

# АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ ТРАНСМИССИИ ВЕРТОЛЕТА

Проскурин В. Д.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

В состав трансмиссии вертолетов входят агрегаты и узлы, передающие мощность от двигательной установки к несущим и рулевым винтам, а также к другим потребителям, включая устройства, обслуживающую элементы самой трансмиссии.

К ним относятся:

- главный и промежуточный редукторы;
- редуктор рулевого винта;
- валы-рессоры с муфтами, соединяющие двигатели с главным редуктором;
- трансмиссионный вал, передающий вращение на рулевой винт;
- привод вентилятора системы охлаждения;
- привод насоса гидросистемы.

Агрегаты и узлы трансмиссии вертолета работают в сложных условиях под действием высоких передаваемых механических нагрузок, вибраций и колебаний от несущего и рулевого винтов, инерционных перегрузок, возникающих при маневрировании в полете. Основной проблемой проектирования агрегатов является разработка конструкции, имеющей заданные технические, ресурсные и эксплуатационные характеристики при минимальной массе. Поиск оптимального конструктивного решения предполагает разработку и сравнение конкурирующих вариантов, а также постепенное уточнение параметров деталей методом последовательных приближений в ходе выполнения проектировочных и проверочных расчетов. Увеличить разнообразие и количество сравниваемых вариантов при существенном снижении трудоемкости расчетных работ позволяет применение систем автоматизированного проектирования. Ниже представлены особенности проектирования некоторых агрегатов трансмиссии вертолета с выполнением инженерных расчетов в системе APM WinMachine.

Модуль APM Drive предназначен для расчета приводов вращательного движения различной структуры. При этом в схеме привода предполагается наличие одного входного и одного выходного вала. Расчет промежуточного редуктора и редуктора рулевого винта в модуле APM Drive не вызывает трудностей, так как они представляют собой одноступенчатую зубчатую передачу.

Главный редуктор вертолета, предназначенный для передачи значительной мощности от двигателей на несущий винт, имеет сложную кинематическую схему с планетарными зубчатыми передачами и характеризуется высоким значением передаточного числа (от 20 до 80 для разных вертолетов). Большинство редукторов имеют два входных вала и многопоточную схему, в которой передаваемая мощность распределяется

между параллельно работающими парами зубчатых колес. В модуле APM Drive возможно моделирование однопоточных приводов, в связи с чем расчет многопоточного редуктора необходимо выполнять по частям, разбивая сложную кинематическую структуру на несколько простых с соответствующим делением передаваемой мощности (рисунок 1). Аналогичное разбиение необходимо при расчете редуктора вертолета соосной схемы, имеющего два выходных вала. В результате расчета находятся передаточные отношения отдельных пар зубчатых колес, частоты вращения валов механизма и крутящие моменты, а также геометрические параметры зубьев.

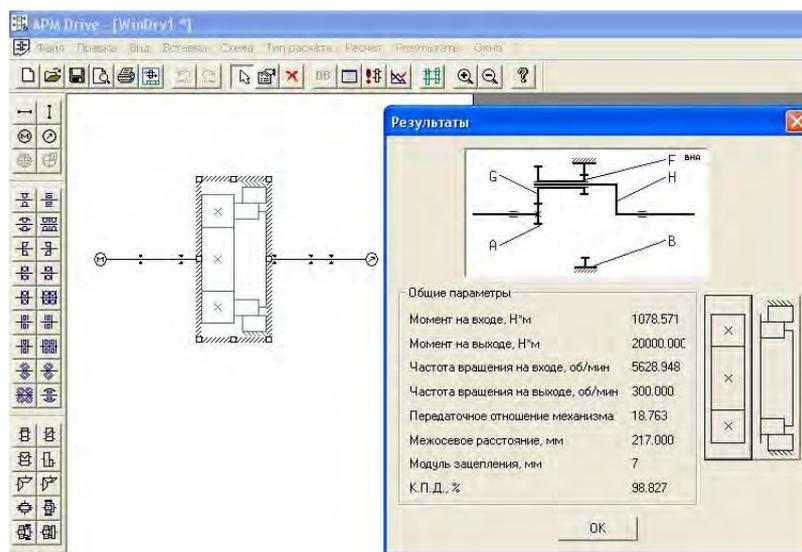


Рисунок 1 – Пример вывода результатов расчета планетарного редуктора

Для уточненного расчета отдельных передач используется модуль APM Trans. При вводе исходных данных в нем задаются тип передачи, форма зубьев, конструкционные материалы зубчатых колес и их прочностные характеристики, вид термической или химико-термической обработки зубьев. Это позволяет выполнить сравнительный анализ различных вариантов конструктивного исполнения зубчатых передач и выбрать наиболее приемлемое решение. В результате расчета определяются геометрические параметры зубчатых колес, значения возникающих сил и моментов, реакции подшипниковых опор валов, выполняется автоматическое формирование рабочих чертежей деталей передачи. Пример расчета редуктора рулевого винта представлен на рисунке 2.

Ответственным элементом трансмиссии является хвостовой вал, предназначенный для передачи крутящего момента от главного редуктора через промежуточный редуктор к рулевому винту. Хвостовой вал состоит из частей, соединенных шарнирами, компенсирующими деформации хвостовой балки. Автоматизация проектировочных расчетов с использованием модуля APM WinShaft позволяет выполнить поиск оптимального конструктивного решения путем перебора ряда вариантов. В качестве исходных данных задаются геометрические параметры проектируемого вала, указываются расположение,

тип и характеристики подшипниковых опор, назначаются действующие сосредоточенные и распределенные нагрузки, в том числе весовые и инерционные, а также частота вращения и режим работы. В результате общего расчета вала определяются возникающие реакции в опорах, эквивалентные напряжения, коэффициент запаса по усталостной прочности, угловые и изгибные деформации и перемещения. В результате расчета динамических характеристик определяются частоты и формы собственных колебаний вала на ряде гармоник. Это позволяет обеспечить безрезонансный режим работы конструкции на докритических или закритических частотах вращения вала. Пример вывода результатов расчет собственных колебаний хвостового вала представлен на рисунке 3.

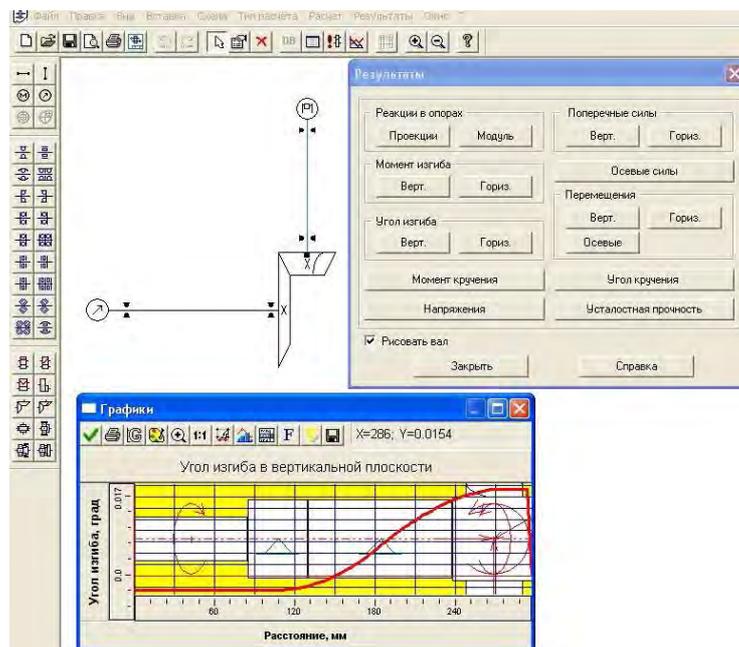


Рисунок 2 – Расчет редуктора рулевого винта

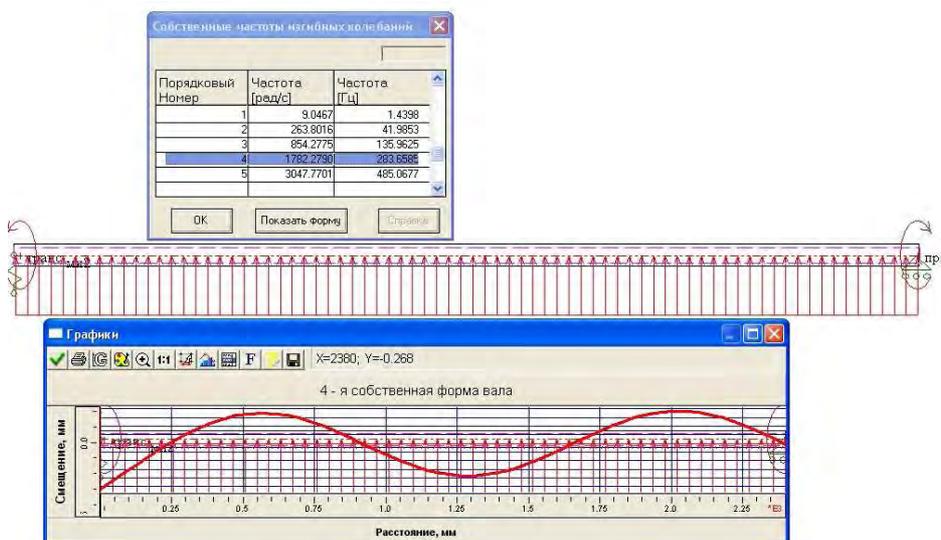


Рисунок 3 Результаты расчета динамических характеристик хвостового вала

Проектирование вертолетов с использованием АРМ WinMachine в рамках курсовой работы и дипломного проектирования позволяет студентам приобрести навыки выполнения проектировочных и проверочных расчетов, проанализировать влияние исходных данных и параметров деталей на работоспособность агрегатов, наметить направления оптимизации конструкций. Практическая работа с системой является стимулирующим фактором для углубленного изучения базовых дисциплин конструкторского направления и оказывает положительное влияние на качество подготовки выпускников к профессиональной деятельности.

#### *Список литературы*

- 1. Далин, В. Н., Конструирование агрегатов вертолета : учебник / В. Н. Далин, С. В. Михеев. – М.: Изд-во МАИ, 2001. – 351 с. – ISBN 5-7035-2330-3.*
- 2. Шелофаст, В. В. Новые возможности системы АРМ WinMachine [Электронный ресурс] / В. В. Шелофаст, Т. Б. Чугунова // САПР и графика. – 2006. – № 2. – Режим доступа:  
<http://www.sapr.ru/article.aspx?id=15596&iid=704>.*