

39. Національна стратегія розвитку освіти в Україні на період до 2021 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/344/2013#n10>.
40. ГОСТ Р ИСО 9000-2008. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь [Электронный ресурс]. – Введ. 2008-12-18. – 35 с. – Режим доступа: http://www.opengost.ru/iso/03_gosty_iso/03120_gost_iso/0312010_gost_iso/2291-gost-r-iso-9000-2008-iso-9000_2005-sistemy-menedzhmenta-kachestva.-osnovnye-polozheniya-i-slovar.html.
41. Управление высшим учебным заведением: Учебник [Текст]/ Под ред. С.Д. Резника, В.М. Филиппова. – 2-е изд., перераб. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 768 с.
42. Добрянський, І. Адаптація іноземних студентів до навчання в українських ВНЗ в контексті європейського простору вищої освіти [Текст]/ Добрянський І., Наумець О., Шагала Л. // Молодь і ринок. – Дрогобич: Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, 2013. – №5(100). – С. 7-12.

Рецензент статті
д.т.н., доц. Медведєва О.М.

Стаття надійшла до редакції
27.01.2015 р.

УДК 658.56

Е.А. Дружинин, Д.Н. Крицкий

МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ И МЕТОД МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ПРОДУКТА ПРОЕКТА СОЗДАНИЯ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Предложена модель определения содержания проекта создания беспилотной авиационной техники гражданского применения, основанная на классификации проектных альтернатив с использованием метода оценки привлекательности проекта. Предложен метод мониторинга качества продукта проекта, основанный на методе освоенного объема. Рис. 3, ист. 12.

Ключевые слова: управление содержанием проекта, классификация проектных альтернатив, качество продукта проекта, мониторинг проекта, метод освоенного объема.

JEL O22

ВВЕДЕНИЕ

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами. Беспилотная авиационная техника (БАТ) является особым роботизированным видом авиационной техники и основной проблемой при этом является отсутствие нормативной базы, регулирующей порядок ее создания и введения в воздушное пространство [1, 2].

Это усложняет рациональное обоснованное распределение ресурсов между работами для достижения позитивного результата. Актуальным является разработка методов и моделей процессов создания, мониторинга и управления ресурсами с учетом особенностей БАТ, что позволит менеджерам обеспечить реализацию проекта с наименьшими затратами и достичь необходимого уровня качества продукта проекта.

Проект создания БАТ сложный, потому что при его реализации существует многовариантность реализации идей, а процесс создания является итеративным [1]. При таких условиях возникают проблемы с управлением содержанием проекта, а так же вопросы, связанные с мониторингом качества и управления распределения ресурсов.

Конкуренцию на рынке БАТ необходимо выигрывать за счет создания качественного продукта проекта, разработанного в кратчайшие сроки. В настоящее время конструкторские бюро создают беспилотные летательные аппараты с позиции «быстрее и дешевле», что в будущем может привести к использованию в воздушном пространстве изделий БАТ, которые не соответствуют нормам безопасности.

При этом необходимо учитывать одну из особенностей БАТ гражданского применения, которая связана с необходимостью покрытия затрат на производство и создание в процессе эксплуатации для обеспечения доходности.

Таким образом возникает противоречие между необходимостью создания БЛА высокого уровня качества для безопасной его эксплуатации в едином воздушном пространстве и необходимостью уменьшить сроки и затраты за счет использования современных моделей и методов управления содержанием для обеспечения прибыльности от эксплуатации.

Анализ исследований и публикаций и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Проанализировав уже признанные модели и методы управления содержанием проектов [3, 4] и вновь разрабатываемые [5–9] следует отметить, что они не позволяют эффективно управлять содержанием проектов, так как они не учитывают особенности беспилотной авиационной техники.

Цель статьи. Разработать модель определения содержания проекта создания беспилотной авиационной техники гражданского применения и метод мониторинга качества продукта проекта.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Методы и методики исследования. Проведенные исследования основываются на использовании методов системного анализа для изучения особенностей сложных проектов и процессов оценки их показателей; методов синтеза рациональной структуры БАТ гражданского применения для формирования иерархии работ проектов; методов управления содержанием для оценки реального хода проекта и прогнозирования дальнейшего развития, а именно метод освоенного объема; метод дерева решений для классификации проектных альтернатив; методов теории принятия решений для выбора рациональной альтернативы.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов. Оценка качества альтернатив необходима для выбора классических видов решений из предложенных в процессе создания. Это обеспечивает уменьшение количества экспериментальных работ в проекте, необходимых для подтверждения качества результатов.

Модель реализована следующим образом. Полное множество структурных решений для формирования БАТ можно представить в виде дихотомного дерева, которое развивается при получении новых проектных решений путем включения их в единую классификацию.

Оценка жизнеспособности проектных решений производится на основе анализа уравнения существования беспилотного летательного аппарата (БЛА) (1). Решение является жизнеспособным, в случае если сумма масс проектируемого БЛА будет равна единице, в другом случае – нежизнеспособным [10]:

$$I = \bar{m}_к + \bar{m}_{cy} + \bar{m}_{об.упр.} + \bar{m}_m + \frac{m_{эк.} + m_{сн.} + m_{п.н.}}{m_0}, \quad (1)$$

где \bar{m}_k – относительная масса конструкции;

\bar{m}_{cy} – относительная масса силовой установки;

$\bar{m}_{об.упр.}$ – относительная масса оборудования и управления;

\bar{m}_m – относительная масса топлива;

$m_{ЭК.}$ – масса оборудования, замещающего экипаж, что является особенностью модели для БЛА (без автопилота);

$m_{сн.}$ – масса служебной нагрузки;

$m_{п.н.}$ – масса полезной нагрузки;

m_0 – взлетная масса летательного аппарата.

Анализ жизнеспособных решений позволяет разделить их на классические, специальные, рекордные, ненадежные. Для этого проводится анализ составляющих масс и расчет в соответствии с формулой 2, для определения взлетной массы продукта проекта:

$$m_0 = \frac{m_{АНО} + (1 + k_2)(k_1 m_{п.н.} + m_{отв.} + m_{ан.нез.})}{1 - (\bar{m}_k + \bar{m}_{cy} + \bar{m}_{эн.сн.} + \bar{m}_{р.н.} + \bar{m}_{устрбезоп.} + \bar{m}_m)}, \quad (2)$$

где k_2 – коэффициент относительной массы контейнера с системой кондиционирования по массе агрегатов;

k_1 – коэффициент увеличения массы системы полезной нагрузки;

$m_{ан.нез.}$ – масса всех систем автоматического пилота, масса которых не зависит от взлетной массы;

$\bar{m}_{эн.сн.}$ – относительная масса системы энергоснабжения всех бортовых систем;

$\bar{m}_{р.н.}$ – масса рулевых приводов;

$m_{АНО}$ – масса аэронавигационных огней с проблесковым маяком;

$m_{отв.}$ – масса радиолокационного ответчика активного ответа;

$m_{эн.сн.}$ – масса системы энергоснабжения всех бортовых систем;

$\bar{m}_{безоп.}$ – масса парашютной системы безопасного прекращения полета и гашения энергии.

Рекордными решениями являются такие, которые удовлетворяют следующему условию:

$$m_i \ll m_{i_{Баз}}, m_i \gg m_{i_{Баз}}, m_i \neq m_{i_{Баз}}, \quad (3)$$

где m_i – компоненты масс предложенного варианта продукта;

$m_{i_{Баз}}$ – компоненты масс в соответствие с уравнением (2).

То есть одна из компонент массы гипертрофирована или отсутствует.

Специальными решениями являются решения удовлетворяющие условию:

$$m \notin m_{i_{Баз}} \cdot \quad (4)$$

То есть присутствует дополнительная компонента масс.

Ненадежными являются решения, которые удовлетворяют условиям (5) и при этом хотя бы одна из компонент масс выходит из диапазона изменения масс:

$$\begin{aligned} \bar{m}_k = (0,35...0,45)m_0, \bar{m}_m = (0,22...0,4)m_0, \bar{m}_{безоп} = (0,05...0,065)m_0, \\ \bar{m}_{эн.сн} = (0,03...0,04)m_0, \bar{m}_{су} = (0,12...0,16)m_0, \end{aligned} \quad (5)$$

Классические решения – те решения, которые не соответствуют условиям (3–5) и возможно осуществить расчет, используя формулу (2).

Таким образом, выделив жизнеспособные классические решения, выбирается структура работ проекта, в которой количество экспериментальных работ значительно меньше (рис. 1).

Таким образом, получена модель определения содержания проекта создания БАТ гражданского применения (рис. 2), состоящая из последовательно выполняемых шагов:

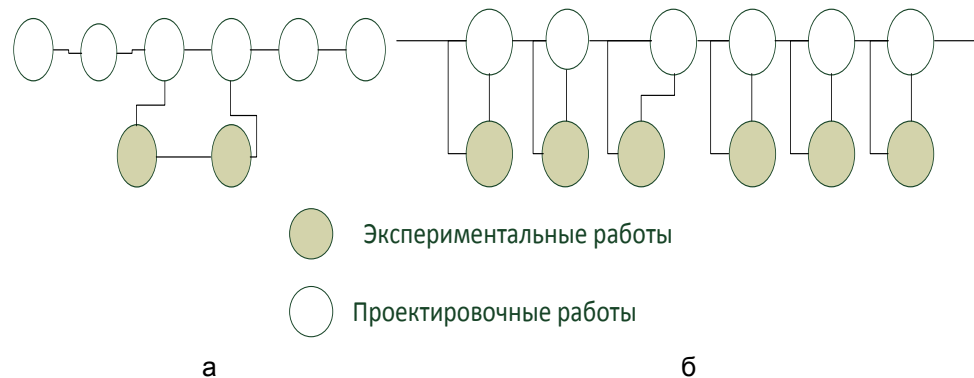


Рис. 1. Работы проекта а) при классических решениях, б) при специальных, ненадежных, рекордных решениях

Шаг 1. Используя массовую модель, происходит классификация проектных решений и отсеечение нежизнеспособных решений. На входе используется информация о продукте, исходя из предложенных решений, на выходе получаем содержание продукта.

Шаг 2. Для проектов, основанных на жизнеспособных решениях, создается иерархия структур WBS. Создание иерархии возможно, используя те методы, которые известны менеджеру проектов. На входе перечни работ, необходимые для воплощения в жизнь принятых решений, для каждой из альтернатив проекта, на выходе WBS структуры альтернатив проектов.

Шаг 3. Используя модель оценки технико-экономических показателей [11], происходит отсеечение проектов неудовлетворяющих возможностям компании.

На входе проектные параметры, на выходе усеченное множество WBS структур альтернатив проектов.

Шаг 4. Осуществление расчета показателя привлекательности проекта на основе теории полезности [11].

Шаг 5. На основе полученных показателей выбирается проект с максимальным значением привлекательности.

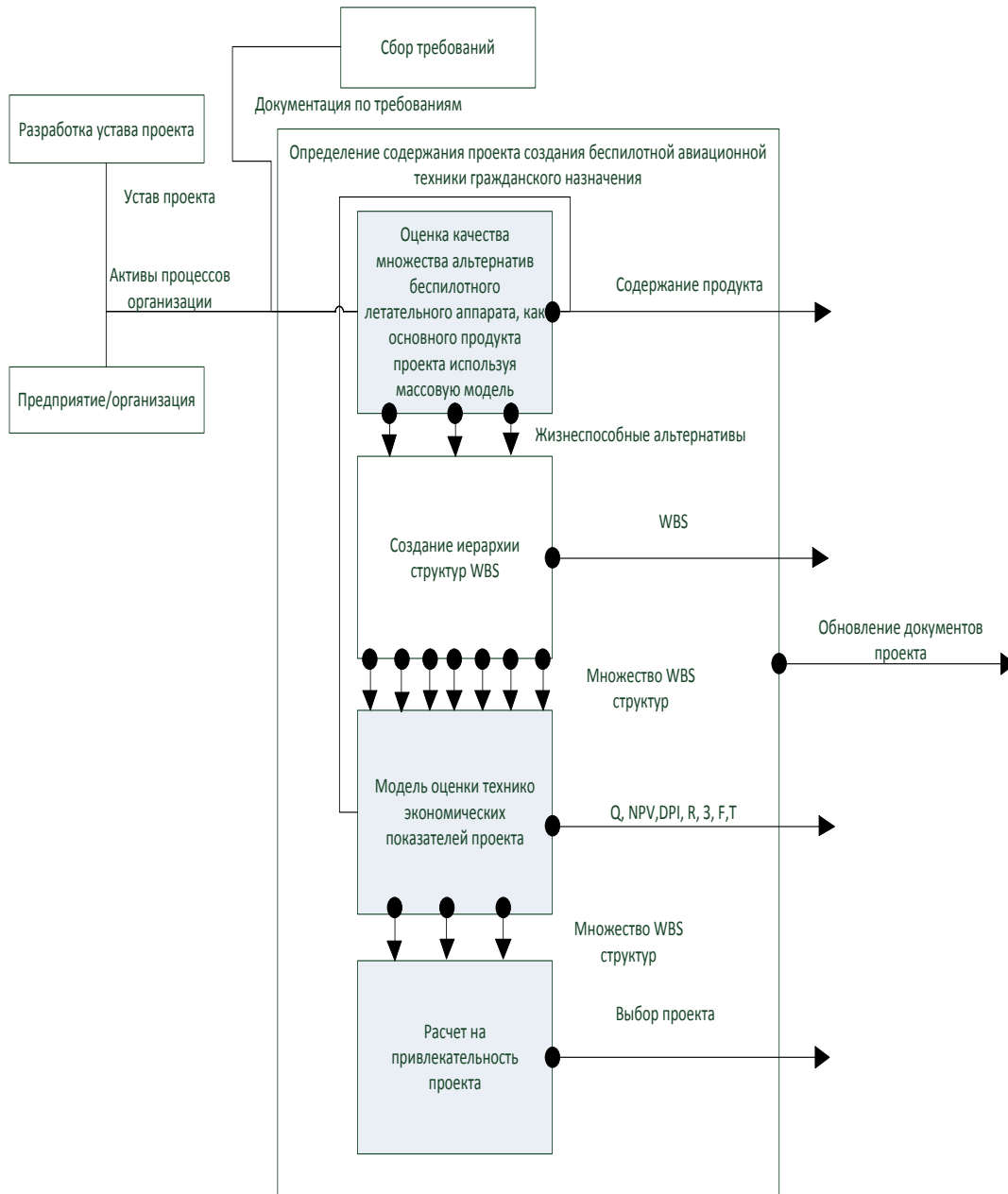


Рис.2. Модель определения содержания проекта создания БАТ гражданского назначения

Для подтверждения содержания проекта рекомендовано использовать метод освоенного объема. Но, для того чтобы, анализировать не только затраты по проекту, но и определять качество продукта проекта в метод освоенного объема вводятся параметры: количество плановых принятых решений (R_o), количество подтвержденных решений по плану (R_e) и количество фактически принятых решений (R_f). При таком представлении параметров описывающих проект целесообразно представить показатель проектного риска (R) в виде следующей формулы:

$$R = 1 - \frac{R_e}{R_f}. \quad (6)$$

Такое представление проектных рисков позволяет отслеживать динамику изменения качества продукта (чем больше подтверждено принятых решений, тем получаемое изделие более качественно). При этом основываясь на работу [12] следует учитывать и объем работ.

Каждая операция и проект в целом описываются следующими переменными:

R_o – планируемые принятые решение на проект;

T_o – планируемый срок завершения проекта;

X_o – суммарный объем работ по проекту;

$r_o(t)$ – планируемая динамика принятия решений;

$r(t)$ – фактическая динамика принятия решений;

$r_e(t)$ – динамика подтверждения решений;

$x_o(t)$ – планируемая динамика объемов работ;

$x(t)$ – фактическая динамика объема работ;

$x_e(t)$ – освоенный объем работ;

T – фактический срок окончания проекта;

R_f – фактически принятые решения на проект.

Производные показатели освоенного объема:

$\Delta r_o(t) = r_o(t) - r(t)$ – разность между плановыми и фактическими принятыми решениями;

$\Delta r(t) = r_o(t) - r_e(t)$ – разность между плановыми и подтвержденными решениями;

$\Delta r_e(t) = r(t) - r_e(t) \geq 0$ – разность между фактическими и подтвержденными решениями;

$\Delta x_o(t) = x_o(t) - x(t)$ – разность между плановым и фактическим объемом работ;

$\Delta x(t) = x_o(t) - x_e(t)$ – разность между плановым и освоенным объемом работ;

$\Delta x_e(t) = x(t) - x_e(t) \geq 0$ – разность между фактическим и освоенным объемом работ;

$\alpha_r(t) = r_e(t) / r_0(t)$ – показатель объема подтвержденных решений;

$\beta_r(t) = r_e(t) / r(t)$ – показатель динамики принятия решений;

$\alpha_x(t) = x_e(t) / x_0(t)$ – показатель освоенного объема работ;

$\beta_x(t) = x_e(t) / x(t)$ – показатель динамики объема работ;

$\tau_{0r}(t) = t - r_0^{-1}(r_e(t))$ – текущая задержка (от плана), определяется из

условия: $r_0(t - \tau_{0r}(t)) = r_e(t)$;

$\tau_r(t) = t - r^{-1}(r_e(t))$ – текущая задержка по решениям, определяется из

условия: $r(t - \tau_r(t)) = r_e(t)$;

$\tau_{0x}(t) = t - x_0^{-1}(x_e(t))$ – текущая задержка (от плана), определяется из

условия: $x_0(t - \tau_{0x}(t)) = x_e(t)$;

$\tau_x(t) = t - x^{-1}(x_e(t))$ – текущая задержка по решениям, определяется из

условия: $x(t - \tau_x(t)) = x_e(t)$;

$e_0 = X_0 / R_0$ – плановая эффективность проекта в целом;

$e_0(t) = x_0(t) / r_0(t)$ – плановая эффективность использования решений на момент времени t ;

$e = X / R_f$ – фактическая эффективность проекта в целом;

$e(t) = x_e(t) / r(t)$ – фактическая эффективность использования решений на момент времени t .

Таким образом, проект считается завершенным (цель проекта достигнута), как только объем подтвержденных решений совпадет с суммарным объемом решений. Таким образом, именно проектные решения, являются характеристикой, которой определяется критерий завершения проекта. Продолжительность проекта является при этом основным показателем, выступая в роли составляющих критерия эффективности и/или ограничений.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ и обобщение полученных результатов. Разработанная модель и метод были внедрены в Научно-исследовательский институт проблем физического моделирования Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт» (НИИПФМ). При внедрении было выявлено, что при использовании разработанной модели и метода в течение всего ЖЦ проекта достигается сокращение сроков до 21%, а в случаях использования разработанной модели и метода на этапе планирования достигается сокращения сроков проекта до 7%.

На рисунке 3 продемонстрировано отличие плановых (рис. 3а) от фактических показателей (рис. 3б). Выделены области, в которых происходит подтверждение принятых решений (первая область – подтверждение принятых решения испытаниями на макете, вторая область – подтверждение принятых решений испытаниями на опытном образце).

Плановые данные по принятым решениям, срокам проектных этапов работ, подтвержденным решениям приведены в таблице 1. В качестве базового срока выполнения проекта создания беспилотной авиационной техники гражданского применения был выбран срок равный тридцати месяцам.

Таблица 1

Плановые данные при выполнении проекта

Наименование этапа	Сроки выполнения проекта				Стоимость, %		Принято решений, %		Подтверждено решений, %	
	Время		%		Стоимость этапа, %	Общая стоимость %	Этап %	Всего %	Этап	Всего
	Месяцы	Сумма	Длительность проекта	Всего						
	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
НИР маркетинг	1	1	3,33	3,33	0,5	0,5	10	10	0,00	0,00
НИР поиск путей и обоснование возможности создания	2	3	6,67	10,00	2	2,5	25	35	0,00	0,00
Аванпроект (ТЭО)	2	5	6,67	16,67	2,5	5	20	55	0,00	0,00
Подача заявки в ГАА	1	6	3,33	20,00	0,5	5,5	5	60	0,00	0,00
ЭП	2	8	6,67	26,67	3,5	9	18	78	6,00	6,00
Макет	0,25	8,25	0,83	27,50	0,5	9,5	2	80	1,00	7,00
ТП	2	10,25	6,67	34,17	7,5	17	15	95	5,00	12,00
РКД	2	12,25	6,67	40,83	7,5	24,5	5	100	16,00	28,00
Подготовка к изготовлению ОО	1	13,25	3,33	44,17	7,5	32	0	100	2,00	30,00
Изготовление ОО	6	19,25	20,00	64,17	33	65	5	105	24,00	54,00
Подготовка к испытаниям	1	20,25	3,33	67,50	7,5	72,5	0	105	6,00	60,00
СЗИ (летно-додоводочные испытания)	6	26,25	20,00	87,50	18	90,5	15	120	40,00	100,00
Корректировка КД	0,25	26,5	0,83	88,33	1,5	92	0	120	0,00	100,00
СКИ	2	28,5	6,67	95,00	7	99	0	120	0,00	100,00
Рассмотрение ДД	1	29,5	3,33	98,33	0,5	99,5	0	120	0,00	100,00
Выдача сертификата типа	0,5	30	1,67	100,00	0,5	100	0	120	0,00	100,00

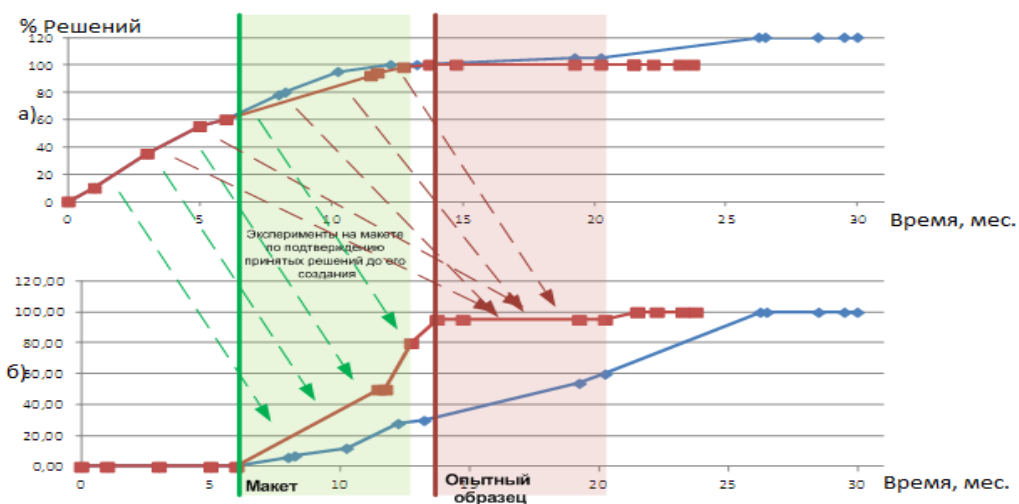


Рис.3. Отношение принятых решений к срокам выполнения проекта

Фактические данные, полученные в ходе проекта создания БАТ гражданского применения в НИИПФМ находятся в таблице 2.

Таблица 2

Фактические данные при выполнении проекта

Наименование этапа	Длительность и срок				Стоимость %		Принято решений %		Подтверждено испытаниями	
	Месяцы		%							
	Этап	С начала	Этапа	Длительность проекта	Этапа	Общая	Этап	Всего	Этап	Всего
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
НИР маркетинг	1,00	1,00	3,33	3,33	0,50	0,50	10,00	10,00	0,00	0,00
НИР поиск путей и обоснование возможности создания	2,00	3,00	6,67	10,00	2,00	2,50	25,00	35,00	0,00	0,00
Аванпроект (ТЭО)	2,00	5,00	6,67	16,67	2,50	5,00	20,00	55,00	0,00	0,00
Подача заявки в ГАА, разработка проектов СБ и ТС	1,00	6,00	3,33	20,00	0,50	5,50	5,00	60,00	0,00	0,00
ЭП	5,50	11,50	18,33	38,33	24,00	39,50	32,00	92,00	50,00	50,00
Макет	0,25	11,75	0,83	39,17	0,50	40,00	2,00	94,00	0,00	50,00
ТП	1,00	12,75	3,33	42,50	3,50	43,50	4,00	98,00	30,00	80,00
РКД	1,00	13,75	3,33	45,83	3,50	57,00	2,00	100,00	15,00	95,00
Подготовка к изготовлению ОО	1,00	14,75	3,33	49,17	7,50	64,50	0,00	100,00	0,00	95,00
Изготовление ОО	4,50	19,25	15,00	64,17	20,00	84,50	0,00	100,00	0,00	95,00
Подготовка к испытаниям	1,00	20,25	3,33	67,50	7,50	92,00	0,00	100,00	0,00	95,00
СЗИ (летно-доводочные испытания)	1,25	21,50	4,17	71,67	4,00	96,00	0,00	100,00	5,00	100,00
Корректировка КД	0,00	21,50	0,00	71,67	0,00	96,00	0,00	100,00	0,00	100,00
СКИ	0,75	22,25	2,50	74,17	3,00	99,00	0,00	100,00	0,00	100,00
Рассмотрение ДД, утверждение СБ, ТЗ, РКД	1,00	23,25	3,33	77,50	0,50	99,50	0,00	100,00	0,00	100,00
Выдача сертификата типа	0,50	23,75	1,67	79,17	0,50	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00

Выводы. Разработана модель определения содержания проекта создания беспилотной авиационной техники гражданского применения позволяющая на основе анализа показателей продукта проекта, технических показателей продукта и экономических показателей проекта получать агрегированный показатель привлекательности проекта [11], что позволяет определить содержание проекта необходимое для его осуществления.

Разработан метод управления содержанием проекта создания беспилотной авиационной техники гражданского применения на основе метода освоенного объема, который позволяет анализировать текущие проектные решения на всех стадиях и этапах выполнения проекта.

Предлагаемый подход позволяет использовать преимущества методов проектного менеджмента при управлении процессами создания сложной техники с учетом её специфики и дает возможность разработать комплекс инструментальных средств для тем-лидеров и менеджеров проектов по

осуществлению мониторинга и поддержки принятия решений для подтверждения правильности выбора направления разработки.

Перспективы дальнейших исследований в данном направлении.

Полученные теоритические положения и зависимости могут быть использованы на авиационных предприятиях. Так же в дальнейшем, необходимо рассмотреть, какие конкретно работы и в каком объеме необходимо проводить при возникновении итерации в процессе создания беспилотной авиационной техники гражданского применения. Полученные данные могут стать основой для разработки нормативных документов регламентирующих создание БАТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каримов А. Х. Особенности проектирования беспилотных авиационных систем нового поколения / А. Х. Каримов [Электронный ресурс] // «Труды МАИ» – М., 2011. – Вып. 47. – Режим доступа: <https://www.mai.ru/science/trudy>
2. Крицкий, Д. Н. Системный подход к проектам создания беспилотной авиационной техники [Текст] / Д. Н. Крицкий, Е. А. Дружинин, Е. С. Яшина // Наука і техніка Повітр. Сил Збройних Сил України. – Х., 2013. – Вип. 3 (12). – С. 71–77.
3. Мазур, И. И. Управление проектами [Текст]: учеб. пособие / И. И. Мазур [и др.] ; под общ. ред. И. И. Мазура, В. Д. Шапиро. – 6-е изд. – М.: Издательство «Омега-Л», 2010. – 960 с.
4. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК). Американский нац. стандарт ANSI/PMI 99-001-2004 [Текст]: руководство. – 5-е изд. – Project Management Institute, Inc., 2013. – 589 с.
5. Протасов И. В. Модели и методы управления содержанием инвестиционных проектов по производству продукции [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук.: 05.13.22 / И. В. Протасов. – Х., 2012. – 20 с.
6. Кононенко, И. В. Модель и метод многокритериальной оптимизации содержания проекта при нечетких исходных данных [Текст] / И. В. Кононенко, Н. Е. Колесник // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013. – №1/10 (61). – С. 9–13.
7. Павлов, А. Н. Управление проектами на основе стандарта PMI РМВОК. Изложение методологии и опыт применения [Текст] / А. Н. Павлов. – М.: «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2012. – 208 с.
8. Аюпов, А. И. Тестирование и требования к качеству. Современные подходы к организации авиационного строительства [Текст] / А. И. Аюпов, С. И. Пляскота // Управление развитием крупномасштабных систем: материалы IV Междунар. конф., Москва, 4–6 октября 2010 г. – М., 2010. – С. 179–180.
9. Управление инновационными проектами [Текст]: учеб. пособие / В. Л. Попова [и др.] ; под ред. В. Л. Попова. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 336 с.
10. Дружинин, Е. А. Особенности массовой модели беспилотного летательного аппарата [Текст] / Е. А. Дружинин, Д. Н. Крицкий, А. И. Захарчук // Системи обробки інформації / М-во оборони України, Харк. ун-т Повітр. Сил ім. Івана Кожедуба. – Х., 2013р. – Вип. 1 (108). – С. 44-49.
11. Крицкий, Д. Н. Метод расчета обобщенного показателя привлекательности проектов создания беспилотной авиационной техники гражданского применения [Текст] / Д. Н. Крицкий // Наука і техніка Повітр. Сил Збройних Сил України. – Х., 2014. – Вип. 3 (16). – С. 21–25.
12. Колосова Е.В. Методика освоенного объема в оперативном управлении проектами [Текст]: монография / Е. В. Колосова, Д. А. Новиков, А. В. Цветков. – М.: ООО «НИЦ «Апост-роф», 2000. – 156 с.

Рецензент статті
д.т.н., проф. Рач В.А.

Стаття надійшла до редакції
23.03.2015 р.