМ, необхідно враховувати такі фактори, як їхні розміри, вагу, теплові виділення, чутливість до електромагнітних/радіочастотних перешкод тощо.

Використання вмонтованих у стіну дисплеїв і відповідні візуальні вимоги встановлено в ISO 11064-3 [52]. Загалом, будь-який великий вмонтований у стіну чи проєкційний дисплей можна використовувати для надання основної або допоміжної інформації, а його конструкція та технічні характеристики мають враховувати інформацію, що представляється, а також будь-які чинники, створені вертикальним розміщенням цих засобів.

Усі характеристики дисплеїв з електронно-променевою трубкою, а саме, контраст, мерехтіння, тремтіння, використовувані шрифти і розміри знаків – впливають на чіткість зображення. Крім чіткості зображення, такі умови спостереження, як відстань спостереження, навколишнє освітлення тощо, впливають на сприйняття інформації оператором. Є декілька принципових положень щодо розміщення дисплеїв.

– *Настільні дисплеї*: можна нахилити і повертати екран.

– *Вбудовані дисплеї*: мають фіксоване положення. У разі правильного проєктування з урахуванням антропометричних даних і умов спостереження (див. додаток А ДСТУ ISO 11064-4 [46]) ці рішення можуть бути прийнятними, якщо додержуватися таких вимог:

– під час розташування дисплеїв необхідно враховувати завдання оператора, які потребують сидіння, стояння або сидіння-стояння;

– користувач має легко пристосувати до себе АРМ для забезпечення правильної робочої пози;

– у випадку, якщо неможливо відрегулювати робочу висоту дисплеїв, особливу увагу необхідно звернути на їх вертикальне розташування. Вирішальними чинниками у цьому разі є висота розташування ока, відстань спостереження, поле зору, конус фіксації і нормальна лінія погляду оператора. Інформацію щодо впливу цих чинників див. у додатку А ДСТУ ISO 11064-4.

Додаток А ДСТУ ISO 11064-4 потрібно використовувати для визначення положення як одного, так і кількох екранів дисплеїв.

Рекомендовано, щоб у проєкті РМ оператора БПС планувалися майбутні зміни і можливість встановлення додаткового устаткування.

**Розміщення органів керування.** Існує кілька принципів розміщення органів керування на АРМ.

Потрібно, щоб клавіатура розташовувалася по центру звичайного робочого простору оператора. Вона може бути перед екраном дисплею чи між двома дисплеями, якщо так визначено під час аналізування робочих завдань, розміщення засобів відображення інформації тощо.

Якщо використовують пересувні клавіатури, необхідно забезпечити достатньо місця для повертання клавіатури навколо вертикальної осі на  $30^\circ$  за годинниковою чи проти годинникової стрілки від звичайного положення (загалом на  $60^\circ$ ).

Інші вимоги до клавіатури:

- нахил: від  $5^\circ$  до  $15^\circ$ ;
- висота (передньої сторони):  $< 20$  мм;
- висота над робочою поверхнею (середній ряд):  $< 30$  мм;
- відстань між клавішами: від 17 мм до 19 мм.

Мінімальний простір перед клавіатурою: 150 мм по всій її ширині, необхідний для підтримки передпліч і зап'ясть оператора.

Конструкція АРМ оператора БПС має бути «дворучною» щодо розміщення приладів, розрахованих на роботу одною рукою, наприклад, мишки, трекболу тощо. Потрібно забезпечити достатньо місця для розміщення таких пристроїв ліворуч або праворуч від користувача.

Інші вимоги охоплюють таке.

– Потрібно забезпечити місце розміром 200 мм x 240 мм під килимок для мишки. Цей простір дозволить повертати килимок навколо осі на  $30^\circ$  за часовою стрілкою або проти часової стрілки від звичайного положення (загалом на  $60^\circ$ ).

– Мінімальний простір перед килимком глибиною 150 мм по ширині килимка необхідний для підтримки передпліч і зап'ясть оператора.

Якщо органи керування можна переміщати правою та лівою рукою, їх адаптують праворуч відносно лівостороннього використання. Наприклад, необхідно перестроїти конфігурацію кнопок на мишці/трекболі так, щоб вказівний палець традиційно виконував функції натиском на праву кнопку, а інші кнопки використовують для неголовних функцій.

На практиці більшість ліворуких користувачів добре пристосовуються до використання мишки/трекболу під праву руку. Фактично, вони часто у вигаші, тому що можуть користуватися мишкою і водночас писати привілейованою рукою, якщо завдання охоплює комп'ютерне введення і перевіряння або писання на папері.

Більше занепокоєння спричиняє той факт, що ліворуки користувачі можуть забувати змінювати конфігурацію мишки/трекболу після закінчення роботи і, отже, праворуки користувачі будуть мати проблеми з використанням пристроїв введення.

Необхідно забезпечити простір для роботи з трекболом і дотримуватися таких же вимог, як і для мишки, щодо опори передпліччя і кута повороту.

Використання спільних пристроїв, тобто, однієї клавіатури, мишки тощо, для поліекранних дисплейних пристроїв краще, ніж мати окремі клавіатури для кожного відеотерміналу. В ідеалі системне програмне забезпечення має самостійно вибирати робочий дисплей, як тільки вказівний символ (курсор) рухається від одного дисплею до іншого. В окремих випадках, з причин безпеки доцільно мати окремі органи керування для кожного дисплея. Тоді ці органи керування мають бути однозначно пов'язані з відповідним дисплеєм.

Пристрої введення не повинні конкурувати за місце на робочій поверхні з іншими предметами, наприклад, телефонами, інструкціями з експлуатації, журналами обліку тощо. Ці предмети мусять мати власне місце розташування, яке відповідає їх фізичним розмірам, частоті використання, терміновості під час надзвичайних ситуацій тощо. Інші вимоги можуть охоплювати:

- можливу потребу у робочому освітленні для друкованих матеріалів;
- зручне розміщення приладів в межах передбачених зон досяжності;
- можливе екранування світловипромінювальних приладів, з метою запобігання блиску або інших дратівливих чинників.

Органи керування, які часто використовують, треба розміщати в межах зони досяжності оператора, який працює у випрямленій робочій позі на передбаченому робочому місці за

пультом керування. Під час конструювання, як приблизне значення, можна використовувати досяжність рукою 5-го перцентиля мінус 50 мм (компенсація захвату).

Часто використовувані органи керування не треба розміщувати вище плеча користувача 5-го перцентиля.

Краще, коли пристрої введення (клавіатура, мишка) і телефон вільно пересуваються по робочій поверхні перед дисплеями (див. ISO 9241-3 [71]). Вони можуть бути вбудованими, якщо на це існують спеціальні вимоги (наприклад, за наявності вібрації, сейсмічних чинників).

Висота розміщення клавіатури, мишки, трекболу та інших пристроїв введення повинна бути приблизно на рівні або нижче висоти ліктя оператора у позі сидячи (див. ДСТУ ISO 7250:2002 [40]).

Під час розміщення аварійних органів керування необхідно враховувати час, дозволений для застосування оператором заходів після подання сигналу небезпеки.

Аварійні органи керування мають бути захищені від випадкового вмикання.

**Місце для виконання додаткових завдань.** На АРМ мають бути передбачені зони роботи з документацією, зв'язку, навчання на робочому місці.

Потребу у наявності цих зон треба визначити за допомогою аналізу робочих завдань.

**Інші вимоги до компоновання.** Інші загальні вимоги і рекомендації:

– Компоновання автоматизованого робочого місця має враховувати: вимоги стосовно доступу (для технічного обслуговування) та місця для укладання кабелів. Для настільних відеотерміналів, пристроїв уведення і приладів зв'язку доступ для технічного обслуговування (або заміни апаратури) завжди повинен бути прямим. Для вмонтованого обладнання необхідно звернути увагу на знімні панелі доступу, вільний простір навколо приладів тощо.

– Необхідно враховувати вимоги стосовно майбутніх змін, наприклад, щодо резервного простору для додаткового устаткування, удосконалення робочих дій, розподілу завдань тощо.

– Необхідно враховувати надійність і міцність автоматизованого робочого місця (наприклад, ризик руйнування конструкції або перегрівання робочих поверхонь) (див. ISO 9241-5 [45]).

## 4.2 Вибір та обґрунтування робочих поз операторів БПС

**Аналіз робочих поз.** Оператор може приймати кілька поз під час виконання завдання: сидячи, стоячи і позу сидячи-стоячи. Як правило, АРМ оператора БПС призначені для роботи сидячи під час виконання тривалого завдання. Робочу позу стоячи вибирають для періодично виконуваних завдань. Автоматизовані робочі місця керування для роботи сидячи-стоячи можуть бути альтернативним вирішенням під час виконання довготривалих завдань. Необхідність зміни робочої пози з огляду на характер завдання і потреби оператора визначають ергономічні вимоги. Загалом, будь-яке вирішення має допускати зміну пози.

У позі сидячи тіло може бути *нахилене вперед* (спостереження з високим рівнем уваги), у *вертикальному положенні* (оперативне керування), *відхилене назад* (спостереження) і *розслаблене* (спостереження). У табл. 4.1 показано вплив змін пози на положення ока оператора; фактичні розміри, які треба використовувати, необхідно брати з антропометричних даних передбаченої групи користувачів. Існують відповідні дані, стосовно зон досяжності, розмірів простору для частин тіла тощо.

**Рекомендації і вимоги до робочої пози.** Загальні рекомендації і вимоги до робочої пози такі:

– АРМ оператора БПС має передбачати зміни відстані спостереження і відхили від нормальної лінії погляду у разі зміни пози.


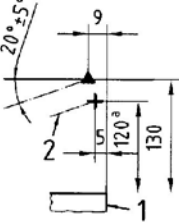

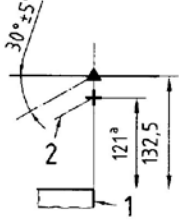

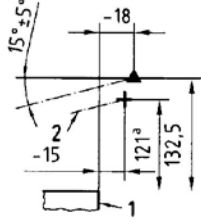
– Зона досяжності має відповідати нахиленій уперед і прямій позі.

– Простір для ніг має передбачати згин коліна оператора під кутом 120° і згин щиколотки під кутом 10°.

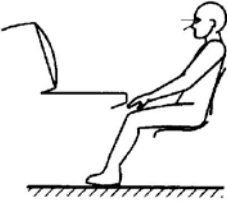
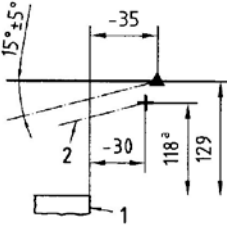
– Висота крісла має бути регульованою. Детальну інформацію стосовно вимог до крісла оператора див. в ISO 9241-5 [45].

– АРМ оператора БПС має забезпечувати упор передпліччя оператора.

**Таблиця 4.1** – Виконувані роботи і робочі пози [46]

Поза	Нормальний нахил лінії погляду	Відповідні завдання	Примітки	Положення очей ▲ – 95 перцентиль + – 5 перцентиль
<p>A: Нахилена вперед</p> 	$20^\circ \pm 5^\circ$	<p>Спостереження за високого рівня уваги. Робота з керування</p>	<p>- Плечові суглоби над краєм пульта - прийнятна на короткий період часу - максимальну досяжність рукою визначають 5 перцентилем</p>	
<p>B: Пряма</p> 	$30^\circ \pm 5^\circ$	<p>Робота з керування Друкування. Писання рукою.</p>	<p>- Досяжність рукою 5 перцентиль – до 50 см від краю пульта - очі оператора безпосередньо над краєм пульта</p>	
<p>C: Відхилена</p> 	$15^\circ \pm 5^\circ$	<p>Спостереження</p>	<p>- Очі віддалені до 18 см (для 95 перцентиль) від краю пульта оператора</p>	

Закінчення табл. 4.1.

<p>D: Розслаблена</p> 	<p><math>15^{\circ} \pm 5^{\circ}</math></p>	<p>Довготривале спостереження</p>	<p>- Очі віддалені до 35 см (для 95-го перцентиля) від краю пульта оператора</p>	
<p>Позначки                  1 – край пульта оператора                  2 – нормальна лінія погляду  <sup>a</sup> – висота над підлогою</p>				

### 4.3 Антропометричні вимоги

АРМ оператора БПС потрібно проектувати так, щоб за ним можна було розмішувати людей з розмірами тіла від 5 до 95-го перцентиля передбаченої групи користувачів. Розглядаючи передбачену групу користувачів, необхідно врахувати усі їхні характеристики, у тому числі стать, вік, етнічне походження, особливі потреби; наприклад, якщо очікується, що користувачами будуть представники обох статей, потрібно врахувати антропометричні дані від 5 перцентиля жінок до 95 перцентиля чоловіків.

Під час планування і визначення розмірів АРМ необхідно керуватися розмірами тіла користувача та вимогами до його переміщення під час виконання завдань. Антропометричні дані звичайно подають в перцентилях.

Значення перцентиля у розрахунках необхідно визначати з набору антропометричних даних очікуваної групи користувачів.

Розміри АРМ оператора БПС потрібно призначати в діапазоні не меншому ніж від 5 до 95 перцентилів групи користувачів.

У початковому визначенні розмірів АРМ необхідно використати наведені нижче антропометричні дані:

- Зона досяжності: для 5 перцентиля групи користувачів (наприклад, доступність до важливих органів керування).
- Вільний простір: для 95 перцентиля групи користувачів



(наприклад, вільний простір для ніг під робочими поверхнями).

Основні антропометричні розміри, які потрібно враховувати для оператора, який працює сидячи, показано на рис. 4.1.

Будь-яке обране проектне вирішення не може ставити в незручне положення представників групи користувачів, які мають крайні антропометричні дані. Запропоновані проектні параметри необхідно перевірити згідно з відповідними характеристиками групи користувачів.

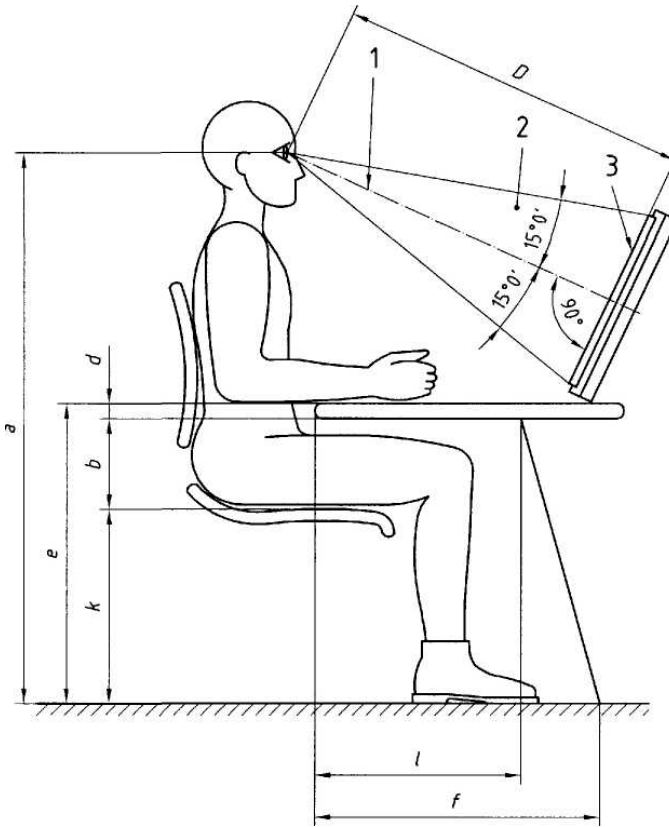
ОК і ЗВІ на вертикальних панелях пультів керування для роботи стоячи треба розташовувати на такій висоті, щоб користувачу, який стоїть у повний зріст, не потрібно було нахилитися, щоб користуватися ними.

Якщо антропометрична база даних не передбачає припуску на одяг, необхідно враховувати вплив на розміри взуття та одягу (див. табл. 4.2).

**Таблиця 4.2** – Одяг і відповідні припуски [46]

	<b>Розмір</b>	<b>Припуск</b>
1	Підлога – нижня поверхня стегна	30 мм на взуття
2	Ширина стегон	10 мм на легкий одяг 25 мм на середній одяг
3	Висота розташування очей у положенні сидячи	Зменшення до 65 мм (40 мм на чинник зменшення і 25 мм на стиск сидіння)
4	Висота розташування плечей	Зменшення до 65 мм (40 мм на чинник зменшення і 25 мм на стиск сидіння)
5	Сидіння – висота спинки	≤ 25 мм на стиск сидіння

«Чинник зменшення» – це поправка до антропометричних даних, зібраних від людей, що приймають класичну позу «опудало». Правило «зменшення» – спроба змодельовати більш природну позу.

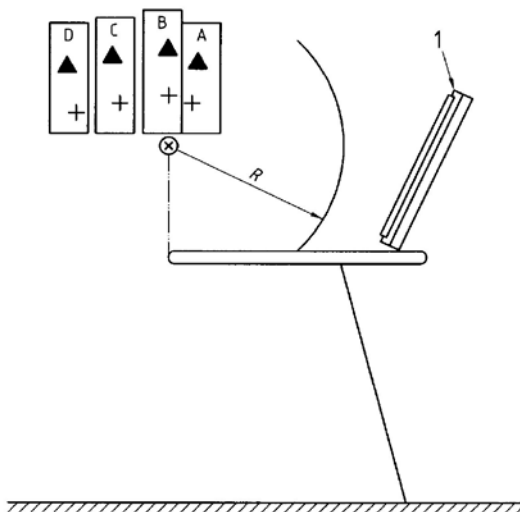


Позначки.

- 1 – нормальна лінія погляду;
- 2 – оптимальний конус фіксації (тобто, можливість фіксування будь-якої пози лише за допомогою очей, при цьому рух голови не потрібен);
- 3 – дисплей;
- $D$  – відстань спостереження;
- $a$  – висота розташування очей;
- $b$  – простір для стегон

**Рисунок 4.1** – Пояснення основних антропометричних розмірів АРМ для роботи сидячи [46]

Потрібно враховувати вплив різних видів робочих поз. На рис. 4.2 показано вплив різних видів робочої пози сидячи на зону досяжності та просторові розміри.



Позначки.

1 – дисплей;

▲ – точка розташування ока користувача 95 перцентилія;

+ – точка розташування ока користувача 5 перцентилія;

⊗ – плечовий суглоб користувача 5 перцентилія у позі з нахилом уперед;

A – точки розташування очей у позі з нахилом уперед;

B – точки розташування очей у прямій позі;

C – точки розташування очей у відхиленій позі;

D – точки розташування очей у розслабленій позі;

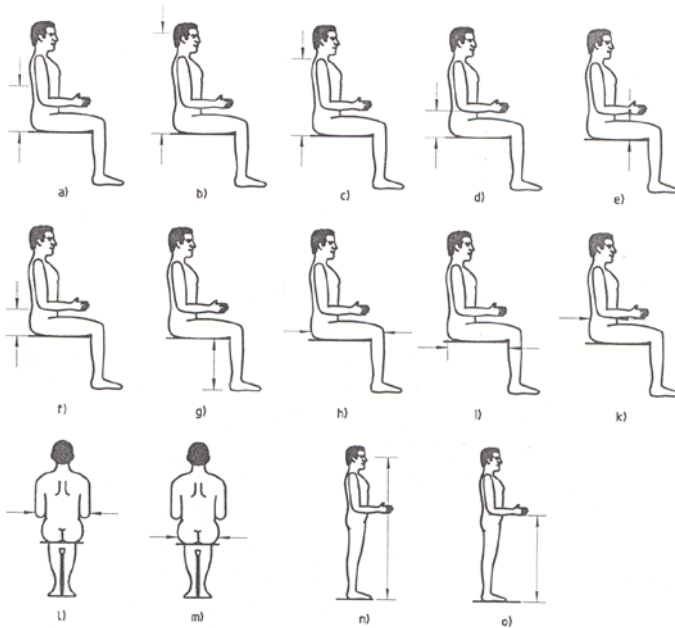
R – досягання рукою користувача 5-го перцентилія

**Рисунок 4.2** – Робочі пози сидячи відповідно до таблиці 4.1 [46]

У разі використання міжнародних стандартів важливо, щоб обране джерело антропометричних даних адекватно відображало розміри і форму тіла членів передбачуваної групи користувачів.

На рис. 4.3 показано розміри тіла людини, які треба розглядати під час проектування АРМ оператора БПС. Визначення

розмірів отримано з ДСТУ ISO 7250 [40]. Кожному розміру відповідає літера на рис. 4.3.

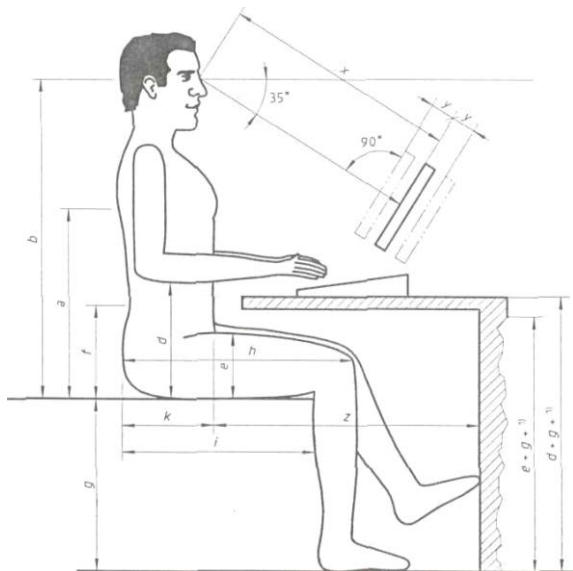


Позначки.

- a) висота нижнього кута лопатки;
- b) висота розташування очей у положенні сидячи;
- c) висота розташування плечей у положенні сидячи;
- d) висота розташування ліктя у положенні сидячи;
- e) висота простору для стегон у положенні сидячи;
- f) висота сідниці над сидінням;
- g) підколінна висота у положенні сидячи;
- h) довжина від сідниці до коліна;
- i) сіднично-підколінна довжина;
- k) товщина сідниці – живіт у положенні сидячи;
- l) ширина між ліктями;
- m) ширина стегон;
- n) висота розташування очей у положенні стоячи;
- o) висота розташування ліктя у положенні стоячи.

**Рисунок 4.3** – Основні антропометричні параметри для визначення значень розмірів АРМ для роботи сидячи та стоячи

**Використання обраних антропометричних параметрів для положення сидячи.** Співвідношення між антропометричними параметрами і деякими зазначеними параметрами проектування показано на рис. 4.4. Для визначення реальних характеристик АРМ треба використовувати антропометричні дані, що відповідають передбачуваній групі користувачів [45].



1) – припуск

**Рисунок 4.4** – Визначення розмірів автоматизованого робочого місця з використанням антропометричних даних передбачуваної групи користувачів (положення сидячи) [45]

Висота сидіння. Розмір висоти сидіння відповідає максимальній висоті нижньої поверхні стегна під коліном; його називають ПІДКОЛІННА ВИСОТА у положенні сидячи ( $g$ ) (довжина нижньої частини ноги).

Висота сидіння важлива для забезпечення комфорту нижніх кінцівок, щоб уникнути тиску на нижню поверхню стегна, якщо сидіння занадто високе, чи занадто малий необхідний нахил

спинки. Цей розмір також важливий для визначення положення рук, він задає висоту очей у положенні сидячи та є критичним чинником у визначенні лінії погляду.

Регулювання висоти сидіння має забезпечувати весь діапазон від нижчого до вищого перцентиля передбачуваних користувачів. Розміри, що можна знайти в антропометричних даних, призначено для вертикального положення нижньої частини ноги. Крім того, має бути зроблено припуск на взуття і для зміни у позі сидячи. До того ж, не може бути прийнятним, щоб люди постійно утримували ноги у вертикальному положенні; це означає, що нижні частини ніг мають досягати підлоги під кутом у колінному суглобі більше ніж  $90^\circ$ .

Глибина сидіння. Це максимальна глибина від передньої частини сидіння до спинки; її називають СІДНИЧНО-ПІДКОЛІННА ДОВЖИНА (i) (глибина сидіння).

Цей розмір важливий, щоб гарантувати, що ноги можна утримувати без стискання в задній частині коліна, і щоб забезпечувалося таке розташування сідниць, коли спинка повністю використовується.

Задня частина коліна має відносно чутливу шкіру і трохи виступаючі сухожилля, а відтак глибина сидіння має бути трохи коротше, ніж розмір від сідниці до задньої частини коліна. Крім того, має бути додано припуск на одяг.

Якщо регулювання не передбачено, глибину сидіння у промислових виробках звичайно визначають за зростом найменшої людини в проектному діапазоні. Занадто глибоке сидіння перешкоджає використовувати спинку для підтримування нижньої частини спини. Це спричиняє кіфоз і призводить до відчуття дискомфорту.

Ширина сидіння. Відповідає поперечній ширині стегон; цей розмір називають ШИРИНА СТЕГОН у положенні сидячи.

Крім очевидної потреби гарантувати, що прийнятний діапазон передбачуваних користувачів (до 95-го перцентиля) може легко сісти на робоче крісло чи встати з нього, це вимірювання – одне з найбільш критичних для забезпечення того, що користувач

за бажанням буде мати гнучкість у пристосовуванні своєї пози для зменшення робочої навантаги.

Ширина стегон – не найширша частина тіла під час сидіння, але надзвичайно важливий розмір. Ширина сидіння має перевищувати ширину стегон у положенні сидячи найбільшої людини в проектному діапазоні. Через розведення ніг під час сидіння антропометричний розмір ширини стегон менше того, який має бути дозволено у разі обчислення ширини сидіння. До кожної сторони тіла потрібно додати припуск на одяг і додаткову ширину для руху, якщо у сидіння є підлокітники.

Висота очей в положенні сидячи. Це висота очей (точніше, зовнішнього кута ока) від поверхні сидіння; її називають ВИСОТА ОЧЕЙ в положенні сидячи (*b*).

Висота очей важлива, щоб гарантувати, що візуальні завдання можна виконувати без додаткового навантаження на плечі, шию і верхню частину спинного хребта. Це також може бути важливо для підтримання візуального контакту між працівниками чи їх візуальної відокремленості.

Залежно від особливостей проектування повинна використовуватись висота очей чи висота очей у положенні зменшення.

Висота підлокітника. Цей розмір відповідає (хоча не абсолютно точно) висоті ліктя над сидінням; його називають ВИСОТА ЛІКТЯ у положенні сидячи (*d*).

Висота підлокітника залежить від положення ліктя оператора, товщини робочої поверхні, пов'язаної з висотою стегон, та відстані між підлокітниками. Висота підлокітника залежить від ширини сидіння і відстані між підлокітниками, тому що невисокому користувачеві потрібно підняти верхню частину руки в бік, щоб досягти підлокітника, чи нахилитися до однієї із сторін сидіння. Ці складні співвідношення потребують більшої деталізації для вирішення, ніж може бути забезпечено простими лінійними антропометричними даними.

Довжина підлокітника. Для визначення цього антропометричного параметра застосовують розмір товщини тулуба чи

області живота; його називають ТОВЩИНА СІДНИЦЯ – ЖИВІТ у положенні сидячи (*k*).

Цей розмір важливий для забезпечення можливості користувача наблизитись якнайближче до робочої поверхні за ефективного використання спинки сидіння.

Довжина підлокітника визначає, як близько до робочої поверхні може бути розташована спинка сидіння для невисокого користувача. Максимальна довжина підлокітників, якщо вони вище від сидіння ніж стегна невисокого користувача (і тому не визначають простір для колін), визначається товщиною тіла невисокого оператора. Якщо підлокітник занадто довгий, невисокий користувач не може сидіти близько до робочої поверхні і мати у цьому положенні опору на спинку сидіння.

Внутрішня відстань між підлокітниками. Цей розмір відповідає ШИРИНІ МІЖ ЛІКТЯМИ (*l*).

Цей розмір важливий для того, щоб підлокітники забезпечували зручну опору для рук, не будучи занадто тисними для розташування тіла. Він також важливий для забезпечення необхідного простору для стегон при саджанні на робоче крісло чи вставанні з нього. Маючи на увазі ці два чинники, завжди потрібно робити вибір у бік більшого розміру. Цей розмір потрібно завжди розглядати спільно з висотою підлокітників через значну взаємодію цих параметрів.

Висота плечей. Цей розмір важливий для підтримання комфорту верхньої частини тіла і може використовуватися спільно з довжиною руки під час визначення розташування елементів АРМ. Цей розмір відповідає висоті плеча від підлоги (опорної площини) у положенні сидячи, чи висоті плеча від поверхні сидіння та характеризується як ВИСОТА ПЛЕЧЕЙ в положенні сидячи (*c*).

Цей розмір встановлює приблизну висоту плечей над робочою поверхнею. Якщо відома довжина рук, висоту плечей можна використовувати, щоб визначити мінімальну прийнятну висоту ручок шухляди, глибину шухляди чи приблизне положення механізмів регулювання сидіння. У деякій мірі цей розмір можна



також використовувати, щоб визначити розмір робочої поверхні чи розміщення полиць, якщо велика зона АРМ має досягатися рукою.

Розмір від сидіння до нижньої сторони робочої поверхні. Цей розмір визначає свободу руху, необхідного для зміни положень нижньої частини ніг. Він також може мати вплив на висоту розташування рук в очікуванні дії.

Цей антропометричний параметр найбільш прийнятний для визначення максимальної товщини стегна над сидінням, хоча таке визначення не буде повним без урахування припуску на рух. Цей розмір називають **ВИСОТА ПРОСТОРУ ДЛЯ СТЕГОН** у положенні сидячи ( $e$ ).

Товщина робочої поверхні пов'язана з різницею між висотою ліктя над сидінням і максимальною висотою стегна користувача. Потрібно бути уважним, розглядаючи сидіння невисокого користувача з відносно великою товщиною стегон. Висота сидіння, яку вибирають користувачі, пов'язана з висотою нижньої сторони робочої поверхні і товщиною стегон, тому що невисокі користувачі звичайно піднімають сидіння настільки, наскільки можливо, щоб стегна не знаходилися в контакт з нижньою стороною робочою поверхні. У багатьох випадках невисокі користувачі мають потребу використовувати підставку для ніг, щоб мати прийнятну опору для ніг на цій висоті. Щоб визначити простір для ніг високих користувачів використовують максимальну товщина стегна разом з максимальною підколінною висотою від підлоги.

Глибина простору для колін. Відповідний антропометричний параметр називають **ДОВЖИНА ВІД СІДНИЦІ ДО КОЛІНА** ( $h$ ).

Цей розмір важливий для забезпечення достатнього простору для зміни положення нижньої частини тіла користувача.

Цей розмір антропометрично визначають як відстань між задньою поверхнею сідниць і передньою поверхнею колін. Це мінімальна відстань під робочою поверхнею, яка має забезпечити потрібний простір для ніг високих користувачів.

Глибина простору для колін повинна дозволяти достатній рух ніг під час роботи в положенні сидячи. Розмір ( $z$ ) може бути

розраховано з використанням розмірів ( $h$ ) і ( $k$ ), беручи до уваги можливе витягування ніг під  $30^\circ$  і додаючи припуск на довжину стопи.

Висота спинки сидіння. Висота спинки сидіння має бути такою, щоб гарантувати адекватну опору спині та прийнятну кривизну для спинного хребта, мінімізуючи у такий спосіб статичне навантаження та імовірність болю у спині. Потрібно визначити два розміри:

а) мінімальний нижній рівень, який називають ВИСОТА СІДНИЦІ НАД СІДІННЯМ ( $f$ ).

Він вказує, де закінчуються тверді тазові кістки і починається гнучка частина спинного хребта. Цей розмір використовують, щоб забезпечити простір для сидниць у конструкції спинки;

б) максимальний верхній рівень, який називають ВИСОТА НИЖНЬОГО КУТА ЛОПАТКИ ( $a$ ).

Цей розмір вказує положення лопатки. Щоб запобігти зв'язку спинки з прискореним рухом руки, коли лопатки теж рухаються, спинка сидіння має бути нижче, ніж висота  $a$ . Однак під час тривалої роботи сидячи, як це характерно для оператора БПС, вища спинка може мати багато переваг. Потреба у свободі руху лопатки залежить від виду виконуваної роботи. У багатьох випадках, коли використовують руки, верхня частина тіла нахилиється вперед, і лопатки не контактують зі спинкою. Якщо оператору потрібно повертатися у бік чи назад, але сидіння при цьому не обертається (коли частина сидіння знаходиться в просторі під столом), спинка має бути нижче, ніж лопатки, оскільки більша частина обертів здійснюється в зоні грудної клітини.

Відстань спостереження ( $x$ ) та її зміна ( $y$ ). Оптимальна відстань між дисплеєм та очима користувача залежить від різних чинників. Проектна відстань спостереження, тобто відстань, зазначена виробником дисплея, встановлена не менше ніж 400 мм (див. [71]). Оптимальна відстань спостереження для роботи в офісі в положенні сидячи – 600 мм. Однак, окремі користувачі надають перевагу значенню між 450 мм і 750 мм ( $y = \pm 150$  мм). Висота

знаків, потрібна на відстані спостереження у цьому діапазоні, має бути між 20' і 22' (див. [71]).

Деяка техніка для демонстрації зображення з необхідною якістю вимагає більших відстаней спостереження (наприклад, термінали з електронно-променевою трубкою). Візуальні символи, складені з елементів різного кольору, можуть вимагати мінімальної відстані спостереження. Якщо до АРМ входять дисплеї, створені за різними технологіями, для досягнення оптимальних умови спостереження відстані спостереження визначають перед організацією і встановленням розмірів АРМ.

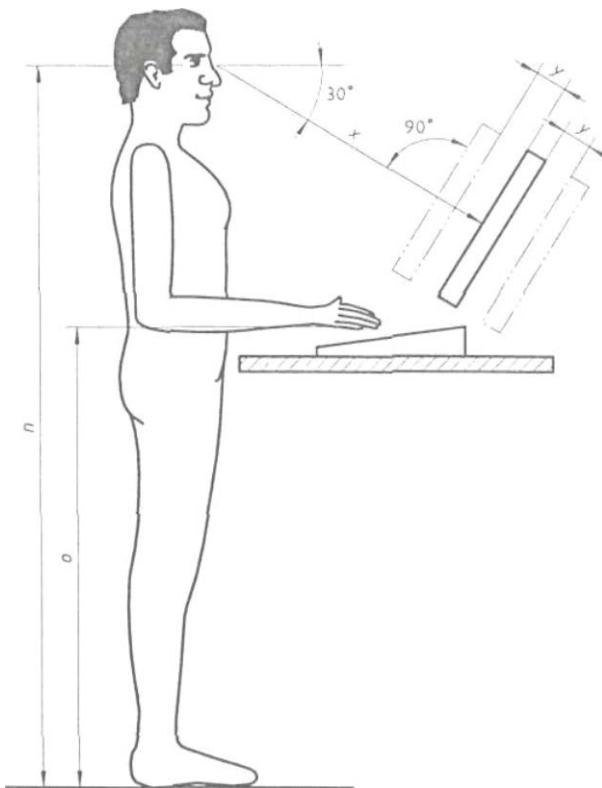
Відстань ( $z$ ). Відстань ( $z$ ) між користувачем і найближчою перешкодою в горизонтальному напрямку потрібно обирати такою, щоб нижні частини ніг могли переміщатися, не зустрічаючи перешкоди, до прийняття кута  $30^\circ$  від вертикалі.

**Використання обраних антропометричних параметрів для положення стоячи.** Для використання в положенні стоячи, як і в положенні сидячи, є певна кількість розмірів тіла, які треба розглядати під час проектування чи вибору АРМ оператора БПС.

Співвідношення між антропометричними і деякими проектними параметрами зібрано на рис. 4.5.

Висота очей у положенні стоячи. Цей розмір звичайно визначають як відстань по вертикалі від підлоги до внутрішнього кута ока; його називають ВИСОТА РОЗТАШУВАННЯ ОЧЕЙ В ПОЛОЖЕННІ СТОЯЧИ ( $n$ ). Потрібно пам'ятати, що для зручного спостереження дисплея та пов'язаних візуальних зображень в розслабленій позі голова нахилена вперед.

Висота ліктя в положенні стоячи. Цей розмір важливий для визначення висоти робочої поверхні під час виконання завдань у положенні стоячи. Його визначають як відстань по вертикалі від підлоги до найнижчої точки кістки зігнутої у лікті руки людини, що стоїть прямо, якщо верхня частина руки вільно опущена, передпліччя зігнуте під прямим кутом до неї, і називають ВИСОТА ЛІКТЯ В ПОЛОЖЕННІ СТОЯЧИ ( $o$ ).



**Рисунок 4.5** – Визначення розмірів автоматизованого робочого місця з використанням антропометричних даних передбачуваної групи користувачів (положення стоячи) [45]

#### **4.4 Засоби візуальної інформації**

Точне розпізнавання знака залежить від чіткості його зображення (контрасту, стилю шрифту, кольору, розміру тощо), а також від відстані спостереження.

- Відстань спостереження повинна ґрунтуватися на аналізі висоти знаку.

- Для відеотерміналів мінімальна висота монохромних латинських знаків повинна становити 15 кутових мінут.

Рекомендована висота латинського знака становить від 18 до 20 кутових мінут [71].

Для швидкого знаходження приблизного значення можна користуватися наступними обчисленнями.

- Максимальна відстань спостереження (для прямокутного зображення на середині зони відображення дисплею) дорівнює  $215 \times$  висоту знака латинських літер;

- Висота знака – це висота прописних літер і цифр шрифту найменшого розміру, використаних на екрані.

- Відстань спостереження для розпізнавання знаків і символів має бути більше ніж 500 мм, оскільки великі групи користувачів (наприклад, користувачі похилого віку без окулярів) можуть мати труднощі з акомодациєю очей до коротших відстаней.

- Для зменшення напруження зору відстань спостереження має бути не менше ніж 700 мм. Великі відстані спостереження покращують глибину фокусування.

На АРМ оператора БПС перед дисплеєм звичайно розміщують площі для клавіатури, писання, устаткування зв'язку тощо. Тому можуть бути потрібні більші відстані спостереження, які матимуть певний вплив, скажімо, на розміри шрифтів, формати дисплеїв.

У разі відхиленого положення сидячи розташування нормальної лінії погляду – прямо вперед у горизонтальній площині і приблизно  $15^\circ$  нижче горизонтальної лінії у вертикальній площині. Це відправна точка вимог, наведених нижче.

- Покази, потрібні для частого або важливого спостереження (наприклад, робочі екрани оператора), розміщують перед оператором в основній зоні подання інформації. Основна зона подання інформації розміщена у вертикальній площині під кутом  $40^\circ$  нижче і вище нормальної лінії погляду, якщо вимоги до зовнішніх завдань не визначають напрямку лінії погляду. У горизонтальній площині цей діапазон буде приблизно  $35^\circ$  ліворуч і праворуч від лінії погляду для завдань спостереження [72] і більше, якщо враховувати рух голови і тіла.

#### **4.5 Засоби акустичної інформації**

Автоматизовані робочі місця оператора БПС можуть бути обладнані різноманітними звуковідтворювальними приладами. Їх можна використовувати для попередження операторів за звичайних

(наприклад, зворотній зв'язок, телефон) і аварійних умов, забезпечуючи зворотній зв'язок з об'єктом керування і передаючи міжособистісні повідомлення. На відміну від візуальних систем, які потребують ефективного прямого бачення, акустичні прилади, наприклад, гучномовці, дзвони, зумер тощо можна вмонтовувати в різних місцях для ефективного передавання інформації оператору. Розміщення вказаних приладів часто диктується режимами спостереження, зонами відповідальності, спільним або окремим розміщенням АРМ зовнішнього пілота і корисної навантаги тощо.

Загальні акустичні вимоги та рекомендації такі:

- звуковідтворювальні прилади необхідно розміщувати і встановлювати так, щоб їх робота не заважала один одному;
- якщо подання сигналу тривоги можна забезпечити іншими засобами, ніж акустичні, можна застосовувати усунення шуму;
- загальне усунення шуму, тобто, усунення шуму на будь-якому АРМ у випадку, якщо приміщення НСК розраховано на керування кількома БПС, можна використовувати залежно від конкретних технологічних режимів і режимів безпеки;
- у випадку, якщо приміщення НСК розраховано на керування кількома БПС, треба пов'язувати конкретний звуковий сигнал з певним АРМ;
- за наявності численних акустичних джерел для розпізнавання сигналу треба використовувати просторове відокремлення;
- під час проектування звукових сигналів необхідно враховувати вплив фонових шумів (див. ДСТУ ISO 11064-6 [54]).

#### **4.6 Чинники зовнішнього середовища**

Якщо АРМ оператора БПС встановлено в спеціальних приміщеннях НСК, умови середовища в них звичайно відповідають стандартним нормам. Проте, часто НСК виготовляють із застосуванням перероблених чи пристосованих автофургонів (див., наприклад, рис. 1.28) або, якщо завдання нетривале, його взагалі виконують у природних умовах. Тим не менше, існують норми, урахування яких значно підвищує комфортність і ефективність праці операторів, а відтак до виконання них потрібно прагнути.

**Світлове середовище.** Оптимальні умови світлового середовища за ергономічними показниками мають задовольняти

таким вимогам:

- оптимальних функційних характеристик зору;
- оптимального фізіологічного впливу світла на організм людини;
- позитивного суб'єктивного оцінювання комфортності й естетичності середовища.

Перша група чинників є основною під час визначення якісних характеристик світлового середовища й знаходження їх оптимальних кількісних характеристик.

За даними психофізики й психофізіології зору оптимальними умовами роботи очей є такі, за яких досягаються найвищі значення основних функцій зору: контрастної чутливості, гостроти розрізнення, колірної чутливості й швидкості розрізнення. Кількісно чутливість виражається характеристикою, зворотною величині порогу. Раціональне освітлення приміщень НСК – один з найбільш важливих чинників, від яких залежить ефективність трудової діяльності людини. Важливо правильно вибрати джерело світла й систему освітлення, а також передбачити міри захисту від сліпучої дії світла й усунути відблиски. Необхідно додержуватись достатнього рівня освітленості робочих поверхонь. Освітленість повинна відповідати характеру виконуваної роботи (не можна вважати загальне освітлення задовільним для всіх робіт).

Дія світла на організм людини різноманітна, тому при проектуванні штучного освітлення рекомендується враховувати більш загальне коло питань, ніж передбачається існуючими правилами й нормами.

Вимоги до освітлення. Проектування освітлення повинно:

- забезпечити гнучкість низки різних візуальних завдань (у тому числі, наприклад, роботу з електронною технікою та роботу з паперами), які виконують різні оператори різного віку тощо;
- оптимізувати зорову діяльність на робочому місці;
- мінімізувати зниження продуктивності роботи людини;
- підвищувати безпеку;
- підвищувати розбірливість інформації – як з активного, так і з пасивного дисплея);
- підвищувати пильність оператора;
- покращувати комфорт і здоров'я оператора;
- якщо потрібно, полегшувати читання вертикально і

горизонтально роздрукованих матеріалів, розміщених на АРМ;

- полегшити читання настінних таблиць або довідкових матеріалів;

- полегшити перегляд самоосвітлюваного устаткування, наприклад, додаткових моніторів, попереджувальних вказівників і табло стану безпеки;

- полегшувати читання світлових індикаторів чи пультів керування;

- полегшувати читання дисплеїв, що знаходяться поза робочим місцем.

Освітлення має відповідати зоровим вимогам до виконуваних завдань та враховувати вимоги до звичайної роботи і роботи в аварійних ситуаціях, а також впливу штучного та природного світла.

У разі, якщо значний об'єм роботи оператора пов'язаний з використанням великої кількості самоосвітлюваних приладів, його робоче місце потребує місцевого освітлення. Це може спричинити потребу у застосуванні неяскравого загального освітлення.

Індивідуальне освітлення не має бути джерелом яскравого світла для інших людей, працюючих у приміщенні НСК.

Оператори повинні мати певні органи керування місцевим освітленням на АРМ.

Планування освітлення має запобігати появі завіси відбиттів на екранах і відблисків на них.

Розташування вікон, верхнього освітлення і фіксованих світильників повинно максимально зменшувати ймовірність появи відбиттів і відблисків.

Щоб уникнути утруднень від інтенсивного денного світла, потрібно забезпечити його належне регулювання.

Необхідно враховувати, що вікна мають психологічне значення.

Необхідно враховувати різницю вимог до сприйняття візуальної інформації, поданої на електронних екранах (наприклад, у разі читання текстів, перегляду схем) і на неекранних засобах (наприклад, читання тексту на кресленнях, перегляду настінних дисплеїв), які можуть знаходитися в одному робочому середовищі.

Для створення оптимальних зорових умов необхідно знайти збалансовані значення коефіцієнта яскравості у полі зору.



Необхідно уникати відблиску незалежно від його джерела, наприклад, освітлення, відбиттів і надмірних відмінностей яскравості у полі зору.

Розробляючи технічні умови, необхідно враховувати потреби людей з вадами зору, якщо такі передбачені у групі користувачів.

Системи освітлення повинні містити різні джерела світла – як природні, так і штучні, якщо це можливо.

Нижченаведені рекомендації містять настанови щодо значень світлового середовища, яким мають задовольняти приміщення НСК.

Основні чинники світлового середовища для приміщень керування наведено в ДСТУ ISO 11064-6 [54].

#### Рекомендації щодо світлового середовища.

– Рівні освітленості робочих поверхонь, призначених для роботи з паперами, необхідно підтримувати в межах від 200 лк до 750 лк з верхнім граничним рівнем 500 лк, якщо використовують відеотермінали; ці значення можна досягати поєднанням загального і робочого освітлення;

– граничну освітленість з нижньою межею 200 лк на робочій поверхні необхідно «підтримувати» постійно;

– рівень освітленості 500 лк має бути на робочих поверхнях, призначених в основному для роботи з документами;

– для всіх робочих положень коефіцієнт блиску (UGR) від електричного освітлення має бути не більше ніж 19;

– необхідно використовувати лампи з загальним коефіцієнтом передачі кольору вище ніж 80;

– щоб уникнути мерехтіння, необхідно використовувати високочастотні прилади;

– у разі використання самоосвітлюваних приладів, їх коефіцієнт контрастності відносно найближчого оточення не повинен перевищувати 3:1, а коефіцієнт контрастності відносно периферійних частин поля зору має бути не більше ніж 10:1.

Інші рекомендації щодо світлового середовища див. у ISO 9241-6 [72] та ISO 9241-7 [73]).

**Тепловий режим.** Під час проектування прийнятного теплового режиму (переважно для приміщень НСК) необхідно враховувати такі фактори, як чинники середовища, діяльність оператора та кліматичні фактори. Має бути враховано наступне [54]:

– характер і діапазон поз оператора (у положенні сидячи або стоячи);

- типовий одяг, що мають носити оператори;
- кількість операторів і графік роботи;
- загальна тепловіддача від устаткування й освітлення;
- розміщення приміщення НСК відносно сонячного світла;
- вимоги до герметичності приміщення НСК, якщо такі є;
- теплопередача від зовнішніх стін;
- кількість дверей і вікон;
- захисні властивості будівельних матеріалів;
- можливості захисту від прямих сонячних променів;
- географічне розташування будівлі.

Дотримуючись відповідного контролю кліматичних умов, потрібно уникати локального нагрівання приміщення НСК тепловим випромінюванням або нагрітим повітрям.

Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря мають забезпечувати прийнятний кліматичний режим внутрішнього середовища за будь-яких зовнішніх теплових умов.

Рекомендовані величини наведено нижче.

Вимоги до приміщень НСК, розташованих за межами регіонів помірнього клімату, можуть відрізнятися через характер навколишнього середовища, наприклад, в умовах дуже жаркого клімату.

Оператору треба мати відповідну апаратуру для контролювання і моніторингу температури у випадку, якщо системи вентиляції і кондиціонування повітря не забезпечують прийнятних кліматичних умов внутрішнього середовища.

Рекомендації щодо теплового режиму. Рекомендовані значення, представлені тут, ґрунтуються на вимогах ДСТУ Б EN ISO 7730 [74].

а) Для роботи сидячи взимку:

– робоча температура має бути від 20 °С до 24 °С (тобто, 22 °С ± 2 °С);

– вертикальна різниця температури повітря на висоті між 1,1 м і 0,1 м від рівня підлоги (рівень голови і гомілки) має бути менше ніж 3 °С;

– звичайна температура підлоги має бути в межах 19 °С – 26 °С, але систему підігріву підлоги можна проектувати для 29 °С;

- середня швидкість повітря має бути менше ніж 0,15 м/с;
- асиметрія температури випромінювання від вікон або інших вертикальних холодних поверхонь має бути менше ніж 10 °С (відносно невеликої вертикальної площини на висоті 0,6 м над підлогою);

- відносна вологість повинна бути в межах від 30 % до 70 %.

б) Для виконання операцій у сидячому положенні влітку:

- робоча температура має бути в межах від 23 °С до 26 °С (тобто, 24,5 °С ± 1,5 °С);

- вертикальна різниця температури повітря на висоті між 1,1 м і 0,1 м від рівня підлоги (рівень голови і гомілки) має бути менше ніж 3 °С;

- середня швидкість повітря має бути менше ніж 0,15 м/с;

- відносна вологість має бути в межах від 30 % до 70 %.

в) Операторам приміщення НСК треба вміти підвищувати температуру в приміщенні керування на 1 °С – 2 °С вранці, щоб компенсувати добові ритми.

**Вібрація.** Приміщення НСК мають знаходитися щонайдалі від джерел вібрації таких, наприклад, як резервні генератори і компресори.

Для захисту операторів приміщення НСК та їхнього устаткування від вібрацій зовнішнього середовища потрібно використовувати ізоляцію.

У разі необхідності потрібно ізолювати підлогу, стіни і стелю приміщення НСК від дії віброуючих пристроїв за допомогою вібропоглиначів.

Впливи механічної вібрації на користувача, оптичні прилади і елементи керування наведено в ДСТУ ISO 9241-6 [72].

**Дизайнерські чинники (для зон приміщення наземних пунктів управління БПС).** Розробляючи план НПУ, важливо враховувати співвідношення розмірів, що визначають загальний простір. Так висота стелі, яка надто низька відносно загальної площі приміщення, може спричиняти відчуття клаустрофобії.

Дизайн інтер'єру приміщення НПУ має сприяти основній робочій діяльності. Кольори, текстури і матеріали потрібно вибирати так, щоб створювати приємне робоче середовище і заспокійливе тло для виконання робочої діяльності.

Якщо можливо, необхідно залучати безпосередніх користувачів

і керівників до вибору остаточного проекту інтер'єру; альтернативні проекти можна пропонувати лише за умови, якщо вони відповідають критеріям, які не суперечать ергономічним вимогам до роботи операторів.

Під час вибору сидіння оператора треба керуватися ергономічними критеріями. У разі вибору його кольору й оздоблення потрібно враховувати вимоги довговічності, тривалого використання і зношуваності. Наприклад, матерія темнішого кольору «в крапинку» на сидінні практичніша для довготермінового використання, ніж матерія чистого кольору.

Оздоблення стін має бути скоріше блідим ніж яскравим, а кольори мають допомагати уникнути психологічного дискомфорту; текстуроване оздоблення допомагає зменшити відбитий блиск. Неправильно підібрані кольори можуть створювати гніточе середовище або заважати виконанню візуальних завдань, пов'язаних із спостереженням екранів на робочому столі або оглядових дисплеїв.

Потрібно уникати надмірного використання як темних, так і світлих оздоблювальних покриттів будівельних конструкцій або меблів. Рівновага оздоблювальних покриттів є лише частиною вимог до об'єктів у загальному полі зору оператора, отже, потрібно враховувати усі вимоги до зорових характеристик, пов'язаних з роботою у приміщенні НПУ.

Необхідно уникати надмірно інтенсивних візерунків, які сприймаються як фон для відеотерміналів або для іншої апаратури керування.

Підлогові покриття, якщо їх використовують, повинні мати високу ступінь опору до зморщування і містити невеликий випадковий малюнок з незначним варіюванням кольору; необхідно уникати великих візерунків і геометричних малюнків. Для зорової релаксації використовують рослини або інші природні форми.

Величина відхилення коефіцієнта відбиття має відповідати стандартному математичному очікуванню, при цьому стеля, як правило, має бути світлішою, ніж стіни, які, в свою чергу, світлішими, ніж покриття підлоги.

Всі оздоблювальні покриття мають вибиратися з урахуванням їхнього додаткового зношування і пошкодження протягом тривалої роботи; поверхня таких покриттів має легко чиститися і підлягати ремонту у разі невеликого пошкодження.

Оздоблювальні покриття робочого місця, меблів, устаткування, у тому числі спільних дисплеїв поза робочим місцем, повинні бути такими, що не мають блиску.

Потрібно уникати великого колірного контрасту оздоблювальних покриттів робочих місць, меблів, устаткування.

Під час проектування НПУ доцільно використовувати матові або невідбивні поверхні, а також світильники з рефлектором низької яскравості в комплекті.

Якщо не можна уникнути блиску від вікон, треба застосувати засоби мінімізації його впливу, наприклад, регульовані жалюзі або тоноване скло.

Оздоблювальні покриття приміщення в НПУ потрібно вибирати з урахуванням того, щоб досягти встановленого часу реверберації, необхідного для мовного спілкування і передачі акустичних сигналів попередження.

Обираючи матеріали та оздоблення для зон керування, необхідно враховувати таке:

- коефіцієнт відбиття оздоблювальних покриттів підлоги повинен бути в межах 0,2 – 0,3;

- коефіцієнт відбиття оздоблювальних покриттів поверхні стін повинен варіюватися у межах 0,50 – 0,60. Величина коефіцієнту відбиття не повинна бути менше ніж 0,50; нижчі значення цього коефіцієнту можуть свідчити про збільшення контрасту між стелею і стінами, що сприятиме створенню затемненого середовища і збільшенню споживання електричного світла;

- скляні панелі і суцільні частини перегородок повинні мати подібні коефіцієнти відбиття (0,5 – 0,6) з навколишніми стінами;

- якщо використовувати системи непрямого освітлення, покриття стелі має бути білим, матовим з мінімальним коефіцієнтом відбиття, який дорівнює 0,8.

Завершуючи цей далеко не повний перелік ергодизайнерських заходів, вимог і рекомендацій щодо проектування комплексів БПС зазначимо, що їх подальша розробка і застосування в умовах створення кожної нової моделі БПС потребує ретельної експериментальної апробації, комплексного та виваженого відносно інших вимог показників застосування.

## ПІСЛЯМОВА

Повертаючись до усвідомлення актуальності проблематики ергодизайну КБПС і причин його бурхливого розвитку, відмітимо, що в умовах командно-адміністративної, надалі адміністративно-ринкової (яка, на думку авторів, і досі домінує в Україні й дуже поволі перетворюється у дійсно ринкову) форми господарювання, застосувались як дизайнерські, так і ергономічні технології, але міра їх включення в проектний процес була різною. При першій формі господарювання фахівець з дизайну діяв, як правило, самостійно і незалежно та звертався до ергономістів у разі яких-небудь вад, що стосувались врахування в конструкції і виробу ергономічних вимог, і то, в основному, тільки тоді, коли виріб був уже готовий та недоліки виявлялися під час його експлуатації. У цьому випадку, як правило, відбувалось втручання ергономіста, який наполягав (у деяких ситуаціях) на змінах конструктивних рішень та надавав рекомендації щодо усунення виявлених недоліків. Такий підхід, поширений і досі, отримав назву «корективної ергономіки». Різке розширення та ускладнення робочого простору та необхідність узгодження конструкції, функціонала КБПС з антропометричними психо-фізіологічними, інтелектуальними та іншими властивостями операторів, виявилось настільки складним і багатогранним завданням, що для його вирішення потрібно поєднувати дані таких несхожих на вигляд напрямків знань, як, приміром, біомеханіка, психофізіологія, технічна естетика, ергономіка, гігієна тощо. Необхідно безперервно вивчати особливості взаємовідносин оператора та БПС у різних ситуаціях, створювати обладнання, адаптуючи його до людських можливостей. Не випадково ергодизайн знаходиться під пильною увагою не лише проектувальників у всьому світі, а також психологів, фізіологів, інженерів з охорони праці, багатьох інших фахівців, і давно визнаний повноправною науково-прикладною дисципліною, що комплексно вивчає діяльність оператора в конкретних умовах його роботи. Практичним результатом є ергодизайн – не просто поєднання і реалізація вимог дизайну, ергономіки, інших дисциплін, а розробка нових принципів і методів проектування з урахуванням реальних внутрішніх і зовнішніх характеристик операторів БПС.

З іншого боку, ергодизайн перетворився на окрему індустрію і знаходить широкий відгук у сучасному бізнес-середовищі, будучи

потужним інтегратором інтересів виробників і користувачів у справі поліпшення якості, безпеки виробів і ефективності праці з їх експлуатації.

У сучасних соціально-економічних умовах, діяльність зі створення КБПС постійно розвивається, формується, відособлюється та, головне, спирається лише на авторитет доказового знання. Виникає необхідність в оригінальних передпроектних ергодизайнерських дослідженнях КБПС з опорою на становлення соціального інституту стандартизації (у широкому розумінні цього питання), а залучені до виробництва зразки БПС по суті своїй виконують функції прототипів нових моделей, які повинні створюватись за функціональним принципом проектувати не вироби, а функціональні процеси.

Усе більше затверджується нова форма використання знань з ергодизайну, як фактора забезпечення найбільшого успіху в реалізації продукції за рахунок підвищення її конкурентоспроможності як на внутрішньому, так і зовнішньому ринках. У цій ситуації залучення фахівця з ергодизайну в проектний процес повинне відбуватися якомога раніше, тобто на самих ранніх його стадіях, щоб максимально, з найменшими витратами врахувати вимоги людського чинника при проектуванні різних видів КБПС.

Суб'єктивним критерієм якісного ергодизайну КБПС є формування в операторів відчуття функціонального комфорту, коли, наприклад, робоче місце сприймається як система функціональних і предметно-просторових засобів, що створюють комфортні й безпечні умови для трудової діяльності, а БПС оснащено достатніми технічними засобами для здійснення відповідних трудових процесів. Саме такий підхід до проектування безпілотних авіаційних систем пропагується у цій публікації.

Ергодизайн КБПС – це прогресивна технологія, пов'язана з проектуванням і виробництвом високоякісної наукомісткої конкурентоспроможної продукції, новий вид проектної діяльності, відмінної від традиційного дизайн-ергономічного проектування виробів. У широкому розумінні його мета полягає в забезпеченні ефективності у всіх сферах застосування КБПС, що досягається шляхом поєднання та синергії таких аспектів проектування й експлуатації як зручність, безпека, комфорт і естетична досконалість засобів та умов діяльності операторів. Перші кроки у цьому напрямі вже зроблені.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Осипов Ю.В. Требования к средствам и программам обучения операторов БПС в беспилотных авиационных системах. «Вооружение. Политика. Конверсия» № 3 (99) 2011.
2. <https://kfund-media.com/majbutnye-za-dronamy-novynky-mizhnarodnogo-aviasalonu-singapore-airshow-2018/>
3. <https://kfund-media.com/pid-kontrolem-yak-ukrayinska-komanda-stvoryla-systemu-upravlinnya-bezpilotnykamy/>
4. Ростопчин В.В. Современная классификация беспилотных авиационных систем военного назначения // Интернет-издание UAV.ru – Беспилотная авиация, <http://uav.ru/articles/bas.pdf>
5. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / В.С. Фетисов, Л.М. Неугодникова, В.В. Адамовский, Р.А. Красноперов / под ред. В.С. Фетисова. – Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 с.: ил.
6. Эргономика: принципы и рекомендации. Методическое руководство. – М.: ВНИИТЭ, 1983.
7. Балашов Е.П. Эволюционный синтез систем. – М.: Радио и связь, 1985.
8. Месарович М., Мако Д., Такахара Я. Теория иерархических многоуровневых систем: Пер. с англ. / под ред. И.Ф. Шахнова. – М.: Мир, 1973.
9. Повітряний кодекс України. // Голос України від 18.06.2011 – № 110 (Затверджений 19.05 2011 року).
10. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. А.Г. Корченко, О.С. Ильяш – НАУ, 2012. – Випуск 4 (33), С. 27-36.
11. ДСТУ В 7371:2013 Техніка авіаційна військової призначеності. Апарати літальні безпілотні. Основні терміни, визначення понять і класифікація.
12. [http://www.kbvzlet.com/index\\_prod\\_kat.html](http://www.kbvzlet.com/index_prod_kat.html)
13. [http://zonwar.ru/news5/news\\_818\\_SideArm.html](http://zonwar.ru/news5/news_818_SideArm.html)
14. Традиции и истоки отечественного дизайна / Труды ВНИИТЭ – 1979. – вып. 21. – 138 с.
15. [www.sebokwiki.org](http://www.sebokwiki.org)



16. ДСТУ 3963-2000 Дизайн і ергономіка. Класифікація і номенклатура дизайнових та ергономічних показників якості побутових машин та приладів.

17. ДСТУ 4055-2001 Дизайн і ергономіка. Номенклатура дизайнових та ергономічних показників якості продукції виробничо-технічного призначення.

18. Кучерявий А.А. Бортовые информационные системы: курс лекций / под ред. В.А.Мишина и Г.И.Клюева. – 2-е изд. перераб. и доп. – Ульяновск: Ул ГТУ, 2004. – 504 с.

19. Семенов А.А. Комплекс средств получения и передачи информации с беспилотных летательных аппаратов. / Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2005. Т. 48. № 4. С. 14-18.

20. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: справ. пособие / А.Г. Гребеников, А.К. Мялица, В.В. Парфенюк и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2008. – 377 с.

21. ДСТУ 7247:2011 Дизайн і ергономіка. Експертиза якості промислової продукції. Основні положення.

22. ДСТУ 7298:2013 Дизайн і ергономіка. Правила оцінювання естетичного рівня якості промислової продукції.

23. ДСТУ 7895:2015 Дизайн і ергономіка. Правила оцінювання ергономічного рівня якості промислової продукції.

24. ДСТУ 7896:2015 Дизайн і ергономіка. Правила оцінювання функційного рівня якості промислової продукції.

25. ДСТУ 8603:2015 Дизайн і ергономіка. Правила оцінювання рівня якості автоматизованих робочих місць.

26. ДСТУ 7245:2011 Дизайн і ергономіка. Кодування зорової інформації. Загальні ергономічні вимоги.

27. ДСТУ 7246:2011 Дизайн і ергономіка. Сигналізатори звукові немовних повідомлень. Загальні вимоги ергономіки.

28. ДСТУ 7248:2011 Дизайн і ергономіка. Маховики керування і штурвали. Загальні вимоги ергономіки.

29. ДСТУ 7249:2011 Дизайн і ергономіка. Важелі керування. Загальні вимоги ергономіки.

30. ДСТУ 7250:2011 Дизайн і ергономіка. Мнемосхеми. Загальні ергономічні вимоги.

31. ДСТУ 7390:2013 Дизайн і ергономіка. Вимикачі й перемикачі поворотні. Загальні ергономічні вимоги.

32. ДСТУ 7952:2011 Дизайн і ергономіка. Пристрої відлікові візуальних індикаторів. Загальні ергономічні вимоги.

33. ДСТУ 8605:2015 Дизайн і ергономіка. Вимикачі й перемикачі клавішні та кнопоків. Загальні ергономічні вимоги.

34. ДСТУ 8689:2016 Дизайн і ергономіка. Вимикачі й перемикачі типу «тумблер». Загальні ергономічні вимоги.

35. ДСТУ 8690:2016 Дизайн і ергономіка. Органи керування виробничим устаткуванням. Загальні ергономічні вимоги.

36. ДСТУ 7299:2013 Дизайн і ергономіка. Робоче місце оператора. Взаємне розташування елементів робочого місця. Загальні вимоги ергономіки.

37. ДСТУ 7951:2015 Дизайн і ергономіка. Крісло оператора. Загальні ергономічні вимоги.

38. ДСТУ 8603:2015 Дизайн і ергономіка. Правила оцінювання рівня якості автоматизованих робочих місць.

39. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги.

40. ДСТУ ISO 7250:2002 Основні розміри людського тіла, застосовні для інженерного проектування (ISO 7250:1996, IDT).

41. ДСТУ EN 547-1-2001 Безпечність машин. Розміри людського тіла. Частина 1. Принципи визначення розмірів отворів для доступу до робочих місць у машинах (EN 547-1:1996, IDT).

42. ДСТУ EN 547-2-2001 Безпечність машин. Розміри людського тіла. Частина 2. Принципи визначення розмірів отворів для доступу (EN 547-2:1996, IDT).

43. ДСТУ EN 547-3-2001 Безпечність машин. Розміри людського тіла. Частина 3. Антропометричні дані (EN 547-3:1996, IDT).

44. ДСТУ EN 294-2001 Безпечність машин. Безпечні відстані для запобігання досягання небезпечних зон руками (EN 294:1992, IDT).

45. ДСТУ ISO 9241-5:2004 Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 5. Вимоги до компоновання робочого місця та до робочої пози (ISO 9241-5:1998, IDT).

46. ДСТУ ISO 11064-4:2009 Проектування центрів керування ергономічне. Частина 4. Компоновання та розміри автоматизованих робочих місць (ISO 11064-4:2000, IDT).

47. ДСТУ ISO 14738:2013 Безпечність машин. Антропометричні вимоги до проектування автоматизованих робочих місць на

машинах (ISO 14738:2002, IDT + ISO 14738:2002/Cor. 1:2003, IDT + ISO 14738:2002/Cor. 2:2005, IDT).

48. ДСТУ ISO 11226:2009 Ергономіка. Оцінювання статичних робочих поз (ISO 11226:2000, IDT).

49. ДСТУ EN 1005-4:2016 (EN 1005-4:2005+A1:2008, IDT)  
Безпечність машин. Фізичні властивості людини. Частина 4.  
Оцінювання робочих поз і рухів, пов'язаних з машиною.

50. ДСТУ ISO 11064-1:2009 Проектування центрів керування ергономічне. Частина 1. Принципи проектування (ISO 11064-1:2000, IDT).

51. ДСТУ EN ISO 11064-2:2013 Ергономічне проектування центрів керування. Частина 2. Принципи організації блоків керування (EN ISO 11064-2:2000, IDT).

52. ДСТУ EN ISO 11064-3:2017 (EN ISO 11064-3:2002; AC:2002, IDT; ISO 11064-3:1999; Cor.1:2002, IDT) Проектування центрів керування ергономічне. Частина 3. Компонування приміщень керування.

53. ДСТУ EN ISO 11064-5:2017 (EN ISO 11064-5:2008, IDT; ISO 11064-5:2008, IDT) Проектування центрів керування ергономічне. Частина 5. Засоби відображення інформації та органи керування.

54. ДСТУ ISO 11064-6:2013 Ергономічне проектування центрів керування. Частина 6. Вимоги до середовища центрів керування (ISO 11064-6:2005, IDT).

55. ДСТУ EN 894-1:2014 Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів та органів керування. Частина 1. Загальні принципи взаємодії людини з індикаторами та органами керування (EN 894-1:1997+A1:2008, IDT).

56. ДСТУ EN 894-2:2014 Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів та органів керування. Частина 2. Індикатори (EN 894-2:1997+A1:2008, IDT).

57. ДСТУ EN 894-3:2017 (EN 894-3:2000 + A1:2008, IDT)  
Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування.

58. ДСТУ EN 894-4:2014 Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів та органів керування Частина 4. Компонування та розміщення (EN 894-4:2010, IDT).

59. ДСТУ ISO 7000:2004 Графічні символи, що їх використовують на устаткованні. Показчик та огляд (ISO7000:2004, IDT).

60. ДСТУ ІЕС 80416-1:2005 Основні принципи створення графічних символів, використовуваних на обладнанні. Частина 1. Створення оригіналів символів (ISO 80416-1:2001, IDT).

61. ДСТУ ISO 80416-2:2005 Основні принципи створювання графічних символів, що використовують на обладнанні. Частина 2. Форма й використання стрілок (ISO 80416-2:2001, IDT).

62. <https://www.iso.org/publication/PUB400008.html>

63. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Системотехника. – М.: Радио и связь, 1985. – 200 с.

64. Башлыков А.А. Проектирование систем принятия решений в энергетике. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 120 с.

65. Панкова Л.А., Петровский А.М., Шнейдерман М.В. Организация экспертизы и анализ экспертной информации. – М.: Наука, 1984. – 120 с.

66. Эргономика: принципы и рекомендации. Методическое руководство / ВНИИТЭ; Предс. Междунар. ред. колл. В.М.Мунипов. – М.: ВНИИТЭ, 1981. – 276 с.

67. Эргономика: принципы и рекомендации. Методическое руководство. / ВНИИТЭ; Изд. 2-е, перераб.; Предс. Междунар. ред. колл. В.М.Мунипов. – М.: ВНИИТЭ, 1983. – 184 с.

68. Зарковский Г.М., Павлов В.В. Закономерности функционирования эргатических систем. – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.

69. Ергодизайн робочих місць: методи дослідження та оцінювання: Електронний посібник / А.Л.Рубцов, В.О.Свірко, І.І.Феденко, – Київ, 2014. – 131 с.

70. Справочник по прикладной эргономике. Пер. с англ. Т.П.Бурмистровой / Под ред. В.М.Мунипова. – М.: Машиностроение, 1980. – 216 с.

71. ДСТУ ISO 9241-3:2001 Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 3. Вимоги до відеотерміналів (ISO 9241-3:1992, IDT).

72. ДСТУ ISO 9241-6:2004 Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 6. Вимоги до робочого середовища (ISO 9241-6:1999, IDT).

73. ДСТУ ISO 9241-7:2004 Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 7. Вимоги до дисплеїв з відбитками (ISO 9241-7:1998, IDT).

74. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD та критеріїв локального теплового комфорту (EN ISO 7730:2005, IDT).

75. Europe develops new ranges of niche products. 2005. UAV systems. The Global Perspective. 82 – 88.

76. Циркуляр 328-AN/190 ІКАО. Беспилотные авиационные системы: CIR328; ISBN 978-92-9231-780-5; 999 University Street, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7 ©ИКАО, 2011; с. 12, <http://www.icao.int>.

77. Сайт «Футаба» // Електронний ресурс: <http://www.futaba-rc.com>

78. Основи ергодизайну. В.О.Свірко, О.В. Бойчук, В.М. Голобородько, А.Л. Рубцов. – Київ: НАУ, 2011. – 300 с.

79. Дизайнерська діяльність: стандарти і розцінки / Під ред. Свірко В.О. – Київ: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2013. – 232 с.

80. Дизайнерська діяльність: стан і перспективи. В.О. Свірко, О.В. Бойчук, В.М. Голобородько, А.Л. Рубцов. – Київ: УкрНДІ ДЕ НАУ, 2014 – 171 с.

81. Матійчик М.П., Н.О.Суворова Засоби наземного забезпечення виконання авіаційних робіт – Київ, «НАУ– друк», 2015 – 112 с.

82. Матійчик М.П. Пусковий пристрій для короткого примусового старту безпілотного літального апарата. Патент України на корисну модель № 103149.

83. Матійчик М.П., Плахотнюк Є.С. Переносний пусковий пристрій для безпілотного літального апарата. Патент України на корисну модель № 103210.

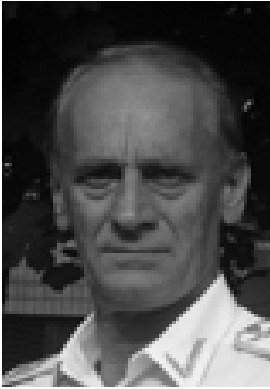
84. M.P.Matiychuk, D.E.Prusov, O.Y.Mykhatsky. Comparative Analysis of Avionics Samples and Components due to Developing a Methodology of the UAV Integrated Avionics Synthesis. Proceedings of the National Aviation University. – 2017. – № 1 (70). – P.73-87.

85. ДСТУ-П STANAG 4671:2017 (STANAG 4671 Ed.2/AEP-4671 Ed. A, IDT) Вимоги до льотної придатності безпілотних авіаційних комплексів.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

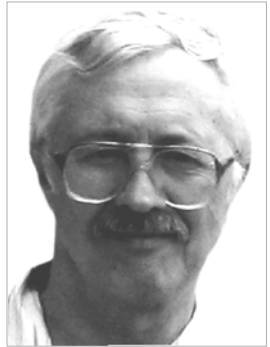
АК – автоматичне керування  
АНО – аеронавігаційне обслуговування  
АРМ – автоматизоване робоче місце  
БПС – безпілотне повітряне судно  
ДРК – дистанційне радіокомандне керування  
ІСАО – міжнародна організація цивільної авіації  
ЗВІ – засіб відображення інформації  
ЗНС – засоби зв'язку, навігації, спостереження  
КБПС – комплекс безпілотного повітряного судна  
ЛА – літальний апарат  
НПУ – наземний пункт управління  
НСК – наземна станція керування  
ОК – орган керування  
ОУПР – орган управління повітряним рухом  
ППМ – поворотні пункти маршруту  
РМ – робоче місце  
САУ – система автоматичного управління  
СДУ – система дистанційного управління  
СК – система керування  
ССН – супутникова система навігації і спостереження

## АВТОРИ



### **МАТІЙЧИК Михайло Петрович**

Головний конструктор Науково-виробничого центру безпілотної авіації «Віраж» Національного авіаційного університету. Кандидат технічних наук, доцент. Автор 12 конструкцій безпілотної авіаційних комплексів різного класу та способу використання. Автор біля 90 наукових статей та 18 патентів. Сфера наукових інтересів – механіка, аеродинаміка та концепти безпілотних повітряних суден та комплексів.



### **РУБЦОВ Анатолій Львович**

Головний дизайнер проектів Українського НДІ дизайну та ергономіки, відповідальний секретар ТК стандартизації «Дизайн та ергономіка». Автор понад 50-ти патентів на промисловий зразок у сфері промислового дизайну – від дитячої коляски до роторного екскаватора. Має багато наукових публікацій з питань ергономічного дизайну, стандартизації в сфері дизайну та ергономіки. Розроблювач понад 80-ти національних стандартів, зокрема «Дизайн і ергономіка. Терміни та визначення основних понять».



### **СВІРКО Володимир Олександрович**

Директор Українського НДІ дизайну та ергономіки, голова Технічного комітету стандартизації «Дизайн та ергономіка», заслужений працівник культури України, кандидат психологічних наук. Автор та співавтор понад 170 наукових праць, 26 патентів на промисловий зразок. Керівник розробки національних стандартів серії «Дизайн і ергономіка», більш ніж 80 інших дизайн-ергономічних нормативів. Наукові інтереси: ергономічний дизайн; організація та нормативне забезпечення дизайн-ергономічної діяльності.



### **ХАРЧЕНКО Володимир Петрович**

Проректор Національного авіаційного університету з наукової роботи, доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України, провідний вчений у галузі аерокосмічної інформатики, засновник і науковий керівник Авіаційно-космічного центру та Науково-виробничого центру безпілотної авіації «Віраж» Національного авіаційного університету. Автор 405 наукових праць, 49 авторських свідоцтв та патентів на винаходи.



### **ФУЗИК Михайло Ігоревич**

Провідний науковий співробітник Науково-виробничого центру безпілотної авіації «Віраж» НАУ. Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, член-кореспондент Транспортної академії України. Автор та співавтор більш 60 наукових праць, 4 патентів. Сфера наукових інтересів пов'язана з синтезом інтегрованої авіоніки для безпілотних авіаційних комплексів та рішенням задач комплексної електромагнітної сумісності авіаційних радіоелектронних пристроїв.



**Монографічне видання**

**МАТІЙЧИК Михайло Петрович  
РУБЦОВ Анатолій Львович  
СВІРКО Володимир Олександрович  
ХАРЧЕНКО Володимир Петрович  
ФУЗІК Михайло Ігоревич**

**ЕРГОДИЗАЙН БЕЗПІЛОТНИХ  
ПОВІТРЯНИХ СУДЕН**

**Відтворення, тиражування і розповсюдження  
цього видання на будь-яких носіях інформації без  
офіційного дозволу авторів не допускається**

В авторській редакції

Оригінал-макет підготовлено  
в Українському науково-дослідному інституті  
дизайну та ергономіки

Дизайн обкладинки: **А.Л. Рубцов**

Підп. до друку 15.03.2019. Формат 60x84/16.  
Папір офсетний. Гарнітура «Times New Roman»  
Ум. друк. арк. 10,1  
Тираж 200 прим.

Віддруковано в лабораторії оперативної поліграфії УкрНДІ ДЕ  
НАУ