

УДК 629.07

А. В. АНДРЕЕВ¹, В. Е. ГАЙДАЧУК², А. В. КОНДРАТЬЕВ², О. В. ОРЛОВ¹¹ Государственное предприятие «Антонов», Украина² Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина

КОНЦЕПЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГРАЖДАНСКИХ САМОЛЕТОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

На основе анализа и обобщения отечественного и зарубежного опыта разработан общий концептуальный подход к созданию новых гражданских самолетов, частным случаем которого является концепция проектирования и производства агрегатов из полимерных композиционных материалов. Концепция включает классификатор технологических процессов изготовления композитных агрегатов и комплексный критерий их эффективности, основанный на сравнении потребного для реализации проекта и располагаемого современным отечественным производством комплекса технологических параметров (характеристик). Система концептуальной оценки эффективности технологического обеспечения реализации проекта позволяет соотносить число и полноту частных учитываемых критериев с целями и задачами проводимого анализа.

Ключевые слова: гражданские транспортные самолеты, полимерные композиционные материалы, концепция проектирования и производства, эффективность, комплексный критерий.

Введение

Как известно, украинское авиастроение, представляемое созданной в 1946 году фирмой, ныне ГП «Антонов», имеет общепризнанный опыт создания конкурентоспособных на мировом рынке продаж и услуг гражданских самолетов транспортной категории, формировавшийся еще со середины прошлого столетия [1 – 3].

Ее основатель Генеральный конструктор О. К. Антонов всегда отслеживал мировые тенденции в средствах и способах повышения эффективности создаваемых воздушных судов во всех аспектах обеспечения высокого уровня их летно-технических характеристик: аэродинамики, проектных решений, конструкционных материалов, технологии производства и других составляющих. Еще в 70-х годах он предвосхитил перспективность внедрения в агрегатах самолетов полимерных композиционных материалов (ПКМ) [4], уровень применения которых в изделиях фирмы способствовал принятию Постановления Совета Министров СССР 390-137 от 03.06.1970 г., которым на АНТК им. О.К. Антонова были возложены обязанности ведущей организации по разработке элементов конструкций и деталей транспортных и пассажирских самолетов с применением композиционных материалов [5].

С этого периода на фирме было положено начало формирования и реализации новых концепций

создания конструкций отечественных гражданских самолетов с перманентно увеличивающимся объемом ПКМ [5 – 7].

Идея концептуального подхода к решению тех или иных проблем известна давно. Она многократно успешно реализовывалась ведущими специалистами ГП «Антонов» [8 – 10], ГКБ «Прогресс» [11] других организаций авиационной отрасли Украины. Известно [12], что под концепцией понимают систему связанных между собой и вытекающих один из другого взглядов на формирование различных явлений и объектов.

Реализуя этот перспективный подход применительно к комплексной проблеме создания конструкций отечественных гражданских самолетов из ПКМ в современных условиях состояния авиастроения Украины, представляется оправданным выделить для анализа следующие основные концепции:

1. Общая концепция неукоснительного обеспечения требований Норм летной годности самолетов (НЛГС) при проектировании гражданских самолетов на этапах выработки технического задания, предварительного проектирования, эскизного и рабочего проектов.

2. Концепция безопасности на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ).

3. Концепция экономической эффективности на всех этапах ЖЦ.

4. Концепция эффективности технологического

обеспечения создания самолета.

5. Концепция обеспечения эффективного производства.

6. Концепция эксплуатационной эффективности.

Эти взаимосвязанные составляющие концептуального подхода к проектированию новых гражданских самолетов и их модификаций характеризуют как пути решения создания композитных конструкций, так и ряд других важных проблем, связанных с реализацией проекта конкурентоспособного на рынке услуг и продаж гражданского самолета.

Анализ проблемы и постановка цели исследования

Общая блок-схема составляющих концепции создания нового гражданского самолета транспортной категории показана на рис. 1.

Здесь внутри системы взаимосвязанных концепций, сформулированных выше, приведены блоки основных составляющих концепции проектирования агрегатов самолета из ПКМ, подробно проанализированные в [13]. Эти, также взаимосвязанные

блоки, формирующие систему проектирования композитных агрегатов, имеют прямые и обратные связи с соответствующими составляющими концепций 1 – 6.

Вне кольца этих составляющих расположен блок основополагающих документов (НЛГС, FAR-25 и др.), на основе которых реализуется проект гражданского самолета, а также блок составляющих технической подготовки производства, состав которой синтезирован в [14], где приведен и состав показателей технологичности изделия. Блок «Составляющие технологической подготовки производства» связан прямыми и обратными связями с блоками «Концепция эффективности технологического обеспечения» и «Концепция эффективного производства» (рис. 1). Аналогичными связями блок «Составляющие комплекса безопасности» взаимодействует с блоками «Концепция безопасности» на всех этапах жизненного цикла и «Концепция эффективности эксплуатации».

Декомпозиция этого блока, по-видимому, впервые была проведена в [15], а в [16] она обрела завершённую форму.

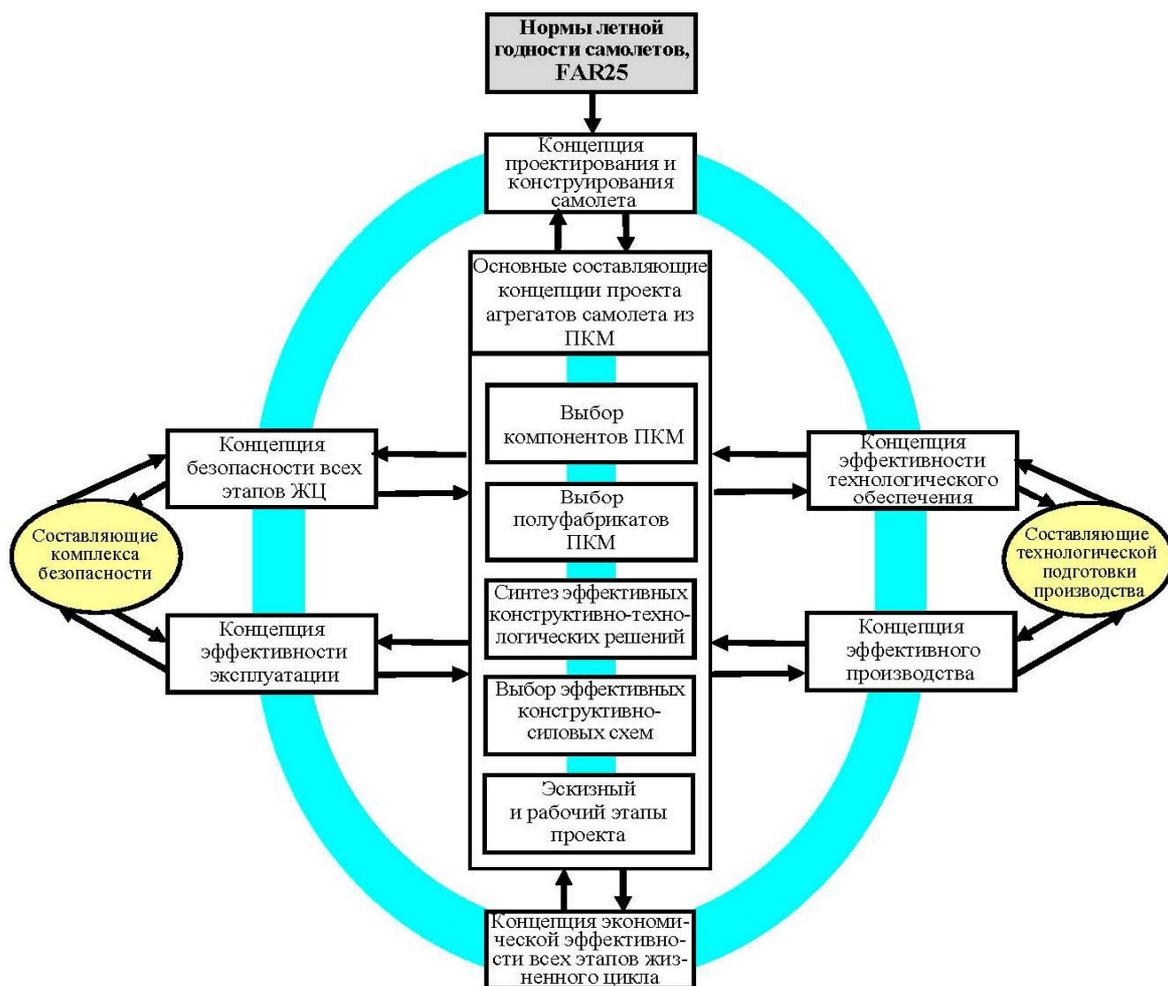


Рис. 1. Общая блок-схема составляющих концепции создания нового гражданского самолета транспортной категории

Как уже отмечалось выше, общая блок-схема составляющих концепции создания гражданского самолета транспортной категории в рамках взаимосвязанных шести составляющих индифферентна к конкретному аспекту проблемы. Однако целью данной статьи является анализ конкретного аспекта создания агрегатов гражданского самолета из ПКМ. Поэтому ниже рассмотрена только концепция эффективного технологического обеспечения изготовления композитных агрегатов проекта.

Основная часть

В сфере анализа и синтеза составляющих этой концепции в соответствии с трактовкой аналогичного аспекта в [10] хотя и другой проблемы, содержится классификация технологических процессов изготовления изделия и синтез комплекса критериев их эффективности и определяющих их технологических характеристик.

Классификаторы технологических процессов создания изделий из ПКМ в разное время предлагались в различных источниках [17 – 20]. Эти классификаторы отражали соответствующую временному этапу их синтеза полноту и степень важности. Анализ источников [17 – 20] и др. позволил синтезировать достаточно полный двухуровневый классификатор рис. 2.

Как видно из рис. 2, ряд подготовительных и некоторые из основных технологических процессов (ТП) в настоящее время для производства агрегатов самолета из ПКМ утратили свою значимость (например, аппретирование и расшлихтовка, напыление и пултрузия), но интенсивно развиваются новые безавтоклавные и комбинированные процессы, совмещающие формообразование и формование изделий из ПКМ. Достаточно обширный обзор и анализ этих процессов по иностранным источникам [21 – 30] и др. проведен в [31].

В настоящее время существует три безавтоклавных метода формования конструкций из ПКМ:

- формование методом впрыска связующего – Resin Transfer Molding (RTM) [21, 23, 25, 28 – 30];
- инфузионное формование на основе пленочных связующих – Resin Film Infusion (RFI) [24];
- инфузионное формование на основе жидких связующих – Liquid Resin Infusion (LRI) [25].

При этом безавтоклавные методы впрыска в закрытых формах (RTM) имеют четыре разновидности:

- Standard RTM – формование при высоком давлении впрыска $p_{\max} = 1$ МПа;
- RTM Light – впрыск при низком давлении и вакууме;
- VaRTM – используется только вакуум;

- Same Qualified Resin Transfer Molding (SQRTM) – процесс, в котором в качестве заготовки используется сертифицированный препрег с последующим дополнительным впрыском в форму небольшого количества связующего.

Безавтоклавное инфузионное формование на основе жидких связующих LRI также имеет три разновидности:

- CRIMP – Semen Composites Resin Injection Molding Process [24];
- SMPI – Semi Permeable Membrane Injection;
- VAP – Vacuum Assisted Process.

Разновидностью VaRTM является более контролируемый и управляемый процесс CAPRI (Controlled Atmosphere Pressure Resin Infusion) [28, 29].

По сравнению с автоклавными методами формования безавтоклавные технологические процессы являются ускоренными методами изготовления форморазмеростабильных композитных конструкций с существенно меньшими затратами и трудоемкостью (табл. 1) [31, 32]. В таблице приведены характерные виды формования, а также экспертные оценки стоимости технологического процесса и сложности его реализации по пятибалльной шкале.

Все безавтоклавные технологические процессы уже более 10 лет эффективно применяются при изготовлении различных крупногабаритных конструкций самолетов B787, A-380 и др. [31].

С помощью процесса RTM производятся детали, имеющие такие формы, которые невозможно получить посредством выкладки препрега с последующим автоклавным формованием без проведения при этом всесторонней последующей доработки.

Обычно метод RTM определяется как впрыскивание связующего под давлением в форму через ее внешние инъекционные порталы (один или несколько). При этом в форму предварительно помещается, как правило, сухая текстильная заготовка (преформа) в виде текстильного каркаса (на основе тканей, плетений и других передовых текстильных структур). Сложные преформы для поддержания цельности скрепляют либо тонкой нитью, либо с помощью адгезива.

Методы безавтоклавного формования обеспечивают получение хорошего качества и точности всех поверхностей формуемых деталей без последующей их доводки, тогда как в автоклаве хорошее качество достигается во многих случаях лишь на одной поверхности детали. Это, прежде всего, связано с тем, что оснастка для автоклавного формования с определенной степенью условности относится к типу так называемых закрытых «односторонних» форм, в то время как оснастка для проведения RTM процессов относится к типу закрытых многосторонних форм.

В последнем случае подразумевается процесс впрыска в формующую оснастку, обеспечивая заполнение связующим пустотелости сухих преформ до требуемого объема по форме детали с одновре-

менным обеспечением ее размерной стабильности [31]. В табл. 2 приведены обобщенные данные по применению безавтоклавных методов формования (БАМФ) [31].

Таблица 1

Сравнительные характеристики автоклавного и безавтоклавного методов формования

Метод формования		Разновидности метода формования	Направление течения связующего	Оценочные экспертные индексы с возрастанием от 1 до 5		
				Стоимость материала	Технологическая сложность	
Автоклавный (препреговая технология)			2D, 3D или трансверсальное	3	2 - 3	
Closed mould Process (технология впрыска в закрытых формах)	LCM – Liquid Composite Moulding	RTM Resin Transfer Molding Трансферное формование (формование методом впрыска связующего под давлением)	Standard RTM	3D	2 – 5 (3D текстура)	
			RTM Light	3D	1	
			VARTM	3D	1	
			SCRIMP	3D или трансверсальное	3	3
			SMPI			
	LRI Liquid Resin Infusion Инфузионное формование на основе жидких связующих	VAP Vacuum-assisted process				
	RFI Resin Film Infusion Инфузионное формование на основе пленочных связующих		Трансверсальное (тонкостенные детали)	4	2	

Таблица 2

Обобщенные данные по применению безавтоклавных методов формования

Конструкция из ПКМ	Методы трансферно-инфузионного формования			
	RTM	VaRTM, A-VaRTM	LRI (VAP и др.)	RFI
Кессоны крыла	A-380	MRJ*		
Законцовки крыла	БВС**	MRJ		
Носки крыла	A-380	MRJ		
Панели со стрингерным подкреплением	A-380, B-787	MRJ, C-17		
Нервюры крыла и оперения	A-380	MRJ		A-380
Лонжероны, профили, балки	A-380, B-787, A-310, A-400 M, F-22	MRJ		
Закрылки, компоненты механизации крыла	A-380, A-330/340, CRJ-200/700/900	MRJ		
Оперение (ВО, ГО)	Киль истребителя Lockheed Martin	Пилон вертолета CH-47, MRJ		
Створки, двери	A-380	C-17	A-400 M	
Гермоперегородки			B-787	A-380
Обтекатель антенны РЛС				A-380
Пассажирские окна	A-380			
Стойки и подкосы шасси	вертолет NH-90, магистральный самолет			
Фитинги, кронштейны, рычаги	самолеты Airbus вертолет NH-90			
Ненагруженные, легковесные детали			B-787 и др.	A-380 и др.

Примечание.

* MRJ – японские региональные реактивные самолеты;

** БВС – беспилотное воздушное средство.

Перейдем теперь к другой составляющей концепции технологического обеспечения изготовления композитных агрегатов проекта. Как уже отмечалось выше, этой составляющей является синтез комплекса эффективных критериев технологических процессов изготовления и их потребных технологических характеристик. Этой проблеме был посвящен ряд публикаций, например [33 – 35] и др. Их анализ,

а также синтез отечественного опыта технологии производства гражданских самолетов позволил установить достаточно полный комплекс таких критериев, приведенный на рис. 3, где указаны индексы их потребных технологических характеристик (параметров). На рис. 4 раскрыто содержание этих параметров по каждому критерию.

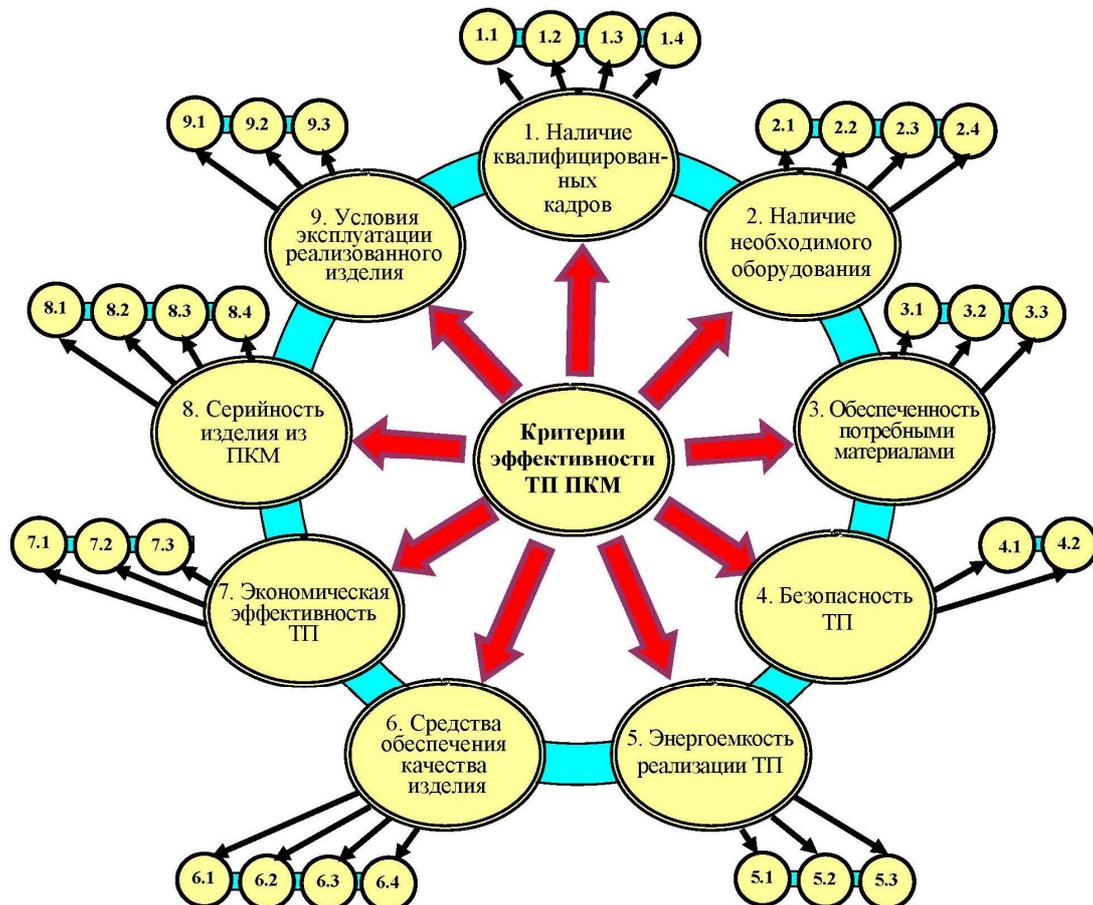


Рис. 3. Комплекс критериев эффективности технологических процессов изготовления изделий из ПКМ и их потребных технологических характеристик (см. рис. 4)

Приведенные на рис. 3 потребные технологические параметры критериев эффективности ТП изготовления деталей из ПКМ имеют как количественное, так и качественное выражение. Причем четко выраженные количественные значения технологических параметров просматриваются в большинстве (1 – 3, 5 – 9) составляющих комплексного критерия эффективности ТП. Реализация заложенных в проект конструктором эксплуатационных характеристик, обеспечивающих прочность, надежность, ресурс конструктивно-технологических решений (КТР) и другие качества изделия, может быть осуществлена соответствующей технологией его изготовления. Технология изготовления включает в себя ТП, состоящие из ряда последовательных, параллельных или связанных определенным порядком операций, осуществляемых на соответствующем

оборудовании и оснастке инструментом операторами необходимой квалификации или в автоматическом режиме. Таким образом, степень (полнота) и качество (уровень) реализации эксплуатационных характеристик проекта (его потребных характеристик) предопределяется уровнем (качеством) располагаемых технологических характеристик операций ТП, квалификацией операторов, сложностью и качеством (совершенством) оборудования, оснащения, инструмента, уровнем их износа, контролепригодностью и совершенством средств и способов контроля, осуществляемых регламентированными режимами (временным, энергетическим). При этом отмеченные выше технологические факторы влияют в той или иной степени и на агрегатное состояние конструкционного материала, изготавливаемой детали (узла, агрегата).

1	Наличие квалифицированных кадров	<ul style="list-style-type: none"> 1.1 – аттестация квалификационного уровня 1.2 – полнота (обеспеченность) 1.3 – система повышения квалификации 1.4 – возможность взаимозаменяемости
2	Наличие необходимого оборудования	<ul style="list-style-type: none"> 2.1 – степень (полнота) обеспеченности реализации ТП 2.2 – степень износа (остаточный ресурс) 2.3 – уровень новизны (совершенства) 2.4 – уровень автоматизации
3	Обеспеченность потребными материалами	<ul style="list-style-type: none"> 3.1 – полнота наличия основных и вспомогательных материалов 3.2 – уровень потребных (регламентированных) свойств материалов 3.3 – мобильность поставки на производство
4	Безопасность ТП	<ul style="list-style-type: none"> 4.1 – защищенность ТП и операторов от вредных и опасных факторов 4.2 – доля операций, не содержащих вредных и опасных факторов в ТП производства конструкций из ПКМ
5	Энергоемкость ТП	<ul style="list-style-type: none"> 5.1 – уровень потребностей в электроэнергии 5.2 – уровень потребности в теплоносителях 5.3 – обеспеченность специальными источниками и их ресурс
6	Средства обеспечения качества изделия в процессе его изготовления	<ul style="list-style-type: none"> 6.1 – наличие системы управления качеством продукции 6.2 – обеспеченность средствами контроля качества реализации ТП 6.3 – наличие и квалификация контролирующих служб 6.4 – наличие условий реализации ремонтно-восстановительных операций
7	Экономическая эффективность ТП	<ul style="list-style-type: none"> 7.1 – трудоемкость ТП и реализующих его операций 7.2 – уровень технологичности составляющих и всего комплекса 7.3 – себестоимость ТП
8	Серийность изделия из ПКМ	<ul style="list-style-type: none"> 8.1 – уровень этапов НИР и ОКР освоения изделия 8.2 – уровень опытного (единичного) производства 8.3 – уровень малой серийности 8.4 – уровень установившейся серийности
9	Условия эксплуатации реализованного изделия	<ul style="list-style-type: none"> 9.1 – малоответственное изделие, комфортные условия эксплуатации 9.2 – средненагруженное изделие, условия эксплуатации удовлетворительные 9.3 – высоконагруженное ответственное изделие, тяжелые условия эксплуатации

Рис. 4. Потребные технологические характеристики (параметры) критериев эффективности ТП изготовления изделий из ПКМ

Это принципиально относится к производству изделий как из металлов, так и ПКМ. Различие состоит в конкретных видах, характерах, особенностях ТП, операций, оборудования, оснащения, инструмента, профильной специальности операторов, способах и средствах контролируемых характеристик. Именно эти различия и составляют спектр (комплекс) потребных и располагаемых характеристик,

синтез которых позволяет в дальнейшем провести анализ и выбор рационального (приемлемого), а в некоторых случаях и оптимального варианта технологии производства изделий из ПКМ и ее составляющих.

Отметим, что формируемый нами концептуальный подход по своему объекту – технологическому обеспечению проекта, определяемому рядом

критериев (рис. 3), характеризуемым соответствующими потребными и располагаемыми технологическими характеристиками (рис. 4), по формальным признакам аналогичен реализованному в [10] С. А. Бычковым для установления эффективности применения импульсных технологий листовой штамповки в условиях опытного и серийного производства транспортных самолетов путем сравнения потребных и располагаемых технологических параметров, относящихся к трем основным (базовым) критериям эффективности и ряду дополнительных.

1. Критерий (показатель) прогрессивности импульсной технологии

$$\Pi = \frac{H \cdot T'}{T \cdot H'}, \quad (1)$$

где H – объем выпуска продукции в натуральных или условных единицах (задание); H' – то же в базовом варианте; T – планируемая численность рабочих; T' – действительная численность рабочих в базовом варианте.

Если физически возможны несколько вариантов импульсной технологии, которые обозначены l, m, k, n , то при наличии базового варианта предпочтительность внедрения определяется неравенством:

$$\Pi_l \geq \Pi_m \geq \Pi_k \geq \Pi_n. \quad (2)$$

При отсутствии базового варианта

$$\left(\frac{H}{T}\right)_l \geq \left(\frac{H}{T}\right)_m \geq \left(\frac{H}{T}\right)_k \geq \left(\frac{H}{T}\right)_n. \quad (3)$$

При фиксированной программе выпуска (при фиксированном варианте)

$$\frac{1}{T_l} \geq \frac{1}{T_m} \geq \frac{1}{T_k} \geq \frac{1}{T_n}. \quad (4)$$

2. Критерий (показатель) уровня технологии

$$Y_T = \Pi_q \cdot K_B \sum_{i=1}^n a_i \cdot K_i, \quad (5)$$

где Π_q – часовая производительность оборудования; K_B – коэффициент надежности технологического оборудования, определяемый как отношение времени фактической работы к плановому фонду времени работы оборудования; K_i – показатель качества технологии и продукции; a_i – относительный вес i -го показателя качества технологии и продукции.

В число этих показателей входят коэффициенты: $K_{\text{авт}}$ – автоматизации; $K_{\text{им}}$ – использования материала; $K_{\text{п}}$ – потерь по причине брака продукции; $K_{\text{з}}$ – полезного действия технологического оборудования; K_0 – эффективного использования производственных площадей; $K_{\text{с}}$ – эффективного ис-

пользования рабочего времени; $K_{\text{р}}$ – технического ресурса детали, изготавливаемой на данном технологическом оборудовании, в составе узла или изделия; K – условий труда.

Все перечисленные коэффициенты (за исключением K) определяются как отношение полного расхода ресурса к полезному. Коэффициент K устанавливается экспертно с учетом факторов вредных воздействий (шум, вибрации, выделение вредных веществ и др.).

Если физически возможны несколько вариантов импульсной технологии, то предпочтительность их внедрения определяется неравенством:

$$Y_{T(k)} \geq Y_{T(m)} \geq Y_{T(l)} \geq Y_{T(n)}. \quad (6)$$

3. Критерий эффективности капитальных вложений

$$PЭФ = \frac{\Pi_{\text{чн}} \cdot C_{\text{б}} \cdot R_{\text{н}}}{\Pi_{\text{чб}} \cdot C_{\text{н}} \cdot R_{\text{б}}}, \quad (7)$$

где $PЭФ$ – рост технико-экономической эффективности; $\Pi_{\text{чн}}, \Pi_{\text{чб}}$ – часовая производительность при внедрении новой технологии и в базовом варианте; $C_{\text{н}}, C_{\text{б}}$ – стоимость новой и базовой технологий; $R_{\text{н}}, R_{\text{б}}$ – ресурс технологического оборудования в новом и базовом вариантах, измеренный в количестве натуральных или условных единиц продукции.

По существу $PЭФ$ показывает какой ценой достигается повышение производительности труда.

Если физически возможны несколько вариантов импульсной технологии, то предпочтительность их внедрения определяется неравенством:

– при наличии базового варианта

$$(PЭФ)_m \geq (PЭФ)_k \geq (PЭФ)_n \geq (PЭФ)_l; \quad (8)$$

– при отсутствии базового варианта

$$\left(\frac{\Pi_q R}{C}\right)_m \geq \left(\frac{\Pi_q R}{C}\right)_k \geq \left(\frac{\Pi_q R}{C}\right)_n \geq \left(\frac{\Pi_q R}{C}\right)_l. \quad (9)$$

При этом эффективность варианта импульсной технологии предопределялась максимальными значениями Π, Y и $PЭФ$ сравниваемых вариантов.

Учитывались также дополнительные критерии эффективности:

– сроки проектирования и (или) изготовления нового технологического оборудования;

– прогнозируемая металлоемкость нового технологического оборудования;

– занимаемая оборудованием площадь. Возможность размещения в цехах. Потребность в создании специализированных участков цехов или полигонов;

– уровень энергетической автономности нового технологического оборудования;

– вопросы техники безопасности, охраны труда, экологии (сейсмичность, взрывоопасность,

вредные выделения, импульсный шум).

Основная часть дополнительных критериев имеет количественную оценку.

Следующим этапом для принятия окончательного решения являются целевые научно-технические исследования или поисковые НИР.

Возвращаясь к предлагаемой нами концепции технологического обеспечения создания эффективных конструкций отечественных гражданских самолетов из ПКМ, подведем общий итог.

Исходя из того, что потребными технологическими характеристиками Π_i являются параметры, уровень которых дает экспертная оценка для реализуемости технологического обеспечения проекта, а располагаемыми R_i , уровень которых обеспечивается производством, эффективность комплекса критериев технологических процессов определяется выражением

$$\sum_{j=1}^9 \left(\sum_{i=1}^k \frac{R_i \beta_i}{\Pi_i \alpha_i} \right) > 1, \quad (10)$$

где $\sum_i \alpha_i = 1$, $\sum_i \beta_i = 1$, в общем случае $\alpha_i \neq \beta_i$;

k – число параметров в i -м частном критерии эффективности; 9 – число частных критериев; α_i , β_i – коэффициенты весомости каждого потребного и располагаемого параметра i -го критерия; Π_i , R_i – бальная экспертная оценка каждого потребного и располагаемого параметра i -го критерия.

Выводы

1. На основе углубленного анализа отечественных и зарубежных источников информации и обобщения многолетнего производственного опыта ГП «Антонов» синтезирована общая блок-схема составляющих концепции создания новых гражданских самолетов транспортной категории, частным случаем которой является проектирование и производство агрегатов композитных изделий.

2. Обобщен с учетом роста объемов применения ПКМ в мировом авиастроении классификатор технологических процессов изготовления изделий из ПКМ, позволяющий достаточно полно реализовать эффективное технологическое обеспечение создания этого класса конструкций.

3. Разработан и обоснован комплексный критерий эффективности технологических процессов изготовления изделий из ПКМ и их потребных технологических параметров.

4. На базе общего концептуального подхода к технологическому обеспечению создания эффективных технических объектов, основанном на сравнении потребных для реализации проекта и располагаемых

производством технологических характеристик (параметров), процессов синтезирован комплексный критерий эффективности технологического обеспечения создания композитных агрегатов гражданских самолетов в современных условиях отечественного самолетостроительного производства.

5. Система концептуальной оценки эффективности технологического обеспечения проекта является частью более полной его оценки по всем составляющим общей концепции создания нового гражданского самолета транспортной категории (см. рис. 1) при глобальной оценке этого проекта с позиций различных подходов к понятию эффективности [36].

6. Эта система является открытой, т.е. может быть расширена или сужена по числу учитываемых критериев и входящих в них технологических характеристик в зависимости от целей проводимого анализа.

Литература

1. Советская гражданская авиационная техника на мировом рынке [Текст]. – М. : Авиаэкспорт, 1984. – 104 с.
2. Балабуев, П. В. АНТК им. О.К. Антонова – лидер украинської авіапромисловості [Текст] / П. В. Балабуев // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2000. – № 15 – С. 38 – 41.
3. Анисенко, В. Г. Антонов О. К. – многогранность таланта [Текст] / В.Г. Анисенко. – К. : АэроХобби, 2006. – 184 с.
4. Антонов, О. К. Композиційні матеріали для авіабудування [Текст] / О. К. Антонов // *Вісник АН УРСР*. – 1975. – № 12. – С. 68 – 71.
5. Кива, Д. С. Этапы становления и начала развернутого применения полимерных композиционных материалов в авиаконструкциях отечественного назначения (1970 – 1995 гг.) [Текст] / Д. С. Кива // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2014. – № 6 (113). – С. 5 – 16.
6. Балабуев, П. В. Опыт применения композиционных материалов в транспортной авиации [Текст] / П. В. Балабуев // *Композиционные материалы*. – 1991. – С. 27 – 36
7. Бычков, С. А. Состояние и проблемы применения новых конструкционных материалов в отечественных гражданских самолетах в современных условиях. Сообщение 2. Полимерные композиционные материалы в отечественных гражданских самолетах в современных условиях (1995-2015). Первопричины и закономерности внедрения [Текст] / С. А. Бычков, А. А. Коцюба // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2016. – № 6(133) – С. 4 – 14.
8. Балабуев, П. В. Концепция создания тяжелого транспортного самолета [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.07.02 / Петр Васильевич Балабуев. – Х. : ХАИ, 1987. – 47 с.

9. Кива, Д. С. Концепция создания легкого многоцелевого самолета короткого взлета и посадки [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.07.02 / Дмитрий Семенович Кива. – Х. : ХАИ, 1990. – 51 с.
10. Бычков, С. А. Концепция применения и реализация импульсных технологий листовой штамповки в условиях опытного и серийного производства транспортных самолетов [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.07.04 / Сергей Андреевич Бычков. – Х. : ХАИ, 1991. – 55 с.
11. Муравченко, Ф. М. Концепция создания и доводки семейства высокоресурсных ТРВД с большой степенью двухконтурности [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.07.05 / Федор Михайлович Муравченко. – Х. : ХАИ, 1991. – 56 с.
12. Большой толковый словарь русского языка [Текст] / под ред. С. А. Кузнецова. – СПб. : Норинт, 2001 – 1536 с.
13. Коцюба, А. А. Формирование критерия эффективности проектирования конструкций гражданских самолетов из полимерных композитов на этапе выбора их состава [Текст] / А. А. Коцюба // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 3(87). – Х., 2016. – С. 19 – 31.
14. Коцюба, А. А. Формирование эффективности этапа технологической подготовки производства агрегатов гражданских самолетов [Текст] / А. А. Коцюба // Авиационно-космическая техника и технология. – 2017. – № 2(137). – С. 60 – 70.
15. Гайдачук, О. В. Загальні принципи підвищення безпеки технологічних процесів виробництва конструкцій літальних апаратів [Текст] / О. В. Гайдачук // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 4(35). – Х., 2003. – С. 7 – 28.
16. Категория безопасности как элемент эффективности отечественных гражданских самолетов [Текст] / А. А. Коцюба, М. Н. Бабенко, А. В. Гайдачук, А. В. Кондратьев // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 1(89). – Х., 2017. – С. 7 – 15.
17. Цыплаков, О. Г. Научные основы технологии композитных волокнистых материалов [Текст] / О. Г. Цыплаков. – Пермь : Пермское книжное издательство, 1975. – Ч. 2. – 274 с.
18. Гайдачук, В. Е. Теоретические основы технологической подготовки производства авиаконструкций из композиционных материалов [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.07.04 / Виталий Евгеньевич Гайдачук. – Х. : ХАИ, 1979. – 438 с.
19. Забашта, В. Ф. Техническая подготовка производства конструкций из композиционных материалов [Текст] / В. Ф. Забашта. – К. : Техника, 1993. – 147 с.
20. Технологія виробництва літальних апаратів із композиційних матеріалів [Текст] / С. А. Бичков, О. В. Гайдачук, В. С. Гайдачук, В. Д. Гречка, В. М. Кобрін ; під ред. В. С. Гайдачука. – К. : ІСДО, 1995. – 376 с.
21. Mason, K. Autoclave Quality Outside The Autoclave? [Текст] / K. Mason // High-Performance Composites. – 2006. – № 14(2). – P. 44 – 49.
22. Resin Film Infusion of Stitched Stiffened Composite Panels [Текст] / N. L. Han, S. S. Suh, J. M. Yang, H.T. Hahn // Composites: Applied Science and Manufacturing. – 2003. – № 34. – P. 227 – 236.
23. A-VaRTM Technology Application for Japan's New Regional Jet Aircraft [Текст] / T. Shinoda, H. Odani, E. Wadahara, Y. Komori, T. Shono // Proceedings of the 16th International Conference on Composite Materials. – 2007. – P. 20 – 29.
24. Loos Alfred C. RFI and SCRIMP Model Development and Verification [Текст] / Alfred C. Loos, J. Sayre // Final Report Grant № NAG- 1-1881 Supplement 3. – Department of Engineering Science and Mechanics Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA 24061. – 2000. – 176 p.
25. Berenberg, B. Liquid composite molding achieves aerospace quality [Текст] / B. Berenberg // High-Performance Composites. – 2003. – № 6. – P. 18 – 22.
26. Abe, T. A-VaRTM for primary aircraft structures [Текст] / T. Abe, K. Hayashi // Proceedings of the 25th international SAMPE conference. – Paris Seiko, 2007. – P. 1 – 20.
27. Bolick, R. Innovative composite processing by using H-VARTM method [Текст] / R. Bolick, Ajit D. Kelkar // Proceedings of the 25th international SAMPE conference. – Paris Seiko, 2007. – P. 200 – 223.
28. Niggemann, C. Experimental Investigation of the Controlled Atmospheric Pressure Resin Infusion Process [Текст] / C. Niggemann, Young Seok Song, John W. Gillespie, D. Heider // Journal of Composites materials. – Vol. 42, No.11. – 2008. – P. 1049 – 1061.
29. Composite Materials for Aircraft Structures [Текст] / A. Baker, S. Dutton, D. Kelly. – Virginia : American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc., Reston, 2004. – 599 p.
30. Numerical modeling of Liquid Resin Infusion Processes [Текст] / P. Celle, P. de Luca, S. Drapier, J. M. Bergheau // Proceedings of the International Conference SAMPE, Baltimore, USA, 2007. – P. 1 – 11.
31. Технология безавтоклавного формования силовых конструкций планера самолета из композиционных материалов [Текст] / Г. А. Кривов, Ю. М. Тарасов, А. Г. Громашев, В. Ф. Забашта // Технологические системы. – 2009. – № 5. – С. 47 – 70.
32. Cauchois, J. P. Closed-mould technologies in composite processing [Текст] / J. P. Cauchois, I. Raynal // JEC Composites Magazine – 2007 – № 3. – P. 37 – 39.

33. Гайдачук, А. В. Концептуальный подход к анализу совершенства технологии производства изделий из материалов с управляемыми свойствами [Текст] / А. В. Гайдачук, М. Ю. Русин // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Гос. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»*. – Вып. 5. – X., 1999. – С. 38 – 44.

34. Король, В. Н. Факторы, определяющие показатели совершенства производственного процесса создания самолета и методы поддержки принятия управленческих решений [Текст] / В. Н. Король // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»*. – Вып. 19. – X., 2003. – С. 1 – 12.

35. Бондарь, В. Г. Реализация принципов изготовления конструкций из полимерных композиционных материалов на АНТК «Антонов» [Текст] / В. Г. Бондарь, В. Н. Король // *Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»*. – Вып. 3. – X., 2003. – С. 7 – 23.

36. Коцюба, А. А. Сущность и содержание понятий эффективности в анализе перспективных объемов внедрения полимерных композиционных материалов в конструкциях отечественных гражданских самолетов [Текст] / А. А. Коцюба, А. В. Кондратьев // *Технологические системы*. – 2016. – № 4(77). – С. 20 – 28.

References

1. *Sovetskaya grazhdanskaya aviatsionnaya tekhnika na mirovom rynke* [Soviet civil aviation equipment in the world market]. Moscow, Aviaekspost Publ., 1984. 104 p.

2. Balabuyev, P. V. ANTK im. O.K. Antonova – lider ukrayins'koyi aviapromyslovosti [ANTONOV ASTC O. K. Antonov – the leader of Ukrainian aircraft industry]. *Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya*, 2000, no. 15, pp. 38 – 41.

3. Anisenko, V. G. *Antonov O. K. – mnogo-grannost' talanta* [Antonov O. K. – the versatility of talent]. Kyiv, AeroKhobbi Publ., 2006. 184 p.

4. Antonov, O. K. *Kompozytsiyni materialy dlya aviabuduvannya* [Composite materials for aerospace]. *Visnyk AN URSSR*, 1975, no. 12, pp. 68 – 71.

5. Kiva, D. S. *Etapy stanovleniya i nachala razvernutogo primeneniya polimernykh kompozitsionnykh materialov v aviakonstruktsiyakh otechestvennogo naznacheniya (1970 – 1995 gg.)* [Stages of formation and beginning of expand use of polymer composite materials in aviation constructions for domestic purposes (1970 - 1995 years)]. *Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya*, 2014, no. 6 (113), pp. 5–16.

6. Balabuev, P. V. *Opyt primeneniya kompozitsionnykh materialov v transportnoi avii* [Experience in the use of composite materials in transport aircraft]. *Kompozitsionnye materialy*, 1991, pp. 27 – 36.

7. Bychkov, S. A., Kotsiuba, A. A. *Sostoyanie i problemy primeneniya novykh konstruktivnykh materialov v otechestvennykh grazhdanskikh samoletakh v sovremennykh usloviyakh*. Soobshchenie 2. *Polimernye kompozitsionnye materialy v otechestvennykh grazhdanskikh samoletakh v sovremennykh usloviyakh (1995-2015)*. Pervoprichiny i zakonomernosti vnedreniya [State and problems of using of new construction materials in domestic civil aircraft in modern conditions. Report 2. Polymer composites in domestic civil aircrafts in the modern conditions (1995-2015 years): original reasons and principles of implementation]. *Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya*, 2016, no. 6(133), pp. 4 – 14.

8. Balabuyev, P. V. *Kontsepsiya sozdaniya tyazhelogo transportnogo samoleta* [The concept of creating a heavy transport aircraft]. Dr. eng. sci. diss. Kharkov, Kharkov Aviation Institute Publ., 1987. 47 p.

9. Kiva, D. S. *Kontsepsiya sozdaniya legkogo mnogotselevogo samoleta korotkogo vzleta i posadki* [The concept of creating a light multi-purpose short takeoff and landing aircraft]. Dr. eng. sci. diss. Kharkov, Kharkov Aviation Institute Publ., 1990. 51 p.

10. Bychkov, S. A. *Kontsepsiya primeneniya i realizatsiya impul'snykh tekhnologii listovoi shtampovki v usloviyakh opytного i seriinogo proizvodstva transportnykh samoletov* [The concept of application and implementation of pulsed sheet-stamping technologies in conditions of pilot and serial production of transport aircraft]. Dr. eng. sci. diss. Kharkov, Kharkov Aviation Institute Publ., 1991. 55 p.

11. Muravchenko, F. M. *Kontsepsiya sozdaniya i dovodki semeistva vysokoresursnykh TRVD s bol'shoi stepenyu dvukhkonturnosti* [The concept of the creation and debugging of a family of high-resource TRDVs with a large degree of double-circuit]. Dr. eng. sci. diss. Kharkov, Kharkov Aviation Institute Publ., 1991. 56 p.

12. *Bol'shoi tolkovyi slovar' russkogo yazyka* [The Great Dictionary of the Russian Language] (ed.: Kuznetsov S.A.). St. Petersburg, «Norint» Publ., 2001. 1536 p.

13. Kotsiuba, A. A. *Formirovanie kriteriya effektivnosti proektirovaniya konstruktivnykh grazhdanskikh samoletov iz polimernykh kompozitov na etape vybora ikh sostava* [Formation of the efficiency criterion for designing civil aircraft designs from polymer composites at the stage of their composition selections]. *Nauchnye trudy Natsional'nogo aerokosmicheskogo universiteta im. N.E. Zhukovskogo «KhAI» «Voprosy proektirovaniya i proizvodstva konstruktivnykh letatel'nykh apparatov»* [Proc. of the National Aerospace University Kharkov Aviation Institute "Issues of design and manufacture of flying vehicles"], 2016, vol. 3 (87), pp. 19 – 31.

14. Kotsiuba, A. A. *Formirovanie effektivnosti etapa tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva agregatov grazhdanskikh samoletov* [Formation of efficiency of technological preparation stage of production of civil aircrafts' aggregates]. *Aviatsionno-kosmi-*

cheskaya tekhnika i tekhnologiya, 2017, no. 2(137), pp. 60 – 70.

15. Haydachuk, O. V. Zahal'ni pryntsyipy pidvyshchennya bezpeky tekhnolohichnykh protsesiv vyrobnyctva konstruksiy lital'nykh aparativ [General principles of improving security processes pro-struction of aircraft structures]. *Nauchnye trudy Natsional'nogo aerokosmicheskogo universiteta im. N.E. Zhukovskogo «KhAI» «Voprosy proektirovaniya i proizvodstva konstruksii letatel'nykh aparatov»* [Proc. of the National Aerospace University Kharkov Aviation Institute "Issues of design and manufacture of flying vehicles"], 2003, vol. 4 (35), pp. 7 – 28.

16. Kotsyuba, A. A., Babenko, M. N., Gaidachuk, A. V., Kondrat'ev, A. V. Kategoriya bezo-pasnosti kak element effektivnosti otechestvennykh grazhdanskih samoletov [The safety category as an element of the effectiveness of domestic civil aircraft]. *Nauchnye trudy Natsional'nogo aerokosmicheskogo universiteta im. N.E. Zhukovskogo «KhAI» «Voprosy proektirovaniya i proizvodstva konstruksii letatel'nykh aparatov»* [Proc. of the National Aerospace University Kharkov Aviation Institute "Issues of design and manufacture of flying vehicles"], 2017, vol. 1 (89), pp. 7 – 15.

17. Tsyplakov, O. G. Nauchnye osnovy technologii kompozitnykh voloknistykh materialov [*Scientific foundations of the technology of composite fibrous materials*]. – Perm', Perm book Publ., 1975. Part 2. 274 p.

18. Gajdachuk, V. E. *Teoreticheskie osnovy tehnologicheskoy podgotovki proizvodstva aviakonstrukcij iz kompozicionnykh materialov*. Diss. dokt. tekhn. nauk [Theoretical basis of technological preparation of manufacture of composite materials aviakonstruktsy. Dr. eng. sci. diss. 05.07.03]. Kharkov, Kharkov Aviation Institute Publ., 1979. 438 p.

19. Zabashta, V. F. *Tekhnicheskaya podgotovka proizvodstva konstruksii iz kompozitsionnykh materialov* [Technical preparation of production structures made of composite materials]. Kyiv, Tehnika Publ., 1993. 147 p.

20. Bychkov, S. A., Haydachuk, O. V., Haydachuk, V. Ye., Hrechka, V. D., Kobrin, V. M. *Tekhnolohiya vyrobnyctva lital'nykh aparativ iz kompozytsiynykh materialiv* (ed.: Haydachuk V. Ye.) [Technology of production of aircraft with composite materials]. Kyiv, ISDO Publ., 1995. 376 p.

21. Mason, K. Autoclave Quality Outside The Autoclave? *High-Performance Composites*, 2006, no. 14(2), pp. 44 – 49.

22. Han, N. L., Suh, S. S., Yang, J. M., Hahn, H. T. Resin Film Infusion of Stitched Stiffened Composite Panels. *Composites: Applied Science and Manufacturing*, 2003, no. 34, pp. 227–236.

23. Shinoda, T., Odani, H., Wadahara, E., Komori, Y., Shono, T. A-VaRTM Technology Application for Japan's New Regional Jet Aircraft. *Proceedings of the 16th International Conference on Composite Materials*, 2007, pp. 20 – 29.

24. Alfred, C. Loos, Sayre, J. *RFI and SCRIMP Model Development and Verification*. Final Report

Grant № NAG- 1-1881 Supplement 3. Department of Engineering Science and Mechanics Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA 24061, 2000. 176 p.

25. Berenberg, B. Liquid composite molding achieves aerospace quality. *High-Performance Composites*, 2003, no. 6, pp. 18 – 22.

26. Abe, T., Hayashi, K. A-VaRTM for primary aircraft structures. *Proceedings of the 25th international SAMPE conference*, Paris Seiko, 2007, pp. 1 – 20.

27. Bolick, R., Ajit, D. Kelkar. Innovative composite processing by using H-VARTM method. *Proceedings of the 25th international SAMPE conference*, Paris Seiko, 2007, pp. 200 – 223.

28. Niggemann, C., Young Seok Song, John W. Gillespie, Heider, D. Experimental Investigation of the Controlled Atmospheric Pressure Resin Infusion Process. *Journal of Composites materials*, vol. 42, no. 11, 2008, pp. 1049 – 1061.

29. Baker, A., Dutton, S., Kelly, D. *Composite Materials for Aircraft Structures*. Virginia, American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc., Reston, 2004. 599 p.

30. Celle, P., P. de Luca, Drapier, S., Bergeheau, J. M. Numerical modeling of Liquid Resin Infusion Processes. *Proceedings of the International Conference SAMPE*, Baltimore, USA, 2007, pp. 1 – 11.

31. Krivov, G. A., Tarasov, Yu. M. A., Gromashev, G., Zabashta, V. F. Tekhnologiya bezavtoklavnogo formovaniya silovykh konstruksii planera samoleta iz kompozitsionnykh materialov [Technology of non-autoclaved forming of power structures of airframe of airplane from composite materials]. *Tekhnologicheskije sistemy*, 2009, no. 5, pp. 47 – 70.

32. Cauchois, J. P., Raynal, I. Closed-mould technologies in composite processing. *JEC Composites Magazine*, 2007, no. 3, pp. 37 – 39.

33. Gaidachuk, A. V., Rusin, M. Yu. Kontseptual'nyi podkhod k analizu sovershenstva tekhnologii proizvodstva izdelii iz materialov s upravlyaemyimi svojstvami [A conceptual approach to the analysis of the perfection of production technology of products from materials with controlled properties]. *Nauchnye trudy Gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. N. E. Zhukovskogo «KhAI» «Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii»* [Proc. of the State Aerospace University Kharkov Aviation Institute "Open information and computer integrated technologies"], 1999, vol. 5, pp. 38 – 44.

34. Korol', V. N. Faktory, opredelyayushchie pokazateli sovershenstva proizvodstvennogo protsesssa sozdaniya samoleta i metody podderzhki prinyatiya upravlencheskikh reshenii [Factors determining the indices of the perfection of the production process of aircraft creation and methods of supporting the adoption of managerial decisions]. *Nauchnye trudy Natsional'nogo aerokosmicheskogo universiteta im. N. E. Zhukovskogo «KhAI» «Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii»* [Proc. of the National Aerospace University Kharkov Aviation Institute "Open in-

formation and computer integrated technologies"], 2003, vol. 19, pp. 1 – 12.

35. Bondar', V. G., Korol', V. N. Realizatsiya printsipov izgotovleniya konstruksii iz polimernykh kompozitsionnykh materialov na ANTK «Antonov» [Implementation of the principles of construction of manufacturing of polymer composite materials ASTC "Antonov"]. *Nauchnye trudy Natsional'nogo aerokosmicheskogo universiteta im. N. E. Zhukovskogo «KhAI» «Voprosy proektirovaniya i proizvodstva konstruksii letatel'nykh apparatov»* [Proc. of the National Aerospace University Kharkov Aviation Institute "Issues of design

and manufacture of flying vehicles"], 2003, vol. 3, pp. 7 – 23.

36. Kotsiuba, A. A., Kondrat'ev, A. V. Sushchnost' i sodержanie ponyatii effektivnosti v analize perspektivnykh ob'emov vnedreniya polimernykh kompozitsionnykh materialov v konstruksiyakh otechestvennykh grazhdanskikh samoletov [Essence and content of efficiency concepts in the analysis of promising amount of polymeric composite materials application in domestic civil aircraft structures]. *Tekhnologicheskie sistemy*, 2016, no. 4(77), pp. 20 – 28.

Поступила в редакцию 24.04.2017, рассмотрена на редколлегии 7.06.2017

КОНЦЕПЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІТЧИЗНЯНИХ ЦИВІЛЬНИХ ЛІТАКІВ З ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

О. В. Андреев, В. Є. Гайдачук, А. В. Кондратьев, О. В. Орлов

На основі аналізу і узагальнення вітчизняного та закордонного досвіду розроблено загальний концептуальний підхід до створення нових цивільних літаків, окремим випадком якого є концепція проектування і виробництва агрегатів з полімерних композиційних матеріалів. Концепція включає класифікатор технологічних процесів виготовлення композитних агрегатів і комплексний критерій їх ефективності, що засновано на порівнянні потрібного для реалізації проекту і наявного сучасному вітчизняному виробництву комплексу технологічних параметрів (характеристик). Система концептуальної оцінки ефективності технологічного забезпечення реалізації проекту дозволяє співвідносити число і повноту критеріїв, що враховуються, з цілями і завданнями аналізу, який проводиться.

Ключові слова: цивільні транспортні літаки, полімерні композиційні матеріали, концепція проектування і виробництва, ефективність, комплексний критерій.

THE CONCEPT OF TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR ESTABLISHING EFFECTIVE CONSTRUCTIONS OF DOMESTIC CIVIL AIRCRAFT FROM POLYMER COMPOSITE MATERIALS IN MODERN CONDITIONS

A. V. Andreev, V. E. Gaydachuk, A. V. Kondratiev, O. V. Orlov

Based on the analysis and synthesis of domestic and foreign experience, a general conceptual approach to the creation of new civil aircraft has been developed. A particular case of this approach is the concept of designing and manufacturing aggregates of polymer composite materials. The concept includes a classifier of technological processes for manufacturing composite aggregates and a complex criterion of their effectiveness. The classifier is based on the comparison of the technological parameters (characteristics) required for the project implementation in the conditions of the modern domestic production complex. The system of conceptual assessment of the effectiveness of technological support of the project implementation allows comparing the number and completeness of particular criteria with the goals and objectives of the analysis.

Keywords: civilian transport aircraft, polymer composite materials, the concept of design and production, efficiency, a comprehensive criterion.

Андреев Алексей Викторович – канд. техн. наук, зам. Главного инженера (по композиционному производству), Государственное предприятие «Антонов», Киев, Украина, e-mail: andreev@antonov.com.

Гайдачук Виталий Евгеньевич – д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник Проблемной научно-исследовательской лаборатории композиционных материалов, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.

Кондратьев Андрей Валерьевич – д-р техн. наук, доц., зав. каф. конструкций и проектирования ракетной техники, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина, e-mail: a.kondratiev@khai.edu.

Орлов Олег Владимирович – Вице-Президент, Государственное предприятие «Антонов», Киев, Украина.

Andreev Alexey Viktorovich – Candidate of Technical Science, Deputy Chief Engineer (Composite Production), ANTONOV Company, Kiev, Ukraine, e-mail: andreev@antonov.com

Gaidachuk Vitaliy Evgenievich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Problem Research Laboratory of Composite Materials, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Ukraine.

Kondratiev Andrey Valerevich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Dept. of Department of Rocket Design and Engineering, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Ukraine, e-mail: a.kondratiev@khai.edu.

Orlov Oleg Vladimirovich – Vice President, ANTONOV Company, Kiev, Ukraine, e-mail: orlov@antonov.com.