

УДК: 629.7:338.45

10.17213/2075-2067-2019-6-34-40

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ

© 2019 г. А. Б. Манвелидзе

*Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»*

*Рассмотрены методологические основы проектирования отраслевой инновационной инфраструктуры российской авиационной отрасли (ИИСАО), построенной на основе концепции PLM-систем и непрерывных инновационных процессов. Показано, что проектирование ИИСАО должно включать в себя определенное множество формализованных и проектных процедур, а оценка результатов проектирования ИИСАО должна осуществляться путем расчета прироста человеческого капитала (в части роста профессионального тезауруса работников и числа высокотехнологичных рабочих мест), обусловленного созданием инфраструктуры.*

Ключевые слова: *инновации; инновационная инфраструктура; проектирование; авиационная отрасль; PLM-системы.*

*The methodological basis for designing the industry innovation infrastructure of the Russian aviation industry (IISAO), based on the concept of PLM systems and continuous innovation processes, is considered. It is shown that the design of IISAO should include a certain set of formalized and design procedures, and the assessment of the results of IISAO design should be carried out by calculating the growth of human capital (in terms of the growth of the professional thesaurus of employees and the number of high-tech jobs), caused by the creation of infrastructure.*

Key words: *innovation; innovative infrastructure; design; aviation industry; PLM systems.*

В работе [1] был рассмотрен отраслевой подход к управлению компонентами народнохозяйственного комплекса и была предложена концепция формирования авиационной отрасли на основе PLM-систем. В частности, в рамках вышеотмеченного подхода была рассмотрена авиационная отрасль, включающая в себя хозяйствующие субъекты, обеспечивающие функционирование авиационной техники на всех стадиях её жизненного цикла. Также отметим, что авиационная отрасль представляет собой производственную систему макроуровня, в которой должны осуществляться непрерывные инновационные процессы, являющиеся непременным условием выполнения миссии авиационной отрасли. Для этого необходима отраслевая ин-

новационная инфраструктура авиационной отрасли (ИИСАО), проектирование которой представляет собой сложную задачу, требующую определения методологических основ её решения.

Следует отметить, что вопросы создания отраслевой инновационной системы российского авиапрома достаточно хорошо исследованы. Можно назвать работы Л. Б. Соболева [2], А. Н. Шмелевой, В. В. Ключкова, Р. М. Нижегородцева [3, 4] и др. Однако в этих исследованиях отечественная авиационная промышленность рассматривается как изолированная производственная система. В настоящей работе автором предлагается подход, заключающийся в рассмотрении отрасли с учетом обеспечивающих ее функциони-

вание PLM-систем, что позволяет развить методологические основы построения отраслевой инновационной системы российского авиапрома.

Отметим, что задача проектирования ИИСаО, как правило, распадается на ряд подзадач вследствие ее декомпозиции. В общем случае совокупность элементов процесса проектирования ИИСаО и соответствующих информационных потоков может быть описана схемой, предложенной в исследовании [5]. При этом проектирование ИИСаО должно гармонично сочетать формализованные и неформализованные процедуры, обеспечивая тем самым эргатичность процесса. В выполнении таких процедур должны участвовать как представители «проектировщика» — организации, осуществляющей создание ИИСаО в целом или ее отдельных компонентов, так и представители «заказчика». В качестве последнего могут выступать государственные органы управления экономикой или корпоративный менеджмент отдельных бизнес-групп, в интересах которых создаются компоненты ИИСаО.

Опираясь на свойства инфраструктуры и особенности её проектирования, можно сформулировать основные задачи формирования методологии проектирования ИИСаО, первая из которых — формирование логической схемы последовательности действий при проектировании.

Для использования информационных технологий в проектировании ИИСаО требуется создание цифрового двойника процесса проектирования и объекта проектирования. Создание этих моделей составляет вторую, а создание соответствующего инструментария — третью задачу разработки.

В связи с этим должны быть рассмотрены основные компоненты процесса проектирования ИИСаО: целеполагание, определение совокупности признаков ИИСаО, формирование множеств решений относительно состава и структуры ИИСаО, определение множества оценок проектов ИИСаО. Схема основных компонент проектирования представлена на рисунке 1. Это граф, ребра которого характеризуют отношения между соответствующими компонентами.

Для формализованного анализа данной схемы введем следующие обозначения:  $A =$

$= \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$  — множество целей;  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  — множество признаков;  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$  — множество решений;  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_l\}$  — множество оценок.

Функция проектирования ИИСаО при этом может быть представлена в виде:

$$F: (\psi \circ \varphi (A_0)) \rightarrow V, \quad (1)$$

где  $\varphi$  — бинарное отношение элементов основных множеств  $A$  и  $P$ ;  $\psi$  — бинарное отношение элементов множеств  $P$  и  $X$  (при этом  $\varphi \subset (A \times P)$ ;  $\psi \subset (P \times X)$ ;  $A_0 \subseteq A$ ).

Так как каждой цели создания ИИСаО может соответствовать ряд признаков, то подмножество  $P_i$ , с которым  $a_i$  проявляется в отношении  $\varphi$ , может рассматриваться как его срез через элемент ИИСаО  $a_i$ .

Если для проектирования конкретной ИИСаО выбрано определенное подмножество  $A_0$  множества целей  $A$ , то можно определить соответствующий срез (через  $A_0$ ):

$$\varphi (A_0) = ((p) (\forall a)) [a \in A_0 \wedge (a, p) \in \varphi].$$

Аналогично

$$\psi (A_0) = ((x) (\forall p)) [p \in P_0 \wedge (p, x) \in \psi],$$

где  $P_0$  — срез множества  $P$  по подмножеству  $A_0$ .

Произведение вышеописанных бинарных отношений может быть представлено как:

$$\psi \circ \varphi = ((a, x)) (\forall p) [(a, p) \in \varphi \wedge (p, x) \in \psi].$$

Это произведение является множеством упорядоченных пар  $(a, x)$ , для которых существует элемент  $p$  множества  $P$ , с которым любое  $a$  находится в отношении  $\varphi$ , а сам этот элемент находится в отношении  $\psi$  с элементом  $x$ . Срез вышеописанного произведения (также по подмножеству  $A_0$ ) можно определить следующим образом:

$$\psi \circ \varphi (A_0) = ((a, x)) (\forall p) [(a, p) \in \varphi \wedge (p, x) \in \psi \wedge a \in A_0].$$

Выражение (1) при этом представляет собой целевую функцию проектирования ИИСаО, которая подлежит последующей оптимизации:

$$(F: (\psi \circ \varphi (A_0)) \rightarrow V) \rightarrow opt.$$

Использование рассматриваемого подхода позволяет эффективно применять при проектировании ИИСаО такие формализованные методы, как метод пространства состояний, и обоснованно устанавливать экономические границы ИИСаО.

Далее отметим, что в литературе по теории проектирования систем [6] в качестве базовой используется концепция, согласно которой состав любой системы (разумеется, в т. ч. и ИИСаО) представляет собой совокупность унитарных технологических структур, задающих состав элементов, формирующих систему и связи между ними, необходимые для достижения поставленных целей. Эти цели могут с течением времени корректироваться, поэтому происходят изменения и в унитарных структурах, реализующих эти цели, при этом изменяются и связи между элементами ИИСаО. Поэтому, рассматривая, например, инфраструктурно интегрированный кластер в составе авиационной отрасли, главное внимание при проектировании ИИСаО нужно уделить качественному

и своевременному определению унитарных технологических структур и синтезу состава ИИСаО, представляющего собой нетривиальное объединение унитарных структур.

Многообразие технологических средств и методов приводит к сложной многовариантной задаче проектирования ИИСаО и выбору наиболее рациональных технологических и бизнес-процессов, наилучшим образом отвечающих условиям отраслевой производственной системы (в т. ч. в условиях предприятий и бизнес-групп со сложившимися бизнес-процессами).

Например, при осуществлении инноваций в условиях авиационной промышленности технологическими ограничениями, определяющими возможные варианты нового технологического процесса, являются состав и параметры металлорежущего и иного оборудования, оснастки различных видов (групповой, типовой и универсальной), специфика размещения рабочих мест, и, соответственно, конфигурация технологических потоков, типоразмеры и физико-механические свойства

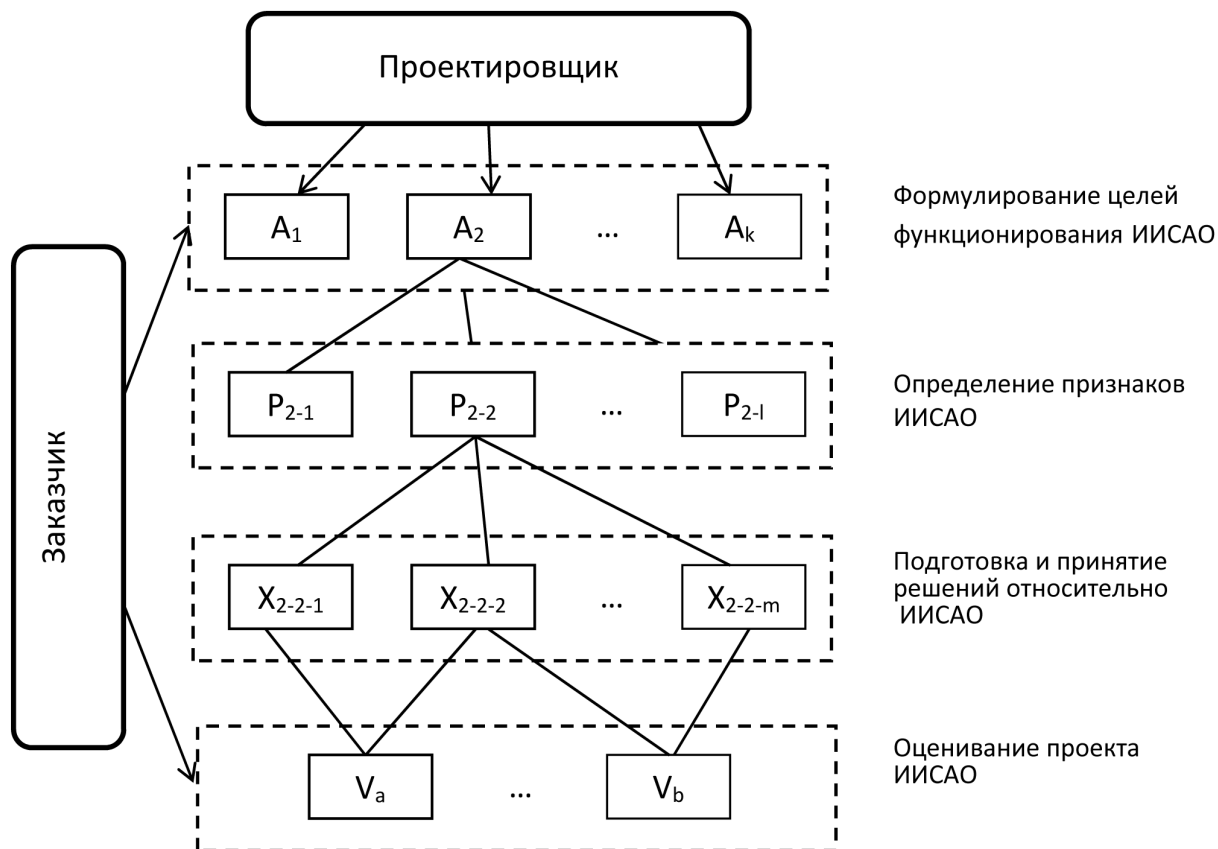


Рис. 1. Основные компоненты проектирования ИИСаО

тва основных конструкционных материалов и т.д.

Такая концепция основана на предположении об однозначности совокупности целей проектирования  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$  и их связей с соответствующими признаками  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ . Это вполне соответствует ситуации, при которой «портфель товаров» производственной системы стабилен, а внутрикорпоративным производственным системам присуща в основном предметная специализация.

Современная ситуация, когда на многих предприятиях авиапрома утрачена предметная специализация, а многие производственные системы превратились в конце девяностых годов XX века в хаосогенное множество рабочих мест, не позволяет применять при создании ИИСаО эту концепцию в чистом виде. Однако вышеописанный концептуальный подход может быть эффективно использован.

Рассмотрим возможные подходы к формированию методологии проектирования новых производственных систем, вполне приемлемой для условий ИИСаО.

Первый подход — проектирование отдельных составных частей инновационного процесса: определение его этапов, их параметров; расчет потребности в основном капитале; определение численности работников, занятых непосредственно в осуществлении инновационного процесса, и т.п.

Второй подход основан на принципе типизации, предусматривает создание классификаторов инновационных процессов и их составляющих.

Третий подход предусматривает решение задач проектирования ИИСаО для инноваций определенного класса при последующем нахождении (формировании) открытых связей между элементами соответствующих бизнес-процессов. В рамках этого подхода на основе частных случаев находят универсальные решения с помощью их суперпозиции.

Четвертый подход основан на дедуктивной интерпретации и выявлении общих закономерностей на базе существующей эмпирики. Здесь уместно вспомнить аксиоматическую теорию, которая позволяет сформулировать правила алгоритмизации, на основе которых создается алгоритмическая структура, обеспечивающая решение основных задач проектирования ИИСаО.

Применяя первый подход, можно создать достаточно простые и вполне работоспособные алгоритмы проектирования отдельных элементов ИИСаО. К сожалению, результаты решения с использованием этого подхода оказываются неприемлемыми для других случаев. Оптимальные решения «частных задач» при определенных обстоятельствах могут ухудшить общие показатели ИИСаО. Первый подход наиболее целесообразен при проектировании новых предметно специализированных инновационных систем (например, при создании внутриотраслевой корпоративной инфраструктуры отраслевого холдинга).

Проблемой второго подхода, ограничивающей его использование, как было показано в исследовании [5], является то, что созданные в ходе его реализации классификаторы для типизации инновационных процессов могут быть разработаны главным образом на основе субъективных оценок. Главное достоинство второго подхода — снижение трудоемкости проектирования ИИСаО.

В рамках третьего подхода метод суперпозиции позволяет четко сформулировать общие подходы к алгоритмизации проектирования ИИСаО. Однако метод успешен лишь при должной изобретательности и «креативности» разработчика. Этот метод представляется эффективным как вспомогательный, применяемый во взаимосвязи с другими инструментами.

Четвертый подход, основанный на дедуктивном методе синтеза ИИСаО, требует формирования весьма сложной в построении аксиоматической системы проектирования и может быть реализован в перспективе при должном развитии методологии.

На наш взгляд, в настоящее время наиболее перспективным является комплексный подход, основанный на гармоничном сочетании типового и индивидуального в проектировании ИИСаО.

Основными составляющими любой ИИСаО является конечное множество экономически минимальных компонентов производственных систем (ЭМПС), предложенных в известной работе [7]:  $Q = \{q_i\}, i \in I$ .

ЭМПС в инфраструктуре образуется только тогда, когда локализируются относительно постоянные части инновационного процесса, к которым относится и основной капитал, и постоянная (базовая) часть инфор-

мации. В этой информации главенствующую роль играет профессиональный тезаурус работников, занятых в инфраструктуре.

В условиях авиационной отрасли требуют особого исследования ЭМПС, в которых осуществляется производство интеллектуальных продуктов. При этом в роли экономически минимальной производственной системы может оказаться человек — «генератор идей», формирующий новые знания, воплощенные в виде технических и иных решений. Новые знания в этом случае генерируются при обработке информационных потоков, поступающих к нему из ИИСаО и извне ее. Эти информационные потоки он комбинирует с собственными тезаурусными знаниями.

ЭМПС-компоненты ИИСаО обладают следующими свойствами:

1. Каждый компонент  $q_i \in Q$  имеет определенное (конечное) множество специализаций  $S_i = \{s_{i\varphi}\}$ ,  $\varphi \in M_i$ . Это множество определяет возможности перевода ИИС в новое состояние.

2. Различные ЭМПС в инфраструктуре в общем случае могут обладать одинаковыми специализациями.

3. Результат действия компонента  $q_i \in Q(s_{i\varphi} \in S_i)$  может быть представлен точкой в пространстве состояний инфраструктуры.

4. Возможности действия каждого компонента  $q_i \in Q(s_{i\varphi} \in S_i)$  в пространстве состояний инфраструктуры описываются гиперплоскостью  $L_i(\Sigma i\varphi)$ , границы которой описываются множеством параметров, преобразующихся как  $q_i \in Q(s_{i\varphi} \in S_i)$ .

5. Каждый компонент  $q_i \in Q$  может участвовать в одном или нескольких бизнес-процессах.

6. Для  $\forall q_i \in Q$  существует однозначно определенное время  $\tau_{q_i}$ , при ЭМПС  $q_i \in Q$ , в течение которого элементы  $x_i \in X$  преобразуются в элементы  $y_i \in Y$  в соответствии с заданной целью  $A_L \in A$ .

7. Для  $\forall q_i \in Q$  имеется ограничение по времени работы  $T_{эф}$ , превышение которого делает невозможным достижение целей  $A_L \in A$ . Это ограничение связано с величиной эффективного фонда времени работы компонентов инфраструктуры в течение календарного периода.

ИИСаО как конечное множество связанных друг с другом действующих ЭМПС обладает нижеперечисленными свойствами.

1. Существуют компоненты инфраструктуры (финальные элементы), характер воздействия которых на производственную систему таков, что результатом этого воздействия является достижение конечных целей ИИСаО в отношении данной производственной системы. Любой компонент инфраструктуры может выступать в качестве финального элемента.

2. В ИИСаО существуют цепочки компонентов, действие которых предшествует действию финальных элементов. Варианты формирования этих цепочек позволяют получить множество состояний инновации.

3. Из множества компонентов ИИСаО можно составить цепочки элементов, каждая из которых будет соответствовать одному из множества возможных состояний инновации.

4. Каждый действующий элемент (компонент, участвующий в функционировании ИИСаО в данный момент времени) может включаться в одну или несколько цепочек.

5. В ИИСаО связи компонентов (действующих элементов) формируют направленность их скоординированного действия по достижению целей инфраструктуры.

6. Спроектированная ИИСаО обладает некоторой потенциальной избыточностью в отношении множества конечных целей, сформулированных при постановке задачи на её проектирование.

7. Все действующие ЭМПС-компоненты инфраструктуры обеспечены ресурсами по входам  $x_i \in X$  и выполняется условие  $T_q \leq T_{эф}$ , где  $T_q$  — время функционирования элемента  $q_i \in Q$ :

$$T_q = \sum_{A=1}^M \sum_{L=1}^L \tau_{q_i};$$

$M$  — число выполненных воздействий на производственную систему, а  $T_{эф}$  — эффективный фонд рабочего времени — максимально возможное время функционирования компонента  $q_i \in Q$ .

Имеется отличие бизнес-процесса, связанного с осуществлением инновации, от принятой в п.п. 2÷4 дефиниции «цепочки». Оно заключается в том, что бизнес-процесс представляет собой кортеж элементов, а цепочка элементов — их упорядоченное множество в составе ИИСаО.

Проектирование (синтез) ИИСаО, в соответствии с вышеописанными её свойствами как конечного множества связанных друг с другом действующих ЭМПС и свойствами ЭМПС-компонентов инфраструктуры, с учетом вышеописанных подходов к формированию методологии проектирования ИИСаО представляет собой соединение компонентов (потенциальных компонентов) ИИСаО в единое целое, обладающее свойствами и отношениями, отсутствовавшими у каждого отдельно взятого компонента. При проектировании ИИСаО стремятся к значениям ее параметров, близким к оптимальным.

Спроектированная ИИСаО должна обладать достаточным запасом устойчивости к внешним возмущающим воздействиям. Этот запас должен обеспечивать выполнение следующего требования: изменение множества действующих элементов в результате внешних возмущающих воздействий не должно требовать повторного синтеза ИИСаО для сохранения (восстановления) ее устойчивости и работоспособности.

Оценка результатов проектирования ИИСаО может осуществляться путем расчета прироста человеческого капитала (в части роста профессионального тезауруса работников и числа высокотехнологичных рабочих мест [8]), выполненного на основании специального алгоритма, разработка которого представляет собой самостоятельную задачу.

### Литература

1. Манвелидзе А. Б. Отраслевой подход к управлению инновациями в современных

условиях: пример авиационной отрасли // Друкеровский вестник, 2019. — №4. — С. 45–51.

2. Соболев Л. Б. Отраслевая инновационная система российского авиапрома // Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск №70. — 2013.

3. Шмелева А. Н., Нижегородцев Р. М., Костерев Н. Б., Панина А. Г. Разработка основных положений концепции совершенствования системы стратегического планирования развития авиационной промышленности // Друкеровский вестник. — №6. — 2016. — С. 4–17.

4. Шмелева А. Н., Клочков В. В., Нижегородцев Р. М., Костерев Н. Б. Совершенствование механизмов управления и организации процесса целеполагания инновационного развития авиационной промышленности // Russian Journal of Management. — №3. — 2017. — С. 425–436.

5. Передерий М. В. Создание инновационной инфраструктуры как проектная задача // Друкеровский вестник. — 2015. — №3.

6. Малышев Н. Г., Суворов А. В., Паршин Е. А. Методы автоматизации проектирования технологических структур промышленных систем. — Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 1986. — 185 с.

7. Колбачев Е. Б. Управление производственными системами на основе совершенствования и развития информационно-экономических ресурсов. — Ростов-на-Дону, СКНЦ ВШ, 2003. — 496 с.

8. Вальтук К. К. Информационная теория стоимости и законы неравновесной экономики. — М.: Янус-К, 2001. — 869 с.

Поступила в редакцию

25 октября 2019 г.



**Манвелидзе Андрей Борисович** — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Финансовый менеджмент» Московского государственного технологического университета «СТАНКИН».

**Manvelidze Andrey Borisovich** — Candidate of economic Sciences, Docent, Docent of the Department of Financial management of Moscow State University of Technology «STANKIN».

127055, г. Москва, Вадковский пер., 1  
1 Vadkovsky ln., 127055, Moscow, Russia  
Тел.: +7 (499) 972-95-05; e-mail: manvelidze.a.b@mail.com

---

---