

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Коваля Кирилла Алексеевича «Взаимодействие упругих конструкций с потоком жидкости», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

К подводным техническим средствам в настоящее время предъявляются все более строгие требования, для выполнения которых проектанту необходимо использовать современные подходы к моделированию процессов, возникающих при эксплуатации объекта. Диссертационная работа К.А. Коваля посвящена разработке численных методов и математических моделей, описывающих такой класс явлений, как взаимодействие упругих конструкций с потоком жидкости. Среди упругих конструкций автор рассматривает выдвижные устройства и составной плавниковый движитель.

Выдвижные устройства современных подводных объектов подвержены влиянию вихревой вибрации, моделирование которой является актуальной задачей, поскольку появляется возможность уже на ранних стадиях проектирования предотвратить множество опасных ситуаций, которые могут возникнуть при эксплуатации выдвижных устройств. К основным проблемам можно отнести появление помех при работе систем объекта, а также частичное или полное разрушение выдвижных устройств.

Другим рассматриваемым типом конструкции является составной плавниковый движитель – аналог плавника китообразных. Автор отмечает, что воссоздание бионических принципов движения позволит разработать эффективную конструктивную схему составного плавникового движителя с повышенными пропульсивными характеристиками. Проектирование такого движительного комплекса сложно представить без предварительного рассмотрения множества вариантов и сопоставления основных показателей эффективности. Решение данной задачи при помощи математического моделирования движения составного плавникового движителя позволит значительно сократить сроки создания движительного комплекса и обеспечить наибольшие возможные пропульсивные характеристики. Это позволяет сделать вывод, что разработка расчетных методов и математических моделей колебаний составного плавникового движителя в потоке жидкости представляется актуальной задачей.

Особенностью метода определения вибрационных характеристик выдвижного устройства является использование численного моделирования турбулентного течения для расчета действующих гидродинамических сил. Автор предлагает применять RANS-подход совместно с моделью турбулентности SAS, поскольку он является достаточно экономичным и позволяет разрешать отрыв вихрей на основной частоте. Достоверность такого метода подтверждается хорошим согласованием результатов

численного расчета и экспериментальных данных для кругового цилиндра большого удлинения.

В автореферате приводится математическая модель колебаний в потоке жидкости выдвигного устройства, которое рассматривается как стержень переменного сечения. При помощи разбиения стержня на участки, одной из границ которых является промежуточная опора, автор получает уравнения колебаний данного класса конструкций. Для решения данных уравнений был разработан эффективный инструмент – программный комплекс, который позволяет на основе геометрических, массоинерционных, жесткостных и гидродинамических характеристик выдвигного устройства вычислить основные параметры вихревой вибрации.

Достаточно эффективным средством борьбы с вибрацией выдвигных устройств представляется предложенная автором конструкция гидродинамического гасителя вибраций. При использовании струи, в 2,5 раза превышающей скорость набегающего потока, происходит значительное снижение максимальных значений перемещений и напряжений.

Большое внимание в автореферате уделяется валидации численного метода определения гидродинамических характеристик колеблющегося крыла – основного конструктивного элемента составного плавникового движителя. Метод предполагает использование изменяющихся во времени (динамических) расчетных сеток для численного интегрирования уравнений Навье–Стокса. Результаты расчетов с применением таких сеток, полученные Ковалем К.А., хорошо согласуются с экспериментальными данными. Также автор рассматривает существующие аналитические подходы к оценке гидродинамических характеристик колеблющегося крыла и делает вывод, что теоретически полученные результаты могут служить оценкой достоверности численных расчетов.

Автором также разработан метод моделирования движения составного плавникового движителя. Особенностью такого движения является взаимозависимость перемещений зависимых элементов и действующих на них сил. Данная задача решается при помощи интегрирования уравнений движения крыльев и уравнений динамики вязкой жидкости в сопряженной постановке. На примере конструкции, состоящей из двух элементов, показано, что режим, соответствующий частоте колебаний ведущего элемента $f = 0,7$ Гц, характеризуется лучшими пропульсивными качествами.

Подобный анализ эффективности может быть проведен для различных конструкций составного плавникового движителя и режимов его работы. Однако автор выделяет проблему вывода уравнений движения зависимых элементов, поскольку традиционный подход Лагранжа становится все более трудоемким с ростом количества элементов. В качестве альтернативы предлагается использовать подход Виттенбурга, позволяющий формальным образом получать систему уравнений движения для конструкции любой сложности.

На основе линеаризованных уравнений движения системы из четырех крыльев автор разработал математическую модель движения составного

плавникового движителя, которая позволяет оценить различные режимы с точки зрения устойчивости движения конструкции, а также провести моделирование различных режимов работы движительного комплекса. Наибольшие амплитуды зависимых элементов были достигнуты при рабочей частоте колебаний ведущего элемента, близкой к собственной частоте конструкции.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. Из автореферата неясно, каким образом в разработанной математической модели движения составного плавникового движителя (глава 8) учитываются гидродинамические силы, действующие на машущие элементы.
2. При анализе эффективности работы гидродинамического гасителя вибраций рассматривается только один тип конструкции. Возможно, что варьирование скоростью стабилизирующих струй, диаметром отверстий или расстоянием между ними позволит выявить более эффективные варианты гидродинамического гасителя.

Данные замечания не являются критическими и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования К.А. Коваля, которое является законченной научной работой. Научные результаты, полученные автором, обладают новизной, теоретической и практической значимостью, а также имеют большое значение для проектирования упругих конструкций, входящих в состав подводного объекта.

На основе анализа автореферата можно подвести итог, что диссертация К.А. Коваля «Взаимодействие упругих конструкций с потоком жидкости» отвечает требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Профессор кафедры «Кораблестроение и авиационная техника» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,
доктор технических наук

Грамужов
Евгений Михайлович

603950, г. Нижний Новгород, Минина, 24

terkor@nntu.ru, +7 831 436 78 96,
+7 910 399 68 22

Портин *Грамужов*

Ген. Информ.

10.02.22



Г.И. Грамужов