DOI - 10.32743/UniTech.2022.99.6.13959

СИСТЕМА ТЕОРЕТИКО - МНОЖЕСТВЕННОГО ОПИСАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЧЛЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА

Сагдиев Тулкун Ахмеджанович
канд. техн. наук,
доц. кафедры Авиационный инжиниринг
Ташкентский государственный транспортный университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: sta_smap59@mail.ru

Сагдиев Шахзод Тулкунжонович
магистрант
Ташкентского государственного транспортного университета,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: shazzzik@mail.ru

Норкобилов Бехзод Нормурот угли
магистрант
Ташкентского государственного транспортного университета,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: bnorqobilov@bk.ru

SYSTEM OF THEORETICAL - MULTIPLE DESCRIPTION AND CLASSIFICATION OF STRUCTURAL - TECHNOLOGICAL DIVISION OF AIRCRAFT STRUCTURE

Tulkun Sagdiev
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Aviation Engineering,
Tashkent State Transport University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Shakhzod Sagdiev
Master student
of the Tashkent State Transport University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Bekhzod Norkobilov
Master student
of the Tashkent State Transport University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается членение конструкции планера самолёта на основе использования объектно - ориентированного подхода при анализе и классификации. Результаты данных исследований позволят в дальнейшем перейти к математическому моделированию объектов на различных уровнях детализации при создании автоматизированной системы принятия технологических решений.

ABSTRACT

The article deals with the division of the airframe structure based on the use of an object-oriented approach in the analysis and classification. The results of these studies will allow in the future to move on to mathematical modeling of objects at various levels of detail when creating an automated system for making technological decisions.

Библиографическое описание: Сагдиев Т.А., Сагдиев Ш.Т., Норкобилов Б.Н. СИСТЕМА ТЕОРЕТИКО - МНОЖЕСТВЕННОГО ОПИСАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЧЛЕНЕНИЯ КОСТРУКЦИИ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2022. 6(99). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13959*

Ключевые слова: конструкция самолёта, авиационная техника, членение, техническое обслуживание, ремонт, диагностика, объект, проектирование, уровни детализации, математическое моделирование, модель, агрегат, отсек и секции, узел, панель.

Keywords: aircraft structure, aviation equipment, division, maintenance, repair, diagnostics, object, design, levels of detail, mathematical modeling, model, assembly, compartment and sections, unit, panel.

Разрабатываемые методы (системы) 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 компонентов САПР. Эти принципы можно реализовать, используя иерархическую систему математического моделирования объектов проектирования [1], при создании математического, информационного и программного обеспечении САПР. Данная система моделирования позволяет создать единую систему взаимосвязанных математических моделей, разрабатываемых на основе классификации элементов и свойств СЕ, элементов технологической системы (ЭТС) 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 СЕ были определены основные базовые классы конструкции планера самолета – агрегаты, отсеки, секции, узлы (панели) и детали входящие в их состав. Выбор этих базовых классов в качестве объекта исследования объясняется сложностью их форм и размеров, разнообразием применяемых конструктивных элементов, видов соединений, а также много вариантностью технологических процессов их производства. Рассмотрение этих свойств, при разработке математической модели, позволит наиболее полно отразить сущность конструкции, с точки зрения применимости ЭТС и принятия технологических решений. Особое внимание при этом уделяется анализу тех свойств СЕ, которые влияют на выбор состава и характеристик элементов технологической системы.

Базовым классом, определяющим все объекты конструктивно-технологического членения, является сборочная единица.

Сборочная единица - часть конструкции, состоящая из двух и более деталей, соединенных между собой. Наследующими классами сборочной единицы являются узел (панель), отсек, секция 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 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, залонжеронные части отсеков крыльев и оперения, нижние, верхние или боковые секции фюзеляжа и гондолы двигателя.

Узел(панель)- наиболее низкая ступень расчленения объектов сборки - это сборочная единица, являющаяся частью отсека или агрегата, состоящая только из деталей. Представителями узлов являются панели, шпангоуты, нервюры, лонжероны, стеллажи, полки, сборные кронштейны и т.д.

Таким образом, определены основные классы конструктивно-технологического членения конструкции планера самолёта, которые составляют иерархические уровни в классификации СЕ. Каждый из уровней соответствует определенному этапу общего процесса сборки планера самолета. Членение планера на агрегаты, отсеки и узлы для каждого конкретного самолета можно представить в виде выходящего дерева, где каждая его вершина будет отражать необходимость применения того или иного состава ЭТС.

Отдельные агрегаты, отсеки и секции, и узлы и панели можно объединить в отдельные группы по модульному принципу. Каждая группа соответствует в реальности отдельным сборочным цехам на производстве. Таким образом, можно выделить следующие группы: Крыло; Фюзеляж; Оперение; Гондола; Шасси.

По морфологическим признакам все агрегаты и отсеки можно разделить на два семейства:

1. *Семейство крыла* - обводообразующим элементом конструкции является нервюра.

2. *Семейство фюзеляжа* - обводообразующим элементом конструкции является шпангоут.

В каждом семействе классы объектов СЕ характеризуются общностью конструктивных и технологических особенностей.

Агрегаты и отсеки - секции семейства крыла имеют повышенные требования к точности выполнения аэродинамических контуров и изменяемость некоторых геометрических параметров готовых изделий под воздействием собственного веса. Их поперечные сечения имеют сложный контур, а образующая обычно прямая линия. Кривизна форм поверхностей данного семейство определяется строительной высотой профильного сечения. Также данное семейство характеризуется трудным доступом в рабочие зоны изнутри.

Агрегаты и отсеки семейства фюзеляжа образованы цилиндрическими, эллиптическими и коническими поверхностями. Характерной особенностью данного семейства является наличие свободных подходов к рабочим зонам с внутренней стороны.

Агрегаты планера самолета делятся на группы по модульному принципу (таблица – 1.) и характеризуются по следующим признакам:

Таблица 1.

Группы агрегатов планера самолета

Семейство	**"Крыло"**		**"Фюзеляж"**		**Шасси**
Группы	**Крыло**	**Оперение**	**Фюзеляж**	**Гондола**	
Агрегаты	Крыло - A^{II} Закрылок - A^{II}_1 Предкрылок - A^{II}_3 Элерон - A^{II}_2 Тормозной щиток - A^{II}_4 Дефлектор - $A^{II}_{1(1)}$	Стабилизатор - A^{III}_1 Киль - A^{III}_2 Руль высоты - $A^{III}_{1(1)}$ Руль направления - $A^{III}_{2(1)}$ Обтекатель - A^{III}_3 Сервокомпенсатор - $A^{III}_{1(1)1}$, $A^{III}_{1(2)1}$	Фюзеляж - A^{I} Дверь - A^{I}_1 *Грузовой люк(рампа)- A^{I}_2*	Гондола двигателя - $A^{IV}_{(1)}$ Гондола шасси - A^{IV}_2 Пилон - $A^{IV}_{1(1)}$ Воздухозаборник A^{IV}_3	НШ - A^{V}_1 *ГШ - A^{V}_2*

1. По *характеру членения* можно выделить следующие конструкции:

- непанелируемая конструкция;
- панелированная конструкция;
- с разбиением на отсеки;
- с членением на отсеки, узлы и детали (смешанный тип).

Принципиальная схема возможного членения агрегата отражается в виде полного связного орграфа, в котором вершины помечены следующими символами: A - агрегат, C - отсек (compartment), U - узел (unit), D - деталь.

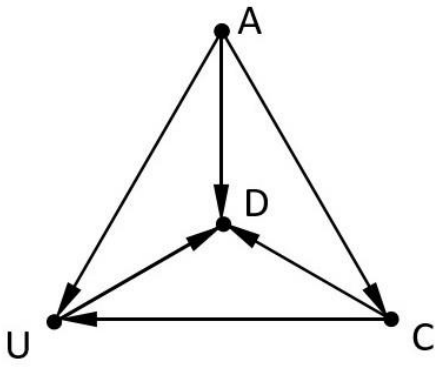

Рисунок 1. Схема возможного членения агрегата в виде полного связного орграфа

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

$$k = od(A)_C,\ m = od(A)_U,\ n = od(A)_D \qquad (1)$$

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

$$A = (d_1, \ldots, d_n)\ U\ (u_1, \ldots, u_m)\ U\ (c_1, \ldots, c_k) \qquad (2)$$

2. *Симметричность агрегата*. Каждый агрегат самолета симметричен относительно плоскости симметрии самолета или же имеет зеркальных двойников. Поэтому, во всех случаях можно рассматривать только половину агрегата. Кроме того, агрегат может иметь собственные плоскости симметрии. В этом случае целесообразно работать только с одной из частей агрегата.

3. *Форма агрегата*. Современные самолеты имеют достаточно разнообразные формы агрегатов. Форма агрегата задается в настоящее время двумя способами: графическим и аналитическим.

Графический способ во многом связан с плазово - шаблонным методом обеспечения взаимозаменяемости на производстве. Его сущность заключается в увязке контуров агрегата по трем плазовым проекциям (метод батоксов и горизонталей). Кривые контуров агрегата при этом методе вычерчиваются на плазе по координатам точек кривой или задаются специальными построениями (графоаналитический метод). Данный метод позволяет получать достаточно сложные контуры, однако трудоемок и отличается недостаточной точностью [2].

Аналитический способ представляет собой совокупность математических методов задания кривых. Стремительное развитие области информационных технологий в течении нескольких последних лет сделал возможным реализовать эти методы в виде алгоритмов, решаемых на ЭВМ. Особенно заметен прогресс использования математического аппарата для проектирования сложных технических объектов в современных CAD/CAM системах. Во многих отраслях машиностроения в настоящее время наметилась четкая тенденция к реализации функций производительной системы в рамках единой CALS-технологии (Continuous Acquisition and Life – cycle Support) [3].

Одним из преимуществ данной технологии заключается в том, что и конструктор и технолог работают в одной среде разработки. В этом случае технолог получает в качестве исходных данных твердотельную трехмерную модель объекта производства. Однако современные реалии требуют обеспечения возможности работать как с электронными носителями данных об объекте, так и с "бумажными" конструктивными чертежами в среде 3D. Анализируя инструменты создания сложных кривых и поверхностей, реализованных в большинстве CAD системах, можно отметить такие, которые позволяют получать трехмерную модель по аналогии с методом батоксов и горизонталей. Примером является построение геометрических сложных поверхностей на основе NURBS-кривых (non - uniform rational B - spline) и NURBS - поверхностей методом лофтинга.

В связи с этим у агрегата необходимо выделить *контур поперечного (обводообразующего) сечения* F_1. Геометрия агрегата в этом случае будет определяться набором поперечных сечений, распределенных по длине агрегата. Трудоемкость задания контура сечения во многом зависит от его сложности. Универсальным методом является получение контура интерполяцией по опорным точкам. Однако часто контур имеет достаточно простую форму, и есть смысл задавать его в функциональном параметрическом виде. Для этого необходимо классифицировать агрегаты по типам поперечного сечения. Кроме того, в зависимости от сложности поверхностей, образующих агрегаты, их можно классифицировать по способам задания.

Членение агрегата в основном происходит в месте расположения силового конструктивного элемента (стыковой шпангоут, нервюра, стрингер, лонжерон). Целесообразно обозначить в агрегате каркасные обводообразующие элементы, распределенные по длине агрегата и продольные элементы, распределенные относительно поперечного сечения агрегата, пронумеровав их.

Рассматриваемые агрегаты как элементы планера самолета, их взаимосвязь выражается в виде связного графа. Анализ конструктивного членения планера отражен на обобщенном графе *G* (glider - планер) (рис. 1).Условные обозначения даны в таблице 1.

Изделию соответствует подграф $G_A = G - (A^I_2, A^{II}_3, A^{IV}_1, A^{III}_3, A^V_1 A^I)$. Ребра данного графа суть конструктивный разъем между агрегатами самолета. Таким образом, рассматривая каждый агрегат в отдельности как некоторую вершину графа, можно определить количество контуров стыка (разъема) у агрегата как степень данной вершины: $F_{cm.i} \in A$, $I = deg\ A$. Характер разъема или стыка зависит от классов агрегатов, инцидентных одному ребру.

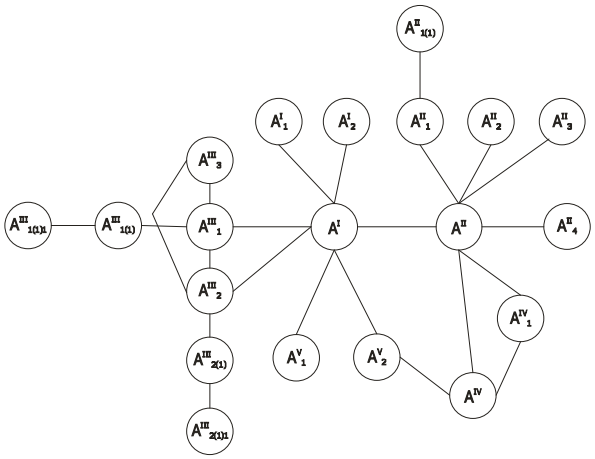

Рисунок 2. Граф взаимосвязи агрегатов планера конструкции самолёта

4. *Контуры стыка и разъема* F_2 требуют специальных методов базирования в сборочном приспособлении (СП) и могут быть представлены:

- разъем ушково - вильчатый: крыло с центропланом, киль и стабилизатор с фюзеляжем, крыло с фюзеляжем и т.д. $F_{2(1)}$;
- разъем шарнирный: механизация с крылом или с оперением $F_{2(2)}$;
- стык типа "замок" $F_{2(3)}$;
- разъем телескопический: отсеки фюзеляжа $F_{2(4)}$.

Наличие и вид больших вырезов влияет на конструкцию СП, ограничивает возможность размещения в зоне выреза базирующих элементов, требует обеспечения дополнительной жесткости в зоне выреза. Локализация выреза может задаваться указанием продольных и поперечных элементов каркаса агрегата, ограничивающих вырез. Если вершина А (рис. 1) смежная с объектами класса "Дверь" (A^V_1) или "Грузовой люк" (A^V_2), то агрегат А будет иметь как контур стыка, так и *контур выреза* F_3. Вырезы в самолетных конструкциях разделяют на две группы:

- *Большие* $F_{3(1)}$: вырез под центроплан в фюзеляже, вырез под двери и грузовой люк, вырез под лобовое окно и т.д.;
- *малые* вырезы $F_{3(2)}$: вырезы под иллюминаторы, под лючки и т.д.

5. *Характер соединения элементов каркаса с обшивкой*: через детали-компенсаторы, без деталей-компенсаторов.

6. К *основным параметрам* агрегата относятся масса агрегата, габаритные размеры (длина, высота,

ширина), которые определяются как габариты параллелепипедного контейнера, содержащего в себе агрегат, грани которого параллельны строительным плоскостям самолета: ПСГ, ПС и ПД "0" для семейства фюзеляжа; СПК, плоскость, проходящая через ось лонжеронов, плоскость нервюр для агрегатов семейства крыла. Введение контейнера дает возможность абстрагироваться от геометрических характеристик формы агрегата при определении положения агрегата в системе осей самолета.

7. Свойством агрегата, как производственного объекта, относится *точность*, предъявляемая к форме и размерам агрегата, которая является собой группу допусков:

- допуски на аэродинамические обводы;
- допуски на стыки;
- допуски на расположение элементов каркаса;
- допуски на зазоры между сопрягаемыми деталями и др.

На основании проведенных исследований был разработан классификатор агрегатов (рис. 2), отсеков и секций [4], плоских каркасных узлов и панелей [5] конструкции планера самолёта, на базе которых можно приступить к математическому моделированию объекта производства сборочных единиц, характеризующих и определяющих использование и корректировку базовых технологий, оснащений (оборудования, инструментов и вспомогательной оснастки), а также заменять их более производительными и эффективными используемые при выполнении работ по базовым технологиям, а в конечном счёте для использования полученных результатов для создании автоматизированной системы принятия технологических решений.

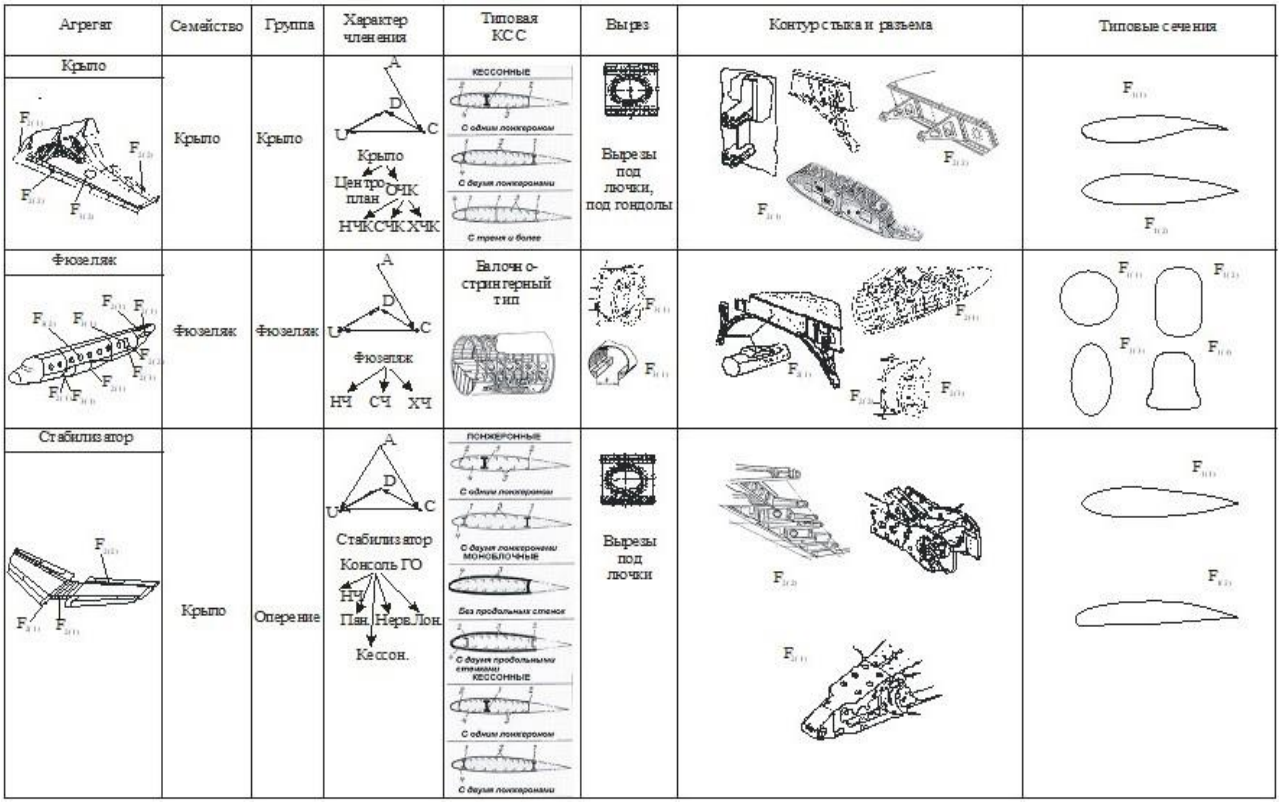

Рисунок 3. Фрагмент классификатора агрегатов конструкции планера самолёта

Список литературы:

1. САПР. Типовые математические модели объектов проектирования в машиностроении: Методические указания РД 50-464-84. – М.: Издательство стандартов. 1985. – 201 с.
2. Технология самолетостроения. Л.А. /Абибов, М.Н.Бирюков, В.В. Бойцов, В.П. Григорьев, И.А, Зернов, П.Ф. Чударев. – М. Машиностроение. 1982. 551 с.
3. Павлов В.В.CALS-технологии в машиностроении (математические модели). – М.: ИЦ МГТУ, Станкин, 2002. 328 с.
4. Сагдиев Т.А., Сагдиев Ш.Т. Анализ и классификацияотсеков и секций конструкции планера самолета по конструктивно-технологическим признакам. Международнқй научно – практический журнал «Мировая наука», № 6 (63) июнь 2022 г.
5. Сагдиев Т.А., Норкобилов Б.Н. Исследование и классификация свойств узлов и панелей конструкции планера самолёта. Международнқй научно – практический журнал «Мировая наука», № 6 (63) июнь 2022 г.