

OUTDOOR TESTS OF A TOWED BOAT MODEL WITH FUEL COMBUSTION IN A BOTTOM CAVITY

S. M. Frolov^{1,2}, S. V. Platonov³, K. A. Avdeev¹,
V. S. Aksenov¹, V. S. Ivanov^{1,2}, A. E. Zangiev¹,
I. A. Sadykov¹, F. S. Frolov^{1,2}, and I. O. Shamshin^{1,2}

¹N. N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics
of the Russian Academy of Sciences
4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russia

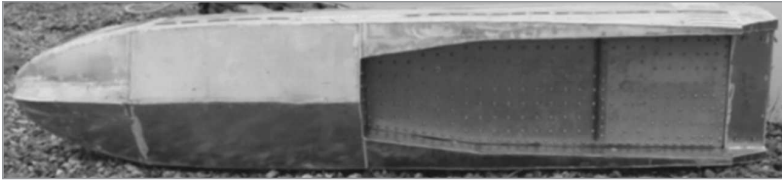
²Scientific Research Institute for System Analysis
of the Russian Academy of Sciences
36-1 Nakhimovskii Prosp., Moscow 117218, Russia

³“Almaz” Central Marine Design Bureau
50 Varshavskaya Str., St. Petersburg 196070, Russia

To reduce the hydrodynamic drag force to the movement of the boat, an artificial gas cavity is organized under its bottom. Such a cavity partially insulates the bottom from direct contact with water and provides “gas lubrication” by means of forced supply of atmospheric air or exhaust gases from the main propulsion system. A proper longitudinal and transverse shaping of the gas cavity can significantly (by 20%–30%) reduce the hydrodynamic drag of the boat at low (less than 3%) consumption of the propulsion system power for gas supply.

We have put forward the idea of supplying fuel (in addition to air) to the cavity and organize stationary or pulsed combustion or detonation in it [1]. This will allow, on the one hand, the increase in the buoyancy force (due to thermal expansion of combustion products) and, on the other hand, the development of a propulsive force which could be sufficient for boat motion without a screw propeller.

To check the idea, we have performed gasdynamic calculations and, based on them, developed and manufactured a towed boat model with a bottom gas cavity where we could organize pulsating combustion of hydrogen or propane in air and prepared the tugboat with



(a)



(b)



(c)

A towed boat model with a bottom gas cavity (a), and tests in open water: (b) outer view and (c) view from the tugboat

the measuring system for test fires in open water (see figure). The experiments have proved that pulsating combustion in the gas cavity creates a positive propulsive and buoyancy forces acting on the boat. The results of test fires provide the theoretical and experimental grounds for the development of vessels which move solely due to combustion of fuel mixture in the gas cavity, thus avoiding the use of conventional propellers.

Acknowledgments

The work was supported by the subsidy given to the N. N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics of the Russian Academy of Sciences to implement the state assignment on the topic No. 0082-2016-0011 (Registration No. AAAA-A17-117040610346-5) and to the Scientific Research Institute for System Analysis of the

Russian Academy of Sciences to implement the state assignment on the topic No.0065-2019-0005 (Registration No.AAAA-A19-119011590092-6).

References

1. Frolov, S.M., and S.V. Platonov. 11.05.2018. Sposob snizheniya gidrodinamicheskogo soprotivleniya dvizheniyu sudna [Method of hydrodynamic vessel movement resistance reduction and the device for its implementation]. Patent of Russian Federation RU 2653664. Priority 01.06.2017.

НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ БУКСИРУЕМОЙ МОДЕЛИ СУДНА С ГОРЕНИЕМ ТОПЛИВНОЙ СМЕСИ В ДНИЩЕВОЙ КАВЕРНЕ

**С. М. Фролов^{1,2}, С. В. Платонов³, К. А. Авдеев¹,
В. С. Аксёнов¹, В. С. Иванов^{1,2}, А. Е. Зангиев¹,
И. А. Садыков¹, Ф. С. Фролов^{1,2}, И. О. Шамшин^{1,2}**

¹Федеральный исследовательский центр химической физики
им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук
Россия, Москва 119991, ул. Косыгина, д. 4

²Научно-исследовательский институт системных исследований
Российской академии наук
Россия, Москва 117218, Нахимовский просп., д. 36-1

³Центральное морское конструкторское бюро «Алмаз»
Россия, Санкт-Петербург 196070, ул. Варшавская, д. 50

Для снижения гидродинамического сопротивления судов под их днищем формируют газовые каверны. Такие каверны частично изолируют днище судна от контакта с водой, обеспечивая «газовую смазку» за счет подачи в них атмосферного воздуха или отработавших газов силовой установки. За счет специаль-

ного профилирования дна и обводов судна удается снизить его гидродинамическое сопротивление на 20%–30% при относительно низких затратах мощности силовой установки (менее 3%). Нами предложено к подаваемому в каверну воздуху добавлять горючее и организовать в ней стационарное или пульсирующее горение или детонацию топливно-воздушной смеси. При правильной организации процесса горения в каверне тепловое расширение продуктов горения может обеспечить дополнительную подъемную силу, снижающую площадь контакта днища судна с водой, а также движущую силу благодаря воздействию давления продуктов горения на плоские вертикальные участки днища судна — реданы, причем создаваемая движущая сила может быть достаточной для движения судна без использования гребных винтов.

Для проверки идеи нами проведены газодинамические расчеты, на основе которых спроектирована и изготовлена буксируемая модель судна с газовой каверной, в которой предусмотрена возможность организации пульсирующего горения водорода или пропана с воздухом. Для проведения экспериментальных исследований разработана мобильная лабораторная установка, состоящая из катера-буксировщика с тягоизмерительной штангой, буксируемой модели с газовой днищевой каверной и форкамерой, а также систем подачи топлива и воздуха, зажигания, измерения толкающего усилия и датчиков давления. Эксперименты, проведенные на открытой воде при постоянной скорости движения связки «катер-буксировщик–буксируемая модель» не менее 5 м/с и частоте рабочего процесса в каверне от 4 до 10 Гц, подтвердили, что пульсирующее горение топлива в каверне создает положительные подъемную и движущую силы, действующие на буксируемую модель. Результаты работы могут стать основой для проектирования судов нового типа, движение которых полностью обеспечивается горением топлива в газовых кавернах под днищем.

Работа выполнена за счет субсидии, выделенной ФИЦ ХФ РАН на выполнение государственного задания по теме 0082-2016-0011 (номер государственной регистрации АААА-А17-117040610346-5), и субсидии, выделенной ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН по теме 0065-2019-0005 (номер государственной регистрации АААА-А19-119011590092-6).