

*Сагдиев Т.А., к.т.н., доцент
Сагдиев Ш.Т.
магистрант кафедры «Авиационный инжиниринг»
Ташкентского государственного транспортного
университета,
Республика Узбекистан, г.Ташкент*

АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ ОТСЕКОВ И СЕКЦИЙ КОНСТРУКЦИИ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА ПО КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

***Аннотация:** В статье рассматриваются результаты анализа, классификации и формализации узлов и панелей – конструкции планера самолетов. Классификация узлов и панелей осуществлялась по конструктивно - технологическим признакам, на основе применения объектно - ориентированного подхода. Результаты исследований будут использованы при разработке математических моделей системы принятия технологических решений для ТОиР авиационной техники.*

***Ключевые слова:** самолёт, членение, крыло, фюзеляж, агрегат, отсек, секция, узел, деталь, структура, граф, подграф, обводообразующий, схема, контур.*

*Sagdiev T.A. - Ph.D.
associate professor
Sagdiev Sh.T.
Master student of the department "Aviation Engineering"
Tashkent State Transport University
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF COMPARTMENTS AND SECTIONS OF AIRCRAFT STRUCTURE BY STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL FEATURES

***Abstract:** The article discusses the results of the analysis, classification and formalization of nodes and panels - the design of the airframe. The classification of nodes and panels was carried out according to constructive and technological features, based on the use of an object-oriented approach. The results of the research will be used in the development of mathematical models of the system for making technological decisions for the maintenance and repair of aviation equipment.*

Key words: *aircraft, articulation, wing, fuselage, unit, compartment, section, node, detail, structure, graph, subgraph, bypass, scheme, contour.*

Разрабатываемые методы автоматизированного проектирования средств технологического оснащения должны отвечать целому ряду требований, предъявляемых к САПР, эффективность которых во многом зависит от соблюдения принципов системного единства, развития, совместимости и стандартизации подсистем и их компонентов. Эти принципы можно реализовать, используя иерархическую систему математического моделирования объектов проектирования [1], при создании математического, информационного и программного обеспечения САПР. Данная система моделирования позволяет создать единую систему взаимосвязанных математических моделей, разрабатываемых на основе классификации элементов и свойств сборочных единиц, элементов технологической системы с последующим установлением прямого соответствия между ними.

По своей природе и по функциональному назначению структурные математические модели в зависимости от задач, которые решаются с применением этих моделей делятся на:

- модели конкретных объектов или процессов, используемые при формировании исходных данных для решения каких - либо задач;
- модели порождающей среды, используемые для поиска или синтеза структуры производственной системы, для проведения свойств объекта производства с начального в конечное состояние.

Для анализа конструктивно - технологических свойств сборочных единиц в качестве примера были выбраны основные базовые классы конструкции планера самолета - агрегаты, отсеки, секции, узлы и детали входящие в их состав. Выбор этих базовых классов конструкции самолета

1 САПР. Типовые математические модели объектов проектирования в машиностроении: Методические указания РД 50-464-84. – М.: Издательство стандартов. 1985. – 201 с

в качестве объекта исследования объясняется сложностью их форм и размеров, разнообразием применяемых конструктивных элементов, видов соединений, разнообразием применимых конструктивных элементов, а также многовариантностью технологических процессов их производства. Рассмотрение этих свойств, при разработке математической модели сборочной единицы, позволит наиболее полно отразить сущность конструкции, с точки зрения выполнения в них технологических процессов. Особое внимание при этом уделяется анализу тех свойств сборочных единиц, которые влияют на выбор состава и характеристик элементов технологической системы сборки, технического обслуживания и ремонта (ТОиР).

Базовым классом, определяющим все объекты конструктивно-технологического членения, является сборочная единица ^[2].

Сборочная единица - часть конструкции, состоящая из двух и более деталей, соединенных между собой. Наследующими классами сборочной единицы являются узел, секция, отсек и агрегат.

Агрегат - это отдельная законченная в конструктивном и технологическом отношении часть планера самолета, выполняющая четко определенную функцию. К числу агрегатов планера относят крыло, фюзеляж, киль, стабилизатор, гондолы двигателей и гондолы шасси, рули, элероны, закрылки, щитки, интерцепторы и другие функционально самостоятельные части.

Отсек - это законченная в конструктивном и технологическом отношении часть конструкции агрегата замкнутого типа, полученная отсечением одной или несколькими плоскостями. Примерами отсеков могут быть носовая, средняя и хвостовая части фюзеляжа, крыла, оперения

2 Сагдиев Т.А., Камбаров. Д.К. Объектно - ориентированный подход к анализу и классификации планера конструкции самолетов. Журнал "Теория и практика современной науки" № 6 (84) июнь 2022 г. г. Саратов. 7 Стр.

и других агрегатов самолета. Отсеки всегда участвуют в формообразовании планера самолета, выходя своими контурами на внешние теоретические обводы.

Секция - часть отсека незамкнутого типа, законченную в технологическом отношении, полученная отсечением одной или несколькими плоскостями. Обычно секции состоят из нескольких узлов соединенных между собой продольными и поперечными стыками. Примерами секций являются носки, лонжеронные части отсеков крыльев и оперения, нижние, верхние или боковые секции фюзеляжа и гондолы двигателя.

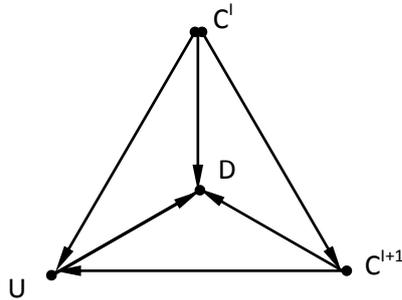
Основной задачей данных исследований является анализ и разработка классификатора отсеков и секций конструкции планера самолёта для создания основ информационного наполнения математических моделей принятия технологических решений для выполнении работ ТООР.

Отсек задается указанием агрегата, в который он входит, и указанием обводообразующих или продольных элементов, ограничивающих данный отсек. Отсеки агрегатов, входящих в семейство "*фюзеляжа*", обычно ограничиваются шпангоутами, а отсеки "*крыла*" стрингерами и лонжеронами. Таким образом, структура, задающая отсек может быть представлена в виде:

$$C.A, C.U_1, C.U_2,$$

где U_1 и U_2 - ограничивающие узлы или детали.

1. *Принципиальная схема* возможного членения отсека отражается в виде полного связного орграфа, в котором вершины помечены следующими обозначениями: C^l - отсек, C^{l+1} - подотсек (секция) (отсек более низкого уровня), U - узел, D - деталь.



При членении конкретного отсека в данном орграфе выделяется определенный подграф, который разворачивается в выходящее дерево. При этом каждый маршрут данного подграфа будет характеризоваться полустепенью исхода вершины C^l по отношению к данному маршруту. Таким образом, будет определяться количество подотсеков, узлов или деталей, на который расчленяется данный отсек, т. е. необходимо определить следующие величины:

$$k = od(C^l)_{C^{l+1}}, m = od(C^l)_U, n = od(C^l)_D$$

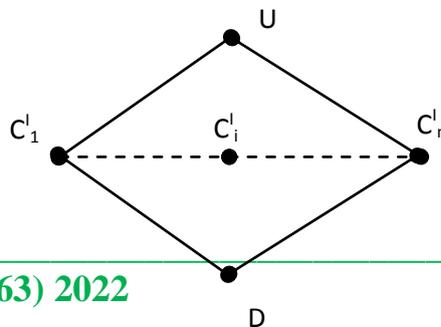
Состав отсека представляется как объединение множеств входящих элементов конструкции, которые являются объектами различных классов, т. е.

$$C^l = (d_1, \dots, d_n) \cup (u_1, \dots, u_m) \cup (c_1, \dots, c_k)$$

2. Агрегат, как расчлененную конструкцию на некотором уровне, можно представить в виде связного графа, вершинами которого будут составляющие его отсеки, узлы и детали.

Каждое ребро графа $C_i C_{i+1}$ означает стык между отсеками или зону крепления узла или детали к отсеку. Таким образом, количество контуров стыка (крепления) F_4 у отсека определяется степенью вершины C_i :

$$F_{4k} \in C_i, K = deg C_i.$$



Отсеки, являясь частями агрегата, влияют на существование или реализуют контуры агрегата, т.е., они являются конструктивным телом каждого контура агрегата:

$$|F(A)| = (C_1, \dots, C_i, \dots, C_n)$$

Данная взаимосвязь описывается булевой матрицей $[F(A) \times C]$.

Заменяв вершину A_i в графе G (рис. 1) соответствующим графом необходимо восстановить все ребра инцидентные данной вершине.

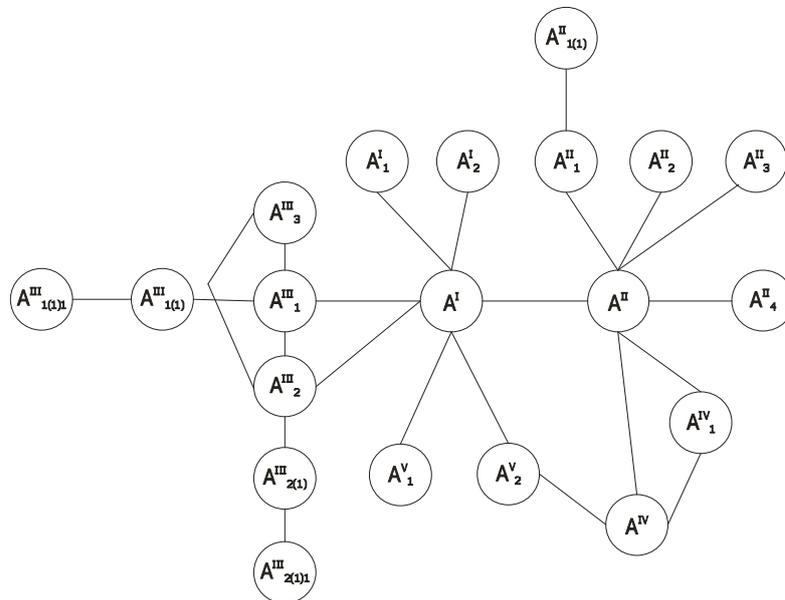
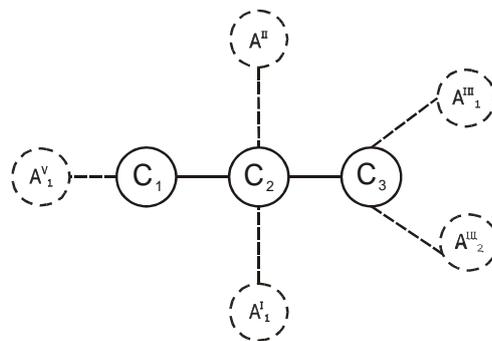


Рис. 1. Граф взаимосвязи агрегатов планера самолёта

Тогда ребра $C_i A_i$ будут отражать взаимосвязь контуров разъема агрегата, реализуемые тем или иным отсеком. Например, фюзеляж изделия А можно



представить в виде графа (рис.2.)

Рис. 2. Подграф, отражающий замену фюзеляжа системой отсеков.

Здесь C_1 , C_2 , C_3 - носовая часть, средняя часть и хвостовая часть фюзеляжа. Существование ребра $C_2A'' = 1$ говорит о том, что крепление крыла к фюзеляжу конструктивно оформлено в среднем отсеке фюзеляжа, и именно он реализует контур разъема фюзеляжа с центропланом крыла.

3. Отсеки наследуют от агрегатов морфологическую структуру. По общности строения среди отсеков можно выделить несколько классов (таблица 1.).

Таблица - 1.

Классы отсеков планера самолета

Семейство	Крыло	
Отсеки	Классы	Экземпляры класса
	центроплан	Центроплан крыла
	Отъемная часть	ОЧК, консольная часть стабилизатора
	Средняя часть	СЧК, средний отсек стабилизатора
	Секция механизации	Секция предкрылка, закрылка, элерона.
Секции	Носовая часть	НЧК, носок стабилизатора, носок киля
	Хвостовая часть	ХЧК, хвостовая часть
	Секция носовой части	Секция НЧК, секция НЧ стабилизатора
	Секция хвостовой части	Секция ХЧК, секция ХЧ стабилизатора
	Законцовка	Законцовка крыла, стабилизатора
Семейство	Фюзеляж	
Отсеки	Носовая часть	НЧ фюзеляжа, НЧ гондолы двигателя
	Средняя часть	СЧ фюзеляжа, СЧ гондолы
	Хвостовая часть	хвостовой отсек фюзеляжа, обтекателя
	Отсеки средней части	передний отсек, задний отсек, отсек соединения с центропланом
	Носовой обтекатель	носовой обтекатель фюзеляжа, обтекатель антенны
Секции	Верхняя секция	верхний отсек НЧФ, верхний домик
	Нижняя секция	нижний отсек НЧФ, нижний домик, нижний отсек СЧФ, нижняя часть мотогондолы
	Боковая секция	боковая секция фюзеляжа
	Пол	пол фюзеляжа

Классификационными признаками отсеков служат конструктивные и технологические факторы, такие как:

1. *Характер членения.*
2. Морфологические признаки: семейство, структурная общность.
3. Геометрический контур отсека характеризуется:
 - *формой поперечного сечения (образующая) F_1 ;*
 - *формой обвода в плане (направляющая) F_2 ;*
 - *тип образующих поверхностей F_3 .*
4. *Контур стыка F_4 .*
 - *разъем ушково - вильчатый: крыло с центропланом, киль и стабилизатор с фюзеляжем, крыло с фюзеляжем и т.д. $F_{4(1)}$;*
 - *разъем шарнирный: механизация с крылом или с оперением $F_{4(2)}$;*
 - *разъем фланцевый $F_{4(3)}$: ОЧК с центропланом, разъем отсеков агрегата и т.д.;*
 - *разъем телескопический или встык: отсеки фюзеляжа $F_{4(4)}$;*
 - *стык типа "замок" $F_{4(5)}$.*
5. *Контур вырезов F_5 .* Аналогично контуру выреза агрегатов.
6. *Характер соединения элементов каркаса с обшивкой.*
7. *К основным параметрам* отсека относятся его масса агрегата, габаритные размеры (длина, высота, ширина).
8. *Точность*, предъявляемая к форме и размерам агрегата

На основании вышеуказанных исследований был разработан классификатор отсеков и секций конструкции планера самолёта (рис.3.) на базе которого можно приступить к математическому моделированию объекта производства сборочных единиц, характеризующих и определяющих использование базовых технологий, оснащений (оборудования, инструментов и вспомогательной оснастки) или же новых более производительных и эффективных используемых при выполнении работ по программам ТОиР, а в конечном счёте для использования

полученных результатов для создания автоматизированной системы принятия технологических решений.

Литература

1. САПР. Типовые математические модели объектов проектирования в машиностроении: Методические указания РД 50-464-84. – М.: Издательство стандартов. 1985. – 201 с.

2. Сагдиев Т.А., Камбаров. Д.К. Объектно - ориентированный подход к анализу и классификации планера конструкции самолетов. Журнал "Теория и практика современной науки" № 6 (84) июнь 2022 г. г. Саратов. 7 Стр.

3. Гради Буч. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++ . («Object-Oriented Analysis and Design with Applications in C++»): Addison-Wesley Longman.

Класс отсека	Структура, определяющая отсек	Форма сечения	Форма в плане	Тип образ. поверхностей	Контур стыка		Контур выреза	Схема членения	Объекты членения		
					C_{i-1}	C_i			C^{i-1}	U	D
Центроплан	Нервиора, лонжерон Нерв.№-Нерв.№ Лон №-Лон №			Поверх. 1-й крив.			Вырезы под лочки		-	Панель Лонжерон Нервиора	Фитинги Уголок Косынка
Консольная часть	Нервиора Нерв.№			Поверх. 1-й и 2-й крив.			Вырезы под гондолу		НЧ СЧ ХЧ	Законцовка Зализ Узел крепления	
Носовая часть	Лонжерон Лон.№			Поверх. 1-й крив.			Вырезы под узлы навески		Секция	Лонжерон	Носок Обшивка Мембрана
Средняя часть	Лонжерон Лон.№-Лон.№			Поверх. 1-й крив.			Вырезы под лочки		Секция	Панель Лонжерон Нервиора	Фитинги Уголок Косынка
Хвостовая часть	Лонжерон Лон.№			Поверх. 1-й крив.			Вырезы под гондолу Вырезы под узлы навески		Секция	Лонжерон Узел навески	Хвостик Обшивка Мембрана

Рис.3. Фрагмент классификации отсеков и секций конструкции планера самолёта.