

УДК 629.5.036

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОЗАБОРНИКА ВОДОМЕТНОГО ДВИЖИТЕЛЯ БУКСИРНОГО ТЕПЛОХОДА

Качанов Игорь Владимирович¹, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Гидротехническое, энергетическое строительство, водный транспорт и гидравлика»

e-mail: hidrokaf@bntu.by

Браим Дмитрий Николаевич¹, аспирант

e-mail: dmitrybraim@gmail.com

Шаталов Игорь Михайлович¹, старший преподаватель

e-mail: hidrokaf@bntu.by

Махнач Никита Алесандрович¹, бакалавр

e-mail: hidrokaf@bntu.by

¹ Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье представлены результаты лабораторных гидравлических исследований водозаборников судовых водометных движителей с различной формой поперечного сечения. Проведенные лабораторные гидравлические исследования показали, что оптимальной формой поперечного сечения водозаборника является некруглая (прямоугольная, эллиптическая, овальная). Подобная геометрия водозаборника позволит снизить гидравлическое сопротивление в среднем на 5–6% по сравнению с круглой (стандартной), что в перспективе позволит увеличить тягу водометного движителя в целом.

Ключевые слова: водный транспорт, водометный движитель, водозаборник, сечение, форма, лабораторные гидравлические исследования, опытная установка.

HYDRAULIC RESEARCH OF THE WATER INTAKE PIPELINE OF THE WATER-JET PROPULSION SYSTEM OF A TUGSHIP

Igor V. Kachanov¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of «Hydrotechnical, Energy Construction, Water Transport and Hydraulics»

e-mail: hidrokaf@bntu.by

Dmitry N. Braim¹, Doctoral Student

e-mail: dmitrybraim@gmail.com

Igor M. Shatalov¹, Senior Lecturer

e-mail: hidrokaf@bntu.by

Nikita A. Mahnach¹, Bachelor's Degree Student

e-mail: hidrokaf@bntu.by

¹ Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The article presents the results of laboratory hydraulic studies of water intake pipelines of marine water jet propulsors with different cross-sectional shapes. The conducted laboratory hydraulic research showed that the optimal cross-sectional shape of the water intake pipeline is non-circular (rectangular, elliptical, oval). Such geometry of the water intake pipeline will reduce hydraulic resistance by an average of 5-6% compared to a round (standard) one, which in the long term will increase the thrust of the water jet propulsor as a whole.

Key words: water transport, water jet propulsion, water intake pipeline, section, laboratory hydraulic research, pilot plant.

Введение

В настоящее время на внутренних водных путях Республики Беларусь эксплуатируются различные водные транспортные средства: пассажирские, грузовые и маломерные суда. Внутренние водные пути республики характеризуются мелководьем, поэтому большинство судов, эксплуатируемых на них, используют водометный движитель. Принципиальная схема судового водометного движителя [1] представлена на рисунке 1.

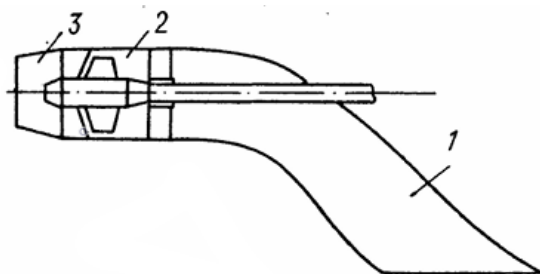


Рисунок 1 – Принципиальная схема водометного движителя [1]:

1 – водозаборник; 2 – насосная часть; 3 – выходное сопло

Водометный движитель имеет меньший коэффициент полезного действия (далее – КПД) по сравнению с классическим гребным винтом (КПД водометного движителя ниже КПД гребного винта в среднем на 15–20%).

Повышение КПД водометного движителя достигается за счет увеличения его тяги. Увеличение тяги водометного движителя может осуществляться одним из следующих путей: установка двигателей большой мощности, установка специальных струенаправляющих устройств, установка дополнительных ступеней, использование двухрядных лопастных систем, увеличение количества входных отверстий и водозаборников. Недостатками приведенных способов повышения тяги и КПД являются: усложнение конструкции, увеличение затрат на обслуживание и ремонт, негативное влияние на экологию (при установке более мощных двигателей).

Еще одним перспективным способом повышения тяги и, как следствие, КПД водометного движителя является снижение гидравлического сопротивления водозаборника. Ранее на кафедре «Гидротехнического и энергетического строительства, водного транспорта и гидравлики» Белорусского национального технического университета (далее – ГЭСВТГ БНТУ) гидравлические исследования влияния формы поперечных сечений поворотных участков проточной части лафетных стволов и пулюпопроводов земснарядов на величину их гидравлического сопротивления [2–4].

Анализ результатов, достигнутых в лаборатории центра технической гидромеханики и гидромашин кафедры ГЭСВТГ БНТУ, показал, что снижение гидравлического сопротивления водозаборника предположительно может быть достигнуто путем изменения его геометрии. Для этого были проведены лабораторные гидравлические исследования с

целью установления оптимальной геометрической формы поперечного сечения модели водозаборника.

Лабораторные гидравлические исследования

Для установления оптимальной геометрической формы поперечного сечения модели водозаборника с минимальным гидравлическим сопротивлением на базе центра технической гидромеханики и гидромашин кафедры ГЭСВТГ БНТУ были проведены лабораторные исследования моделей водозаборников с различной формой поперечных сечений.

Разработка твердотельных 3D-моделей водозаборников водометного движителя с различными формами поперечного сечения была выполнена с использованием системы автоматизированного проектирования (далее – САПР) КОМПАС-3D.

Результаты моделирования полнонапорного водозаборника водометного движителя в САПР КОМПАС-3D представлены на рис. 2.

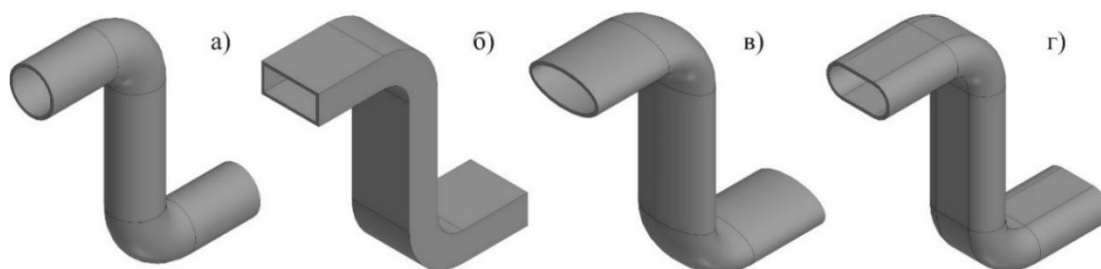


Рисунок 2 – Модели полнонапорного водозаборника различных сечений:
а) – круглое сечение, б) – прямоугольное сечение, в) – эллиптическое сечение, г) – овальное сечение

Лабораторные исследования проводились на опытной установке центра технической гидромеханики и гидромашин кафедры ГЭСВТГ БНТУ. Принципиальная схема опытной установки для проведения лабораторных гидравлических исследований представлена на рис. 3.

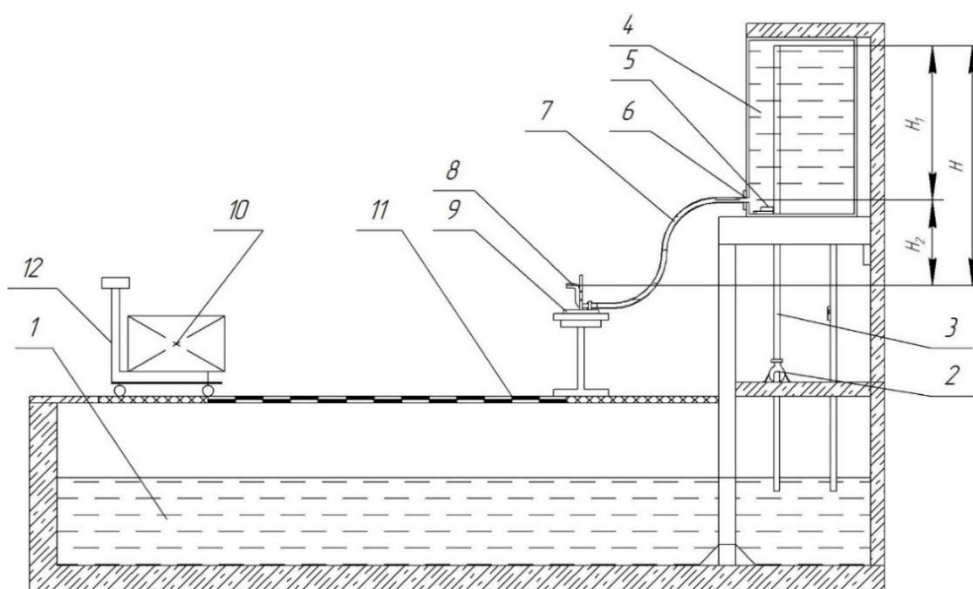


Рисунок 3 – Опытная установка для проведения лабораторных исследований моделей водозаборников

Установка работает следующим образом. Из резервуара 1 с помощью центробежного насоса 2 вода по трубе 3 подаётся в напорный бак 4, в котором было выполнено круглое отверстие 6 с резьбой и запорным поворотным клапаном 5. К отверстию 6 присоединялся гибкий шланг 7, по которому вода подаётся в модель водозаборника 8, закрепленный на стенде 9. Для проведения необходимых измерений в состав установки также входят емкость 10 (наполняется водой), горизонтальная рейка 11 и электронные весы 12.

В ходе выполнения лабораторных гидравлических исследования определялся расход Q , л/с объемно-весовым методом. Скорости струи v , м/с, в выходном сечении модели водозаборника определялось по формуле

$$v = \frac{Q}{\omega}, \text{ м / с,} \quad (1)$$

где Q – расход воды на выходе из модели водозаборника, м³/с,

ω – площадь поперечного сечения модели водозаборника м².

Для измерения дальности полета струи использовалась горизонтальная измерительная рейка.

Измерения проводились для каждой модели водозаборника по три раза. Осредненные результаты лабораторных гидравлических исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты лабораторных исследований водозаборников с различными формами поперечных сечений

Вид поперечного сечения водозаборника	Средняя скорость на выходе, м/с	Расход на выходе, л/с	Дальность полета струи, см
1	2	3	4
Круглое	3,78	2,67	140
Прямоугольное	4,02	2,84	160
Эллипс	4,00	2,83	157
Овальное	3,96	2,80	153

Анализ полученных результатов лабораторных исследований показал, что изменение геометрической формы поперечного сечения водозаборника приводит к снижению гидравлического сопротивления, увеличению расхода и скорости, вытекающей из водозаборника жидкости в среднем на 5–6 %. Оптимальной формой поперечного сечения водозаборника является некруглая форма (прямоугольная, эллиптическая или овальная). Подбор формы поперечного сечения в дальнейшем позволит создать оптимальный вариант конструкции водометного движителя буксирного теплохода с минимальным гидравлическим сопротивлением и повышенной тягой движителя.

Список литературы:

1. Артюшков, Л. С. Судовые движители: Учебник / Л. С. Артюшков, А. Ш. Ачкинадзе, А. А. Русецкий. – Л.: Судостроение, 1988. – 296 с., ил.
2. Качанов, И. В. Компьютерное моделирование и лабораторные гидравлические исследования поворотного участка пульпопровода землесосного снаряда / И. В. Качанов, К. В. Хвилько, И. М. Шаталов, М. К. Щербакова, А. В. Максимович, И. В. Калиновский // Вестник БАРГУ. Серия «Технические науки». – 2023. – № 13. – С. 23–30.
3. Математическая модель движения огнетушащей жидкости в проточном тракте лафетного ствола с винтовой структуризацией потока / И. В. Качанов [и др.] // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2013. – № 2. – С. 156–164.



4. Теоретические и компьютерные исследования дальнбойного пожарного лафетного ствола при ликви дации чрезвычайных ситуаций на объектах промышленного и гражданского назначения / И. В. Качанов [и др.] // Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в контексте глобального измене ния климата планеты в XXI веке : сб. докл. XIX Междунар. науч.-практ. конф., Тюмень, 17 марта 2017 г. : в 3 т. / Тюмен. гос. ун-т ; редкол.: А. Б. Храмцов (отв. ред.) [и др.]. — Тюмень, 2017. — Т. 1. — С. 59—64.

