

УДК 658.56

Д.Н. Крицкий

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

МЕТОД РАСЧЕТА ОБОБЩЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТОВ СОЗДАНИЯ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ГРАЖДАНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

В данной статье предлагается метод расчета показателя привлекательности проектов создания беспилотной авиационной техники (БАТ) гражданского назначения основанного на: классификации проектных альтернатив на классические, специальные, рекордные, ненадежные, нежизнеспособные, используя уравнение массового баланса БАТ; анализе технико-экономических показателей проекта и отсецинии альтернатив, используя принципы «рационального производства»; ранжировании и получении обобщенного показателя привлекательности проектов на основе теории полезности.

Ключевые слова: дихотомное дерево, уравнение баланса масс, технико-экономические показатели проекта, теория полезности.

Введение

На данный момент в Украине большое количество конструкторских бюро (КБ) занимаются проектированием беспилотной авиационной техники (БАТ) при этом основной упор делается на уменьшение сроков проектирования и затрат. Вопросам безопасности уделяется гораздо меньшее внимание, так как в гражданской авиации необходимо окупить проект за счет продаж и прибыли от выполняемых БАТ работ.

Основная часть

При рассмотрении проектов создания БАТ гражданского применения следует их делить на этапы: исследование и обоснование разработки, разработка БАТ, производство БАТ, эксплуатация БАТ. Утилизацию следует рассматривать как отдельный проект.

Предложенный метод рассчитан на применение с момента начала проекта до утверждения одной из альтернатив или до начала постройки макета. В последующих работах в рамках проекта создания БАТ гражданского применения так же возможно использование метода в полном объеме или его частей (укрупненные шаги). Выделяются следующие крупные шаги метода:

- классификация альтернатив;
- отсециние альтернатив используя модели основанные на рациональном производстве[1];
- расчет обобщенного показателя привлекательности проекта на основе теории полезности;

Этап 1. Классификация альтернатив

Записывая альтернативы в виде дихотомного дерева [2] в результате получается полное множество всех возможных решений. Анализируя полученное дихотомное дерево с использованием метода дерева решений, при этом, учитывая, что при проек-

тировании возможны следующие виды решений: классические, специальные, рекордные, ненадежные, нежизнеспособные - производим классификацию альтернатив по алгоритму приведенному ниже.

Шаг 1. Для конкретного узла из дихотомного дерева собираются все существующие альтернативы по проектированию БАТ гражданского применения.

Шаг 2. Проводится анализ составляющих массы БАТ, на основании которого альтернативы классифицируются на жизнеспособные и нежизнеспособные. В случае если не хватает компонент масс и ни к одной из категорий, согласно рисунку 1, альтернатива не подходит, то такое решение является нежизнеспособным. В случае, если решение по составу компонент масс подходит к одной из категорий, то такое решение является жизнеспособным.

При классификации типов решений по составляющим массы, одним из важных компонентов масс является относительная масса устройств безопасности $\bar{m}_{\text{устр.безоп}}$, которая рассчитывается по формуле:

$$\bar{m}_{\text{устр.безоп}} = \frac{m_{\text{АНО}} + m_{\text{отв}} + m_{\text{конд}} + m_{\text{эн.сн.}} + m_{\text{АП}}}{m_0},$$

где m_0 - взлетная масса; $m_{\text{АНО}}$ - масса аэронавигационных огней с проблесковым маяком; $m_{\text{отв}}$ - масса радиолокационного ответчика активного ответа; $m_{\text{эн.сн.}}$ - масса системы энергоснабжения всех бортовых систем; $m_{\text{конд}}$ - масса контейнера с системой кондиционирования; $m_{\text{АП}}$ - масса автоматического пилота.

Шаг 3. В случае если решение является жизнеспособным, то на основе данных производится расчет уравнения баланса масс[3].

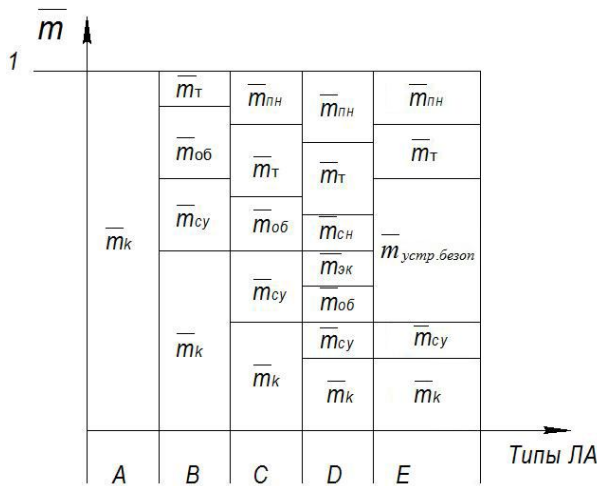


Рис. 1. Классификация типов решений по составляющим массы: А – модель без двигателя; В – спортивная радиоуправляемая авиамодель; С – спортивная радиоуправляемая авиамодель с фотокамерой; Д – транспортный самолет; Е – гражданский БПЛА

$$1 = \bar{m}_k + \bar{m}_{су} + \bar{m}_{об.упр.} + \bar{m}_T + \frac{m_{эж.} + m_{сн.} + m_{п.н.}}{m_0} \quad (2)$$

где \bar{m}_k - относительная масса конструкции; $\bar{m}_{су}$ - относительная масса силовой установки; $\bar{m}_{об.упр.}$ - относительная масса оборудования и управления; \bar{m}_T - относительная масса топлива; $m_{эж.}$ - масса экипажа; $m_{сн.}$ - масса служебной нагрузки; $m_{п.н.}$ - масса полезной нагрузки.

Если равенство соблюдено то происходит переход к шагу 4, в случае если равенство не достигнуто (результат суммы относительных масс не равен 1), то такое решение является нежизнеспособным и дальнейшее его рассмотрение нецелесообразно.

Шаг 4. Жизнеспособные альтернативы классифицируются, используя формулу 3 (классические, рекордные, специальное, ненадежные), для этого анализируется масса БАТ.

$$m_0 = \frac{m_{АНО} + (1 + k_2)(k_1 m_{п.н.} + m_{отв.} + m_{ап.нез.})}{1 - (\bar{m}_k + \bar{m}_{су} + \bar{m}_{эн.сн.} + \bar{m}_{р.п.} + \bar{m}_{безоп.} + \bar{m}_T)} \quad (3)$$

где k_2 - коэффициент относительной массы контейнера с системой кондиционирования по массе агрегатов; k_1 - коэффициент увеличения массы системы полезной нагрузки; $m_{ап.нез.}$ - масса всех систем автоматического пилота, масса которых не зависит от взлетной массы; $\bar{m}_{эн.сн.}$ - относительная масса системы энергоснабжения всех бортовых систем; $\bar{m}_{р.п.}$ - масса рулевых приводов; $\bar{m}_{безоп.}$ - масса парашютной системы безопасного прекращения полета и гашения энергии.

После анализа масс полученный результат делится на виды решений по следующему правилу: в случае если отсутствует какой-то вид массы или одна из составляющих масс гипертрофирована, то такое решение является рекордным; решение является специальным, если присутствует дополнительная компонента масс; решение является ненадежным в случае, если хотя бы один из компонентов масс выходит из диапазона изменения составляющей структуру масс. Диапазон изменения составляющей структуру масс уточняется в процессе накопления статистических данных. Так как БАТ гражданского применения является новым видом техники, то первые образцы этой техники следует создавать, опираясь на статистические данные из пилотируемой авиации учитывая особенности БАТ.

Применив метод классификации, к дальнейшему рассмотрению проектировщику предлагаются в первую очередь классические решения.

Этап 2. Отсечение альтернатив на основе технико-экономических показателей проекта, основывающихся на принципах рационального производства

Проанализировав существующие подходы к анализу технико-экономических показателей было выявлено, что основными показателями, на основе которых анализируется проект являются качество продукта проекта, сроки выполнения проекта, риски сопутствующие выполнению проекта, затраты на выполнение проекта, прибыль полученная от выполнения проекта [1].

Любые проекты выполняются в «треугольнике»: качество, стоимость, срок – оценка сроков проекта и его стоимости возможны только среди вариантов обеспечивающих надлежащее качество. Стоимостные показатели проекта опосредствовано учитывают и сроки среди которых важнейшим является не только срок выполнения проекта, но и срок окупаемости продукта проекта, поэтому в качестве основных характеристик проекта принято к рассмотрению 4 параметра: прибыль, качество, затраты, риски. Прибыль проекта должна стремиться к наибольшему значению:

$$\sum_{i \in P} NPV_i \rightarrow \max$$

где NPV_i - чистая текущая стоимость i-го проекта, которая рассчитывается по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+r)^t},$$

где NPV - чистая текущая стоимость; CF_t - приток денежных средств в период t ; I_t - сумма инвестиций (затраты) в t -м периоде; r - барьерная ставка (ставка дисконтирования); n - суммарное число периодов (интервалов, шагов) $t = 1, 2, \dots, n$ (или время действия инвестиции).

При этом должны выполняться такие условия:

1) $DPI_i > 1, i \in P$ или $\prod_{i \in P} DPI_i > 1$ (в случае если один или несколько проектов из портфеля будут иметь дисконтированный индекс доходности меньше единицы то весь портфель проектов обязательно должен иметь $DPI > 1$), DPI – дисконтированный индекс доходности, определяется по формуле:

$$DPI = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+r)^t};$$

$$2) \sum_{i \in P} F_{ji}(t) \leq F_j^{пред.}(t), j = 1 \dots N_F,$$

где $F_j^{пред.}(t)$ – фондоёмкость предприятия в момент времени t , $F_{ji}(t)$ – фондоёмкость, необходимая для выполнения i проекта на момент времени t , N_F – количество необходимого оборудования; фондоёмкость всех проектов по любому из видов оборудования не должна превышать фондоёмкостей соответствующего оборудования предприятия;

$$3) \sum_{i \in P} T_{ki}(t) \leq T_k^{пред.}(t), k = 1 \dots N_k;$$

где $T_k^{пред.}(t)$ – трудоемкость по k -й специальности на момент времени t , которой располагает предприятие, $T_{ki}(t)$ – трудоемкость i -го проекта по k -й специальности на момент времени t , N_k – количество персонала необходимой квалификации; количество трудоемкости необходимой для выполнения всех работ по проектам не должно превышать располагаемой предприятием трудоемкостью необходимой квалификации;

$$4) \left(\sum_{i \in P} Z_i^C + \sum_{i \in P} Z_i^П + \sum_{i \in P} Z_i^Э \right) \leq \sum_{i \in P} I_i,$$

где I_i – инвестиции в i -й проект; Z_i^C – затраты на проект создания; $Z_i^П$ – затраты на проект производства; $Z_i^Э$ – затраты на проект эксплуатации;

$$5) \left(\sum_{i \in P} Z_i^C + \sum_{i \in P} Z_i^П + \sum_{i \in P} Z_i^Э \right) \leq \sum_{i \in P} (I_i + D_i),$$

где D_i – прогнозируемый доход полученный от i -го проекта;

$$6) \left(\sum_{i \in P} Z_i^C + \sum_{i \in P} Z_i^П + \sum_{i \in P} Z_i^Э \right) \leq \sum_{i \in P} D_i.$$

Условия 4-6 дополняют друг друга и используются в зависимости от рассматриваемого этапа проекта (инвестиционный этап, когда в проект вкладываются только инвестиции; этап, когда проект приносит предприятию доход, но и требует вложение инвестиций; этап, когда проект приносит доход предприятию и не требует дополнительных инвестиций).

Параметр риска должен стремиться к нулю:

$$\prod_{i \in P} R_i \rightarrow \min,$$

где R – риски связанные с проектом. Риски можно разделить на два основных: риск не выполнения

проекта и риск «неполучения продукта проекта» нужного качества, что является частным случаем первого из рисков. При условиях 4 – 6 и

$$7) \sum_{i \in P} NPV \rightarrow \max$$

параметр затрат также должен стремиться к нулю:

$$\sum_{i \in P} Z_i \rightarrow \min$$

При этом необходимо, чтобы выполнялось основное условие возможности реализации проекта:

$$\sum_{i \in P} Z_i(t) \leq (I_i(t) + D_i(t)),$$

где $Z_i(t)$ – затраты i -го проекта на момент времени t ; $I_i(t)$ – инвестиции в i -й проект на момент времени t ; $D_i(t)$ – прогнозируемые доходы, полученные от i -го проекта на момент времени t .

В затраты включаются все расходы при создании, производстве и эксплуатации продукта проекта. Расчет ведется по формуле:

$$Z_i(t) = Z_i^C(t) + Z_i^П(t) + Z_i^Э(t),$$

где Z_i – соответственно затраты на i проект, которые включают в себя затраты на создание продукта проекта, его производство и эксплуатацию.

Затраты на создание определяются по формуле:

$$Z_i^C = Z_i^{Спост} + Z_i^{Спер} = C_i^{ам} + C_i^{накл} + M_i + 3П_i + H_i + C_i^{ком},$$

где $Z_i^{Спер}$ – переменные затраты на проект создания продукта проекта, $Z_i^{Спост}$ – постоянные затраты на проект создания продукта проекта; M_i – затраты на материалы, комплектующие изделия, услуги; $3П_i$ – заработная плата персонала; H_i – налоги и отчисления, включаемые в затраты; $C_i^{ам}$ – затраты на амортизационные отчисления; $C_i^{накл}$ – накладные расходы; $C_i^{ком}$ – затраты на коммунальные платежи.

Затраты на создание продукта проекта включают в себя затраты на всех стадиях и этапах научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Затраты на производство и эксплуатацию определяются единообразно по формулам:

$$Z_i^П = M_i + 3П_i + H_i + K_i;$$

$$Z_i^Э = M_i + 3П_i + H_i + K_i,$$

где K_i – сумма единовременных затрат и стоимости основных средств для i -го проекта.

Основным параметром является качество, поскольку без достижения нужного уровня качества продукта проекта цель не будет достигнута, т.е.

$$\sum_{i \in P} Q_i \rightarrow \max,$$

где Q_i – уровень качества продукта i -ого проекта при условиях 4-6.

Етап 3. Получение обобщенного показателя привлекательности проекта, используя теорию полезности

Для получения обобщенного показателя привлекательности проекта используются показатели, рассмотренные на 2 этапе данного метода и только тех проектов, которые предложены по окончании 1 этапа.

Шаг 1. Нормализация показателя прибыльности. Минимальное значение прибыльности, которое отвечает нормализованному показателю 0,00 грн. Максимальный показатель прибыльности, который отвечает нормализованному показателю 1, будет равен $(n \cdot P) - Z_i$, где n – число БАТ гражданского применения запланированных к выпуску; P – плановая цена за единицу БЛА.

$$0 \leq U_i(NPV_i) \leq ((n \cdot P) - Z_i).$$

Шаг 2. Нормализация показателя затрат. Максимальное значение затрат на проект 0, а минимальное значение на проект равно сумме всех затрат необходимых для проектирования и выпуска запланированного числа идентичных экземпляров БАТ.

$$Z_i \leq U_i(Z_i) \leq 0.$$

Шаг 3. Нормализация показателя рисков. Минимальным значением показателя является единица, то есть вероятность осуществления риска равна единице, максимальное значение 0, ни один из рисков не осуществится.

$$0 \leq U_i(R_i) \leq 1.$$

Шаг 4. Нормализация показателя качества. Показатель качества определяется экспертами из набора следующих альтернатив: неудовлетворительное (значение соответствует 0), удовлетворительное (значение соответствует 0,4), хорошее (значение соответствует 0,6), очень хорошее (значение соответствует 0,8), идеальное (продукт проекта никогда не достигает такого уровня качества, но постоянно к нему стремится). Численные значения показателя качества предлагаются автором и в дальнейшем будут уточняться в процессе накопления статистического материала, $0 \leq U_i(Q_i) \leq 1$.

Шаг 5. Проводится вторая нормализация полученных коэффициентов исходя из приоритетов. В случае рассмотрения 4-х параметров и основываясь на принципах рационального производства, приоритеты будут расставлены следующим образом: коэффициенты, полученные на шагах с 1 по 3 включительно, умножаются на 0,2, а коэффициент полученный на шаге 4 умножается на 0,4.

$$\lambda_1 = 0,2, \lambda_2 = 0,2, \lambda_3 = 0,2, \lambda_4 = 0,4,$$

$$U = \sum_{i=1}^4 \lambda_i U_i(Z_i)$$

где U – обобщенный показатель привлекательности, а Z_i – параметры основных характеристик проекта.

Выводы

Получен метод получения обобщенного показателя привлекательности проекта для ранжирования альтернатив создания продукта проекта, который в отличие от существующих учитывает особенности БАТ, основанный на основных положениях теории полезности и позволяющий выбрать наиболее подходящий вариант из альтернатив.

Список литературы

1. Крицкий Д.Н. Применение философии «рационального производства» в управлении проектами создания образцов сложной техники / Д.Н. Крицкий, Е.А. Дружинин // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. – М., 2014. – № 1-2. – С. 22-27.
2. Крицкий Д.Н. Системный подход к проектам создания беспилотной авиационной техники / Д.Н. Крицкий, Е.А. Дружинин, Е.С. Яшина // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2013. – № 3 (12). – С. 71-77
3. Дружинин Е.А. Особенности массовой модели беспилотного летательного аппарата / Е.А. Дружинин, Д.Н. Крицкий, А.И. Захарчук // Системи обробки інформації – Х. : ХУПС, 2013. – Вип. 1 (108). – С. 44-49.

Поступила в редколлегию 23.09.2014

Рецензент: д-р техн. наук проф. Е.А. Дружинин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

МЕТОД РОЗРАХУНКУ УЗАГАЛЬНЕНОГО ПОКАЗНИКА ПРИВАБЛИВОСТІ ПРОЄКТІВ СТВОРЕННЯ БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Д.М. Крицький

Пропонується метод розрахунку показника привабливості проєктів створення безпілотної авіаційної техніки (БАТ) цивільного призначення заснованого на: класифікації проєктних альтернатив на класичні, спеціальні, рекордні, ненадійні, нежиттєздатні, використовуючи рівняння масового балансу БАТ; аналізі техніко-економічних показників проєкту і відсіканні альтернатив, використовуючи принципи «раціонального виробництва»; ранжуванні та отриманні узагальненого показника привабливості проєктів на основі теорії корисності.

Ключові слова: *дихотомне дерево, рівняння балансу мас, техніко-економічні показники проєкту, теорія корисності.*

THE CALCULATION METHOD OF ATTRACTIVENESS GENERALIZED INDICATOR OF PROJECTS FOR CONSTRUCTION THE UNMANNED AIRCRAFT TECHNIQUE FOR CIVIL APPLICATIONS

D.N. Kritsky

In this article, we propose a method of calculation of the indicator of the attractiveness of projects for construction of unmanned aircraft technology (BAT) civil purposes is based on the classification of design alternatives on the classic, special, record, unreliable, impractical, using the equation of the mass balance of the BAT; the analysis of technical and economic

parameters of the project and the clipping of the alternatives, using the principles of "lean production"; rank and obtain the generalized indicator of the attractiveness of projects on the basis of utility theory.

Keywords: *dichotomie tree, the equation of mass balance, the technical-economic indicators of the project, utility theory.*