

УДК 621.45.046.4:620.22

Т.А. Манько¹, А.В. Литот²

¹ Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

² Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАМНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ ФЛАНЦА ТОПЛИВНОГО БАКА ИЗ УГЛЕПЛАСТИКА

Стаття присвячена застосуванню сучасних програмних комплексів при проектуванні та виготовленні виробів із полімерних композиційних матеріалів на прикладі створення фланця паливного баку для криогенних компонентів палива із вуглепластику. Представлені деякі результати прогнозування несучої здатності фланця із вуглепластику та натурні випробування. Наведені висновки по виконаній роботі і оцінці отриманих результатів.

Ключові слова: вуглепластик, фланець із вуглепластику, паливний бак, метод кінцевих елементів, випробування фланця із полімерних композиційних матеріалів.

Статья посвящена применению современных программных комплексов при проектировании и изготовления изделий из полимерных композиционных материалов на примере создания фланца топливного бака для криогенных компонентов топлива из углепластика. Представлены некоторые результаты прогнозирования несущей способности фланца из углепластика и натурные испытания. Приведены выводы по проделанной работе и оценка полученных результатов.

Ключевые слова: углепластик, фланец из углепластика, топливный бак, метод конечных элементов, испытания фланца из полимерных композиционных материалов.

The article is devoted to the use of modern software systems in the design and manufacture of products from polymer composite materials on the example of creating a flange of the fuel tank for cryogenic components of carbon fiber. Some results of carbon fiber flange throughput and field tests are given. Conclusions of the work performed and evaluation of results.

Keywords: carbon fiber, carbon fiber flange, fuel tank, finite element method, flange testing of polymer composite materials.

Введение. В современном мире композиты уверенно заняли свое место во всех отраслях промышленности. Их уникальные свойства позволяют реализовать абсолютно новые конструктивно-технологические решения, позволяющие получить совершенные конструкции. Создаваемые детали и узлы из композиционных материалов обладают простой геометрией, что позволяет принять при проектировании ряд допущений, упростить этот процесс и добиться высокой сходимости расчетных методов с полученными

результатами. Реализация цикла проектирования связана со сложностью нагружения и геометрией детали. Важной конструкторской и технологической задачей, является моделирование участка с переменной схемой укладки препрега, в частности зоны формирования пера фланца и создание равнопрочной структуры композита воспринимающей все расчетные параметры [1-2].

Постановка задачи. В работе рассмотрена увязка геометрии фланца с уже применяемой технологической оправкой для намотки корпуса топливного бака (Рис. 1). Это накладывает ряд ограничений, определяющих геометрию фланца. Внутренний диаметр фланца ограничивается поверхностью, обеспечивающей возможность извлечения элементов разборной металлической оправки. Наружный диаметр, являющийся вершиной пера фланца, формируется геометрией оправки обвода днища.

Геометрия основания фланца выбирается из положения крепежных элементов, геометрии крышки и принятых элементов герметизации разъемного стыка фланец-крышка. Внутренняя геометрия пера фланца выбрана исходя из условия несущей способности фланца. Для проведения прочностного расчета фланца в качестве схемы нагружения принимается избыточное давление 1,5 МПа., коэффициент запаса – 2.

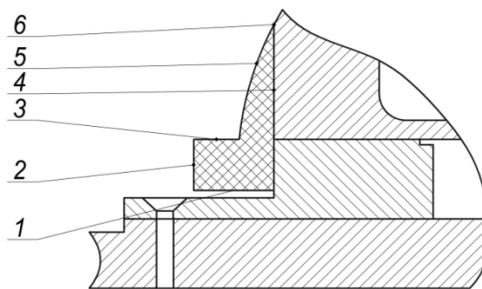


Рис. 1. Конструктивно-технологические ограничения определяющие геометрию фланца топливного бака:

1 – Внутренний диаметр фланца; 2 – поверхность стыковки с крышкой; 3 – поверхность разворота нити при намотке; 4 – торцевая поверхность оправки; 5 – поверхность днища топливного бака; 6 – вершина пера фланца

После проведения первичного анализа геометрии фланца была принята расчетная схема (Рис. 2) для конечно-элементного моделирования в системе автоматизированного проектирования Autodesk 360 Fusion . В качестве материала фланца применен углепластик на основе высокопрочной углеродной ткани полотняного плетения (равнопрочной структуры) типа 3752 и эпоксидного связующего ЭДТ-10П. Для определения характеристик композита был проведен ряд прочностных испытаний образцов, в том числе обладающих квазиоднородной структурой. После получения подробной информации о свойствах композита, были рассмотрены конечно-элементные постановки по прочности и жесткости в соответствии с граничными условиями (рис. 3).



Рис. 2. Модель фланца топливного бака из углепластика

Подробно рассматривали отдельные возможные варианты разрушения, как наиболее вероятно – срез в районе основания пера фланца. Рассматривался статический анализ конструкции для определения слабонагруженных зон и мест вероятного разрушения (Рис 3,4,5 табл. 1). Однако полученные результаты автономных испытаний элемента конструкции показали, что действительно предел прочности на срез перпендикулярно плоскости армирования занижен в 2,9 раза (давление разрушения составило 8,7 МПа). Стоит отметить, что принятая схема установки элементов крепления крышки к фланцу значительно усилила конструкцию, предотвратив разрушение фланца по межслойной прочности [3]. Это предполагалось на этапе проектирования наличием зон контактного давления (засвеченные участки) в области основания контакта материала фланца с элементами крепежа (Рис 4. г), но имело факультативный характер. Таким образом, экспериментальные испытания отдельно взятого элемента позволили детализировать процесс анализа прочности.

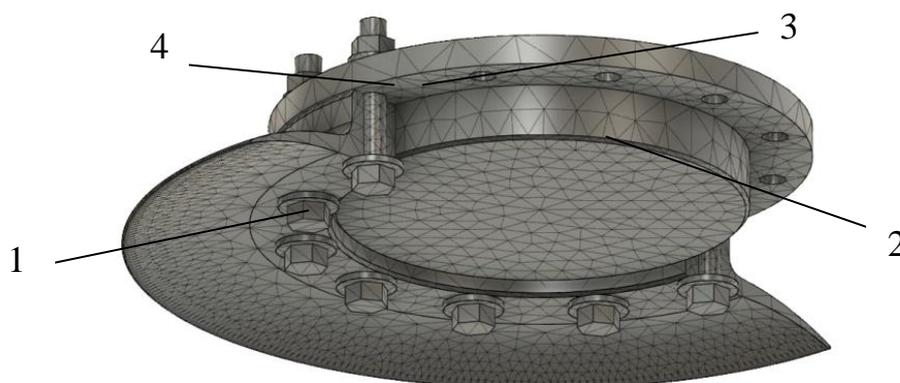


Рис. 3. Конечно-элементная модель фланца из углепластика:

1 -- фланец; 2 – крышка; 3 – элементы крепежа; 4 – зона основания пера фланца

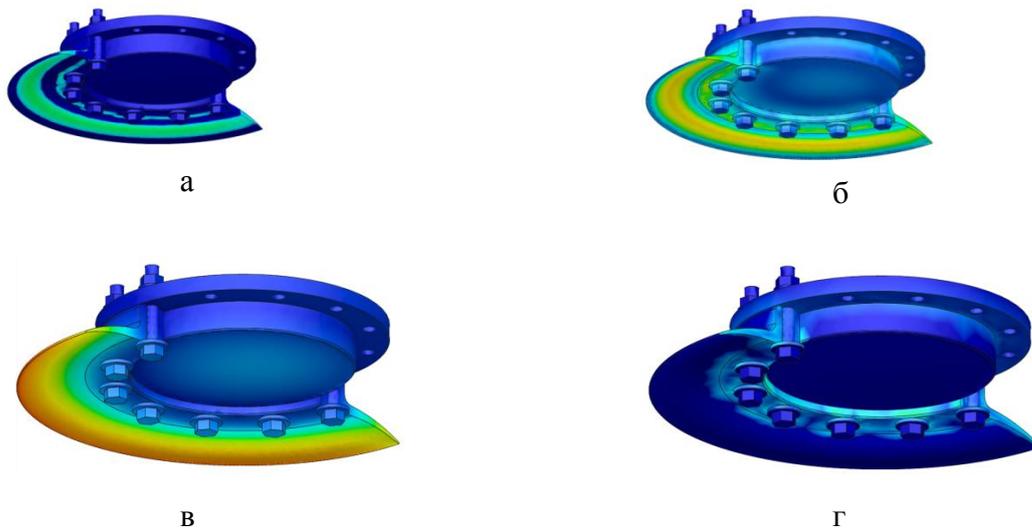


Рис. 4. Графические результаты конечно-элементного анализа:
 а – коэффициент безопасности; б – эквивалентные напряжения (по Мизесу);
 в – максимальные деформации; г – контактное давление

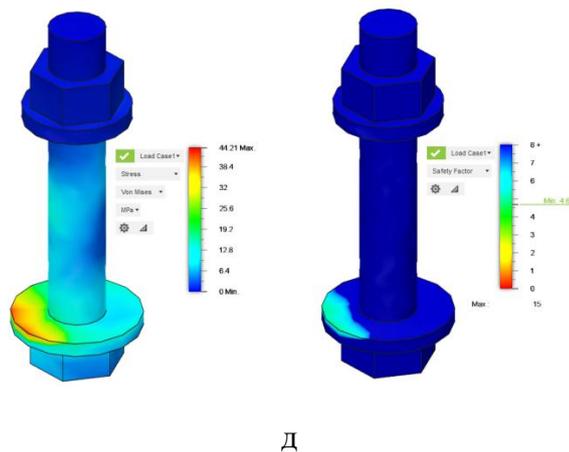


Рис. 5. Графические результаты конечно-элементного анализа (Коэффициент безопасности и эквивалентные напряжения)

Таблица 1

Результаты конечно-элементного анализа

Наименование	Фланец из углепластика	Металлические элементы крепежа
Коэффициент безопасности, min	2.413	9.682
Эквивалентные напряжения (по Мизесу), МПа	60.65	44.21
Максимальные деформации, мм	2.2	0.02
Контактное давление, МПа	51.13	26.53

В работе приведены результаты натурных испытаний (рис. 6), которые на основании проведения автономных испытаний узла позволили подтвердить эффективность конструктивно-технологических решений и рациональный выбор схемы укладки слоев, разрабатываемой конструкции фланца.



Рис. 6. Образец фланца в испытательной оснастке до и после проведение испытаний

Выводы. Использование средств компьютерного моделирования требует не только правильности постановки задачи, а и корректную оценку комплекса характеристик, полученных не только на элементарных, а и на конструктивно-подобных образцах. При этом, предел прочности на срез перпендикулярно плоскости армирования для такого типа конструкций является самой важной характеристикой. Полученная геометрическая модель с указанием важных и ослабленных зон детали, может быть с легкостью импортирована в комплекс компьютерного моделирования технологических процессов выкладки и формования.

Библиографические ссылки

1. Гагауз П.М. Проектирование и конструирование изделий из композиционных материалов. Теория и практика: учебник / П.М.Гагауз, Ф.М.Гагауз, Я.С.Карпов, С.П.Кривенда; под.общ.ред. Я.С.Карпова – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е.Жуковского, 2015 - 672 с.
2. Карпов Я.С. Проектирование деталей и агрегатов из композитов: учебник / Я.С. Карпов. – Х.: Нац. аэрокосмич. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2010. - 768 с.
3. Карпов Я.С. Соединения деталей и агрегатов из композиционных материалов / Я.С. Карпов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е.Жуковского, 2006 - 359 с.

Надійшла до редколегії 20.10.2019