

УДК 659.62

DOI: 10.37890/jwt.vi76.390

Ледовый паспорт речного ледокола: ходкость

В.А. Лобанов

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0931-7317>

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Работа начинает серию публикаций по обобщению опыта многолетней ледовой эксплуатации речных мелкосидящих ледоколов проекта 1191. Настоящая статья посвящена анализу натурных данных по ледовой ходкости судна.

В табличной форме приводятся скоростные характеристики ледокола на переднем, заднем ходу и при работе набегами в зависимости от различных условий и режимов эксплуатации в сплошных льдах и ледовом канале: толщины ледяного покрова; степени его раздробленности, разрушенности, сплочённости; высоты, плотности и влажности снежного покрова; глубины акватории; суммарной мощности гребных электродвигателей.

Показан порядок использования табличных данных для оценки эксплуатационной ходкости судна во льдах.

Ключевые слова: ледяной покров, ледокол, ледовые качества, ледовая ходкость.

Ice passport of a river icebreaker: propulsion ability

Vasily A. Lobanov

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0931-7317>

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The work begins a series of publications summarizing the experience of long-term ice operation of shallow-seated river icebreakers of project 1191. This article is devoted to the analysis of full-scale data on the ice propulsion ability of the vessel.

In tabular form, the speed characteristics of the icebreaker on the advancing, stern board and ramming icebreaking are given depending on various conditions and operating modes in solid ice and ice channel: thickness of the ice cover; the degree of its fragmentation, extent of destruction, concentration; height, density and humidity of the snow cover; depth of the water area; total power of thrusting electric motors.

The procedure for using tabular data to evaluate the operational propulsion ability of a vessel in ices is shown in the article.

Keywords: ice cover, icebreaker, ice performances, ice propulsion ability

Введение

31 марта сего года исполнилось сорок лет со дня ввода в эксплуатацию головного ледокола проекта 1191 – «Капитан Евдокимов» [1]. «Перестроечный» период, сопровождавшийся экономической деградацией России, позволил «осилить» лишь восемь судов данного проекта, построенных к середине мая 1986 года, что завершило серийное производство ледокольного флота для внутренних водных путей (ВВП) страны. В дальнейшем для нужд ВВП были реализованы только единичные проекты, последний из которых – «Невская застава» (проект 2805 [2]), относится к 2010 году постройки.

Несмотря на «преклонный» возраст, все ледоколы проекта 1191 продолжают эксплуатироваться под эгидой «Росморпорта» в прибрежных морских районах и низовьях рек Российской Федерации (нижний Дон, Азовское море; нижняя Волга,

ВКВП, Каспий; Енисей, Карское море; Северная Двина, Белое море; Лена, море Лаптевых). Однако выработанный ресурс этих судов (а тем более, их предшественников – ледоколов проекта 1105 типа «Капитан Чечкин» [3] и прочих речных ледокольных средств) с очевидностью обострил проблему обеспечения ледовых транспортных операций на ВВП России.

В настоящее время с учётом сложившихся геоэкономических противоречий и санкционного «беспредела» в отношении нашей страны стали проявляться обнадеживающие попытки «приступить к решению» этой проблемы при государственной поддержке на базе отечественной судостроительной отрасли [4-6]. Следует отметить, что заинтересованность исполнителей в реализации государственных заказов несёт для воднотранспортной отрасли риски некомпетентных решений, обусловленных полной «утратой преемственности» за упущенные десятилетия в области речного ледоколостроения. Поэтому ответственные проектанты (в первую очередь, именно они) пытаются собрать базу натуральных данных по ледовым качествам эксплуатируемого ледокольного флота ВВП с целью её критического анализа и разработки перспективных проектов судов с учётом накопленного опыта. При этом важен как опыт эксплуатантов ледокольных средств, так и «имевших место быть» научных коллективов, внёсших свой вклад в дело «продления навигации на ВВП».

Автор входит в состав группы экспертов ФГБОУ ВО «ВГУВТ» по оценкам ледовых качеств флота внутреннего и смешанного река-море плавания и разработке нормативно-рекомендательных документов по безопасности ледового судоходства [7]. Одним из таковых документов является Ледовый паспорт ледокола проекта 1191, существующий в виде рукописи, предназначенной «для служебного пользования» [8]. Срок действия этого грифа истёк, поэтому поэтапное издание этого документа допустимо. В данной статье публикуются натурные данные испытаний ледовой ходкости – основного ледового качества ледокола [9-12].

Технические характеристики

Основные технические характеристики судна, влияющие на его ледовую ходкость, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики ледокола проекта 1191

Параметр	Величина (характеристика)
Тип и назначение судна	Дизель-электроход, ледокол и аварийно-спасательное судно для эксплуатации на ВВП и в разрешённых в соответствии с классом прибрежных морских районах
Архитектура корпуса	Ложкообразная носовая оконечность без явно выраженной линии штевня, плоскодонная цилиндрическая вставка с наклонными бортами, кормовая оконечность без явно выраженной линии штевня с подзором для движителей
Расчётная длина, м	73,0
Расчётная ширина, м	16,0
Расчётная осадка, м	2,5
Расчётное водоизмещение, т	2200,0
Расчётный коэффициент общей полноты	0,75
Коэффициент полноты ватерлинии	0,91
Коэффициент полноты миделя	0,97
Длина цилиндрической вставки, % расчётной длины	41,0

Параметр	Величина (характеристика)
Угол наклона форштевня к горизонту, градус	17,0
Угол наклона борта на миделе к вертикали, градус	12,0
Угол входа носовой ветви конструктивной ватерлинии в ДП, градус	90,0
Гребной электродвигатель (ГЭД), тип	Стрёмберг 100/714
Мощность ГЭД, кВт	950,0
Количество ГЭД	4
Частота вращения ГЭД при полной мощности (950,0 кВт), об/мин	230-420
Частота вращения ГЭД при максимальном моменте на валу (80,0 кН·м), об/мин	0-100
Тип движителя	Открытый гребной винт
Количество движителей	4
Диаметр винта, м	2,0
Шаг винта, м	1,48
Дисковое отношение винта	0,7
Количество лопастей винта	4
Упор винтов на швартовах переднего хода, кН	410,0
Упор винтов на швартовах заднего хода, кН	330,0
Тип рулевого устройства	Полубалансирные рули
Количество рулей	2
*Расчётная ледопроходимость, м	0,7
Тип вспомогательной системы для улучшения ледопроходимости	Пневмоомывающая система (ПОУ)
Скорость полного хода на чистой воде, км/ч	27,0

*Ледопроходимость – предельная толщина ровного зимнего бесснежного льда, ещё преодолеваемого ледоколом непрерывным ходом со скоростью 2 км/ч при использовании главной энергетической установки на полную мощность.

Ходкость непрерывного движения

Справочные материалы по данному качеству ледокола приведены в табл. 2-11.

Таблица 2

Ходкость в сплошном ровном зимнем льду на переднем ходу

Глубина акватории, м	Скорость движения, км/ч при толщине льда, м										
	0,0 (вода)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Суммарная мощность ГЭД – 1250 кВт (один главный дизель-генератор)											
4	19,1	12,5	7,6	4,7	2,8	1,7	1,0				
6	20,0	12,6	7,7	4,8	2,9	1,8	1,1				
8	20,3	12,8	7,9	4,9	3,0	1,9	1,2				
10	20,4	12,9	8,0	5,0	3,1	2,0	1,2				
15	20,5	13,1	8,4	5,4	3,4	2,2	1,4				
Суммарная мощность ГЭД – 2500 кВт (два главных дизель-генератора)											
4	21,3	15,5	10,5	7,1	4,8	3,2	2,2	1,5	1,0		

Глубина акватории, м	Скорость движения, км/ч при толщине льда, м										
	0,0 (вода)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
6	23,0	15,7	10,7	7,3	5,0	3,4	2,3	1,6	1,1		
8	23,5	15,8	10,9	7,5	5,1	3,5	2,4	1,7	1,1		
10	23,8	15,9	11,0	7,7	5,3	3,7	2,6	1,8	1,2		
15	24,1	16,3	11,5	8,1	5,8	4,1	2,9	2,0	1,4		
Суммарная мощность ГЭД – 3800 кВт (три главных дизель-генератора)											
4	22,0	19,4	14,7	11,1	8,4	6,4	4,8	3,6	2,8	2,1	1,5
6	24,5	19,6	15,0	11,4	8,7	6,6	5,1	3,9	3,0	2,3	1,7
8	25,4	19,8	15,2	11,7	9,0	6,9	5,3	4,1	3,1	2,4	1,9
10	25,8	20,0	15,4	11,9	9,1	7,1	5,5	4,2	3,3	2,5	2,0
15	26,2	20,3	16,0	12,6	10,0	7,9	6,2	4,9	3,8	3,0	2,4

Таблица 3

Влияние разрушенности льда на ходкость

**Разрушенность льда, балл	Масштабный коэффициент при толщине льда, м										
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
1	1,014	1,026	1,039	1,053	1,066	1,079	1,092	1,107	1,121	1,136	
2	1,027	1,052	1,080	1,108	1,137	1,165	1,196	1,227	1,258	1,292	
3	1,053	1,108	1,166	1,227	1,292	1,359	1,431	1,506	1,584	1,669	

**Разрушенность – качественная оценка потери прочности ледяного покрова в процессе таяния. Оценивается по шестибальной шкале: 0 – неразрушенный зимний лёд (без признаков таяния); 5 – весенний лёд на последней стадии таяния (при контакте рассыпается на отдельные «иглы»).

Таблица 4

Влияние заснеженности льда на ходкость

Высота снега, м	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
Масштабный коэффициент	0,94	0,89	0,80	0,66	0,54

Таблица 5

*****Влияние влажности снега на ходкость**

Разрушенность льда, балл	Масштабный коэффициент при высоте снега, м			
	0,05	0,1	0,2	0,3
1	1,001	1,005	1,035	1,065
2	1,005	1,010	1,070	1,134
3	1,012	1,020	1,148	1,291

***Входным параметром для учёта влияния влажности снега является разрушенность льда, так как эти характеристики находятся в жёсткой корреляции.

Таблица 6

Влияние плотности снега на ходкость

Плотность снега, т/м ³	До 0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4
Качественная характеристика снежного покрова	Свежевыпавший рыхлый	Свежевыпавший крупинчатый или уплотнённый ветром	Старый уплотнённый атмосферным воздействием	Прочный наст, ****«снежный лёд», фирн
Масштабный коэффициент	0,976	0,952	0,928	0,906

****Снежный лёд, фирн – плотная среда, состоящая из ледяных комочков и зёрен, переходная стадия между снегом и льдом.

Таблица 7

Ходкость в сплошном ровном зимнем льду на заднем ходу при номинальной мощности ГЭД

****Высота снега, м	Скорость движения, км/ч при толщине льда, м				
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
0,0	14,2	11,0	7,8	4,6	1,4
0,1	14,0	10,7	7,5	4,2	
0,2	13,9	10,5	7,1	3,8	
0,3	13,7	10,2	6,8	3,3	
0,4	13,5	9,9	6,5	2,9	

****Зимний снег плотностью 0,20-0,25 т/м³

Таблица 8

Влияние разрушенности льда на ходкость задним ходом

Разрушенность льда, балл	Поправка к скорости движения (табл. 7), км/ч при толщине льда, м				
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3
2	0,8	1,2	1,7	2,1	2,5
3	1,3	1,9	2,5	3,2	3,8

Таблица 9

*******Ходкость в собственном ледовом канале**

Суммарная мощность ГЭД, кВт	Скорость движения, км/ч при толщине льда, м								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1250	19,3	17,5	15,7	14,0	12,2	10,4	8,6	6,8	5,1
2500	23,5	21,7	20,0	18,2	16,4	14,6	12,8	11,1	9,3
3800	25,7	23,9	22,2	20,4	18,6	16,8	14,7	13,2	11,5

*****Собственный ледовый канал характеризуется мелкобитыми и тёртыми льдами (раздробленность) сплочённостью 10 баллов.

Таблица 10

Влияние глубины акватории на ходкость в собственном ледовом канале при номинальной мощности ГЭД

Глубина акватории, м	Поправка к скорости движения (табл. 9), км/ч при толщине льда, м						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
4	-10,9	-10,5	-9,5	-8,5	-7,1	-5,3	-3,1
6	-5,9	-5,5	-5,0	-4,2	-3,3	-2,1	-0,7
8	-4,0	-3,8	-3,4	-2,8	-2,1	-1,2	-0,1
10	-3,1	-2,9	-2,6	-2,1	-1,5	-0,8	0,0
15	-1,9	-1,8	-1,6	-1,3	-0,9	-0,4	0,0

Таблица 11

*******Ходкость при расширении ледового канала при номинальной мощности ГЭД**

Высота снега, м	Скорость движения, км/ч при толщине льда, м							
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0,1	24,5	22,1	19,7	17,2	14,8	12,3	9,9	7,4
0,2	24,2	21,3	18,4	15,5	12,7	9,8	7,0	
0,3	23,9	20,5	17,2	13,9	10,6	8,2		
0,4	23,2	19,3	15,2	11,8	8,5			

*****Расширение канала – параллельная прокладка нового канала на расстоянии до одной длины корпуса ледокола.

Оценка ходкости ледокола при непрерывном движении в конкретных ледовых условиях выполняется следующим образом: по табл. 2 (передний ход в сплошном льду), табл. 7 (задний ход), табл. 9 (ледовый канал), табл. 11 (расширение канала) определяется скорость движения ледокола при заданных входных параметрах.

По табл. 3-6 выбираются масштабные коэффициенты, учитывающие корректирующее влияние разрушенности льда (табл. 3), высоты, влажности и плотности снега (табл. 4-6, соответственно) на скорость движения судна передним ходом в сплошном льду. Эти коэффициенты перемножаются между собой и ранее полученным значением скорости по табл. 2.

По табл. 8 (задний ход), табл. 10 (ледовый канал) определяются поправки к ранее полученным скоростям движения, которые складываются со своими знаками; промежуточные значения скоростей движения и поправок к ним определяются методом интерполяции.

Ходкость при работе набегам

Работа ледокола набегам носит циклический характер и включает следующие операции: отход назад от кромки льда; разбег в канале; продвижение в сплошном льду; реверс ГЭД и освобождение от заклинивания для последующего отхода назад. Средняя скорость продвижения ледокола при работе набегам определяется как частное от деления пути продвижения ледокола в сплошном льду на время цикла.

Характеристики работы набегам, зафиксированные по результатам официальных натурных испытаний первых ледоколов серии, приведены в табл. 12. Обширные данные по набеговой ходкости, полученные в периоды регулярного научно-оперативного обеспечения ледовых транспортных операций в эксплуатационных условиях различных бассейнов, обобщены на рис.

Таблица 12

Характеристики работы набегами

Разбег		Продвижение во льду		Время освобождения от заклинивания, с	Время цикла, с	Скорость, км/ч	Работа ПОУ
Путь, м	Время, с	Путь, м	Время, с				
Заторошенный лёд толщиной 1,3 м при высоте снега до 0,7 м							
240	116	46	25	546	895	0,18	да
210	63	46	19	724	948	0,17	
205	60	37	19	1155	1349	0,10	да
186	30	38	19	859	914	0,15	
155	50	35	18	632	770	0,16	да
155	56	50	17	976	1124	0,16	да
140	49	38	15	721	857	0,16	
124	70	26	16	541	688	0,14	
120	36	30	18	935	1064	0,10	
100	46	40	17	680	815	0,17	да
Заторошенный лёд толщиной 1,8 м при высоте снега до 0,6 м							
188	43	39	15	777	885	0,16	
143	42	40	16	2002	2130	0,07	да
142	46	31	13	2881	3022	0,04	
131	44	35	13	1634	1694	0,07	да
129	44	62	21	1293	1418	0,16	
127	50	50	31	388	554	0,33	
104	59	35	16	918	1060	0,12	
109	38	25	14	814	916	0,10	
100	50	36	17	540	682	0,19	
95	43	33	15	760	878	0,14	
95	38	37	15	806	930	0,14	
84	36	44	19	520	636	0,25	
79	35	30	16	662	770	0,14	
78	35	42	19	468	582	0,26	
74	43	42	19	375	492	0,31	
66	32	32	17	751	846	0,14	
68	30	33	19	1121	1240	0,10	да
32	32	16	15	396	460	0,12	
Заторошенный лёд толщиной 1,5 м при высоте талого снега до 0,1-0,3 м							
177	70	27	13	21	276	0,35	
170	72	31	14	18	252	0,44	
150	66	39	17	24	216	0,65	
150	64	46	21	23	216	0,77	
123	42	60	23	28	210	1,03	
110	39	62	31	22	224	1,00	
93	43	69	29	20	192	1,29	

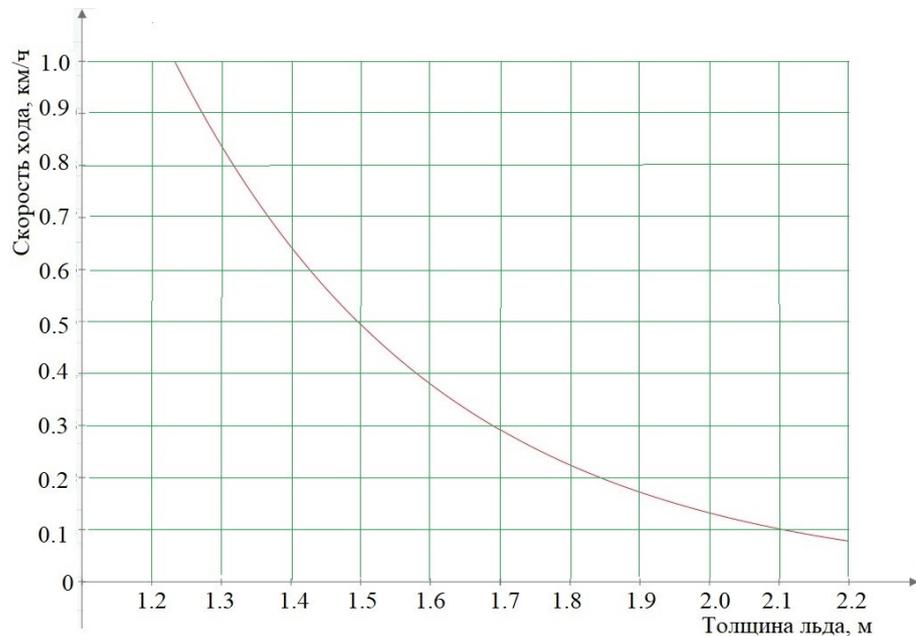


Рис. Ходкость ледокола при работе набегами

Для уменьшения вероятности заклиниваний, которые происходят чаще всего при работе ледоколов набегами при подвижках и слабых сжатиях льдов (1-2 балла), в заторах и торосистых льдах толщиной свыше 1,2-1,5 м, покрытых слоем сухого снега, следует включить в работу дифференциальную систему и ПОУ, производить заблаговременный, до остановок судна, реверс ГЭД, применять работу в два следа («ёлкой»), поочерёдно «закалываясь» в противоположные кромки канала.

Если при работе набегами заклиниваний корпуса не происходит, что обычно наблюдается при движении в ровном сплошном малозаснеженном льду, необходимо выбрать оптимальную длину разбега, для обеспечения наибольшей скорости ледокола в момент контакта корпуса со льдом. Скорость движения ледокола при этом контролируется по показаниям судового ледового лага, а отправной точкой служит длина разбега равная 2-3 корпусам ледокола. При работе в данных условиях реверс ГЭД выгодно проводить сразу же после остановки судна. При движении вниз по течению несмерзшиеся заторы эффективнее преодолевать, двигаясь задним ходом.

Заключение

Многолетний опыт эксплуатации ледоколов проекта 1191 показал, что конструктивные особенности и технические характеристики обеспечивают его ходовые качества, достаточные для безопасного и эффективного обслуживания ледового судоходства только в неарктических бассейнах ВВП России (при толщинах льда до 1,0 м).

В арктических водах (ВВП и прибрежные морские районы) ледовые условия являются «запредельными» для данного судна по критерию ходкости. Требуется увеличение его мощности, как минимум, вдвое.

Список литературы

1. Серийные речные суда. Пассажирские суда; сухогрузные теплоходы и танкеры; толкачи, буксиры; баржи; прочие суда. Т. 8, ЦБНТИ Минречфлота. – М.: Транспорт, 1987. – 230 с.

2. Инженерный центр судостроения. Буксир-ледокол «Невская Застава». URL: <https://old.ship-project.ru/ru/pages/296/531/>
3. Справочник по серийным речным судам. Пассажирские суда; сухогрузные теплоходы и танкеры; толкачи, буксиры; баржи; прочие суда. Т. 7, ЦБНТИ Минречфлота. – М.: Транспорт, 1981. – 232 с.
4. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 февраля 2016 г. № 327-р. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/8910>
5. Веселов Г.В., Кузмичев И.К., Минеев В.И., Новиков А.В. Обновление речного флота в условиях дефицита инвестиций // Научные проблемы водного транспорта, №61(2019), 2019. – с. 90-96. URL: <http://journal.vsuwt.ru/index.php/jwt/issue/view/4>
6. Дрейбанд Д.В., Коршунов Д.А., Ничипорук А.О. Развитие инфраструктуры внутреннего водного транспорта: стратегические задачи, проблемы и перспективы // Научные проблемы водного транспорта, №74(1), 2023. – с. 96-104, DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi74.347>
7. Главное управление РМРС. Письмо № 314-2.2-2728 от 08.02.2012 о признании компетентности ФБОУ ВО «ВГАВТ».
8. Ледовый паспорт ледокола проекта 1191. – Отчёт по теме НИР. Тронин В.А. – Горький, ГИИВТ, 1986. – 32 с.
9. Теоретические основы обеспечения безопасности судовождения на внутренних водных путях: монография / А.Н. Клементьев, И.К. Кузьмичёв, В.А. Лобанов [и др.]; под. ред. И.К. Кузьмичёва. – Нижний Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. – 124 с. – ISBN 978-5901722-73-2. – Текст: непосредственный.
10. Ионов Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов. 2 издание, исправленное. – СПб.: Судостроение, 2014. – 504 с., ил.
11. Тронин В.А. Повышение безопасности и эффективности ледового плавания судов на внутренних водных путях: диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук: специальность 05.22.16 – Судовождение / Горький, 1990. – 414 с.
12. Fang Li, Muhammad Bilal Khawar, Andrei Sandru, Liangliang Lu, Mikko Suominen, Pentti Kujala. Full-scale measurement of ship performance and ice loads in Antarctic floe ice fields. Proceedings of the 26th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions June 14-18, 2021, Moscow, Russia.

References

1. Serijnye rechnye suda. Passazhirskie suda; suhogruznye teplohody i tankery; tolkachi, buksiry; barzhi; prochie suda. T. 8, CBNTI Minrechflota. – М.: Транспорт, 1987. – 230 с.
2. Inzhenernyj centr sudostroeniya. Buksir-ledokol «Nevskaya Zastava». URL: <https://old.ship-project.ru/ru/pages/296/531/>
3. Spravochnik po serijnym rechnym sudam. Passazhirskie suda; suhogruznye teplohody i tankery; tolkachi, buksiry; barzhi; prochie suda. T. 7, CBNTI Minrechflota. – М.: Транспорт, 1981. – 232 с.
4. Strategiya razvitiya vnutrennego vodnogo transporta Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda, utverzhennaya rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 29 fevralya 2016 g. № 327-r. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/8910>
5. Veselov G.V., Kuzmichev I.K., Mineev V.I., Novikov A.V. Obnovlenie rechnogo flota v usloviyah deficita investicij // Nauchnye problemy vodnogo transporta, №61(2019), 2019. – с. 90-96. URL: <http://journal.vsuwt.ru/index.php/jwt/issue/view/4>
6. Drejband D.V., Korshunov D.A., Nichiporuk A.O. Razvitie infrastruktury vnutrennego vodnogo transporta: strategicheskie zadachi, problemy i perspektivy // Nauchnye problemy vodnogo transporta, №74(1), 2023. – с. 96-104, DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi74.347>
7. Glavnoe upravlenie RMRS. Pis'mo № 314-2.2-2728 ot 08.02.2012 o priznanii kompetentnosti FBOU VO «VGAVT».
8. Ledovyj pasport ledokola proekta 1191. – Otchyot po teme NIR. Tronin V.A. – Gor'kij, GIIVT, 1986. – 32 s.
9. Teoreticheskie osnovy obespecheniya bezopasnosti sudovozhdeniya na vnutrennih vodnyh putyah: monografiya / A.N. Klement'ev, I.K. Kuz'michyov, V.A. Lobanov [i dr.]; pod. red.

- I.K. Kuz'michyova. – Nizhnij Novgorod: Izd-vo FGBOU VO «VGUVT», 2020. – 124 s. – ISBN 978-5901722-73-2. – Tekst: neposredstvennyj.
10. Ionov B.P., Gramuzov E.M. Ledovaya hodkost' sudov. 2 izdanie, ispravlennoe. – SPb.: Sudostroenie, 2014. – 504 p. – Tekst: neposredstvennyi.
 11. Tronin V.A. Povyshenie bezopasnosti i effektivnosti ledovogo plavaniya sudov na vnutrennih vodnyh putyakh: dissertaciya na soiskanie uchyonoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk: special'nost' 05.22.16 – Sudovozhdenie / Gor'kij, 1990. – 414 s.
 12. Fang Li, Muhammad Bilal Khawar, Andrei Sandru, Liangliang Lu, Mikko Suominen, Pentti Kujala. Full-scale measurement of ship performance and ice loads in Antarctic floe ice fields. Proceedings of the 26th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions June 14-18, 2021, Moscow, Russia.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Лобанов Василий Алексеевич, профессор кафедры Судовождения и безопасности судоходства, доцент, д.т.н., кафедра Судовождения и безопасности судоходства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, Россия, Нижний Новгород, Нестерова 5, e-mail: lobbas@mail.ru.

Vasily A. Lobanov, Professor of department of Navigation and safety of navigation, associate professor, Dr. Sci. Tech., department of Navigation and safety of navigation, Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education «Volga State University of Water Transport» (FSFEI HE VSUWT), 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Nesterova 5

Статья поступила в редакцию 18.05.2023; опубликована онлайн 20.09.2023.
Received 18.05.2023; published online 20.09.2023.