

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».

Численное моделирование явлений, возникающих при взаимодействии упругих конструкций с потоком жидкости, является сложной мультидисциплинарной задачей, решению которой посвящена диссертационная работа К.А. Коваля. Автор рассматривает такие типы конструкций, как выдвижные устройства (ВУ) и составной плавниковый движитель (СПД).

Основной проблемой взаимодействия ВУ с потоком жидкости является вихревая вибрация, негативно влияющая на эксплуатационные качества подводного объекта. Разработка и развитие методов численного моделирования данного явления, особенно в условиях интенсивного развития средств вычислительной техники, является достаточно актуальной задачей. Выявление при помощи расчетов возможных недостатков конструкции, приводящих к недопустимым параметрам вибрации, позволит значительно сократить сроки и стоимость создания ВУ.

Расчет гидродинамических характеристик (ГДХ) СПД является важным этапом проектирования такого типа конструкций, поскольку эти данные используются для вычисления основных показателей эффективности СПД – пропульсивных качеств. Моделирование движения СПД позволяет подбирать набор конструктивных параметров таким образом, чтобы достичь

максимальной эффективности работы движителя. Таким образом, появляется возможность значительно повысить автономность подводного объекта, оснащенного таким движительным комплексом, что особенно актуально для малых робототехнических безэкипажных средств.

Для определения параметров вибрации ВУ автор разработал численный метод, включающий в себя использование современных подходов вычисления гидродинамических сил, основанных на CFD, и применение аналитических соотношений, полученных с помощью математической модели колебаний стержня переменного сечения. При построении математической модели К.А. Коваль учитывает, что большинство современных ВУ контактирует с промежуточной опорой в районе крыши ограждения. Гидродинамическую силу, действующую на обтекатель ВУ, автор представляет в гармонической форме, выделяя стационарную (среднюю) и нестационарную (амплитуду) гидродинамическую нагрузку. Коэффициенты гидродинамических сил определяются автором с помощью численного моделирования турбулентного течения около обтекателя на основе интегрирования уравнений RANS методом конечных объемов.

Большую практическую значимость имеет программный комплекс, созданный автором для вычисления основных параметров вибрации ВУ. Он позволяет легко применить в инженерных расчетах разработанный метод. С помощью данного комплекса автор проводит оценку эффективности гидродинамического гасителя вибраций, уменьшающего амплитуду действующих на обтекатель сил за счет стабилизации следа. Применение предложенной конструкции гасителя позволило уменьшить максимальные значения перемещений элементов ВУ приблизительно в 3 раза.

Также автором разработан метод определения ГДХ составного плавникового движителя. Он основан на применении динамических расчетных сеток для интегрирования уравнений динамики вязкой жидкости. При этом закон, управляющий изменением положений узлов сетки в

пространстве, может быть задан как в явном виде, так и являться результатом решения дифференциального уравнения движения элемента СПД. Автор отмечает, что для систем с большим количеством машущих элементов вывод уравнений движения с помощью традиционного подхода Лагранжа может быть затруднительным. Альтернативный подход Виттенбурга, рассмотренный в диссертационном исследовании, позволяет получить данные уравнения с меньшими трудозатратами. К.А. Коваль демонстрирует применение данного подхода и получает систему уравнений и математическую модель движения для четырехэлементного СПД. Анализ устойчивости движения СПД позволил выявить устойчивые режимы, а также критическую скорость набегающего потока, при которой движение конструкции теряет устойчивость. Также автором проведено моделирование устойчивых режимов СПД, результаты которого показали, что наибольшие амплитуды машущих элементов достигаются при совпадении частоты колебаний ведущего элемента и частоты свободных колебаний СПД.

Основные замечания к автореферату:

1. Разработанная математическая модель ВУ рассматривает гидродинамическую нагрузку, действующую на обтекатель, как силу, действующую по синусоидальному закону. Однако реальный вид зависимости $q(t)$ представляет собой суперпозицию различных гармоник, которую обычно представляют в виде частотного спектра. Возможно, учет только одной частоты из данного спектра снижает точность решения.
2. Неясно, каким образом автор учитывает влияние присоединенных масс жидкости при моделировании движения СПД.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы К.А. Коваля. Полученные научные результаты отличаются новизной, теоретической и практической значимостью. Автор грамотно и обоснованно применяет положения и методы из различных

научных областей, создавая при этом новые численные методы, математические модели и комплекс программ для решения задач о взаимодействии упругих конструкций, входящих в состав подводного объекта, с потоком вязкой жидкости.

По итогам ознакомления с авторефератом следует отметить, 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».

Отзыв составил:
старший научный сотрудник
лаборатории прикладных
гидрофизических исследований

К.Т.Н

15.02.2022

Подпись Ванкевича Романа Евгеньевича заверяю

Зам.директора СПбФ ИО РАН

Санкт-Петербургский филиал
Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН
199004, Санкт-Петербург,
1-я линия Васильевского острова д. 30
+7 (812) 328-50-66
+7 (812) 323-48-66
office@spb.ocean.ru

Ванкевич Роман Евгеньевич

Иммофеев Сергей Сергеевич