

## **Моделирование откидной панели крыла, выполненной из композиционных материалов, при помощи системы CAD/CAM/CAE «UNIGRAPHICS»**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»*

**Ключевые слова:** композиционные материалы, крыло, откидная панель, система «Unigraphics», трехмерное моделирование.

**Ключові слова:** композиційні матеріали, крило, відкидна панель, система «Unigraphics», тривимірне моделювання.

**Key words:** composites, wing, hinged panel, "Unigraphics" system, three-dimensional design.

Прогресс науки и техники во многом зависит от успехов в области применения новых материалов. Это относится прежде всего к тем областям науки и техники, где соотношение между прочностью и массой конструкции определяет высокую эффективность конструкции. Создание современных летательных аппаратов неразрывно связано с разработкой и использованием конструкционных материалов, обладающих высокой удельной прочностью (отношение предельной прочности к плотности материала), в широком спектре изменения температурных и других воздействий; высокой динамической прочностью; стойкостью к агрессивным средам и излучениям; радиопрозрачностью и т.д. Этим требованиям отвечают композиционные материалы (КМ).

В настоящее время композиционные материалы широко применяются в конструкциях летательных аппаратов, позволяя значительно снизить их вес и уменьшить количество деталей. В связи с этим необходимы эффективные методы расчета и проектирования конструкций из КМ.

Несмотря на то, что проблемам моделирования авиационных конструкций с помощью CAD/CAM/CAE систем посвящено довольно много публикаций [1 - 3], все аспекты и нюансы создания моделей полного электронного определения изделий, изготавливаемых из композиционных материалов, до конца еще не проработаны.

Целью настоящей статьи являлась разработка методики моделирования изделий из композиционных материалов, в частности откидной панели крыла транспортного самолета.

Чертежи панели, которые стали основой для работы, были изготовлены устаревшим ныне способом – методами начертательной геометрии с помощью компьютерной программы Autodesk AutoCAD. Чертежи являются двухмерными, а потому не позволяют выполнить точную увязку всех элементов проектируемой панели. Таким чертежам характерны мелкие неточности, нестыковки. Данный метод не позволяет выполнять сквозную параметризацию и увязку всех деталей.

В данной статье предлагается моделировать панель программой «UNIGRAPHICS» - в среде трехмерного моделирования. Такой метод позволяет добиться сквозной параметризации, а также создать файл сборки панели, который будет связан с файлами отдельных деталей, а также с трехмерной моделью всего крыла и с моделью распределения пространства.

Итоговая модель должна отвечать ряду таких требований:

- сохранение сквозной параметризации для выполненных построений и полной ассоциативности как для всех элементов модели, так и для перекрестных ссылок между файлами;

- использование дерева сборки, полностью аналогичного структуре спецификации;

- базирование построений элементов панелей от мастер-геометрии крыла.

Кроме того, ставится традиционная для трехмерного моделирования задача поиска и устранения допущенных в исходных чертежах ошибок и неточностей.

Исходными данными для моделирования панели стали мастер-геометрия крыла как составная часть мастер-геометрии самолета и модель распределения пространства, мастер-геометрия крыла (рис. 1, 2), а также спецификация на моделируемую панель и ее сборочный чертеж. Помимо этого в качестве исходных данных выступал целый ряд нормативных документов, регламентирующих принципы и методы моделирования авиационных конструкций.



Рис. 1. Мастер-геометрия самолета

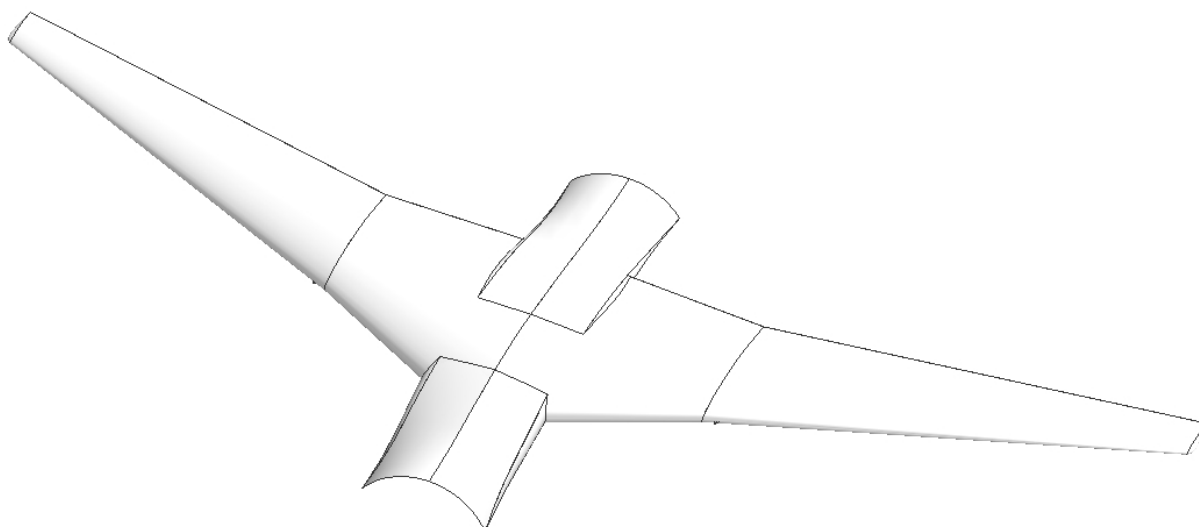


Рис. 2. Мастер-геометрия крыла

Процесс моделирования можно представить в виде нескольких характерных шагов.

Первым шагом при моделировании являлось создание ассоциативной связи между файлом модели элемента и управляющими его геометрией объектами из мастер-геометрии крыла. Так как моделируемые элементы, в свою очередь, также являются подбороками (в принятой схеме моделирования, но не по структуре спецификации), то для упрощения контроля ассоциативных связей в подборке выделяется ведущая деталь и все нужные связи устанавливаются для ее файла, а для остальных деталей элемента ассоциативные связи устанавливаются только с ведущей деталью.

На втором шаге выполнялась доработка базовой геометрии, а также создавались другие вспомогательные поверхности для использования их в качестве основы для генерации солидов.

На третьем шаге создавались эскизы поперечного сечения всех слоев ткани в соответствии с их толщиной, а затем выполнялось создание солидов.

Четвертым шагом стало создание моделей деталей, сопряженных с ведущей деталью (ведомых деталей). Для этого необходимо было в дереве построения ведущей детали выделить сопрягаемые поверхности, на основе которых и будут создаваться новые детали.

На пятом шаге моделирования осуществлялось создание сборочного файла элемента. Решение о моделировании вспомогательных сборочных единиц принято, исходя из удобства и простоты контроля выполненных построений на отсутствие зазоров и пересечений для элементов, моделирование которых велось независимо.

Расположение моделируемой панели на крыле показано на рис. 3. Исходными данными стали сборочный чертеж панели, а также схема раскройки слоев (рис. 4, 5).

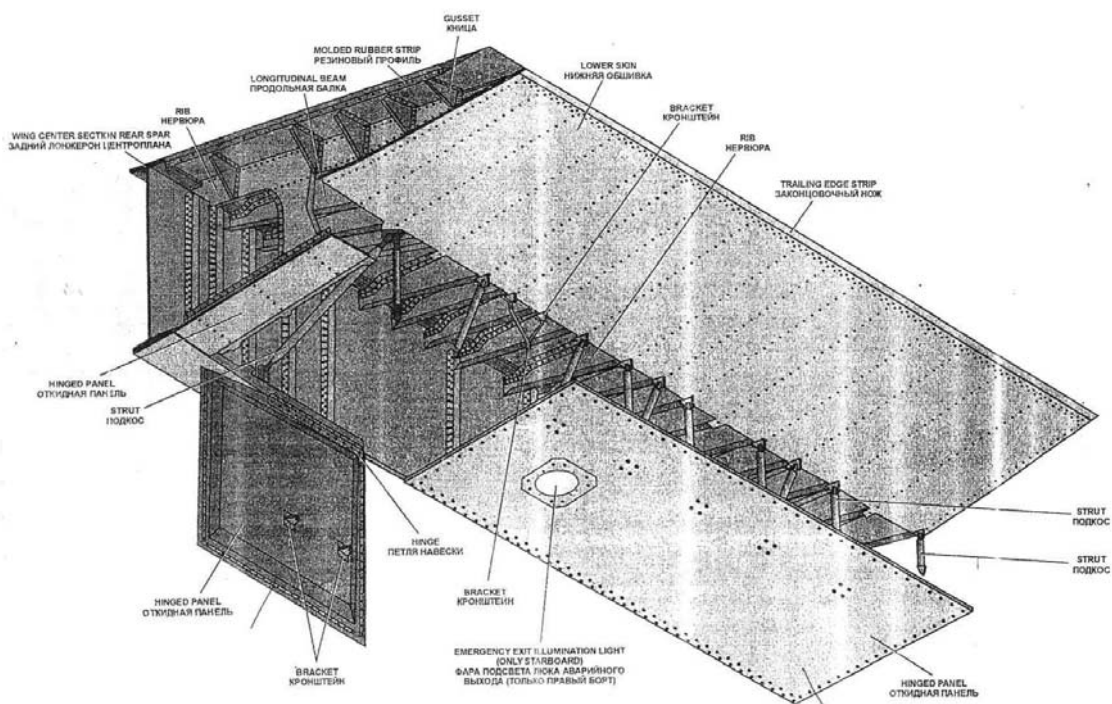


Рис. 3. Расположение откидной панели на крыле



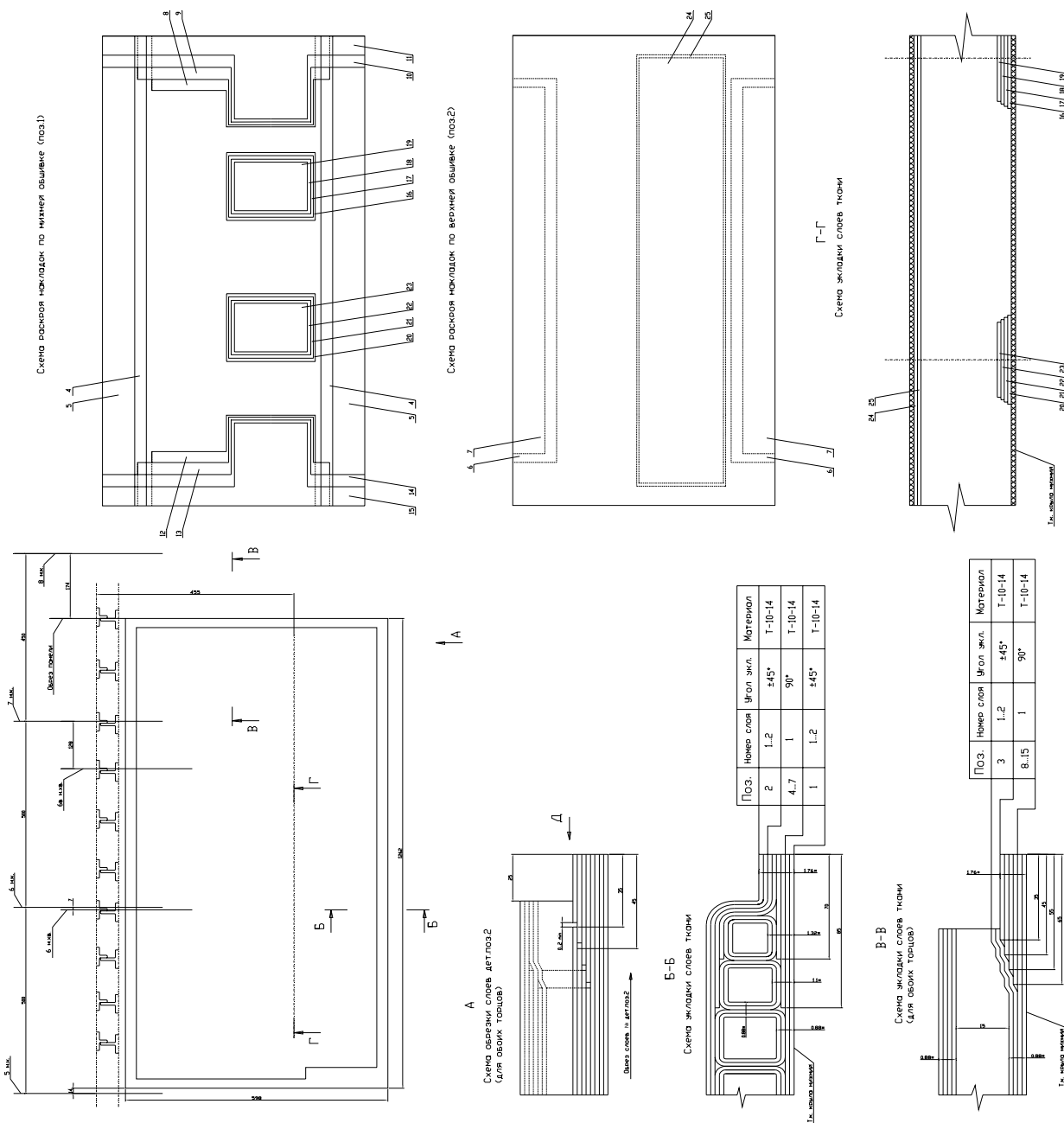


Рис. 5. Схема раскройки слоев

Моделируемая панель несколько отличается от указанной на рис. 3, поскольку является ее модификацией: в ней отсутствует фара подсвета люка аварийного выхода, и вместо пяти подкосов есть только четыре.

Панель представляет собой трехслойную конструкцию, состоящую из верхней и нижней обшивок и пакета трубочек между ними. Трубки изготавливают отдельно методом намотки стеклопластиковой ткани на специальные резиновые трубки под углом 45°, верхняя и нижняя обшивки – методом укладки ткани в формы. Верхнюю и нижнюю обшивки выкладывают в верхнюю и нижнюю части формы соответственно вместе с дополнительными и усиливающими накладками, затем на одну из половин формы выкладывают набор трубок, после чего форму со-

бирают и отправляют в печь. Все слои ткани выкладывают с необходимыми технологическими припусками. После термообработки панель отправляется на механическую обработку, где обрезаются припуски, просверливаются отверстия для крепления резиновых уплотнителей, петли, а также кронштейнов под подкосы.

Панель выполнена из стеклопластика Т-10-14 и связующего ЭДТ-69Н.

В процессе моделирования принят следующий способ: всякий набор слоев одной направленности принимается за одно тело и моделируется соответствующим способом. Например, нижняя обшивка панели разбивается на несколько тел, каждое из которых представляет собой набор слоев, уложенных под одним и тем же углом, а количество таких тел равно количеству принятых направления укладки. Аналогично разбивается верхняя обшивка и каждая трубка.

Для создания слоев использовались эскизы (рис. 6), которые представляли собой поперечные сечения уложенных слоев ткани или проекции слоев на плоскость панели.

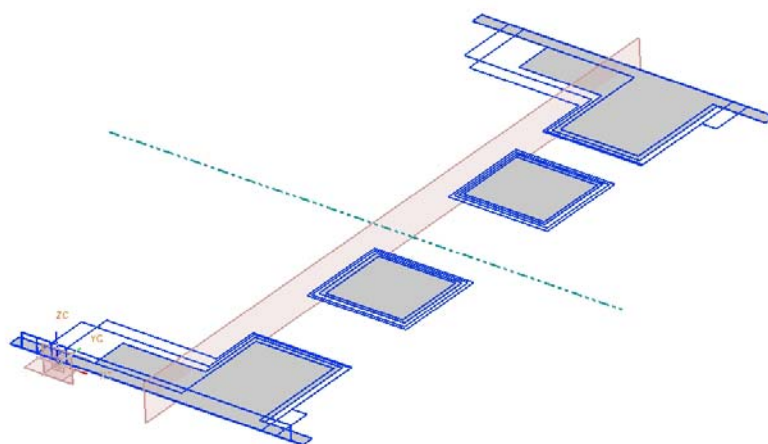


Рис. 6. Набор эскизов для моделирования откидной панели

Таким образом, вначале была смоделирована нижняя обшивка со всеми дополнительными и усиливающими накладками, включая накладки в местах установки кронштейнов (рис. 7).

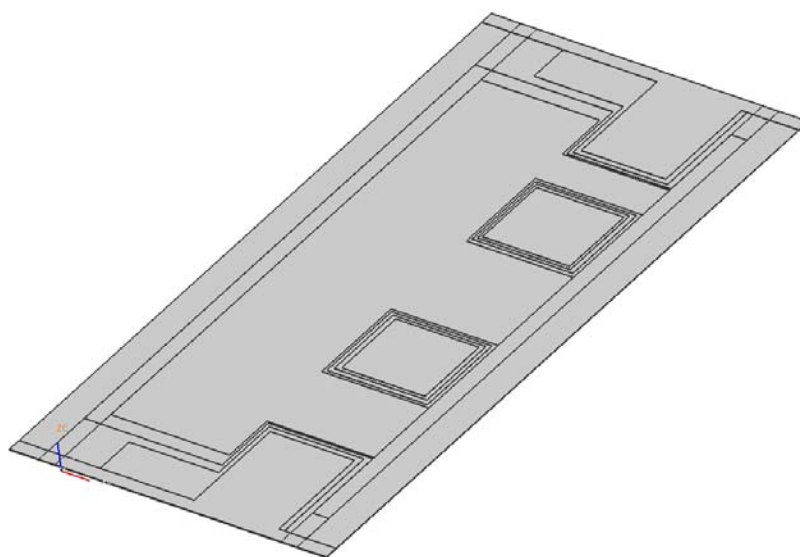


Рис. 7. Трехмерная модель нижней обшивки панели

После этого аналогичным способом была смоделирована верхняя обшивка со всеми установленными на ней дополнительными накладками (рис. 8).

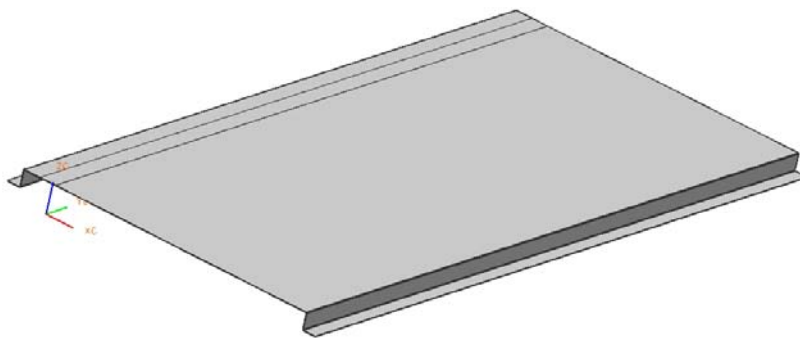


Рис. 8. Трехмерная модель верхней обшивки панели

Отдельно выполнялось моделирование набора трубок (рис. 9). Каждая трубка представляется собой набор намотанных тканей одной направленности, поэтому модель трубки выполнена как однослойное тело.

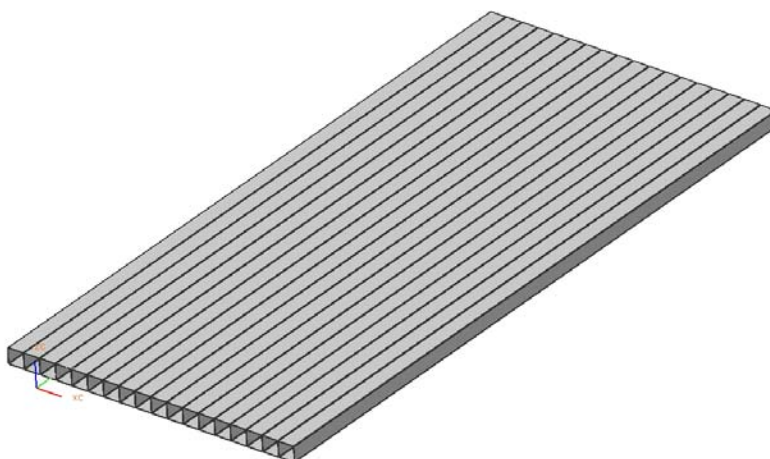


Рис. 9. Трехмерная модель набора трубок

Трехмерная модель панели-заготовки (не прошедшей механическую обработку) имеет следующий вид (рис. 10).

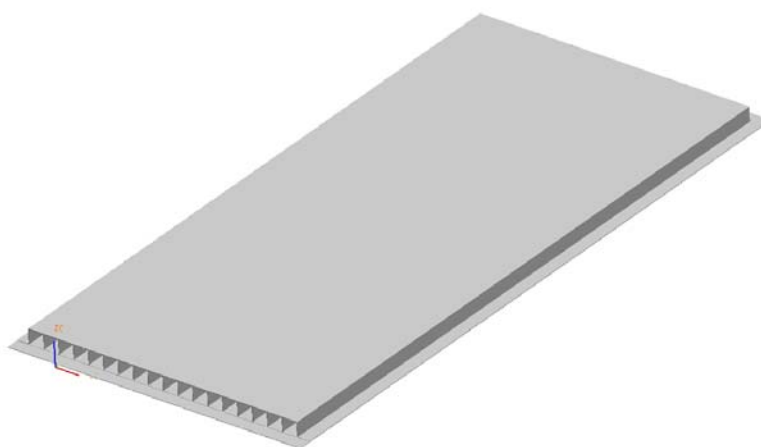


Рис. 10. Трехмерная модель панели до сборки

Участок созданной трехмерной панели показан на рис. 11. Здесь видно верхнюю обшивку, две усиливающие накладки на верхней обшивке, а также трубки.

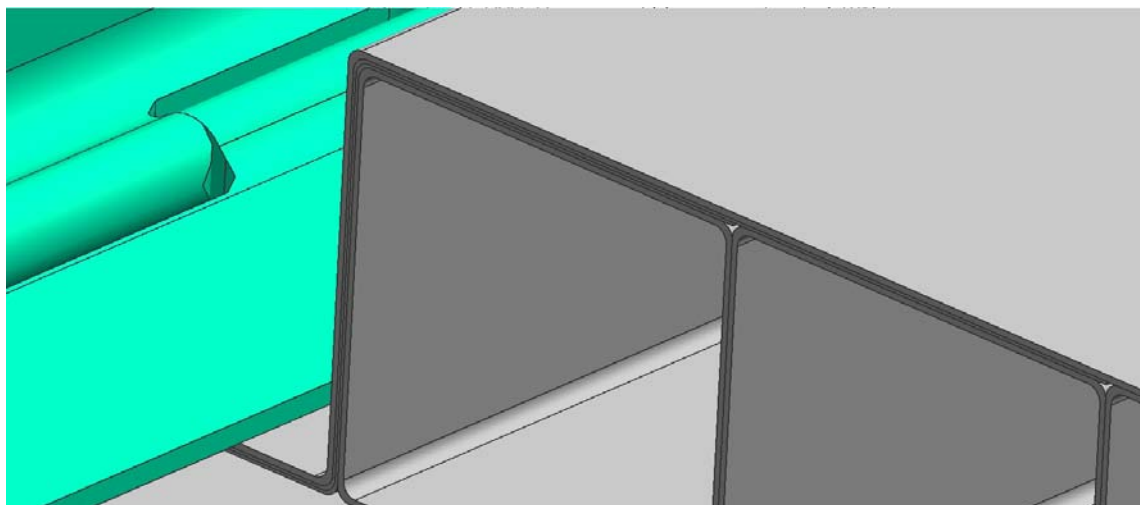


Рис. 11. Пример моделирования наборов слоев ткани одной направленности

После этого в целях сборки создавались трехмерные модели кронштейнов, подкосов, прокладок, петли и крепежных элементов (рис. 12 - 14).

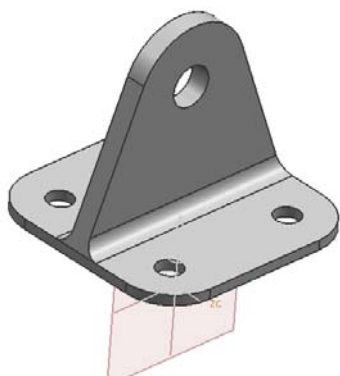


Рис. 12. Модель кронштейна



Рис. 13. Модель подкоса

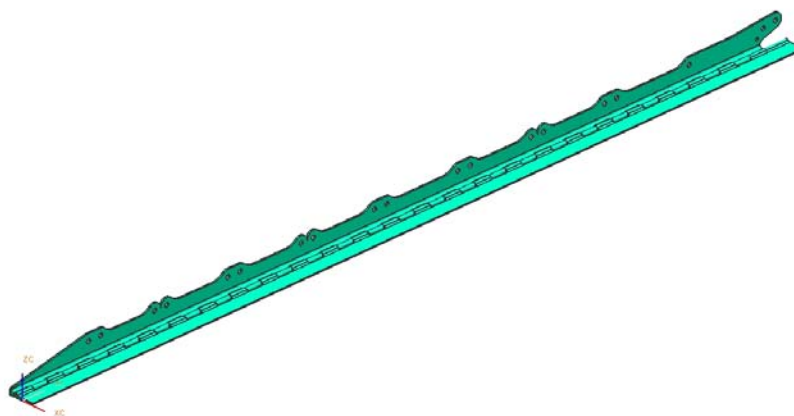


Рис. 14. Модель петли

В итоге в файле сборки была создана окончательная модель откидной панели (Рис. 15).



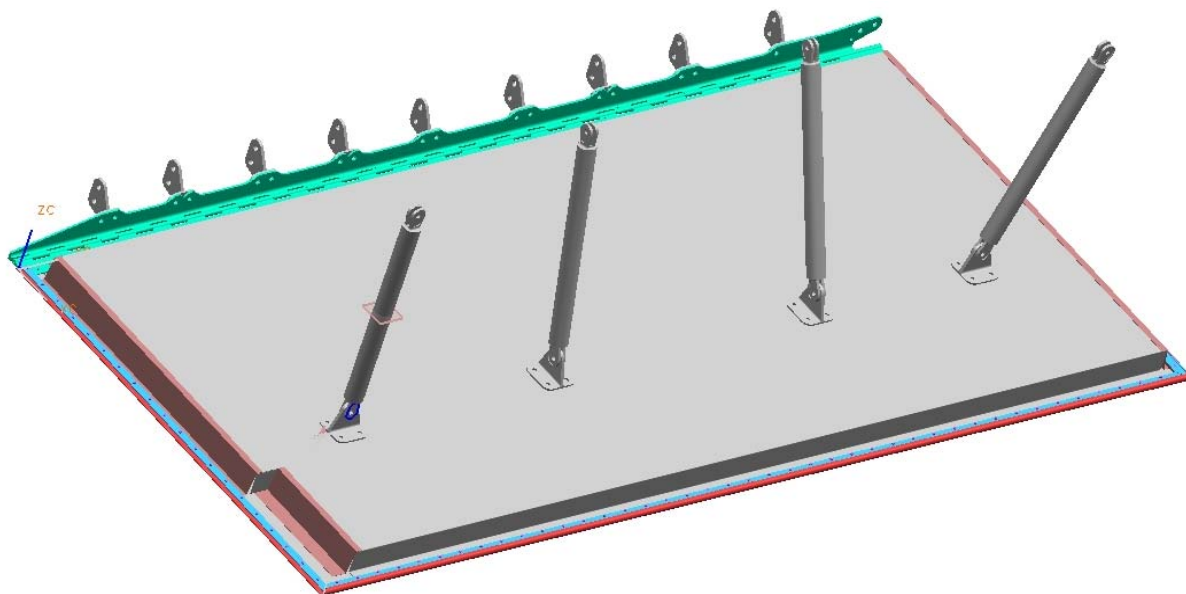


Рис. 15. Модель откидной панели, выполненной из композиционных материалов

Проведенные работы позволили отработать методику моделирования откидных панелей самолета, изготовленных из композиционных материалов. Отработана на практике организация параллельно-последовательного процесса моделирования изделия на основе единого источника первичной информации. Созданная панель удовлетворяет всем предъявленным требованиям.

По результатам моделирования были доработаны исходные чертежи, созданные методами начертательной геометрии.

### Список литературы

1. Технология создания твердотельной модели монолитной панели крыла с использованием компьютерной интегрированной системы UNIGRAPHICS/ А. Г. Гребеников, О. И. Парфенюк, В. В. Парфенюк, А. М. Гуменный. //Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х. Гос. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», - 1999. – Вып. 4. – С. 3 – 14.
2. Моделирование панелей хвостовой части фюзеляжа, выполненных из композиционных материалов, при помощи систем CAD/CAM/CAE/ Д. С. Кива, Ю. В. Попов, А. З. Двейрин, В. В. Рогалев, А. Г. Гребеников, и др. //Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х. Гос. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», - 2001. – Вып. 4. – С. 31 – 41.
3. Методология интегрированного проектирования и моделирования сборных самолетных конструкций/ А. Г. Гребеников. // Х. Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2006. – 532 с.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. зав. каф. А.Г. Гребеников, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Поступила в редакцию 20.01.09.