УДК 62-1

Вадим Халилович Ишбулатов
ведущий инженер по теме 777-9 Payloads Боинг Раша Инк,
студент магистерской программы «Прикладной системный инжиниринг»
Московский физико-технический институт,
Россия, г. Москва
e-mail: vadim.k.ishbulatov@gmail.com

Александр Александрович Бородкин,
заместитель главного инженера компании Боинг Раша Инк,
Россия, г. Москва

РОЛЬ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕРВИСОВ В СОВРЕМЕННОМ ГРАЖДАНСКОМ АВИАСТРОЕНИИ И МЕТОДИКА ВЫБОРА СТРУКТУРЫ ОРГАНИЗАЦИИ, ПРЕДОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕРВИСЫ

Аннотация. *В современном авиастроении разработка нового гражданского самолёта на определённых этапах сопровождается выпуском значительного объёма конструкторской документации. Процесс создания новой авиационной техники не является периодичным, имеет длительный цикл и характеризуется различной загрузкой инженерных ресурсов. У компании разработчика возникают пики и спады в инженерной загрузке, что приводит к возникновению проблем, связанных с утилизацией квалифицированного инженерного персонала. Одним из вариантов решения проблемы неравномерной потребности в инженерных ресурсах, является создание компаний, предоставляющих инженерные сервисы, которые, в свою очередь могут работать с разными компаниями-разработчиками, что позволяет им оптимально использовать инженерные ресурсы.*

В условиях различных вариантов организации инженерных сервисов и в силу сложности процессов разработки, производства и эксплуатации авиационной техники решение о выборе оптимальной организации инженерных сервисов требует системного подхода. Определение роли инженерных сервисов в современном гражданском авиастроении и методики выбора структуры организации, предоставляющей инженерные сервисы. В процессе исследования использовались методы прикладного системного инжиниринга.

Ключевые слова: инженерные сервисы, системный подход, функциональная модель, авиастроение.

Vadim Halilovich Ishbulatov
Lead Engineer for 777-9 Payloads Boeing Russia Inc.,
student of the master's program "Applied System Engineering"
Moscow Institute of Physics and Technology,

Russia, Moscow

Alexander Alexandrovich Borodkin,
Deputy Chief Engineer, Boeing Russia Inc.,
Russia, Moscow

THE ROLE OF ENGINEERING SERVICES IN THE MODERN CIVIL AIRCRAFT AND METHODOLOGY FOR SELECTING THE STRUCTURE OF THE ORGANIZATION PROVIDING THE ENGINEERING SERVICES

Abstract*. In modern aircraft construction, the development of a new civilian aircraft at certain stages is accompanied by the release of a significant amount of design documentation. The process of creating new aviation equipment is not periodic, has a long cycle and is characterized by different load of engineering resources. The developer company has peaks and falls in engineering load, which leads to problems associated with the disposal of qualified engineering personnel. One of the solutions to the problem of uneven demand for engineering resources is the creation of companies that provide engineering services, which, in turn, can work with different development companies, which allows them to optimally use engineering resources.*

In the context of various options for the organization of engineering services and due to the complexity of the development, production and operation of aviation technology, the decision to choose the optimal organization of engineering services requires a systematic approach. The definition of the role of engineering services in modern civil aviation industry and methods of choosing the structure of the organization providing engineering services. In the course of the study, applied systems engineering methods were used.

Keywords: engineering services, systems approach, functional model, aircraft manufacturing

В современных глобальных экономических условиях, характеризующихся непрерывным усовершенствованием технологических процессов и открытостью информационных ресурсов, на рынке достигают конкурентных преимуществ и устойчивого положения предприятия, применяющие инновации в своей деятельности.

Мировые компании производители авиационной техники, внедряя новейшие технологии в разработки гражданских самолетов, непрерывно стремятся к снижению себестоимости выпускаемой продукции. По этой

причине всё больше развивается стратегия взаимодействия с инженерными сервисными компаниями.

В период глобализации мировой экономики открывается доступ к широкому кругу производственных ресурсов, инновации в организации бизнеса играют ключевую роль. Одна из форм организации, уже широко зарекомендовавшей себя в мире – это инженерные сервисы [4].

Основные цели взаимодействия с инженерными сервисами:

- Снижение операционных расходов (Reduce operational costs)
- Снижение времени выхода на рынок (Time to market)

Основные предпосылки к привлечению инженерных сервисов:

- Увеличение сложности технических систем.
- Увеличение объёмов выполняемых работ.
- Цикличность проектно-конструкторских работ.
- Увеличение длительности разработки.
- Стоимость технической системы.

Закономерное развитие научно-технического прогресса приводит к усложнение конечного продукта и технических систем, используемых для разработок. Этот фактор влияет на увеличение объёмов выполняемых работ, которым можно управлять путём создания кооперации с инжиниринговыми сервисами.

Разработка гражданского самолёта - очень сложный процесс и требует большого количество ресурсов. В практике западных компаний применяется система Gates (ворот) подразделяющая процесс на определённые этапы, которые в свою очередь имеют формализованные задачи.

Наиболее обширной областью в процессе создания нового самолёта является NRPD. Non-Recurring Process Development (NRPD) – включает в себя элементы концептуального и рабочего проектирования. Результатом завершения NRPD является, практически, полностью спроектированная конструкция самолёта и определена технология производства. Далее следует Model Based Definition (MBD) – практически не содержит проектирование. На

данном этапе производится разработка и создание конструкторской документации на основе утверждённых Layouts. Этап MBD - наиболее ресурсоёмкая часть процесса разработки самолёта (см. рисунок 1).

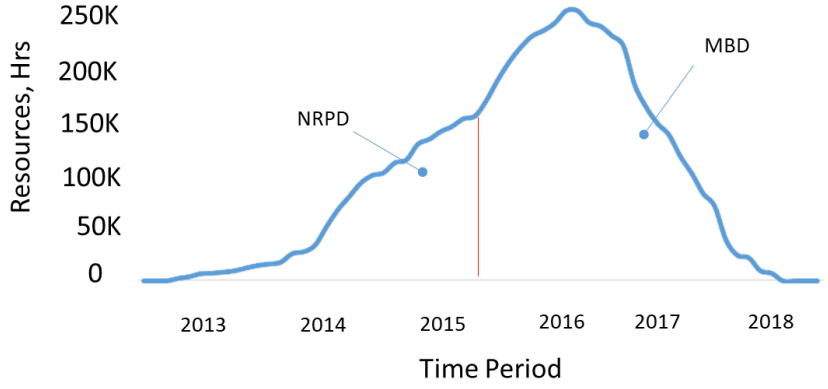

Рисунок 1 - График объёмов загрузки инженерного персонала компании разработчика на этапах NRPD и MBD при создании нового самолёта.

Оптимальная модель кооперации отчасти сглаживает пики вовлечения инженерных ресурсов. Форма организации проектно-конструкторских работ диктуется, как традициями компании разработчика и сложностью разрабатываемого изделия, так и экономическими факторами (стоимостью разработки) и может быть скорректирована выбором оптимальной структуры проектной организации с точки зрения вопроса сохранения инженерных компетенций. Негативное влияние процессов кооперации и аутсорсинга может быть уменьшена выбором оптимальной стратегии передачи инженерных работ подрядчикам на аутсорсинг, которая позволит избежать потери ключевых компетенций проектно-конструкторской организацией [3].

Стратегия аутсорсинга основывается на идее разделения видов деятельности организации на основные и второстепенные, и дальнейшую передачу второстепенных видов деятельности сторонним организациям, которые специализируются на этих видах деятельности и тем самым могут более эффективно решать поставленные перед ними задачи. Такой подход

позволяет организации-заказчику сконцентрироваться на ведение основного бизнеса и сэкономить свои ресурсы на поддержке вспомогательных процессов, уменьшить издержки, решить проблемы, связанные с приобретением современных технических знаний [4] (см. рисунок 2).

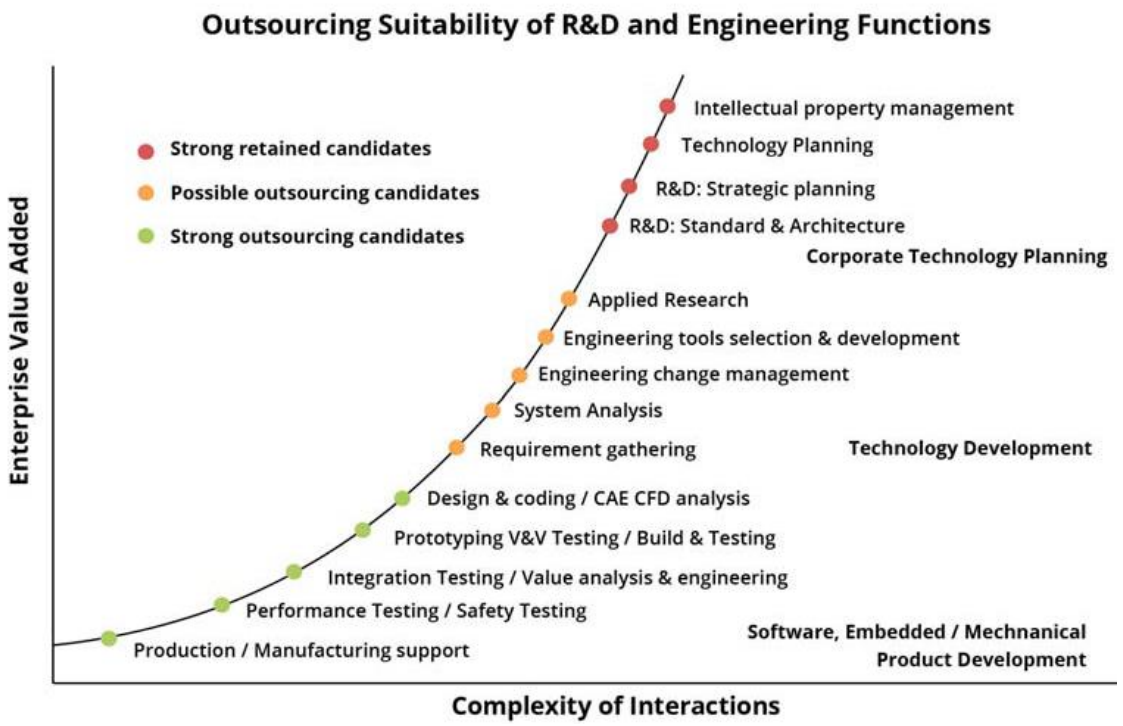

Рисунок 2 - График соответствия типов работ для аутсорсинга [11].

Структура инженерных сервисов

Компании производители гражданских самолётов (компании-интеграторы) по всему миру создают инженерные филиалы или находят подрядчиков для выполнения отдельных, как правило, завершенных заказов, в том числе достаточно крупных. Это своего рода научный аутсорсинг, примерами которого являются российские инженерные центры крупнейших самолетостроительных компаний мира (Boeing и Airbus) и двигателестроительных компаний [1]. Программы разработки тщательно планируются и четко нормируются. Конструкторская задача оценивается в человеко-часах. Трудоемкости большинства типовых работ известны, из них складывается общая смета конкретного проекта. Налажен жесткий

еженедельный контроль управления графиком работ, бюджетом, планированием загрузки сотрудника, контролируются списываемые на конкретную тему рабочие часы и персональный бюджет, отпущенный на работу.

Формы взаимодействия компании-интегратора (головной компании) с инжиниринговыми компаниями могут быть различными:

- Компания интегратор привлекает в инженерные группы сотрудников инженерных сервисных организаций на контрактной основе на определённый период. Инженерные группы головной компании усиливаются персоналом, предоставляемым сервисными инжиниринговыми компаниями. В таком случае головная компания за свой счёт увеличивает инфраструктуру под дополнительный инженерный персонал.

- Компания интегратор передает отдельные секции самолёта на разработку и производство в инженерную сервисную компанию. В данном случае инженерная компания имеет большую ответственность в принятии решений. В таком формате организации, головная компания не несет издержек на расширение рабочих площадей и оборудование дополнительных рабочих мест. Примером является разработка секции фюзеляжа самолёта Boeing 787 компанией Alenia Aeronautica (см. рисунок 2).

- Компания-партнёр разрабатывает и производит на своих мощностях отдельные элементы конструкции самолёта, при этом остаётся владельцем интеллектуальной собственности произведённого продукта и несёт ответственность за сертификацию в авиационных регулирующих органах.

- Головная компания возлагает на инжиниринговую компанию проведение расчётов и испытаний. Примером может служить взаимодействие отечественных КБ с ЦАГИ при проведении прочностных расчётов и испытаний.

- Головная компания создаёт филиал в географической локации, имеющей высокий потенциал инженерных ресурсов и выгодных с точки зрения

рынка оплаты труда. На базе филиала создаётся конструкторский центр с привлечением партнерских организаций. Примером является конструкторский центр Боинга в Москве.

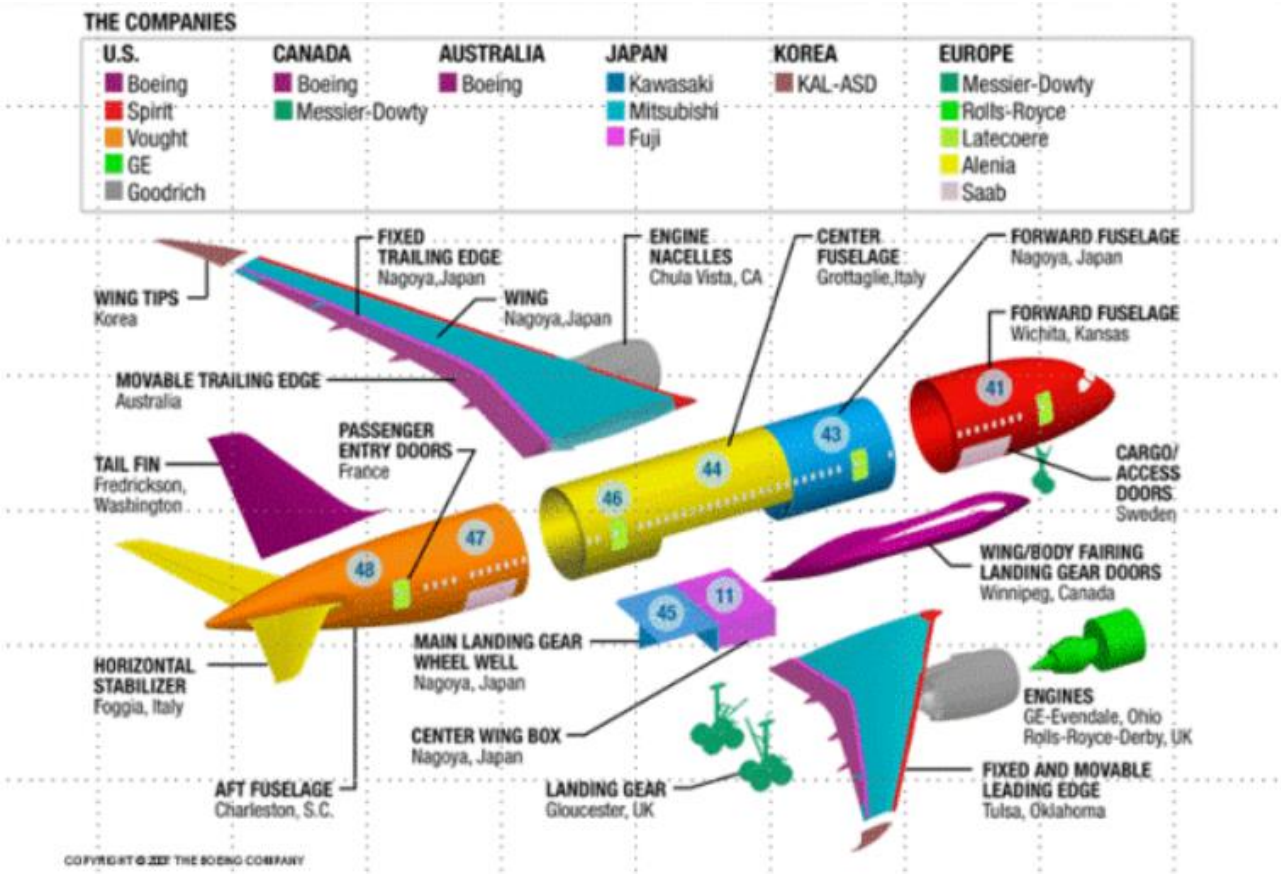

Рисунок 2 – Партнеры участники проектирования и производства Boeing 787

Для принятия стратегического решения о создании организации инженерных сервисов, прежде всего, необходимо решить ряд экономических и хозяйственных вопросов, сформулировать системный подход для выбора оптимальной структуры компании инженерных сервисов. В системе организации необходимо исходить из того, что важнейший капитал наукоемкого предприятия – это не столько оборудование (пусть даже сложное и дорогостоящее), а технологии, бизнес-процессы, и, главное – квалифицированные специалисты [5].

Под системой будем понимать объекты, обладающие целостностью и состоящие из взаимодействующих между собой и окружающей средой частей и элементов для достижения определенной цели.

Системный подход — это подход, при котором любая система (объект) рассматривается как совокупность взаимосвязанных элементов (компонентов), имеющая выход (цель), вход (ресурсы), связь с внешней средой, обратную связь (лекция SE Бородкин А.А.).

Рассмотрим организацию инженерных сервисов в гражданском авиастроении как систему и определим её компоненты, требования и функции.

Основными условиями взаимодействия компании производителя с организацией предоставляющей инжиниринговые сервисные услуги являются следующие критерии [6]:

- Единое понимание требований к выпускаемой продукции: доступ инжиниринговой компании к стандартам и процессам головной компании, отвечающим за создание конструкторской документации.
- Критерии качества: заказчиком (головная компания) определены критерии качества выпускаемой конструкторской документации.
- Система управления качеством: сервисная компания обладает системой управления качеством. Проводится регулярный мониторинг оценки качества по установленным критериям при создании КД.
- Единое информационное пространство
- Единая база данных жизненного цикла конструкторского изделия (PLM system)

На основе потребностей заказчика (головной компании), формируются требования к продукции инжиниринговой компании, которые должны быть конкретными и измеряемыми. Требования к системе в целом и к ее компонентам должны быть согласованы. Этот процесс называется валидацией требований [7].

Таблица 1. Фрагмент функциональной модели организации инженерных сервисов

	Требования	**Функции**	**Решения**
1	Единая нормативная база технических требований к выпускаемой продукции	Распространение технических знаний по единым стандартам головной компании	Внедрение электронной базы данных технических стандартов и процессов головной компании
2	Продукция инжиниринговой компании соответствует ожиданиям заказчика (головная компания)	Регулярный мониторинг и управление рабочими процессами	1. Разработка стандартов управления организацией соответствующей политике и целям головной компании 2. Внутренние и внешние аудиты системы управления качеством.
3	Единая база жизненного цикла конструкторского изделия (PLM System)	Отслеживание этапов жизненного цикла конструкторских изделий	Внедрение PLM системы с единой базой данных с головной компанией
4	Наличие квалифицированного инженерного персонала, соответствующего уровню выполняемых инженерных работ	Распространение на сотрудников инжиниринговой компании знаний и подходов к выполнению SOW	1. Создание отделов обучение с инструкторами сертифицированными головной компанией для проведения учебных классов 2. Привлечение внешних обучающих организаций для проведения обучения 3. Создание электронного портала обучающих тренингов для самообучения инженерного персонала 4. Система переквалификации сотрудников
5	Доступность инженерных ресурсов для выполнения поставленных задач	Своевременное распределение инженерных ресурсов на поступающие задачи	1. Система планирования и управления ресурсами ERP (Enterprise Resource

			Planning). 2. Система рекрутирования новых сотрудников.

Определим подход и шаги к формированию системы:

• Определить функциональную модель на основе декомпозиции требований к создаваемой организации до альтернатив возможных решений.

• Определить параметры измерения выявленных альтернатив для их оценки. К наиболее рациональным критериям можно отнести стоимость (затраты) принятого решения и время на его внедрение [8].

• Для понимания важности и приоритетности функций при построении организации инженерных сервисов произведём их оценку используя методику системного инжиниринга – матрицу N2. Ранжирование по приоритету позволит принимать решения о рациональном использовании ресурсов.

• Для выбора альтернатив решений воспользуемся методиками системного инжиниринга, такими как метод Гермейера, метод идеальной точки или другими, которые позволяют осуществить выбор среди множеств решений, характеризующихся различными критериями равнозначных по важности [9].

• Для удобства представления оптимальных альтернатив рационально выразить модель облика организации логическими выражениями.

• Произвести экономический расчёт созданной модели на основе имеющихся данных.

В современных условиях при создании нового гражданского самолёта необходимо вовлечение инженерных сервисных компаний для снижения операционных затрат головной компании разработчика.

Инженерные сервисные компании – это компании, которые задействуются для выполнения части задач при разработке и создании КД с целью снижения пиков в загрузке инженерного персонала головной компании.

Задачи и облик инжиниринговых компаний могут быть различны и зависят от многих факторов [10].

На данный момент исследования по данной тематике не известны, соответственно, актуальность дальнейших исследований очевидна и востребована.

Список литературы:

1. Клочков В.В., Николенко В.Ю. Современная организация создания авиационной техники. М.: Издательство московского государственного университета леса. 2013. 348 с.

2. Левенчук А. Системное мышление. М.: Издательские решения, 2018. 398 с.

3. Романов А.А. Прикладной системный инжиниринг. М.: Физматлит, 2015. 555 с.

4. Рогуленко Т.М., Торпашов В.С. Особенности развития аутсорсинга в авиационной промышленности // Вестник университета. 2017. № 1. С. 19-25.

5. Руководство к Своду знаний по управлению проектам (Руководство PMBOK® изд. 5). Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2005. 614 с.

6. James N. Martin Systems Engineering Guidebook. CRC Press, 1996. 304 с.

7. Phillip A. Laplante. Requirements Engineering for Software and Systems. CRC Press, Auerbach Publications, 2013. 324 с.

8. Benjamin S. Blanchard, Wolter J. Fabrycky. Systems Engineering and Analysis. Pearson, 2010. 800 с.

9. Левенчук А. Управление требованиями. [Электронный ресурс]. https://ailev.livejournal.com/672830.html (дата обращения: 28.10.2019).

10. Engineering Services Outsourcing Unraveling Myths. [Электронный ресурс]. https://docplayer.net/7133095-Engineering-services-outsourcing-unraveling-myths.html (дата обращения: 28.10.2019).