

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МЕХАНИЗМОВ ЗАКРЫЛКОВ САМОЛЕТА Ту-204 В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА И ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

© 2009 А.Ю. Митина, С.Г. Рыжаков

Ульяновский филиал конструкторского бюро ОАО “Туполев”

Поступила в редакцию 20.07.2009

В данной работе показано, каким образом современные компьютерные технологии были использованы для решения поставленных перед конструкторами задач, когда современные самолеты представляют собой исключительно сложные объекты производства, трудоемкость изготовления измеряется сотнями тысяч человек-часов, а проектирование и подготовка к запуску таких самолетов в серийное производство является сложной и трудоемкой задачей.

Ключевые слова: компьютерные технологии, самолеты, объекты производства.

Непрерывное повышение тактико-технических требований к самолетам, а также жесткая конкуренция на мировом рынке приводят к тому, что запущенные в производство самолеты быстро морально устаревают и авиапредприятия вынуждены проектировать и производить самолеты более совершенной конструкцией, для чего необходимо использовать самые современные достижения науки и техники.

В процессе разработки нового самолета Ту-204СМ был проведен анализ базовой конструкции крыла самолета Ту-204 с целью определения путей ее совершенствования (снижение массы, повышение аэродинамического качества крыла и др.) с применением современных средств проектирования.

Расчеты по направлению аэродинамики, выполненные в УФКБ ОАО “Туполев”, и опыт эксплуатации дальнемагистральных самолетов Ту-204-300 определили дальнейшее направление по совершенствованию механизации крыла.

Для повышения эффективности крыла, необходимо обеспечить отклонение хвостового звена закрылка вниз на 3° , что позволит увеличить дальность полета до 300км и снизить расход топлива на 1500кг при имеющейся массе конструкции.

Отметим, что самолет Ту-204 имеет высокоэффективное крыло со сверхкритическим профилем и вертикальными аэродинамическими поверхностями на концах консолей.

Средствами навески закрылков являются механизмы 1, 2, 3 и 4, которые предназначены для установки закрылков и их хвостовых звеньев на крыло, а при выпуске эти механизмы обеспечивают перемещение закрылков и их хвостовых

звеньев по заданной траектории, оговоренной проектной документацией главного конструктора.

Анализ конструкции и регулировок, обеспечивающие вписываемости закрылка в обводы крыла, начали с этапа монтажа механизмов и закрылка в цехе агрегатной сборки крыла (представляют собой проектно-технологической документацией).

На аэродинамическое качество крыла влияющая нарушения в регулировках механизмов, отклонения по кривке крыла и погрешностям сборки.

Возникла необходимость выполнить кинематический анализ работы механизмов с целью определения оптимальной регулировки механизмов закрылков для вписываемости в обводы крыла при имеющихся производственных отклонениях.

Цель оптимизации регулировок – определение наилучшего сочетания регулировок, которые обеспечивали бы вписываемость закрылков и при этом компенсировали погрешности агрегатной сборки.

В мире существует большое количество программных комплексов, с помощью которых в реальном времени можно провести анализ кинематических схем с учетом регулировок с приложением реальных нагрузок и смоделировать динамику движения механических систем.

Исходя из наших возможностей, нами был выбран программный комплекс EULER.

Программный комплекс EULER – передовая технология инженерного анализа динамики механических систем, разработанная российским предприятием “АвтоМеханика”.

Программа EULER позволяет в удобной для инженера форме воссоздать механическую систему различной сложности без необходимости выведения уравнения движения: просто задаются характеристики связей между звеньями (определенные виды шарниров, силовые элементы и условия внешней среды).

Митина Анастасия Юрьевна, инженер конструктор.

Рыжаков Станислав Геннадьевич, директор.

E-mail: ufkbtu@mc.ru.

Первым шагом к решению поставленной задачи, было создание кинематической схемы (модели) в программном комплексе EULER.

В режиме проектирования, нами была создана механическая система навески закрылка (механизмы 1, 2, 3 и 4.), в которой все входящие детали смоделированы в соответствии с их внешним видом и массовыми характеристиками, для того чтобы работу механизмов можно было представить в наиболее реалистичном виде. Была создана “база примитивов”, которая используется на предприятии УФКБ ОАО “Туполев” для создания подобных механизмов для других типов самолетов. Это позволяет сократить время на создание модели самолета в программном комплексе EULER.

После создания моделей, были смоделированы кинематические связи между элементами механизмов, с помощью наложения определенных типов шарниров, заложенных в конструкции между звеньями. Программный комплекс EULER позволяет это сделать достаточно быстро.

Следующим этапом работы, было моделирование регулировок методами наложения соответствующего типа шарнира.

После проведения подготовительных работ, модели из режима проектирования переводятся в режим исследования, где в реальном времени можно наблюдать работу кинематической системы.

Принцип определения оптимальных регулировок заключается в следующем: существует заранее известный теоретический обвод, на нем выбирается несколько контрольных точек, и от этих точек определяется расстояние до реального закрылка.

Затем эти расстояния минимизируются за счет настроек регулируемых элементов механизма в стапельном положении на производственном участке цеха сборки.

Результаты этой работы, можно, применить для решения ряда производственных вопросов, которые возникают в процессе агрегатной сборки крыла, для подбора регулировок таким образом, чтобы положение закрылка приблизилось к тому положению, которое обеспечит нам максимальную эффективность крыла в полете.

Параллельно с решением вопроса оптимизации регулировок на этапе производства, нами проводилось моделирование механизмов закрылков в программном комплексе CATIA.

Программный комплекс CATIA – это новейшее ядро геометрического параметрического моделирования, обладающий удобным и современным графическим интерфейсом.

Электронно-цифровые модели, созданные в CATIA, позволят ускорить запуск продукции в производство и повысить качество рабочей конструкторской документации.

Целью моделирования являлось проверка и увязка элементов конструкции между собой и использование моделей в процессе исследования в современных программных комплексах, которые работают с модулями CATIA (Adams, Nastran и т.д.).

Анализ работы механизмов закрылков на земле был выполнен ЦКБ ОАО “Туполев” в Adams, мы же ограничились анализом механизмов в полете в крейсерской конфигурации.

В ходе выполнения анализа были рассмотрены следующие задачи:

- определение жесткости (податливости) механизмов закрылка, заключающееся в определении перемещений кинематических точек механизмов в местах крепления к закрылку в убранном положении закрылка;

- определение напряженно-деформированного состояния (НДС) основных элементов механизмов закрылка в крейсерском режиме.

Перемещение и напряжение элементов конструкции определялись под действием расчетных нагрузок.

Основной инструмент для решения поставленных задач – программные комплексы Femap и NX Nastran.

Femap – программа, предназначенная для подготовки полноценных конечно-элементных моделей.

Nastran – самая совершенная среда многодисциплинарного инженерного моделирования и анализа, ведущая система конечно-элементного исследования.

Первым этапом в работе было моделирование существующей кинематической схемы механизмов навески закрылков.

В соответствии со схемой была построена кинематическая модель механизмов для убранного положения закрылков.

Твердотельная модель, соответствующая кинематической схеме, представляется классической схемой.

Детали, входящих в модель механизмов закрылков приняты в соответствии с 3D моделями, которые предварительно были выполнены в программном комплексе CATIA.

Конечно-элементная модель (КЭМ) механизмов создана в программе FEMAP разбиением существующей твердотельной геометрической модели в соответствии с принятой кинематической схемой.

Для всех узлов были назначены материалы, в соответствии с действующей конструкторской документацией.

После создания КЭМ входящих в конструкцию элементов, были назначены типы связей между деталями.

Анализируя кинематические схемы механизмов в NX Nastran, нами было обнаружено, что в полете на крейсерском режиме под действием нагрузки происходит смещение кинематических точек механизма, что приводит к отклонению хвостовой секции закрылка вверх на 1° , тем самым, нарушая профиль крыла. Это снижает аэродинамическую эффективность крыла.

Обнаружив данное негативное явление, нами была разработана методика регулирования механизмов закрылков с целью его упреждения. Определено, что заложенные в конструкции механизмов регулировки позволяют отклонить хвостовое звено вниз на 2° . В настоящее время готовится обоснование и будет подготовлена программа оценки эффективности методики в условиях эксплуатации.

Для самолета Ту-204СМ, на основе уже созданной и отработанной модели, создается такая кинематическая схема в NX Nastran, которая позволит не только исключить возможность поднятия хвостового звена закрылка, но и обеспечит отклонение его вниз на 3° от ТК с целью дальнейшего повышения эффективности крыла.

Анализ напряженно-деформированного состояния от действующей нагрузки механизма в целом и его элементов проводился с целью определения запасов прочности, заложенных в конструкции.

Проведенный анализ показал, что в конструкции имеется существенный запас прочности в основных элементах механизмов закрылков, оговоренный конструкторской документацией.

На основании полученных результатов рассматривается вопрос по замене материала АКБТ, применяемого для изготовления крупногабаритных элементов механизмов – кареток, на сплав 1933.

По расчетам, выполненных в первом приближении, такая замена марки материала позволит снизить вес конструкции кареток на 10%.

Полученные результаты и приобретенный опыт работы в системе компьютерных технологий инженерного анализа и виртуального моделирования, позволят нам в дальнейшем оперативно принимать решения по вопросам, возникающих в процессе изготовления серийного самолета и значительно сократить срок от проектирования до запуска в серийное производство при создании современных конкурентно способных лайнеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов / К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др. Под ред. К.В. Фролова. М.: Высшая школа, 1987. 496 с.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М., 1975.
3. Гавриленко В.А. и др. Теория механизмов. М., 1973.
4. Суски Х. Будущее компьютерных технологий моделирования и анализа / Труды Российской конференции пользователей систем MSC 2000 года. М., 2000.
5. MSC.visual NASTRAN для Windows / Рычков С.П. – М.: ИТ Пресс, 2004. – 552 с.
6. Ad joint Sensitivity Analysis in MSC/NASTRAN. (Erwin H. Johnson.; MSC 1997 Aerospace Users'Conference; 12с.; 1997).

RESEARCH OF WORK OF MECHANISMS OF FLAPS OF PLANE TU-204 IN SYSTEM OF COMPUTER TECHNOLOGIES OF THE ENGINEERING ANALYSIS AND VIRTUAL MODELLING

© 2009 A.J. Mitina, S.G. Ryzhakov

Ulyanovsk Branch of Design Office of Open Society "Tupolev"

In the given work it is shown, how modern computer technologies have been used for the decision of the problems put before designers when modern planes represent exclusively complex objects of manufacture, and labour input of manufacturing is measured hundreds thousand person-hours and when designing and preparation for start of such planes in a batch production is a complex and labour-consuming problem.

Key words: computer technologies, planes, objects of manufacture.