

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

ГУСЕВА Юлія Юріївна

УДК 621.512.4:012.12

**УПРАВЛІННЯ ТРИВАЛІСТЮ ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ НАУКОЄМНОГО
ВИРОБНИЦТВА З УРАХУВАННЯМ СУПУТНІХ РИЗИКІВ**

05.13.22 – управління проектами та розвиток виробництва

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2004

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут”, Міністерство освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Божко Валерій Павлович,

Національний аерокосмічний університет

ім. М.Є. Жуковського

“Харківський авіаційний інститут”,

завідувач кафедри фінансів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент

Малєєва Ольга Володимирівна,

Національний аерокосмічний університет

ім. М.Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут”,

доцент кафедри інформаційних систем.

кандидат технічних наук,

Чайніков Сергій Іванович,

Харківський національний університет радіоелектроніки,

старший науковий співробітник кафедри системотехніки.

Провідна установа

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій, Міністерство освіти і науки України, м. Харків.

Захист відбудеться “18” червня 2004 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.062.01 в Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут" за адресою: 61070, м. Харків, вул. Чкалова 17, радіотехнічний корпус, ауд. 232.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут".

Автореферат розісланий “14” травня 2004 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради _____ Чумаченко І.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Основною тенденцією сучасного розвитку економіки є розробка та впровадження інноваційних проектів. Спроможність національного розробника створювати конкурентоспроможні зразки наукоємної техніки обумовлюють місце країни у рейтингу науково-технічного розвитку. В умовах жорстокої конкуренції для споживача стають найважливішими такі нецінові характеристики продукції та виробництва, як якість, новизна, спроможність у зазначені строки виконати індивідуальне замовлення, а також такий фактор, як скорочення тривалості створення виробів. Розробка нових технічних систем, що відповідають цим тенденціям, є пріоритетним напрямком розвитку, який дозволяє зберегти та зміцнити позиції українських виробників складної техніки на світовому ринку.

З вітчизняної виробничої практики відомо, що більшість дефектів готової машинобудівельної продукції викликані недоліками при конструюванні (50...70%), похибками технології виробництва (20...30%) та іншими причинами, в основі яких є помилкові або некваліфіковані рішення персоналу. Усунення таких дефектів збільшує вартість і тривалість проекту з розробки та освоєння нових виробів, а також є фактором їх морального старіння.

Стандарти серії ISO 9000, що регламентують систему управління якістю проектування в Україні, відзначають необхідність використання можливостей поліпшення процесів проектування та розробки нової техніки. Отже, актуальність проблеми підвищення якості, зменшення тривалості і вартості проекту технічної підготовки виробництва (ТПВ) підтверджується на рівні державних і міжнародних стандартів.

На цей час задача забезпечення ефективності розробок з урахуванням імовірних помилкових рішень виконавців, що викликають необхідність робіт з коректування конструкторської та технологічної документації, а також подальшої доводки виробів практично не вирішена. Існуючі дослідження пов'язані, як правило, з етапом експлуатації, у той же час окремі роботи в області ефективності проектів не враховують усього комплексу факторів, що викликають необхідність додаткових робіт для досягнення зазначених в технічному завданні характеристик виробів. Отже, розробка методів планування та управління проектами ТПВ наукоємної техніки з урахуванням супутніх ризиків, пов'язаних з людським фактором, є актуальною науково-прикладною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертаційну роботу виконано у рамках НДР, що здійснювались у 2000–2003 рр. у Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського “ХАІ” на кафедрі “Фінанси” відповідно до планів науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України за держбюджетними темами Г604-26/00 (ДР 0100U002201) та Г604-36/03 (ДР 0103U005067). Особистий внесок автора як співвиконавця полягає у розробці методів визначення та засобів управління ризиками, що викликаються помилковими рішеннями виконавців, а також визначення термінів виконання проекту з урахуванням коректувальних робіт. Крім того, автором виконана оцінка економічних ризиків проекту щодо розробки авіаційних двигунів.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є скорочення термінів технічної підготовки наукоємного виробництва і витрат на її проведення шляхом розробки методу, який враховує ризики, зумовлені помилковими рішеннями виконавців, та використання каналів зворотного зв'язку між елементами ТПВ.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі задачі:

1. Дослідження системи виробничих та економічних ризиків, які супроводжують створення наукоємної техніки як факторів, що зменшують її ефективність на всіх етапах життєвого циклу. Аналіз існуючих методик оцінки ефективності проектів щодо розробки нової техніки.

2. Оцінка втрат, що спричиняються сумісною дією виробничих та економічних ризиків під час виконання проекту ТПВ складної техніки.

3. Аналіз структури імовірних конструкторсько-технологічних ризиків та їх впливу на тривалість робіт з коректування конструкторської і технологічної документації та доводки готових виробів до рівня, обумовленого технічним завданням.

4. Розробка методів оцінки та управління ризиками, що супроводжують проект ТПВ.

5. Впровадження результатів досліджень у виробничу практику.

Об'єктом дослідження є процес планування і управління технічною підготовкою виробництва.

Предметом дослідження є моделі, методи аналізу і прогнозування впливу конструкторських і технологічних факторів на тривалість виконання технічної підготовки виробництва з урахуванням якості рішень персоналу.

Методи дослідження. Для аналізу структури конструкторсько-технологічних ризиків у процесі технічної підготовки виробництва складної техніки використані методи системного аналізу. Для опису послідовності робіт з технічної підготовки виробництва з урахуванням можливих повернень виробів на доробку використані моделі теорії графів (графи з поверненнями). Для формального подання отриманої граф-моделі використані матричні методи. Для прогнозування тривалості додаткових робіт через помилки виконавців при створенні нової техніки використані методи теорії ймовірностей і теорії нечітких множин. Для оцінки ступеня впливу конструкторсько-технологічних факторів на кінцевий результат проекту використані експертні методи та інструменти управління якістю. Для перевірки вірогідності запропонованих моделей використані методи імітаційного моделювання. Розробка архітектури бібліотеки графів структурних елементів ґрунтувалася на методах об'єктно-орієнтованого аналізу та проектування.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше одержано метод аналізу й оцінки ризиків від імовірних помилкових рішень персоналу щодо проекту ТПВ з визначенням тривалості робіт для відповідного коректування конструкторсько-технологічної документації та доводки виробів до стану, який відповідає вимогам технічного завдання.

Удосконалено методи представлення зв'язків між дефектами об'єкта техніки та факторами, що їх зумовлюють (дерево відмов, матрична діаграма), за рахунок доповнення традиційної системи взаємозв'язків комплексом імовірних помилкових рішень та чинників (факторів систем наукового, проектно-конструкторського та технологічного забезпечення), що впливають на виникнення таких рішень, в процесі виконання проекту ТПВ; при цьому на відміну від відомих методів враховується можливість нечіткого завдання параметрів зв'язків.

Дістали подальший розвиток положення теорії графів з урахуванням зворотних зв'язків на етапах, які потребують робіт з коректування. На відміну від відомих методик, оснований на використанні графів з поверненнями, в дисертації запропоновано засоби урахування факторів, що спричиняють виникнення зворотних зв'язків. Крім того, запропоновано аналітичне представлення графів робіт з відповідного коректування етапів ТПВ, що дозволяє уникнути використання імітаційного моделювання та зменшити тривалість і вартість відповідного аналізу.

Практичне значення одержаних результатів. Подані і розроблені аналітичні моделі та методи прогнозування тривалості робіт з коректування та визначення ступеня

впливу конструкторсько-технологічних факторів ризику на кінцевий результат проекту ТПВ є науково-методичною основою для створення інструментальних засобів управління імовірними ризиками проекту ТПВ складної техніки.

Інформаційною підтримкою процесу прийняття рішень щодо управління ТПВ наукоємної техніки є розроблена бібліотека графів структурних елементів об'єкта проектування, що реалізована у вигляді комп'ютерної бази даних. Розроблено також програмні засоби для реалізації запропонованих методик.

Використання розроблених методів дозволяє приймати науково обґрунтовані рішення при плануванні та виконанні ТПВ об'єктів складної техніки й оцінювати науково-технічний потенціал організації-розробника. Аналіз виконується як в умовах заданої послідовності робіт ТПВ, так і на перших етапах проектування, коли терміни робіт ще не визначені. Передбачено механізм урахування впливу факторів невизначеності, що викликають збільшення тривалості проекту, в тому числі факторів, які пов'язані з професійною компетентністю осіб, що приймають рішення.

Результати роботи впроваджені на підприємствах і в організаціях: ВАТ „Мотор Січ” (акт впровадження від 14.02.2004 р.); ДП „Харківське агрегатне конструкторське бюро” (акт впровадження від 4.03.2004 р.); АТЗ „Українські мотори” (акт впровадження від 5.01.2004 р.); ДП ЗМКБ „Прогрес” (акт впровадження від 12.01.2004 р.); НІІ ПФМ (акт впровадження від 21.01.2004 р.); Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського “ХАІ”(акт впровадження у навчальний процес від 29.01.2004 р.).

Науково-технічний ефект дисертації полягає у підвищенні наукової обґрунтованості рішень у процесі ТПВ складної техніки. Економічний ефект полягає у зменшенні незапланованих втрат часу та коштів, зумовлених впливом конструкторсько-технологічних ризиків на процес ТПВ складної техніки. Соціальний ефект полягає у поліпшенні умов роботи керівників та виконавців проекту за рахунок використання методів підтримки прийняття управлінських рішень.

Особистий внесок здобувача. Всі основні наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи отримані автором особисто. В публікаціях, які видані у співавторстві, автору дисертації належать: формування системного представлення ТПВ при використанні довідних робіт [4]; аналітична модель ціноутворення щодо об'єктів авіаційної техніки [5]; аналіз економічних ризиків, які супроводжують процеси проектування і виробництва складної техніки на прикладі авіаційного виробництва [6];

експертна оцінка впливу конструкторсько-технологічних факторів на кінцевий результат проекту [8].

Апробація результатів дисертації. Основні результати і дисертаційна робота в цілому апробовані на восьми міжнародних і всеукраїнських конференціях і семінарах: наукових конференціях “Интегрированные компьютерные технологии в машиностроении ИКТМ” (Харків, 2001 - 2003 рр.); Другій міжвузівській науковій конференції студентів і аспірантів «Маркетинг и предпринимательство в переходной экономике» (Харків, ХДЕУ, 2001 р.); Першій всеукраїнській науковій конференції студентів і аспірантів «Проблемы и перспективы экономической глобализации» (Харків, ХДЕУ, 2002 р.); VI Міжнародному конгресі двигунобудівників (Рибаче, 2002 р.); VIII Міжнародному конгресі двигунобудівників (Рибаче, 2003 р.); конференціях молодих учених Національного аерокосмічного університету “ХАІ” (Харків, 2000 - 2003 рр.), наукових семінарах кафедри фінансів та інформаційних систем Національного аерокосмічного університету “ХАІ” (2000 - 2003 рр.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 12 праць, у тому числі 5 статей у наукових журналах, 4 статті у збірках наукових праць, 2 праці є тезами доповідей, 1 – звітом НДР.

Структура роботи. Робота містить: вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних літературних джерел і додатки. Повний обсяг дисертації складає 192 сторінок, у тому числі: 8 рисунків на 5 сторінках; 6 таблиць на 3 сторінках; список використаних літературних джерел, що містить 114 найменувань на 9 сторінках; 6 додатків на 30 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ дисертаційної роботи містить: обґрунтування актуальності теми і наукової задачі; зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; мету і задачі дослідження; об'єкт, предмет і методи дослідження; наукову новизну й практичне значення одержаних результатів; особистий внесок здобувача; інформацію про реалізацію, апробації та публікації результатів.

У першому розділі проведено аналіз системи виробничих і економічних ризиків при створенні складної техніки як факторів, що знижують ефективність нової техніки на всіх етапах її життєвого циклу. Проаналізовані також існуючі методики оцінки й управління ризиками.

Аналіз сучасних досліджень у галузі ризиків показав, що основна увага приділяється різним проявам економічних ризиків на відміну від ризиків, пов'язаних безпосередньо з розробкою виробів і технологічних процесів. При цьому основна частина досліджень щодо якості розробок торкається показників надійності в експлуатації. Доповненням цих досліджень є загальні принципи оцінки ефективності і якості НДОКР.

На цей час задача дослідження ефективності розробок з урахуванням можливих помилкових рішень, тобто ризику професійної некомпетентності розробників, які зумовлюють необхідність виконання додаткових робіт для досягнення вимог технічного завдання, практично не вирішена.

За результатами проведеного аналізу сформульовані мета та задачі дослідження, спрямовані на скорочення термінів технічної підготовки виробництва і підвищення її якості шляхом розробки методів, що враховують ризики, зумовлені помилковими або некомпетентними рішеннями виконавців.

Другий розділ роботи присвячено системному моделюванню процесів ТПВ.

З зовнішнім оточенням, у тому числі соціальним та організаційним середовищем, система ТПВ пов'язана сукупністю параметрів, що залежно від характеру і ступеня впливу на систему можна розподілити на такі множини:

– вхідні параметри-фактори $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$, що безпосередньо впливають на систему і визначають її властивості. Для системи ТПВ, що досліджується, вхідними параметрами є умови технічного завдання на виріб;

– вихідні параметри-властивості $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$, що являють собою результати проектування (значення технічних та інших характеристик);

– керуючі параметри $U = (U_1, U_2, \dots, U_n)$, вплив яких забезпечує регулювання і підтримку заданих умов існування системи. В системі, що досліджується, керуючими параметрами є прийняті рішення при проектуванні виробу і розробці техпроцесу;

– неконтрольовані параметри $R = (R_1, R_2, \dots, R_n)$, у тому числі пов'язані з помилками при прийнятті рішень. Комплекс факторів R визначає якісну сторону функціонування системи.

Функціонування системи полягає в перетворенні вхідних факторів X в вихідні Y в умовах реального оточення за параметричним рівнянням виду $Y=Y(X,U,R)$. В свою чергу, фактори R і U є функціями наукового (НЗ), проектно-конструкторського (ПКЗ) і

технологічного (ТХЗ) забезпечення виробництва, тобто якість прийнятих рішень знаходиться в залежності від цих видів забезпечення виробництва. Виходячи з викладеного, можна записати функціональні залежності у вигляді $X = F(HЗ, ПКЗ, ТХЗ)$, $U = F(HЗ, ПКЗ, ТХЗ)$.

Проектно-конструкторське забезпечення є наступним за науковим періодом життя проекту, на цьому етапі закладається фундамент досконалості чи недосконалості об'єкту. При цьому якість і тривалість проектування конкретних конструкцій залежать, у першу чергу, від кваліфікації та творчого потенціалу персоналу (К), обсягу і рівня інформаційного (І), методологічного (М), технічного (Т) та іншого забезпечення, застосування останніх досягнень науки і техніки, використання переваг систем автоматизованого проектування, тобто $ПКЗ = \tilde{F}(K, M, I, T)$. При цьому наукове забезпечення є базою для проектно-конструкторського і знаходить своє відображення в ньому; технологічне забезпечення багато в чому визначається конструкторським; проектно-конструкторське забезпечення є основою для формування якості виробу. У зв'язку з цим можна вважати, що основним фактором, що визначає комплекси R і U системи ТПВ, є фактор ПКЗ, тобто $R \approx \tilde{F}(K, M, I, T)$, $U \approx \tilde{F}(K, M, I, T)$.

Оскільки вхідні параметри $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ задаються замовником і є зовнішніми стосовно системи, а вихідні параметри визначаються комплексом факторів $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$, $U = (U_1, U_2, \dots, U_n)$, $R = (R_1, R_2, \dots, R_n)$, аналіз системи необхідно починати з комплексів факторів U і R, що визначають, відповідно, рішення, прийняті в процесі проектування об'єкту техніки і техпроцесу його виробництва та помилки, що виникають при прийнятті цих рішень.

На рис. 1 наведено, що елемент множини X ТЗ (значення технічної характеристики за технічним завданням) визначає комплекс конструкторських і технологічних рішень F (елементи множин U і R) по окремих структурних одиницях виробу CE , що, в свою чергу, забезпечує певне значення технічної характеристики TX за результатами проектування (елемент множини Y). При прийнятті кожного з рішень, що входять у ці комплекси, можливі помилки (елементи множини R), результатом яких буде незабезпечення відповідного технічного показника виробу. Таким чином, ризик, що супроводжує прийняття рішень є чинником, що визначає виникнення дефектів.

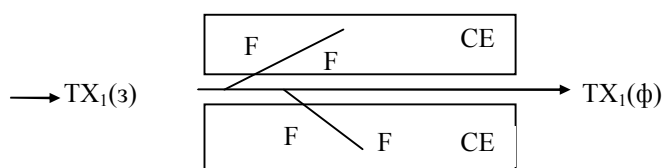


Рис. 1. Синтез системи проектування

$TX_i(з)$ – значення i -тої технічної характеристики по ТЗ; $TX_i(ф)$ – фактичне значення i -тої технічної характеристики за результатами проектування

Основну систему при використанні механізму застосування довідних робіт можна зобразити у вигляді, наведеному на рис. 2. Система, що запускає процес довідних робіт, складається з чотирьох елементів: виходу основної системи (1), пристрою, що оцінює цей вихід (2) і передає результат по каналу зворотного зв'язку (3) у блок прийняття рішення щодо додаткових робіт (X), який порівнює фактичний та очікуваний вихід. Якщо відхилення неприпустиме, механізм впливу (4) дає команду про проведення довідних робіт.

Таким чином, проведено аналіз можливих дефектів об'єкта техніки і помилок, що їх викликають (відповідних ризиків). На основі цього аналізу систематизована і доповнена класифікація таких помилок і дефектів.

Аналіз факторів, що викликають появу дефектів, показав їх нестохастичну природу, що визначило необхідність використання апарату нечітких множин у процесі досліджень. Як основний метод дослідження вибрано системний підхід.



Рис. 2. Система ТПВ при використанні довідних робіт

Третій розділ присвячено формулюванню основних теоретичних положень і визначень, що використовуються для оцінки тривалості ТПВ об'єкта техніки. Проведено декомпозицію факторів, що викликають необхідність довідних робіт, причому основою для такої декомпозиції були системний підхід та метод дерева відмовлень. Виділено та визначено конкретні комплекси факторів, класифіковані за принципом розподілу їх на технологічні та конструкторські.

Наприклад, у множину конструкторських факторів додані такі: вибір конструктивних схем агрегату, вузлів, деталей; призначення вимог щодо геометричних характеристик деталей; методики конструкторських розрахунків і їхня точність; призначення допусків і посадок; методики проведення випробувань та ін. У комплекс технологічних факторів можуть входити: методики проектування технологічного процесу; методики і точність розрахунку режимів обробки деталей; вибір устаткування і засобів технологічного оснащення та ін.

Розроблено методику визначення ступеня впливу кожного конкретного фактора на кінцевий результат проекту. Спільне використання системного підходу, метода дерева відмовлень і методів теорії нечітких множин дозволили визначити величину впливу «елементарного» фактора на забезпечення технічної характеристики в умовах нечітко заданих вихідних даних.

Введено такі позначення: $I = (I_1, I_2, \dots, I_n)$ – множина дефектів; $F = (f_1, f_2, \dots, f_m)$ – множина причин (факторів), що зумовлюють дефекти (множина помилкових рішень), тоді можна записати $F=M \cap D$ (M – комплекс технологічних факторів, D – комплекс конструкторських факторів); $F_i = (f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{ii}, \dots)$ – множина факторів i -го рівня. Нехай $\Phi_{i-1,i+1}: f_{i-1} \times f_{i+1} \rightarrow [0;1]$ є функція належності нечіткого бінарного відношення $R_{i-1,i+1}$, тоді для всіх $f_{i+1} \in F_{i+1}$ і $f_{i-1} \in F_{i-1}$ функція $\Phi_{i-1,i+1}(f_{i-1}, f_{i+1})$ є ступінь, в якому фактор f_{i+1} ($i+1$)-го рівня обумовлює появу фактора f_{i-1} ($i-1$)-го рівня. Відношення $R_{i-1,i+1}$ можна подати в матричній формі (1), при цьому кожен елемент матриці $R_{i-1,i+1}$ обчислюється за формулою (2) і визначає ступінь, у який фактор рівня ($i+1$) визначає появу фактора ($i-1$)-го рівня. Аналогічно можна одержати відношення $R_{1,n}$, що зв'яже фактор останнього, n -го рівня, з появою j -го дефекту (3).

	$f_{i+1,1}$	$f_{i+1,2}$	...	$f_{i+1,i}$	...
$f_{i-1,1}$	$\Phi_{i-1,i+1}(f_{i-1,1}, f_{i+1,1})$	$\Phi_{i-1,i+1}(f_{i-1,1}, f_{i+1,2})$	...	$\Phi_{i-1,i+1}(f_{i-1,1}, f_{i+1,i})$	...
$f_{i-1,2}$	$\Phi_{i-1,i+1}(f_{i-1,2}, f_{i+1,1})$	$\Phi_{i-1,i+1}(f_{i-1,2}, f_{i+1,2})$	...	$\Phi_{i-1,i+1}(f_{i-1,2}, f_{i+1,i})$	...
...
$f_{i-1,i}$	$\Phi_{i-1,i+1}(f_{i-1,i}, f_{i+1,1})$	$\Phi_{i-1,i+1}(f_{i-1,i}, f_{i+1,2})$	...	$\Phi_{i-1,i+1}(f_{i-1,i}, f_{i+1,i})$	...
...

$$\Phi_{i-1,i+1}(f_{i-1,i+1}) = \sum_{f_i} \Phi_{i,i+1}(f_i, f_{i+1}) \Phi_{i-1,i}(f_{i-1}, f_i) \quad (2)$$

	$f_{n,1}$	$f_{n,2}$	...	$f_{n,i}$	...
I_1	$\Phi_{I,n}(I_1, f_{n,1})$	$\Phi_{I,n}(I_1, f_{n,2})$	...	$\Phi_{I,n}(I_1, f_{n,i})$	...
I_2	$\Phi_{I,n}(I_2, f_{n,1})$	$\Phi_{I,n}(I_2, f_{n,2})$	...	$\Phi_{I,n}(I_2, f_{n,i})$	...
...
I_i	$\Phi_{I,n}(I_i, f_{n,1})$	$\Phi_{I,n}(I_i, f_{n,2})$	...	$\Phi_{I,n}(I_i, f_{n,i})$	...
...

(3)

Нехай $RS = (rs_1, rs_2, \dots, rs_k)$ – множина зон ризику; $\pi_s: f \times RS \rightarrow [0;1]$ є функція належності нечіткого бінарного відношення S . Для всіх $f \in F$ і $rs \in RS$ $\pi_s(f, RS)$ є ступінь сумісності тієї або іншої причини, що викликає необхідність доводки з певною зоною ризику. В матричній формі це відношення має вигляд

	rs_1	rs_2	...	rs_k
f_1	$\pi_s(f_1, rs_1)$	$\pi_s(f_1, rs_2)$	...	$\pi_s(f_1, rs_k)$
f_2	$\pi_s(f_2, rs_1)$	$\pi_s(f_2, rs_2)$	...	$\pi_s(f_2, rs_k)$
...
f_m	$\pi_s(f_m, rs_1)$	$\pi_s(f_m, rs_2)$	...	$\pi_s(f_m, rs_k)$

При побудові функція належності $\pi_s: F \times RS \rightarrow [0;1]$, що характеризує ступінь належності (відповідності) тієї або іншої причини виникнення дефекту певній зоні небезпеки (ризика), ми виходили з таких міркувань: негативний вплив того або іншого фактора на кінцевий результат проекту визначається тривалістю (трудомісткістю) робіт з виправлення зробленої помилки; негативний вплив того або іншого фактора на кінцевий результат проекту визначається також імовірністю виникнення цього фактора (помилки); небезпека помилки при виконанні конкретної роботи тим більша, чим більше є наступних робіт, безпосередньо пов'язаних з результатом даної роботи; величина впливу фактора на виникнення дефекту враховується при побудові Φ_i . Тепер можна одержати матрицю, елемент якої $\mu_s(I, rs)$ можна інтерпретувати як зважений ступінь відповідності дефекту I_i зоні ризику rs_j (4).

Таким чином, відповідність певного фактора тій або іншій зоні ризику характеризується трьома показниками: імовірністю виникнення помилки, тривалістю її виправлення, коефіцієнтом впливу роботи, якій належить можлива помилка, на загальний хід робіт (цей коефіцієнт може, наприклад, визначатися відношенням кількості робіт, що йдуть за розглянутою і безпосередньо пов'язані з нею, до загальної кількості робіт). Відповідні показники визначаються за допомогою експертного опитування, для чого були розроблені матриці, що відбивають взаємозв'язок між конструкторськими і

технологічними факторами з показниками виробу. Необхідність використання експертних методів викликана відсутністю відповідної бази даних, що відбиває «історію доводки» як окремих елементів, так і об'єкта в цілому.

	rs_1	...	rs_k	
I_1	$\mu_s(I_1, rs_1)$	...	$\mu_s(I_1, rs_k)$	
I_2	$\mu_s(I_2, rs_1)$	...	$\mu_s(I_2, rs_k)$	
...	
I_n	$\mu_s(I_n, rs_1)$	...	$\mu_s(I_n, rs_k)$	

(4)

Для упорядкування факторів за показниками і визначення зон ризику використовуємо множини Парето. Кожна з таких множин містить фактори, що відносяться до відповідної зони ризику. Множини Парето складаються з точок, координати яких визначаються рангами показників.

На початкових етапах проектування (технічна пропозиція, ескізний проект) функцію тривалості доводки деталі, вузла або агрегату по j -му дефекту можна подати в такому вигляді: $T = f(\Phi_{i,n}, k, k_n, t)$. Загальний час доводки по одній деталі буде складатися з тривалостей доводки по окремим дефектам цієї деталі. При цьому тривалості підсумовуються, якщо роботи по удосконаленню деталі проводяться послідовно. Якщо такі роботи проводяться паралельно, то загальна їх тривалість дорівнює тривалості найтривалішої з робіт

$$T_E = \sum_{\text{посл}} t_i + \max_{\text{пар}}(t_i),$$

де T_E – тривалість доводки деталі.

Аналогічно одержимо формули для розрахунків тривалості доводки вузла і агрегату в цілому. Час доведення вузла складається з тривалості доводки самого вузла і його складових деталей. Відповідно, тривалість доводки всього агрегату складається з часу на доводку агрегату, вузлів та деталей, що входять до його складу безпосередньо і не входять до складу вузлів.

У четвертому розділі розглянуто такий стан процесу розробки об'єкта техніки, коли відома послідовність та взаємозв'язок робіт ТПВ.

Запропоновано формальне подання процесу ТПВ із використанням довідних робіт на основі графів з поверненнями. При цьому представлена аналітична модель відповідного графа. Так, матриця A (матриця суміжності графа $G(S,F)$, що складається з n робіт) являє собою формальний опис графа $G(S,F)$ без урахування повернень. R –

матриця досяжності графа $G(S,F)$, її ij -й рядок представляє усі орієнтовані шляхи по графу: $R = R_1 \wedge R_2 \wedge \dots \wedge R_n = R^n$ (застосовується логічне множення і підсумовування елементів матриць). l_{ij} – вектор, що являє собою ij -й рядок матриці R і визначає послідовність робіт, пов'язаних з роботою ij $l_{ij} = \| r_{ij,1}, r_{ij,2}, \dots, r_{ij,n} \|$.

Введемо вектор k_n – вектор з нульовими елементами. Тоді g_{ij} – граф доводки, визначуваний роботою ij , можна одержати таким чином

$$g_{ij} = \alpha (l_{ij} \vee k_n),$$

$$\alpha = \begin{cases} 1, & \text{якщо було помилкове рішення,} \\ 0, & \text{якщо такого рішення не було.} \end{cases}$$

$G_{\text{дов}} = \|g_{\text{дов}ij}\|$ – граф доведення, визначуваний усім комплексом робіт (дуг типу (ij)), що складають граф $G(S,F)$. Матриця $G_{\text{дов}}$ доповнює матрицю A описом механізму повернень на доводку.

Якщо вектор $t = \|t_{ij}\|$ містить інформацію про тривалість робіт, то величина очікуваної тривалості робіт з доводки $T = \|t_{ij}\| \cdot \|1 - \prod g_{ij}\|$, або $T = \|t_{ij}\| \cdot \|1 - \min(g_{ij})\|$.

За певних умов реалізації проекту роботи, що безпосередньо не пов'язані з контуром повернення і залежать тільки від результатів попередніх робіт, перероблятися не повинні. У цьому випадку застосовується другий підхід, при якому доводка йде по графу $G_{\text{дов}1}$. При виникненні повернення параметри графа перераховуються тільки для вершин, що входять у підграф, визначуваний дугою повернення (для інших робіт $t_{ij}=0$).

При визначенні тривалості ТПВ за нормативами розраховують нормоване значення тривалості довідних робіт. Різниця між нормованим значенням тривалості робіт з доводки і значенням, отриманим за запропонованою методикою, складе резерв часу для виконання довідних робіт. Від'ємне значення резерву показує наявність ризику перевищення планової тривалості процесу. Таким чином, ризик збільшення тривалості ТПВ внаслідок прийняття помилкових конструкторсько-технологічних рішень (ризик некомпетентності виконавців) можна розрахувати так:

$$R = \frac{T_H - T_M}{T_H},$$

де T_H – нормативне значення тривалості довідних робіт;

T_M – значення тривалості довідних робіт за методикою.

Основою системи управління тривалістю ТПВ є розроблена модель, що базується на використанні графа з поверненнями. Інформаційним забезпеченням системи є

бібліотека графів елементів, що містить умовно-постійний фонд, представлений набором графів типу $G(S,F)$ окремих компонентів виробів певного типу, причому в цьому фонді мають бути подані усі можливі варіанти кожного елемента виробу. Оскільки задається тільки послідовність робіт з проектування, тобто на основі одного графа може бути розроблена безліч елементів одного призначення, але з різними фізико-механічними і геометричними характеристиками, бібліотека графів для виробів одного типу міститиме обмежену кількість елементів. Таким чином, може бути складена бібліотека об'єктів, що проектуються.

Як вхідні дані при роботі з бібліотекою структурних елементів об'єкта є інформація про виконавців робіт (їхньої кваліфікації та досвіду роботи). При цьому у деяких випадках можлива зміна топології робіт та інших їх характеристик (складність, новизна робіт) у зв'язку зі змінами у процедурі проектування і підготовки виробництва, розвитком проектувальної організації.

На виході можуть бути отримані характеристики тривалості ТПВ (очікувана величина тривалості робіт ТПВ; очікуване перевищення величини тривалості ТПВ над нормативним значенням; ризик некомпетентності виконавців); перелік робіт, упорядкований за ступенем впливу наслідків помилки при виконанні роботи.

На основі отриманих даних можна розробити план по зменшенню тривалості ТПВ. Таке зменшення відбувається за рахунок скорочення помилкових рішень при виконанні робіт і, як наслідок, зменшення кількості повернень на доводку. Отримана в результаті аналізу інформація дозволяє виділити із загального обсягу робіт такі, які найбільш впливають на тривалість процесу ТПВ. Негативний вплив помилки при виконанні тієї або іншої роботи як фактора ризику знижується через зміни параметрів роботи (новизни роботи, кваліфікації та досвіду виконавця). Як доповнення до даної методики рекомендується використовувати традиційні методи зниження трудомісткості (тривалості) робіт.

Уведено такі характеристики кожної з робіт, при виконанні яких можливі помилки (можливі комбінації будь-яких факторів): досвід виконавця; кваліфікація виконавця; ступінь запозичення при виконанні роботи; складність роботи. Досвід виконавця (О) характеризується кількістю виконаних раніше подібних робіт. Кваліфікація виконавця (К) оцінюється відповідно до відомих методик. Ступінь запозичення (З) визначає рівень новизни виконуваної роботи, елемента об'єкта відповідно до термінів ЕСТПВ і ЕСТД. Стосовно виробу ступінь запозичення буде визначатися як конструктивна або

технологічна наступність. Складність роботи (С) визначається групою складності елемента, а також такими факторами, як ступінь автоматизації роботи (прийняття рішення). Такі фактори були вибрані з урахуванням аналізу практичних спостережень та рекомендацій експертів. При цьому слід зазначити, що шкали по кожному з факторів формуються індивідуально для кожної організації або підрозділу.

Для одержання параметрів залежності можливості помилкового рішення від перелічених вище факторів застосовано факторний експеримент. Нехай О, К, З, С – контрольовані фактори. Тоді досліджуваний процес може бути описаний за допомогою математичної моделі $\mu_p = f(O; K; Z; C)$, де μ_p – функція належності ймовірності виникнення помилкового рішення; f – функція відгуку, що являє собою залежність математичного сподівання тривалості від факторів.

П'ятий розділ присвячено аналізу результатів впровадження запропонованих у роботі методів і моделей для управління тривалістю ТПВ складних наукоємних виробів.

Наведено порівняльний аналіз розроблених методик: з використанням дерева відмов, з використанням бібліотеки графів структурних елементів. Здійснено перевірку вірогідності результатів запропонованих методик.

Проаналізовано проекти з розробки елементів авіаційних гідросистем, авіаційних двигунів та їх елементів. Результатом аналізу стало виділення комплексу найнебезпечніших дефектів (з точки зору тривалості процесу доводки), відповідного комплексу факторів з найбільшим впливом на тривалість ТПВ, а також оцінка тривалості ймовірних довідних робіт. Порівняно високе узгодження прогнозних оцінок з даними про реальне виконання проекту підтверджує достовірність запропонованих моделей.

Дані для аналізу формуються у вигляді текстових файлів, що містять інформацію про взаємозв'язок окремих факторів та дефектів (на основі розроблених матриць експертного опитування) для реалізації першої методики або інформацію з бібліотеки графів структурних елементів (взаємозв'язок робіт) для другої методики. Програмне забезпечення розрахунків виконано у вигляді електронних інструкцій у системі Mathcad. Вихідні дані також формуються у вигляді текстових файлів. Для методики, основаної на використанні дерева відмов, – це рейтингова оцінка факторів та дефектів; для методики, основаної на використанні графів з поверненнями – очікувана тривалість довідних робіт та список робіт, що є критичними при виникненні довідних робіт. Результати реалізації другої методики можуть передаватися для подальшого аналізу в пакет Microsoft Project.

На рис. 3 наведено авіаційний гідронасос, проект з розробки якого проаналізовано, і результати аналізу, передані до середовища Microsoft Project.

Розраховані значення втрат від ризиків, що супроводжують проект. Оцінка таких ризиків характеризує величину можливого економічного ефекту від заходів щодо зниження ризику некомпетентності та тривалості процесу доводки виробів до вимог технічного завдання. Наведено рекомендації щодо практичного використання запропонованих методів.

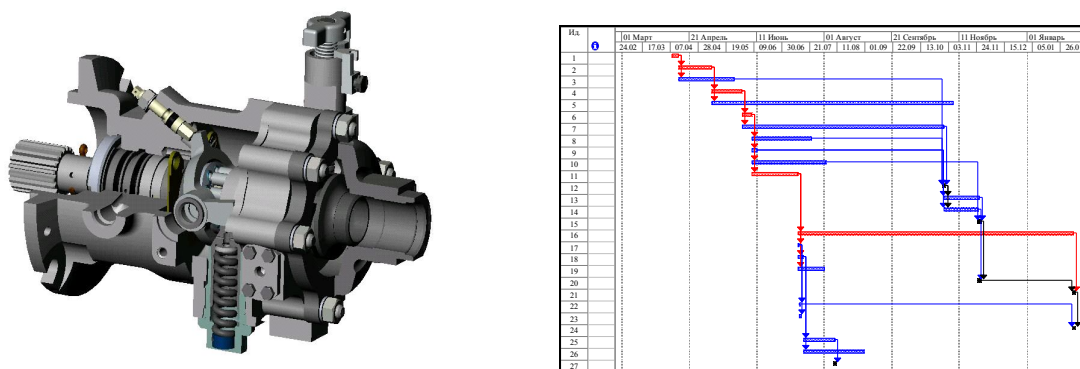


Рис. 3. Результати аналізу проекту з розробки авіаційного гідронасоса

У додатках наведено акти впровадження результатів роботи на ряді підприємств та організацій, порівняння результатів розрахунків, виконаних за допомогою методів аналітичного та імітаційного моделювання, приклади матриць експертного опитування, структура розробленої бази даних, опис проектів, аналіз виконання яких виконано в роботі.

ВИСНОВКИ

У дисертації отримано теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-прикладної задачі розробки методів планування та управління проектами технічної підготовки виробництва наукоємної техніки з урахуванням супутніх ризиків, пов'язаних з людським фактором.

Виконано аналіз системи виробничих і економічних ризиків при створенні складних наукоємних виробів як факторів, що знижують ефективність нової техніки на усіх етапах її життєвого циклу, при цьому проаналізовано існуючі методики оцінки та управління ризиками. Проведено аналіз можливих дефектів об'єктів техніки і помилок,

що їх зумовлюють. На основі цього аналізу систематизована і доповнена класифікація таких помилок і дефектів.

На основі системного і функціонально-структурного підходу сформоване представлення системи технічної підготовки виробництва з урахуванням можливих додаткових робіт для досягнення запланованого результату проекту. Запропоновано комплекс заходів щодо усунення причин некомпетентних рішень.

Сформульовано основні теоретичні положення, що використані для оцінки тривалості технічної підготовки виробництва об'єкта техніки. Проведено декомпозицію факторів, що викликають необхідність довідних робіт, причому основою для такої декомпозиції були системний підхід та метод дерева відмов. Виділено та визначено конкретні комплекси факторів, класифіковані за принципом розподілу їх на технологічні та конструкторські.

Розроблено методику визначення ступеня впливу кожного конкретного фактора на кінцевий результат проекту. Спільне використання системного підходу, методу дерева відмовлень та методів теорії нечітких множин дозволили визначити величину впливу «елементарного» фактора на забезпечення певної технічної характеристики виробу в умовах нечітко заданих вихідних даних. Запропоновано класифікацію дефектів залежно від ступеня їх впливу на кінцевий результат технічної підготовки виробництва з розподілом дефектів за зонами ризику. Методика дозволяє визначити комплекс критичних робіт (факторів) і дефектів.

Обґрунтовано застосування графів з поверненнями при оцінці тривалості технічної підготовки виробництва об'єкта техніки, наведено основні положення щодо використання таких графів при управлінні тривалістю ТПВ.

Запропоновано методику управління тривалістю технічної підготовки виробництва, ядром якої є модель, основана на використанні бібліотеки графів структурних елементів об'єкта проектування. Бібліотека містить типові графи для кожного з компонентів об'єкта, а також інформацію про характеристики робіт, що складають графи і є факторами ризику прийняття помилкового рішення (ризик некомпетентності). На основі концепції бібліотеки структурних елементів розроблено відповідну базу даних.

Розроблена методика дозволяє здійснити управління тривалістю технічної підготовки виробництва складної техніки з урахуванням можливих повернень виробів на

доробку. Запропоновано засіб визначення резерву часу по довідним роботам, які обумовлені ризиком некомпетентності.

Отримані результати впроваджені в практику управління проектами, пов'язаними зі створенням авіаційної техніки.

Основний науково-технічний ефект дисертації полягає у підвищенні наукової обґрунтованості рішень в процесі розробки складної наукоємної техніки. Економічний ефект складається за рахунок зменшення незапланованих втрат часу та коштів, зумовлених впливом конструкторсько-технологічних ризиків проекту технічної підготовки виробництва складної техніки.

Застосування запропонованих у роботі моделей дозволяє знизити втрати фінансових і часових ресурсів, викликаних збільшенням планової тривалості проекту. Внаслідок цього досягається підвищення ефективності використання ресурсів проекту.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Гусева Ю.Ю.* Управление длительностью доводки авиационных агрегатов // Вестник двигателестроения. – Запорожье, 2002. – №1. – С. 107-109.
2. *Гусева Ю.Ю.* Моделирование процессов разработки новой техники с учетом графов с возвратами // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков, 2003. – Вып. 40. – С. 153-155.
3. *Гусева Ю.Ю.* Оцінка впливу конструкторсько-технологічних факторів ризику на тривалість ТПВ авіаційних двигунів на основі нечітких множин // Вестник двигателестроения. – Запорожье, 2003. – №1. – С. 58-61.
4. *Божко В.П., Гусева Ю.Ю.* Системное управление процессом создания новой техники с учетом рисков некомпетентности // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2003. – №37. – С. 168-171.
5. *Гусева Ю.Ю., Божко В.П.* Управление ценообразованием при производстве авиационных двигателей // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ ХПІ, 2002. - № 4. – С. 101- 103.
6. *Гусева Ю.Ю., Божко В.П., Попуга А.И.* Экономические риски в авиационном производстве // Авіаційно-космічна техніка і технологія: Зб. наук. праць. – 2000. – №15. – С. 110-114.

7. Гусева Ю.Ю. Управление экономическими рисками в проектных решениях при создании новой техники // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: Зб. наук. праць.* – 2002. – Вип.29. – С. 67-69.

8. Божко В.П., Гусева Ю.Ю. Управление экономическими потерями при принятии технических решений в авиационном производстве // *Системы обработки інформації: Зб. наук. праць.* – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2002. – Вип. 5 (21). – С. 129-133.

9. Гусева Ю.Ю. Модель управления длительностью технической подготовки производства авиационной техники // *Авиационно-космическая техника и технология: Сб. науч. тр.* – Харьков, 2002. – Вып. 34. – С. 237-239.

10. Гусева Ю.Ю. Управление факторами, определяющими длительность доводки авиационных агрегатов // *Труды Междунар. науч.-техн. конф. „Информационные компьютерные технологии в машиностроении”.* – Харьков: НАУ ХАИ, 2002. – С. 201.

11. Гусева Ю.Ю. Формирование системы управления ТПП на основе библиотек структурных элементов объектов проектирования // *Матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. „Динаміка наукових досліджень 2003”* – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2003. – Том 35. Технічні науки. – С. 48-49.

12. *Розробка теоретичних основ побудови технологічно-економічних факторів взаємного впливу етапів виробниче-експлуатаційного циклу при розробці АКРТ: Звіт про НДР (заключний) / Нац. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т".* – № ДР0100U002201, Інв. № 0203U002072. – Харків, 2003. – 70 с.

АНОТАЦІЯ

Гусева Ю.Ю. Управління тривалістю технічної підготовки наукоємного виробництва з урахуванням супутніх ризиків. – Рукопис.

Дисертація на здобуття ученого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.22 – управління проектами та розвиток виробництва. – Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського “ХАІ”. – Харків, 2004.

Роботу присвячено моделюванню впливу довідних робіт, викликаних помилковими рішеннями виконавців на технічну підготовку виробництва (ТПВ) складної наукоємної техніки. Виконано аналіз системи виробничих і економічних ризиків як факторів, що знижують ефективність нової техніки на усіх етапах її життєвого циклу. Сформовано подання системи ТПВ з урахуванням повернень виробів на доробку. Розроблено методику визначення ступеня впливу окремих факторів на кінцевий

результат проекту, що дозволяє визначити комплекс критичних робіт (факторів) і дефектів. Запропоновано методика управління тривалістю ТПВ. Передбачено механізм урахування впливу факторів невизначеності, що викликають необхідність довідних робіт, в тому числі факторів, пов'язаних з особистістю виконавців. Отримані результати впроваджено в практику управління проектами, пов'язаними зі створенням авіаційної техніки.

Ключові слова: управління проектами, технічна підготовка виробництва, складна наукоємна техніка, ризик некомпетентності, тривалість довідних робіт.

АННОТАЦИЯ

Гусева Ю.Ю. Управление длительностью технической подготовки наукоёмкого производства с учетом сопутствующих рисков. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.22 – управления проектами и развитие производства. – Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”. – Харьков, 2004.

Работа посвящена моделированию влияния доводочных работ, вызванных ошибочными решениями исполнителей на техническую подготовку производства (ТПП) сложной наукоёмкой техники.

Выполнен анализ системы производственных и экономических рисков при создании сложных изделий как факторов, снижающих эффективность новой техники на всех этапах ее жизненного цикла. Проведен также анализ возможных дефектов объекта техники и вызывающих их ошибок.

На основании системного и функционально-структурного подхода сформировано представление системы технической подготовки производства с учетом доводочных работ. Предложен комплекс этапов по управлению мероприятиями по устранению последствий некомпетентных решений.

Разработана методика определения степени влияния отдельных технологических и конструкторских факторов на конечный результат проекта. Предложена классификация дефектов в зависимости от степени их влияния на конечный результат ТПП с разделением дефектов по зонам риска. Совместное использование системного подхода, метода дерева отказов и методов теории нечетких множеств позволили определить степень влияния «элементарного» фактора на обеспечения технической характеристики изделия в условиях нечетко заданных исходных данных.

Обосновано использование графов с возвратами при оценке длительности ТПП объекта техники, приведены основные положения, касающиеся применения таких графов при управлении длительностью ТПП. Предложена методика управления длительностью ТПП, ядром которой является модель, основанная на использовании библиотеки графов структурных элементов объекта проектирования. На основе концепции библиотеки структурных элементов разработана соответствующая база данных. Приведен также алгоритм построения графа с возвратами, предложены дополнительные характеристики работ, составляющих графы. Проведена формализация предложенной граф-модели.

Предложен механизм оценки степени вероятности возвратов на доработку с учетом личности исполнителя работ.

Разработанная методика позволяет осуществлять управление длительностью ТПП сложных объектов техники с учетом вероятности возвратов на доработку. Предложен способ определения резерва времени по доводочным работам и риска некомпетентности через соотношение значений, полученных по методике, и нормативных данных о длительности доводочных работ. На основе концепции библиотеки структурных элементов разработана соответствующая база данных. В среде Mathcad разработаны электронные формы для расчетов по предложенным методикам. Входные данные и результаты представляются в виде текстовых файлов. Результаты расчета могут быть переданы в среду Microsoft Project и другие приложения Microsoft Office.

Полученные результаты внедрены в практику управления проектами, связанными с созданием авиационной техники. Основным результатом работы являются полученные методы прогнозирования выполнения ТПП с учетом рисков некомпетентности исполнителей. Они позволяют принимать научно обоснованные решения при планировании проектов по разработке новой техники и могут служить базой для расчета рисков некомпетентности, а также научно-технического потенциала организации-разработчика. Анализ выполняется как в условиях точно заданной последовательности работ по проектированию и освоению новой техники, так и на начальных этапах проектирования, когда этапы выполнения работ точно не определены. Предусмотрен механизм учета влияния факторов неопределенности, вызывающих необходимость доводочных работ, в том числе факторов, связанных с уровнем профессионализма ЛПР.

Основной научно-технический эффект диссертационной работы состоит в повышении научной обоснованности решений в процессе ТПП сложной техники.

Экономический эффект состоит в сокращении незапланированных потерь времени, обусловленных влиянием риска некомпетентности на процесс ТПП сложной техники. Социальный эффект состоит в улучшении условия работы руководителей и исполнителей проекта при использовании компьютерной информационной системы, реализующей библиотеку структурных элементов объекта проектирования.

Применение предложенных в работе моделей позволяет сократить потери финансовых и временных ресурсов, вызванные увеличением плановой длительности проекта. За счет этого достигается повышение эффективности использования ресурсов проекта.

Ключевые слова: управление проектами, техническая подготовка производства, сложная наукоемкая техника, риск некомпетентности, длительность доводочных работ.

ABSTRACT

Guseva Yu.Yu. Sophisticated products technical preproduction duration management with an allowance for attendant risks. - Manuscript.

Thesis for Candidate of Technical Sciences degree by speciality 05.13.22. – project management and manufacturing development. – National Aerospace University “KhAI”, Kharkov, 2004.

The thesis is devoted to analysis of finishing works influence called by initiator's error solutions on sophisticated product's technical preproduction (TPP). The system of economic and production risk is analyzed; risks are considered as efficiency trade-off factors. The conception of technical preproduction system which takes into account follow-up works to meet the technical requirements is introduced. The estimation procedure of factors impact on project results is formulated. The procedure permits to define critical works (factors) and defects. Technical preproduction duration management procedure is introduced. Methods take into account indefinite factors and professional qualification factors. Results received are introduced into the project management practice in aircraft engineering and development.

Key words: project management, technical preproduction, sophisticated products, risk of incompetence, technical preproduction duration.

Підписано до друку

Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.

Ум. друк. арк. 1,1. Тираж 100 прим.

Замовлення

Національний аерокосмічний університет

ім. М.Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

61070, м. Харків, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»

61070, м. Харків, вул. Чкалова, 17

izdat@khai.edu