

УДК 621.79

*Гайдачук В.Е.¹, Коваленко В.А.², Потапов А.М.²*¹ Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Украина, г. Харьков² Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля». Украина, г. Днепропетровск

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА АГРЕГАТОВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Синтезированы основные принципы и правила проектирования технологических процессов и операций производства композитных агрегатов ракетно-космической техники. Разработанные принципы и правила сохраняют преемственность с общими для технологии авиастроения и машиностроения принципами, сформулированными ведущими отечественными учеными в области технологии.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, технологический процесс, принципы и правила проектирования, операции производства, ракетно-космическая техника.

Проблема создания высокоэффективных агрегатов конструкций ракетно-космической техники (РКТ) из полимерных композиционных материалов (ПКМ), открывающих новые широкие возможности снижения стоимости изделий этого класса при обеспечении их высокого качества в настоящее время является весьма актуальной во всем мире [1–3], в том числе и для ракетно-космической отрасли Украины. Эта проблема нашла отражение и в наших работах [4–10].

Так в работе [4] проведен аналитический обзор применения ПКМ в изделиях РКТ. Изложена краткая хронология становления и развития композитных изделий РКТ на предприятиях бывшего СССР, а ныне в России и Украины, а также стран дальнего зарубежья.

В работе [3] проведен обзор применения ПКМ на Государственном предприятии «Конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля. В ней выделены основные направления использования композитов в изделиях отечественной РКТ. Отмечается, что в ГП «КБ «Южное» накоплен большой практический опыт использования ПКМ, найден ряд оригинальных конструкторско-технологических решений (КТР), применены уникальные технологические процессы, позволившие создать конструкции высокого весового совершенства.

В работе [6] обсуждается проблема научного обеспечения эффективности технологии производства агрегатов РКТ из ПКМ за рубежом и в Украине. Вскрыты определяющая роль информационных и компьютерных технологий на современном этапе состояния проблемы, а также пути ее решения на

основе результатов квалификационных работ. Обсуждаются научные и промышленные результаты работ в области технологии производства агрегатов РКТ из ПКМ. Сформулированы основные комплексные задачи научного обеспечения эффективности технологии производства отечественных агрегатов конструкций данного класса.

В работе [7] проведен анализ существующих классификационных схем всех уровней показателей качества продукции применительно к конструкциям РКТ из ПКМ, на основе которого предложен многоуровневый классификатор квалиметрических показателей их качества, включающий четыре комплексных, входящих в них четырнадцать групповых, в которые вошли 39 единичных показателей. Предложенный классификатор ориентирован на научнообоснованное обеспечение методов и документов, устанавливающих соответствие агрегатов РКТ из ПКМ прогнозируемому уровню их интегрального качества на всех этапах жизненного цикла. Проблемные вопросы квалиметрии изделий РКТ из ПКМ нашли также отражение в наших работах [8–9].

В работе [10] на основе математических моделей теории армирования однонаправленных структур и структур, армированных в трех направлениях (0° , $\pm\phi$, 90°), получены зависимости для обоснованного назначения полей допусков для физико-механических и прочностных характеристик ПКМ в результате изменения толщины формируемого полуфабриката (препрега) и изделия. Полученные зависимости позволили оценить качество технологических процессов формования полуфабрикатов и

изделий из ПКМ по уровню геометрического вида дефекта данного класса.

В работе [11] проведен анализ влияния технологических макро-дефектов геометрического вида, относящихся к классам локальной сплошности и поводок, возникающих при формовании деталей и агрегатов РКТ из ПКМ. Установлены поля допусков на параметры дефектов исследуемого вида пористости, трещиностойкости, долговечности и уровня напряженности деталей под воздействием температурного поля и силовых нагрузок. Показана необходимость учета влияния этих дефектов при проектировании и создании изделий рассматриваемого класса для обеспечения их высокого качества и функциональной надежности.

Анализ результатов этих и ряда других работ [12–18], освещающих научные основы технологии производства агрегатов РКТ из ПКМ позволяет обоснованно выделить существенную часть этой проблемы, представленную блок-схемой (рис. 1), в

которой за структурно-логическим иерархическим порядком содержания блоков 1–4 исследований, проведенных нами в работах [3–18], прогнозируется необходимость их продолжения в рамках блоков 5–6, завершаемых внедрением всего комплекса исследований на предприятиях ракетно-космического комплекса Украины.

В связи с этим ниже изложены исследования, составляющие содержание блока 5, связанные с синтезом основных принципов и правил проектирования технологических процессов агрегатов РКТ из ПКМ.

Попытка синтезировать основные принципы и методику проектирования технологических процессов производства изделий из ПКМ, основываясь на результатах преимущественно своих исследований процессов намотки, была сделана Цыплаковым О.Г. [19]. Анализ изложенных им результатов в одном из разделов монографии [19] показывает, что, несмотря на отдельные научно обоснованные выводы в целом, его классификацию принципов нельзя признать доста-

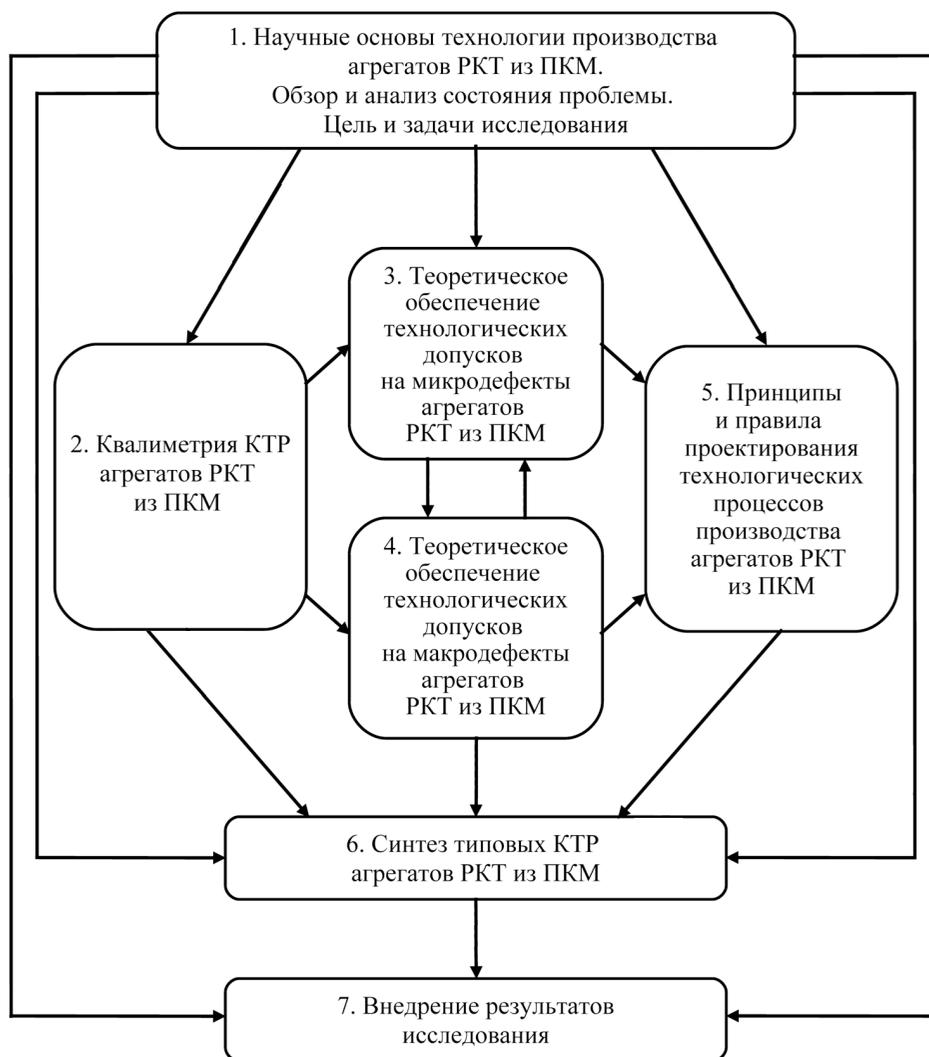


Рис. 1. Блок-схема исследований научного обеспечения эффективной технологии производства агрегатов РКТ из ПКМ

точно аргументированной. На наш взгляд, эта классификация содержит ряд ошибочных положений как в методологическом, так и в иерархическом аспектах.

В табл. 1 нами сделана попытка провести краткий анализ условий, предлагаемых в работе [19] в качестве основных принципов проектирования тех-

Таблица 1.
Анализ условий, предлагаемых Цыплаковым О.Г. в качестве принципов проектирования технологических процессов производства конструкций из ПКМ

Название условия	Сущность предлагаемого условия	Замечания	Заключение
1	2	3	4
1. Структурно-силовых сочетаний	состоят в установлении для данного изделия из ПКМ: структуры, свойств, толщины текстурных слоев, программы укладки слоев, толщины изделия, допустимых схем стыковки слоев	класс ПКМ устанавливается на этапе аванпроекта и в процессе выбора принципа конструирования. Структура ПКМ и вытекающие из нее свойства определяются в рамках выбранного принципа конструирования и производятся на этапе конструкторской подготовки производства, как и геометрические размеры и допустимые схемы стыковки.	так как толщина текстурных слоев и программа их укладки являются предметом исследования этапа конструкторской подготовки производства, то процесс их оптимизации целесообразно включить в принцип оптимального технологического обеспечения структурно-силовых сочетаний компонентов ПКМ в изделиях
2. Совмещения силовых полей	состоит в совмещении направлений волокон с потоками внутренних усилий	является дифференциальным принципом конструирования, а не технологическим принципом	не является принципом проектирования техпроцесса
3. Геометрических сочетаний	состоит в выборе наиболее оптимальных с технологической стороны траекторий намотки (укладки) волокон, т.е. в проектировании структуры изделия с учетом технологических возможностей и особенностей процесса намотки (укладки)	проектирование структуры – задача конструкторской подготовки производства. Реализация же регламентируемой структуры оптимальным числом операций должна быть содержанием принципа оптимального технологического обеспечения структурно-силовых сочетаний компонентов ПКМ в изделии	как составная часть входит в принцип оптимального технологического обеспечения структурно-силовых сочетаний компонентов ПКМ в изделии
4. Непрерывности армирования	заключается в обеспечении восприятия и передачи усилий волокнами специальными технологическими приемами	обеспечение восприятия и передачи усилий волокнами – содержание дифференциального принципа конструирования	как составная часть входит в принцип оптимального технологического обеспечения структурно-силовых сочетаний компонентов ПКМ в изделии
5. Трансверсального уплотнения ПКМ	состоит в обеспечении в процессе формования регламентированного объемного содержания компонентов ПКМ в изделии, технологического натяжения непрерывной нити или локального прижима, или их комбинаций	является частным способом реализации принципа оптимального технологического обеспечения структурно-силовых сочетаний компонентов ПКМ в изделии	является правилом обеспечения принципа структурно-силовых сочетаний компонентов ПКМ в изделии



1	2	3	4
6. Силового замыкания	состоит в обеспечении условий сохранения потребного трансверсального уплотнения ПКМ в процессе формования	является частным способом реализации принципа оптимального технологического обеспечения структурно-силовых сочетаний компонентов ПКМ в изделии	является правилом обеспечения принципа структурно-силовых сочетаний компонентов ПКМ в изделии
7. Равных нагрузений	состоит в создании конструктивно-технологических условия, необходимых для обеспечения равнонагруженности волокон ПКМ на всех стадиях производства	является частным способом реализации принципа оптимального технологического обеспечения структурно-силовых сочетаний компонентов ПКМ в изделии	является правилом обеспечения принципа структурно-силовых сочетаний компонентов ПКМ в изделии
8. Резервирования	состоит в формировании изделия таким образом, чтобы пакет состоял из большого числа автономных и равнозначных по конструктивному назначению текстурных слоев	условие равнозначно синтезирующему принципу конструирования структуры ПКМ и степень его рациональности определяется в процессе конструкторской подготовки производства	условие не является принципом проектирования техпроцессов
9. Псевдооживления	состоит в формировании изделия либо из мокрого препрега либо из предварительно подогретого для размягчения сухого препрега с целью улучшения формуемости	иных способов, обеспечивающих высокое качество изделий не существует, поэтому условие не несет в себе никакой информации или рекомендаций	условие не является принципом проектирования техпроцессов
10. Скоростной намотки	состоит в использовании сухого или мокрого волокна и применении таких методов отверждения, которые позволяют увеличить производительность техпроцесса	смысл условия заключается в ускорении техпроцесса доступными технологическими методами, что является общим для машиностроения правилом, входящим в принцип оптимальной структуры техпроцесса и его максимальной производительности	условие является правилом, вытекающим из общего принципа оптимальной структуры техпроцесса и его максимальной производительности
11. Повышения жизнеспособности полуфабрикатов ПКМ	состоит в обеспечении технологическими средствами увеличения жизнеспособности полуфабриката	условие является достаточно общим и принципиальным в аспекте технологического обеспечения производства изделий ПКМ	является принципом проектирования техпроцессов изготовления изделий из ПКМ
12. Пропитки полуфабрикатов ПКМ календрованием	состоит в предпочтительности метода календрования как эффективного средства повышения качества изделия	условие направлено на обеспечение потребного качества структуры изделия технологическими средствами	является частным способом реализации принципа оптимального технологического обеспечения структурно-силовых сочетаний компонентов в изделии

Таблица 1 (продолжение).

1	2	3	4
13. Инверсионного копирования	заключается в изготовлении формующей поверхности оснастки такого геометрического качества, которое предъявляется к изделию	условие является достаточно общим и принципиальным в аспекте достижения требуемого качества изделия технологическими средствами (оснасткой)	является принципом проектирования техпроцессов
14. Получения размеров при свободном формовании	закключается в реализации цепного или координатного способов построения размеров, вытекающих из основ взаимозаменяемости	условие не несет в себе дополнительной информации по сравнению с общими требованиями машиностроения к обеспечению взаимозаменяемости	условие не является принципом проектирования техпроцессов
15.а) Концентрации (комбинирования) полуфабрикатов	состоит в таком комбинировании полуфабрикатов наполнителя (волокна в нить, нитей в препрег и т.д.), при котором повышается производительность труда, снижается емкость техпроцесса и трудоемкость изготовления при обеспечении регламентированного качества	условие, является достаточно общим и принципиальным в аспекте повышения технологичности изделия, однако требующим согласования с проектировщиком изделия	условие является принципом проектирования техпроцессов изготовления изделий из ПКМ
15.б) Компенсации при намотке	состоит в обеспечении постоянного технологического натяжения в местах изменения диаметра оправки или ее конфигурации	условие направлено на обеспечение регламентируемой структуры изделия технологическими средствами	условие является правилом, вытекающим из принципа оптимального технологического обеспечения структурно-силовых сочетаний компонентов в изделии
16. Обеспечения точности конфигурации изделия	состоит, в решении задачи обеспечения точности конфигурации изделия в два этапа: на первом – выбора рациональных методов формования из условий топологических признаков элементов изделия, а на втором – структуры техпроцесса	условие направлено на оптимизацию структуры техпроцесса при обеспечении потребного качества изделия	условие является способом реализации общемашиностроительного принципа максимальной производительности и оптимальной структуры техпроцесса
17. Последовательных уточнений	закключается в достижении регламентированных точности и качества изделия путем постепенного уточнения (уменьшения) допуска на каждой последующей операции	условие принципиально является достаточно общим для реализации особенностей техпроцессов изготовления изделия из ПКМ, однако нельзя исходить из монотонности уточнения на последовательных операциях	условие является принципом интегрального обеспечения допусков при проектировании техпроцессов изготовления изделий из ПКМ
18. Расчленения техпроцесса на технологические стадии	состоит в получении заготовки из ПКМ с последующим изготовлением из нее готового изделия механообработкой	условие является традиционным для производства металлических изделий и принципиально неприемлемо для изделий из ПКМ	условие не является принципом проектирования техпроцессов изделий из ПКМ

1	2	3	4
19. Решающей операции	заключается в выполнении в первую очередь той операции, на которой наиболее вероятно появление брака (дефекта)	условие, как правило, неприемлемо, так как специфической особенностью техпроцессов изготовления конструкций из ПКМ является строгая последовательность операций	условие не является принципом проектирования техпроцессов изделий из ПКМ
20. Технологической дифференциации 21. Концентрации операций и переходов	закключаются в расчленении операций на более мелкие или интеграции их в укрупненные	условия являются традиционными для любого типа производства в машиностроении	условия являются, следствием общего для машиностроения принципа оптимальной структуры техпроцесса
22. Преемственности	закключается в использовании опыта и достижений, полученных в данной области и смежных областях	условие является общим для любого типа производства в машиностроении	условие является общим для машиностроения принципом преемственности проектирования техпроцессов

нологических процессов производства конструкций из ПКМ.

Несмотря на то, что в работе [19] выдвинуто 22 условия в качестве основных принципов, как следует из табл. 1, в ней не выделяется основной принцип оптимального технологического обеспечения структурно-силовых сочетаний компонентов ПКМ в изделии, прямо следующий из условия реализации основных принципов конструирования изделий из ПКМ [20] в процессе технологической подготовки производства.

В то же время из этого принципа непосредственно вытекают основные правила проектирования техпроцессов, в той или иной степени выделяемые автором работы [19] в ранг независимых принципов.

Ряд условий работы [19] не могут при обоснованном анализе быть выделенными ни как принцип, ни как правило проектирования технологических процессов (см. табл. 1). Основываясь на современных результатах исследований ученых в области технологии производства изделий авиакосмической техники из ПКМ [21–27] ниже предложена классификация, которая исходит из иерархической структуры системы принципов (рис. 2)

В основе этой классификации лежат две категории принципов проектирования технологических процессов: 1 – общих для машиностроения и 2 – специфических для производства изделий из ПКМ.

Первая категория содержит два основных принципа, один из которых включает в себя два основных правила проектирования технологических процессов, содержащих в себе и соответствующие условия, формулируемые в работе [20] как независимые принципы.

Вторая категория включает 10 принципов, специфических для изделий из ПКМ, четыре из которых

содержатся и в классификации [19], а остальные шесть синтезированы нами на основе анализа результатов исследований, цитируемых выше [1–27]. Из основного принципа этой категории – принципа оптимального технологического обеспечения структурно-силовых сочетаний компонентов ПКМ в изделии – следуют 6 правил проектирования технологических процессов производства изделий из ПКМ, в той или иной мере включающих в себя содержание условий классификации [19], представленные автором в качестве независимых принципов. Предложенная нами классификация основных принципов и правил проектирования технологических процессов производства изделий из ПКМ, как легко видеть, непосредственно вытекает из представленных в блоках 1–4 блок-схемы рис. 1 результатов исследований, относящихся к сфере теоретических основ технической подготовки производства изделий РКТ из ПКМ и не противоречива (сохраняет принцип преемственности) современным концепциям технологии производства ответственных композитных агрегатов рассматриваемой наукоемкой отрасли.

Выводы

На основе анализа научных основ технологии производства агрегатов РКТ их ПКМ синтезированы основные общие принципы и правила проектирования технологических процессов и операций производства композитных изделий. Предлагаемые принципы и правила лишены недостатков, присущих условиям, выдвигаемым ранее в [19] в качестве принципов проектирования технологических процессов производства изделий РКТ из ПКМ и включает в себя те из этих условий, которые не противо-

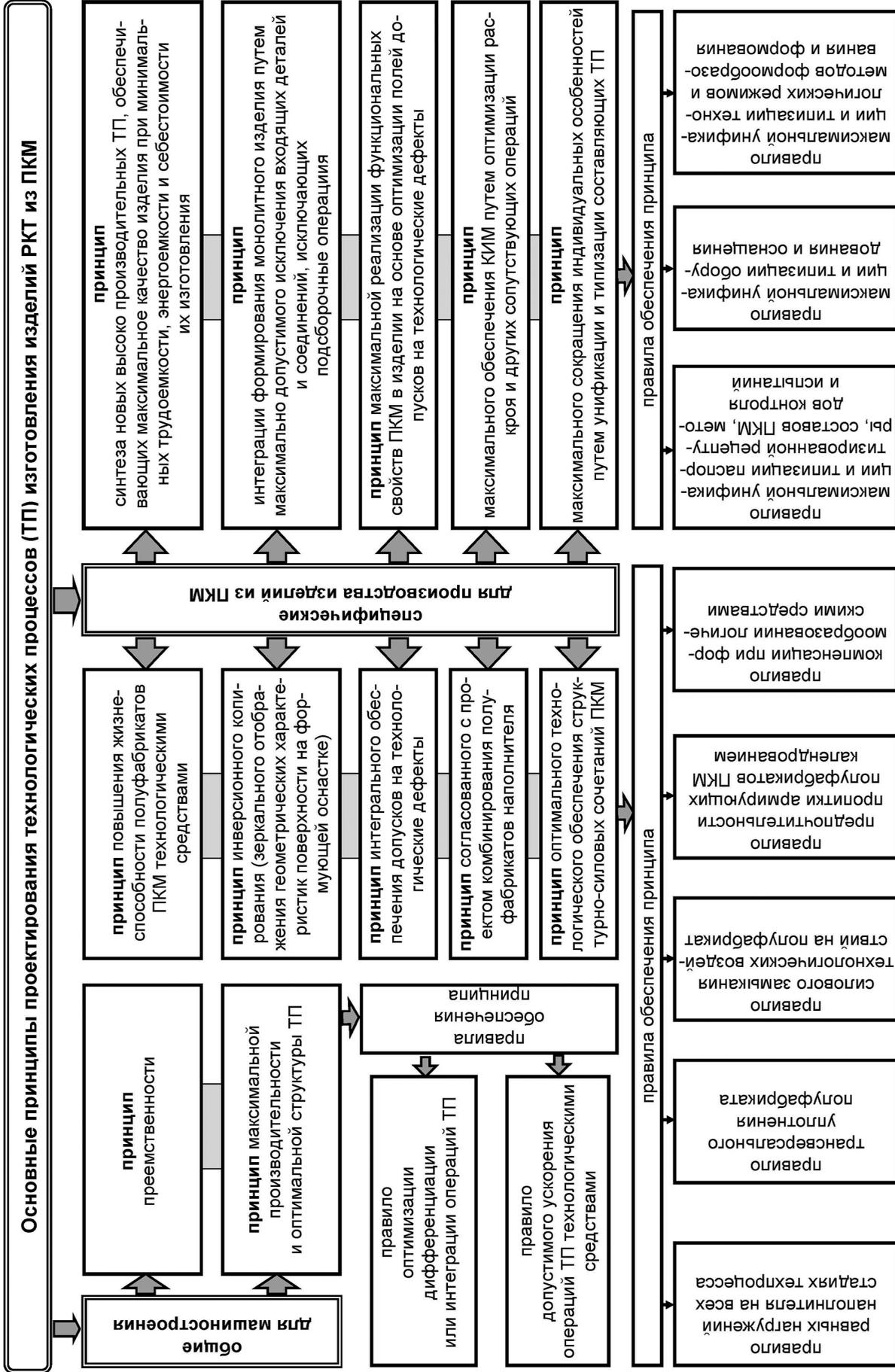


Рис. 1. Блок-схема исследований научного обеспечения эффективной технологии производства агрегатов РКТ из ПКМ



речат методологическим и иерархическим аспектам. Разработанные принципы и правила сохраняют преемственность с общими для технологии авиастроения и машиностроения принципами, сформулированными ведущими отечественными учеными в области технологии.

Все отмеченное выше позволяет рекомендовать эти принципы и правила ОКБ и предприятиям, занимающимся вопросами технологической подготовки производства изделий РКТ из ПКМ.

Литература

- [1] Кондратенко, А.Н. Полимерные композиционные материалы в изделиях зарубежной ракетно-космической техники (Обзор) [Текст] / А.Н. Кондратенко, Т.А. Голубкова // Конструкции из композиционных материалов. — 2009. — №2. — С. 24 — 35.
- [2] Космический вызов XXI века. — Т.3. Перспективные материалы и технологии для ракетно-космической техники [Текст] / под. ред. А.А. Берлина, И.Г. Ассовского. — М.: Торус Пресс, 2007. — 456 с.
- [3] Дегтярев, А.В. Применение композиционных материалов при создании перспективных образцов ракетной техники [Текст] / А.В. Дегтярев, В.А. Коваленко, А.В. Потапов // Авиационно-космическая техника и технология. — 2012. — № 2(89). — С. 34 — 38.
- [4] Коваленко, В.А. Применение полимерных композиционных материалов в изделиях ракетно-космической техники как резерв повышения ее массовой и функциональной эффективности. Аналитический обзор [Текст] / В.А. Коваленко, А.В. Кондратьев // Авиационно-космическая техника и технология. — 2011. — № 5(82). — С. 14 — 20.
- [5] Кондратьев, А.В. Обзор и анализ мировых тенденций и проблем расширения применения в агрегатах ракетно-космической техники полимерных композиционных материалов [Текст] // А.В. Кондратьев, В.А. Коваленко // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». — Вып. 3 (67). — Х.: ХАИ, 2011. — С. 7 — 18.
- [6] Кондратьев, А.В. Состояние проблемы научного обеспечения эффективной технологии производства агрегатов ракетно-космической техники из полимерных композиционных материалов [Текст] / А.В. Кондратьев, В.А. Коваленко // Авиационно-космическая техника и технология. — 2011. — № 6(83). — С. 17 — 25.
- [7] Коваленко, В.А. Показатели качества этапов жизненного цикла конструкций ракетно-космической техники из полимерных композиционных материалов [Текст] / В.А. Коваленко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. трудов Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». — Вып. 50. — Х.: ХАИ, 2011. — С. 128 — 140.
- [8] Коваленко, В.А. Фундаментальные характеристики полимерных композиционных материалов и их влияние на показатели качества конструкций ракетно-космической техники [Текст] / В.А. Коваленко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. трудов Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». — Вып. 51. — Х.: ХАИ, 2011. — С. 66 — 74.
- [9] Коваленко, В.А. Анализ и модификация математических моделей показателей качества и методов их определения [Текст] // В.А. Коваленко, Н.М. Московская, В.И. Сливинский // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». — Вып. 4 (68). — Х.: ХАИ, 2011. — С. 7 — 22.
- [10] Коваленко, В.А. Исследование технологических дефектов, возникающих в производстве агрегатов ракетно-космической техники из полимерных композиционных материалов. Сообщение 1. Допуски на отклонения толщины формуемого изделия от проектного значения [Текст] / В.А. Коваленко // Авиационно-космическая техника и технология. — 2012. — № 3(90). — С. 10 — 21.
- [11] Коваленко, В.А. Исследование технологических дефектов, возникающих в производстве агрегатов ракетно-космической техники из полимерных композиционных материалов. Сообщение 2. Допуски на нарушения сплошности материала и локальные поводки изделия [Текст] / В.А. Коваленко // Авиационно-космическая техника и технология. — 2012. — № 4(91). — С. 5 — 15.
- [12] Гайдачук, В.Е. Уровни дефектов снижения эксплуатационных характеристик конструкций из полимерных композиционных материалов [Текст] / В.Е. Гайдачук, В.А. Коваленко // Авиационно-космическая техника и технология. — 2012. — № 5(92). — С. 5 — 12.
- [13] Коваленко, В.А. Анализ и нормирование дефектов локального нарушения сплошности, возникающих в производстве изделий авиакосмической техники из полимерных композиционных материалов [Текст] // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». — Вып. 3 (71). — Х., 2012. — С. 7 — 22.
- [14] Кириченко, В.В. Исследование влияния складки в полимерном композиционном материале на его упругие свойства и характер изменения локального напряженно-деформированного состояния [Текст] / В.В. Кириченко, В.А. Коваленко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. трудов Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». — Вып. 55. — Х.: ХАИ, 2011. — С. 127 — 132.
- [15] Коваленко, В.А. Исследование температурного напряженно-деформированного состояния композитных панелей при различной степени термонеровновесности их структуры [Текст] / В.А. Коваленко, А.В. Кондратьев, А.А. Кичка // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб.

- науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». — Вып. 2 (70). — Х., 2012. — С. 20 — 33.
- [16] Конструктивно-технологические решения создания головного обтекателя трехслойной сотовой конструкции из полимерных композиционных материалов [Текст] / М.Б. Брынза, В.А. Коваленко, А.М. Потапов, В.К. Москалец // Эффективность сотовых конструкций в изделиях авиационно-космической техники : сб. материалов II междунар. науч.-практич. конф., Днепропетровск 23 — 25 мая 2007 г. / Укр. НИИ технологий машиностроения. — Днепропетровск, 2007. — С. 151 — 153.
- [17] Потапов, А.М. Перспективы применения конструкционных базальтопластиков в изделиях ракетной техники и народного хозяйства [Текст] / А.М. Потапов, В.А. Коваленко, Ю.С. Чиграева // Композиты и стеклопластики сб. материалов 2 междунар. специализированной конф., Запорожье 24 апреля 2009 г. — Запорожье, 2009. — С. 58 — 59.
- [18] Композиционные материалы в разработках ГП «КБ Южное» [Текст] / А.М. Потапов, В.А. Коваленко, Ю.Г. Артеменко и др. // Композиционные материалы в промышленности: сб. материалов 30 междунар. науч.-практич. конф., Ялта 7—11 июня 2010 г. / Украинский информационный Центр «Наука. Техника. Технология». — Киев, 2010. — С. 111 — 119.
- [19] Цыплаков, О.Г. Научные основы технологии композиционно-волоконистых материалов [Текст]: ч. 2 / О.Г. Цыплаков. — Пермь, 1975. — 274 с.
- [20] Гайдачук, В.Е. О принципах и проблемах проектирования авиаконструкций из композиционных материалов [Текст] / В.Е. Гайдачук // Самолетостроение. Техника воздушного флота: респ. межвед. темат. науч.-техн. сб. — Х., 1975. — С. 51 — 56.
- [21] Технологія виробництва літальних апаратів із композиційних матеріалів [Текст]: підруч. / С.А. Бичков, О.В. Гайдачук, В.Є. Гайдачук та ін. — К.: ІСДО, 1995. — 376 с.
- [22] Буланов, И.М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов [Текст] / И.М. Буланов, В.В. Воробей. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. — 516 с.
- [23] Композиционные материалы в ракетно-космическом аппаратостроении [Текст] / Г.П. Гардымов, Е.В. Мешков, А.В. Пчелинцев и др. — СПб.: СпецЛит, 1999. — 271 с.
- [24] Технология производства изделий и интегральных конструкций из композиционных материалов в машиностроении [Текст] / под ред. А.Г. Братухина, В.С. Боголюбова, О.С. Сироткина. — М. Знание, 2003. — 516 с.
- [25] Теория и практика технологий производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов (ТПКММ) (Theory and Practice of Technologies of Manufacturing Products of Composite Materials and New Metal Alloys (TPCMM)) [Текст] / под ред. К.В. Фролова, И.Ф. Образцова, О.С. Сироткина, В.С. Боголюбова. — М.: Знание, 2004. — 806 с.
- [26] Теория и практика технологий производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов. Корпоративные нано- и CALS-технологии в наукоемких отраслях промышленности [Текст] / под ред. под ред. К.В. Фролова, О.С. Сироткина, В.С. Боголюбова. — М.: Знание, 2006. — 864 с.
- [27] Тарасов, В.А. Теоретические основы технологии ракетостроения / В.А. Тарасов, Л.А. Кашуба; под ред. В.А. Тарасова. — М.: Изв-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 352 с.

Gajdachuk V. E.¹, Kovalenko V. A.², Potapov A. M.²

¹ National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute». Ukraine, Kharkiv

² Yuzhnoye, State-owned Design Office named after M. K. Yangel. Ukraine, Dnepropetrovsk

THE BASIC DESIGN PRINCIPLES AND RULES FOR TECHNOLOGICAL PROCESSES OF PRODUCTION OF ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY AGGREGATES MADE FROM POLYMER COMPOSITE MATERIALS

The basic principles and design rules in technological processes and operations of manufacturing composite aggregates of rocket and space technology have been synthesized. These principles and rules retain the continuity with the general principles of technologies in aircraft industry and mechanical engineering, which have been formulated by leading national scientists in the field of technology.

Keywords: polymer composite materials, technological processes, the basic design principles and rules, manufacturing operation, production of rocket and space.



References

- [1] Kondratenko A.N., Golubkova T.A. Konstrukcii iz kompozicionnyh materialov [The design of composite materials]. 2009. no. 2, pp. 24 – 35.
- [2] Berlin A.A., Assovskiy I.G. Kosmicheskij vyzov XXI veka. T.1: Perspektivnye materialy i tehnologii dlja raketno-kosmicheskoy tehniki [Cosmic challenge of the XXI century. Vol.1.: Advanced Materials and Technologies for rocket and space technology]. Moscow: Torus Press, 2007, 456 p.
- [3] Degtjarev A.V., Kovalenko V.A., Po-tapov A.V. Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija [Aerospace Engineering and Technology]. Kharkov, 2012, no. 2(89), pp. 34 – 38.
- [4] Kovalenko V.A., Kondratiev A.V. Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i teh-nologija [Aerospace Engineering and Technology]. Kharkov, 2011, no. 5(82). pp. 14 – 20.
- [5] Kondratiev A.V. Kovalenko V.A. Voprosy proektirovanija i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov: Sb. nauch. tr. [Issues of design and production of aircraft constructions: Collected papers]. Kharkov, 2011, no. (67), pp. 7 – 18.
- [6] Kondratiev A.V. Kovalenko V.A. Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i teh-nologija [Aerospace Engineering and Technology]. Kharkov, 2011, no. (83), pp. 17 – 25.
- [7] Kovalenko V.A. Otkrytye informacionnye i komp'yuternye integrirovannye tehnologii: Sb. nauch. tr. [Open information and computer integrated technologies: Collected papers]. Kharkov, 2012, no. 50, pp. 128 – 140.
- [8] Kovalenko V.A. Otkrytye informacionnye i komp'yuternye integrirovannye tehnologii: Sb. nauch. tr. [Open information and computer integrated technologies: Collected papers]. Kharkov, 2012, no. 51, pp. 66 – 74.
- [9] Kovalenko V.A., Moskovskaja N.M., Slivinskij V.I. Voprosy proektirovanija i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov: Sb. nauch. tr. [Issues of design and production of aircraft constructions: Collected papers]. Kharkov, 2011, no. 4(68), pp. 7 – 22.
- [10] Kovalenko V.A. Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija [Aerospace Engineering and Technology]. Kharkov, 2012, no. 3(90), pp. 10 – 21.
- [11] Kovalenko V.A. Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija [Aerospace Engineering and Technology]. Kharkov, 2012, no. 4(91), pp. 5 – 15.
- [12] Gajdachuk V.E., Kovalenko V.A. Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija [Aerospace Engineering and Technology]. Kharkov, 2012, no. 5(92), pp. 5 – 12.
- [13] Kovalenko V.A. Voprosy proektirovanija i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov: Sb. nauch. tr. [Issues of design and production of aircraft constructions: Collected papers]. Kharkov, 2012, no. 3(71), pp. 7 – 22.
- [14] Kirichenko V.V., Kovalenko V.A. Otkrytye informacionnye i komp'yuternye integrirovannye tehnologii: Sb. nauch. tr. [Open information and computer integrated technologies: Collected papers]. Kharkov, 2011, no. 55, pp. 127 – 132.
- [15] Kovalenko V.A., Kondratiev A.V., Kichka A.A. Voprosy proektirovanija i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov: Sb. nauch. tr. [Issues of design and production of aircraft constructions: Collected papers]. Kharkov, 2012, no. 2(70), pp. 20 – 33.
- [16] Brynza M.B., Kovalenko V.A., Potapov A.M., Moskalec V.K. Trudy 2 mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii "Jeffektivnost' sotovyh kon-strukcij v izdelijah aviacionno-kosmicheskoy tehniki" (Proc. 2-th Int. scientific-practical conference "The efficiency of cellular structures in the products of aerospace engineering"). Dnipropetrovsk, 2007, pp. 151 – 153.
- [17] Potapov A.M., Kovalenko V.A. Chigraeva Ju. S. Trudy 2 mezhdunarodnoj konferencii "Kompozity i stekloplastiki" [Proc. 2-th Int. conference "Composites and Fiberglass"). Zaporozhye, 2009, pp. 58 – 59.
- [18] Potapov A.M., Kovalenko V.A., Artemenko Ju.G. Trudy 30 mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii "Kompozicionnye materialy v promyshlennosti" [Proc. 30-th Int. scientific-practical conference "Composite materials in industry"]. Yalta, 2010, pp. 111 – 119.
- [19] Cyplakov O.G. Nauchnye osnovy tehnologii kompozicionno-vo-loknistyh materialov [The scientific basis of the technology of composition-fibrous materials]. Vol.2. Perm, 1975, 274 p.
- [20] Gajdachuk V.E. Samoletostroenie. Tehnika vozdušnogo flota [Aircraft. Tech Air Fleet]. Kharkov, 1975, pp. 51 – 56.
- [21] Bychkov S.A., Gajdachuk A.V., Gajdachuk V.E. Tehnologija virobniectva lital'nih aparativ iz kompozicionnyh materialiv [Technology of production aircraft with composite materials]. Kiev: ISDO, 1995, 376 p.
- [22] Bulanov I.M, Vorobej V.V. Tehno-logija raketnyh i ajerokosmicheskikh konst-rukcij iz kompozicionnyh materialov [Missile technology and aerospace composite structures]. Moscow: Publishing house of the Moscow State Technical University named after N.E. Baumana, 1998, 516 p.
- [23] Gardymov G.P., Meshkov E.V., Pchelincev A.V. Kompozicionnye materialy v raketno-kosmicheskome apparatostroenii [Composite materials in rocket and space vehicle]. St. Petersburg: SpecLit, 1999, 271 p.
- [24] Bratuhin A.G., Bogoljubov V.S., Sirotkin O.S. Tehnologija proizvodstva izdelij i integral'nyh konstrukcij iz kompozicionnyh materialov v mashinostroenii [Technology of production of goods and integral composite structures in mechanical engineering] Moscow: Znanie, 2003, 516 p.

- [25] Frolov K.V., Obrazcov I.F., Sirotkin O.S., Bogoljubov V.S. Teorija i praktika tehnologij proizvodstva izdelij iz kompozicionnyh materialov i novyh metallicheskih splavov [Theory and Practice of Technologies of Manufacturing Products of Composite Materials and New Metal Alloys]. Moscow: Znanie, 2004, 806 p.
- [26] Frolov K.V., Sirotkin O.S., Bogoljubov V.S. Teorija i praktika tehnologij proizvodstva izdelij iz kompozicionnyh materialov i novyh metallicheskih splavov. Korporativnye nano- i CALS-tehnologii v naukoemkih otrasljah promyshlennosti [Theory and practice of technology products manufacturing of composite materials and new metal alloys. Corporate nano-CALS-technologies in science-based industries]. Moscow: Znanie, 2006, 864 p.
- [27] Tarasov V.A., Kashuba L.A. Teoreticheskie osnovy tehnologij raketostroenija [Theoretical Foundations of rocket technology]. Moscow: Publishing house of the Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, 2006, 352 p.