

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ВЕРТОЛЕТОСТРОЕНИИ. ЗАДАЧИ. РЕШЕНИЯ. ПЕРСПЕКТИВА.

В. А. Ивчин

АО "НЦВ Миль и Камоу", Томилино МО

Аэродинамика и акустика вертолета является сложной, многопараметрической задачей, решение которой весьма трудоемко и требует значительных ресурсов. Аэродинамика самолета, по сравнению с вертолетом, - всего лишь частный случай аэродинамики вертолета. Существуют многочисленные конфигурации несущих систем вертолетов: одновинтовые, соосные, продольные, поперечные, с перекрещивающимися винтами, винтокрылы, аппараты с поворотными винтами и винтокрылы аэродинамика которых может существенно отличаться и требовать особых расчетных методов. Основной причиной проблем аэродинамики вертолетов является наличие несущих винтов, лопасти которых работают в очень широком диапазоне углов атаки, чисел Маха и Рейнольдса и работают в существенно нестационарных условиях с изменяющимися углами скольжения.

Понятно, что многочисленные вертолеты, которые летают по всему миру, спроектированы и построенные не на пустом месте. Разработка и совершенствование расчетных методов по аэродинамике вертолетов ведется постоянно в течении многих десятков лет, начиная от импульсной теории и кончая современными вихревыми теориями.

Появление мощных вычислительных ресурсов в настоящее время, позволило поднять расчетные методы аэродинамики вертолета на более высокий уровень, применяя вычислительные эксперименты на основе решения уравнений Навье-Стокса. Использование такого подхода позволяет решать многие задачи аэродинамики вертолета, которые раньше решались весьма приближенно или расчетами, или сложными и дорогостоящими экспериментальными исследованиями и летными испытаниями.

Первое практическое знакомство с применениями таких методов в теоретической и прикладной аэроакустике и

аэродинамике для специалистов МВЗ им. М.Л. Миля стала конференция в г. Светлогорске в 2006 г., организованная ИММ РАН г. Москвы. В работе этой конференции не было представлено докладов о применении вычислительного эксперимента в вертолетной области. Однако аэродинамические и акустические проблемы вертолетов не остались без внимания, и к настоящему времени эти проблемы решаются в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, ЦИАМ, ЦАГИ, ИК "ТЕСИС", ООО «Адванс Инжиниринг» и др. На VIII Всероссийской конференции «Вычислительный эксперимент в аэроакустике и аэродинамике» в г. Геленджике в 2021г, работала отдельная секция по вертолетной тематике с серией докладов по вычислительному эксперименту для вертолетных винтов.

В данном докладе представлен обзор задач по аэродинамике вертолетов, которые могут быть решены на более высоком уровне с применением методов вычислительного эксперимента на основе решения уравнений Навье-Стокса.

К основным задачам аэродинамики вертолета можно отнести следующие разделы:

1. Задачи аэродинамики профилей
2. Задачи аэродинамики несущих систем
3. Задачи аэродинамики рулевых винтов
4. Задачи аэродинамики фюзеляжей вертолетов
5. Задачи обледенения лопастей винтов
6. Задачи акустики винтов вертолета

Важность задачи аэродинамики профилей сечений вертолетных винтов определяется их значительным влиянием на аэродинамические и прочностные характеристики несущей системы вертолета. Особенности их работы в существенно нестационарных условиях требует оценки их применимости на стадии проектирования несущих и рулевых винтов вертолета. Кроме того, принятая в ЦАГИ методика получения характеристик профилей, требует пересчета экспериментальных характеристик крыла в характеристики профиля, которые используются для аэродинамических расчетов.

Важность задачи аэродинамики несущих винтов определяется разнообразием аэродинамических и геометрических компоновок лопастей, особенностью кинематики втулок и систем управления винтами, а также движением лопастей относительно

парниров втулки и их упругой деформации. От несущей системы зависят все летно-технические характеристики и безопасность полетов существующих и проектируемых вертолетов, поэтому очень важно правильно определять особенности работы несущей системы вертолета на стадии проектирования и анализа проблем, выявленных на стадии летных испытаний.

Особенности работы рулевых винтов определяют, в основном, безопасность полетов одновинтовых вертолетов. Рулевые винты работают в условиях влияния на его обтекания несущего винта, фюзеляжа, крыла, а также, находящегося в непосредственной близости, хвостового оперения. Применяемые ранее методы оценки такого влияния основывались на экспериментальных исследованиях и носили весьма ограниченный характер. Современные методы вычислительного эксперимента позволяют существенно повысить точность оценки обтекания рулевых винтов и качество их проектирования.

Аэродинамика фюзеляжей вертолетов в значительной степени определяет параметры максимальных режимов полета, устойчивость и управляемость вертолета, а также динамические характеристики вертолетов. Для оптимизации конфигурации фюзеляжа вертолета с точки зрения аэродинамики, динамики полета, особенности взаимовлияния элементов фюзеляжа, взаимовлияния фюзеляжа с несущим и рулевым винтами, необходимо иметь современный математический аппарат на основе вычислительного эксперимента.

Обледенение лопастей винтов вертолета является проблемой эксплуатации вертолетов. При возникновении обледенения существенно падают летно-технические характеристики вертолетов, что может привести к опасным летным происшествием. Предсказание условий образования льда на лопастях винтов и входных устройств двигателей позволит правильно спроектировать противообледенительную систему вертолета и повысить безопасность полетов. В решении этого вопроса приоритетным является применение современных методов вычислительного эксперимента.

Вопросы оценки шума вертолетов в последнее время становятся очень актуальными в связи с постоянным ростом ограничений по максимальному уровню шум. Необходимы методы расчета уровня шума в дальнем поле для оценки и

выбора параметров лопастей несущих винтов, которые бы позволили создавать лопасти с минимальным уровнем шума. Такие методы разрабатываются на основе вычислительного эксперимента и позволяют проектировать лопасти винтов вертолета с минимальным уровнем шума.

В представленном докладе приводятся некоторые примеры решения рассмотренных задач на основе вычислительных экспериментов, проведенных как на АО "НЦВ Миль и Камов", так и другими организациями.

Методы вычислительных экспериментов, основанные на решениях уравнения Навье-Стокса, могут решить многие аэродинамические вопросы вертолетов. В дальней перспективе необходимо разработать методы вычислительного эксперимента, которые позволят решить динамику полета вертолета во всем диапазоне условий их эксплуатации, с учетом кинематики движения лопастей, управления несущим и рулевым винтами, взаимовлияния между элементами фюзеляжа, винтов, крыла, хвостового оперения. Кроме того, методы вычислительного эксперимента помогут решить вопросы безопасного аварийного сброса различных подвесок и безопасного покидания аварийного вертолета.