

doi: 10.32620/oikit.2020.90.07

УДК 629.7.08:658.5

В. Ю. Серебрянникова

Принцип совмещения функций элементов конструкций модификаций воздушных судов и его составляющие

ООО «Авиакомпания Джоника»

Показано, что система авиационного бизнеса определяет взаимоотношения производителя воздушных судов (ВС) транспортной категории и эксплуатирующих их авиакомпаний, включает в себя заказ на создание и поставку ВС и их модификаций, а также документацию сопровождения на всех этапах жизненного цикла.

Синтезированы основные требования и условия эффективного выполнения заказа эксплуатанта на модификации ВС, реализация которых существенно способствует осуществлению принципа совмещения функций узлов и агрегатов модификаций ВС.

Синтезированные частные принципы имеют множество способов их конструктивно-технологической реализации, основными из которых являются:

- рациональный выбор соответствующих конструкционных материалов;
- придание элементам дополнительных перемещений;
- использование принципа обратимости с соответствующей конструктивно-технологической доработкой элементов;
- специальное взаиморасположение элементов;
- изменение структуры и формы элементов.

Совмещение функции элементов рационально, если в результате функционального суммирования, взаимного функционального усиления, интерференции или наложения усилений эффективность комбинированного элемента Ξ_{ij} , определяемая его функциональным свойством или их комбинацией при регламентированной надежности элемента Ξ_{ij} в системе ВС, выше функциональных эффективностей исходных элементов.

Так как совмещение функций элементов является по существу одним из средств повышения эффективности ВС, то оно не вносит принципиальных особенностей в постановку математической задачи оптимального проектирования ВС и агрегатов его модификаций, однако сформулированные принципы совмещения свойств элементов и условия рациональности совмещения функций в известной мере очерчивают основные проблемы поиска рациональных конструктивно-технологических решений для полифункциональных элементов ВС. К таким проблемам в первую очередь следует отнести разработку теоретических основ общих и частных методик, устанавливающих области оптимального приложения сформулированных принципов подготовки производства модификаций ВС, относящихся к обеспечению качества изделий, их технологичности и надежности.

Введение

Как известно [1–2], основной жизненный цикл воздушного судна (ВС) и его модификаций включает в себя этапы проектирования, подготовки и производства ВС, испытаний узлов и агрегатов, эксплуатации и утилизации.

В системе авиационного бизнеса, т.е. взаимоотношений производителя ВС и эксплуатанта, включающих в себя заказ на поставку той или иной модификации ВС и обеспечение ее сопровождения в эксплуатации, [3–4] первые три этапа вплоть до этапа эксплуатации осуществляются производителем модификации по согласованному техническому заданию эксплуатанта.

В соответствии с этим из всего многообразия работ, сопровождающих и реализующих эти этапы, представляется оправданным в рамках настоящей статьи выделить синтез основных требований и условий эффективного выполнения заказа эксплуатанта, а также принципы его реализации производителем.

При подготовке к переговорам с потенциальным заказчиком-эксплуатантом ВС продуценту необходимо исходить из того, чтобы удовлетворить его требования с минимальными затратами, что может быть в значительной степени осуществлено путем минимизации этих затрат:

- на проектные работы по их объему и времени исполнения;
- на подготовку и производство выполняемого заказа;
- на последующие испытания объекта и его элементов;
- на подготовку и комплектацию сопроводительной документации и технических средств, обеспечивающих надежную и безопасную эксплуатацию заказчиком передаваемого ему изделия.

Как показывает предшествующий анализ [5–6], эти основные условия могут быть обеспечены следующим образом (рис. 1):



Рис. 1. Основные требования и условия эффективного выполнения заказа на модификацию ВС компании-авиаперевозчика

1. Минимизацией проектных затрат по объему и времени выполнения в первую очередь путем реализации модификации ВС, максимально приближенной к уже имеющимся у продуцента или требующей минимальных затрат на доработку.

2. При необходимости дополнительных работ по доводке имеющихся заделов под требования заказчика оправдано максимальным использованием принципа совмещения функций конструктивными элементами или агрегатами и составляющими реализации этого принципа.

3. Максимизацией объема апробированных и подтвердивших свою эффективность на предшествующих изделиях конструкционных материалов, конструктивно-технологических решений и стандартизированных элементов.

4. Минимизацией работ по технологической подготовке и производству модификаций ВС, которые должны основываться на принципе преемственности и его составляющих, связанных с использованием оборудования и его позиционирования, технологических процессов и оснащения производства.

5. Максимальным использованием испытательного оборудования, оснащения и методик испытаний элементов конструкции создаваемой модификации ВС, ранее апробированных и эффективно применяемых при испытаниях предшествующих конструкций.

6. Минимальными изменениями в сопроводительной документации и материалах, передаваемых заказчику в комплекте с модификацией ВС.

Реализация комплекса работ по выполнению заказа авиаперевозчика продуцентом модификаций ВС должна осуществляться в рамках онтологической¹ блок-схемы обобщенного производственного процесса (ОПП) профессора Л. А. Колесникова (рис.2) [7].

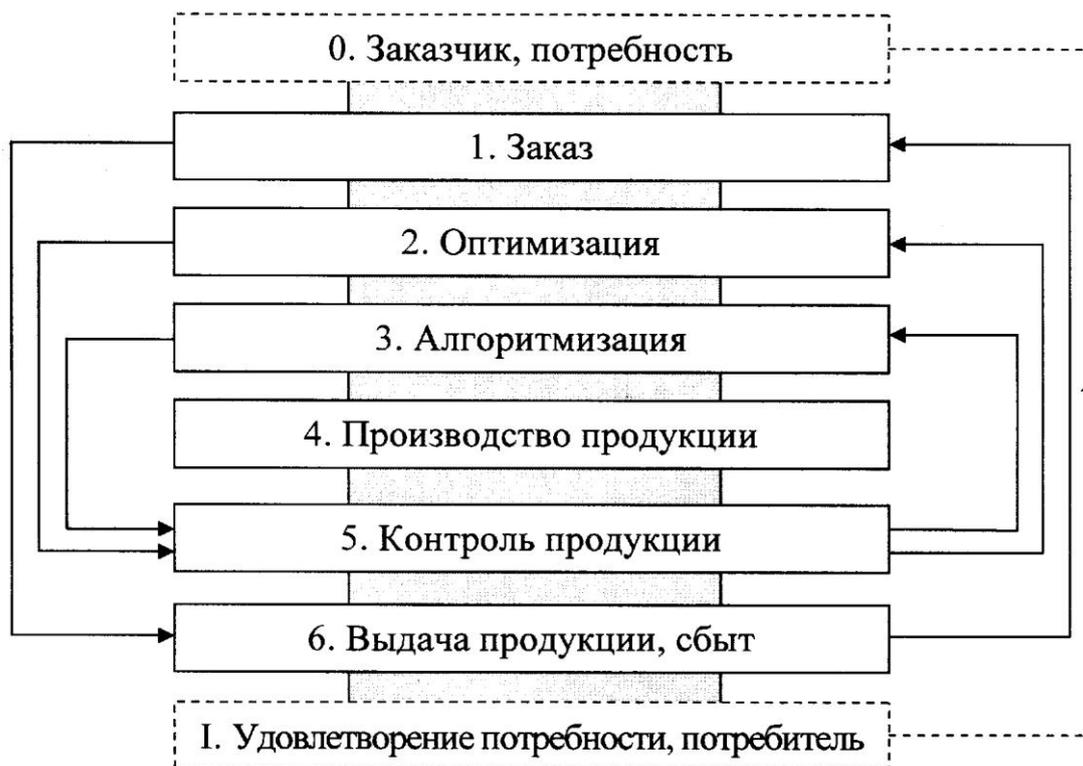


Рис. 2. Блок-схема обобщенного производственного процесса (ОПП)
Л. А. Колесникова

Углубленный анализ требований и условий (рис.1) показал, что реализация минимальных проектных затрат на разработку модификации возможна пу-

¹ Автор блок-схемы не вводил термин «онтологическая», хотя он, на наш взгляд, в полной мере отвечает определению «онтология» как науки, изучающей основы, принципы бытия, мироустройства его структуры.

тем осуществления принципа совмещения функций узлов и агрегатов модификации ВС.

Минимизация работ по подготовке и производству модификации ВС в наибольшей степени возможна путем реализации принципа преемственности и его функциональных вариантов.

Постановка задачи исследования

Современное ВС, как и его модификации, – сложная совершенная система, выполняющая функцию специального транспортного средства.

Обеспечение этой функции осуществляется специфическими функциями основных агрегатов ВС:

- создание подъемной силы (крыло);
- размещение транспортируемых объектов, топлива, оборудования и т.д. (фюзеляж);
- создание тяги (силовая установка);
- управление (рулевые поверхности и их приводы);
- обеспечение опоры на поверхность и движения по ней при взлете и посадке (шасси);
- создание и обеспечение регламентированных условий полета, надежности, безопасности и комфорта (оборудование).

Четкое функциональное назначение агрегатов ВС и его модификации не исключают рационального совмещения их функций, приводящего в ряде случаев к реализации дополнительных возможностей совершенствования ВС. Известным примером совмещения функций агрегатов является самолет – летающее крыло (синтез функций создания подъемной силы и размещения транспортируемых объектов) [9] и др.

Еще более широкие возможности повышения эффективности модификаций ВС содержатся в рациональном совмещении функций элементов его конструкции. К этому резерву роста целевой отдачи ВС обращалось внимание многих исследователей [10–11].

Принцип совмещения функций элементов является одним из основных принципов силового проектирования в системе общих принципов авиационного конструирования [10]. Однако совмещение функций элементов в целом может служить и более широкой цели максимального приближения конструктивно-технологических решений при разработке элементов к экстремальному значению критерия его совершенства (минимум стоимости, массы, максимум надежности, ресурса, скорости, дальности и т.д.) при регламентированных эксплуатационных (тактико-технических) требованиях.

Анализ элементов ВС позволяет выделить восемь обобщенных разнородных функций, отличающихся по своему характеру и природе:

- силовые (несущие) – восприятие и передача воздействий среды эксплуатации;
- энергетические – преобразующие, передающие и аккумулирующие энергию;
- контрольные;
- управляющие (командные и исполнительные);
- обеспечивающие рабочие (эксплуатационные) условия наблюдения, связи, комфорта и т.д.;
- защитные;

- транспортирующие целевые грузы;
- фиксирующие элементы в общей системе ВС.

Каждая из разнородных обобщенных функций состоит из ряда соподчиненных однородных. Например, силовая функция конкретного элемента ВС включает в себя вполне определенные однородные силовые воздействия (растяжение, сжатие, изгиб, кручение, температурные поля и др.), а также их различные сочетания.

В последние годы в связи с возрастанием скоростей полета, маневренности ВС при одновременном повышении надежности (а для ряда ВС и ресурса) рост весовой отдачи обретает тенденцию к замедлению вследствие роста числа и усложнения оборудования, требований к системам контроля, управления, защиты, обеспечения эксплуатационных условий [11–12]. Эта тенденция приводит к необходимости исследования проблемы совмещения функций элементов ВС как в целом, так и на уровне решения отдельных конкретных задач.

Реализация принципа совмещения функций элементов ВС представляется эффективной в рамках как оптимальных сочетаний однородных функций каждой из обобщенных разнородных, так и поиска рациональных сочетаний для одного элемента нескольких разнородных функций.

Совмещение однородных функций традиционно широко используют в практике проектирования ВС [10] и нашло некоторые обобщения в [13–14] как синтезирующий принцип конструирования элементов ВС из композиционных материалов. В конструкторской практике имеют место и примеры совмещения разнородных функций элементов ВС (баки-кессоны, бескамерные пневматики, элевоны и т.д.), однако исследования по разработке составляющих общего принципа совмещения функций отсутствуют.

В связи с этим сделана попытка сформулировать некоторые основные составляющие общего принципа совмещения функций элементов ВС.

Свойства любого элемента модификаций ВС будем разделять на функциональные $X_k (k = 1, 2, \dots)$, обеспечивающие ее регламентированное функционирование, и побочные $Y_m (m = 1, 2, \dots)$, индифферентные к его функционированию или создающие даже определенные помехи.

В соответствии с этим определением i -й элемент модификации ВС обладает множеством функциональных и побочных свойств.

Все свойства элемента целесообразно рассматривать относительно его массы, так как она является важнейшим критерием эффективности элементов модификации ВС в целом [10, 13–14].

Решение задачи

Исходя из определений свойств элементов модификации ВС составляющие общего принципа совмещения их функций однозначно идентифицируются с четырьмя частными функциональными принципами совмещения свойств элементов.

1. Принцип функционального суммирования

Совмещение функциональных свойств X_{ki} и X_{kj} элементов \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j за счет их структурно-физического объединения или вырождения одного из них X_{ki} выражается в символах математической логики [15] формулами:

$$X_{ki} \wedge X_{kj} \subseteq X_{ij}, \quad X_{ij} \subset \mathcal{E}_{ij}, \quad Y_i \wedge Y_j \subseteq Y_{ij}, \quad Y_{ij} \subseteq \mathcal{E}_{ij}, \quad \downarrow \mathcal{E}_{ij}, \quad k_i \wedge k_j \subset \mathcal{E}_{ij}. \quad (1)$$

Смысловое содержание формулы (1) состоит в том, что функциональные свойства X_{ki} и X_{kj} элементов \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j включены в элемент \mathcal{E}_{ij} , побочные свойства Y_i элемента \mathcal{E}_i и побочные свойства Y_j элемента \mathcal{E}_j включены в элемент \mathcal{E}_{ij} , который существует физически.

Частный принцип функционального суммирования можно интерпретировать схемой рис. 3, где k_i, k_j – воздействия на интегральный элемент \mathcal{E}_{ij} , вызывающие (проявляющие) функции соответственно Φ_i и Φ_j элементов \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j .

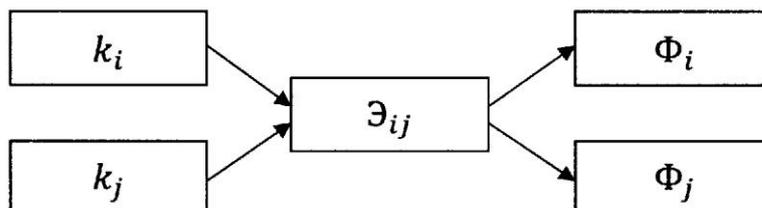


Рис. 3. Интерпретация частного принципа функционального суммирования элементов ВС

Этот частный принцип реализован конструктивно-технологическими решениями баков-кессонов, носовой частью корпуса ВС из радиопрозрачного материала, элевонами и др.

2. Принцип взаимного функционального усиления

Использование побочных свойств Y_{mi} и Y_{mj} элементов \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j в качестве дополнений к их функциональным свойствам X_{ki} и X_{kj} с их структурно-физическим объединением в интегральный элемент \mathcal{E}_{ij} :

$$\begin{aligned} Y_{mi} \subseteq X_{ki} \wedge Y_{mj} \subseteq X_{kj}, \\ k_i \wedge k_j \subset \mathcal{E}_i \wedge \mathcal{E}_j, \quad \mathcal{E}_i \wedge \mathcal{E}_j \rightarrow \Phi_i \wedge \Phi_j, \\ \mathcal{E}_i \wedge \mathcal{E}_j \not\subset \mathcal{E}_{ij}, \downarrow \mathcal{E}_{ij}. \end{aligned} \quad (2)$$

Смысл формулы (2) состоит в том, что побочные функции Y_{mi} i -го элемента \mathcal{E}_i включены в его функциональные свойства, побочные свойства Y_{mj} j -го элемента \mathcal{E}_j включены в его функциональные свойства.

Воздействие k_i i -го элемента \mathcal{E}_i и j -го элемента \mathcal{E}_j включены как в элемент \mathcal{E}_i , так и в элемент \mathcal{E}_j . При этом элемент \mathcal{E}_i порождает функции Φ_i и Φ_j , и элемент \mathcal{E}_j порождает функции Φ_i и Φ_j .

Но элементы \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j не объединены конструктивно в интегральный элемент \mathcal{E}_{ij} , который физически не существует. Схема принципа взаимного функционального усиления показана на рис. 4.

Смысл интерпретации частного принципа функционального усиления состоит в том, что команды (воздействия) k_i от элемента \mathcal{E}_i и k_j от элемента \mathcal{E}_j выполняют функции Φ_i \mathcal{E}_i -го элемента и Φ_j \mathcal{E}_j -го элемента.

Пример реализации этого принципа в баке-кессоне: как такового бака для горючего нет и выделенного кессона как силового узла нет, а функции каждого

из этих элементов Φ_{ij} конструктивно объединены в баке-кессоне \mathcal{E}_{ij} и им выполняются (реализуются).

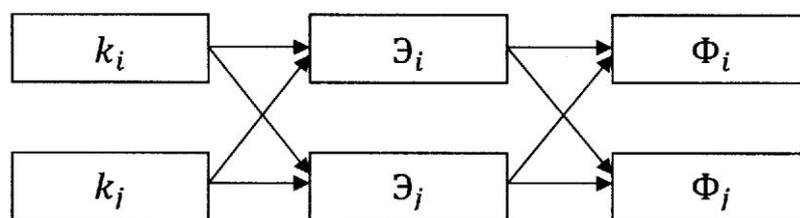


Рис. 4. Интерпретация частного принципа взаимного функционального усиления элементов ВС

Реализация этого принципа возможна и в случаях ряда вырождений в разных временных периодах воздействий на элементы, показанные на рис. 5. Здесь τ_1, τ_2 – различные временные периоды функционирования.

Этот принцип реализуется, например, рулями высоты и направления ВС при глубоких кренах.

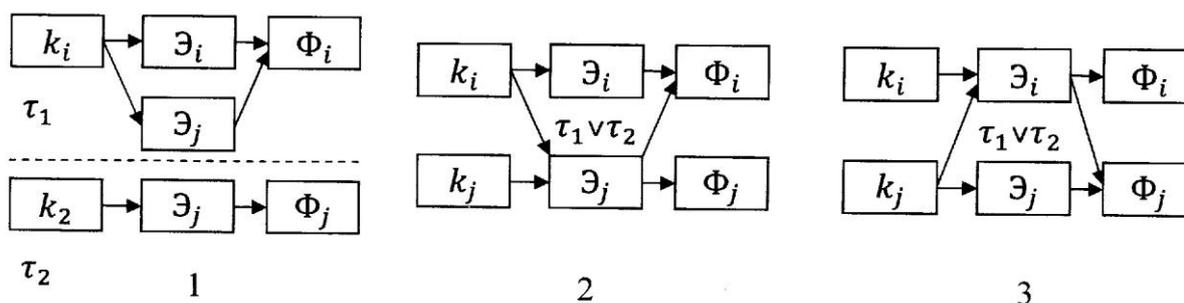


Рис. 5. Реализация принципа взаимного функционального усиления в случаях различных временных периодов воздействий

Здесь возможна реализация трех вариантов:

1. Во временной период τ_1 воздействие k_i от функциональных свойств X_{ki} проводится на элементы \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j , которые реализуют функцию Φ_i . Во временной период τ_2 воздействие k_2 функциональных свойств X_{k2} посредством элемента \mathcal{E}_j осуществляет функцию Φ_j .
2. Воздействие k_i от функциональных свойств X_{ki} во временной период τ_1 или τ_2 осуществляется на элементы \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j , в которых генерируется функция Φ_i или Φ_j . Воздействие k_j от функциональных свойств X_{kj} во временной период τ_1 или с запаздыванием во временной период τ_2 осуществляется на элемент \mathcal{E}_j , который генерирует функции Φ_i и Φ_j .
3. Воздействие k_i от функциональных свойств X_{ki} во временной период τ_1 осуществляется на элемент \mathcal{E}_i , который генерирует функцию Φ_i и в этот же временной период τ_1 или со сдвигом во временной период τ_2 генерирует и функцию Φ_j . Одновременно во временной период τ_1 или со сдвигом во временной

период τ_2 воздействие k_j от функциональных свойств X_{kj} осуществляется на элемент \mathcal{E}_j , генерирующий функцию Φ_j .

3. Принцип функциональной интерференции

Включение элементов \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j в элемент \mathcal{E}_{ij} и синтез в нем функционального свойства X_{ij} порождаются интерференцией функциональных и (или) побочных свойств элементов \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j :

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_i \wedge \mathcal{E}_j \subseteq \mathcal{E}_{ij}, \quad \downarrow \mathcal{E}_{ij}, \\ X_{ki} \wedge X_{kj} \vee Y_{mi} \wedge Y_{mj} \subseteq X_{ij}, \quad \downarrow X_{ij}, \\ \mathcal{E}_{ij} \cup \Phi_i \vee \Phi_j. \end{aligned} \quad (3)$$

Схема принципа функциональной интерференции показана на рис. 6.

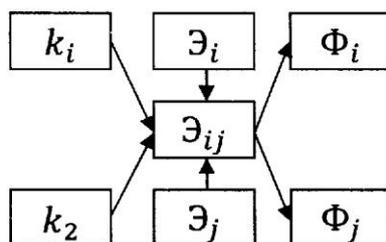


Рис. 6. Схема принципа функциональной интерференции

Воздействие k_i от функциональных свойств X_{ki} , X_{kj} прикладывается к интегральному элементу \mathcal{E}_{ij} , включающему в себя элементы \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j и синтезирующему в себе функциональные свойства X_{ij} , порождаемые интерференцией функциональных свойств X_{ki} и X_{kj} и (или) побочных свойств Y_{mi} и Y_{mj} элементов \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j . Элемент \mathcal{E}_{ij} генерирует функции Φ_i и Φ_j .

4. Принцип наложения функциональных усилений

Взаимное использование побочных свойств элементов \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j в качестве дополнений к их функциональным свойствам без их структурно-физического объединения и исключение элемента \mathcal{E}_z вследствие использования в элементах \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j его побочных свойств в качестве функционального свойства X_{ki} и X_{kj} :

$$\begin{aligned} Y_{mi} \vee Y_{mj} \subseteq X_{ki} \vee X_{kj}, \\ Y_{mz} \rightarrow X_{ki} \vee X_{kj}, \quad \mathcal{E}_z \subset \mathcal{E}_i \vee \mathcal{E}_j, \\ k_i \wedge k_j \wedge k_z \subset \mathcal{E}_i \vee \mathcal{E}_j, \quad \mathcal{E}_i \vee \mathcal{E}_j \subset \Phi_i \wedge \Phi_j \wedge \Phi_z. \end{aligned} \quad (4)$$

Схема принципа наложения функциональных усилений показана на рис.

7.

Здесь воздействие k_i , k_j и k_z попарно приходится на элементы \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j , каждый из которых генерирует функции Φ_i , Φ_j и Φ_z , обеспечивая их функциональное усиление.

Частный случай реализации принципа наложения функциональных усилений, показанный на рис. 8, отличается от показанного на рис. 7 тем, что воздействие k_i на элемент \mathcal{E}_i происходит во временной период τ_1 , воздействие k_z

происходит на элементы \mathcal{E}_i и \mathcal{E}_j во временной период τ_2 , а воздействие k_j прикладывается к элементу \mathcal{E}_j во временные периоды τ_2 или τ_1 . Эти элементы порождают соответственно функции Φ_i , Φ_ξ и Φ_j . Такой частный случай, например, может реализовываться одновременным использованием силовой установки и колес для торможения ВС.

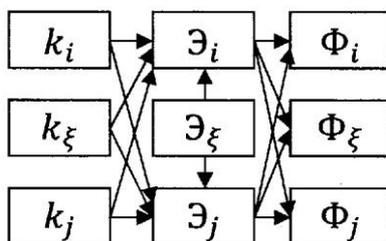


Рис. 7. Реализация принципа наложения функциональных усилений

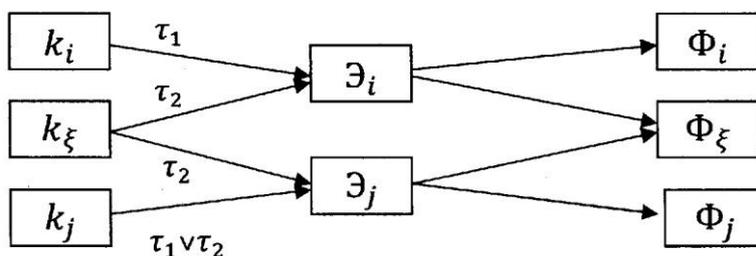


Рис. 8. Частный случай реализации принципа наложения функциональных усилений

При реализации принципа наложения функциональных усилений также возможен ряд вырождений, принципиально идентичных показанным на рис.5.

Выводы

1. Синтезированы основные требования и условия эффективного выполнения заказа эксплуатанта на модификации ВС, реализация которых существенно способствует осуществлению принципа совмещения функций узлов и агрегатов модификаций ВС.

2. Синтезированные выше частные принципы имеют, по-видимому, множество способов их конструктивно-технологической реализации, основными из которых являются:

- рациональный выбор соответствующих конструкционных материалов;
- придание элементам дополнительных перемещений;
- использование принципа обратимости с соответствующей конструктивно-технологической доработкой элементов;
- специальное взаиморасположение элементов;
- изменение структуры и формы элементов.

3. Совмещение функций элементов рационально, если в результате функционального суммирования, взаимного функционального усиления, интерференции или наложения усилений эффективность комбинированного эле-

мента \mathcal{E}_{ij} , определяемая его функциональным свойством или их комбинацией при регламентированной надежности элемента \mathcal{E}_{ij} в системе ВС, выше функциональных эффективностей исходных элементов.

4. Так как совмещение функций элементов является по существу одним из средств повышения эффективности ВС, то оно не вносит принципиальных особенностей в постановку математической задачи оптимального проектирования ВС и агрегатов его модификаций, однако сформулированные принципы совмещения свойств элементов и условие рациональности совмещения функций в известной мере очерчивают основные проблемы поиска рациональных конструктивно-технологических решений для полифункциональных элементов ВС. К таким проблемам в первую очередь следует отнести разработку теоретических основ общих и частных методик, устанавливающих области оптимального приложения сформулированных принципов подготовки производства модификаций ВС, относящихся к обеспечению качества изделий, их технологичности и надежности.

Список литературы

1. Кива, Д. С. Научные основы интегрированного проектирования самолетов транспортной категории: монография / Д. С. Кива, А. Г. Гребеников. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского, «Харьков. авиац. ин-т», 2014. – 439 с.
2. Братухин, А. Г. CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделий в авиастроении / А. Г. Братухин, Ю. В. Давыдов, Ю. С. Елисеев и др. под ред. А. Г. Братухина. – М.: Изд-во МАИ, 2000. – 304 с.
3. Климов, В. Т. Авиационный бизнес / В. Т. Климов, А. П. Павлов. Ф. Ш. Гайсин. – М.: Московский рабочий, 2002. – 207 с.
4. Гайдачук, В. Е. Состояние и проблемы развития отечественного гражданского самолетостроения, рынка авиаперевозок и их взаимосвязи / В. Е. Гайдачук, В. Ю. Серебрянникова // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. трудов Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – Харьков, 2020. – Вып. 88. – С. 31-50. doi: 10.32620/oikit.2020.88.03
5. Шейнин, В. М. Роль модификаций в развитии авиационной техники / В. М. Шейнин, В. М. Макаров. – М.: Наука, 1982. – 225 с.
6. Пелагенко, А. П. Цивільна авіація України / А. П. Пелагенко, А. М. Троценко. – Київ: Агробізнес, 2003. – 127 с.
7. Колесников, Л. А. Основы теории системного подхода / Л. А. Колесников. – Киев: Наук. думка, 1988. – 176 с.
8. Майорова, Е. В. Формирование классификатора основных этапов жизненного цикла конструкций агрегатов самолета из полимерных композитов / Е. В. Майорова, М. Н. Журибеда // Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки»: тези доп. / Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т» [та ін.] – Харків, 2020. – С. 92–93.
9. Шавров, В. Б. История конструкций самолетов в СССР до 1938 года. 2-е изд., переработ. и дополн. / В. Б. Шавров. – М.: Машиностроение, 1978. – 576 с.

10. Шейнин, В. М. Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов. Т.2. Расчет центровки и моментов инерции самолета. Весовой анализ / В. М. Шейнин, В. И. Козловский. – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.
11. Бадягин, А. А. Проектирование самолетов / А. А. Бадягин, С. М. Егер, В. Ф. Мишин и др. – М. Машиностроение, 1972. – 716 с.
12. Кербер, Л. Л. Компонировка оборудования на самолетах. Изд. 2-е. / Л. Л. Кербер. – М.: Машиностроение, 1976. – 304 с.
13. Гайдачук, В. Е. О принципах и проблемах проектирования авиаконструкций из композиционных материалов / В. Е. Гайдачук // Самолетостроение. Техника воздушного флота. – Харьков: Харьков. авиац. ин-т. – Вып. 36, 1975. – С. 51–65.
14. Гайдачук, В. Е. Система исследований эффективности авиаконструкций из композиционных материалов / В. Е. Гайдачук // Прочность конструкций летательных аппаратов. – Харьков: Харьков. авиац. ин-т. – Вып. 3, 1976. – С. 21–35.
15. Кондаков, Н. Н. Логический словарь-справочник. Изд. 2-е, дополн. и исправл. / Н. Н. Кондаков. – М.: Наука, 1975. – 717 с.

References

1. Kiva, D. S., Grebenikov, A. G. Nauchnye osnovy integrirovannogo proektirovaniya samoletov transportnoj kategorii [Scientific foundations of integrated design of transport aircraft]. Monografija. Kharkov: KhAI, Publ. 2014. 439 p.
2. Bratuhin, A. G., Davydov, Ju. V., Eliseev, Ju. S. i dr. CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) – nepreryvnaja informacionnaja podderzhka zhiznennogo cikla izdelij v aviastroenii [CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) - continuous information support of the life cycle of products in the aircraft industry]. Pod red. A. G. Bratuhina. – Moscow: MAI, Publ. 2000. 304 p.
3. Aviacionnyj biznes [Aviation business]. V.T. Klimov, A.P. Pavlov. F.Sh. Gajsin. Moscow: Moskovskij rabochij, Publ. 2002. 207 p.
4. Gajdachuk, V. E., Serebrjannikova V. Ju. Sostojanie i problemy razvitija otechestvennogo grazhdanskogo samoletostroenija, rynka aviaperevozok i ih vzaimosvjazi [The state and problems of the development of the domestic civil aircraft industry, the air transportation market and their relationship]. *Otkrytye informacionnye i komp'juternye integrirovannye tehnologii: Sb. nauch. trudov Nac. ajerokosm. Un-ta im. N.E. Zhukovskogo «HAI»*. Kharkov: KhAI Publ. 2020, no. 88. pp. 31-50. doi: 10.32620/oikit.2020.88.03
5. Shejnin, V. M., Makarov, V.,M. Rol' modifikacij v razvitii aviacionnoj tehniki [The role of modifications in the development of aviation technology]. Moscow: Nauka, Publ. 1982. 225 p.
6. Pelagenko, A. P., Trocenko A. M. Cy`vil`na aviacija Ukrainy [Civil Aviation of Ukraine]. Kyiv: Agrobiznes, Publ. 2003. 127 p.
7. Kolesnikov, L. A. Osnovy teorii sistemnogo podhoda [Fundamentals of the theory of systems approach]. Kyiv: Naukova dumka, Publ. 1988. 176 p.
8. Majorova, E. V., Zhuribeda, M. N. Formirovanie klassifikatora osnovnyh jetapov zhiznennogo cikla konstrukcij agregatov samoleta iz polimernyh kompozitov [Formation of a classifier of the main stages of the life cycle of aircraft aggregate structures made of polymer composites]. *Mizhnarodna naukovo-texnichna konferenciya «Problemy` stvorenniya ta zabezpechennya zhy`ttyevogo cy`klu aviacijnoyi*

texniki`»: tezy` dop. Nacz. aerokosm. un-t im. M. Ye. Zhukovs`kogo «Xarkiv. aviacz. in-t» [ta in.]. Kharkiv: KhAI, Publ. 2020. P. 92 – 93.

9. Shavrov, V. B. Istorija konstrukcij samoletov v SSSR do 1938 goda. 2-e izdanie, pererabot. i dopoln. [History of aircraft designs in the USSR until 1938]. Moscow: Mashinostroenie, Publ. 1978. 576 p.

10. Shejnin, V. M., Kozlovskij, V. I. Vesovoe proektirovanie i jeffektivnost' passazhir-skih samoletov. T.2. Raschet centrovki i momentov inercii samoleta. Vesovoj analiz [Weight design and efficiency of passenger aircraft. T.2. Calculation of aircraft alignment and moments of inertia. Weight analysis]. Moscow: Mashinostroenie, Publ. 1977. 208 p.

11. Badjagin, A. A., Eger, S. M., Mishin, V. F. i dr. Proektirovanie samoletov [Aircraft design]. Moscow: Mashinostroenie, Publ. 1972. 716 p.

12. Kerber, L. L. Komponovka oborudovanija na samoletah. Izd. 2-e. [Layout of equipment on airplanes]. Moscow: Mashinostroenie, Publ. 1976. 304 p.

13. Gajdachuk, V. E. O principah i problemah proektirovanija aviakonstrukcij iz kompozicionnyh materialov [On the principles and problems of designing aircraft structures from composite materials]. *Samoletostroenie. Tehnika vozdušnogo flota. Vyp. 36.* Kharkiv: KhAI, Publ. 1975. P. 51-65.

14. Gajdachuk, V. E. Sistema issledovanij jeffektivnosti aviakonstrukcij iz kompozicionnyh materialov [The system of studies of the effectiveness of aircraft structures made of composite materials]. *Prochnost' konstrukcij letatel'nyh apparatov. Vyp. 3.* Kharkiv: KhAI, Publ. 1976. P. 21-35.

15. Kondakov, N. N. Logicheskij slovar'-spravochnik [Logical dictionary-reference]. Izd. 2-e, dopoln. i ispravl. Moscow: Nauka, Publ. 1975. 717 p.

Надійшла до редакції 10.12.2020, рассмотрено на редколлегии 10.12.2020

Принцип поєднання функцій елементів конструкцій модифікацій повітряних суден і його складові

Показано, що система авіаційного бізнесу визначає взаємини продуцента повітряних суден (ПС) транспортної категорії та авіакомпаній, що їх експлуатують, містить замовлення на виробництво і постачання ПС і їх модифікацій, а також документацію супроводу на всіх етапах життєвого циклу.

Синтезовано основні вимоги та умови ефективного виконання замовлення експлуатанта на модифікації ПС, реалізація яких суттєво сприяє здійсненню принципу поєднання функцій вузлів і агрегатів модифікацій ПС.

Синтезовані окремі принципи мають, мабуть, безліч способів їх конструктивно-технологічної реалізації, основними з яких є:

- раціональний вибір відповідних конструкційних матеріалів;
- надання елементам додаткових переміщень;
- використання принципу оборотності з відповідним конструктивно-технологічним доопрацюванням елементів;
- спеціальне взаємне розташування елементів;
- зміна структури і форми елементів.

Суміщення функції елементів є раціональним, якщо в результаті функціонального підсумовування, взаємного функціонального посилення, інтерференції або накладення підсилень ефективність комбінованого елемента E_{ij} , що визначається його функціональною властивістю або їх комбінацією при регла-

ментованій надійності елемента E_{ij} в системі ПС вище функціональних ефективностей вихідних елементів.

Оскільки поєднання функцій елементів є по суті одним із засобів підвищення ефективності ПС, то воно не вносить принципових особливостей в постановку математичної задачі оптимального проектування ПС і агрегатів його модифікацій, проте сформульовані принципи поєднання властивостей елементів і умова раціональності поєднання функцій певною мірою окреслюють основні проблеми пошуку раціональних конструктивно-технологічних рішень для поліфункціональних елементів ПС. До таких проблем в першу чергу слід віднести розроблення теоретичних основ загальних і окремих методик, які визначають області оптимального застосування сформульованих принципів підготовки виробництва модифікацій ПС, що відносяться до забезпечення якості виробів, їх технологічності і надійності.

Ключові слова: повітряні судна транспортної категорії, модифікації, авіаційний бізнес, принцип суміщення функції конструктивних елементів.

The principle of combining the functions of structural elements of aircraft modifications and its components

It is shown that the aviation business system determines the relationship between the producer of aircraft (AC) of the transport category and the airlines operating them, includes an order for the creation and delivery of aircraft and their modifications, as well as support documentation at all stages of the life cycle.

The main requirements and conditions for the effective fulfillment of an operator's order for aircraft modifications have been synthesized, the implementation of which significantly contributes to the implementation of the principle of combining the functions of units and assemblies of aircraft modifications.

The synthesized particular principles have, apparently, many ways of their constructive and technological implementation, the main of which are:

- rational choice of appropriate construction materials;
- giving the elements additional displacements;
- use of the principle of reversibility with the appropriate structural and technological modification of the elements;
- special arrangement of elements;
- changing the structure and shape of elements.

Combining the function of the elements is rational if, as a result of functional summation, mutual functional amplification, interference or superposition of gains, the efficiency of the combined element E_{ij} , determined by its functional property or their combination with the regulated reliability of the element E_{ij} in the aircraft system, is higher than the functional efficiencies of the original elements.

Since the combination of the functions of the elements is essentially one of the means of increasing the efficiency of the aircraft, it does not introduce fundamental features into the formulation of the mathematical problem of the optimal design of the aircraft and the units of its modifications, however, the formulated principles of combining the properties of the elements and the condition for the rationality of the combination of functions to a certain extent outline the main problems search for rational design and technological solutions for multifunctional elements of the aircraft. These problems, first of all, should include the development of the theoretical foundations of general and specific methods that establish the areas of optimal application of the

formulated principles of preparation for production of aircraft modifications related to ensuring the quality of products, their manufacturability and reliability.

Keywords: aircraft of the transport category, modifications, aviation business, the principle of combining the function of structural elements.

Сведения об авторах:

Серебрянникова Виктория Юлиевна – Генеральный директор ООО «Авиакомпания Джоника», г. Киев, Украина, 98arbalet@ukr.net

About the Author

Serebryannikova Victoria Yulievna – General Director of LLC "Airline Joni-ka", Kyiv, Ukraine, 98arbalet@ukr.net