

УДК 629

Фермы в конструкции самолета

Студент гр. 10606123, И.С. Шарипо

Научный руководитель – ст. преподаватель О.В Куранова

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Примеров применения ферм в конструкции самолетов существует много в истории самолетостроения. В зависимости от расположения стержней фермы делятся на плоские (рис. 1), все стержни которых лежат в одной плоскости и пространственные (рис.2 и рис.3), стержни которых расположены в разных плоскостях.



Рис. 1 Плоские фермы:

а) – цельноштампованная конструкция; б) – клепаная первюра

По роду составляющих ферму стержней различают фермы трех видов:

жесткие - состоящие из жестких стержней, воспринимающих как растягивающие, так и сжимающие усилия

расчалочные - у которых вместо каждого раскоса жесткой фермы имеются две расчалки (ленты, проволока), воспринимающие лишь растягивающие усилия.

смешанные - часть жестких раскосов которых заменена расчалками.

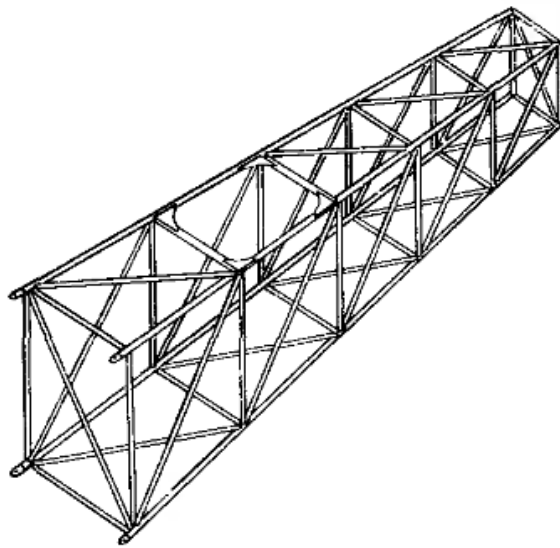


Рис.2. Пространственная жесткая ферма (каркас фюзеляжа)

Расчалочные фермы легче чем жесткие. Разница в массе тем больше, чем длиннее раскосы, так как в жесткой ферме раскосы воспринимают и сжимающие усилия. При изготовлении сварных ферм в материале стержней под влиянием нагрева при сварке и последующего охлаждения возникают остаточные напряжения, вызывающие деформацию фермы, как только она будет вынута из стапеля. Поэтому сварка ферм, требуя от сварщика высокого искусства и правильной технологии сварки, всегда связана с необходимостью последующей правки фермы. Правка расчалочной фермы значительно проще, чем жесткой, узлы которой вследствие наличия раскосов являются более жесткими.

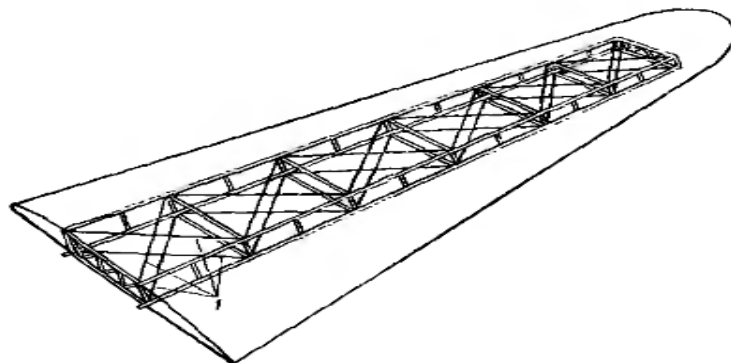


Рис.3. Пространственная расчалочная ферма каркаса крыла

Главное достоинство жесткой фермы заключается в том, что она сохраняет свою форму в процессе эксплуатации, в то время как расчалочная ферма нуждается и в первоначальной (при сборке фермы) регулировке и в наблюдении за ней и регулировке в процессе эксплуатации, так как вытяжка расчалок под действием нагрузок приводит к уменьшению жесткости фермы. Жесткая ферма более долговечна, чем расчалочная. Разрушение даже одной расчалки означает разрушение всей расчалочной фермы. Повреждение жесткого стержня не нарушает целости фермы и не приводит к значительному падению прочности стержня, поскольку его площадь сечения выбрана не по разрушающему напряжению материала стержня, а по критическому напряжению при продольном изгибе, имеющему более низкое значение.

Изложенные соображения позволяют понять, почему расчалочные фермы применялись в малонагруженных конструкциях самолетов, летавших с небольшими скоростями. При малых скоростях, а следовательно и мощностях двигателей выигрыш в массе конструкции имел большое значение. Жесткие пространственные фермы, обладающие по сравнению с расчалочными фермами повышенной долговечностью, были в свое время широко распространены, особенно в конструкциях военных самолетов.

Плоские фермы широко применялись, а для самолетов с небольшими скоростями могут применяться и сейчас в конструкции следующих частей самолета: нервюр крыльев и оперения, лонжеронов крыльев, рулей высоты, рулей направления, шпангоутов фюзеляжа. Кроме того, плоскими фермами могут быть боковые, верхняя и нижняя панели фюзеляжей, передняя, задняя, верхняя и нижняя панели крыла и др.

Если проследить за развитием конструкций самолетов, то можно отметить следующие части самолета, конструкции которых решены в виде пространственных ферм: коробка крыльев биплана, силовая часть крыла или оперения, каркас фюзеляжа, ферма двигательной установки и ферма шасси.

В пространственные фермы, составленные из плоских ферм необходимо вводить элементы, препятствующие искажению сечений при кручении и образующие так называемую поперечную жесткость. Эти элементы располагаются в плоскостях, пересекающих (обычно нормально к оси сооружения) плоскости ферм, составляющих пространственную ферму. Такими элементами являются раскосы и диагональ. Для пространственных ферм рассмотренных типов достаточно иметь указанную жесткость в двух поперечных сечениях. При этом система будет геометрически неизменяемой и статически определимой.

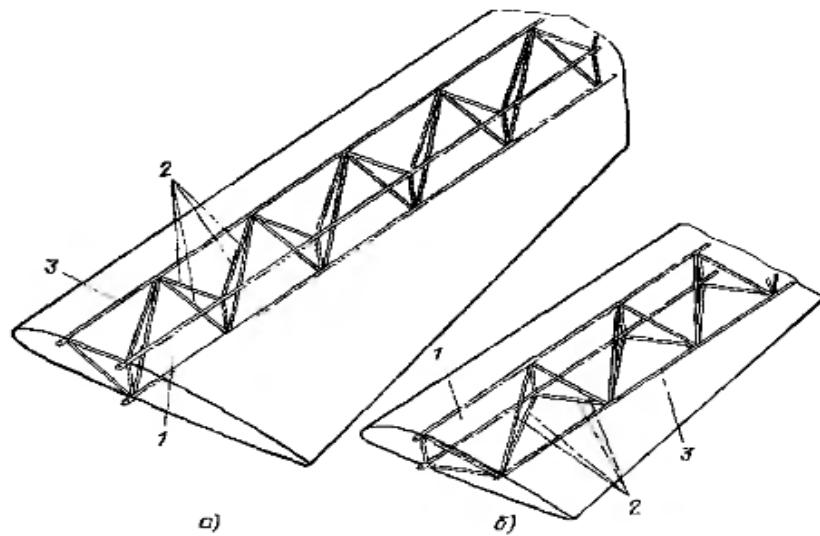


Рис. 4. Жесткая ферма Стигера

а) с выносом вперед; б) с выносом назад;

1 – лонжерон; 2 – жесткие стержни; 3 – стержень

Изучая конструктивные формы, применявшиеся в самолетных конструкциях нельзя не отметить пространственные фермы Стигера (рис.4 и рис.5), если и не получившие широкого распространения, то во всяком случае, привлечение внимание конструкторов.

В технике понятия лонжерон или стрингер— это несущий компонент каркаса.

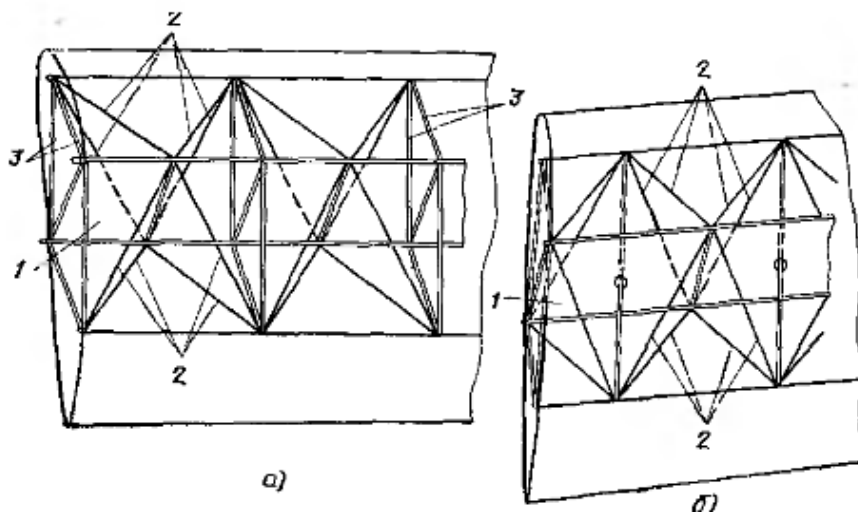


Рис. 5. Расчалочная ферма Стигера

а) с жесткими распорками (нервюрами); б) без распорок (нервюр);

1 – лонжерон; 2 – расчалки; 3 - нервюры

Эти фермы состоят из лонжерона 1 в виде балки или плоской фермы, воспринимающей изгиб в своей плоскости и осевые силы (сжатия или растяжения) от нагрузок в плоскости, нормальной к плоскости лонжерона, и системы жестких стержней или расчалок 2, воспринимающих осевые силы при действии на ферму крутящего момента. Жесткая ферма Стигера с выносом вперед (а) позволяет сместить вперед центр тяжести крыла по сравнению с фермой Стигера, имеющей вынос назад (б). Смещение центра тяжести вперед выгодно, так как повышает критическую скорость флаттера. Вынос назад позволяет использовать стержень 3 для крепления закрылка и элерона.

В зависимости от того, воспринимается ли крутящий момент жесткими стержнями или расчалками, различают жесткие фермы Стигера и расчалочные. Расчалочная ферма Стигера для крепления расчалок требует применения жестких на изгиб в вертикальной плоскости нервюр (поперечный элемент силового набора крыла и оперения летательного аппарата 3. Расчалочная ферма, приведенная на рис (б) для работы на кручение не требует применения жестких нервюр. В весовом отношении фермы Стигера выгоднее других пространственных ферм. Облегчению конструкции способствует то, что ферма Стигера является статически определимой и поэтому усилия в элементах фермы могут быть точно определены путем расчета и не зависят от неточностей производства, как в случае статически неопределимых систем.

Применение балочных конструкций это преимущественная характеристика современного самолетостроения. Отказ от ферменных конструкций, широко применявшихся в конструкции самолетов и планеров с полотняной обшивкой объясняется главным образом преимуществами в массе балок перед фермами при малых строительных высотах. Поэтому в качестве лонжеронов крыльев современных скоростных самолетов, имеющих малые толщины, выгоднее применять балки, чем фермы. Объясняется это тем, что при малой строительной высоте фермы косынки, соединяющие стержни, настолько близко подходят друг к другу, что суммарная масса косынок и раскосов оказывается больше массы заменяющей их стенки балки.

Пространственная ферма (например ферменный фюзеляж) также невыгодна. Большая скорость полета современного самолета требует применения жесткой обшивки, подкрепленной стрингерами и способной воспринимать действующие на фюзеляж нагрузки: перерезывающую силу, изгибающий и крутящий моменты. Наличие в этих условиях фермы,

работающей совместно в жесткой обшивке и дублирующей ее, создавая тем самым неопределимость, приводит к увеличению массы конструкции, по сравнению с той, которая получается без фермы, даже если при этом несущую обшивку придется несколько усилить.

В последнее время в связи с применением монолитных конструкций можно ожидать возврата к ферменным схемам, главным образом для тяжелых самолетов, у которых размеры и строительные высоты достаточно велики. В особенности это можно отнести к конструкции крыльев, имеющих большое сужение, в частности к конструкции треугольных крыльев (рис. 6), строительные высоты которых с уменьшением удлинения

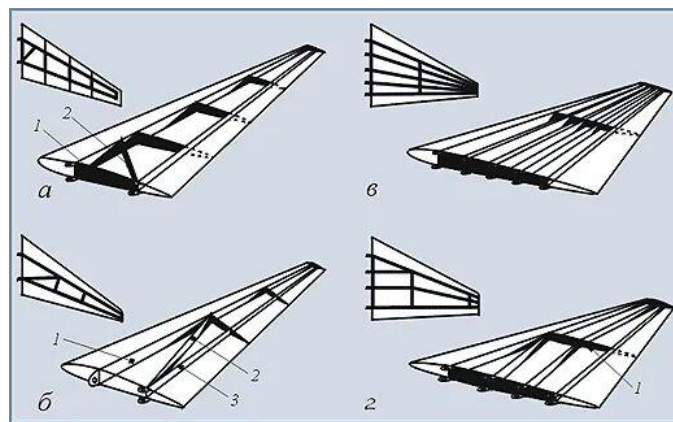


Рис. 6. Конструкции треугольных крыльев

крыла возрастают, несмотря на уменьшение относительных толщин. Монолитные конструкции позволяют значительно уменьшить массу косынок, являющихся частью монолита благодаря чему ферменная конструкция может стать выгодной по массе. Статически определяемые фермы с шарнирными соединениями стержней могут применяться для конструкций летательных аппаратов, подверженных значительному и неравномерному аэродинамическому нагреву (ракеты, ракетопланы). В этом случае ничто не препятствует независимой термической деформации отдельных стержней, благодаря чему исключается возможность возникновения термических напряжений в соединениях. В то же время в балке с плоской стенкой при неодинаковом нагреве пояса и стенки (или при разных коэффициентах теплового расширения материалов пояса и стенки) неизбежно возникновение термических напряжений.

Таким образом применение ферм целесообразно в конструкциях вертолетов, ракет и космических летательных аппаратов, а также следует

ожидать применения ферм в конструкциях больших гражданских самолетов на 500 и более пассажиров.

Литература

1. Основы конструирования в самолетостроении. Гиммельфарб А.Л. учеб. пособие для высших авиационных учебных заведений/Ред. А.В. Кожина. — 2-е изд., перераб. и доп. — М., Машиностроение, 1980.359 с.

УДК 629

Линии электропередач. Обслуживание, влияние на природу

Студент гр. 10606123, Р.А. Медведь

Научный руководитель – ст. преподаватель О.В Куранова

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Ключевую роль в распределении электроэнергии на большие расстояния играют воздушные линии электропередач (далее ВЛ). Они обеспечивают передачу электрической энергии от генераторов к потребителям и состоят из проводов, поддерживаемых опорами. ВЛ отличаются от кабельных тем, что они расположены над землёй, что позволяет снизить затраты на строительство и обслуживание, а также облегчает их ремонт и модернизацию. Но, несмотря на свои преимущества, воздушные линии также сталкиваются с рядом вызовов, таких как воздействие атмосферных условий, необходимость соблюдения норм безопасности и минимизация воздействия на окружающую среду (рис. 1).