

U.D.C. 531.3

УДК 531.3

## CONCURRENT ENGINEERING AS THE WAY TO OPTIMIZE THE TECHNOLOGICAL PACKAGES OF SPACE INDUSTRY

V.A. Omelyanenko, Assistant  
Sumy State University, Ukraine

The article deals with the factors and practical aspects of using the concurrent engineering method in space industry. The scheme of technological package of the spacecraft building project based on interaction of macro-packages of participating countries is proposed.

**Keywords:** technology package, spacecraft, innovation, design, concurrent engineering.

Conference participant,  
National championship in scientific analytics,  
Open European and Asian research analytics championship


## МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ РАЗРАБОТКИ КАК СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПАКЕТА КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Омельяненко В.А., ассистент  
Сумский государственный университет, Украина

В статье рассмотрены предпосылки и практические аспекты использования метода параллельной инженерной разработки в космической отрасли. Предложена схема формирования технологического пакета проекта создания космического аппарата на основе взаимодействия макропакетов стран-участников.

**Ключевые слова:** технологический пакет, космический аппарат, инновации, конструкция, параллельная инженерная разработка.

Участник конференции,  
Национального первенства по научной аналитике,  
Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsca.v0i10.1503>

Многие ученые и мыслители осознавали, что для того, чтобы понять место человека во Вселенной, необходимо заглянуть за пределы Земли и подняться к звездам. Космическая отрасль, как и другие высокотехнологические отрасли экономики, в значительной мере определяют долгосрочное развитие на глобальном уровне, обеспечивают научно-технологический уровень других отраслей и являются важным фактором развития национальных продуктивных сил. Однако проблемы исследования системных взаимосвязей между технологиями и технологической динамикой остаются весьма актуальными в контексте многократного усложнения технологической системы.

В результате повышения сложности космических проектов и обширной кооперации предприятий на национальном и международном уровне возникает необходимость разработки новых инструментов обеспечения создания космических аппаратов и сохранения и развития кооперации предприятий разработчиков и изготовителей ракетно-космической техники на уровне, необходимом для развертывания и поддержания оперативной группировки космических аппаратов в состоянии, обеспечивающем решение целевых задач.

Исходя из этого, целью статьи является анализ возможностей использования метода параллельной инженерной разработки в космиче-

ской отрасли с целью оптимизации технологического пакета проектов космических аппаратов и повышения конкурентоспособности отечественных разработчиков в международных проектах.

Например, в 2010 году по оценкам экспертов Роскосмоса, лишь 5-7% всей полезной нагрузки космических аппаратов связи и вещания были произведены в России. Следует отметить, что практика использования критических компонентов иностранного производства характерна для стран постсоветского пространства из-за разрыва технологических цепочек.

В контексте анализа процессов проектирования и связей между технологиями, отметим, что космический аппарат включает несколько функциональных составляющих, прежде всего – это целевая аппаратура, что обеспечивает выполнение стоящей перед космическим аппаратом задачи. Помимо целевой аппаратуры в составе аппарата обычно присутствует целый ряд служебных систем, что обеспечивают длительное его функционирование в условиях космического пространства (системы энергообеспечения, терморегуляции, радиационной защиты, управления движением, ориентации, аварийного спасения, посадки, управления, отделения от носителя, разделения и стыковки, бортового радиокомплекса, жизнеобеспечения). В зависимости от

выполняемой космическим аппаратом функции отдельные из перечисленных служебных систем могут отсутствовать, например, спутники связи не имеют систем аварийного спасения, жизнеобеспечения.

В контексте анализа технологического пакета предлагаем рассмотреть следующие типы конструкции космического аппарата:

- компактной (с постоянной конфигурацией при выводе на орбиту и в полёте);
- развёртываемой (на орбите конфигурация меняется за счёт раскрытия отдельных элементов конструкции);
- надувной (на орбите заданная форма обеспечивается за счёт наддува оболочки).

Наиболее сложной является развёртываемая конструкция, а также объекты космической инфраструктуры, что развиваются (например, МКС), что вызвано необходимостью большего количества итераций при согласовании параметров.

Предлагаем рассмотреть особенности технологического пакета как совокупности всех технологий международного проекта создания и использования космического аппарата, и в рамках которого происходит взаимодействие национальных технологических макропакетов. Например, соглашение о запуске аппарата Venus Express, VEX, космического аппарата Европейского космического агентства (ЕКА), предназначенного для

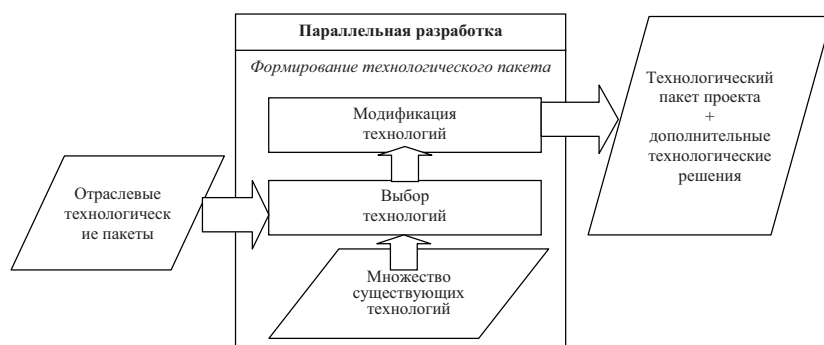


Рис. 1. Схема формирования технологического пакета проекта

изучения Венеры, динамики атмосферы, взаимодействия с солнечным ветром, ЕКА и российско-европейская компания «Старсем» подписали в 2003 году. Запуск аппарата был запланирован с космодрома «Байконур» с помощью ракеты-носителя «Союз-ФГ» и разгонного блока «Фрегат». В наших предыдущих исследованиях [7] был рассмотрен космический аппарат Rosetta, в создании которого принимали участие ЕКА и NASA.

При создании космической техники с использованием комплектующих изделий предприятий других стран необходимо тщательно согласовывать взаимоприемлемые требования. Такое взаимодействие требует создания механизмов согласования параметров, в качестве которых отметим стандартизацию, например, через деятельность Международного комитета по стандартизации систем передачи данных в космосе (CCSDS).

На основе [2; 3; 5] предлагаем выделить три группы факторов конструктивно-компоновочной схемы космического аппарата:

1) технические, что определяют взаимодействие составляющих аппарата:

- состав бортовой аппаратуры, особенностями ее размещения и функционирования;

- взаимное расположение составляющих блоков бортовой аппаратуры;

- тепловое рассеивание бортовой аппаратуры и требования по термостабилизации;

- выбор оптимальной схемы размещения блоков бортовой аппаратуры с учетом магнитных полей, рациональной силовой схемы, взаимным

расположением отдельных элементов конструкции для защиты бортовой аппаратуры от воздействия факторов космического пространства;

- требования по технологичности сборки и испытаниям бортовой аппаратуры в составе космического аппарата;

- возможность замены вышедших из строя при испытаниях приборов и узлов без подрегулировки (модификации) других приборов и узлов;

- возможность удобного доступа к приборам, устройствам и разъемам;

- безопасность работ при проведении испытаний и т.д.

2) эксплуатационные, что характеризуют уровень соответствия технических характеристик аппарата его основной задаче:

- точностные характеристики согласно с техническим заданием и целью;

- малые массы и габаритные размеры;

- пониженное энергопотребление и выполнение требований теплового проектирования;

- повышенный срок активного существования;

3) организационно-экономические, что характеризуют особенности организации разработки и использования космического аппарата, а также направлены на оптимизацию стоимостных параметров:

- оптимальные (по возможности сжатые) сроки разработки и изготовления;

- приемлемая стоимость для каждого из партнеров и т.д.

Нужно также отметить тот факт, что при создании космического аппа-

рата ищется компромисс между использованием инновационных составляющих элементов и применением унифицированных (заимствованных) приборов, уже существующих в других сферах или квалифицированных для космических условий [6].

Исходя из этого, выделим три модели разработки космического аппарата:

1. Модель комбинирования – использование для космического проекта существующих технологий из различных отраслей путем их адаптации для использования в новых условиях;

2. Модель целевой разработки – использование для космического проекта специально разработанных технологий;

3. Смешанная модель технологической разработки – использование для космического проекта существующих технологий и специально разработанных технологий.

Поэтому задача создания космического аппарата предьявляет высочайшие требования к надежности и носит комплексный характер. Поэтому, если на этапе проектирования были заложены ошибки, то затем их очень сложно либо невозможно исправить в результате аварий, что приводят к большим экономическим убыткам.

Считаем, что оптимальным путем формирования технологического пакета космического проекта является использование метода параллельной инженерной разработки.

Согласно классическому определению, параллельная инженерная разработка (concurrent engineering или C-технология) представляет собой системный подход к подготовке производства, что обеспечивает комплексную параллельную разработку продукции и сопутствующих процессов, предусматривая с самого начала рассмотрение всех составляющих жизненного цикла продукции от разработки концепции до утилизации. В основе данного подхода лежит идея совмещенного проектирования продукции, а также процессов ее изготовления и сопровождения.

На рис. 1 показана схема формирования технологического пакета в условиях параллельной инженерной разработки с учетом критерия транс-

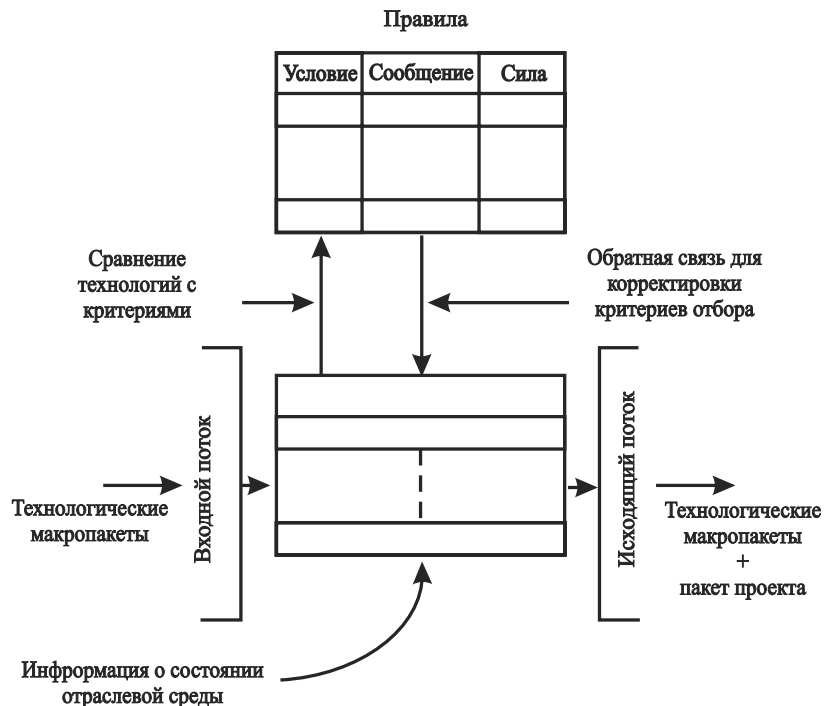
фера технологии из других областей и трансфера полученных результатов вследствие взаимной модификации технологии в пакете.

По оценкам экспертов, синхронная разработка изделий, подготовка цепочки поставок и технологических аспектов производства в единой системе позволяет сократить срок разработки документации на 70%, ускорить внесение изменений на 65-90% и обеспечить запуск в производство новых видов или модификаций продукции практически одновременно с ее проектированием [4]. Систему параллельного инжиниринга успешно используют такие иностранные компании, как Европейское космическое агентство, NASA Integrated Design Center, French Space Agency, Boeing.

Достижению подобных результатов способствует два основных приема: интеграция и параллелизм [1; 4]. Интеграция предусматривает, что специалисты функциональных подразделений, вовлеченных в процесс разработки, и другие заинтересованные лица должны работать в тесной взаимосвязи (от разработки концепции продукции до ее поставки и последующей утилизации). Данная интеграция усилий реально отражается на улучшении качества конечной продукции. Параллелизм автоматически сокращает сроки разработки продукции и внесения изменений, так как решение задач выполняется параллельно, а не последовательно. При использовании метода параллельной разработки многие проблемы, что могут возникнуть на более поздних стадиях жизненного цикла аппарата, могут быть выявлены и решены именно при его проектировании.

Проведенный анализ показал, что данный метод направлен на оптимизацию и распределение ресурсов участников проекта при проектировании и разработке продукции для обеспечения рационального и эффективного и процесса разработки продукции. Однако, в случае технологического пакета космического проекта параллельная инженерная разработка приобретает новое значение из-за необходимости увязки технологического процесса в рамках разных технологических пакетов.

Проведенный анализ показал, что в космической отрасли Украины данный



**Рис. 2. Схема формирования технологического пакета проекта космического аппарата на основе классифицирующей системы**

метод практически не используется из-за обособленности научных исследований в научно-исследовательских институтах и вузах и отсутствия маркетинга сотрудничества (партнерского маркетинга) с целью участия в международных проектах, что приводит к потере инновационного потенциала из-за временного лага и возрастании транзакционных издержек и издержек модификации (унификации) технологий.

С-технология в условиях космической отрасли основана на интегрированной разработке продукции и процессов, технологиях поддержки принятия решений и может быть рассмотрена на трех стадиях: формирование спецификации требований, концептуальное проектирование и детализированное проектирование. На первой стадии осуществляется анализ исходных требований и ограничений, дается оценка возможности нахождения проектного решения, на второй – выбор допустимых (в контексте последующего комплексирования) типов проектных решений (концепций реализации элементов модели предметной области), на третьей – выбор технических решений. В основе применения параллельной инженерной разработки лежит концепция о возможности иерархического представления

систем объекта и концепция о возможности иерархического представления целей и задач деятельности проектируемой сложной системы.

На основе классифицирующих систем Дж. Холланда мы предлагаем рассматривать процесс формирования технологического пакета проекта в составе трех взаимосвязанных подсистем: классификатора, системы обучения и генетического алгоритма. В классификатор поступает информация о существующих технологиях. Классификатор содержит правила, с помощью которых формируются результативные оценки технологий. Обучающая система выполняет оценку используемых правил отбора. Генетический алгоритм предназначен для модификации правил. Разработанная схема формирования технологического пакета проекта представлена на рис. 2.

Таким образом, возможности использования метода в космической отрасли основаны на том, что современный космический аппарат для исследований представляет собой синтез измерительной и служебной аппаратур (hardware) и логически-цифрового бортового программного обеспечения ее функционирования (software). Условием оптимальной конструкции

аппарата является их полное взаимное соответствие, что особенно актуально в международных проектах и что должно обеспечиваться сотрудничеством уже из начального этапа проектирования аппарата.

Потенциал создания технологий и их трансфера в условиях метода параллельной инженерной разработки базируется на значительном спектре возможного использования технологий (transferable), а возможность формирования международных сетей трансфера космических технологий вытекает из положений Договора о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, реальное выполнение которого потенциально приведет к значительным экономическим выгодам. Использование метода параллельного инжиниринга будет содействовать развитию эффективного международного сотрудничества в космической отрасли, в т.ч. на коммерческой основе, на основе формирования единого информационного пространства.

#### References:

1. Andersen B. *Biznes-processy. Instrumenty sovershenstvovaniya* [Business Processes. Tools of perfection], Transl. from Eng. S.V. Arinicheva., Nauch. red. Ju.P. Adler. – Moskva., RIA «Standards and quality», 2003. – 272 p., Access mode: [http://www.e-reading.club/bookreader.php/115072/Biznes-processy.\\_Instrumenty\\_overshenstvovaniya.pdf](http://www.e-reading.club/bookreader.php/115072/Biznes-processy._Instrumenty_overshenstvovaniya.pdf)
2. *Issledovanie jeffektivnosti raketno-kosmicheskikh sistem* [Study of the space-rocket systems' effectiveness], Minobrnauki Rossii, Samar. state. aerocosm. Univ. S.P. Koroleva (National

Research University); avt.-sost. [author/compiler] V.I. Kurenkov, A.S. Kucherov. – Samara, 2012., Access mode: [http://www.ssau.ru/files/education/metod\\_1/](http://www.ssau.ru/files/education/metod_1/)

3. Mel'der M.I. *Metody uskorennoj letnoj kvalifikacii novyh kosmicheskikh tehnologij* [Methods of the accelerated flight qualification of new space technologies], M.I. Mel'der, A.A. Stupina, A.I. Verhorubov., *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. – 2013., No. 5., Access mode: [www.science-education.ru/111-10621](http://www.science-education.ru/111-10621)

4. Metod «Parallel'naja inzhenernaja razrabotka» [«Concurrent engineering development» method], Access mode: <http://www.inventech.ru/pub/methods/metod-0024/>

5. Nikol'skij, V.V. *Proektirovanie sverhmalyh kosmicheskikh apparatov* [Designing the ultra-small spacecraft], V.V. Nikol'skij; Balt. state. tehn. Univ. – St. Petersburg., 2012. – 59 p.

6. Stupina A.A. *Sravnitel'nyj analiz metodov upravleniya kosmicheskimi apparatami svyazi i navigacii*. [Comparative analysis of methods of control over communication and navigation spacecraft], A.A. Stupina, R.I. Kuz'mich, M.I. Mel'der., *Sistemy upravleniya i informacionnye tehnologii* [Control systems and Information technology]. – 2011, No.1, pp. 64–68.

7. Omelyanenko V.A. *International dimension of technological aspect of space economy.*, O.V. Prokopenko, Zh. Zhekov, V.A. Omelyanenko., *Economic Processes Management: International Scientific E-Journal*. – 2014, No. 2., Access mode: [http://epm.fem.sumdu.edu.ua/download/2014\\_2/2014\\_2\\_2.pdf](http://epm.fem.sumdu.edu.ua/download/2014_2/2014_2_2.pdf)

#### Литература:

1. Андерсен Б. *Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования* [Электронный ресурс], Пер. с англ. С.В. Ариничева., Науч. ред. Ю.П. Адлер. – Москва., РИА «Стандарты и качество», 2003. – 272 с. – Режим доступа: [http://www.e-reading.club/bookreader.php/115072/Biznes-processy.\\_Instrumenty\\_overshenstvovaniya.pdf](http://www.e-reading.club/bookreader.php/115072/Biznes-processy._Instrumenty_overshenstvovaniya.pdf)

2. *Исследование эффективности ракетно-космических систем* [Электронный ресурс], Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. В.И. Куренков, А.С. Кучеров. – Самара, 2012. – Режим доступа: [http://www.ssau.ru/files/education/metod\\_1/](http://www.ssau.ru/files/education/metod_1/)

3. Мельдер М.И. *Методы ускоренной летной квалификации новых космических технологий* [Электронный ресурс], М.И. Мельдер, А.А. Ступина, А.И. Верхорубов., *Современные проблемы науки и образования*. – 2013., No. 5. – Режим доступа: [www.science-education.ru/111-10621](http://www.science-education.ru/111-10621)

4. *Метод «Параллельная инженерная разработка»* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inventech.ru/pub/methods/metod-0024/>

5. Никольский, В.В. *Проектирование сверхмалых космических аппаратов.*, В.В. Никольский; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2012. – 59 с.

6. Ступина А.А. *Сравнительный анализ методов управления космическими аппаратами связи и навигации.*, А.А. Ступина, Р.И. Кузьмич, М.И. Мельдер., *Системы управления и информационные технологии*. – 2011., No. 1., С. 64–68.

7. Omelyanenko V.A. *International dimension of technological aspect of space economy* [Электронный ресурс], O.V. Prokopenko, Zh. Zhekov, V.A. Omelyanenko., *Economic Processes Management: International Scientific E-Journal*. – 2014., No. 2. – Режим доступа: [http://epm.fem.sumdu.edu.ua/download/2014\\_2/2014\\_2\\_2.pdf](http://epm.fem.sumdu.edu.ua/download/2014_2/2014_2_2.pdf)

#### Information about author:

1. Vitaliy Omelyanenko – Assistant, Sumy State University; address: Ukraine, Sumy city; e-mail: [sumyvit@ya.ru](mailto:sumyvit@ya.ru)

