

Сагдиев Т.А., - к.т.н., доцент,
Норкобилов Б.Н. - магистрант кафедры
«Авиационный инжиниринг»
Ташкентского государственного
транспортного университета,
Республика Узбекистан, г. Ташкент.

ИССЛЕДОВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ УЗЛОВ И ПАНЕЛЕЙ КОНСТРУКЦИИ ПЛАНЕРА САМОЛЁТА

Аннотация: В статье рассматриваются результаты анализа, классификации и формализации узлов и панелей – конструкции планера самолетов. Классификация узлов и панелей осуществлялось 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, панель, деталь, структура, граф, подграф, обводообразующий, схема, контур.

Sagdiyev T.A. - Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Norkobilov. B.N. - master student
Tashkent State Transport University, Republic of
Uzbekistan, Tashkent city.

RESEARCH AND CLASSIFICATION OF THE PROPERTIES OF ASSEMBLY AND PANELS OF THE AIRCRAFT STRUCTURE

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, assembly, panel, detail, structure, graph, subgraph, bypass, scheme, contour.

Целью данных исследований является анализ и разработка классификатора узлов и панелей для создания основы информационного наполнения математических моделей принятия технологических решений для выполнения работ ТООР.

Узлы и панели – это 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.

Плоско - каркасные узлы и панели могут входить в состав различных агрегатов самолета и выполнять различные функции. Чаще всего панели образуют аэродинамические поверхности крыла, фюзеляжа и оперения самолета, а плоско - каркасные узлы образуют каркас вышеуказанных сборочных единиц. Панель представляет собой сборочную единицу, состоящую из обшивки, подкрепленной продольным или поперечным силовым набором. Внешняя поверхность обшивки панели представляет собой обтекаемую воздушным потоком поверхность самолета. В конструкции самолета широко применяются следующие виды панелей: сборные, сборно-монолитные, монолитные, гофровые и сотовые панели. Под сборными панелями условно подразумевают панели, силовые элементы которых присоединяются к обшивке заклепками, болтами или точечной сваркой.

К конструктивно - технологическим характеристикам панелей с точки зрения применимости (выбора или проектирования) средств технологического оснащения можно отнести следующие их свойства:

1. Форма внешнего обвода (условно обозначим данный контур F_1), которые по форме внешнего (аэродинамического) обвода подразделяются на: плоские $F_{1(1)}$; одинарной кривизны $F_{1(2)}$; двойной кривизны $F_{1(3)}$. При

этом кривизна панелей зависит во многом от функционального назначения в планере самолета.

От кривизны панели во многом зависит сложность свойств и геометрических размеров средств технологического оснащения (особенно при операциях монтажа - демонтажа, применимости того или иного оборудования для выполнения программы ТОиР т.д.). Как правило, для плоских панелей и панелей одинарной кривизны используемые характеристики (габаритные параметры выполнения определенных операций) технологий и оборудования ТОиР достаточно просты.

В этом случае эти оборудования имеют, как правило, рамную конструкцию, ориентированную в одной плоскости. Для панелей двойной кривизны оборудования заметно усложняются и приобретают более пространственную конструкцию.

Вид панели	Агрегаты и отсеки ЛА				
	Ф1	Ф2	Ф3	Крыло	Оперение
Плоские	внутренние перегородки, противопожарные перегородки, стенки шпангоутов, полы кабины, панели шумопоглощения, панели интерьера	внутренние перегородки, противопожарные перегородки, стенки шпангоутов, полы и потолки кабины, панели шумопоглощения	внутренние перегородки, противопожарные перегородки, стенки шпангоутов, полы кабины, панели шумопоглощения, тепловые экраны	внутренние перегородки, стенки лонжеронов	стенки лонжеронов,
Одинарной кривизны	панели: - аэродинамической поверхности; - воздухозаборников,	панели аэродинамической поверхности	панели: - аэродинамической поверхности; - створки сопловых аппаратов; - воздухозаборников; -кожуха двигателя	панели: -аэродинамической поверхности крыла; - механизации; -кожуха двигателя,	панели: - аэродинамической поверхности ВО и ГО; - механизации; -кожуха двигателя.
Двойной Кривизны	панели аэродинамической поверхности		панели: аэродинамической поверхности, гермоднище		панели: аэродинамической поверхности

		гермокабины		
--	--	-------------	--	--

Внешний аэродинамический контур может задаваться различными способами:

Каркасный метод – задаются с определенным шагом отдельные поперечные и продольные сечения поверхности агрегата, образующие как бы каркас поверхности. Агрегат самолета при этом разделяется системой секущих плоскостей, параллельных трем координатным плоскостям: горизонтали, батоксов и плоскости нервюр или плоскости шпангоутов. Эти сечения наносятся на теоретический план с таблиц координат.

Математические методы. Любую поверхность можно представить в виде массива точек (x, y, z) , который может поддаваться некоторой математической зависимости. Одним способов получения такой зависимости является кинематический способ задания поверхности. При кинематическом способе поверхность рассматривают как движение по некоторой траектории кривой.

Линию, задающую движение, называют образующей или образующим контуром $F_{обр}=f(x,y,z)$. Образующая задается либо набором точек (стандартные профили крыла), либо функциональной зависимостью одной координаты относительно другой ($y=f(x)$), причем границы кривой задаются некоторой областью (x_{min}, x_{max}) .

Траекторию движения образующей называют направляющей или направляющим контуром $F_{напр}=f(x,y, z)$. Направляющая задается аналогично образующей.

Кроме того, образующая по мере перемещения по направляющей линии может менять свой характер. Это достигается за счет задания закона изменения функции, образующей линий относительно координаты направляющей линии.

В случае простой формы панели контур может задаваться

несколькими параметрами. Например, при цилиндрической форме панели параметрами F_1 могут быть радиус кривизны R , стрела кривизны f и длина панели L , а также координатами точек A и B , определяющих границы наружного контура, либо начальным и конечным углами φ в полярной системе координат (рис. 1).

В современных графических CAD системах имеются и другие математические методы задания сложных поверхностей. Получая математическую трехмерную модель наружного контура агрегата, можно получить любое сечения агрегата и определить координаты в любой точке поверхности.

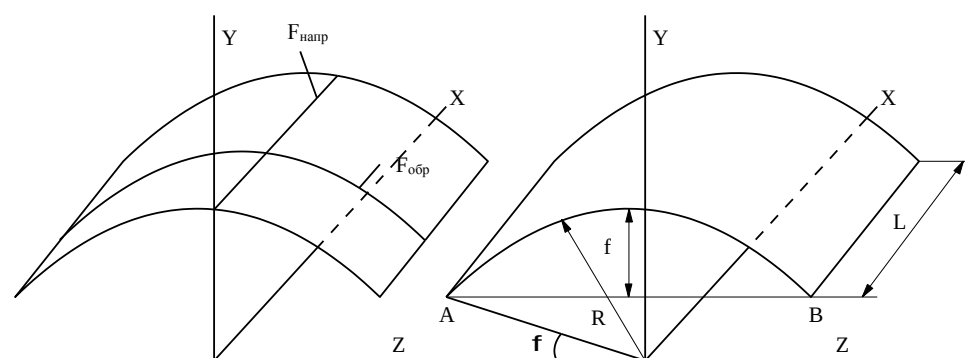


Рис. 1. Основные параметры задания формы панели.

2. Форма обвода в плане (F_2). По форме в плане панели различаются (Рис.2.): цилиндрическая (прямоугольная) $F_{2(1)}$, коническая (трапециевидная) $F_{2(2)}$, оживальной формы (округлая) $F_{2(3)}$, произвольной $F_{2(4)}$. От формы в плане зависит размещение балок приспособления, распределение постоянной и переменной нагрузки на балках, а также выбор базисных осей сборочного приспособления.

3. Наличие проемов и вырезов F_3 . При наличии проемов в приспособления необходимо предусмотреть конструкцию для базирования и фиксирования окантовок, обрамляющих вырез.

Кроме того, необходимо обеспечить легкий доступ в зону выреза, а также достаточную жесткость данной зоны.

4. Расположение подкрепляющих элементов относительно обшивки F_4 – одностороннее $F_{4(1)}$ или двухстороннее $F_{4(2)}$.

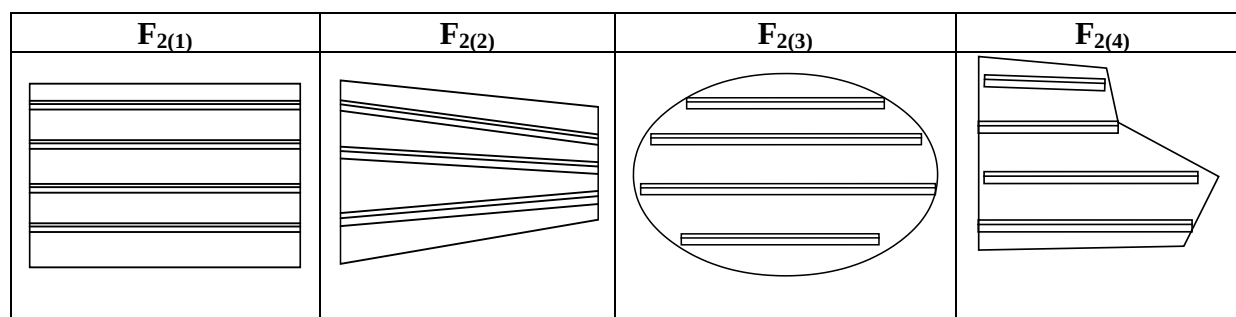


Рис. 2. Формы обводов панелей в плане

5. Расположение подкрепляющих элементов относительно обшивки F_4 – одностороннее $F_{4(1)}$ или двухстороннее $F_{4(2)}$.

6. Наличие узлов стыков и разрезов F_5 : $F_{5(1)}$ - контур стыка и разреза отсека или агрегата; $F_{5(2)}$ - контур стыка и разреза конструкции панели с бортовыми системами. Узлы стыка диктует конструкции приспособления наличие ответных стыковых узлов или стыковых плит, а также влияет на выбор базисных осей приспособления.

Множество панелей Π , как сборочные единицы, можно классифицировать по входящим в их конструкцию элементам. Состав элементов панели можно представить в виде множества $A=(a_1..a_n)$, взаимосвязанных между собой. Разновидность панелей в зависимости от состава входящих элементов можно представить в виде булевой матрицы^[1, 2]

$$||c_{(ij)}||_{\Pi, A} = [\Pi \times A]$$

Во множество A можно выделить основные группы элементов, классифицируя их по функциональному признаку:

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.

a_1 - обшивка; a_2 - продольный элемент: $a_{2(1)}$ - профиль, $a_{2(2)}$ – стрингер, $a_{2(3)}$ – полулонжерон (пояс + стенка). Между элементами каждого подмножества существует дизъюнктивная связь, определяющая возможность существования в панели различных типов продольных элементов - $(a_{2(1)} \vee a_{2(2)} \vee a_{2(3)})$; a_3 - поперечный элемент: $a_{3(1)}$ - поперечная балка, $a_{3(2)}$ - пояс шпангоута, $a_{3(3)}$ – пояс нервюры, $a_{3(4)}$ - обод шпангоута $(a_{3(1)} \vee a_{3(2)} \vee a_{3(3)} \vee a_{3(4)})$; a_4 – вспомогательный элемент: $a_{4(1)}$ – уголок, $a_{4(2)}$ – фитинг, $a_{4(3)}$ – кница, $a_{4(4)}$ - лапка, $a_{4(5)}$ - косынка, $a_{4(6)}$ - компенсатор $(a_{4(1)} \vee a_{4(2)} \vee a_{4(3)} \vee a_{4(4)} \vee a_{4(5)} \vee a_{4(6)})$; a_5 – усиливающий элемент: $a_{5(1)}$ - накладка, $a_{5(2)}$ - малковочная прокладка, $a_{5(3)}$ – компенсаторная пластина, $a_{5(4)}$ - окантовка; $(a_{5(1)} \vee a_{5(2)} \vee a_{5(3)} \vee a_{5(4)})$; a_6 – стыковой элемент: $a_{6(1)}$ - стыковочный шпангоут или профиль, $a_{6(2)}$ - стыковочный фитинг.

Отдельным элементом можно выделить подсборку или монолитное исполнение обшивки со стрингерами – a_7 .

Возможные составы элементов конструкции панели можно описать следующим отношением:

$$A = ((a_7 \vee (a_1 \wedge a_2) \vee a_1) \vee a_3 \vee a_4 \vee a_5 \vee a_6) = 1.$$

Элементы взаимосвязаны между собой. Одним из видов взаимосвязи можно считать соединение, т.е. наличие контура соединительного элемента F_6 : $F_{6(1)}$ - герметичное соединение; $F_{6(2)}$ - болтовое соединение; $F_{6(3)}$ - заклепочное соединение; $F_{6(4)}$ - соединение точечной сваркой; $F_{6(5)}$ - паяное соединение; $F_{6(6)}$ - РЭС; $F_{6(7)}$ - ДЭС; $F_{6(8)}$ - клеевое и т.д.

Соединение элементов между собой характеризуется наличием сопряжения поверхностей элементов. Наличие сопряжения между поверхностями элементов можно отразить в виде бинарных отношений между элементами множества A в виде декартова произведения $[A \times A]$ или в виде булевой матрицы

a_i	
-------	--

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7		
	•	•	•	•	•		a_1	a_j
•		•	•	•	•		a_2	
•	•		•	•		•	a_3	
•	•	•		•		•	a_4	
•	•	•	•			•	a_5	
•	•					•	a_6	
		•	•	•	•		a_7	

 $[AXA]=C_{i(j)}$

где $c_{i(j)} = 0$ или 1 , имеются ли бинарное отношение между элементами или нет.

Проанализировав различные конструкции панелей, можно прийти к следующему графу, отражающему возможные сопряжения деталей в типовых конструкциях панелей (Рис. 3.), порождающие механические связи (стрелками показана последовательность соединений):

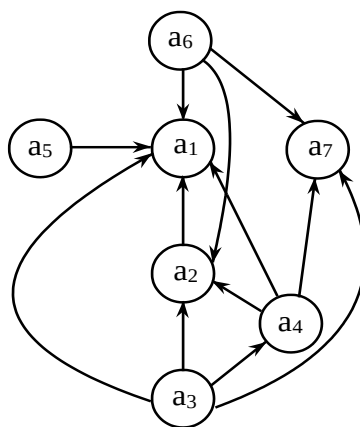


Рис. 3. Возможные сопряжения деталей в типовых конструкциях панелей, порождающие механические связи

Возможный состав дуг данного графа можно представить отношением:

$$C = ([c_{1,3} \vee (c_{1,4} \wedge c_{4,3}) \vee (c_{1,2} \wedge c_{2,4} \wedge c_{4,3})] \vee [c_{7,3} \vee (c_{7,4} \wedge c_{4,3})]) \vee (c_{1,2} \vee a_7) \vee [c_{2,3} \vee (c_{2,4} \wedge c_{4,3})] \vee (c_{1,5} \vee c_{7,5}) \vee ([c_{1,6} \vee (c_{1,2} \wedge c_{2,6})] \vee c_{7,6}).$$

Существенное влияние на выбор оснащения при сборке и монтаже

после выполнения операций ТОиР оказывает характер соединения обшивки a_1 или подборки a_7 с поперечным элементом a_3 . Это соединение может быть непосредственно образовываться этими элементами или с помощью компенсатора a_4 .

Состав элементов и их взаимосвязь влияют на выбор наборов баз для каждого элемента и на состав базирующих и фиксирующих элементов.

Однако для полной классификации панелей недостаточно учитывать только лишь состав элементов. Необходимо учитывать также конструктивно-технологические свойства элементов, взаимосвязь этих свойств между собой. Поэтому, в дальнейшем были исследованы и осуществлена классификация конструктивно-технологических свойств плоско-каркасных узлов и панелей (Рис. 4,5.), по факторам и признакам влияющих на выбор свойств и параметров элементов технологической системы ТОиР, а также для их формализации и математического моделирования.

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.

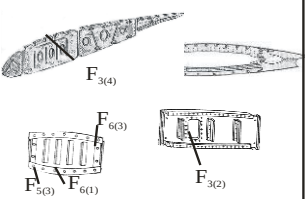
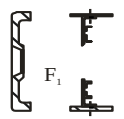
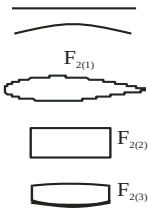
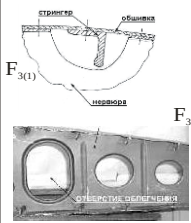
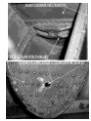
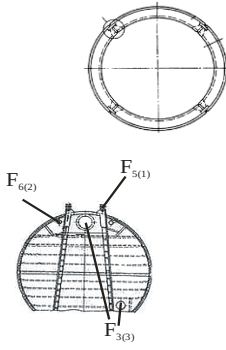
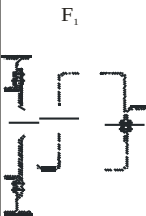
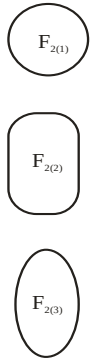
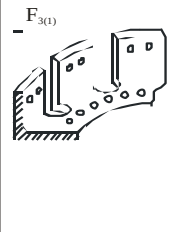
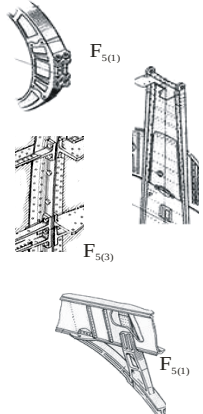
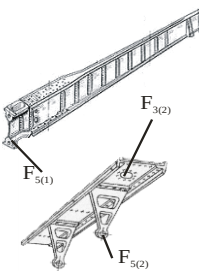
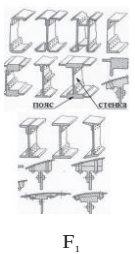
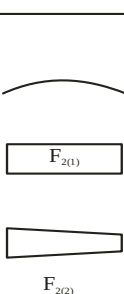
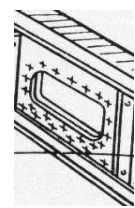
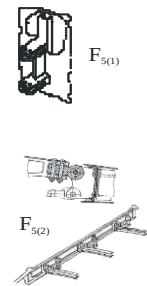
Класс узла	Контур образующей линии (сечения)	Контур направляющей линии (форма в плане)	Схема членения	Объекты членения		Расположение элементов	Контур выреза	Контур стыка	Функцион. назначение	Конструктивное исполнение
				Узлы	Детали					
Нервюра 				Половина нервюры Носок Ср. часть нерв. Хвостик	Пояс Стенка Кница Рифт	Одностороннее Двухстороннее			Нормальная нервюра Усиленная нервюра Бортовая нервюра	Ферменная Балочная Поясная Разрезная Монолитная
Шпангоут 				Обод шпанг. Стык. элемент	Пояс Стенка Кница Рифт Стык. наклад. Стык. элемент	Одностороннее Двухстороннее			Нормальный шпангоут Стыковой шпангоут Усиленный шпангоут	Рамный Стеночный Монолитный
Лонжерон 				Стык. элемент	Пояс Стенка Уголок Рифт Стык. элемент	Одностороннее Двухстороннее			Силовой элемент Стыковой элемент	Ферменный Балочный Разрезной Монолитный

Рис.4. Классификация конструктивно-технологических свойств плоско-каркасных узлов.

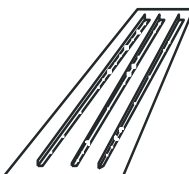
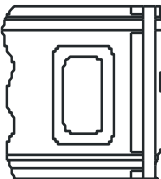
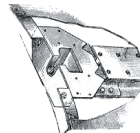
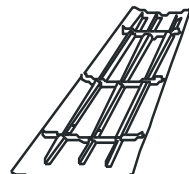
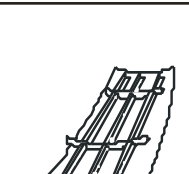
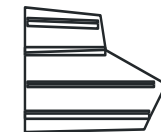
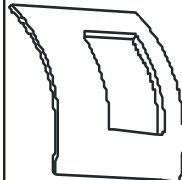
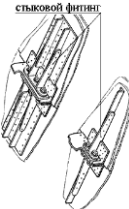
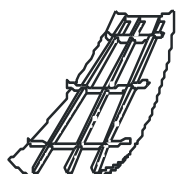
Тип панели	Контур обра- зующей линии (сечения)	Контур направ- ляющей линии (вид в плане)	Форма в плане	Схема членения	Объекты членения		Расположение элементов	Контур выреза	Контур стыка	Функцион. назначение	Конструктивное исполнение	
					Узлы	Детали						
Плоская панель		 Прямолинейная образующая	 Прямолинейная направляющая	Прямоугольная  Трапецевидная 		Обод шпанг. Балка.	Обшивка Прод. элем. Попер. элем.	Одно- стороннее 	 	 	Силовой элемент Стыковой элемент Защитный элемент	Балочная Балочно- стрингерная Сборно- монолитная Монолитная
Панель I кривизны	 	 образующая однозначной кривизны  образующая знакопеременной кривизны	 Прямолинейная направляющая	Круглая  Сложной формы 		Подсбор- ка (обш. + стирнг.) Полу- нервюра	Вспом. элемент Стык. элемент	Двустороннее 	 	 	Декоративный элемент	
Панель II кривизны	 	 образующая однозначной кривизны  образующая знакопеременной кривизны	 направляющая однозначной кривизны  направляющая знакопеременной кривизны									

Рис.5. Классификация конструктивно - технологических свойств панелей.