

Сведения о выполненных работах в 2023 году  
по проекту **«Комплексные экспериментально-теоретические исследования  
высокоскоростного входа в воду и движения в ней группы суперкавитирующих  
ударников при совместном пушечном старте»**,  
поддержанному Российским научным фондом  
Соглашение № 19-19-00233

Руководитель Ищенко Александр Николаевич, д-р физ.-мат. наук

Разработана и изготовлена баллистическая установка с пусковой платформой, включающая два ствола для ускорения калиберных суперкавитирующих ударников с возможностью регулировки их положения на старте. Проведена модернизация гидробаллистического стенда для использования в своем составе разработанной пусковой платформы, содержащей двухствольную баллистическую установку. Реализованы новые технические решения по реализации системы синхронизации залпового и одновременного пуска двухствольной баллистической установки.

Проведено исследование взаимодействия суперкавитирующих ударников на их движение в водной среде на расстоянии до 12 м. Получены результаты траекторных исследований для двух суперкавитирующих ударников при подводном залповом старте из двух метательных установок с расстоянием между стволами 4 и 10 калибров.

Проведено исследование возмущений, создаваемых баллистической установкой в процессе входа в воду суперкавитирующего ударника при пушечном старте. По результатам серии экспериментов получен коэффициент лобового сопротивления  $C_x$ , характеризующий внешнетраекторное движение суперкавитирующих ударников при одиночном и залповом пушечном старте в воду из двух установок. В рамках предложенной доработанной физико-математической модели исследованы нестационарные гидрогазодинамические процессы обтекания группы тел высокоскоростным потоком жидкости в режиме суперкавитации.

Разработаны технические решения, направленные на создание контролируемых возмущений в водной среде в условиях гидробаллистической трассы. Проведены параметрические исследования влияния внешнетраекторных факторов на движение суперкавитирующих ударников при одиночном или залповом метании в условиях возмущенной водной среды. Экспериментально показана возможность целенаправленного движения суперкавитирующего ударника при наличии возмущений в воде и соответствующего подбора параметров метания.

В результате параметрических расчетов определены возможности разработанной баллистической установки по реализации суперкавитирующего движения ударников. Основные результаты исследований по проекту, полученные в период 2019-2023 гг, будут обобщены и представлены в монографии «Суперкавитирующее движение тел в водной среде». Издание данной монографии предусмотрено в плане Издательского дома ТГУ на 2024 год. Сформулировано продолжение исследований по суперкавитирующему движению ударников в новом проекте РНФ.

В результате выполнения проекта в 2023 году достигнуты следующие научные результаты по пяти направлениям:

1. Разработана пусковая платформа с двуствольной баллистической установкой, позволяющая регулировать расстояние между осями стволов. Для обеспечения одновременного и последовательного пушечного старта суперкавитирующих ударников разработана система управления зажиганием зарядов, позволяющая реализовать данные режимы. Разработанная пусковая платформа была размещена на гидробаллистическом стенде НИИ ПММ ТГУ.

2. Исследованы возмущения, создаваемые баллистической установкой при входе в воду суперкавитирующего ударника в условиях пушечного старта. Получен коэффициент лобового сопротивления  $C_x$ , характеризующий внешнетраекторное движение суперкавитирующих ударников при одиночном и залповом пушечном старте в воду.

3. В рамках предложенной доработанной физико-математической модели исследованы нестационарные гидрогазодинамические процессы обтекания группы тел высокоскоростным потоком жидкости в режиме суперкавитации. По результатам численного моделирования получены удовлетворительные качественные результаты сравнения с экспериментальными данными.

4. Разработаны технические решения, позволяющие создавать контролируемые возмущения в водной среде в условиях гидробаллистической трассы.

5. Исследовано взаимовлияние и получены результаты траекторных исследований на дистанции до 12 м для двух суперкавитирующих ударников в водной среде, при подводном залповом метании из двух метательных установок с расстоянием между стволами 4 и 10 калибров.

По результатам исследований опубликованы и направлены в печать 5 работ, в том числе, в научных журналах, индексируемых базами данных RSCI, Web of Science и Scopus – 4;

По достигнутым научным результатам на научных мероприятиях (конференциях, симпозиумах и пр.) сделано 5 докладов.

Основные результаты исследований по проекту, полученные в период 2019-2023 гг, будут обобщены и представлены в монографии «Суперкавитирующее движение тел в водной среде». Издание данной монографии предусмотрено в плане Издательского дома ТГУ на 2024 год.