



Ссылка на статью:

// Ученые записки УлГУ. Сер. Математика и информационные технологии. УлГУ. Электрон. журн. 2019, № 1, с. 115-119.

Поступила: 01.06.2019

Окончательный вариант: 10.06.2019

© УлГУ

УДК 629.7

## Оптимизация рамы стапеля с использованием программ инженерного анализа

Хазымов Т.Р.<sup>1,\*</sup>, Павлов П.Ю.<sup>2</sup>

[\\*forze\\_73@mail.ru](mailto:forze_73@mail.ru)

<sup>1</sup>АО «Авиастар-СП», Ульяновск, Россия

<sup>2</sup>УлГУ, Ульяновск, Россия

---

Описывается оптимизация рамы стапеля, применяемой при сборке панелей отсека Ф-1 перспективного пассажирского самолета МС-21, с использованием метода конечных элементов линейного решателя ANSYS. Дана оценка прочностного запаса и выявлено местоположения и величины наибольших напряжений в конструкции.

*Ключевые слова:* ANSYS, прочностной расчет, метод конечных элементов, ферменные конструкции, линейное напряженно-деформированное состояние, расчет стапельных рам.

---

### Введение

Для сборки панелей, агрегатов в авиационной отрасли используется стапель. Точность и жесткость стапеля оказывает основное влияние на точность получаемой сборки. В состав стапеля, как правило, входит рама, ложементы, рубильники, фиксаторы и прочие фиксирующие элементы.

Основным несущим элементом стапеля, который воспринимает все нагрузки является рама. Ее прочность и жесткость оказывает непосредственное влияние на точность сборки, что приводит к необходимости подбора оптимальных параметров сечений и конструктивных решений при минимальной затрате материалов.

### 1. Процесс проектирования рам стапеля

Рассмотрим основные этапы проектирования стапеля [4].

Начинается проектирование специальной сборочной оснастки с технологического процесса изготовления изделия, утвержденного с главным технологом. Далее на основании технологического процесса технолог выпускает техническое задание, которое включает в себя:

- подробное описание назначения оснастки
- базовые и установочные поверхности собираемых в приспособлении деталей
- расположение и схема зажимных элементов

После этого идет основной этап проектирования оснастки. Именно на этом этапе конструктор задает необходимые параметры и проводит расчеты для обнаружения оптимального соотношения массы и прочности будущей оснастки. После чего выпускается конструкторская документация, по которой в дальнейшем происходит изготовление стапеля.

Далее переходим к этапу сборки первого образца и его испытанию, с помощью навески на него имитирующих массу сборочной единицы макеты и проведение замеров при помощи лазерного трекера. После чего определяется необходимость в доработке стапеля.

Этап проектирования включает в себя: проектировочный и поверочный расчеты рам стапеля на прочность.

Проектировочным расчетом называют определение размеров детали по формулам, соответствующим главному критерию работоспособности (прочности, жесткости, износостойкости и др.). Этот расчет применяют в таких случаях, когда размеры и габариты конструкции не известны заранее. В основном проектировочные расчеты выполняются как предварительные потому что основаны на ряде допущений.

Поверочный расчет существующей конструкции по действующим нормам проектирования, но с введением в расчет полученных при исследовании показателей конструкций, нагрузок, уточненной расчетной схемы и с учетом имеющихся дефектов и повреждений.

При проектировании технологической оснастки огромное значение имеет расчет на прочность, жесткость, так как нагрузки и упругие деформации являются фактором формирования погрешностей при сборке агрегатов. Поэтому для выбора оптимальных значений при проектировании необходимо получить информацию о таких показателях как:

- прогиб (перемещение) рам стапеля в свободном состоянии
- прогиб (перемещение) рам стапеля под действием временных нагрузок при навески рубильников, узлов стапеля, ложементов, агрегата и т.д.
- образование напряжений внутри конструкции
- коэффициент запаса прочности конструкции

В настоящее время в распоряжении специалиста присутствует обширный спектр прикладных программных комплексов, как правило основанных на конечно элементном подходе к моделированию конструкций для получения результатов по температурным, деформирующимся воздействиям на модель. Наиболее популярные из них Cosmos GEOSTAR, Nastran, Ansys, Femap, Ls-Dyna, Abaqus.

Для выбора оптимального соотношения сечения рам стапеля необходимо выполнить проектировочный расчет, в котором учесть максимально допустимые значения прогиба рам, от которых стоит отталкиваться при выборе сечения для их изготовления.

Для проектировочного расчета используются предварительные данные по массе навешанных кронштейнов, массе ложементов, массе узлов, массе сборочной единицы.

## 2. Оптимизация рамы стапеля для сборки панели

Была спроектирована рама стапеля для сборки панелей отсека Ф-1 среднемагистрального пассажирского самолета МС-21, с площадками для установки кронштейнов на которых будут закрепляться ложементы, с точки зрения сборочного приспособления наш стапель сборки будет относиться к специализированным (или групповым) - они применяются для сборки однотипных по конструктивно-технологическим признакам сборочных единиц (рис.1) [5].

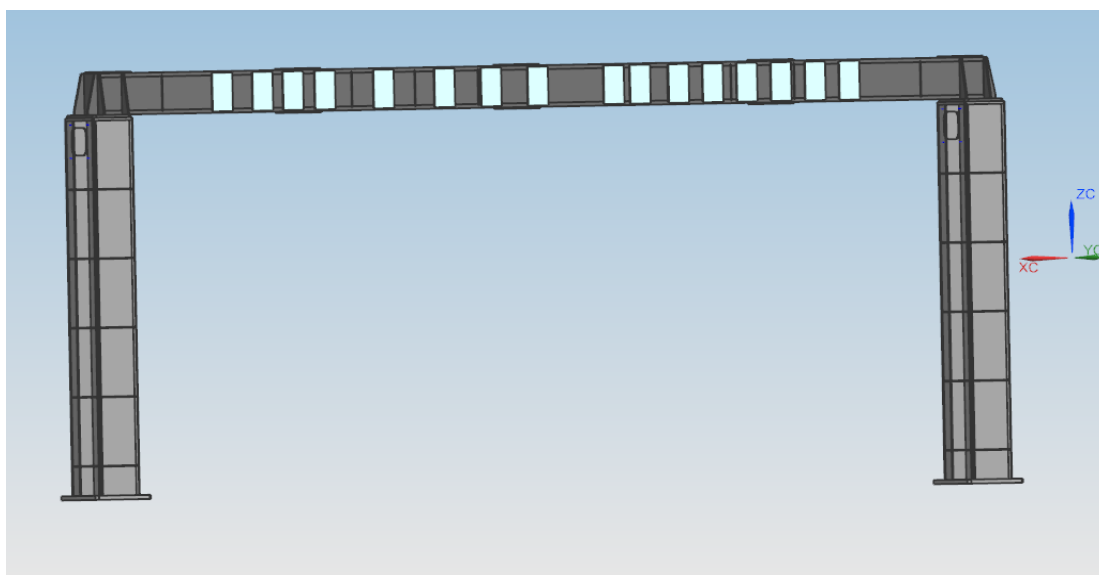


Рис. 1. Спроектированная рама стапеля для сборки панелей Ф-1

Для проведения расчетов необходимо построить сетку конечных элементов и задать граничные значения по условиям которых будет производиться расчет.

Задаем ограничение, которое имитирует установку нашего стапеля (рис.2).

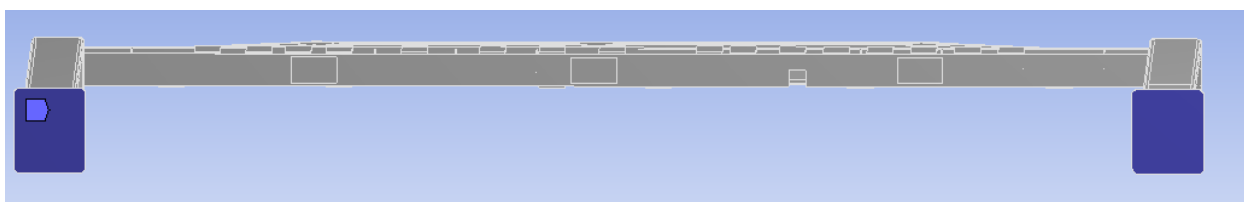


Рис. 2. Закрепление стапеля

Назначена нагрузка в размере 3500 N, в местах навески кронштейнов, она имитирует вес ложементов, всех узлов крепления и панели (рис. 3).



Рис. 3. Задание нагрузок

В результате проверочного расчета при заданном значении сечения, и известными параметрами массы агрегата, узлов, ложементов, обнаружили превышающие допустимые значения прогиба по верхней раме.

После проведения расчета для усиления жесткости конструкции, была добавлена ферма для центральной рамы стапеля, чтобы уменьшить прогиб при навеске всех узлов и агрегата и не превысить допустимые значения в 0,05 мм [3,6].

Зная текущее значения прогиба и массы навешанных приспособлений вместе со сборочной единицей, нам необходимо произвести доработку текущей рамы стапеля и провести повторный расчет. После выбора оптимальной геометрии произведен повторный расчет с доработанным проектом будущей оснастки. Деформация рамы стапеля приведена на рис. 4.

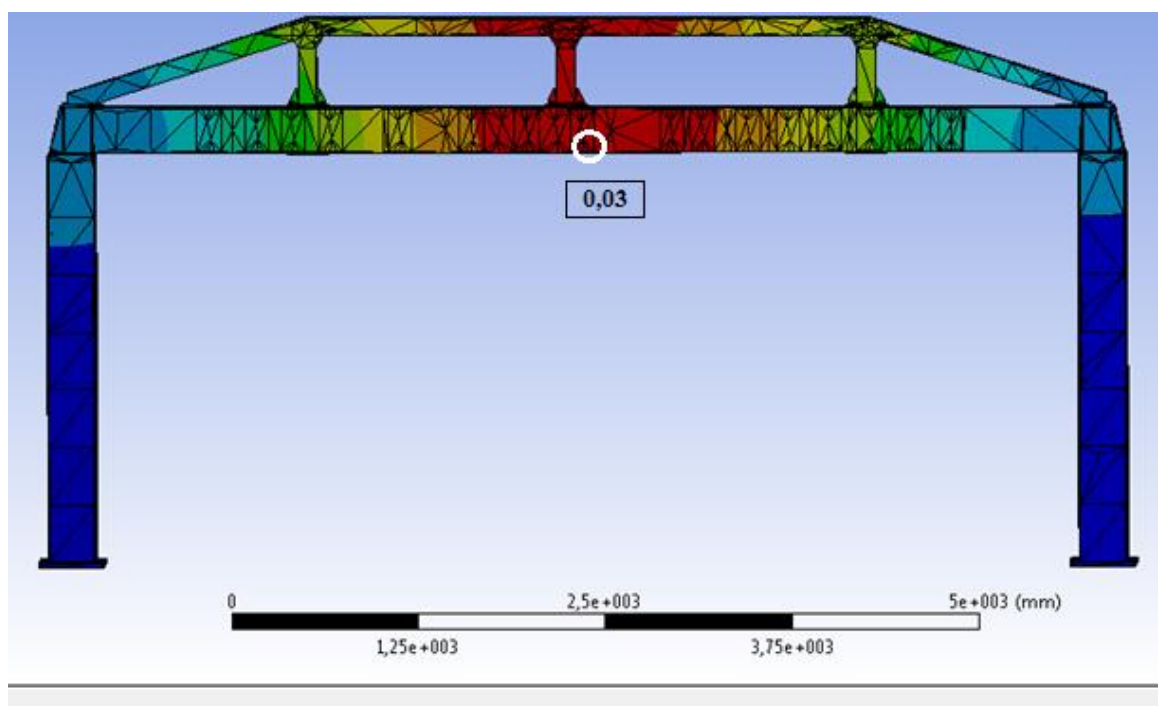


Рис. 4. Деформация рам стапеля под воздействием нагрузки.

После вывода результатов, можем увидеть, что данные значения прогиба рамы стапеля, не превышает 0,03 мм., что является оптимальным показателем при выборе данных характеристик и общем виде стапеля.

## Заключение

С помощью современных программ существует возможность спроектировать будущую конструкцию и смоделировать условия в которых она будет эксплуатироваться и еще на этапе проектирования выяснить необходимость доработки. По результатам проверочной работы, задав имеющиеся параметры нагрузки, мы обнаружили избыточное напряжение и деформацию в раме стапеля, после чего была выполнена доработка стапеля для увеличения жесткости конструкции в виде усиления рамы, путем добавления специальной фермы, которая уменьшила нагрузку на всю поверхность стапеля.

В итоге найдена оптимальная конструкция и подобраны сечения рам стапеля для сборки панелей при заданных характеристиках масс и габаритов.

## Список литературы

1. Басов К.А. *ANSYS: справочник пользователя*. М.: ДМК Пресс, 2005.
2. Зенкевич О. *Метод конечных элементов в технике*. М.: Мир, 1977.
3. Колганов И.М., Филиппов В.В. *Проектирование приспособлений, прочностные расчеты, расчет точности сборки: Учебное пособие*. Ульяновск: УлГТУ, 2000.
4. Лебедев А.В., Павлов П.Ю., Соснин П.И. Онтологическая структуризация в параллельном инжиниринге проектирования сборочных приспособлений для летательных аппаратов // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2016, т. 18, № 1 (2), с.373-377.
5. *Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов. Справочник*. Под ред. В.И. Мяченкова. М.: Машиностроение, 1989.
6. *Технология сборки самолетов: Методические указания по проведению лабораторных работ* / Сост. И.М.Колганов, И.В.Соколов. Ульяновск: УлГТУ, 1998.
7. *Технологичность авиационных конструкций, пути повышения. Часть 1: Учебное пособие* / И. М. Колганов, П. В. Дубровский, А. Н. Архипов. Ульяновск: УлГТУ, 2003.