

ВЛИЯНИЕ ПНЕВМООМЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА НА ХОДКОСТЬ ЛЕДОКОЛОВ

Калинина Н.В.¹

¹ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ), Н.Новгород, Россия (603950, ГСП-41, г. Н.Новгород, ул. Минина, 24), e-mail: nvk5133@mail.ru

В статье описан принцип действия пневмоомывающего устройства (ПОУ) как одного из технических средств повышения ледопроеходимости ледоколов. Исследовано влияние ПОУ на ледовую ходкость. Выполнены расчеты и построены кривые ледопроеходимости при движении непрерывным ходом и набегам для трех проектов существующих ледоколов (проект 1108 «Капитан Чечкин», проект 1108 «Капитан Измайлов», «Капитан Сорокин»). Расчеты выполнены для трех режимов движения: при движении без ПОУ; при движении с работающим ПОУ; при движении ледоколов, если бы мощность, затраченная на работу ПОУ, была добавлена на винты, т.е. с увеличенной мощностью. Влияние ПОУ на ледопроеимость зависит от характеристик ледокола. У перечисленных ледоколов увеличивается предельная толщина льда, преодолеваемая непрерывным ходом, и возрастает скорость движения набегам. Сделан вывод, что установка ПОУ на ледоколах может быть оправдана, но в каждом конкретном случае необходимо оценить его экономическую эффективность.

Ключевые слова: ледокол, ледовая ходкость, ледопроеимость, пневмоомывающее устройство, непрерывный ход, работа набегам

INFLUENCE OF PNEUMATIC-WASHED DEVICE ON ICEBREAKERS PROPULSION

Kalinina N.V.¹

¹Nizhny Novgorod State Technical University, named after R.E. Alekseyev (NNSTU), N.Novgorod, Russia (603950, N.Novgorod, Minin street, 24), e-mail: nvk5133@mail.ru

This paper describes the principle of pneumatic-washing device (PWD), as one of the technical means of improving of ice-breakers ice quality. The influence of PWD on the ice-breakers quality are investigated. The calculations are performed and graphs of ice performance are constructed to continuous movement and the movement by ramming for three projects of existing icebreakers (project 1108 "Captain Chechkin" project 1108 "Captain Izmailov," "Captain Sorokin"). The calculations were performed for the three driving modes: motion without PWD; motion with a working PWD; icebreakers motion if the expended power of PWD was added to the screws, i.e. with increased power. Influence of pneumatic-washed device on ice quality depends from the icebreaker characteristics. The maximum ice thickness of icebreakers at continuous movement increases. The velocity of movement by ramming increases also. It is concluded, that the installation of PWD on icebreakers can be justified, but in each case it is necessary to assess the economic efficiency.

Keywords: icebreaker, ice propulsion, pneumatic-washed device, ice quality, continuous movement, movement by ramming.

Несмотря на некоторые изменения климатических факторов за последние годы, ледовые условия в период зимней навигации не становятся легче. В отдельных районах нередко возникают крайне сложные ситуации из-за дефицита ледоколов для обеспечения проводки судов, что значительно осложняет движение судов и отрицательно влияет на объемы грузоперевалки в портах. Ледокольный флот на сегодняшний день является наиболее эффективным и фактически безальтернативным средством, обеспечивающим доступ судов в замерзающие порты. Его поддержание в рабочем состоянии и модернизация являются одной из наиболее актуальных задач в сфере развития и поддержания бесперебойной работы речных и морских портов России.

В настоящее время большая часть ледоколов характеризуется высокой степенью изношенности. Однако списания технически и морально устаревших ледоколов не планируется ввиду их повышенной нехватки.

Технический прогресс в ледокольном флоте за краткую историю его существования (около 100 лет) огромен. Хотя ледокол как самостоятельный тип специализированного судна уже вполне сформировался, возможности его совершенствования еще далеко не исчерпаны. От них в значительной степени зависит дальнейшее повышение экономической эффективности грузоперевозок во льдах.

Орудия, основанные на новых принципах разрушения льда, не могут полностью заменить ледокол. Совершенствование ледокола будет связано в основном с оборудованием его современными средствами борьбы со льдом, такими как судовые системы и устройства, предназначенные для повышения ледопроеходимости, использование гидроомывающего устройства, пневмоомывающего устройства (ПОУ), использующими новые способы разрушения льда, очистки каналов от битого льда и др.

Иными словами, ледокол будущего должен быть снабжен совершенными техническими средствами, необходимыми ему для наилучшего выполнения своих основных функций. В этом смысле ледоколостроение предоставляет широкие творческие перспективы для изучения проблем, связанных с его развитием.

Одним из технических средств повышения ледопроеходимости считается ПОУ. В связи с этим исследование вопросов повышения ледопроеходимости ледоколов является актуальным.

Пневмоомывающее устройство (ПОУ), или воздушная смазка, состоит из компрессора и системы труб, по которым к отверстиям в обшивке корпуса, расположенным по бортам в подводной части носовой оконечности судна, подается воздух под давлением, несколько превышающим гидростатическое. Выходя из отверстий и поднимаясь вверх, он создает вертикальный поток воздушно-водяной смеси, образует прослойку между корпусом судна и льдом, омывает подводную часть корпуса. Поток также отводит мелкие обломки льда от корпуса, смачивает соприкасающийся с бортом лед и смывает с борта ледяную крошку и снег, снижая этим сопротивление льда движению судна.

Кроме того, ПОУ предотвращает облипание корпуса снежно-ледяной массой и образование ледяной подушки. Может использоваться в качестве подруливающего устройства на чистой воде при подаче воздуха на один борт.

В отличие от носовых гребных винтов, также вызывающих эффект размывания и отвода от корпуса льдин, ПОУ является более простым, менее уязвимым от действия льда [4].

Предложенное ранее для этих же целей гидроомывающее устройство (вместо сжатого воздуха используется забортная вода, нагнетаемая насосом под некоторым давлением в подводная отверстия, расположенные вдоль ватерлинии) требует примерно в 3 раза больших энергозатрат для достижения такого же эффекта [2].

ПОУ широко применяется на строящихся ледоколах и судах ледового плавания. Оно разработано и запатентовано в конце 1960-х гг. финской фирмой «Вяртсиля» [4].

ПОУ было установлено и опробовано в натуральных условиях на ледоколах «Ермак», «Капитан Сорокин» [4, 5]. Результаты испытаний показали, что ПОУ уменьшает ледовое сопротивление практически при любых скоростях судна, но в наибольшей степени — при очень малых. При движение в торосистых льдах без работающего ПОУ судно довольно часто застревало, в то время как с включенным ПОУ, несмотря на весьма малые скорости хода, оно практически не останавливалось [5].

Результаты этих испытаний позволили финским специалистам сделать вывод о целесообразности использования пневмообмыва на ледоколах и транспортных судах автономного плавания для повышения их ледопроеходимости.

В таблице 1 представлены суда ледового плавания, оборудованные ПОУ.

В настоящее время система ПОУ применяется на морских ледоколах и транспортных судах ледового плавания. Кроме того, ее также устанавливают на речных и озерных ледоколах.

Исследовать влияние ПОУ на ледопроеходимость ледокола можно как экспериментальным, так и теоретическим путем. Экспериментальный способ оценки является дорогостоящим и требует вывода ледокола из эксплуатации, что связано с большими расходами.

Оценить влияние ПОУ теоретическим путем можно, воспользовавшись одной из методик расчета ходкости ледокола и проанализировав кривые ледопроеходимости.

Для этой оценки были выбраны три существующих проекта ледокола пр. 1105 «Капитан Чечкин», пр. 1108 «Капитан Измайлов» и «Капитан Сорокин», оборудованных ПОУ. Основные характеристики ледоколов приведены в таблице 2. Для них построены кривые ледопроеходимости при движении непрерывным ходом во льдах толщиной меньше предельной и при движении набегам в тяжелых льдах (рис. 1, 2, 3) для трех проектов ледоколов.

Таблица 1

Суда ледового плавания, оборудованные системой пневмообмыва [4]

Судно	Главные размерения, $L \times B \times T$, м	Водоизмещение D , т	Мощность главных двигателей N , кВт	$\frac{N_{\text{поу}}}{N}$, %

«Финикеррнер», судно для Балтики, Финляндия	грузовое	130×25×5,7	9950	8237	22
«Книсла», Балтики, Финляндия	танкер для	103,1×17,6×6,6	8100	3677	17
«Нестегаз», Финляндия	газовоз,	96,5×17,0×7,1	7900	3530	17
«Лунни», продуктовоз, Финляндия	танкер-	162×22×9,5	21000	11474	11
Ледокол пр. 1105 «Капитан Чечкин», Россия		71×16×4,8×3,25	2240	4650	14,2
Ледокол «Капитан Сорокин», Россия		121,3×25,64×12,3×8, 5	14900	18380	8,8
Ледокол пр. 1108 «Капитан Измайлов», Россия		54×16×6×4,2	2248	3940	14,7
«Леон Фрезер», Великих Озер, США	рудовоз для	195×20,4×6,7	22000	3236	27
Ледокол-буксир Великих Озер, США	для	42,7×10,4×3,7	600	1839	14
«Арктик-2», Арктики, Канада	навалочник для	196,8×22,9×10,8	38500	10886	11
Проект атомного ледокола 22220 (ЛК60Я)		160,0×33×10,5	33500	60000	-

Таблица 2

Основные характеристики ледоколов

Основные характеристики	Ледокол пр. 1105 «Капитан Чечкин»	Ледокол «Капитан Сорокин»	Ледокол пр. 1108 «Капитан Измайлов»
Класс судна	✳М (ледокол)	КМ⊕А2	КМ⊕[1]А1
Главные размерения, $L \times B \times H \times T$, м	71×16×4,8×3,25	121,3×25,64×12,3×8,5	54×16×6×4,2
Водоизмещение D , т	2240	14900	2048
Коэффициент общей полноты, δ	0,610	0,550	0,564
Скорость на тихой воде, м/с	7,10	10,04	6,76
Мощность главных двигателей N , кВт	4650	18380	3940
Площадь зоны облепания льдом, m^2	510	1600	432
Тяга на швартовах, кН	414	1810	365
Предельная ледопроездимость, м	0,75	1,3	0,6
Движитель	3 ВФШ	3 ВФШ	2 ВФШ

Эти кривые построены с использованием существующих методик расчета ледовой ходкости: при движении в сплошном льду непрерывным ходом — методика расчета ледового сопротивления Е.М. Грамузова [3]; при движении набегам — методика оптимальной тактики [1].

На рисунках 1, 2, 3 приведены по три кривые ледопроездимости ледоколов:

- при движении без ПОУ;
- при движении с работающим ПОУ;
- при движении ледоколов, если бы мощность, затраченная на работу ПОУ, была добавлена на винты, т.е. с увеличенной мощностью.

Доли мощности ледоколов, затрачиваемые на работу ПОУ, приведены в таблице 1.

Коэффициент трения льда об обшивку f ледокола без ПОУ был принят среднестатистическим – 0,15 [2].

В расчетах кривых ледопроеходимости при работе ПОУ коэффициент трения был назначен 0,08, так как установлено, что он снижается до значения динамического $f=0,08-0,13$ [2].

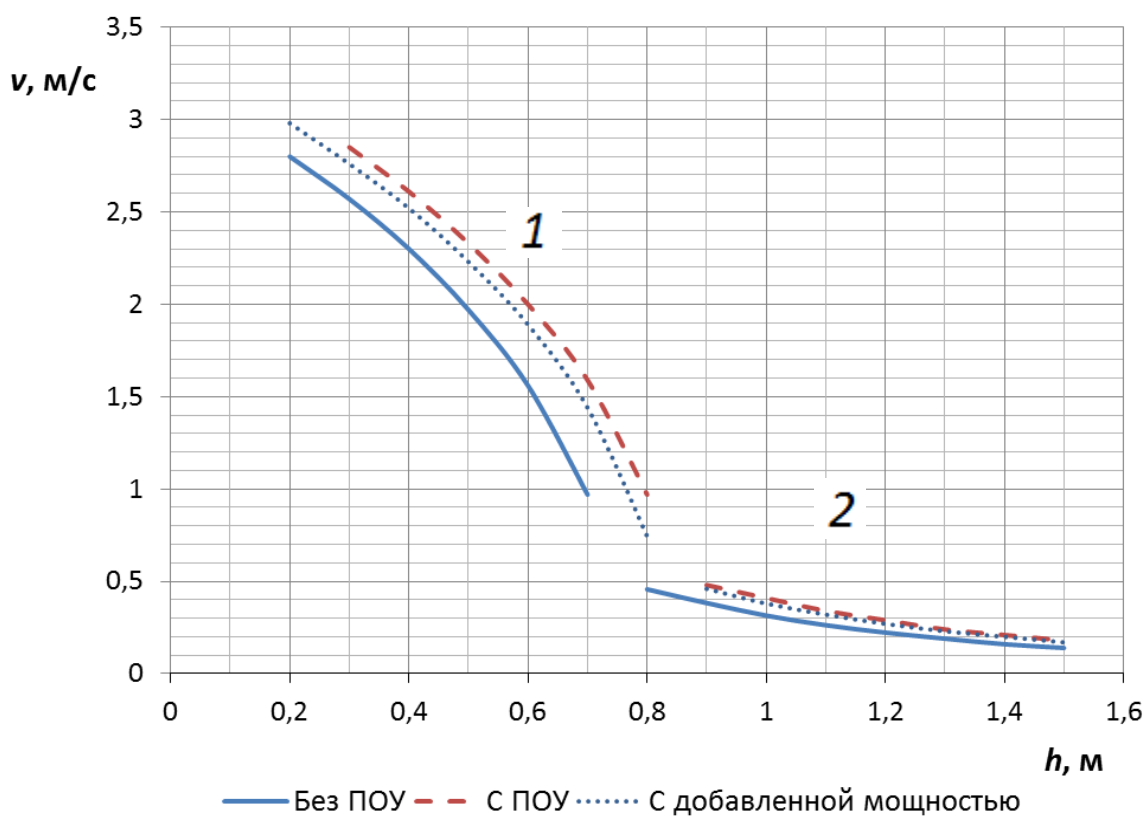


Рис. 1. Кривые ледопроеходимости ледокола пр. 1105 «Капитан Чечкин» при движении непрерывным ходом (1) и набегам (2)

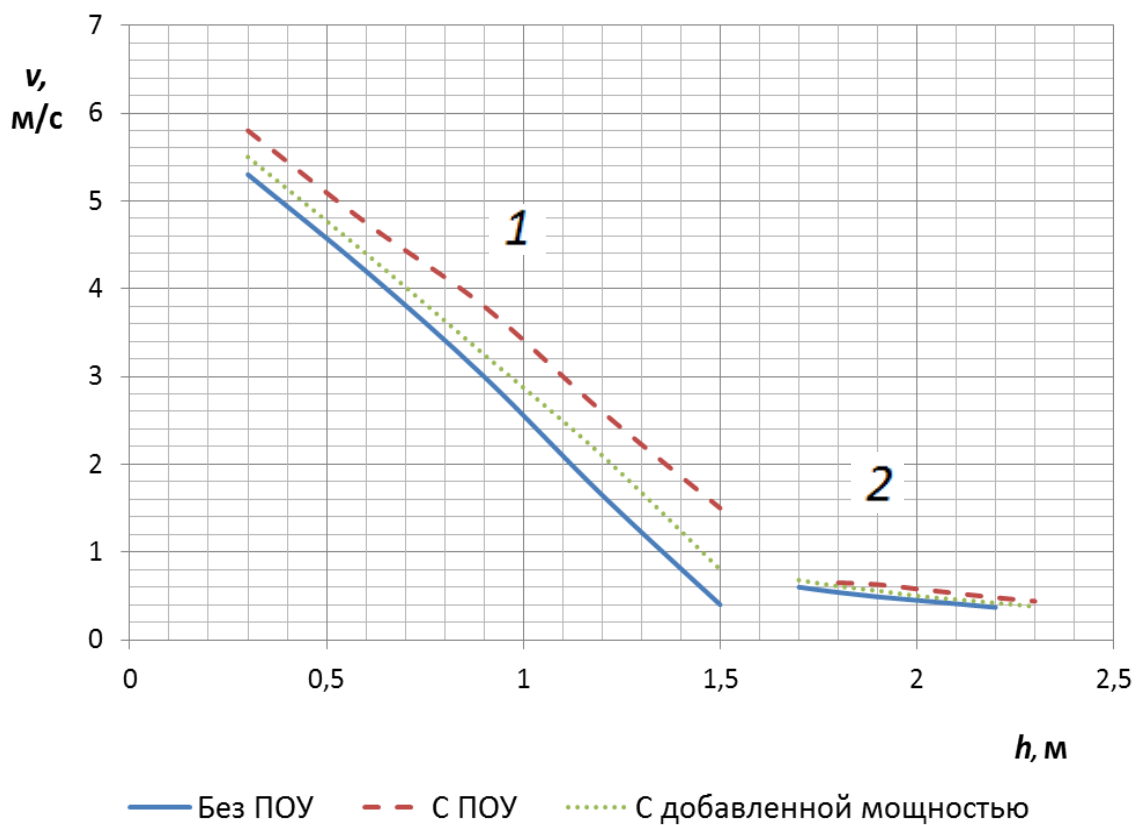


Рис. 2. Кривые ледопроеходимости ледокола «Капитан Сорокин» при движении непрерывным ходом (1) и набегам (2)

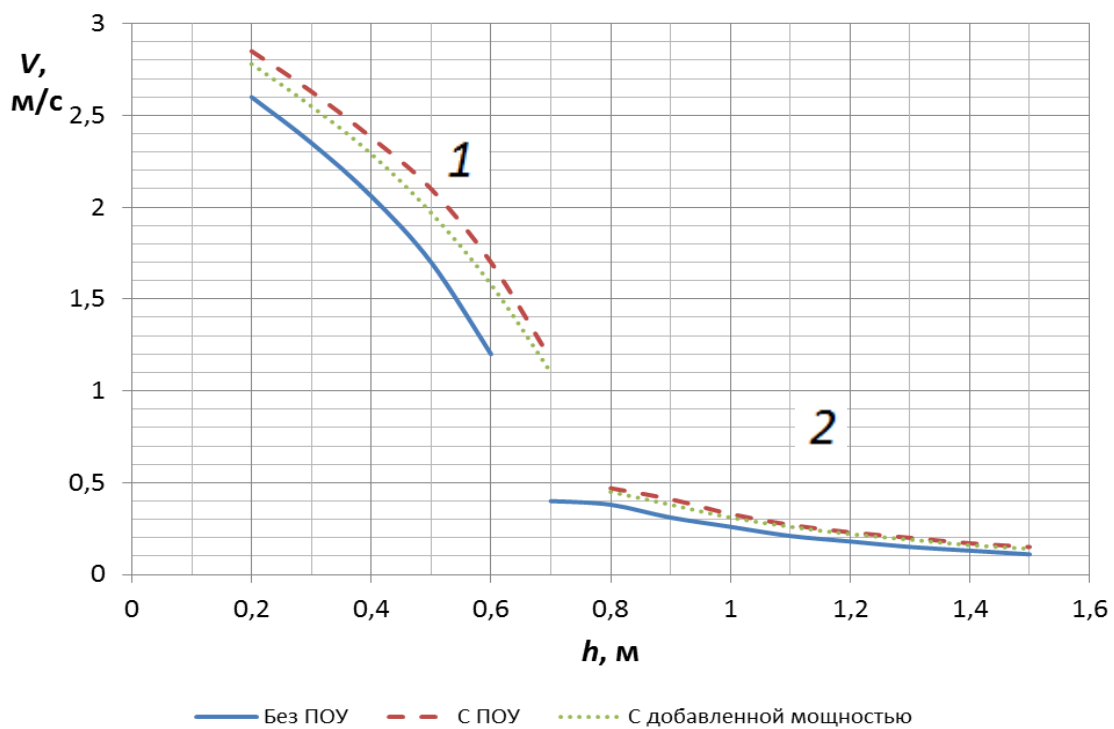


Рис. 3. Кривые ледопроеходимости ледокола пр. 1108 «Капитан Измайлов» при движении непрерывным ходом (1) и набегам (2)

Анализируя полученные кривые, можно сделать следующие выводы.

Влияние ПОУ на ледопроездимость зависит от характеристик ледокола. У ледоколов пр. 1105 и пр. 1108 увеличивается предельная толщина льда, преодолеваемая непрерывным ходом, на 0,1 м. Скорость движения возрастает во льдах непрерывным ходом примерно на 0,2 м/с, а при движения набегами – на 0,15 м/с.

У ледокола «Капитан Сорокин» предельная толщина льда увеличивается на 0,2 м, а скорость увеличивалась с ростом толщины льда: чем больше толщина льда, тем больше увеличивается скорость движения ледокола. В сплошных льдах прирост скорости составлял до 0,8 м/с. При движении набегами скорость увеличивается до 0,1 м/с.

Из рисунков 1, 2, 3 на примере всех ледоколов видно, что при движении с увеличенной мощностью за счет передачи мощности ПОУ на винты и без ПОУ прирост скорости имеется на всех режимах движения, но он меньше, чем при работе ПОУ. При движении непрерывным ходом скорость хода ледоколов будет самой высокой из трех режимов. При работе набегами выигрыш в скорости с ПОУ и с добавленной мощностью почти одинаковый.

Следовательно, установка ПОУ на ледоколах может быть оправдана, но в каждом конкретном случае необходимо оценить его экономическую эффективность.

Система ПОУ получает широкое распространение и за рубежом. Ее полезно устанавливать не только на ледоколах, но и на транспортных судах ледового плавания, работающих в канале, заполненном мелкобитым льдом.

Список литературы

1. Грамузов Е.М., Калинина Н.В. Теоретико-экспериментальная модель движения речных ледоколов в тяжелых льдах // Физические технологии в машиноведении: Сб. научн. тр. вып.
2. Нижегородский филиал Института машиноведения РАН. — Н. Новгород, 2000. — С. 170–180.
2. Зуев В.А. Средства продления навигации на внутренних водных путях. — Л.: Судостроение, 1986. — 207с.
3. Ионов Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов. – СПб.: Судостроение. 2001. – 512с.
4. Каштелян В.И., Попов Ю.Н., Цой Л.Г. Об эффективности пневмоомывающего устройства и области его применения на судах, плавающих во льдах // Труды ААНИИ. Т. 376.– СПб., 1981. С. 67–84.

5. Свистунов Б.И., Ионов Б.П., Ильчук А.Н. Исследования работы ледокола с системой пневмообмыва (ПОУ) при форсировании торосистых льдов // Труды ААНИИ, т.376.– СПб., 1981. С. 85–87.

Рецензенты:

Зуев В.А., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Кораблестроение и авиационная техника», ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ), г. Нижний Новгород;

Грамузов Е.М., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Кораблестроение и авиационная техника», ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ), г. Нижний Новгород.