

УДК 539.3

В. М. Козин, В. Л. Земляк, Н. О. Баурин, С. В. Радионов

СПОСОБ РАЗРУШЕНИЯ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ПОДВОДНЫМ СУДНОМ

Предложен способ разрушения ледяного покрова, заключающийся в прикреплении судна ко льду посредством пары якорей и тросов, последующем заполнении балластных цистерн забортной водой и создании положительной силы плавучести за счёт заполнения ёмкости из эластичного материала, расположенной в средней части судна посередине между якорями, сжатым воздухом.

Ключевые слова: подводное судно, лёд, балластные цистерны.

Ранее в работе [1] авторами были описаны предложенные способы и устройства, которые могут быть использованы для повышения эффективности разрушения ледяного покрова подводными судами (ПС) статическим (традиционным) методом всплытия. В частности, в техническом решении [6] для разрушения ледяного покрова предлагается использовать ПС посредством прикреплёния его ко льду с помощью якоря и троса. Далее нагрузку, необходимую для разрушения льда, создают за счёт заполнения балластных цистерн забортной водой и последующего вращения гребных винтов ПС. Толщина разрушаемого льда в этом случае будет зависеть от ёмкости балластных цистерн, т. е. возникающей отрицательной силы плавучести при их заполнении, а её увеличение (за счёт вращения гребных винтов) может привести к опасному подвсплытию ПС и его последующему соударению со льдом. В результате может произойти разгерметизация корпуса, судно может потерять остойчивость и погибнуть.

Козин Виктор Михайлович — доктор технических наук, профессор (Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН, Комсомольск-на-Амуре); e-mail: vellkom@list.ru.

Земляк Виталий Леонидович — кандидат физико-математических наук, доцент, проректор по научной работе и инновациям (Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, Биробиджан); e-mail: vellkom@list.ru.

Баурин Никита Олегович — аспирант (Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, Биробиджан); e-mail: vellkom@list.ru.

Радионов Сергей Владимирович — студент (Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, Биробиджан); e-mail: vellkom@list.ru.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 16-19-10097).

© Козин В. М., Земляк В. Л., Баурин Н. О., Радионов С. В., 2018

Для увеличения льдоразрушающей способности ПС и безопасности его эксплуатации при всплытии может быть использован следующий способ всплытия [3].

В носовой и кормовой оконечностях корпуса судна 1 устанавливают специальные контейнеры 2, в которые укладываются в сложенном состоянии якоря 3 с тросами 5. Точки крепления тросов к корпусу ПС при их натяжении должны обеспечивать нулевые кренящий и дифференцирующий моменты. При необходимости всплытия судно подвсплывает на безопасное заглубление H , затем из контейнеров в вертикальном направлении выстреливаются якоря в сложенном состоянии. При помощи кумулятивных зарядов, установленных в головной части якорей, во льду 4 пробиваются лунки, а лапы якорей автоматически раскрываются. После натяжения тросов забортной водой наполняют цистерны главного балласта 6. ПС приобретает отрицательную плавучесть и натягивает якорные тросы, создавая вертикальную нагрузку на ледяной покров, что вызовет деформацию ледяного покрова 4 до профиля 9 (рис. 1).

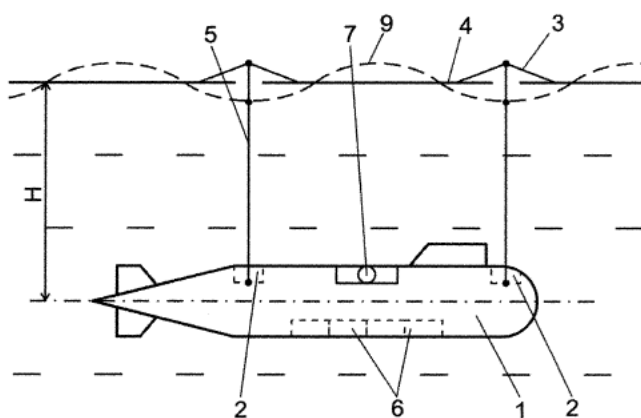


Рис. 1. Способ разрушения ледяного покрова
(патент на изобретение РФ № 2650287)

Для увеличения льдоразрушающей способности в корпусе судна между якорями размещают ёмкость 7 из эластичного материала, в которую через шланг 8 подают сжатый воздух. Ёмкость всплывает 10, а между якорями возникнет положительная сила плавучести, что увеличит изгибные напряжения, т. е. нагрузку на лёд. Это увеличит деформации льда от профиля 9 до профиля 11. Равноудалённость ёмкости от якорей увеличит интенсивность нагрузки на ледяной покров, т.к. сила плавучести окажется приложенной в точке максимального вспучивания льда. Положительные силы плавучести ёмкости 12 увеличивают до начала разрушения ледяного покрова (рис. 1). Использование при реализации предложенного способа прикрепляемых ко льду якорей позволит сконцентрировать прилагаемое

ко льду нагружение в области между якорями, т. е. уменьшить энергозатраты на разрушение ледяного покрова (рис. 2).

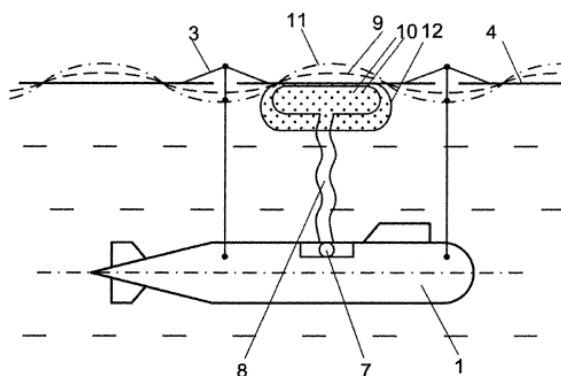


Рис. 2. Способ разрушения ледяного покрова
(патент на изобретение РФ № 2650287)

Если разрушения ледяного покрова не произойдет, то ёмкость 7 начинают заполнять и вентилировать периодически с частотой, равной частоте резонансных ИГВ, возбуждаемых в ледяном покрове динамической нагрузкой [4]. В работе В. М. Козина [2] показано, что периодическое приложение к ледяному покрову поперечной нагрузки с частотой, равной собственной частоте возбуждаемых изгибно-гравитационных волн (ИГВ), приводит к значительному увеличению деформаций (амплитуды прогибов) льда по сравнению с её статическим приложением. Во льду возникнут ИГВ максимальной амплитуды 13, что повысит ледоразрушающую способность предлагаемого способа (рис. 3).

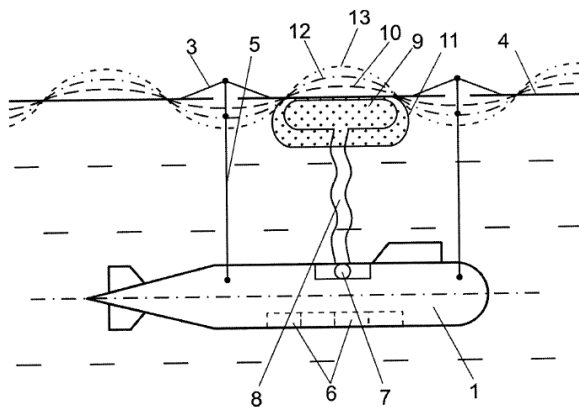


Рис. 3. Способ разрушения ледяного покрова
(патент на изобретение РФ № 2651331)

Если при этом ледяной покров не разрушится, то при помощи дифферентных цистерн 7 судно загружают периодическим знакопеременным дифферентующим моментом $\pm M_d$ с интервалом времени, равным времени прохождения изгибно-гравитационными волнами (ИГВ) с их резонансной скоростью расстояния между прикрепленными ко льду якорями $\lambda_{я}$. При возникновении дифферентующего момента в тросах появятся дополнительные силы натяжения, т. е. соответствующие дополнительные динамические нагрузки, возбуждающие ИГВ, при положительном дифференте $+\psi$ к возбуждению ИГВ 8, а при отрицательном $-\psi$ – ИГВ 9 (рис. 4).

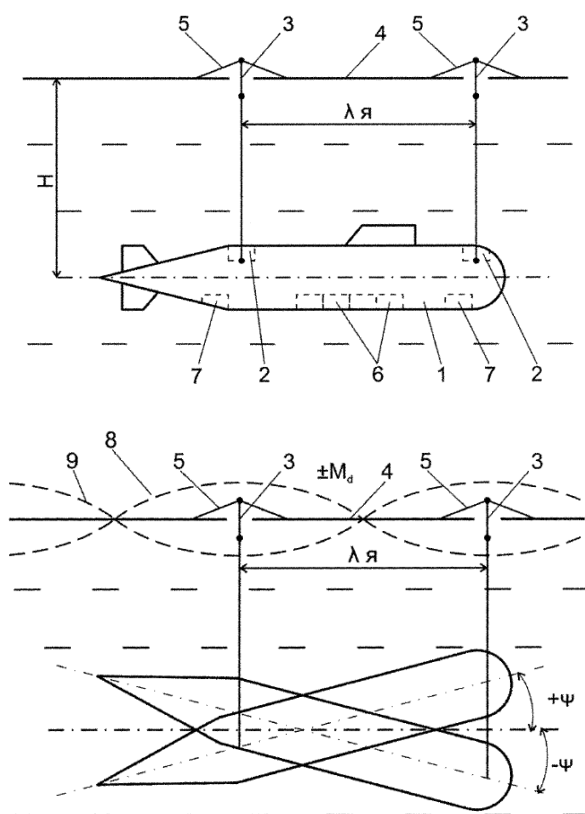


Рис. 4. Способ разрушения ледяного покрова
(патент на изобретение РФ № 2650288)

Их приложение ко льду с указанным интервалом обеспечит отсутствие сдвига фаз между ИГВ, возбуждаемых судном в районах его носовой и кормовой оконечностей. Это приведёт к возбуждению в ледяном покрове резонансных ИГВ, т. е. к резкому возрастанию их суммарной амплитуды и появлению во льду дополнительных нагрузок с мини-

мальными энергозатратами, что позволит достичь заявленный технический результат [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козин В. М., Земляк В. Л., Баурин Н. О., Радионов С. В. Повышение эффективности разрушения ледяного покрова подводными судами статическим методом // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2018. № 1 (30). С. 75 – 84.
2. Козин В. М., Скрипачёв В. В. Колебания ледяного покрова под действием периодически изменяющейся нагрузки // ПМТФ. 1992. № 5. С. 141 – 146.
3. Способ разрушения ледяного покрова: патент 2650287 РФ: МПК В63В 35/08, В63G 8/00 / В. М. Козин, В. Л. Земляк, А. В. Погорелова [и др.]. № 2016141722; заявл. 24.10.2016; опубл. 11.04. 2018. Бюл. № 11. 4 с.
4. Способ разрушения ледяного покрова: патент 2650288 РФ: МПК В63В 35/08, В63G 8/00 / В. М. Козин, В. Л. Земляк, А. В. Погорелова [и др.]. № 2016141731; заявл. 24.10.2016; опубл. 11.04. 2018. Бюл. № 11. 4 с.
5. Способ разрушения ледяного покрова: патент 2651331 РФ: МПК В63В 35/08, В63G 8/00 / В. М. Козин, В. Л. Земляк, А. В. Погорелова [и др.]. № 2016141730; заявл. 24.10.2016; опубл. 19.04.2018. Бюл. № 11. 4 с.
6. Устройство для разрушения ледяного покрова: патент 2575911 РФ: МПК В63В 35/08, В63G 8/00 / В. М. Козин, А. В. Погорелова, Е. Г. Рогожникова [и др.]. № 2014136014/11; заявл. 03.09.2014; опубл. 20.02.2016. Бюл. № 5. 5 с.

* * *

Kozin Victor M., Zemliak Vitaly L., Baurin Nikita O., Radionov Sergey V.
METHOD OF BREAKING ICE COVER BY SUBMARINE VESSELS

¹Institute of Machining and Metallurgy, FEB RAS, Komsomolsk-on-Amur;

^{2, 3, 4}Sholom-Aleichem Priamursky State University, Birobidzhan)

Method of breaking ice cover is proposed, consisting in attaching a vessel to ice by means of a pair of anchors and cables, followed by filling ballast tanks with seawater and creating a positive buoyancy force due to filling a container of an elastic material, located in the middle part of the vessel midway between the anchors, with compressed air.

Keywords: submarine vessels, ice, ballast cisterns.

REFERENCES

1. Kozin V. M., Zemlyak V. L., Baurin N. O., Radionov S. V. Increasing efficiency of destruction of ice cover by submarine vessels by static method [Povyshenie effektivnosti razrusheniya ledyanogo pokrova podvodnymi sudami staticheskim metodom], *Vestnik Priamurskogo gosudarstvennogo universiteta im Sholom-Aleykhema*, 2018, no. 1(30), pp. 75 – 84.
2. Kozin V. M., Skripachev V. V. Fluctuations in the ice cover under the effect of a periodically changing load [Kolebaniya ledyanogo pokrova pod dejstviem periodicheski izmenyayushcheysya nagruzki], *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*, 1992, no. 5, pp. 141 – 146.
3. Kozin V. M., Zemlyak V. L., Pogorelova A. V. [et al.]. *Sposob razrusheniya ledyanogo pokrova* (Method of breaking the ice cover), Patent No. 2650287 RU, IPC B63B 35/08, B63G 8/00, publ. 04/11/2018, Bull. No. 11, 4 p.

4. Kozin V. M., Zemlyak V. L., Pogorelova A. V. [et al.]. *Sposob razrusheniya ledyanogo pokrova* (Method of breaking the ice cover), Patent No. 2650288 RU, IPC B63B 35/08, B63G 8/00, publ. 04/11/2018, Bull. No. 11, 4 p.
5. Kozin V. M., Zemlyak V. L., Pogorelova A. V. [et al.]. *Sposob razrusheniya ledyanogo pokrova* (Method of breaking the ice cover), Patent No. 2651331 RU, IPC B63B 35/08, B63G 8/00, publ. 04/19/2018, Bull. No. 11, 4 p.
6. Kozin V. M., Pogorelova A. V., Rogozhnikova E. G. [et al.]. *Ustrojstvo dlya razrusheniya ledyanogo pokrova* (Ice-breaking assembly), Patent No. 2575911 RU, IPC B63B 35/08, B63G 8/00, publ. 02/20/2016, Bull. No. 5, 5 p.

* * *