

Теория корабля и строительная механика

Научная статья

УДК 624.124

<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2023-4/3-14>

В.М. Козин, В.Ю. Верещагин, С.В. Евтушенко

КОЗИН ВИКТОР МИХАЙЛОВИЧ – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории проблем создания и обработки материалов и изделий, kozinvictor@rambler.ru

Институт машиноведения и металлургии

Хабаровский федеральный исследовательский центр ДВО РАН

Комсомольск-на-Амуре, Россия

ВЕРЕЩАГИН ВЛАДИСЛАВ ЮРЬЕВИЧ – старший преподаватель кафедры

технологии машиностроения, Klirickv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0466-124X>

Новосибирский государственный технический университет

Новосибирск, Россия

ЕВТУШЕНКО СЕРГЕЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ – аспирант кафедры «Авиастроение»,

fat--bear20@mail.ru

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Комсомольск-на-Амуре, Россия

Конструктивные особенности судов на воздушной подушке для повышения эффективности разрушения ледяного покрова резонансным методом

Аннотация. Рассмотрены методы повышения эффективности разрушения ледяного покрова резонансным методом с использованием судов на воздушной подушке, оснащенных дополнительными конструктивными элементами. Дополнительные элементы позволяют создавать дополнительное физическое воздействие на ледяной покров, тем самым увеличивая разрушающую способность судов на воздушной подушке. Представленный обзор проведён на основании разработанных и защищенных авторами патентов РФ на изобретения.

Ключевые слова: судно на воздушной подушке, конструкции, ледяной покров, изгибно-гравитационные волны, разрушение

Для цитирования: Козин В.М., Верещагин В.Ю., Евтушенко С.В. Конструктивные особенности судов на воздушной подушке для повышения эффективности разрушения ледяного покрова резонансным методом // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2023. № 4(57). С. 3–14.

Введение

Ледовая навигация – одна из важнейших задач водного транспорта, особенно в замерзающих регионах. В последние годы все большее внимание уделяется повышению энергоэффективности методов разрушения льда. Одним из эффективных методов является резонансный метод разрушения ледяного покрова (РМРЛ) при помощи судов на воздушной подушке (СВП). Физические основы метода: РМРЛ основан на использовании вибраций, которые возникают при воздействии судна на ледяной покров. Когда СВП движется по льду с критической скоростью, возникает резонансное увеличение высоты изгибно-гравитационных волн (ИГВ), приводящее к разрушению льда.

Резонансный метод обладает широким спектром применения. Он может быть использован для продления навигации на внутренних водных путях, где ледяной покров препят-

ствуется движению судов. Благодаря этому методу суда могут оперативно и безопасно преодолевать ледяные преграды, обеспечивая непрерывность транспортных потоков. Кроме того, резонансный метод может быть применен для эффективного разрушения ледяного покрова в замерзающих портах, заливах и бухтах. Это позволяет обеспечить более раннее вскрытие рек и водохранилищ, что важно для судоходства и сельского хозяйства. Анализ зарубежных и отечественных практик [1–10, 21–27] подтверждает актуальность и перспективность резонансного метода разрушения ледяного покрова. Многие страны уже успешно применяют этот метод для обеспечения безопасной и эффективной ледовой навигации (рис. 1).

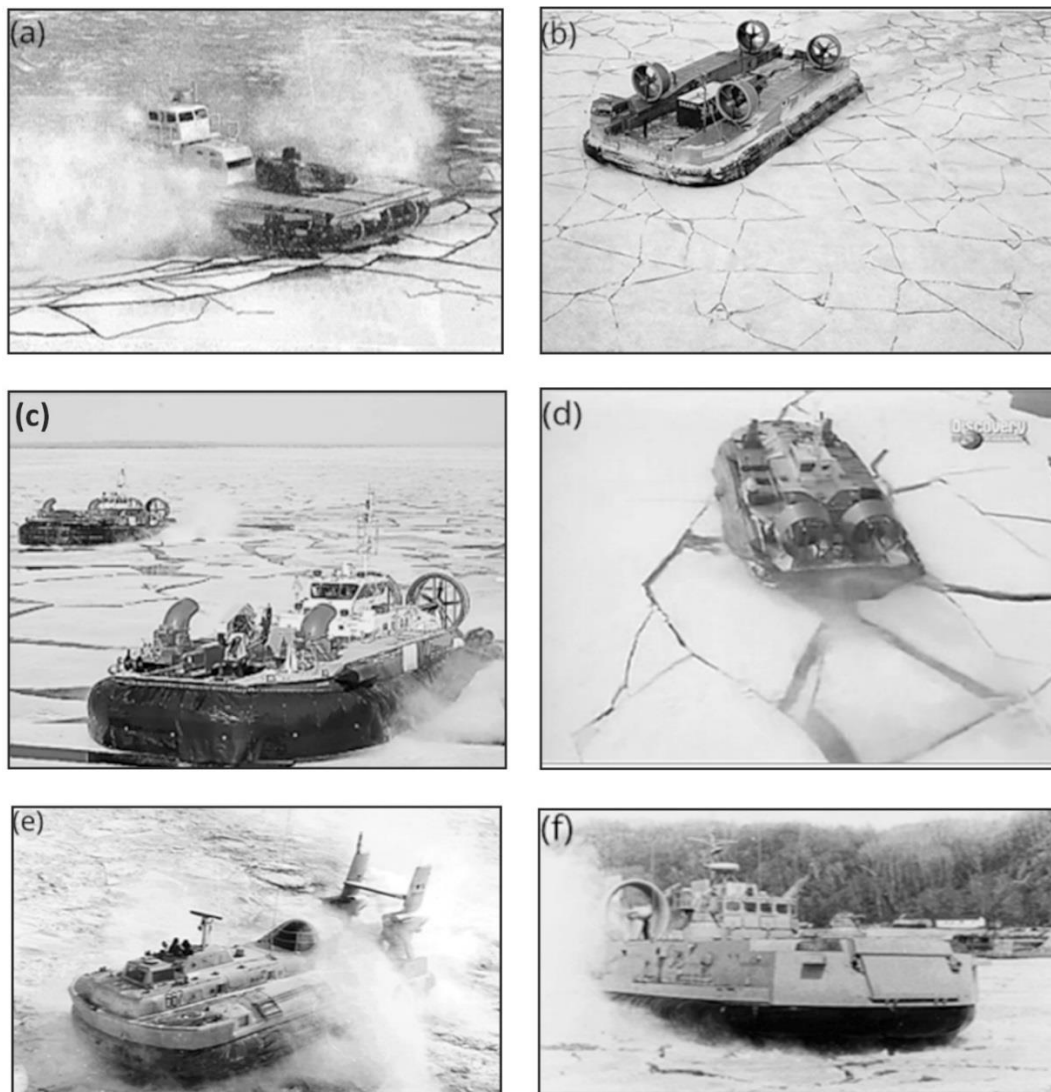


Рис. 1. Примеры использования резонансного метода разрушения ледяного покрова СВП:
(a) – «Вояжер»; (b) – «Ларус»; (c) – «ВНТ»; (d) – канадские суда;
(e) – «Скат»; (f) – «Мурена»

Резонансный метод разрушения ледяного покрова, реализуемый при помощи СВП с усовершенствованными конструкциями и специальными устройствами, открывает новые возможности для повышения его энергоэффективности.

Использование ледовых буров

Эффективным способом разрушения льда является способ, при котором во льду бурят скважину *II* с помощью полого ледобура *7*, который поднимается гидроприводом *6* (рис. 2). Бурение скважины производят на стоянке судна. В этом случае лед под кораблем будет испытывать определенный прогиб, который происходит из-за веса корабля, а значит там будет

скапливаться некоторое количество воды. Однако в зависимости от толщины льда этого количества воды может быть недостаточно, чтобы разбить лед и образовать полынь. При этом газотурбинная установка, обеспечивающая воздухом воздушную подушку (ВП) большей площади, отключается, и включается компрессор высокого давления 13, поступающим в воздушные каналы внутренней юбки 12 воздухом выдвигается гибкое ограждение (ГО) 12, расположенное внутри ВП малой площади 15. Уменьшение зоны удара судна о лед приводит к увеличению давления. С помощью центробежного насоса 18 вода 19 закачивается в чашу, образованную прогибом льда через проточный канал 16 ледобура 7. В результате давление на лед снизу уменьшается, а сверху увеличивается. Залитая вода будет нагревать верхние слои льда, что будет способствовать снижению его прочности. При достижении критических условий происходит образование полыньи 21 с колотым льдом. Далее отключают центробежный насос 18 и компрессор 13, все элементы возвращают в исходное положение. Если необходимо увеличить размер полыньи, судно перемещается на кромку неразрушенного льда, и ее разрушение осуществляют методом увеличения давления воздушной подушки. Как только размер полыньи 21 достигнет необходимых размеров, судно сдвигают от нее на расстояние L , достаточное для создания ИГВ максимальной амплитуды, и начинают движение судна с фазовой скоростью в направлении полыньи. В момент ее прохождения в ледяном покрове, ослабленном полыньей, амплитуда ИГВ 4 возрастет до профиля 22 и лед начнет разрушаться за судном при его поступательном движении с меньшими энергозатратами [11].

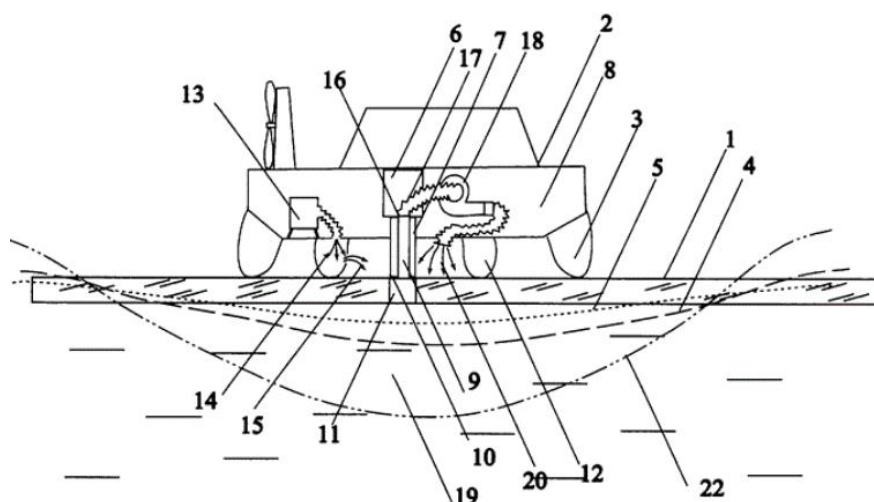


Рис. 2. Схема реализации способа разрушения льда с использованием ледобура

Близким к вышеописанному способу является решение, при котором в ледяном покрове сверлят отверстие 10 с помощью полого ледового бура 6, выдвигаемого гидроприводом 5, установленном в корпусе 7 судна 2, до его контакта со льдом 1 (рис. 3). Сверление отверстия осуществляют при неподвижном судне. При этом ледовое покрытие будет иметь некоторый прогиб 4, возникающий вследствие воздействия веса судна, а значит, в нем будет скапливаться некоторое количество воды. Однако в зависимости от толщины ледяного покрова данного количества воды может быть недостаточно для разрушения льда и образования полыньи. В этом случае отключают газотурбинную установку, питающую ВП большей площади, и задействуют внутреннее ГО 12 и ВП малой площади 15 за счет компрессора высокого давления 13 с выходом в воздушные каналы внутренней юбки 12. Уменьшение площади столкновения корабля со льдом приводит к увеличению давления. Центробежным насосом 13, прикрепленным к верхней кромке 11, через водяной канал ледобура начинают закачивать воду 14 под лед 1 и подводить воду под юбкой 16 сосуда в чашу прогиба, в результате чего давление на лед снизу уменьшается, а сверху увеличивается. Кроме того, воздух подогревается нагревателем 17, установленным на корпусе, что приводит к нагреву воздуха в полости купола СВП и накоплению воды в чаше прогиба, что снижает ледовое сопротивление. При достижении критических

условий образуются полыньи 18 со щебнем. После отключения центробежного насоса и компрессора все элементы возвращаются в исходное положение. При необходимости увеличить размер полыньи судно подойдёт к кромке нетронутого льда и разобьёт его за счёт давления воздушной подушки. Как только размеры полыньи 21 достигают требуемых размеров, судно удаляется от нее на расстояние L , достаточное для создания ИГВ максимальной амплитуды, и начинает двигаться с синфазной скоростью в направлении полыньи. По мере прохождения полынно-ослабленного льда амплитуда ИГВ 3 увеличится до профиля 19 и лед начнет разрушаться за судном при поступательном движении с меньшими энергозатратами [12].

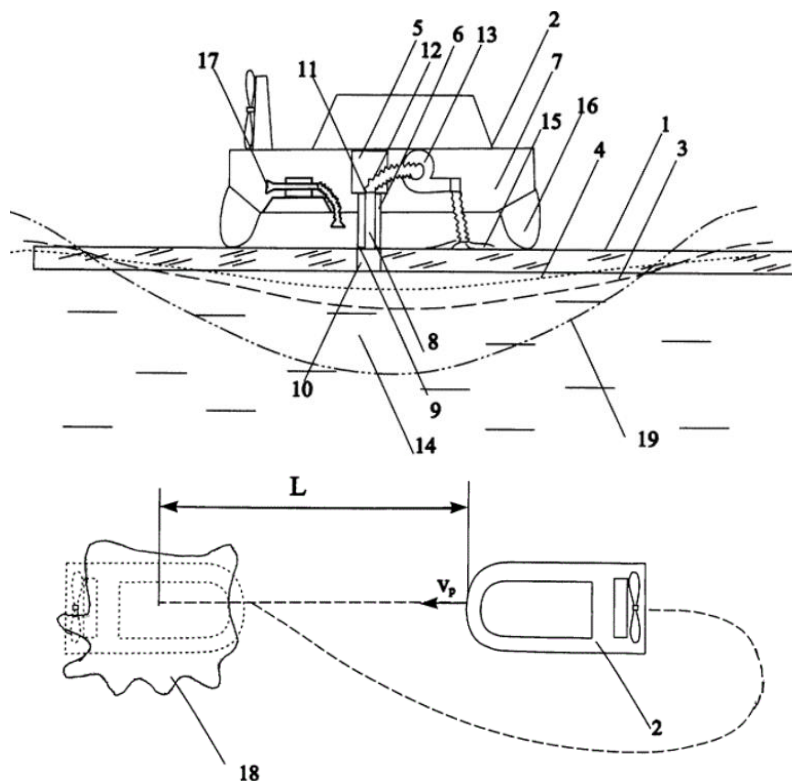


Рис. 3. Схема реализации способа разрушения льда с использованием полого ледового бура

Еще один способ разрушения ледяного покрова заключается в следующем. В ледяном покрове сверлят отверстие 10 с помощью полого ледового бура 6, выдвигаемого гидроприводом 5, установленном в корпусе 7 судна 2, до его контакта со льдом 1. Сверление отверстия осуществляют при неподвижном судне (рис. 4). При этом ледовое покрытие будет иметь некоторый прогиб 4, возникающий вследствие воздействия веса судна, а значит в нем будет скапливаться некоторое количество воды. Однако в зависимости от толщины ледяного покрова данного количества воды может быть недостаточно для разрушения льда и образования полыньи, поэтому проводят ряд манипуляций. С помощью центробежного насоса 13 к верхней кромке водопроточного канала 8 ледового бура 6 начинают перекачивать воду 14 из-под льда 1 и подавать ее под юбку 16 судна в чашу 4 прогиба льда. Вследствие этого давление на лед снизу уменьшается, а сверху увеличивается. Также произойдет нагрев воды, скапливаемой в чаше прогиба, что приводит к уменьшению прочности льда. При достижении критических условий происходит образование полыньи 17 с колотым льдом. После отключают центробежный насос и компрессор, все элементы возвращают в исходное положение. Если необходимо увеличить размер полыньи, то судно перемещается на кромку неразрушенного льда и ее разрушение осуществляют методом давления воздушной подушкой. Как только размер полыньи достигнет необходимых размеров, судно сдвигают от нее на расстояние L , достаточное для создания ИГВ максимальной амплитуды, и начинают движение судна с фазовой скоростью в направлении полыньи. В момент ее прохождения в ледяном покрове, ослабленном полыньей,

амплитуда ИГВ z возрастет и лед начнет разрушаться за судном при его поступательном движении с меньшими энергозатратами [13].

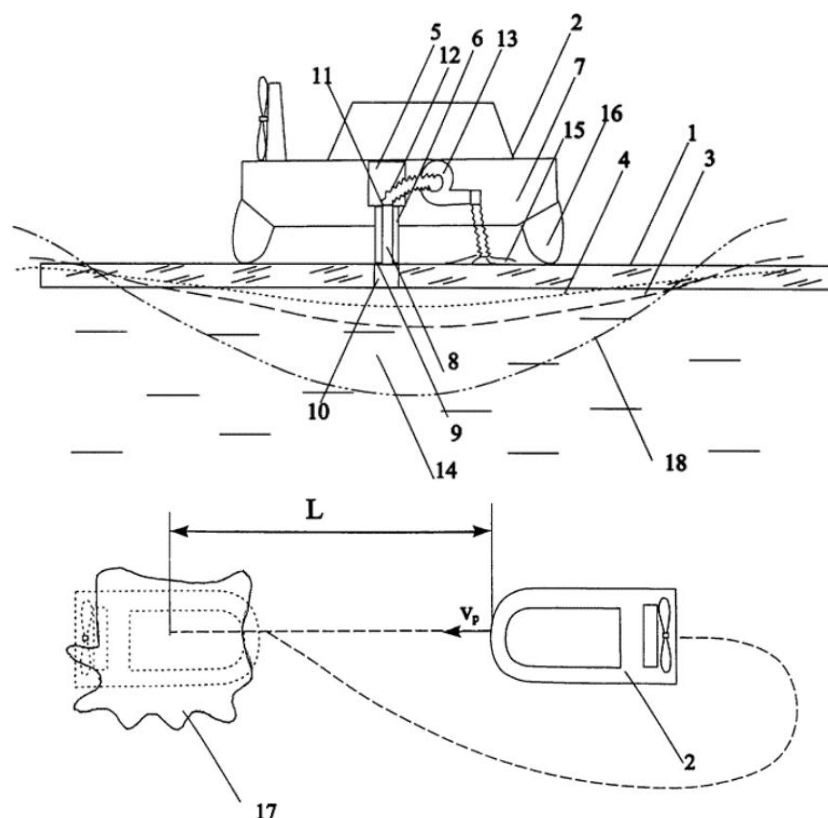


Рис. 4. Схема реализации способа разрушения льда с использованием полого ледового бура и последующей перекачкой воды на поверхность льда

Использование гидравлического оборудования

Основным ограничением действующей СВП, которое можно использовать для разрушения льда методом резонанса, является невозможность повысить ее эффективность, то есть увеличить толщину разрушаемого льда при заданных параметрах корабля. Для его устранения предлагается создать коридор 9 в слое льда 1 до начала ледокольных работ (рис. 5). Для этого с помощью гидроцилиндра 5 начинают тянуть вертикальный плунжер 6 , предварительно установленный в корпусе 7 судна 2 . При этом вылет бура должен быть больше высоты подвеса корпуса СВП над поверхностью льда, что необходимо для полной передачи веса СВП на лед через плунжер. Кроме того, плунжер в корпусе располагается так, чтобы его ось находилась в одной вертикальной плоскости с центром тяжести СВП, что необходимо для предотвращения качки и корректировки судна и соответствующего контакта корпуса со льдом помимо плунжера. Для более точного соблюдения этого условия во время выдвигания поршня можно использовать переменные массы и расходные материалы, балласт и другие грузы, доступные на борту. После выдвигания поршня и разреза сосуда поршень подвергают периодическим вертикальным перемещениям с частотой резонансных ИГВ с помощью гидроцилиндров. Совпадение частот вертикальных перемещений (колебаний) и резонансных ИГВ приведет к появлению прогрессивных волн. В этом случае во льду будут возникать большие деформации, чем статическое давление поршня на лед. Воздействие веса судна на лед при достаточном водоизмещении и динамическом воздействии приведет к разрушению льда и образованию полосы, заполненной битым льдом. Затем поршень возвращается в исходное положение. При необходимости увеличения размера пути судно перемещают к кромке неповрежденного льда и повторяют загрузку ледяного покрова по приведенной выше схеме. После подготовки трассы необходи-

мого размера СВП удаляется от нее на расстояние, достаточное для развития ИГВ на максимальной амплитуде (требуется некоторое время для крена льда на максимальной амплитуде) по мере движения СВП с резонансной скоростью. Затем поезд разворачивается и начинает двигаться с резонансной скоростью в направлении пути. По мере прохождения через лед, ослабленный гусеницами, амплитуда ИГВ 10 будет увеличиваться и лед начнет разрушаться позади корабля при его поступательном движении [14].

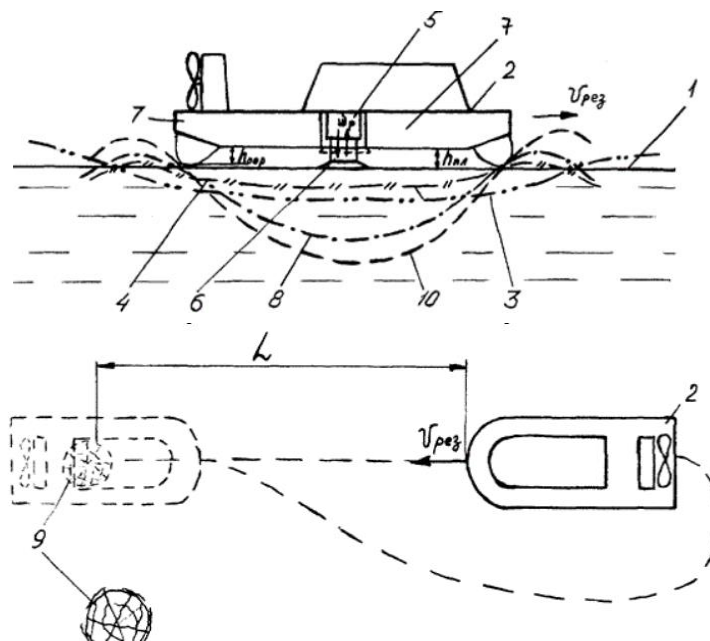


Рис. 5. Схема реализации способа разрушения льда с применением плунжера

Изменение конструкции гибкого ограждения

Близким к вышеописанному является решение, заключающееся в создании повышенного давления на поверхность льда 1 (рис. 6). Способ заключается в следующем: на неподвижном судне отключают питание ВП большей площади 3 с одновременным нагнетанием воздуха в малое подкупольное пространство компрессором высокого давления и выдвигают внутреннее ГО 5 . При этом необходимо обеспечить подъем гибкого ограждения ВП большей площади к днищу судна 8 для устранения его контакта со льдом 1 . Так как площадь воздействия судна давлением на лед будет уменьшена при той же силе нагнетаемого воздуха в малую подушку, то возрастет давление на ледяной покров. После этого судно приводят в движение с фазовой скоростью. Для обеспечения большей устойчивости судна и предотвращения опасных крена и дифферента СВП малую подушку перемещают под корпусом судна в сторону наибольшего наклона. Раскол ледяного покрова будет происходить за кормой судна при его поступательном движении в момент достижения максимальной высоты ИГВ 4 до профиля 9 [15].

Также существует способ создания повышенного давления на поверхность льда 1 (рис. 7). Он применяется в случае, если амплитуда возбуждаемых ИГВ 4 недостаточна для разрушения ледяного покрова. На неподвижном судне 2 отключают питание воздушной подушки большей площади 3 с одновременным нагнетанием воздуха в выдвинутую подушку малой площади компрессором высокого давления 7 и выдвигают внутреннего ГО 5 . При этом необходимо обеспечить подъем внешнего ГО 3 к днищу судна для устранения его контакта со льдом. Так как площадь воздействия судна давлением на лед будет уменьшена при той же силе нагнетаемого воздуха в малую подушку, то возрастет давление на ледяной покров. После этого судно приводят в движение с фазовой скоростью. Для обеспечения большей устойчивости судна и предотвращения опасных крена и дифферента СВП изменяют геометрию малой подушки. Изменение геометрии малой подушки происходит за счет установленных по периметру малого ГО секций 9 , имеющих возможность выдвигаться и втягиваться относительно нейтрального

положения. Например, для устранения крена влево левые секции выдвигаются, а правые – втягиваются. Раскол ледяного покрова будет происходить за судном при его поступательном движении СВП на малой подушке, и амплитуда ИГВ 4 возрастет до профиля 10 [16].

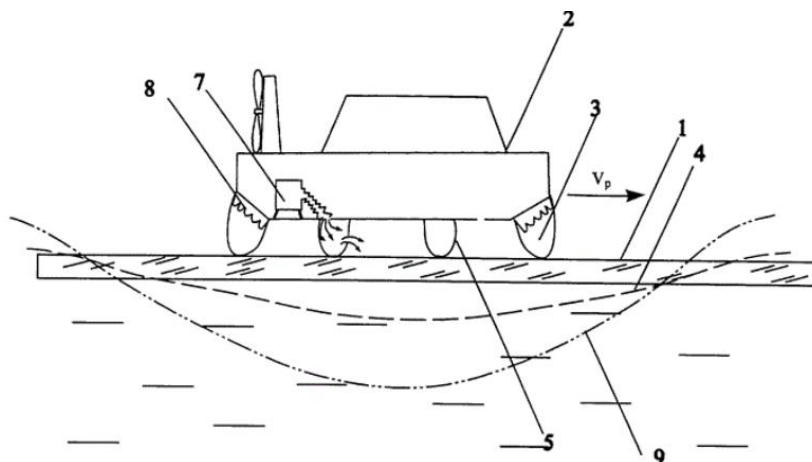


Рис. 6. Схема реализации способа разрушения льда за счет изменения площади контакта судна с поверхностью

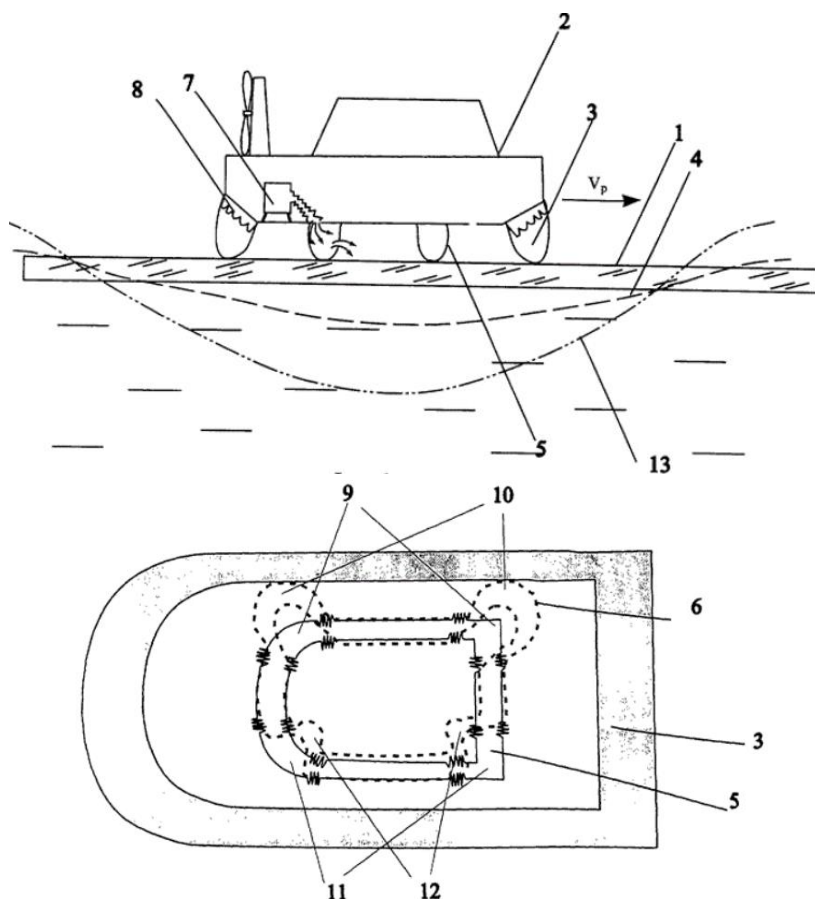


Рис. 7. Схема реализации разрушения льда за счет изменения геометрии малой подушки

Конструкции для перераспределения давления вентиляторного комплекса

Предложен еще один способ создания повышенного давления на поверхность льда 1 (рис. 8). Он применяется в случае, если амплитуда возбуждаемых ИГВ 4 недостаточна для разрушения ледяного покрова. На неподвижном судне 2 отключают питание воздушной подушки

большей площади 3 с одновременным нагнетанием воздуха в выдвинутую подушку малой площади компрессором высокого давления 7 и выдвижением внутреннего ГО 5. При этом необходимо обеспечить подъем внешнего ГО 3 к днищу судна для устранения его контакта со льдом. Так как площадь воздействия судна давлением на лед будет уменьшена при той же силе нагнетаемого воздуха в малую подушку, то возрастет давление на ледяной покров. После этого судно приводят в движение с фазовой скоростью, для обеспечения большей устойчивости судна и предотвращения опасных крена и дифферента СВП открывают соответствующие каналы 9, установленные под днищем судна в жестком ресивере. При включении вентилятора 7 воздух выпускают через каналы, установленные на днище судна, что приводит к повышению устойчивости СВП из-за создания реактивной силы воздуха, выходящего из отверстий. В результате раскол ледяного покрова будет происходить за судном при его поступательном движении СВП на малой подушке с увеличенным давлением, и амплитуда ИГВ возрастет [17].

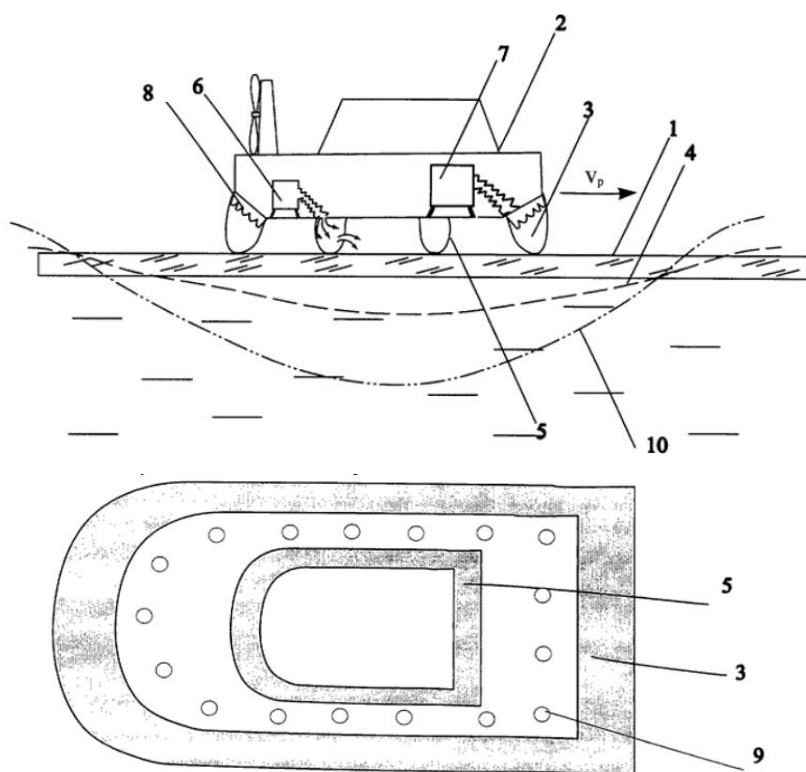


Рис. 8. Схема реализации способа разрушения льда с использованием реактивной силы воздуха

Следующее решение реализуется таким образом: если на днище судна установить источник когерентного излучения (лазер), то с его помощью можно нанести на ледовую поверхность насечки поперек направления движения судна. Насечки, являясь концентраторами напряжений, будут способствовать лучшему разрушению льда при проходе через них ИГВ, когда судно движется с резонансной скоростью [18].

Устройства для изменения давления в воздушной подушке

Другой способ увеличить толщину разрушаемого льда можно реализовать за счет изменения направления вращения лопастей вентилятора, который нагнетает воздух в ВП. Это становится возможным из-за возникновения области пониженного давления под днищем судна в результате отсасывания воздуха, что приводит к увеличению суммарной нагрузки на ледовое покрытие и росту амплитуды ИГВ. Установленные продольные полозья на днище судна позволяют предотвратить повреждение ГО от контакта со льдом [19].

Другой способ заключается в создании повышенного давления на поверхность льда 1. Он применяется в случае, если амплитуда возбуждаемых ИГВ 4 недостаточна для разрушения

ледяного покрова. На неподвижном судне 2 отключают питание воздушной подушки большей площади 3 с одновременным нагнетанием воздуха в выдвинутую подушку малой площади 5 компрессором высокого давления 6 (рис. 9). При этом необходимо обеспечить подъем гибкого ограждения ВП большей площади к днищу судна 9 для устранения его контакта со льдом. Так как площадь воздействия судна давлением на лед будет уменьшена при той же силе нагнетаемого воздуха в малую подушку, то возрастет давление на ледяной покров. После этого судно приводят в движение с фазовой скоростью. Для обеспечения большей остойчивости судна применяются специальные гибкие ограждения конусного вида 7 путем их выдвижения из корпуса (днища) судна из угловых секторов и питаемых от вентилятора судна 8. Раскол ледяного покрова будет происходить за кормой судна при его поступательном движении в момент достижения максимальной высоты ИГВ до профиля 10 [20].

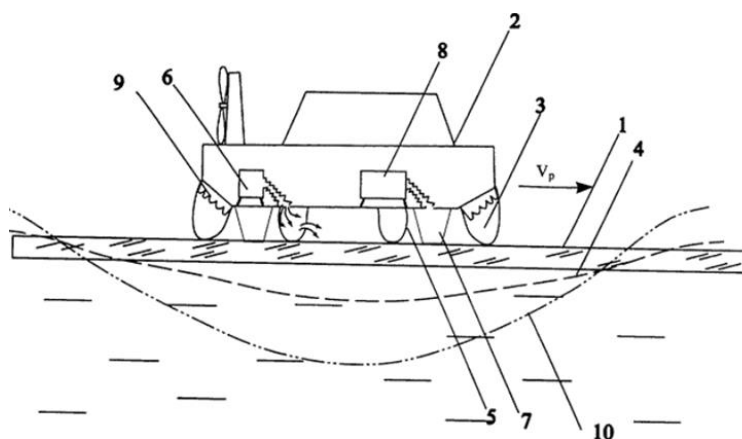


Рис. 9. Схема реализации разрушения льда с применением специальных гибких ограждений конусного вида

Заключение

Рассмотренные способы и устройства позволяют более эффективно разрушать ледяной покров СВП, используя резонансный метод. Предложенные технические решения позволяют разрушать ледяной покров с меньшими энергозатратами. Также остается возможность для дальнейшего усовершенствования различных технических решений.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Института машиноведения и металлургии Хабаровского федерального исследовательского центра ДВО РАН.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жесткая В.Д., Козин В.М. Исследование возможностей разрушения ледяного покрова амфибийными судами на воздушной подушке резонансным методом. Владивосток: Дальнаука, 2003. 161 с.
2. Земляк В.Л., Козин В.М. Ледовый бассейн лаборатории ледотехники // Вестник Приамурского гос. ун-та им. Шолом-Алейхема. 2021. № 1(42). С. 19–31. <https://doi.org/10.24412/2227-1384-2021-142-19-31>
3. Зуев В.А. Средства продления навигации на внутренних водных путях. Ленинград: Судостроение. 1986. 208 с.
4. Зуев В.А., Козин В.М. Использование судов на воздушной подушке для разрушения ледяного покрова. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 1988. 128 с.
5. Козин В.М. Резонансный метод разрушения ледяного покрова: Изобретения и эксперименты. Москва: Академия естествознания. 2007. 355 с.

6. Козин В.М. Результаты экспериментально-теоретических исследований возможностей резонансного метода разрушения ледяного покрова // Известия РАН. МТТ. 2023. № 3. С. 16–27.
7. Козин В.М. Релаксационные свойства ледяного покрова // Проблемы Арктики и Антарктики. 2021. Т. 67, № 2. С. 165–176.
8. Козин В.М., Земляк В.Л., Рогожникова Е.Г. Поведение ледяного покрова в условиях изгибно-гравитационного резонанса при парном движении нагрузок. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2019. 120 с.
9. Козин В.М., Земляк В.Л., Верещагин В.Ю. Влияние снежного покрова на параметры изгибно-гравитационных волн в ледяном покрове // ПМТФ. 2013. Т. 54, № 3. С. 134–140.
10. Козин В.М., Земляк В.Л., Рогожникова Е.Г. Увеличение эффективности резонансного метода разрушения ледяного покрова при одновременном движении двух судов на воздушной подушке // ПМТФ. 2017. Т. 58, № 2. С. 185–192.
11. Пат. 2221725 Российская Федерация, МПК В 63 В 35/08, В 60 V 3/06. Ледокольное судно на воздушной подушке / Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН. № 2002105424/11; заявл. 28.02.2002; опубл. 20.01.2004, Бюл. № 2.
12. Пат. 2205124 Российская Федерация, МПК В 63 В 35/08, В 60 V 3/06, Е 02 В 15/02. Ледокольное судно на воздушной подушке / Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН. № 2002105423/28; заявл. 28.02.2002; опубл. 27.05.2003, Бюл. № 15.
13. Пат. 2205123 Российская Федерация, МПК В 63 В 35/08, В 60 V 3/06, Е 02 В 15/02. Ледокольное судно на воздушной подушке / Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН. № 2002105422/28; заявл. 28.02.2002; опубл. 27.05.2003, Бюл. № 15.
14. Пат. 2173651 Российская Федерация, МПК В 63 В 35/08, В 60 V 3/06. Ледокольное судно на воздушной подушке / Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН. № 2000121712/28; заявл. 14.08.2000; опубл. 20.09.2001, Бюл. № 26.
15. Пат. 2229416 Российская Федерация, МПК В 63 В 35/08, В 60 V 3/06. Ледокольное судно на воздушной подушке / Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН. № 2003113306/11; заявл. 05.05.2003; опубл. 27.05.2004, Бюл. № 15.
16. Пат. 2205127 Российская Федерация, МПК В 63 В 35/08, В 60 V 3/06, Е 02 В 15/02. Ледокольное судно на воздушной подушке / Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН. № 2002107644/28; заявл. 25.03.2002; опубл. 27.05.2003, Бюл. № 15.
17. Пат. 2205128 Российская Федерация, МПК В 63 В 35/08, В 60 V 3/06, Е 02 В 15/02. Ледокольное судно на воздушной подушке / Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН. № 2002107645/28; заявл. 25.03.2002; опубл. 27.05.2003, Бюл. № 15.
18. Пат. 2245275 Российская Федерация, МПК В 63 В 35/08, В 60 V 3/06. Устройство для разрушения ледяного покрова / Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН. № 2003135469/11; заявл. 04.12.2003; опубл. 27.01.2005, Бюл. № 3.
19. Пат. 2199468 Российская Федерация, МПК В 63 В 35/08, В 60 V 3/06, Е 02 В 15/02. Способ разрушения ледяного покрова / Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН. № 2000125249/28; заявл. 05.10.2000; опубл. 27.06.2003, Бюл. № 6.
20. Пат. 2205125 Российская Федерация, МПК В 63 В 35/08, В 60 V 3/06, Е 02 В 15/02. Ледокольное судно на воздушной подушке / Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН. № 2002107642/28; заявл. 25.03.2002; опубл. 27.05.2003, Бюл. № 15.
21. Честнов Е.И. Использование судов на воздушной подушке для взламывания льда // Передовой опыт и новая техника. 1979. Вып. 2(62).С. 69–73.
22. Amphibions ice-breaking Craft. *Ship Boat International*. 1974. December, p. 20
23. Dutfild D.O., Dickins D.E. Icebreakers trials with Bell Acrospace Voyageur ACV. *Canadien Aeronautics and space journal*. 1974;20(10):471-474.
24. Hindley K. A. Breakthrough for Canadian icebreaking. *New Sei*. 1978;78(1104):502–503.
25. Messer T. Seaway icebreaker role for ACV. *Can. Ship. and Mar. Eng*. 1976;47(4):21.
26. Wade R.J. Air Cushion technology in Icebreaking. *Hoverig Graft and Hydrofoil*. 1975;14(8):20–23.
27. Wade R.J., Edwards R.Y., Kim J.K. Improvements in icebreaking by use of air cushion technology. *Symposium Calgary*. 1976;(10):1–14.

Original article

<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2023-4/3-14>

Kozin V., Vereshchagin V., Evtushenko S.

VICTOR M. KOZIN, Doctor of Engineering Sciences, Professor at the Department of Shipbuilding, Chief Researcher of the Laboratory for the Problems of Creation and Processing of Materials and Products of the Institute of Mechanical Engineering and Metallurgy, kozinvictor@rambler.ru
Khabarovsk Federal Research Center FEB RAS

Komsomolsk-on-Amur, Russia

VLADISLAV Yu. VERESHCHAGIN, Assistant Professor, Department of Technology of Mechanical Engineering, klirickv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0466-124X>

Novosibirsk State Technical University

Novosibirsk, Russia

SERGEY V. EVTUSHENKO, Postgraduate Student, Department of Aircraft Engineering,
fat--bear20@mail.ru

Komsomolsk-on-Amur State University,

Komsomolsk-on-Amur, Russia

Design features of hovercraft to increase the efficiency of the destruction of the ice cover by the resonant method

Abstract. The methods of increasing the efficiency of the destruction of the ice cover by the resonant method using hovercrafts equipped with additional structural elements are considered. Additional elements allow you to create additional physical impact on the ice cover, thereby increasing the destructive ability of hovercrafts. The presented review is based on the patents of the Russian Federation for inventions developed and protected by the authors.

Keywords: hovercraft, structures, ice cover, bending-gravity waves, destruction

For citation: Kozin V., Vereshchagin V, Evtushenko S. Design features of hovercraft to increase the efficiency of the destruction of the ice cover by the resonant method. *FEFU: School of Engineering Bulletin*. 2023;(4):3–14. (In Russ.).

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interests.

REFERENCES

1. Zhestkaya V.D., Kozin V.M. Investigation of the possibilities of destruction of the ice cover by amphibious hovercraft by the resonant method. Vladivostok, Dalnauka, 2003. 161 p. (In Russ.)
2. Zemlyak V.L., Kozin V.M. Ice pool of the Ice Engineering Laboratory. *Bulletin of the Amur State University named after Sholom-Aleichem*. 2021;(1/42):19–31. <https://doi.org/10.24412/2227-1384-2021-142-19-31>. (In Russ.)
3. Zuev V.A. Means of prolonging navigation on inland waterways. Leningrad, Shipbuilding. 1986. 208 p. (In Russ.)
4. Zuev V.A., Kozin V.M. The use of hovercraft to destroy the ice cover. Vladivostok, Publishing House of the FEFU, 1988. 128 p. (In Russ.)
5. Kozin V.M. Resonant method of ice sheet destruction: Inventions and experiments. Moscow, Academy of Natural Sciences. 2007. 355 p. (In Russ.)
6. Kozin V.M. Results of experimental and theoretical studies of the possibilities of the resonant method of ice sheet destruction. *Izvestiya RAN. MTT*. 2023;(3):16–27.
7. Kozin V.M. Relaxation properties of the ice cover. *Problems of the Arctic and Antarctic*. 2021;67(2): 165–176. (In Russ.)
8. Kozin V.M., Zemlyak V.L., Rogozhnikova E.G. The behavior of the ice sheet under conditions of bending-gravitational resonance with paired motion of loads. Novosibirsk, SO RAN, 2019. 120 p. (In Russ.)

9. Kozin V.M., Zemlyak V.L., Vereshhagin V.Yu. Influence of snow cover on the parameters flexural-gravity waves in ice cover. *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*. 2013;54(3):458–464. (In Russ.)
10. Kozin V.M., Zemlyak V.L. Increasing the efficiency of the resonant method of ice cover destruction with simultaneous movement of two hovercrafts. *PMTF*. 2017;58(2):185–192. (In Russ.)
11. Patent 2221725 Russian Federation, MPK B 63 B 35/08, B 60 V 3/06. Icebreaking hovercraft / V.M. Kozin; Institute of Mechanical Engineering and Metallurgy Russian Academy of Sciences. № 2002105424/11; declared 28.02.2002; publ 20.01.2004, bull № 2.
12. Patent 2205124 Russian Federation, MPK B 63 B 35/08, B 60 V 3/06, E 02 B 15/02. Icebreaking hovercraft / V.M. Kozin; Institute of Mechanical Engineering and Metallurgy Russian Academy of Sciences. № 2002105423/28; declared 28.02.2002; publ. 27.05.2003, Bull. № 15.
13. Patent 2205123 Russian Federation, MPK B 63 B 35/08, B 60 V 3/06, E 02 B 15/02. Icebreaking hovercraft / V.M. Kozin; Institute of Mechanical Engineering and Metallurgy Russian Academy of Sciences. № 2002105422/28; declared 28.02.2002; publ. 27.05.2003, Bull. № 15.
14. Patent 2173651 Russian Federation, MPK B 63 B 35/08, B 60 V 3/06. Icebreaking hovercraft / V.M. Kozin; Institute of Mechanical Engineering and Metallurgy Russian Academy of Sciences. № 2000121712/28; declared 14.08.2000; publ. 20.09.2001, Bull. № 26.
15. Patent 2229416 Russian Federation, MPK B 63 B 35/08, B 60 V 3/06. Icebreaking hovercraft / V.M. Kozin; Institute of Mechanical Engineering and Metallurgy Russian Academy of Sciences. № 2003113306/11; declared 05.05.2003; publ. 27.05.2004, Bull. № 15.
16. Patent 2205127 Russian Federation, MPK B 63 B 35/08, B 60 V 3/06, E 02 B 15/02. Icebreaking hovercraft / V.M. Kozin; Institute of Mechanical Engineering and Metallurgy Russian Academy of Sciences. № 2002107644/28; declared 25.03.2002; publ. 27.05.2003, Bull. № 15.
17. Patent 2205128 Russian Federation, MPK B 63 B 35/08, B 60 V 3/06, E 02 B 15/02. Icebreaking hovercraft / V.M. Kozin; Institute of Mechanical Engineering and Metallurgy Russian Academy of Sciences. № 2002107645/28; declared 25.03.2002; publ. 27.05.2003, Bull. № 15.
18. Patent 2245275 Russian Federation, MPK B 63 B 35/08, B 60 V 3/06. Device for breaking the ice cover / V.M. Kozin; Institute of Mechanical Engineering and Metallurgy Russian Academy of Sciences. № 2003135469/11; declared 04.12.2003; publ. 27.01.2005, Bull. № 3.
19. Patent 2199468 Russian Federation, MPK B 63 B 35/08, B 60 V 3/06, E 02 B 15/02. Device for breaking the ice cover / V.M. Kozin; Institute of Mechanical Engineering and Metallurgy Russian Academy of Sciences. № 2000125249/28; declared 05.10.2000; publ. 27.06.2003, Bull. № 6.
20. Patent 2205125 Russian Federation, MPK B 63 B 35/08, B 60 V 3/06, E 02 B 15/02. Icebreaking hovercraft / V.M. Kozin; Institute of Mechanical Engineering and Metallurgy Russian Academy of Sciences. № 2002107642/28; declared 25.03.2002; publ. 27.05.2003, Bull. № 15.
21. Chestnov E.I. Using hovercraft to break ice. *Advanced experience and new technology*. 1979;2(62):69–73. (In Russ.)
22. Amphibions ice-breaking Craft. *Ship Boat International*, 1974, December, p.20.
23. Dutfild D.O., Dickins D.E. Icebreakers trials with Bell Acrospace Voyageur ACV. *Canadian Aeronautics and space journal*, 1974;20(10);471-474.
24. Hindley Keith. A. Breakthrough for Canadian icebreaking. *New Sei*. 1978;78(1104):502–503.
25. Messer T. Seaway icebreaker role for ACV. *Can. Ship. and Mar. Eng.* 1976;47(4):21.
26. Wade R.J. Air Cushion technology in Icebreaking. *Hoverig Graft and Hydrofoil*. 1975;14(8): 20–23.
27. Wade R.J., Edwards R.Y., Kim J.K. Improvements in icebreaking by use of air cushion technology. *Symposium Calgary*. 1976;(10):1–14.