Показано дослідження процесу ефективного виконання проектів створення наукомісткої транспортної техніки на основі активного використання минулого досвіду та розвитку методів компонентного підходу при проектуванні рухомого складу

Ключові слова: рейковий транспорт, управління проектами, створення техніки

Показаны исследования процесса эффективного выполнения проектов создания наукоемкой транспортной техники на основе активного использования прошлого опыта и развития методов компонентного подхода при проектировании подвижного состава

Ключевые слова: рельсовый транспорт, управление проектами, создание техники

The studying process of effective implementation of projects for the creation of high technology transport equipment based on active use of past experience and the development of methods of the component approach in the design of rolling stock is shown

Keywords: rail transport, project management, creation of equipment

УДК 629.471

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ПРИ СТВОРЕННІ ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Д.Ю. Зубенко
Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра електротранспорту
Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, м. Харків, 61002
Контактний тел.: (057) 735-23-85, 050-520-21-01
E-mail: Denis04@ukr.net

Вступ

Створення транспортної техніки пов'язане із проведенням комплексу заходів організаційного, конструкторсько-технологічного, проектного характеру, які спрямовані на реалізацію вимог, сформульованих у технічному завданні на систему, що проектується. Сучасні підходи до управління проектами зі створення наукомісткої техніки спрямовані, в основному, на систематизацію управлінських дій стосовно виконавців проекту й не враховують повною мірою досвід минулих розробок і компонентний склад складного виробу. [1,2,3]

Останні досягнення

Останнім часом фахівці в області проектного аналізу й управління проектами велику увагу стали приділяти компонентному підходу, заснованому на виділенні відносно ізольованих елементів у створюваній системі, частина з яких може бути отримана з досвіду минулих розробок.

Наявність таких компонентів дозволяє сформувати архітектуру технічного виробу максимально адаптовану до минулого досвіду, що приводить до мінімізації ризиків, пов'язаних із проектуванням нових компонентів, підвищує реалізованість проекту та мінімізує витрати, пов'язані з виконанням проектів зі створення космічної техніки нового покоління.

Тема цієї статті має важливе наукове й прикладне значення, тому що вона спрямована на вирішення актуальної наукової задачі розробки моделей і методів управління проектами зі створення наукомісткої транспортної техніки на компонентній основі. [1,2].

Метою статті є дослідження процесу ефективного виконання проектів створення наукомісткої транспортної техніки на основі активного використання минулого досвіду та розвитку методів компонентного підходу при проектуванні рухомого складу.

Матеріал дослідження

Виділено три основних типи компонентів, які використовуються при реалізації проекту зі створення складного (ТТ) транспортної техніки:

- компоненти, у яких акумульований досвід минулих розробок. Їх можна представити у вигляді компонентів повторного використання (КПВ);
- компоненти, які забезпечують інноваційність проекту, так звані «нові» компоненти (НК);
- складні компоненти (СК), отримані шляхом комплексування компонентів КПВ та НК.

Використання КПВ дозволяє застосовувати готові та перевірені компоненти, що особливо актуально для основних базових рішень (наприклад, платформа ТТ). Найбільш відповідальними при формуванні архітектури ТТ є нові компоненти (НК). З одного боку, ці компоненти забезпечують інноваційність проекту, з іншого боку, виникає підвищений ризик через фактор новизни, збільшення часу та витрат на створення НК. Пропонований підхід дозволяє проаналізувати основні етапи проекту від планування створення компонент до комплексування компонен-

тів у складі ТТ, тим самим оптимізувати строки й витрати проектування. Виділено основні властивості КПВ, які забезпечують успішне виконання проекту: інкапсуляція, що приводить до відносної ізоляції проектованих компонентів; спадковість - створення нових компонентів на базі існуючих; поліморфізм - альтернативність проектних рішень по окремим компонентам. У роботі компонентна архітектура ТТ представлена у вигляді ієрархічної структури, у якій на кожному рівні можуть бути присутні різні типи створюваних компонентів. Надалі аналіз успішного виконання проекту ТТ здійснюється шляхом оцінки можливості реалізації з обліком «горизонтальної» і «вертикальної» проекцій щодо представленої структури. Горизонтальний напрямок пов'язаний з дослідженням виконання проекту по окремим етапам життєвого циклу (ЖЦ) створення ТТ. Вертикальний напрямок пов'язаний з дослідженням багаторівневої архітектури ТТ. У розділі запропонована методика виділення й формування множини КПВ для використання в наступних проектах. Спочатку відбувається виділення «близьких» за основними характеристиками виконаних проектів за ознаками: однаковість функцій; аналогічний перелік розв'язуваних задач; близькість архітектур; близькість характеристик. Відповідно до важливості ознак визначена їх послідовність: функціональна (F), операційна (О), архітектурна (А), параметрична (П). Отримані оцінки використовуються для виділення множини КПВ за допомогою лексикографічного упорядкування. [4,5].

Наприклад, якщо аналізується множина підсистем ТТ, то $S_4(5,3,4,5)$ – означає, що 4-а підсистема по функціональній ознаці потрапила в множину з 5 близькими підсистемами, по операційній – у підмножину з 3 близькими підсистемами, по архітектурній – у підмножину з 4 близькими підсистемами, по параметричній – у підмножину з 5 близькими підсистемами. Розмір кожної підмножини використовується для оцінки показності і-й підсистеми по j-й ознаці. Чим більше значення q_{ij} (показність), тим більше впевненість експерта у виборі і-ої підсистеми як елемента множини КПВ.

Підсистеми, що досліджуються, лексикографічно впорядковуються з урахуванням показності по кожній ознаці. Спочатку ряду будуть перебувати найбільш представницькі підсистеми, які можна використати як кандидатів у множину КПВ. Остаточне рішення по формуванню множини КПВ здійснюють експерти, використовуючи якісні оцінки корисності для порівняння варіантів і виділення переваг.

Далі проведене дослідження життєвого циклу створення ТТ. Традиційно схема проектування ТТ складається з: формування вимог; розробки архітектури космічного комплексу; створення нових елементів і модифікація існуючих; комплексування елементів; випробування; дослідної експлуатації; передачі замовнику. Недолік традиційного підходу полягає в тому, що проектування ТТ фактично здійснюється «з нуля» і засновано на інтуїції та досвіді проектувальників без виділення компонентів проекту. У пропонованому компонентному підході, спочатку, здійснюється аналіз вимог, що закладені в нових проектах, потім виділення множини КПВ, які модифікуються й адаптуються надалі до нового проекту, далі проводяться дослідження ризиків і оцінка виконання нового проекту (рис. 1).

Проект виконується послідовно-паралельно та складається з наступних етапів: Н1 - аналіз вимог потенційних замовників; Н2 - аналіз та узагальнення досвіду минулих розробок; Н3 - створення базової архітектури складного виробу; Н4 - виділення та формування множини КПВ; Н5 - інтеграція компонентів в архітектуру базового виробу; Н6 - випробування базового виробу; К1 - формування вимог в новому проекті, узгодження їх із замовником; К2 - адаптація базової архітектури до конкретного проекту; К3 - модифікація й адаптація КПВ для конкретного проекту; К4 - інтеграція компонентів в архітектурі конкретного проекту; К5 - випробування; К6 - дослідна експлуатація, передача замовнику; С1 - створення нових компонентів.

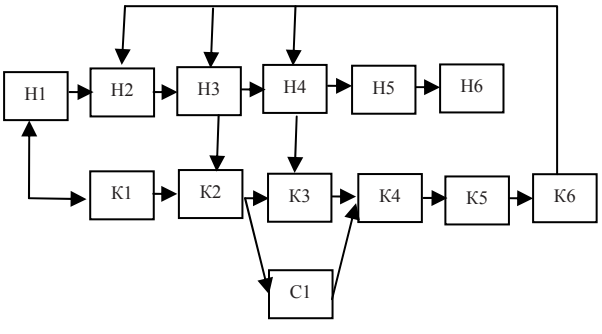

Рис. 1. Компонентне проектування складних виробів

Для управління процесом проектування в роботі запропонована інтегрована модель, що підтримує процес компонентного проектування. Основна увага розроблювачів концентрується на створенні багаторівневої компонентної архітектури ТТ. Для забезпечення настроювання на нові проекти формується механізм адаптації. Інтегровану модель можна представити у вигляді трьох складових, пов'язаних між собою: архітектура нового ТТ, організаційна структура управління проектом; компонентна технологія проектування.[6, 7].

Для підготовки до виконання нових проектів пропонується сформувати команду проектувальників компонент, що повинна стати обов'язковим елементом організаційної структури управління проектом.

Наприкінці розділу представлена системна модель проектування ТТ:

$$M = \{ST, W, N, WN, A, KT, IP, IT, OP\}, \quad (1)$$

де ST – вимоги замовника; W – множина КПВ, виділених з минулих розробок; N – множина «нових» інноваційних компонентів; WN – множина складних компонентів; А – базова архітектура, що адаптується, надалі, у рамках конкретного замовлення; КТ – компонентна технологія проектування; IP – інтегрований процес створення нового виробу; IT – прогресивна інформаційна технологія для автоматизації компонентного проектування; ОР – організаційна структура управління проектом.

Основні результати розділу опубліковано в роботах [1, 2, 10, 12, 14].

Для формування варіантів компонентного складу ТТ, запропоновано метод цілеспрямованого перебору, заснований на значеннях змінних X_j, пов'язаних з кількістю підсистем ТТ, що містять j елементів. При цьому виконується умова:

$$\sum_{j=1}^{n} jX_j = n, \qquad (2)$$

де n - кількість компонентів, які використовуються при створенні ТТ.

Обмеженням перебору є кількість варіантів, що отримані шляхом підрахунку варіантів складу ТТ за допомогою теорії перерахування.

У роботі запропоновано лексикографічне подання ТТ для виділення однакових варіантів (з одного класу е ТТ - івалентності) архітектури. Компонентний состав і-ої підсистеми ТТ представимо у вигляді «складу», у якому, спочатку, стоїть число компонентів у розглянутій підсистемі, а потім розташовані номера типів компонент у порядку зростання. Тоді «слово» складається з множини лексикографічно впорядкованих «складів» (підсистем) і являє собою варіант компонентного складу ТТ. Варіанти ТТ, які після упорядкування будуть мати однакові «слова», належать до одного й того ж класу еквівалентності (тому ж самому варіанту компонентного складу ТТ). Формування варіантів компонентного складу ТТ можна здійснити перебором або за допомогою продукуючих функцій (е нумераторів).

Використання компонентного підходу дозволяє оптимізувати витрати, пов'язані зі створенням ТТ. Нові компоненти (НК) у складі ТТ забезпечують інноваційність проекту, але вимагають істотних фінансових і часових витрат на їх створення. Застосування КПВ мінімізує витрати, але при цьому можуть виникнути додаткові витрати, пов'язані з модифікацією й адаптацією КПВ до умов нового проекту. Крім того, виконавці проекту можуть придбати покупні КПВ (ПКПВ), для чого потрібно виділити відповідні кошти. [6,7,8].

У роботі отримані можливі постановки задачі мінімізації витрат при створенні компонентної архітектури ТТ. Оптимізація здійснюється за допомогою цілочисельного програмування з використанням цільових функцій і обмежень. Як приклад приведемо постановку наступної задачі оптимізації: мінімізувати витрати B, що пов'язані зі створенням ТТ на основі компонентної архітектури:

$$\min B,$$

$$B = \sum_{k=1}^{N}\sum_{i=1}^{n_k} x_{ik}\cdot b_{ik} + \sum_{k=1}^{N}\sum_{e=1}^{q_{kk}} x_{ik}\cdot b_{ek} + \sum_{k=1}^{N}\sum_{j=1}^{i_k} x_{ik}\cdot b_{jk}, \qquad (3)$$

з урахуванням обмежень на кількість використовуваних у проекті компонентів і витрат часу, пов'язаних з модифікацією КПВ й створенням НК:

$$L_k = \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} + \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} + \sum_{j=1}^{i_k} x_{i_k},$$

$$L_k = L_k^*, \quad \sum_{k=1}^{N} L_k^* = L^*,$$

$$\Delta T \le \Delta T^*, \quad \Delta T = \sum_{k=1}^{N}\sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k}\Delta t_{i_k} + \sum_{k=1}^{N}\sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k}\Delta t_{e_k} \qquad (4)$$

де x_{i_k} – булева змінна, що пов'язана з використанням і-й КПВ в k-й підсистемі ТТ: $x_{i_k} \in \{0,1\}$; x_{e_k} – булева змінна, що пов'язана зі створенням е-й НК в k-й підсистемі ТТ: $x_{e_k} \in \{0,1\}$; x_{j_k} – булева змінна, що пов'язана із придбанням j-й ПКПВ для k-й підсистеми ТТ: $x_{j_k} \in \{0,1\}$; b_{i_k} – витрати на адаптацію (модифікацію) і-й КПВ в k-й підсистемі ТТ; b_{e_k} – витрати на створення е-й НК для k-й підсистеми ТТ; b_{j_k} – витрати на придбання j-й ПКПВ для k-й підсистеми ТТ; L* – необхідна кількість компонентів у проекті створення ТТ: $\sum_{k=1}^{N} L_k^* = L^*$; L_k^* – необхідна кількість компонентів для k-й підсистеми ТТ; Δt_{i_k} – витрати часу на модифікацію і-й КПВ для k-й підсистеми ТТ; Δt_{e_k} – витрати часу на створення е-й НК у складі k-й підсистеми ТТ.

Запропонований метод оптимізації дозволяє на початкових етапах формування компонентної архітектури визначити раціональне співвідношення КПВ, НК і ПКПВ в складі ТТ.

Основні результати розділу опубліковано в роботах [3, 4, 5].

Досліджено, що ризик, пов'язаний з використанням інноваційних (нових компонентів), буде максимальним, тому що для НК збільшується в порівнянні із КПВ життєвий цикл (ЖЦ) створення та рівень невизначеності. Ризик, пов'язаний зі створенням КПВ, буде мінімальним завдяки активному використанню позитивного досвіду проектування. Крім оцінки ризиків створення α_{K_j} компонент різного типу в проекті враховується ризик процесу комплексування компонент у підсистеми ТТ. Його величина α_{Σ_j} залежить від типу комплексованих компонент, а також від числа компонент n_j в j-ій підсистемі ТТ.

Імовірність успішного створення K_j-ої компоненти в складі j-ої підсистеми: $P_{K_j} = 1 - \alpha_{K_j}$, а ймовірність створення j-ої підсистеми ТТ з урахуванням комплексування компонент:

$$P_j^* = P_{\sum j}\cdot\prod_{K_j=1}^{n_j} P_{K_j}, \qquad (5)$$

де $P_{\Sigma j}$ – імовірність успішного комплексування j-ої підсистеми, $P_{\Sigma j} = 1 - \alpha_{\Sigma j}$.

Імовірність успішного виконання проекту зі створення ТТ для оцінюваного варіанта архітектури:

$$Pki = P_{Sr}\cdot P_1^*\cdot P_2^*\cdot\ \cdot P_r^* = P\prod_{j=1}^{r}(P_{\sum j}\prod_{K_j=1}^{n_j} P_{K_j}) \qquad (6)$$

де r – кількість підсистем ТТ, P_{Sr} – імовірність успішного комплексування r підсистем у складі ТТ.

Далі в розділі побудована імітаційна модель дослідження життєвого циклу (ЖЦ) створення ТТ з обліком ЖЦ окремих компонентів.

Модель побудована на основі аналізу подій, пов'язаних з виконанням окремих етапів ЖЦ, має багаторівневе подання та дозволяє прогнозувати строки створення ТТ з урахуванням ризиків окремих робіт.

Висновки

У статті досліджена актуальна наукова задача розробки моделей і методів управління проектами зі створення наукомісткої транспортної техніки на компонентній основі.

Основні результати дослідження:

1. Проведено аналіз методів створення складних технічно-транспортних виробів. Велика увага приділена архітектурі майбутнього виробу та технологіям компонентного проектування. Обґрунтовано вибір математичних методів дослідження, які включають системний підхід, теорію перерахування, комбінаторний аналіз, методи оптимізації, імітаційне моделювання, теорію управління проектами.

2. Досліджено ієрархічну архітектуру складного технічно-транспортного виробу, що засновано на компонентному поданні.

3. Проведено аналіз компонентного складу складного технічно-транспортного виробу (ТТ). Запропоновано класифікацію компонентів ТТ на: компоненти повторного використання (КПВ), нові компоненти (НК), які відповідають новим функціональним задачам, і складні компоненти (СК), до складу яких входять КПВ й НК. Сформовано життєвий цикл (ЖЦ) створення компонентів ТТ. Найбільш тривалий ЖЦ відповідає створенню нових компонентів ТТ.

Література

1. Нефедов Л.И. Математические модели синтеза модулей, блоков и стендов передвижной лаборатории / Л.И. Нефедов, В.Е. Овчаренко, А.В. Овсиенко, В.А. Щеголь // Технология приборостроения. – 2007. – № 1. – С. 36-38.
2. Замирец Н.В. Формальный синтез компонентной архитектуры сложного изделия машиностроения / Н.В. Замирец, В.А. Щеголь // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – № 2. – С. 46-48.
3. Замирец Н.В. Управление проектами создания сложной техники с учетом опыта прошлых разработок / Н.В. Замирец, О.Е. Федорович, В.А. Щеголь / New leading technologies in machine building: тез. докл. XVIII International conference, Rybachie, Ukraine september 3-8 2007. – Kharkov-Rybachie, 2008. – С. 58-59.
4. Сергеева Ю.И. Формирование библиотеки компонент повторного использования / Ю.И. Сергеева, С.В. Сергеев, В.А. Щеголь // Новые технологии в машиностроении: материалы Семнадцатой международной конф. – Харьков, 2007. – С. 65-66.
5. Персианов В. А. Управление проектами развития общественного транспорта городов: учебное пособие / М-во образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Гос. ун-т упр.", Ин-т упр. на трансп. и логистике" Москва : Гос. ун-т упр. , 2010 - 217 с.
6. Ципес Г. Л. Проекты и управление проектами в современной компании : учебное пособие / Москва : Олимп-Бизнес , 2010 - 463 с.
7. Матюшок В. М., Бурчакова М. А., Лазанюк И. В. и др. Управление проектами : учебное пособие / Москва : Российский ун-т дружбы народов , 2010. Москва: Типография РУДН - 553 с.
8. Дружинин Е.А., Габчак О.К., Сиора А.А. Формализованные модели процессов управления качеством сложной техники // Авиационно-космическая техника и технология. – 2003. – № 8(43). – С. 137 – 142.