

УДК 658.52

Е.С. ЯШИНА, Л.Н. ЛУТАЙ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## ДЕКОМПОЗИЦИЯ ОПЫТА ПРОШЛЫХ РАЗРАБОТОК ПРИ СОЗДАНИИ НОВЫХ ОБРАЗЦОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

*Ставится задача разработки методов и моделей анализа проектов по созданию новых образцов авиационной техники с использованием опыта прошлых разработок. Вначале производится отбор проектов для формирования множества аналогов на основании заданных эксплуатационных характеристик и требований к новому проектируемому образцу. Предлагается использовать прецедентный подход для поиска прецедентов на уровне подсистем и их компонент после декомпозиции нового образца авиационной техники и формирования предварительного множества компонент. Последующая декомпозиция работ проекта позволит выявить аналоги на данных уровнях декомпозиции проектируемого образца авиационной техники.*

**Ключевые слова:** авиационная техника, прецедентный подход, структура декомпозиции работ, планирование, степень сходства, мера подобия.

### Введение

При создании новых образцов авиационной техники большое внимание уделяется использованию позитивного опыта прошлых разработок.

В данной работе рассматриваются сложные научно-технические проекты, целью которых является создание новых образцов авиационной техники. Предлагается осуществлять формирование архитектуры нового изделия на основе прецедентного подхода, используя позитивный опыт планирования проектов-аналогов по созданию образцов авиационной техники [1].

В свою очередь, разработка декомпозированной структуры комплекса проектных работ является неотъемлемой частью процесса планирования проекта.

Как известно, каждая цель может быть декомпозирована на составляющие ее задачи или подцели. Декомпозиция целей означает разбиение составных проекта на отдельные, более детальные компоненты, до тех пор, пока этой декомпозиции не оказыва-ется достаточно для последующего управления проектом (планирования, контроля, анализа, управления) [2, 3].

Перечень работ, которые должны быть произведены в проекте, можно определить путём разбиения проекта на более мелкие проекты или соответствующие им продукты.

Такой подход обеспечивает возможность эффективного применения проектного управления как методологии и в очень крупных программах, и в локальных проектах [4, 5].

### 1. Постановка задачи исследования

Процесс декомпозиции проектных работ состоит из следующих шагов [6]:

1. Определение конечных результатов проекта, после рассмотрения документов, описывающих общий объем работ по проекту.

2. Определение основных пакетов работ, необходимых для получения конечных результатов (продуктов) проекта.

3. Объединение дополнительных уровней детализации в соответствии с внутренней системой управления и единой системой контроля.

4. Пересмотр (анализ) и усовершенствование структуры декомпозиции работ до тех пор, пока все участники проекта не будут согласны, что планирование проекта может быть успешно завершено.

При построении декомпозированной структуры работ необходимо соблюдать следующие принципы [7]:

1. Работы нижнего уровня являются способом достижения работ верхнего уровня.

2. У каждой родительской работы может иметься несколько дочерних работ, достижение которых автоматически обеспечивает достижение родительской работы.

3. У каждой дочерней работы может быть только одна родительская работа.

4. Декомпозиция родительской работы на дочерние производится по одному критерию.

5. На одном уровне дочерние работы, декомпозирующие родительскую должны быть равнозначны. В качестве критерия равнозначности могут выступать: объем и время выполнения работ.

6. При построении структуры комплекса работ на различных уровнях можно применять различные критерии декомпозиции.

7. Последовательность использования критериев для декомпозиции проектных работ следует выбирать таким образом, чтобы как можно большая часть зависимостей и взаимодействий между работами оказалась на самых нижних уровнях декомпозиции. На верхних уровнях работы должны быть автономны.

При разработке декомпозированной структуры работ проекта в качестве критериев декомпозиции можно использовать [7]:

- компоненты результатов и продуктов проекта;
- этапы жизненного цикла проекта;
- функциональные виды проектной деятельности и используемые ресурсы;
- элементы организационной структуры проекта [7].

В работе [1] была разработана укрупнённая схема метода планирования проекта по созданию новых образцов авиационной техники на основе прецедентного подхода.

Первый этап метода сводится к нахождению предварительного множества прецедентов, которые представляют собой проекты по созданию образцов-аналогов авиационной техники. Поиск прецедентов осуществляется по целевому назначению и эксплуатационным характеристикам продуктов проектов.

Второй этап метода делится на два подэтапа. Сначала производится процесс декомпозиции продуктов проектов из предварительного множества прецедентов на составляющие подсистемы. Это, в свою очередь, даёт возможность искать релевантные прецеденты на более низких уровнях, то есть наиболее подходящие прецеденты для подсистем, выделенных в результате процесса декомпозиции. На втором подэтапе осуществляется поиск множества прецедентов на уровне подсистем.

Предложенный метод, который предполагает предварительный отбор проектов-прецедентов, а также процесс декомпозиции и выбор прецедентов на более низких уровнях позволит повысить качество и эффективность полученных решений при планировании новых проектов.

Целью данной статьи является рассмотрение подэтапа декомпозиции продуктов проектов по созданию образцов авиатехники. Результатом подэтапа будет являться получение фрагмента схемы декомпозиции с использованием критерия: компоненты продукта проекта. Также целью статьи является рассмотрение подэтапа поиска релевантных прецедентов на уровне подсистем и компонент образцов авиатехники, результатом которого будет являться получение модели определения степени сходства

между компонентами проектов с применением нескольких видов метрик расстояния между компонентами для разных способов задания требований к характеристикам компонент.

## 2. Решение поставленной задачи

### 2.1. Декомпозиция нового образца авиационной техники

Метод формирования предварительного множества проектов-аналогов по созданию новых образцов авиационной техники даёт возможность сузить область поиска прецедентов для нового проекта на уровне подсистем. В данной работе после получения предварительного множества прецедентов должна производиться декомпозиция выполненных проектных работ. Фрагмент схемы декомпозиции проектов проведена на рис. 1. Каждый элемент структуры содержит крепёжные детали: винты, болты, гайки, заклёпки, шайбы, контровка. Предлагается формализовать декомпозицию и представить в виде векторов описания, состоящих из кортежей  $\{C_{B1}, \dots, C_{Bi}, \dots, C_{Bn}\}$  [8], где  $C_{Bi}$  представляет собой компоненты вложенных подсистем.

Например, ЛА (летательный аппарат) может быть представлен следующим образом:

ЛА (самолёт):  $\{S\} = \{\{\text{планер}\}, \{\text{управление}\}, \{\text{силовая установка}\}, \{\text{оборудование}\}, \{\text{крепёжные детали}\}\}$ .

Планер:  $C_{B1} = \{\{\text{фюзеляж}\}, \{\text{крыло}\}, \{\text{оперение горизонтальное и вертикальное}\}, \{\text{шасси}\}, \{\text{крепёжные детали}\}\}$ .

Фюзеляж:  $C_{B2} = \{\text{обшивка, остекление, шпангоуты, продольный силовой набор, окантовки окон, люков, дверей, рамы, стыковые узлы, \{крепёжные детали\}\}$ .

Крыло:  $C_{B3} = \{\text{лонжероны, нервюры, стрингеры, обшивки, стыковые узлы, элероны, закрылки, предкрылки, \{крепёжные детали\}\}$ .

Оперение горизонтальное и вертикальное:  $C_{B4} = \{\text{лонжероны, нервюры, стрингеры, обшивки, стыковые узлы, рули высоты, рули направления, \{крепёжные детали\}\}$ .

Шасси:  $C_{B5} = \{\text{опоры основания, \{опоры носовые\}, \{крепёжные детали\}\}$ .

Опоры носовые:  $C_{B6} = \{\text{стойки, амортизаторы, подкосы, ступицы, тормозные механизмы, рычаги, подъемники, \{колёса\}, \{крепёжные детали\}\}$ .

Колёса:  $C_{B7} = \{\text{диски, шины, \{крепёжные детали\}\}$ .

Управление:  $C_{B8} = \{\{\text{посты управления}\}, \text{проводка, рычаги, опоры, воздушные тормоза, \{гидросистема\}, \{крепёжные детали\}\}$ .

Посты управления:  $C_{B9} = \{\text{штурвалы, педали, регулировочный механизм, \{крепёжные детали\}\}$ .

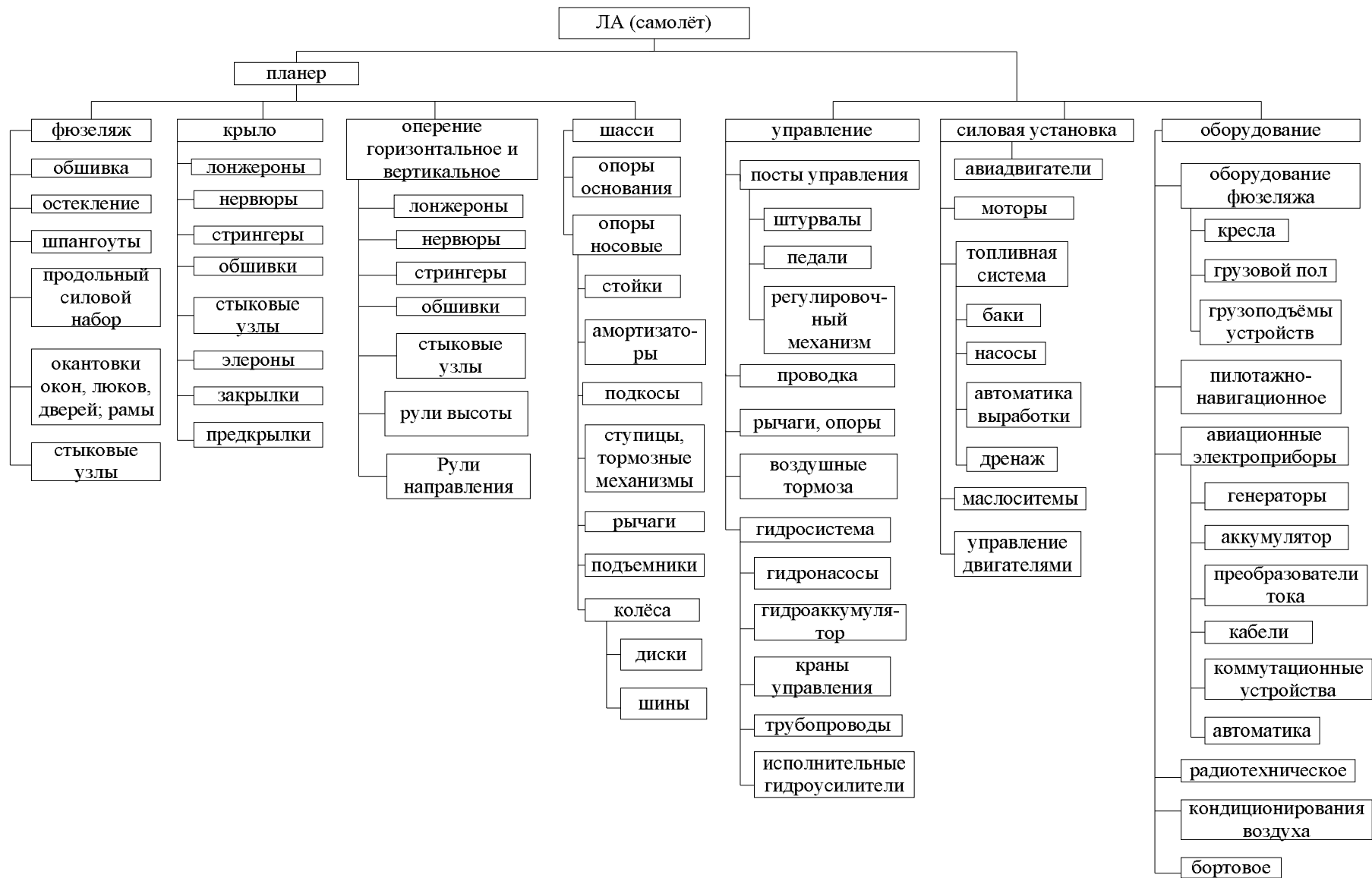


Рис. 1. Фрагмент схемы декомпозированной структуры продукта проекта по созданию нового образца авиационной техники

Гидросистема:  $C_{B10} = \{\text{гидронасосы, гидроаккумулятор, краны управления, трубопроводы, исполнительные гидроусилители, \{крепёжные детали\}}\}$ .

Силовая установка:  $C_{B11} = \{\text{авиадвигатели, моторы, \{топливная система\}, маслосистемы, управление двигателями, \{крепёжные детали\}}\}$ .

Топливная система:  $C_{B12} = \{\text{баки, насосы, автоматика выработки, дренаж, \{крепёжные детали\}}\}$ .

Оборудование:  $C_{B13} = \{\{\text{оборудование фюзеляжа}\}, \text{пилотажно-навигационное, \{авиационные электроприборы\}, радиотехническое оборудование, кондиционирования воздуха, бортовое, \{крепёжные детали\}}\}$ .

Оборудование фюзеляжа:  $C_{B14} = \{\text{кресла, грузовой пол, грузоподъёмы устройств, \{крепёжные детали\}}\}$ .

Авиационные электроприборы:  $C_{B15} = \{\text{генераторы, аккумулятор, преобразователи тока, кабели, коммутационные устройства, автоматика, \{крепёжные детали\}}\}$ .

Крепёжные детали:  $C_{B16} = \{\text{винты, болты, гайки, заклёпки, шайбы, контровка}\}$ .

Таким образом ЛА представляет собой  $\{S\} = \{C_{B1}, C_{B8}, C_{B11}, C_{B13}, C_{B16}\}$ .

В процессе планирования проекта по созданию нового образца ЛА команда проекта обладает информацией о тактико-технических требованиях к продукту проекта. Тактико-технические требования могут быть определены только для некоторого множества компонент проектируемого ЛА, требования к которым являются принципиально важными в процессе проектирования. Компоненты декомпозированных ЛА из предварительного множества отобранных прецедентов имеют конкретные значения тактико-технических характеристик.

Для поиска прецедентов на уровне компонент в работе предлагается использовать метод «ближайшего соседа» (nearest neighbour) [9 – 13]. Метод заключается в нахождении степени сходства (близости) между компонентами уже спроектированного ЛА и компонентами нового ЛА. Полученное в результате использования метода решение может подлежать корректировке и адаптации.

Значение степени сходства вычисляется по формуле [12]:

$$SIM = \left(1 - \frac{d}{d_{\max}}\right), \quad (1)$$

где  $d$  представляет собой рассчитанное по заданной метрике «расстояние» между компонентой нового ЛА и компонентой уже спроектированного ЛА;

Наиболее распространенные среди существующих типов метрик приведены в [15].

$d_{\max}$  - максимальное «расстояние» между существующими прецедентами.

## 2.2. Определение релевантных прецедентов

Рассмотрим пример исследования проекта по созданию нового образца авиационной техники на основе использования прецедентного подхода. При помощи иерархической агломеративной кластеризации на основе использования метода средней связи, было отобрано предварительное множество прецедентов и проектов-аналогов.

Продукты отобранных проектов были декомпозированы по схеме на рис. 1.

В результате декомпозиции были получены подсистемы и компоненты подсистем ЛА. Каждая подсистема и их компоненты имеют конкретные значения тактико-технических характеристик. Предлагается описать характеристики подсистем в виде векторов описания [8].

Крыло:  $\{\langle \text{размах крыла} \rangle, \langle \text{площадь крыла} \rangle, \langle \text{удлинение} \rangle, \langle \text{сужение} \rangle, \langle \text{средняя аэродинамическая хорда} \rangle, \langle \text{угол установки крыла} \rangle, \langle \text{угол поперечного V крыла} \rangle, \langle \text{геометрическая кривая крыла} \rangle, \langle \text{угол стреловидности (по линии } 1/4 \text{ хорд)} \rangle\}$ .

Элероны:  $\{\langle \text{размах элеронов} \rangle, \langle \text{относительная хорда элерона} \rangle, \langle \text{площадь элеронов} \rangle, \langle \text{угол отклонения элерона вверх} \rangle, \langle \text{угол отклонения элерона вниз} \rangle\}$ ;

Закрылки:  $\{\langle \text{размах закрылков} \rangle, \langle \text{относительная хорда закрылка} \rangle, \langle \text{площадь закрылков} \rangle, \langle \text{угол отклонения закрылков на взлёте} \rangle, \langle \text{угол отклонения закрылков на посадке} \rangle\}$ .

Горизонтальное оперение:  $\{\langle \text{размах} \rangle, \langle \text{площадь горизонтального оперения} \rangle, \langle \text{удлинение} \rangle, \langle \text{сужение} \rangle, \langle \text{хорда} \rangle, \langle \text{угол установки горизонтального оперения} \rangle\}$ .

Руль высоты:  $\{\langle \text{относительная хорда руля высоты} \rangle, \langle \text{площадь руля высоты} \rangle, \langle \text{угол отклонения руля высоты вверх} \rangle, \langle \text{угол отклонения руля высоты вниз} \rangle, \langle \text{коэффициент статической устойчивости} \rangle\}$ .

Вертикальное оперение:  $\{\langle \text{высота} \rangle, \langle \text{площадь} \rangle, \langle \text{удлинение} \rangle, \langle \text{сужение} \rangle\}$ .

Руль направления:  $\{\langle \text{площадь руля направления} \rangle, \langle \text{угол отклонения руля направления влево} \rangle, \langle \text{угол отклонения руля направления вправо} \rangle, \langle \text{коэффициент статической устойчивости} \rangle\}$ .

Фюзеляж  $\{\langle \text{длина} \rangle, \langle \text{ширина} \rangle, \langle \text{высота} \rangle, \langle \text{количество мест (включая места пилотов)} \rangle, \langle \text{количество проёмов для аварийного покидания} \rangle, \langle \text{габариты проёмов для аварийного покидания} \rangle\}$ .

Шасси:  $\{\langle \text{база} \rangle, \langle \text{колея} \rangle, \langle \text{размер основных колёс} \rangle, \langle \text{размер носового/хвостового колеса} \rangle\}$ .

Управление:  $\{\langle \text{ход ручки (штурвала) по тангажу на себя от нейтралей} \rangle, \langle \text{ход ручки (штурвала) по тангажу от себя от нейтралей} \rangle, \langle \text{ход ручки (штурвала) по крену от нейтралей} \rangle\}$ .

Педали:  $\{\langle \text{ход педали от нейтралей} \rangle\}$ .

Двигатель: {<тип двигателя>, <марка двигателя>, <охлаждение>, <максимальная мощность>, <взлётный режим работы двигателя>, <допустимое время работы на взлётном режиме>, <номинальный режим работы двигателя>, <крейсерский режим работы двигателя>, <режим работы двигателя - малый газ>, <минимальная температура работы двигателя>, <максимально допустимая температура головок цилиндров>, <рекомендуемый диапазон температуры головок цилиндров>, <минимальное давление масла>, <максимальное давление масла>, <нормальное давление масла>, <минимальная температура масла>, <максимальная температура масла>, <рекомендуемый диапазон температуры масла>, <марка применяемого топлива>, <марки применяемого масла>, <объем топливных баков>, <объем маслобака>, <масса двигателя>}

Пилотажно-навигационное оборудование: {<указатель скорости>, <указатель высоты>, <вариометр>, <указатель скольжения>, <компас магнитный>, <часы авиационные>, <указатель количества топлива>}

Аккумулятор: {<тип аккумулятора>}

Преобразователи тока: {<выпрямитель регулятор>}

Генераторы: {<тип генератора>}

Управление двигателями: {<приборы контроля работы двигателей>}

Все прецеденты (подсистемы и компоненты) приводятся к единому набору характеристик, а все значения характеристик с разными единицами измерения переведены в одну шкалу измерения. Значения характеристик перед выполнением вычислений предварительно нормируются в диапазоне от 0 до 1.

Такие компоненты, как аккумулятор, генераторы, управление двигателями, преобразователи тока не подлежат дальнейшей декомпозиции и являются покупными элементами нового проекта. Команда проекта, исходя из характеристик этих компонент, выбирает требуемые для проектирования нового ЛА среди существующих в сформированном предварительном множестве декомпозированных проектов ЛА. Степень близости для этих компонент не определяется. Такой компонент, как двигатель также не подлежит дальнейшей декомпозиции и является покупным компонентом при построении ЛА. Степень сходства между требуемыми значениями характеристик по этому компоненту для проектируемого ЛА и значениями характеристик уже созданных ЛА необходимо определить для выбора двигателя в новом проекте. Например, среди обязательных характеристик могут быть: максимальная мощность двигателя в кВт/об.мин., максимальная мощность двигателя в л.с./об.мин., а также марка применяемого топлива, масса двигателя и т.д.

Тактико-технические требования для компонент нового ЛА могут быть заданы в одном из четырёх видов: в виде конкретного числового (точечного) значения, в виде нижнего ограничения, верхнего ограничения, а также в виде диапазона значений.

Ключевым моментом при расчёте степени сходства между компонентами является определение вида метрики (меры близости). Большинство компонент (крыло, элероны, закрылки, горизонтальное оперение и т.д.) обладают количественными характеристиками.

В работе для оценки меры близости компонент предлагается основываться на использовании частного случая семейства метрик Минковского, а именно евклидова расстояния [8, 14, 15]:

$$d_{kj} = \sqrt{\sum_{p=1}^f |W_{kj}^p|^2}, \quad (2)$$

$d_{kj}$  – мера близости между значениями характеристик прецедента  $k$  и требованиями к компоненте  $j$  нового проекта;  $p$  – номер характеристики;  $f$  – количество характеристик компоненты;

$$W_{kj}^p = \begin{cases} 0, & x_{kp} \in G, \\ \sigma_{kj}^p, & x_{kp} \notin G, \end{cases} \quad (3)$$

$\sigma_{kj}^p$  определяется в зависимости от способа задания характеристики ( $0 \leq \sigma_{kj}^p \leq 1$  - с учётом нормировки).

$x_{kp}$  - значение  $p$ -ой характеристики прецедента  $k$ .

$G$  - представляет собой множество допустимых значений, обусловленных заданными требованиями к значениям характеристик компоненты нового ЛА. Требования в свою очередь могут быть заданы в виде точечного значения, в виде нижнего ограничения, верхнего ограничения, а также в виде диапазона значений.

$W_{kj}^p$  определяется исходя из вида заданных требований. При условии, что тактико-технические требования для компонент нового ЛА заданы в виде конкретного числового (точечного) значения, то

$$W_{kj}^p = x_{kp} - x_{jp}, \quad (4)$$

где  $x_{jp}$  – значение  $p$ -й характеристики компоненты  $j$ .

Если требования заданы в виде нижнего ограничения, то  $W_{kj}^p$  вычисляется по формуле (5), при этом  $G = [\varepsilon_{jp}, \infty)$ :

$$W_{kj}^p = \begin{cases} 0, & x_{kp} \in G, \\ \varepsilon_{jp} - x_{kp}, & x_{kp} \notin G, \end{cases} \quad (5)$$

$\varepsilon_{jp}$  представляє собою нижнє обмеження  $p$ -ї характеристики компоненти  $j$ .

Если тактико-технічні вимоги задані в вигляді верхнього обмеження, то  $G = (-\infty, \gamma_{jp}]$ , а  $W_{kj}^p$  вираховується за формулою:

$$W_{kj}^p = \begin{cases} 0, & x_{kp} \in G, \\ x_{kp} - \gamma_{jp}, & x_{kp} \notin G, \end{cases} \quad (6)$$

$\gamma_{jp}$  - верхнє обмеження  $p$ -ої характеристики компоненти  $j$ .

При умові, що вимоги задані в вигляді діапазона значень і значення характеристики прецедента попадає в заданий вимаганий діапазон, то це буде говорити про те, що значення характеристики прецедента і вимога до компоненту нового ЛА повністю збігаються. Якщо ж значення характеристики прецедента не попадає в вимаганий діапазон, то визначається відстань між найближчою межею діапазона. Відповідно  $G = [x1_{jp}, x2_{jp}]$

$$W_{kj}^p = \begin{cases} 0, & x_{kp} \in G, \\ x1_{jp} - x_{kp}, & x_{kp} < x1_{jp}, \\ x_{kp} - x2_{jp}, & x_{kp} > x2_{jp}, \end{cases} \quad (7)$$

де  $x1_{jp}, x2_{jp}$  - межі діапазона значень  $p$ -ї характеристики компоненти  $j$ .

Типи характеристик деяких компонент можуть бути змішаними (кількісними і якісними). В роботі до таких компонентів, наприклад, відноситься двигач. В цьому випадку для визначення відстані між якісними характеристиками компонентів пропонується використовувати модифікацію відстані Журавлєва [15]:

$$W_{kj}^p = \begin{cases} 0, & x_{kp} \in G \\ 1, & x_{kp} \notin G \end{cases} \quad (8)$$

При цьому  $G$  представляє собою задані вимоги для якісних характеристик. Це можуть бути і точні значення, і обмеження, а також визначений діапазон (або множина) значень характеристик.

### 3. Експериментальна частина

Було розроблено програмний продукт, який дозволяє розраховувати ступінь схожості між компонентами нового ЛА і компонентами вже успішно спроектованих ЛА на основі складеного алгоритму, блок-схема якого представлена на рис. 2.

На рис. 3 представлено фрагмент форми для введення вимог до визначених компонентів проектуваного ЛА. Перед виконанням розрахунків значення всіх вимог нормуються в діапазоні від 0 до 1.

На рис. 4 наведено результати розрахунку ступеня схожості між значеннями характеристик прецедентів – компонентів уже створених ЛА і вимогами проектуваного ЛА.

Наприклад, максимальна ступінь схожості для компоненти крило при заданих вимогах досягає значення приблизно 0,9597. Цей уже спроектований компонент належить ЛА Су-27.

Точно таку ж інформацію можна отримати по інших компонентах: елерони – 0,9595 (Ту-22), закрьк – 0,9179 (Ту-22), горизонтальне оперення – 0,9736 (Ту-22), руль висоти – 0,9466 (Су-27), вертикальне оперення – 0,9642 (Су-25), руль напрямлення – 0,9337 (Ту-16), двигачі – 0,7548 (Су-25) і т.д.

Таким чином, команда проекту може вибрати цікаві її компоненти для проектуваного ЛА і в результаті розробити структуру декомпозиції робіт нового проекту.

### Висновок

В роботі була поставлена задача розробки методу формування архітектури нового проекту на основі використання прецедентного підходу.

Подробно розглядається етап пошуку прецедентів для проектуваного ЛА на рівні підсистем і їх компонентів. Осуществлення цього пошуку стане можливим після розгляду декомпозиції робіт уже успішно реалізованих проектів, які попадають в попереднє множинство прецедентів, знаходження якого здійснюється на попередньому етапі розробляваного методу планування. Критерієм декомпозиції виступає продукт проекту – ЛА. Для пошуку прецедентів на рівні підсистем і компонентів в роботі пропонується використовувати метод «найближчого сусіда». При цьому для знаходження міри близькості пропонується використовувати модифіковані моделі метрики Минковского і Журавлєва.

Адаптація технічних і управлінських рішень реалізованих проектів дає можливість розробити структуру декомпозиції робіт для нового проекту.

Розробляваний метод планування науково-технічних проектів на основі використання позитивного досвіду може підвищити якість і ефективність отриманих рішень, а також дозволить знизити ризики проекту.

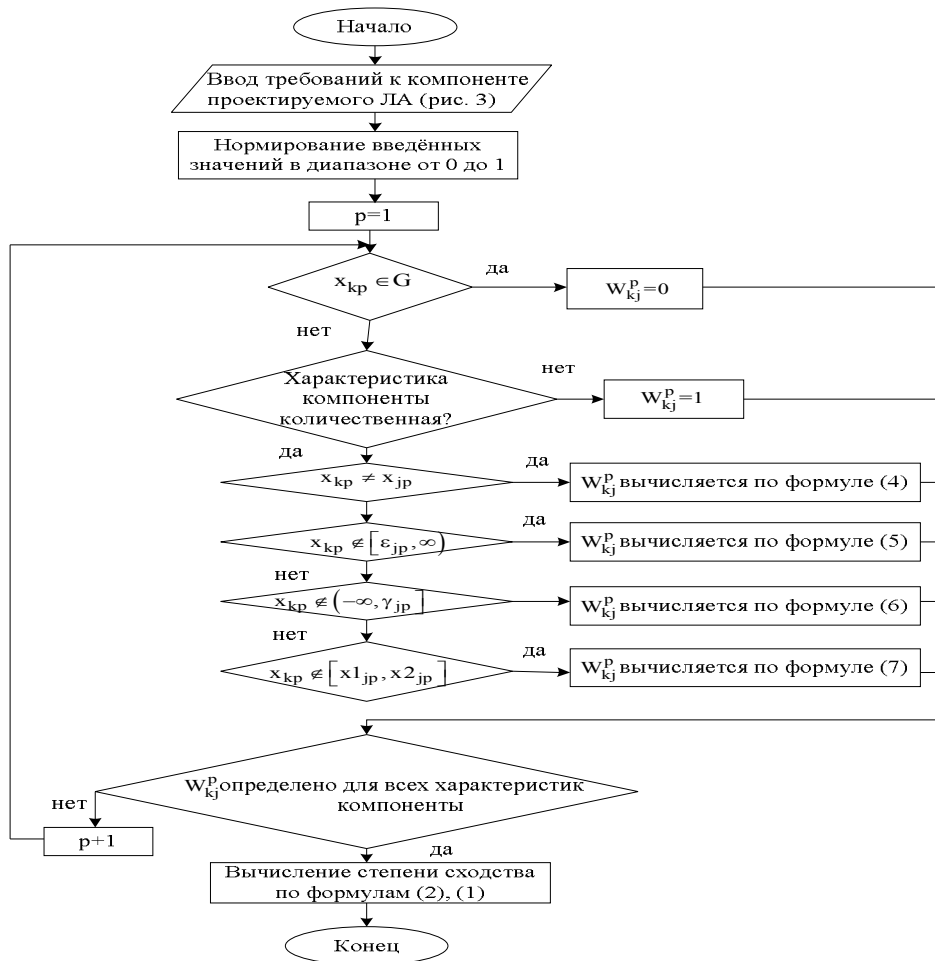


Рис. 2. Блок-схема алгоритма расчёта степени сходства между компонентами нового ЛА и компонентами уже спроектированных ЛА

**Крыло:**  
 Вид задания требований: 1  Размах крыла, м   \*для диапазона  
 Вид задания требований: 2  Площадь крыла, м<sup>2</sup>   \*для диапазона  
 Вид задания требований: 3  Удлинение   \*для диапазона  
 Вид задания требований: 4  Сужение   \*для диапазона  
 Вид задания требований: 1  Средняя аэродинамическая хорда, м   \*для диапазона  
 Вид задания требований: 2  Угол установки крыла, °   \*для диапазона  
 Вид задания требований: 3  Угол поперечного V крыла, °   \*для диапазона  
 Вид задания требований: 4  Геометрическая крутка крыла, °   \*для диапазона  
 Вид задания требований: 1  Угол стреловидности (по линии 1/4 хорд), °   \*для диапазона

**Двигатели:**  
 Вид задания требований: 1  Максимальная мощность, kW   \*для диапазона  
 Вид задания требований: 2  Максимальная мощность, л.с.   \*для диапазона  
 Вид задания требований: 3  Максимальная мощность, /об.мин.   \*для диапазона  
 Вид задания требований: 1  Код марки применяемого топлива   \*для диапазона  
 Вид задания требований: 4  Объем топливных баков, литр   \*для диапазона  
 Вид задания требований: 2  Масса двигателя, кг   \*для диапазона

Рис. 3. Фрагмент формы задания требований к компонентам проектируемого ЛА

Результат анализа релевантных прецедентов для компонент разрабатываемого ЛА	
Количество существующих прецедентов для компоненты крыло: 4	
1	Степень сходства между компонентой: крыло разработанного ЛА Су-27 и указанными требованиями равна 0.95979669218373
2	Степень сходства между компонентой: крыло разработанного ЛА Су-25 и указанными требованиями равна 0.93730969457765
3	Степень сходства между компонентой: крыло разработанного ЛА ТУ-22 и указанными требованиями равна 0.82189783806064
4	Степень сходства между компонентой: крыло разработанного ЛА ТУ-16 и указанными требованиями равна 0.78251261019228
Количество существующих прецедентов для компоненты элероны: 4	
1	Степень сходства между компонентой: элероны разработанного ЛА Су-27 и указанными требованиями равна 0.70396918313757
2	Степень сходства между компонентой: элероны разработанного ЛА Су-25 и указанными требованиями равна 0.87211807711017
3	Степень сходства между компонентой: элероны разработанного ЛА ТУ-22 и указанными требованиями равна 0.95954425746633
4	Степень сходства между компонентой: элероны разработанного ЛА ТУ-16 и указанными требованиями равна 0.8729260523512
Количество существующих прецедентов для компоненты двигателя: 4	
1	Степень сходства между компонентой: двигателя разработанного ЛА Су-27 и указанными требованиями равна 0.68995557601445
Тип двигателя: ГРД-33	
Марка двигателя: АЛ-31Ф	
Охлаждение: жидкостно-воздушное	
Максимальная мощность, kW(л.с.)/об.мин.: 73.5(100)/5800	
Режимы работы двигателя, (kW(л.с.)/об.мин.):	
- Взлётный: 73.5(99)/5800	
- Допустимое время работы на взлет. режиме: 5 мин.	
- Номинальный, (л.с./об.мин.): 69/5500	
- Крейсерский, (л.с./об.мин.): 51/5000	
- Малый газ: 1/400	
Температура головок цилиндров, ° C:	
- Минимальная: 50	
- Максимально допустимая: 135	
- Рекомендуемый диапазон: 80-110	
Давление масла, кг/см <sup>2</sup> :	
- Минимальное: 2	
- Максимальное: 7	
- Нормальное: 2.0-5.0	
Температура масла, ° C:	
- Минимальная: 50	
- Максимальная: 130	
- Рекомендуемый диапазон: 90-110	
Код марки применяемого топлива: 1	
Марка применяемого топлива: Автомобильный бензин с окт. числом не ниже 90 по исследовательскому методу	
Марки применяемого масла: Для четырёхтактных двигателей не ниже SF или SG API	
Объем топливных баков, литр: 65	
Объем маслобака, литр: 2.75	
Масса двигателя: 900	

Рис. 4. Фрагмент формы вывода расчёта степени сходства между значениями характеристик прецедентов и требованиями проектируемого ЛА

## Литература

1. Яшина Е.С. Планирование портфеля научно-технических проектов с использованием аналогичных технических и управленческих решений / Е.С. Яшина, Л.Н. Лутай // *Радиоэлектронні і комп'ютерні системи*. – 2009. – № 3. – С. 141-145.
2. Иванов А.Ю. Проектный подход, границы его применимости и возможности их расширения [Электронный ресурс] / А.Ю. Иванов, З.А. Кучкаров, М.Е. Степанов, материалы сайта: Аналитический центр «Концепт». - Режим доступа: <http://www.acconcept.ru/publish/publications.php?id=1&num=56>.
3. Вырковский А. Часовых дел мастер [Электронный ресурс] / А. Вырковский // *Секрет фирмы*. – 2005. - №10. - Режим доступа: <http://www.kommersant.ru/doc.aspx?fromsearch=9f2b8508-a59b-463f-93ec-a488d445a0a8&docid=861714>.
4. Товб А. Стандарт управления проектами уровня предприятия [Электронный ресурс] / А. Товб, Г. Ципес, материалы сайта: Корпоративный менеджмент. - Режим доступа: <http://www.cfin.ru/management/practice/supremum2002/24.shtml>.
5. Ньюэлл Майкл. Структура декомпозиции работ / Майкл Ньюэлл // *Директор ИС*. – 2001. – №3. – С. 44-47.
6. Структура декомпозиции работ (WorkBreakdownStructure) [Электронный ресурс] / Материалы

сайта: *Корпоративный менеджмент*. - Режим доступа: <http://www.cfin.ru/itm/project/wbs.shtml>.

7. Технологии инициализации и планирования проекта [Электронный ресурс] / Материалы сайта: ISO портал. - Режим доступа: <http://www.staratel.com/iso/Management/Article/TlandP/TlandP.htm>.

8. Павлов А.И. Компонентный подход: модуль правдоподобного вывода по прецедентам / А.И. Павлов, А.Ю. Юрин // *Программные продукты и системы*. – 2008. – № 3. – С. 55-58.

9. Карпов Л.Е. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов [Электронный ресурс] / Л.Е. Карпов, В.Н. Юдин, материалы института системного программирования РАН. – 2007. – Режим доступа: <http://www.citforum.ru/consulting/BI/karpov/>.

10. Самоучитель по экспертным системам // *Московский государственный университет [Электронный ресурс]* / материалы сайта кафедры систем автоматизации проектирования МГСУ. – Режим доступа: <http://sapr.mgsu.ru/biblio/ex-syst/index.html>.

11. Юдин А.Ю. Обоснование мероприятий по предотвращению отказов механических систем [Электронный ресурс] / А.Ю. Юдин, А.И. Павлов, материалы сайта института вычислительных технологий сибирского отделения РАН. – Режим доступа: <http://www.ict.nsc.ru/ws/YM2003/6217/>.



12. Варшавский П.Р. Реализация метода правдоподобных рассуждений на основе прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений [Электронный ресурс] / П.Р. Варшавский // Десятая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ – 2006: материалы конф. Нац. науч. конф. 25-28 сентября 2006 г. - Обнинск, 2006. – Режим доступа: <http://www.raai.org/resurs/papers/kii-2006/>.

13. Методы классификации и прогнозирования. Метод опорных векторов. Метод "ближайшего соседа". Байесовская классификация [Электронный

ресурс] / материалы сайта: Интернет-Университет Информационных Технологий. - Режим доступа: [http://www.intuit.ru/department/database/datamining/10/datamining\\_10.html](http://www.intuit.ru/department/database/datamining/10/datamining_10.html).

14. Объект и признак [Электронный ресурс] / материалы сайта: Биометрика. – Режим доступа: [www.biometrica.tomsk.ru/cluster\\_2.htm](http://www.biometrica.tomsk.ru/cluster_2.htm).

15. Карнов Л.Е. Методы добычи данных при построении локальной метрики в системах вывода по прецедентам [Электронный ресурс] / Л.Е. Карнов, В.Н. Юдин, материалы института системного программирования РАН. – 2006. – Режим доступа: [http://citforum.ru/consulting/BI/data\\_mining/2.shtml](http://citforum.ru/consulting/BI/data_mining/2.shtml).

Поступила в редакцию: 7.12.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела Научного центра Воздушных Сил Б.А. Демидов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков, Украина.

### ДЕКОМПОЗИЦІЯ ДОСВІДУ МИНУЛИХ РОЗРОБОК ПРИ СТВОРЕННІ НОВИХ ЗРАЗКІВ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

*О.С. Яшина, Л.М. Лутай*

Ставиться задача розробки методів та моделей аналізу проектів по створенню нових зразків авіатехніки з використанням досвіду минулих розробок. Спочатку виконується відбір проектів для формування множини аналогів на основі заданих експлуатаційних характеристик та вимог до нового зразка, що проектується. Пропонується використовувати прецедентний підхід для пошуку прецедентів на рівні підсистем та їх компонент після декомпозиції нового зразка авіаційної техніки та формування попередньої множини компонент. Послідуюча декомпозиція робіт проекту дозволить виявити аналоги на даних рівнях декомпозиції зразка авіаційної техніки, що проектується.

**Ключові слова:** авіаційна техніка, прецедентний підхід, структура декомпозиції робіт, планування, степінь схожості, міра подібності.

### DECOMPOSITION OF EXPERIENCE OF LAST WORKINGS OUT AT CREATION NEW SAMPLES OF AVIATION TECHNICS

*E.C. Yashina, L.M. Lutay*

The problem of working out of methods and models of the analysis of projects on creation of new samples aircraft technicians with use of experience of last workings out is put. In the beginning selection of projects is made for formation of set of analogues on the basis of the set operational characteristics and requirements to the new projected sample. It is offered to use the case approach for search of precedents at level of subsystems and their component after decomposition of the new sample of aviation technics and formation of preliminary set a component. The subsequent decomposition of works of the project will allow to reveal analogues at the given levels of decomposition of the projected sample of aviation technics.

**Key words:** the aviation technics, the case approach, work breakdown structure, planning, similarity degree, similarity measure.

**Яшина Елена Сергеевна** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

**Лутай Людмила Николаевна** – аспирант кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: [Lutay\\_L\\_N@mail.ru](mailto:Lutay_L_N@mail.ru)