

УДК 656.7.071.7:004 (045)

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ «BPwin» — ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ЕРГОНОМІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ АЛГОРИТМІВ РОБОТИ ЛЬОТНОГО ЕКІПАЖУ

В. В. Горбунов

Національний авіаційний університет

d_gor@rambler.ru

Розроблено методику із застосування інформаційної технології «BPwin» (Business Process Modeling) для ергономічного оцінювання професійної діяльності льотного екіпажу, що дає змогу наочно описати й всебічно охарактеризувати алгоритми роботи окремих його членів, оптимізувати їхні функціональні обов'язки й порядок взаємодії, а також виявити завдання, часові умови й характеристики робочих операцій, які могли б знизити безпеку польоту з позицій людського чинника.

Ключові слова: інформаційна технологія «BPwin», алгоритми роботи екіпажу, льотна безпека, людський чинник.

The method of using the Hi-Tech «BPwin» (Business Process Modeling) for analytical estimation of professional activity of flight crew is developed. It allowed to describe clearly and characterize thoroughly the algorithms of the work of separate members of crew, to make their functional duties and the order of intercourse optimal, and also to reveal the problems, time conditions and characteristics of work processes which could lower the safety of the flight. from the positions of human factor.

Keywords: Hi-Tech «BPwin», algorithms of the work, safety of the flight, human factor.

Вступ

Сучасна тенденція розвитку пасажирської авіації спрямована на підвищення льотної безпеки при одночасному скороченні чисельності льотного екіпажу. Ця обставина потребує забезпечення процедурної ергономічності роботи мінімального екіпажу шляхом оптимізації алгоритмів професійної діяльності окремих його членів. Ступінь оптимальності цих алгоритмів, значною мірою, залежить від якості використаних для їхнього створення сучасних інформаційних технологій і від ефективності ергономічної оцінки процедурних умов роботи екіпажу [1].

Постановка проблеми

Отже, всебічна оцінка робочих алгоритмів льотної роботи є, вельми, актуальною для забезпечення безпеки польоту, особливо в разі двохособового екіпажу.

Аналіз досліджень і публікацій

Відомі методи опису процесу виконання виробничого завдання людиною-оператором за допомогою фотографії робочого дня, поточної діаграми тощо [2] не дозволяють враховувати численні особливості взаємозв'язку між послідовними операціями, проводити автоматизоване аналітичне оцінювання правомірності тієї або іншої послідовності робочих дій, автоматично розраховувати час виконання всього алгоритму, проводити автоматичну декомпозицію кожної роботи до окремих робочих операцій, їх сортування по окремих характеристиках, оперативно й наочно представляти й змінювати їхню послідовність із одночасним перерахуванням часу вико-

нання всього алгоритму, вносити, за необхідності, і автоматично викликати коментарі до їхніх характеристик і особливостей виконання.

Ця неефективність, особливо, на етапі підготовки до льотних випробувань («напередодні» першого вильоту), може знизити льотну безпеку, внаслідок неоптимальності процедурних умов роботи екіпажу, насамперед, у відмовних польотних ситуаціях першого випробувального польоту [3].

Таким чином, «BPwin» — технологія як інформаційних засіб системного аналізу й проектування робочого процесу дає змогу підвищити надійність ергономічної оцінки робочих алгоритмів шляхом побудови і автоматизованого всебічного аналізу функціональної моделі робочої діяльності екіпажу при вирішенні конкретних завдань у різних польотних ситуаціях.

Цілі

Мета цієї роботи — розроблення на базі інформаційної технології «BPwin», методичного підходу з автоматизованого виявлення ергономічних недоліків робочих алгоритмів членів льотного екіпажу ще на етапі створення керівництва з льотної експлуатації (КЛЕ) нового літака, для їх оптимізації і забезпечення безпеки льотних випробувань з позиції людського чинника.

Особливості застосування інформаційної технології «BPwin» для оцінювання робочої діяльності людини-оператора

Згідно з технологією «BPwin», процедура створення й оцінювання алгоритму діяльності людини-оператора або цілого робочого колекти-

ву (екіпажу, команди, підрозділу) містить у собі такі етапи: аналіз і формулювання мети й завдань робочої діяльності (необхідно зрозуміти й описати логіку роботи в конкретних виробничих умовах); проектування (треба визначити модулі-задачі, модулі-підзадачі, модулі-завдання, модулі робочих операцій і архітектуру їх взаємозв'язків); однакову змістовність кодування функціональних елементів архітектури; періодичне тестування правомірності алгоритму й авторський супровід у процесі їх здійснення.

Відомо, що найбільш критичним для будь-якого системного проекту є перший етап його реалізації [4].

В авіабудуванні одним з суттєвих аспектів такого етапу є створення «паперового літака» у вигляді КЛЕ, де наведені алгоритми роботи екіпажу з виконання польотних завдань згідно з тактико-технічним завданням на літак.

Отже, застосування сучасних програмних засобів з автоматизованої оцінки алгоритмів роботи екіпажу значно сприяє їх ергономічній досконалості і тим самим підвищує льотну безпеку вже на етапі першого вильоту.

Зазвичай у процесі льотних випробувань, завжди виявляються недоліки, усунення яких призводить до змін аеродинамічних, технічних, компоновальних рішень у кабіні екіпажу і, як наслідок, до необхідності модернізувати алгоритми вирішення конкретних польотних завдань. Тому програмні інструментарії для створення робочих алгоритмів повинні бути досить гнучкими й легко пристосовуватися до змін виробничих умов, зокрема, до експериментальних умов випробувального польоту.

Серед сучасних програмних засобів, що задовольняють ці вимоги, найбільш адекватним є програмний продукт — «BPwin» (*Business Process Modeling*), що базуються на підході *Computer Associates*, який, на думку фахівців [5], найбільше відповідає критерію оптимальності «вартість-ефективність». У межах цієї технології, будь-який польотний робочий алгоритм розглядається як робочий процес з досягнення системою «екіпаж-літак», мети польоту шляхом вирішення кожним з членів екіпажу своїх завдань за допомогою виконання відповідних робочих процедур.

Аналітичний інструментарій інформаційної технології «BPwin» для оптимізації робочих алгоритмів льотного екіпажу

Аналітичний інструментарій інформаційної технології «BPwin» дає змогу автоматизованим шляхом, здійснювати опис, аналіз, створення й модернізацію алгоритмічного процесу роботи

екіпажу за допомогою «Case-засобу» верхнього рівня «*Allfusion Process Modeler*», що підтримує методологію «IDEF0» (функціональна модель), «IDEF3» (*Work Flow Diagram*) і «DFD» (*Data Flow Diagram*). Ця функціональна модель призначена для опису існуючих алгоритмів роботи екіпажу, вже представлених у проекті КЛЕ і в межах технології «BPwin» відома як модель «AS-IS» і модель «TO-BE», які відповідають найбільш оптимальним варіантам цих алгоритмів.

Аналітичний інструментарій «BPwin» спрямований на перетворення моделі «AS-IS» у модель «TO-BE», тобто на оптимізацію існуючих робочих алгоритмів.

Методологія «IDEF0» дозволяє побудувати ієрархічну систему діаграм завдань — елементарних описів окремих робочих операцій (фрагментів алгоритму). Для цього, спочатку у вигляді «контекстної діаграми» проводиться опис алгоритму в цілому, з погляду мети всього польотного завдання й особливостей вхідної (той, що запускає робочий процес) і вихідної (результуючої) інформації.

Потім здійснюється «функціональна декомпозиція» тобто процес досягнення робочої мети розділяється на окремі завдання, які діляться на підзадачі і так далі до окремих «елементарних» робочих операцій, що не діляться, або до певного рівня декомпозиції з досягнення потрібного ступеня опису «операційних подробиць».

Якщо в процесі моделювання з'являється необхідність проаналізувати специфічні сторони виконання алгоритму (команди, доповіді, інструкції, логічні умови вибору й т. ін.) «BPwin» дозволяє, починаючи з будь-якої «гілки» моделі проводити подальший аналіз з позицій методологій (нотацій) «DFD» або «IDEF3» і створити змішану модель.

Нотація «DFD» є більш зручною (порівняно з «IDEF0») для дослідження циркуляції інформаційних потоків при взаємодії членів екіпажу.

Нотація «IDEF3» описує логічні умови виконання тих або інших завдань, підзадач і робочих операцій, що дозволяє аналізувати алгоритми, які виконуються за специфічних умов робочої діяльності у вигляді вибору рішення з кількох, одночасно існуючих альтернатив.

Під час створення складних алгоритмів (з різними логічними умовами виконання або для багато особового екіпажу, або для кількох взаємозалежних завдань і т. ін.) важливе значення має оформлення друкованої документації за результатами аналізу алгоритму. «BPwin» має можливість створювати різноманітні «звіти» у вигляді структурованих таблиць з тими чи іншими характеристиками алгоритму, які можуть викорис-

товуватися як доказові матеріали і текстові ілюстрації структур алгоритмів.

Ці звіти можуть експортуватися в інші програмні пакети (наприклад, в електронні таблиці Excel), що забезпечує автоматизоване сортування за будь-якими характеристиками алгоритму з метою виявлення, насамперед, негативних процедурних недоліків, чинників і умов роботи екіпажу.

Основною метою побудови функціональної моделі робочого алгоритму є виявлення найбільш уразливих, з погляду ефективності виконання окремих аспектів професійної діяльності члена екіпажу, а також аналіз переваг нових алгоритмів і доцільності зміни існуючої послідовності робочих операцій.

Пошук недоліків і «вузьких місць» починається з побудови моделі «AS-IS» («як є») алгоритму, представленого у КЛЕ, тобто моделі існуючої організації роботи екіпажу.

Модель «AS-IS» — може будуватися на основі послідовності дій членів екіпажу в польотних ситуаціях, наведених у КЛЕ (книга 1), з урахуванням порядку робочих операцій з керування літаковими системами (книга 2), а також керівництва з експлуатації літакового устаткування для окремих систем і обладнання.

Отримана модель «AS-IS» дозволяє виявити робочі операції, які не можуть бути виконані або через конструкторські недоліки в компонуванні робочих місць, або через нелогічну послідовність, або через занадто велику тривалість виконання, або через те, що взагалі не представлені в КЛЕ. виправлення виявлених недоліків дає змогу створити модель «TO-BE» («як буде»), тобто, оптимізувати алгоритм.

Як правило, будується кілька моделей «TO-BE», серед яких визначають найкращий варіант з погляду забезпечення льотної безпеки. Цей вибір можна здійснювати за допомогою метрик «BPwin», що дозволяють порівнювати різні варіанти з цілого ряду кількісних і якісних характеристик (тривалості, зусиль, можливості, зручності й т. ін.) виконання завдань, підзадач, окремих операцій.

Слід застерегти від поширеної помилки при створенні моделі «TO-BE», а саме, намагання створити ідеалізовану модель алгоритму. Такий алгоритм, як правило, створюється інженерами без консультацій з членами екіпажу. У результаті виходить спотворена (прикрашена) модель алгоритму роботи — модель «SHOULD BE» («як повинно бути»), яка містить викривлену інформацію і яку надалі неможливо ефективно використовувати для аналізу з оптимізацією.

Технологія проектування робочої діяльності за «BPwin» передбачає спочатку створення моделі «AS-IS», а потім, на основі її аналізу й наступного удосконалення, створення моделі «TO-BE». Саме ця модель, в остаточному підсумку, відповідає найбільш оптимальному алгоритму роботи екіпажу з виконання конкретного польотного завдання в конкретних умовах польоту.

Опис моделі можна представити звітом «Model Report», у якому роздруковуються різноманітні атрибути й характеристики моделі: назви послідовно вирішених завдань, операцій; необхідне інформаційне забезпечення; назви інструкцій, правил, якими при цьому керуються; ресурси робіт, окремих операцій (виконавці — люди, системи); ситуаційні умови, які утворюються в результаті виконання різних етапів робочого алгоритму.

Основу методології «IDEF0» становить графічна мова опису робочого процесу з виконання членом екіпажу своїх функціональних обов'язків. Модель робочого алгоритму в нотації «IDEF0» представлена сукупністю ієрархічно впорядкованих і взаємозалежних діаграм. Діаграма є функціональною одиницею опису робочого процесу і може бути або контекстною, або декомпозиційною, або «деревом вузлів».

Контекстна діаграма являє собою опис самого загального алгоритму роботи екіпажу з виконання польотного завдання в цілому. Тобто, вона характеризує практичне призначення цього алгоритму і взаємодії умов з його виконання із зовнішнім середовищем (польотною ситуацією). Ці умови відповідають впливам, що запускають робочі процедури окремими членами екіпажу, та результирующим наслідком з їх здійснення.

Внаслідок функціональної декомпозиції цей загальний алгоритм розбивається на окремі фрагменти у вигляді окремих діаграм декомпозиції (складових завдань, задач, підзадач), які, у свою чергу, діляться ще на більш дрібні складові і т. д. до окремих (неподільних) робочих операцій.

Діаграма «дерева вузлів» демонструє ієрархічну залежність завдань, задач, операцій. Її можна застосовувати для визначення обсягу роботи, що виконується членом екіпажу, з врахуванням рівня його робочого завантаження.

За допомогою діаграми потоку даних «DFD» (*Data Flow Diagramming*) можна аналізувати: процес обробки інформації з виконання польотного завдання, задачі, операції; команди, доповіді членів екіпажу, інформаційні авіаційні системи, які задіяні в обробці інформації; зовнішні джерела або одержувачі даних ззовні моделі (зовнішні посилання — *external references*); дані,

які необхідно зберігати в пам'яті перш, ніж використовувати в роботі (сховище даних — *data store*). «DFD» показує рух інформації від одного робочого процесу екіпажу до іншого.

Діаграма «IDEF3» (*Work Flow Diagramming*), на відміну від «IDEF0» і «DFD» може використовуватися для оцінювання сценаріїв дій членів екіпажу, наприклад, при переробці інформаційних потоків, викликаних виникненням відмовної ситуації. «IDEF3» доповнює «IDEF0» і містить усю інформацію, необхідну для імітаційного моделювання й аналізу.

Окреме завдання, задача, операція, що виконуються, в нотації «DEF3» називається *одиноцею роботи (unit of work-flow)* і характеризується більш детально порівняно з «IDEF0».

Надалі, розглядаючи конкретні технологічні операції з виконання польотних завдань, доцільно використовувати імітаційне моделювання в межах технології «BPwin».

Імітаційне «BPwin моделювання» — це метод, що дозволяє будувати моделі, які враховують тривалість виконання окремих робочих операцій. Отриману модель можна «програти» у часі й одержати «часові наслідки» від здійснення робочих процесів, що моделюються.

Одним з найбільш ефективних інструментів програмного імітаційного моделювання, згідно з працею [5], є система «ARENA» фірми *System Modeling Corporation*.

«ARENA» дає змогу програмними засобами будувати імітаційні моделі, «програвати» їх і аналізувати результати такого «програвання».

Однак для такого складного процесу, як робота діяльність льотного екіпажу, побудова імітаційної моделі без попереднього аналізу робочого процесу є мало ефективною. Це пов'язано з тим, що неможливо імітувати (для оптимізації), конкретний технологічний процес без попереднього опису й аналізу його особливостей. Тому, методологічно, найбільш доцільно спочатку створити «функціональну», а потім на її основі будувати «імітаційну» модель.

Технологія «BPwin» надає авіаційному ергономісту два програмних інструменти для оцінювання якості моделі за допомогою вартісного аналізу, який заснований на методиці розрахунків «ABC» (*Activity Based Costing*) та методиці обчислення «суттєвих властивостей робочого процесу», визначених дослідником «UDP» — (*User Defined Properties*).

У межах опису робочої діяльності екіпажу, вартісний аналіз дозволяє визначити сумарні витрати з ефективного виконання польотного завдання в цілому. Це здійснюється шляхом оцінювання складових витрат, пов'язаних зі здійснен-

ням окремих задач, підзадач і робочих операцій (наприклад, у вигляді психофізіологічного навантаження, потрібного часу, кількості спроб і т. ін.). Загалом, за допомогою вартісного аналізу авіаційний ергономіст здатний: кількісно визначити сумарну психофізіологічну вартість виконання конкретного польотного завдання; ідентифікувати найбільш трудомісткі завдання, задачі й окремі робочі операції; оцінити робоче навантаження кожного з членів екіпажу; виявити найбільш навантажених / перевантажених з них; визначити час, необхідний для виконання завдання, розв'язання задач, підзадач і робочої операції; оцінити відповідність потрібного часу необхідному й т. ін.

Вихідними даними для методики розрахунків «ABC» можуть бути показники, наведені в довідниках з інженерної психології (наприклад, часові характеристики здійснення окремих робочих операцій) [6] або наукові результати експериментальних досліджень рівня психофізіологічного навантаження [7; 8].

Розрахунки за методикою «ABC» можна проводити тільки тоді, коли модель робочої діяльності послідовна (відповідає синтаксичним правилам IDEF0), коректна (відповідає реальному робочому процесу), повна (охоплює всю робочу діяльність) і стабільна (пройшла експертну перевірку членами екіпажу без зауважень).

Синтаксис «ABC» базується на трьох основних поняттях: об'єкт витрат, рушій витрат і центри витрат.

Основним об'єктом витрат є те, для чого виконується польотне завдання, тобто мета польоту. В межах цього завдання, з ергономічного погляду, результатом робочої діяльності окремого члена екіпажу або екіпажу в цілому може бути, наприклад, усунення конкретної відмови, а вартістю — психофізіологічне навантаження.

Це навантаження обумовлено виконанням відповідного робочого алгоритму і потребує від конкретних членів екіпажу певних психофізіологічних зусиль.

«Рушій витрат» — це чинники, що зумовлюють можливість виконання роботи та впливають на те, яким чином і як довго вона виконується. Цими факторами можуть бути професіоналізм членів екіпажу, інструкції, КЛЕ, зручність компонування робочого місця й т. ін.

«Центри витрат» трактуються як певні статті «процедурних» витрат на здійснення робочого процесу. Як такі «процедурні» статті можна розглядати психофізіологічні витрати ресурсів члена екіпажу зі сприйняття та переробки інформації, прийняття рішення, управління літаковими системами, коригування результату управління,

керування екіпажем, пілотування, ведення навігації, радіозв'язку й т. ін. Загальні витрати по роботі в цілому розраховуються як сума по всіх центрах витрат.

Для проведення більш всебічного оцінювання переваг того або іншого алгоритму роботи льотного екіпажу можна застосувати інший спеціалізований засіб «BPwin» — методику вартісного аналізу — «UDP».

Ця методика дозволяє використовувати додаткові спеціалізовані показники, що характеризують алгоритм з інших позицій (наприклад, з погляду зручності виконання, можливості взаємоконтролю, задіяних аналізаторів, засобів виконання тощо).

На відміну від методики «ABC», яка забезпечує алгоритм тільки за двома параметрами (вартістю й тривалістю, з урахуванням частоти повторювання) «UDP» охарактеризує кожне завдання, задачу, підзадачу, робочу операцію за допомогою 18-ти різних показників, хоча й без підсумовуючих розрахунків. Отриманий результат у вигляді електронного звіту, який, у разі потреби роздруковується, можна експортувати в електронні таблиці, наприклад, в Excel.

Excel дає змогу автоматично згрупувати та відібрати несприятливі характеристики алгоритму, що знижують ефективність виконання членом екіпажу своїх функціональних обов'язків.

Таким чином, спільне використання «CASE-інструмента» для побудови функціональної моделі робочого процесу, з застосуванням «BPwin»-технології, і системи імітаційного моделювання «ARENA», дозволить більш якісно (порівняно зі звичайними «ручними» методами) оптимізувати роботу окремих членів екіпажу й екіпажу в цілому. Це особливо важливо за умови забезпечення льотної безпеки під час пілотування сучасного пасажирського літака «двох особовим» (скороченим), екіпажем, особливо у відмовних, особливих польотних ситуаціях.

У цьому зв'язку, застосування інформаційної технології «BPwin», ще на етапі розробки процедурних алгоритмів льотної роботи, є перспективним програмним (автоматизованим) засобом забезпечення льотної безпеки, з позицій людського чинника, завдяки підвищенню ергономічної ефективності робочих процедур з виконання польотних завдань.

Висновки

1. Інформаційна технологія «BPwin», дає змогу, у автоматизованому режимі проводити аналітичне ергономічне оцінювання робочих алгоритмів льотного екіпажу.

2. Аналітичний інструментарій інформаційної технології «BPwin» забезпечує більш ефективний пошук і своєчасне виправлення ергономічних недоліків робочих алгоритмів професійної діяльності окремих членів льотного екіпажу ще на етапі створення керівництва з льотної експлуатації літака

3. Методичний підхід, розроблений на базі інформаційної технології «BPwin», є перспективним аналітичним методом авіаційної ергономіки для науково обґрунтованої оптимізації алгоритмів роботи льотного екіпажу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Горбунов В. В. Информационные технологии, как эргономический метод обеспечения летной безопасности / В. В. Горбунов // Тезиси доповідей на 4-й Міжнародн. науково-практичн. конференц. «Актуальні проблеми психології діяльності в особливих умовах». — К. : НАУ, 14–15 квітня 2009. — С. 22–24

2. Хаккер В. О методах исследования когнитивных процессов, регулирующих деятельность в условиях производства: Методология инженерной психологии, психологии труда и управления / В. Хаккер., Б. Матерн. — М. : Наука, 1981. — С. 209–218.

3. Попов Л. Страстная неделя. Неполная хроника летных происшествий на опытном аэродроме / Л. Попов. — М. : Издат. дом «Авиация и космонавтика», 1995. — 255 с.

4. Марка Дэвид А. Методология структурного анализа и проектирования (SADT — Structured Analysis & Design Technique) / Дэвид А. Марка, Климент Мак Гоуэн. — SoftTech-MTU, 1986.

5. Маклаков С. В. Создание информационных систем с All Fusion Modeling Suite / С. В. Маклаков. — М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. — 427 с.

6. Справочник по инженерной психологии: под ред. Б. В. Ломова. — М. : Машиностроение, 1982. — 368 с.

7. Горбунов В. В. Оценка психофизиологической адекватности условий моделирования полета / В. В. Горбунов // Полет, 2001. № 1. — С. 38–40.

8. Горбунов В. В. Эргономическая оценка безопасности полета / В. В. Горбунов // Полет, 2003. — № 3. — С. 47–49.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2011.