

УДК 629.58

НЕОБИТАЕМЫЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДВОДНЫЙ АППАРАТ ПЛАНЕРНОЙ ФОРМЫ С КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ БАЛЛАСТИРОВАНИЯ

Кулешов Павел Валерьевич¹, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
e-mail: PVKuleshov123@gmail.com

Семенов Василий Дмитриевич¹, бакалавр
e-mail: vasay1202@gmail.com

Форрат Марк Юрьевич¹, бакалавр
e-mail: forrat_mark@mail.ru

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются основные этапы проектирования необитаемого подводного аппарата (НПА). Приведены результаты динамических испытаний модели корпуса с использованием платформы для инженерного математического моделирования SimScale на базе OpenFoam.

Ключевые слова: подводный аппарат, планерная форма, система управления.

AUTONOMOUS HYDRODYNAMIC UNDERWATER VEHICLE OF GLIDER SHAPE WITH A COMBINED METHOD OF BALLASTING

Pavel V. Kuleshov¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department

e-mail: PVKuleshov123@gmail.com

Vasiliy D. Semenov¹, Bachelor

e-mail: vasay1202@gmail.com

Mark Yu. Forrat¹, Bachelor

e-mail: forrat_mark@mail.ru

¹ Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

Abstract. The article deals with the main stages of designing of an autonomous underwater vehicle (AUV). The results of dynamic tests of the hull model were shown. The platform for SimScale engineering mathematical modelling based on OpenFoam was used.

Key words: underwater vehicle, glider shape, balancing.

В ходе выполнения проекта были решены задачи по моделированию формы корпуса НПА, которая позволяет решить вопрос оптимальной компоновки узлов, механизмов аппарата и систем управления при заданных габаритных размерах [2]. В процессе моделирования корпуса было выполнено исследование гидродинамических характеристик НПА в вязкой жидкости с использованием пакета OpenFoam. Твердотельное моделирование аппарата (узлы и механизмы) выполнено в САПР КОМПАС-3D. В рамках проекта предложена схемотехническая аппаратная архитектура системы управления, исполнительных механизмов, имитационная модель и изготовлен образец необитаемого подводного аппарата (НПА) [1].

При реализации проекта к разрабатываемому НПА предъявлялись следующие общие требования:

- радиоканал для управления аппаратом в надводном положении;
- глубина погружения – до 50 метров;
- продолжительность цикла при погружении – не менее 1 часа;
- вес – до 10 кг.

Разработка внешнего вида корпуса НПА осуществлялась с учетом назначения – маневренный модульный аппарат для выполнения специальных задач. С целью выбора оптимальной гидродинамической формы разрабатываемого аппарата был проведен анализ существующих отечественных и зарубежных проектов НПА, их функциональных возможностей. Для анализа и оценки маневренных качеств подводных аппаратов был использован признак - форма корпуса подводного аппарата определяется назначением подводного аппарата [1]. Для выполнения требований к НПА была выбрана обтекаемая нецилиндрическая форма -планерная форма.

Исследовалось два варианта силовой установки НПА:

- с одним маршевым движителем и поворотным соплом;
- с одним маршевым движителем с вертикальными кормовыми рулями.

В итоге силовая установка аппарата представлена винтовой силовой установкой, в которой гребной винт располагается в туннеле. С учетом обеспечения требуемых технических характеристик НПА была выбрана силовая установка водометного типа с одним маршевым движителем и поворотным соплом.

Компоновочная схема НПА включает следующий состав модулей:

- силовая установка;
- балластная система (СИП);
- блок электроники;
- блок энергообеспечения.

После сборки НПА была выполнена его балластировка в подводном положении при нулевых углах крена и дифферента с помощью балласта. В процессе пробного погружения подводного аппарата производилась его вывеска. Компенсация остаточной плавучести и поддержание дифферента была реализована балластной системой.

Балластная система, обеспечивающая регулировку плавучести НПА, представляет собой неизменяемый твердый балласт и уравнивающей системой, которая представлена управляемыми с помощью приводов поршнями, которые изменяют сухой объем аппарата. Приводами являются два шаговых двигателя NEMA 17 HS 4023 и один NEMA 17 HS 4401 [8] с драйверами HW-134A [8]. В аппарате балластная система представлена носовой (курс) и кормовой (тангаж) подсистемами.

В качестве системы позиционирования НПА выбрана гироскопическая система позиционирования GY-521.

Канал радиосвязи, с управлением по сигналу через границу раздела сред вода-воздух, обеспечивает устойчивую связь и скорость передачи информации и реализован на модеме



NRF24L01, который на приемлемой дальности связи (до 2000 м) позволяет передавать информацию со скоростью до 2000 бит/с, [11].

Процессорный модуль аппарата представлен контроллером MEGA 2560 PRO, который позволяет организовать подключение большого количества периферии [15]. Для обеспечения стабильности работы контроллера использована плата, обеспечивающая ее защиту от бросков напряжения при подключении электроприводов балластной системы.

Модуль энергообеспечения, представленный сборкой АКБ, обеспечивает напряжение 11.1 В и емкость 20 Ач, что дает требуемое энергопотребление в течении 1 часа.

Силовая установка представлена винтовым двигателем Waterproof f540-4370 kv [20], расположенного в кормовой части аппарата. Для управления бесколлекторными двигателями использованы драйвер HW-30A [21].

На Рисунке 1 представлена компоновочная схема НПА.

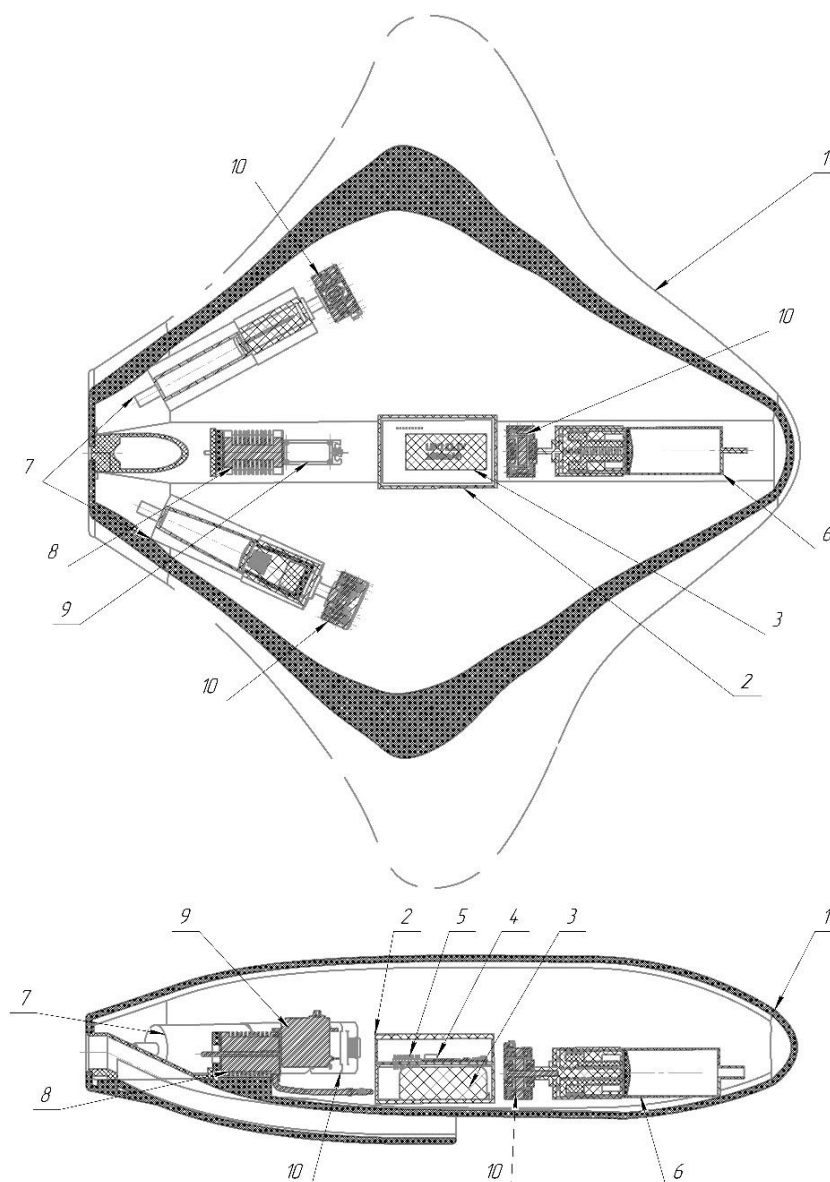


Рисунок 1 – Компоновочная схема НПА:

1 – корпус; 2 – блок электроники; 3 – аккумулятор; 4 – контроллер; 5 - акселерометр; 6 – носовая балластная система; 7 – кормовая балластная система; 8 – асинхронный двигатель; 9 – рулевой шаговый двигатель; 10 – шаговые двигатели балластных систем

Для выбранной формы корпуса аппарата было выполнено исследование его гидродинамических характеристик путем его обтекания сплошной средой. Для моделирования использовалась платформа для инженерного математического моделирования SimScale на базе OpenFoam [23]. Твёрдотельная модель аппарата строилась в программном комплексе КОМПАС-3D [24] и затем для построения сеток импортировалась в SimScale. Результаты исследования обтекания обводов носовой части аппарата, обводов центральной части и двигателя представлены на рисунке 2 и рисунке 3.

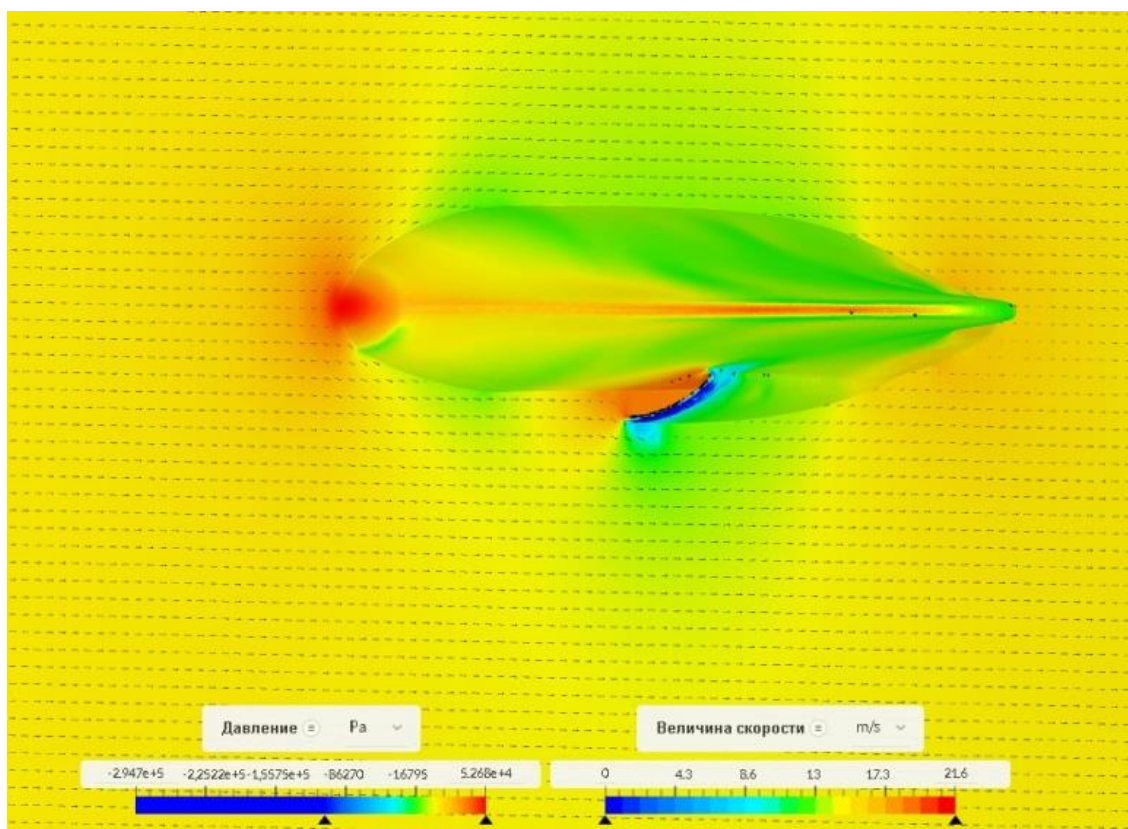
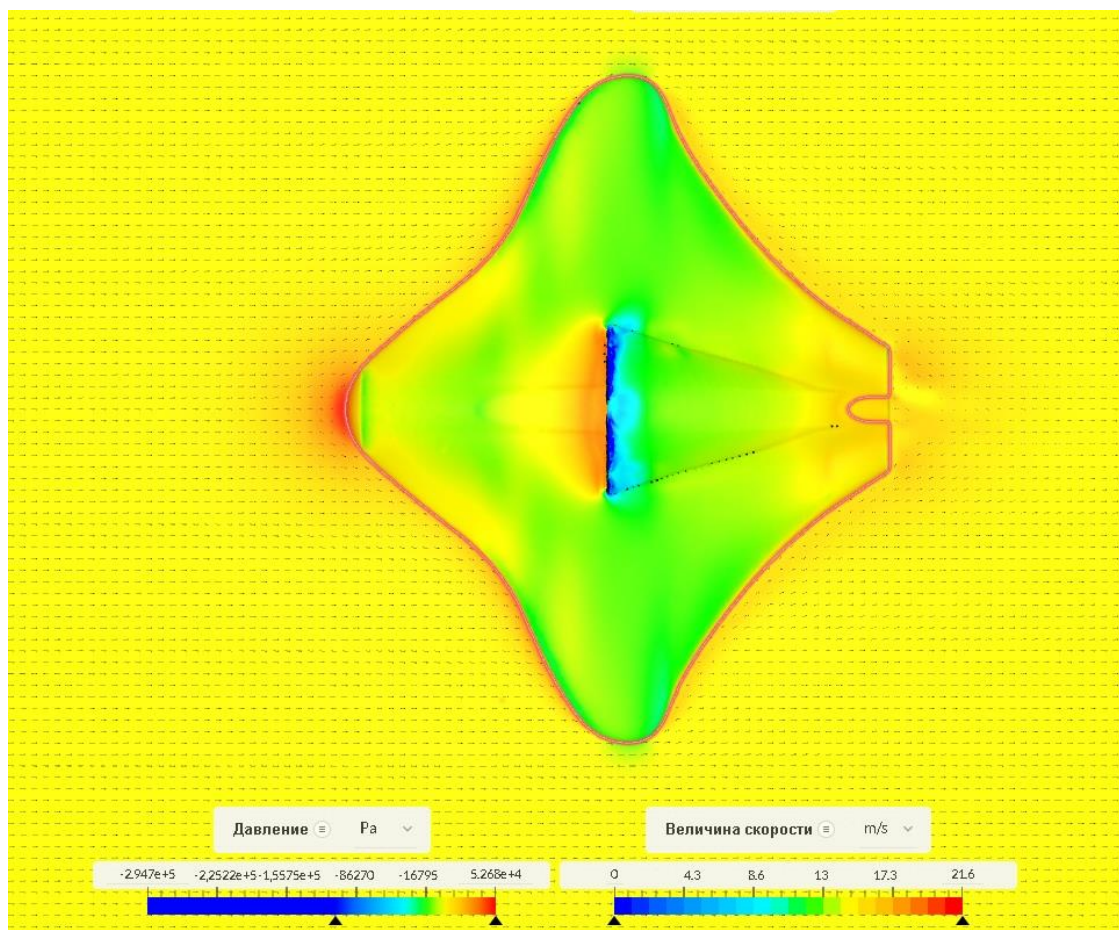


Рисунок 2 – Результаты исследования обтекания аппарата в программе SimScale



*Рисунок 3 – Результаты исследования обтекания аппарата в программе SimScale
Запуск аппарата может производиться с неподготовленной площадки. При потере канала управления предусмотрено самостоятельное всплытие на поверхность*

Список литературы:

1. Занин В.Ю., Кожемякин И.В., Потехин Ю.П. Разработка автономных необитаемых подводных аппаратов микро с функцией группового управления // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2017. – № 1-2. – С. 55-74.
2. Зраев, Р. А. Техника покорения морских глубин. Необитаемые подводные аппараты вчера, сегодня и завтра // Молодой ученый. – 2016. – № 26 (130). – С. 37-39.
3. Кишкорева С. С., Пестова А. Э., Аникин А. В. Конструирование беспилотных подводных аппаратов // Енисей. Арктика: сб. тр. конф. Красноярск: Изд-во СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2021. С. 22-24.