

УДК 629.7
ББК 65.290-86
JEL L93

**Анализ и разработка метода оптимизации проектно-эксплуатационных характеристик
на основе концепции стоимости жизненного цикла самолета**

Гязова Марина Мухарбиевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры 505
«Инновационная экономика, финансы и управление проектами»,
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Волоколамское шоссе, 4, Москва, Российская Федерация, 125080.

ORCID: [0000-0002-0183-2082](https://orcid.org/0000-0002-0183-2082)

E-mail: mgyazova@gmail.com

Ермолаева Ольга Вадимовна, магистрант кафедры 101
«Проектирование и сертификация авиационной техники»,
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Волоколамское шоссе, 4, Москва, Российская Федерация, 125080.

E-mail: seizeikan@gmail.com

Аннотация: В статье представлена возможная стратегия создания классификационно-кодированной структуры для оптимизации выполнения плана и предпосылки для определения возможной будущей концепции проектирования воздушного судна. В ходе исследования был разработан метод структурной кодированной декомпозиции, которая является концептуальной и зависит от применения методологии в программном обеспечении и целей организации. На основе данных, полученных из закодированной иерархической структуры затрат, появляется возможность составить план работ (прогноз) для оптимизации затрат, процессов и других ресурсов на определенных этапах жизненного цикла и создаваемого продукта. Представленный в данной работе метод закодированной иерархической структуры необходимых работ позволит визуализировать взаимосвязь между предложенным планом работы и потребностями заказчика, которые могут быть отражены в функциональных спецификациях. Предлагаемый метод разработки кодированной иерархической структуры затрат и кодированной иерархической структуры работ позволит разработать универсальную концепцию, подходящую для использования в любом авиационном проекте, для оптимизации основных конструктивных и эксплуатационных характеристик при разработке технических условий самолета на основе концепции стоимости жизненного цикла. Такие универсальная концепция позволит в упрощенном виде наглядно отображать не только работы и затраты на всех этапах жизненного цикла самолета, но и определять объем работ и необходимые ресурсы для их выполнения.

Ключевые слова: авиастроение; оптимизация и минимизация; проектирование воздушного судна; конструктивные и эксплуатационные характеристики; предельная цена; стоимость жизненного цикла; критерии эффективности.

**Analysis and development of a method for optimizing design and operational characteristics
based on the concept of aircraft life cycle cost**

Marina M. Gyazova, PhD in Economic sciences, Associate Professor
of Department 505 "Innovative Economics, Finance and Project Management",
Moscow Aviation Institute (National Research University),
Volokolamskoeshosse, 4, Moscow, Russian Federation, 125080,

ORCID: [0000-0002-0183-2082](https://orcid.org/0000-0002-0183-2082)

E-mail: mgyazova@gmail.com

Ermolaeva Olga Vadimovna, Master's Degree student of Department 101 «Aircraft Design and Certification», Moscow Aviation Institute (National Research University),
Volokolamskoeshosse, 4, Moscow, Russian Federation, 125080,
E-mail: seizeikan@gmail.com

Abstract: The article presents a possible strategy for creating a classification-coded structure to optimize the implementation of the plan and the prerequisites for determining a possible future aircraft design concept. In the course of the study, a method of structural coded decomposition was developed, which is conceptual and depends on the application of the methodology in software and the goals of the organization. Based on the data obtained from the coded hierarchical cost structure, it becomes possible to draw up a work plan (forecast) to optimize costs, processes and other resources at certain stages of the life cycle and the product being created. The method of the coded hierarchical structure of the required work presented in this paper will allow visualizing the relationship between the proposed work plan and the customer's needs, which can be reflected in the functional specifications. The proposed method for the development of a coded hierarchical cost structure and a coded hierarchical work structure will allow the development of a universal concept suitable for use in any aviation project to optimize the main design and operational characteristics when developing aircraft specifications based on the life cycle cost concept. Such a universal concept will allow, in a simplified form, to visually display not only the work and costs at all stages of the aircraft life cycle, but also to determine the scope of work and the necessary resources for their implementation.

Key words: aircraft construction; optimization and minimization; aircraft design; design and performance characteristics; marginal price; life cycle cost; performance criteria.

Введение

При разработке самолета предпосылки высокой финансовой грамотности могут быть реализованы в том случае, если его план создания основан на потребностях и параметрах концепции жизненного цикла (ЖЦ). Самолет — это сложный многоступенчатый продукт, который включает в себя большое количество процессов и использует много ресурсов на определенном этапе жизненного цикла продукта. Одним из наиболее важных этапов императивного плана является организация внешнего или концептуального плана, для эффективности которого защита затрат на сдерживание расширения является наиболее важным императивным компонентом. Поэтому для анализа предстоящих затрат и работ на этапах жизненного цикла плана самолета и дальнейшего прогнозирования снижения затрат на начальных этапах проектирования необходимо использовать метод, позволяющий визуально структурировать и оптимизировать затраты, которые будет легко внедрить программное обеспечение компании.

Изображенная стратегия включает в себя анализ будущих возможных затрат на весь жизненный цикл базового самолета и возможное рассмотрение вопроса о снижении затрат на основе приведенной в примере оптимизации процессов на этапе концептуального проектирования.

Поскольку расчетная стоимость продукта должна отражать интересы и удовлетворять потребности разных сторон, таких как производители и потребители, в этом случае производителю важно возместить затраты с учетом будущей прибыльности, а потребителю получить экономические или другие выгоды от эксплуатации этого продукта. В настоящее время понимание и моделирование факторов, основанных на экономической ситуации, маркетинге, рисках и неопределенности будущего проекта, позволяет проектировщикам разрабатывать более экономичные концепции проектирования конструкций воздушных судов и их эксплуатационных характеристик. При использовании такого подхода факторы, определяющие стоимость, могут формироваться с учетом потребностей и требований, обеспечивающих конкурентоспособность продукта на рынке, как внутреннем, так и международном. Метод

снижения затрат на этапах жизненного цикла позволит добиться эффективной конкурентоспособности продукта на рынке.

Метод снижения затрат основан на анализе максимальной предельной цены на этапе создания внешнего или эскизного проекта воздушного судна. На данный момент, согласно мировым практическим исследованиям, более 70 процентов (%) стоимости жизненного цикла самолета закладывается на этапе разработки его концепции [1]. Поэтому в целях дальнейшего снижения стоимости жизненного цикла и оптимизации конструктивных и эксплуатационных характеристик воздушного судна необходимо проанализировать и рассчитать пределы приемлемой цены проекта на основе моделирования стоимости жизненного цикла воздушного судна на ранних стадиях внешнего или предварительного проектирования. Представленная методология разработки кодирования и разбивки структурных затрат для каждой части работ на этапах внешнего или предварительного проектирования воздушного судна является инструментом для достижения рациональной оптимизации всего будущего жизненного цикла проекта на ранних стадиях создания.

Обсуждение

Элементы затрат жизненного цикла

Технология оценки затрат основана на оценке начальной суммы капитала, которая может быть использована для дальнейшего финансирования инвестиций, и для оценки операционных(эксплуатационных) затрат, которые могут возникнуть в ходе управления проектом. Подробный расчет затрат является наиболее информативным подходом, который предполагает сбор всей информации о затратах, которую можно напрямую отнести к стоимости окончательной концепции проектирования воздушного судна. Стоимость продукта должна быть уточнена или скорректирована с учетом изменений в ходе реализации проекта разработки продукта, технических и технологических особенностей и других факторов [2]. Своевременное сосредоточение внимания на указанной предельной стоимости обеспечит практический подход к выбору изменений в конструкции воздушного судна, таких как: конструкция, материалы, производственный процесс и требования. Стоимость жизненного цикла воздушного судна — это общая стоимость, затраченная на воздушное судно за весь жизненный цикл, от стадии создания до утилизации воздушного судна. Эти затраты содержат необходимый объем затрат, которые включают предварительное исследование, исследование рынка, производство продукта, аспекты его будущего использования, его предназначение, способствующее сохранению рабочего состояния, а также утилизацию в соответствии с окончанием времени разработки продукта. Расчет стоимости жизненного цикла на каждом этапе проекта может основываться на анализе данных в результате наблюдения за изменениями параметров надежности проекта воздушного судна, а также изменениями переменных и косвенных затрат, включая затраты по таким аспектам, как: приобретение вспомогательного оборудования, техническое обслуживание и ремонт, выплаты работникам и т.д.

Для получения экономических выгод при создании первичных этапов разработки проекта самолета необходимо обозначить приемлемую стоимость жизненного цикла с точки зрения объема затрат на каждом этапе разработки продукта. Эти операции выявляют возможные существенные изменения в рамках проекта, а также обосновывают их необходимость.

Двумя основными составляющими этапов жизненного цикла являются затраты на проектирование и эксплуатацию [3]. Стоимость приобретения состоит из затрат на исследования, разработки, испытания и оценку, а также производственных затрат и в первую очередь связана с производителем (рис. 1).

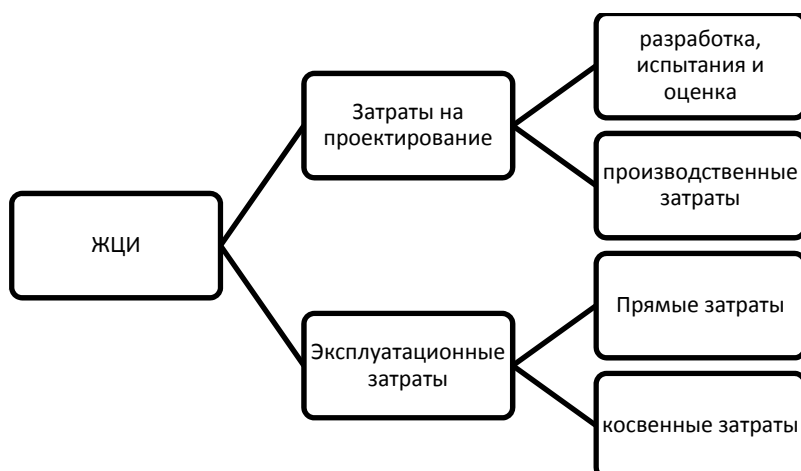


Рис. 1. Схема составляющих элементов этапов стоимости жизненного цикла (LCC) продукта

Первый элемент ЖЦИ связан с производителем и включает в себя исследования, разработки, испытания и оценку, а также производственные затраты [4].

Второй элемент связан с потребителями и включает в себя такие элементы, как: прямые эксплуатационные расходы и косвенные эксплуатационные расходы (рисунок 1). Стоимость в концептуальной модели ЖЦИ может варьироваться - например, низкие затраты на приобретение могут быть связаны с низкими экономическими условиями или возможностью использования новых технологий в авиационной промышленности [5]. Расчет приемлемых затрат на этапах жизненного цикла самолета в долгосрочной многолетней перспективе дает возможность отслеживать изменения в формировании конечной стоимости изделия. Основываясь на результатах анализа изменений допустимой стоимости проекта, можно выбрать наиболее выгодную концепцию проекта самолета из существующих, а также определить возможные усовершенствования выбранной концепции [6].

Критерии экономической эффективности на этапах жизненного цикла воздушного судна

Жизненный цикл авиационной техники представляет собой многоступенчатый сложный процесс, в котором можно выделить основные этапы:

1. Исследования и разработки
2. Подготовка производства (на технологической стадии);
3. Изготовление экспериментальной модели;
4. Массовое производство;
5. Оперативная и послегарантийная поддержка;
6. Утилизация.

Схема (рис. 2) показывает связи между ключевыми компонентами процесса разработки самолета. Представленная схема создана с учетом аспекта стоимости жизненного цикла воздушного судна как основы для достижения наилучшей эффективности. Исходя из ключевого аспекта стоимости жизненного цикла воздушного судна при создании конструкторской документации и технического задания на проект, разработчикам технической документации необходимо оптимизировать конструктивные и эксплуатационные характеристики проекта воздушного судна. Такого рода оптимизация подразумевает дальнейшее снижение затрат на начальных этапах проектирования. Ранее порядок разработки технической и конструкторской документации определялся на основании Постановления Совета Министров СССР № 6301 от 10.08.1972 1972 года «О дальнейшем совершенствовании порядка установления и применения цен на промышленную и сельскохозяйственную продукцию, а также тарифов на транспортные и другие услуги, предоставляемые народному хозяйству и населению» [7], которое использовалось на начальных этапах проектирования.

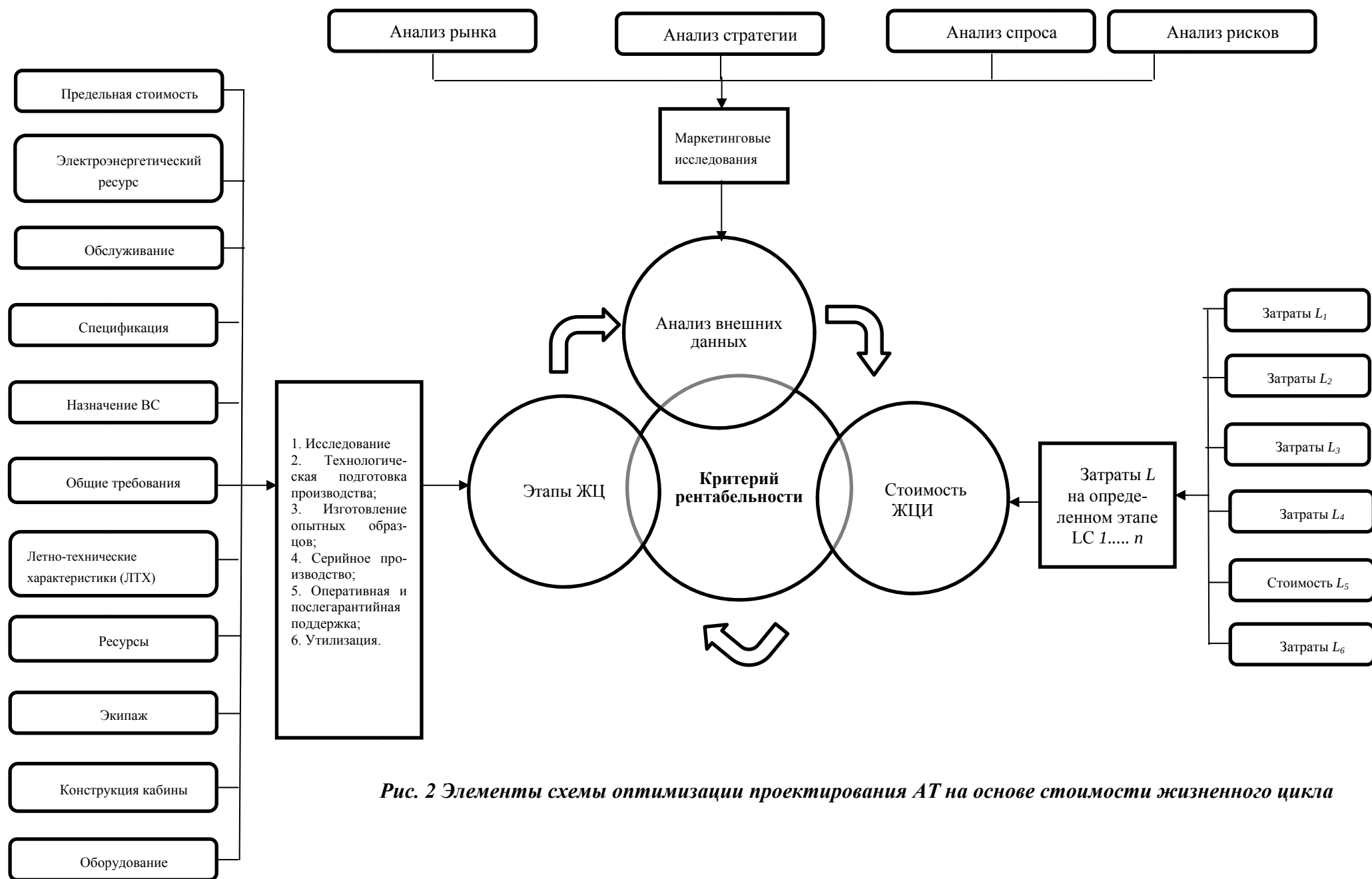


Рис. 2 Элементы схемы оптимизации проектирования АТ на основе стоимости жизненного цикла

В настоящее время это Постановление не используется в качестве доказательной базы для разработки конструкторской документации, но российская компания «Российские железные дороги» разработала методологию, позволяющую на основе расчета допустимой стоимости жизненного цикла изделия определить затраты на использование новых технологий, что обеспечивает снижение эксплуатационных затрат изделия. Данная методика представлена в Приказе № 2459р от 27.12.2007 г. Поэтому в целях дальнейшего снижения стоимости жизненного цикла и оптимизации конструктивных и эксплуатационных характеристик воздушного судна необходимо проанализировать и рассчитать пределы приемлемой цены проекта на основе моделирования стоимости жизненного цикла воздушного судна на ранних стадиях внешнего или предварительного проектирования.

На этапе управления внешним проектированием прогнозируемое исследование динамики возможного спроса на разрабатываемый продукт может быть выполнено путем анализа и рассмотрения концептуальных стратегий продуктов и возможностей производителей одной и той же области на рынке. Основными задачами сбора данных на этапе маркетингового исследования являются оценка возможных рисков, выявление возможных проблем и декомпозиция этой возможной проблемы на компоненты для разработки стратегии их дальнейшего решения. Сбор и анализ внешних данных позволяют разработать наиболее подходящую концепцию проекта воздушного судна, отвечающую требованиям внешних потребителей. В этом контексте данных принимается информация о конструктивных и эксплуатационных характеристиках воздушного судна в макроэкономическом плане, которые оказывают влияние на увеличение технического обслуживания оборудования в рамках макрорынка, этот спектр включает в себя такую информацию, как: инфляция, ставки дисконтирования как значение для понимания оценки успешности инвестиций в проект, стоимость необходимых вспомогательных материалов, стоимость рабочей силы и т.д. На рисунке 2 анализ внешних данных включает в себя: анализ рыночных данных, анализ данных о спросе, анализ данных о рисках, анализ данных о стратегии на рынке воздушных судов - все эти данные состоят из анализа темпов роста, которые могут быть включены в комплексный анализ, который определит возможный спрос на проектируемый самолет и его успех на рынке[9]. Движения процесса глобализации проявляются в двойном эффекте по отношению к экономическому росту, на этот процесс могут влиять уровень экономического развития, изменения обменного курса, рост или снижение инфляции, стоимость расходных материалов, котировки уровня доходов потенциальных потребителей и экономическое состояние региона, тарифы на ценные бумаги, активность макроэкономических агентов.

После сбора информации для последующего анализа необходимо систематизировать и проанализировать все собранные данные, выделив группы со средним критерием, а также выявить связи между различными элементами подгрупп на разных этапах жизненного цикла, представляющего собой сложную систему сгруппированных процессов в процессе эксплуатации продукта [10]. Правильное своевременное прогнозирование позволит определить основные пути достижения целей проекта за счет повышения эффективности производственных, технических, оптимизационных и других процессов[11]. Своевременное прогнозирование позволит создать и скорректировать стратегическое соответствие между целями организации и ее потенциальной реализацией будущего проекта на ранней стадии проектирования проекта. На основе полученной информации можно представить схему прогнозирования с использованием математического выражения типа:

$$U_{xy} \text{ where } x = 1, y = 1 \quad (1)$$

где:

x – вид деятельности, включенный в проект;

y – способы реализации мероприятий, включенных в проект.

Аспект прогнозирования на основе анализируемой информационной базы данных является важным элементом в дальнейшем формировании приемлемой стоимости жизненного цикла. Стоимость жизненного цикла представляет собой сумму общей стоимости владения

товаром и включает в себя общую стоимость владения продуктом в период его изменения состояния. Это означает, что не временной интервал функционирования продукта определяет смысл жизненного цикла, а набор последовательно взаимосвязанных процессов, отражающих изменения в состоянии продукта. Рассматривая производство воздушного судна как разработку определенного типа продукта, ожидаемые процессы изменения состояния продукта также будут определяться типом выпускаемой продукции. В частности, процессы реструктуризации состояния разрабатываемого продукта могут пересекаться на этапах жизненного цикла, например, процессы этапа эксплуатации воздушного судна могут пересекаться со стадией ТОИР (Техническое обслуживание и ремонт) [12].

Стоимость жизненного цикла может быть выражена в математической общей форме формулой:

$$Zlc = \sum_{d=1}^{An} \sum_{s=1}^{Bn} (L)s^r * (J)d^p \rightarrow \min \quad (2)$$

- s – этап ЖЦ;
- d – календарный год на этапе жизненного цикла;
- An – общая продолжительность этапа жизненного цикла;
- Bm – количество этапов жизненного цикла;
- Lr – затраты на s -й стадии жизненного цикла в определенном году (d);
- Jp – ставка дисконтирования, дифференцированная по календарным годам жизненного цикла.

В этой формуле сумма затрат отражается за один календарный год жизненного цикла изделия, в течение которого реализуются все необходимые процессы реструктуризации состояния изделия, начиная с начального этапа определения параметров технического задания и составления аванпроекта. Формула также учитывает общую продолжительность и количество этапов, включенных в жизненный цикл, в то время как значение(y) характеризует определенный рассматриваемый этап ЖЦ. Сумма затрат на каждом этапе характеризуется затратами нескольких комплектов необходимых работ. Для оптимизации конструктивных и эксплуатационных характеристик на начальных этапах формирования технического задания на воздушное судно необходимо определить основные затраты на каждом этапе, которые неразрывно связаны с затратами на выполнение работ в течение одного календарного года. Поскольку изменения состояния продукта носят циклический характер, если объем выполненных работ будет определен на начальных этапах формирования проекта, расчет последующих общих затрат и возможность точного прогнозирования успешной оптимизации этих затрат увеличат процент эффективной реализации проекта. [13]. Для достижения вышеуказанных условий необходимо представить набор затрат на каждом этапе жизненного цикла, обусловленный последовательностью работ, структурировать и разделить на подгруппы для более простого и эффективного взаимодействия с результирующей базой данных.

Разработка метода

Способ кодирования структурной разбивки затрат и работ на этапах ЖЦ

Для того чтобы установить и спрогнозировать общие затраты и работы на основе определенных этапов жизненного цикла воздушного судна, необходимо предоставить полную базу данных затрат, которые могут быть выражены визуально и схематично в течение периода эксплуатации изделия. Метод разбивки затрат по структуре, который неразрывно связан с набором необходимых работ, позволяет создать полную и подробную базу данных затрат. Поскольку разработка авиационной техники является сложным и многоступенчатым процессом, она может содержать много сложных работ, на которые приходится та или иная часть общих затрат. Для облегчения заполнения структуры разбивки затрат в этом исследовании предлагается концептуальный метод кодирования, который может быть адаптирован к существующему коду или структурам, используемым организацией, которая будет исполь-

зовать кодированную структуру разбивки затрат для дальнейшей оптимизации конструктивных и эксплуатационных характеристик своего проекта с целью снижения его общей стоимости. В следующих таблицах представлено описание технологии создания Кодированной структуры разбивки затрат (CCBS). Поскольку представленная методология разработки кодированной структуры является концептуальной, то отдельные эпизоды использования этой технологии для разработки кодированной структуры затрат могут быть унифицированы в соответствии с параметрами системы организации и программного обеспечения.

Компоненты затрат могут основываться на документах, которые включают информацию об этапе жизненного цикла, процессах на каждом конкретном этапе, временном периоде продолжительности этапов, необходимых для реализации процессов человеческих и других ресурсов, определении вида затрат на этапах, которые включают прямые и косвенные затраты, которые в свою очередь также подразделяются на постоянные и переменные. Скомпилированные стандартные данные и характеристики формируются в базу данных, в которой информация ранжируется по группам и подгруппам, каждой из которых присваивается код. Идентификация с помощью кодов позволяет визуализировать общую схему затрат, а также обеспечивает более быстрое и простое использование информации по запрашиваемому параметру. Структура разбивки затрат позволяет зонировать и разбивать информацию о затратах на компоненты, не только процессы на определенном этапе жизненного цикла, но и затраты на эксплуатацию определенных материалов и других ресурсов, и эта методика позволяет разбивать сложную техническую информацию на подгруппы для оптимизации ее использования и ориентации в данных (характеристики технического задания или параметры авансового проекта, например, рисунок 3).



Рис. 3 Элементы структуры разбивки затрат

Информация о компонентах формирует сумму затрат на каждом этапе жизненного цикла разрабатываемого проекта в определенной области, а также отражает взаимосвязь между подгруппами информации и взаимосвязь конкретных областей друг с другом. Код состоит из подгрупп кода, так же как база данных разделена на подсистемы. Код отражает область и информацию этой области, которые, в свою очередь, могут быть разделены на подсистемы. Определенная группа расходов в области распределяется в соответствии с определенными характеристиками, которые несовместимы с другими группами, образуя уникальную группу расходов. В зависимости от рассматриваемой области проекта коду при-

сваивается первая цифра в соответствии с номером области, например, Область n, где n=1 дает первую цифру кода, отражающую область 1 (таблица 1), если необходимо разбить сложные системы на подэлементы. Точки используются для разбиения кодов, отражающих элементы подгрупп. Это позволяет визуализировать разделение элементов исследуемой области. Ненулевая цифра, разделенная точкой, указывает на уровень этого элемента, если код заканчивается нулем, это указывает на то, что этот элемент можно разделить на подэлементы. Например, в таблице 1 код 1 обозначает элемент первого уровня; который находится в области 1, этот элемент конечен и не может быть дополнительно распределен, напротив, код 3. n. 0, где n-номер подуровня элемента, указывает, что этот элемент не является конечным и подразумевает дальнейшее разделение на подэлементы.

После того, как элементы будут расположены в соответствии со структурой разбивки затрат, закодированный элемент будет содержать закодированные подструктуры для каждой области проекта.

Таблица 1. Структура разбивки

Область №	Наименование
Область 1	1
Область 2	2.п. 1
Область 3	3.n.0
Область 4	4.n.n
Область 5	5.n.n.0

1) Если какой-либо компонент включает в себя несколько элементов, содержащих различные характеристики, которые нельзя объединить в одну группу, код заканчивается нулевым значением. Нулевое значение указывает на то, что элемент далее распространяется на подэлементы до тех пор, пока не будет получен удовлетворительный результат. Элементы, которые не требуют дальнейшего разделения, обозначаются как: 1.1, 1.2,..., 1. n. Например, в таблице 2 элемент области B2 не подразумевает дальнейшего разложения на подэлементы, поскольку его код записывается как 2. n и не заканчивается нулевым значением. Напротив, область D4 записывается как 4.0, что подразумевает дальнейшее разделение элемента на его составные части – 4.1. и подэлементы 4.2, 4.3.0 и т.д.

(2) Все распределенные подэлементы образуют общую сумму, которую можно представить как: $(k+1) = k. 0$, что указывает на уникальность первых k элементов, составляющих код для каждой области. В результате (дробные элементы $(k+1)) = (\text{элемент распределения } (k. 0))$. Например, сумма подэлементов второго уровня 1.1, 1.2,..., 1. n должна быть равна элементу 1.0.

3) Код, содержащий ненулевое значение, указывает, что дальнейшее разделение элемента на подэлементы не требуется или что разделение не определено на данном этапе, и в этом случае можно внести коррективы в код после определения необходимости дальнейшего распределения элемента.

В качестве наглядного примера принципа кодирования представлена кодированная структура разбивки корпуса воздушного судна (таблица 2) для упрощения и ясности при разработке технического задания на начальном этапе проектирования изделия. В таблице 2 представлены несколько областей, которые являются частью этапа разработки проекта. Однако аналогичная структура может быть разработана и для других областей, например, на стадии производства конструкции самолета, на основе структурной таблицы 2 можно разработать структурную разбивку производственных процессов для каждой детали, включенной в спецификацию проекта. Далее, основываясь на структуре разбивки процессов, можно определить ресурсы, необходимые для их реализации.

Таблица 2. Структура разбивки конструкции ВС

Название проекта/№	Площадь/сцена	Код	Имя (информация)
P1	A1	1.0	Корпус воздушного судна
	A1	1.1.0	Каркас
	A1	1.1.1.0	Фюзеляж
	A1	1.1.1.1	Передняя часть фюзеляжа
	A1	1.1.1.2	Центральная часть фюзеляжа
	A1	1.1.1.3	Хвостовая часть фюзеляжа
	A1	1.1.1.4	Обшивка
	A1	1.1.1.5	Кабина экипажа
	A1	1.1.1.6	Обтекатель
	A1	1.1.1.7.0	Хвостовые агрегаты
	A1	1.1.1.7.1	Киль
	A1	1.1.1.7.2	Стабилизатор
	A1	1.1.1.8	Аэродинамическая тормозная система
	A1	1.1.1.9	Отверстия для впуска воздушного потока
	A1	1.1.1.10	Выхлопные трубы
	A1	1.1.1.11	Крепления двигателя
	A1	1.1.1.12	Другие точки крепления и узлы подвески
	A2	1.2	Крыло
	A3	1.3.0	Колеса шасси
	A3	1.3.1.0	Колесная рейка
	A3	1.1.3.1	Траверса
	A3	1.1.3.2	Механизм ориентации стойки шасси
	A3	1.1.3.3	Фиксирующие замки
	A3	1.1.3.4	Базовые узлы стойки
	A3	1.3.2	Амортизатор
	A3	1.3.3	Колесо
	A3	1.3.4	Механизм выпуска шасси
	A3	1.3.5	Подкос
	A4	1.4	Обтекатели / пилоны
	A5	1,5	Двери
	A6	1.6	Динамические системы и компоненты
	A7	1,7	Оборудование
	B2	2	Электростанция
	C3	3	Прикладное программное обеспечение (программное обеспечение)

	D4	4.0.	Системное программное обеспечение
	D4	4.1	Система связи / идентификации
	D4	4.2	Система навигации / управления
	D4	4.3.0	Центральный компьютер
	D4	4.3.1	Система отображения и управления
	D4	4.3.2	Система пилотирования в автоматическом режиме
	D4	4.3.3	Интегрированная центральная система контроля и измерений
	E5	5	Топливный бак

В качестве примера мы рассмотрим проект P1 и одно из нескольких направлений, включенных в этот проект, соответствующих начальным этапам проектирования, определяющим конструкцию самолета и формирующим спецификацию. В данном примере на этапе формирования спецификации проектируемого летательного аппарата выделяются пять основных областей, в рамках которых выделяются основные элементы и их подэлементы, при необходимости их разделения. В таблице 2 элемент 1.0 — это сумма подэлементов 1.1.0, 1.2, 1.3.0, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, два элемента из которых должны быть разбиты. Элемент 1.1.0 состоит из подэлементов 1.1.1.1-1.1.1.12, в то время как элемент 1.1.1.7.0, включенный в этот набор, заканчивается нулевым значением и предполагает дальнейшее разделение по крайней мере на два подэлемента и включает два элемента пятого уровня 1.1.1.7.1 и 1.1.1.7.2. Таким образом, хвостовое оперение включает в себя в данном случае стабилизатор и киль. Также элемент 1.3.0 (Шасси) состоит из ряда подэлементов 1.3.1.0-1.3.5 один из этих подэлементов 1.3.1.0 (шасси), в свою очередь, разделен на элементы четвертого уровня 1.1.3.1, 1.1.3.2, 1.1.3.3, 1.1.3.4 – траверса, механизм ориентации шасси, стопорные замки, узлы основания стойки. Некоторые элементы областей не заканчиваются нулевым значением, что подразумевает их полноту, например, элементы 2,3,5 таблицы 2, где обтекатели/пилоны и двери не разделены на подэлементы общей системы. Такая структура разбивки позволяет визуальнo представить необходимый набор деталей технического задания на проектирование воздушного судна в будущем, на основе этой кодированной структуры, можно будет создать кодированную структуру разбивки затрат и работ, которая будет отражать все необходимые ресурсы, процессы и затраты на каждом этапе разработки проекта на начальной стадии проектирования

Связи между структурной разбивкой затрат и работ

На основе данных, полученных из кодированной структуры разбивки затрат (CCBS), становится возможным составить план работы (прогноз). Описание метода разработки кодированной структуры разбивки работ (CWBS) представлено ниже. CWBS позволит визуализировать связи между предлагаемым планом работ и потребностями заказчика/потребителя, которые могут быть изложены в программе описания работ или в функциональных спецификациях. В то время как кодированная структура разбивки затрат (CCBS) распределяет стоимость каждого элемента на каждом этапе LC, CWBS дифференцирует общий объем работ по всему проекту на этапах LC на отдельные блоки, которыми можно управлять независимо. Связи между структурой разбивки работ и структурой разбивки затрат показаны в таблице 3.

Таблица 3. Структура разбивки затрат

Проект Наимено- вание/№	Этап	Код задачи				
P1	A1	1,0	1.1.0	1.1.1.1	1.1.1.2	1.1.1.3
	A2				1,2	
	A3	1.3.0	1.3.1.0	1.1.3.1	1.1.3.2	1.1.3.3
	B2				2	
	C3				3	
	D4	4,0	4.3.0	4.3.1	4.3.2	4.3.3
	E5				5	

Таким образом, каждой работе присваивается код Zn,

- где Z (A, B, C...n)-определяет этап в определенной области;
- n-определяет номер области (1,2,3...n);
- Общий код затрат состоит из трех частей:

$$\sum (project\ code + area\ code + planned\ task\ code) \quad 3)$$

Например, если проекту присвоен код Pn (Проект 1,2,3...n), где n=1 (как пример в случае таблицы 3), становится очевидным, что все задачи выполняются в рамках одного и того же проекта P1. Затраты этого проекта P1 области A2 (где этап области A, номер области 2) для выполнения задачи будут иметь код P1A21.2 Этот метод разработки кодированной структуры для разбивки работ является переменным – кодированная система может быть расширена или уменьшена в зависимости от конкретных показателей, требуемых проектом, включая возможность внедрения системы существующих кодов заказчика в структуру, если существуют эти требования контракта.

Результаты

Представленная методология разработки CWBS позволяет анализировать предстоящие затраты на основе необходимых ресурсов, используемых на каждом конкретном этапе Жизненного цикла (LC) [14]. Связи между CCBS и CWBS определяются в ячейке пересечения столбца с номером требуемой задачи и ее областью применения. Например, код P1A21.2 показывает, что задача, выполняемая в рамках проекта P1 области A2, является окончательной и не подлежит дополнительному разделению. Напротив, код P1A31.3.0 указывает на то, что задача, лежащая в области A3 в рамках одного и того же проекта P1, предполагает разбивку на подэлементы, что подразумевает необходимость использования дополнительной работы или ресурсов для этой задачи. Возвращаясь к примеру из таблицы 3, в которой показаны CCBS корпуса воздушного судна, в соответствии с кодом P1A31.3.0 можно определить, что система шасси (область задач A3) воздушного судна (проект P1) разделена на подэлементы 1.3.1.0-1.3.5 – опора шасси, амортизатор, колесо, механизм выпуска шасси, стойки соответственно. Необходимые ресурсы для выполнения работ в течение всего проектного цикла должны постоянно обновляться, независимо от их первоначального ввода в систему (извне или изнутри) [15]. Такая методология разработки CWBS позволит четко представить объем работы, необходимый для реализации задачи на определенном этапе LC, а также сделать

Выводы

Для обеспечения высокого финансового уровня, удовлетворяющего потребностям и параметрам, основанным на концепции жизненного цикла (LC), в этой статье была представлена возможная стратегия создания структуры с кодировкой классификации для оптимизации выполнения плана и предварительных условий для определения проекта. Описанная стратегия включает анализ и разбивку предстоящих затрат на необходимые работы на основе концепции ожидаемого жизненного цикла воздушного судна, разрабатываемой на внешнем

этапе или этапах концептуального плана. В ходе расследования было установлено, что необходимость оптимизации плана и характеристик воздушного судна отражается в минимальной стоимости, которая представляет собой предполагаемую максимально возможную стоимость воздушного судна, которую можно сравнить с желаемыми и значительными показателями с точки зрения производителя или потребителя.

На основе рассмотрения вопроса о снижении стоимости жизненного цикла путем оптимизации конструктивных и эксплуатационных характеристик проекта воздушного судна был представлен метод разработки кодированной структуры разбивки затрат (CCBS) и кодированной структуры разбивки работ (CWBS). Представленная методология разработки CCBS и CWBS позволяет анализировать предстоящие затраты на основе необходимых ресурсов, используемых на каждом конкретном этапе жизненного цикла. Связь между CCBS и CCBS определяется в ячейке пересечения столбца с номером требуемой задачи и объемом ее выполнения. Код состоит из нескольких частей и содержит полную информацию о проекте, его этапах и рассматриваемой сфере деятельности. Код ячейки, заканчивающийся ненулевым значением, означает, что дальнейшее разбиение задачи или стоимости на подэлементы не происходит, наоборот, если код заканчивается нулевым значением, как указано в некоторых из приведенных выше примеров, он указывает на необходимость дальнейшего разбиения элемента на подэлементы, подразумевая необходимость дополнительной работы или ресурсов для этой задачи. Ресурсы, необходимые для выполнения работы в течение всего проектного цикла, должны постоянно обновляться, независимо от их первоначального ввода в систему (извне или изнутри). Такая методика разработки КСДР позволит наглядно представить объем работ, необходимых для реализации задачи на определенном этапе жизненного цикла, а также составить план (прогноз) необходимого количества ресурсов, необходимых для эффективной организации работы.

Литература

1. Лиланд Н.М. Основы конструирования летательных аппаратов. Калифорния, 1975. С.883.
2. Ламар Ю.Е. Роль эскизного проекта в снижении затрат на разработку, производство и эксплуатацию авиационных систем. Интеграция и оптимизация конструкции самолета. Статья 1, 1973. С. 267.
3. Маркс В. Дж. Иерархическая модель анализа стоимости жизни воздушного цикла / Маркс В. Дж. Маврис Д. Н., Шрейдж Д. П. Атланта, 2000. С. 18.
4. Вэйцзюнь Чжу. Проектирование и оценка полностью сконфигурированных моделей, созданных с помощью аддитивного производства // Центр аэрокосмических исследований, 2014. С. 23.
5. Эдди, Д.Г. Взаимосвязь оценки стоимости планера на этапах проектирования и производства / НАСА, 1980. С. 132.
6. Бельтрамо, Майкл Н., Майкл А. Применение параметрического веса. Смета будущих транспортных самолетов, 1979. С.48.
7. О дальнейшем совершенствовании порядка установления и применения цен на промышленную и сельскохозяйственную продукцию, а также тарифов на перевозки и другие услуги, оказываемые народному хозяйству и населению. Постановление Совета Министров СССР от 10.08.1972, № 630. С. 80.
8. Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта // Распоряжение ОАО РЖД от 27.12.2007. С. 62.
9. Фридлянд А.А, Гязова М.М, Карапетян А.Г. Оптимизация основных требований технического задания и проектных и эксплуатационных характеристик воздушного на основе концепции стоимости жизненного цикла // Научный вестник ГосНИИГА, Москва, 2018. С. 126. ISSN 2309-2998.
10. Пухов. А.А. Конструкция и проектирование летательных аппаратов / Россий-

ский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского (МАТИ), 2014. С. 257.

11. Шестопа́л Ю.Т. Стратегический менеджмент: учебное пособие / Шестопа́л Ю.Т., Дорофе́ев В.А., Дресвя́нников, Н.Ю. Щети́нина, А.Н. Шмеле́ва. КНОРУС, 2016. С. 310. ISBN: 978-5-406-05224-2.

12. Берновский Ю.Н. Основы идентификации продукции и документов, ЮНИТИ-ДАНА, 2007. С. 351. ISBN 978-5-238-01241-4.

13. Фридлянд, А. А. Оценка стоимости жизненного цикла на стадиях внешнего и рабочего проектирования авиационной техники / А.А. Фридлянд, Б.А. Горелов, М.М. Гязова // Российский экономический интернет-журнал. – 2018. – № 3. – С.42-45. eISSN 2218-5402.

14. Арская Л.П. Японские секреты управления. Универсум, Москва, 1991. С. 120. ISBN 5-86034-068-0.

15. Структура разбиения работ. Энциклопедия по экономике. – Режим доступа <https://economy-ru.info/info/58861/> (дата обращения 3.03.2021).

References

1. Leland N.M. The basics of designing aircraft. California, 1975, p. 883.

2. Lamar Yu.E. The role of the conceptual design in reducing the cost of development, production and operation of aviation systems. Integration and optimization of aircraft design. Article 1, 1973, p. 267.

3. Marx V.J. Hierarchical model of the analysis of the cost of life of the air cycle / Marx V.J., Mavris D.N., Shrager D.P. Atlanta, 2000. P. 18.

4. WeijunZhu. Design and Evaluation of Fully Configured Models Created by Additive Manufacturing, WeijunZhu, XingleiZhao, WeiZhang, KeRen, ZhengyuZhang, DichenLi // Aerospace Research Center, 2014, p. 23.

5. Eddy, D.G., The relationship between airframe cost estimation at the design and production stages / NASA, 1980. P. 132.

6. Beltramo, Michael N., Michael A. Application of parametric weight. Estimates of future transport aircraft, 1979. P.48.

7. On further improvement of the procedure for establishing and applying prices for industrial and agricultural products, as well as tariffs for transportation and other services rendered to the national economy and the population. Resolution of the Council of Ministers of the USSR of 08/10/1972, No. 630.C.80.

8. Methodology for determining the cost of the life cycle and the limit price of rolling stock and complex technical systems of railway transport // Order of JSC Russian Railways from 27.12.2007. P. 62. ISSN 2309-2998.

9. Fridlyand A.A., Gyzova M.M., Karapetyan A.G. Optimization of the basic requirements of technical specifications and design and operational characteristics of airborne air based on the concept of life cycle cost // Scientific Bulletin of GosNIIGA, Moscow, 2018, p. 126.

10. Pooh. A.A. Aircraft Design and Design / Russian State Technological University named after K.E. Tsiolkovsky (MATI), 2014.S. 257.

11. Shestopal Yu.T. Strategic management: textbook / Shestopal Yu.T., Dorofeev V.A., Dresvyannikov, N.Yu. Shchetinina, A.N. Shmeleva. KNORUS, 2016. P. 310. ISBN: 978-5-406-05224-2.

12. Bernovsky Yu.N. Fundamentals of identification of products and documents, UNITY-DANA, 2007, p. 351. ISBN 978-5-238-01241-4.

13. Fridlyand A.A., Gorelov B.A., Gyzova M.M. Estimation of the life cycle cost at the stages of external and detailed design of aviation equipment // Russian Economic Internet Journal, Moscow, 2018. P. 42-45. eISSN 2218-5402.

14. Arskaya L.P. Japanese management secrets. Universum, Moscow, 1991. P. 120. ISBN 5-86034-068-0.

15. Work breakdown structure. Encyclopedia of Economics. – Access mode <https://economy-ru.info/info/58861/> (date of access 3.03.2021).