

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 040813

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.07.29

(21) Номер заявки
202192772

(22) Дата подачи заявки
2021.11.09

(51) Int. Cl. *B63B 71/20* (2020.01)
G01M 10/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛЕЙ СУДОВ ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ

(43) 2022.07.25

(96) 2021000116 (RU) 2021.11.09

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
"НИЖЕГОРОДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА" (НГТУ) (RU)

(56) SU-A1-1071515
SU-A1-441190
RU-C1-2551832
RU-C1-2715331
RU-2535398

(72) Изобретатель:
Куркин Андрей Александрович,
Двойченко Юрий Александрович,
Зуев Валерий Андреевич, Грамузов
Евгений Михайлович, Себин Андрей
Сергеевич (RU)

(74) Представитель:
Куркин А.А. (RU)

(57) Изобретение относится к судостроению, в частности к способам испытания моделей судов ледового плавания в бассейне с искусственным льдом. Целью изобретения является повышение точности моделирования ледяного покрова путем приближения условий испытания к натурным условиям. Указанная цель достигается тем, что в воду помещают частицы положительной плавучестью из полиэтилена высокого давления в виде усеченных конусов и охлаждают поверхностный слой воды до образования ледового поля, после чего определяют величину ледового сопротивления судна перемещая его модель по ледовому полю. Диаметр широкого (верхнего) основания конуса зависит от масштаба модели судна ледового плавания. Высота конуса определяется расчетным путем из условия плавания конусной частицы широким основанием вверх.

040813 B1

040813 B1

Изобретение относится к судостроению, в частности к способам испытания моделей судов ледового плавания в бассейне с искусственным льдом.

Известны способы испытания моделей судов ледового плавания в бассейне с искусственным льдом, заключающиеся в том, что слой воды в бассейне, подвергающийся замораживанию, модифицируется таким образом, что обеспечиваются некоторые условия моделирования, позволяющие пересчитать результат испытаний на натурное судно. В частности к таким способам относятся способ Лаврова [1], Шварца [2], Песчанского (а.с. № 441190, кл. В: В 9/02, 1974) Слой замороженного льда на поверхности получается из воды, имеющей определенную соленость во всем объеме бассейна. Такой лед обладал пластичностью несоответствующей условиям моделирования. Для изменения свойств льда требовалось изменять соленость во всем бассейне, что обуславливало малую оперативность и большую трудоемкость. Поэтому испытания проводились при одной солености. Намерзание слоя соленого льда на поверхности воды занимало от 10 до 20 ч.

Последующие исследователи использовали способы, основанные на модификации прочностных и упругих свойств только в зоне поверхностного слоя воды. С помощью различных добавок в воду (карбамид [3], этиленгликоль, алифатический детергент и сахар [4], пропиленгликоль и алифатический детергент [5], этанол [6], и др.) и при намораживании в верхний слой модифицировался распылением или добавлением различных веществ, которые обеспечивали верхнему слою столбчатую или гранулированную структуру. Предложен также способ, основанный на комбинации в верхнем слое частиц пластика и микрочастиц стекла [7]. Эти способы отличались технологической сложностью (обеспечение концентрации растворов и равномерность распыления) и требованиями к обеспечению условий испытаний (температура, влажность).

Как следует из приведенной ниже таблицы со списком авторов, предлагающих новые разновидности модельного льда их поиск является до сих пор не до конца решенной технической задачей.

Наиболее близким прототипом является а.с. № 1071515 А, В63В 9/02 "Способ испытания моделей судов ледового плавания" в котором в воду добавляют измельченные частицы с положительной плавучестью и охлаждают полученную взвесь до образования ледового поля. Отличием здесь является то, что в воду добавляются частицы полиэтилена высокого давления, которые перемешиваются с водой.

Опыт применения этого способа показал, что полиэтиленовые частицы преимущественно округлой формы с примерным диаметром 4 мм замораживаются только в верхней части слоя насыпки для соблюдения условий моделирования [8]. Таким образом, нижняя часть насыпанного слоя не связана с замороженным слоем. При ломке ледового поля происходит поворот отломленных секторов ледяного поля. Часть несвязанных частиц под действием гидродинамических сил обтекания поворачивающегося обломка остаются на месте или двигаются со скоростью меньшей чем обломок. Это явление приводит к искажению реальных сил инерции при взаимодействии корпуса модели судна с моделью ледового поля. Кроме этого, снос плавучих частиц из под поверхности сектора уменьшает его плавучесть по сравнению со сплошным сектором. Из-за этого реальная величина составляющей сопротивления притапливания обломков моделированного льда вокруг модели искажается.

Применение крупных сферических гранул, с намораживанием слоя льда на поверхности воды приводит к искажению физического процесса ломки модельного льда. При изгибе ледового поля с крупными сферическими гранулами происходит скольжение замороженного слоя по верхней сферической поверхности гранулы, и трещина разрушения проходит не нормально к ледовому слою, а под наклоном в районе контакта с поверхностью гранулы. Это обстоятельство приводит к тому, что момент облома ледяного блока затягивается, лед скользит по сферической поверхности, прежде чем происходит разрушение, а прогиб на момент облома значительно превышает, тот, который требуется их условий моделирования. Этот эффект аналогичен явлению пластичности, характерному для модельных льдов на основе соляных растворов.

Целью изобретения является повышение точности моделирования ледяного покрова путем приближения условий испытания к натурным условиям.

Указанная цель достигается тем, что в воду помещают частицы положительной плавучестью из полиэтилена высокого давления в виде усеченных конусов и охлаждают поверхностный слой воды до образования ледового поля, после чего определяют величину ледового сопротивления судна перемещая его модель по ледовому полю Диаметр широкого (верхнего) основания конуса зависит от масштаба модели судна ледового плавания. Высота конуса определяется расчетным путем из условия плавания конусной частицы широким основанием вверх.

Изобретение поясняется чертежами, которые не охватывают и тем более не ограничивают весь объем притязаний данного технического решения, а являются лишь иллюстрирующими материалами частного случая выполнения.

На фиг. 1 - вид А в плане ледяного поля из частиц в виде усеченных конусов и поперечный разрез В-В ледяного поля.

На фиг. 2 - схема (вид в плане) растрескивания льда между полиэтиленовыми частицами в виде усеченных конусов и зоны разрушения из-за потери адгезионной прочности.

На фиг. 3 - схема к определения высоты усеченного конуса требуемой из условия вертикального

плавания в воде.

Поверхность воды, как показано на фиг. 1, вид А, плотно заполняется полиэтиленовыми частицами 1 в форме усеченных конусов (сечение В-В). Между частицами при охлаждении нарастает поверхностный слой льда 2 толщиной h_{ice} . При изгибе ледового поля (сечение С-С, фиг. 2) при действии сил P вызванных изгибом, сплошность поля между частицами нарушается в следствие образования трещин 3 в ледяном слое и отрыва примерзшего льда от поверхности частиц в зоне 4 из-за превышения адгезионной прочности нормального отрыва. Наличие конусности позволяет избежать заклинивания частиц полиэтилена при их повороте, когда происходит разрушение ледяного поля изгибом. Уменьшение области, обеспечивающей прочность ледового поля за счет малого размера разрушаемых перемычек 3 и уменьшение прочности вследствие адгезии (0,19 МПа) в зоне 4 по сравнению с прочностью льда как материала (1,9 МПа для льда толщиной 4-10 мм). Изменением толщины слоя льда h_{ice} возможно регулировать усилия, прикладываемые со стороны испытываемой модели судна для разрушения модельного ледяного поля, в соответствии с условиями моделирования. Для поворота усеченного конуса при разрушении льда изгибом между частицами во избежание заклинивания, угол конусности α , показанный на фиг. 3 должен составлять не менее 2° . Допускаются меньшие значения конусности $\alpha < (1^0 - 1.5^0)$ при изучении разрушения ледового поля преимущественно сдвигом

Схема ледяного поля, показанная на фиг. 1 и фиг. 2 реализуется только при вертикальном направлении осей усеченных конусов. Для обеспечения вертикального плавления полиэтиленовых частиц в виде усеченных конусов, как показано на фиг. 1 и фиг. 3 должно выдерживаться определенное соотношение между диаметром большего основания конуса D , его высотой H в зависимости от угла конусности. В воде усеченный конус, благодаря положительной плавучести погружается на глубину $h = H \cdot \rho_n / \rho_v$, где ρ_n - плотность полиэтилена высокого давления ($\rho_n = 0,92 - 0,93$). Условие вертикального плавления, является положительное значение метацентрической высоты $h_m = r_m - z_g + z_c > 0$, где r_m - метацентрический радиус (m - метацинтр). Метацентрический радиус определяется по формуле $r_m = I_x / V$, где $I_x = \pi \cdot D^4 / 64$ - момент инерции площади действующей ватерлинии в форме круга; V - погруженный объем усеченного конуса $V = \pi \cdot h \cdot D^2 (1 + k + k^2) / 12$; $k = d/D$; d - меньшее основание усеченного конуса.

Центр тяжести усеченного конуса G находится на высоте $z_g = H [1 - (1 + 2k + 3k^2) / 4(1 + k + k^2)]$;

Центр тяжести C погруженного объема V отстоит от нижнего основания на величину $z_c = H \cdot \rho_n / \rho_v [1 - (1 + 2k + 3k^2) / 4(1 + k + k^2)]$.

Подставляя эти величины в формулу для h_m и производя необходимые преобразования получим, что неравенство $h_m > 0$ выполняется если между диаметром верхнего основания усеченного конуса D и высотой конуса выполняется соотношение

$$H < D \sqrt{3 / \left\{ 2 \left[\rho_n / \rho_v (1 - \rho_n / \rho_v) (3 + 2k + k^2) \right] \right\}}$$

Способ испытания моделей судов ледового плавления реализуется следующим образом. Определяют количество частиц, необходимое для образования искусственного ледяного поля в зависимости от требуемой площади свободной поверхности воды. Частицы ровным слоем плотно размещаются по поверхности воды. Поверхность воды охлаждают до образования слоя льда между коническими частицами толщиной, заданной из условий моделирования. В результате получают искусственное ледяное поле. Измеряют прочность и упругость ледяного поля. Осуществляют движение модели, измеряют скорость движения, сопротивление, крен, дифферент, угловые скорости и т.п. После окончания движения измеряют толщину льда h_{ice} между усеченными конусами. Обломки убирают с водной поверхности и помещают в среду с положительной температурой. После полного таяния льда частицы используют в следующем опыте. Проводят пересчет ледового сопротивления модели на натурное судно и оценивают его ледопродоходимость.

Применяют частицы полиэтилена высокого давления в виде усеченных конусов, у которого низкая адгезия со льдом, а плотность и коэффициент трения такие же как у натурального льда. Размер большего основания конуса от 10 до 40 мм в зависимости от масштаба испытываемой модели. Предел прочности и модуль упругости искусственного льда получают меньше, чем у натурального льда, из за нарушения и ослабления связей между кристаллами и льда частицами полиэтилена. Плотность и коэффициент трения моделированного льда такие же, как у натурального льда, так как в состав моделированного льда входят только твердые частицы полиэтилена и кристаллы натурального льда с одинаковыми плотностью и коэффициентом трения.

Прочность и упругость меняют за счет изменения толщины льда, намораживаемого между частицами. Большей толщине льда соответствует большая прочность и упругость искусственного ледяного поля. Охлаждение водной поверхности можно производить в специальном ледовом бассейне искусственным холодом или в открытом бассейне в зимнее время при отрицательной температуре. Таяние льда, находящегося в обломках после проведения опыта, можно осуществлять теплой водой или теплым воздухом (помещать обломки в помещение с положительной температурой). Предлагаемый способ испытания моделей судов ледового плавления в искусственном льду обеспечивает уменьшение предела прочно-

сти и модуля упругости ледяного поля в равной степени, что приводит к соблюдению подобия по прочности и упругости. Поэтому осуществляется подобие и правильная оценка сил сопротивления разрушения льда, соблюдается геометрия образования трещин и геометрия в размере обломков. Этот способ обеспечивает также соблюдение подобия по плотности и трению льда о корпус, что в совокупности с геометрическим подобием обломков приводит к подобию и правильной оценке сил сопротивления движению в обломках. Обломки ледяного поля имеют подобную натурным массу и плавучесть благодаря объему конуса, находящимся под поверхностью воды. Диаметр D конусов выбирается из условия что приведенная толщина модельного льда соответствует толщине, требуемой для модельного ледяного поля из условий моделирования

Таким образом, обеспечивается подобие и правильная оценка основных составляющих сил ледового сопротивления. Следствием этого является простой пересчет результатов модельных испытаний на натурное судно. Этому способу также свойственны: изменение предела прочности и модуля упругости искусственного льда в зависимости от масштаба модели судна, повторяемость проведения испытаний в одинаковой среде, простая технология приготовления ледового поля и определения составляющих сил ледового сопротивления. Следствием этого является простой пересчет результатов модельных испытаний на натурное судно.

Список литературы

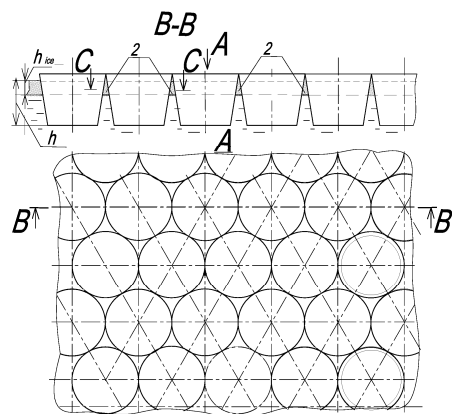
1. Лавров В.В. Вопросы физики и механики льда. Труды ААНИИ 1962, т.247.
2. Schwarz J. Icebreaker trails around Spitzbergen / Schwarz J., Hoffman L. //IAHR Symposium on ice problems, proceeding part I / Lulea, Sweden, August. - 1978. - P. 1-15
3. Narita S. The model ice of the NKK ice model basin / S. Narita, M. Inoue, S. Kishi // Proceedings IAHR Ice Symposium. – Sapporo, Japan, 1988. – Vol.1. – P.782-892.
4. Timco G.W. EG/AD/S A new type of model ice for refrigerated towing tanks / G.W. Timco // Cold Regions Science and Technology. – 1986. – Vol 2. – Issue 2. – P. 175-195.
5. Timco G. W. The Mechanical and Morphological Properties of Doped Ice / G. W. Timco // Proceeding of the Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC 79). – Trondheim. Norway, 1979. – Vol. 1. – P. 719-739.
6. Li. Z. On the flexural strength of DUT-1 synthetic model ice / Li. Z. // Elsevier. - 2002. - Volume 35. - issue 2. - C. 67-72.
7. Beltaos S. A model material for river ice breakup studies / Beltaos S., Wong J., Moody W.J. // Proceedings IAHR Ice Symposium. / Espoo, Finland 1990. - Vol.1. - P.575 –585.
8. Беляков В.Б. Новая модель льда. В сб. «Вопросы теории прочности и проектирования судов ледового плавания.» Горьковский политехнический институт им. А.А. Жданова. 1984. С 48-52.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

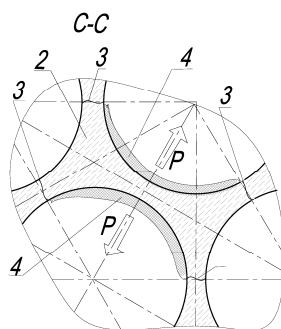
Способ испытания моделей судов ледового плавания, заключающийся в том, что в воду добавляют частицы полиэтилена высокого давления с положительной плавучестью, охлаждают поверхность воды до образования ледового поля и определяют величину ледового сопротивления, перемещая модель в ледовом поле, отличающийся тем, что с целью повышения точности испытаний полиэтиленовые частицы имеют форму усеченных конусов с углом конусности не менее $1-2^\circ$; высота конусов H для вертикальной ориентации осей конусов при плавании ограничивается соотношением

$$H < D \sqrt{3 / \{ 2 \sqrt{[\rho_n / \rho_v (1 - \rho_n / \rho_v) (3 + 2k + k^2)]} \}}$$

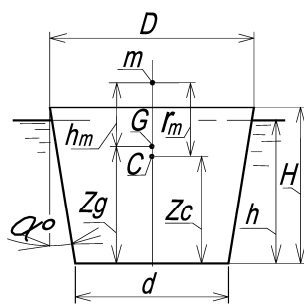
где D - диаметр верхнего (большого) основания конуса, ρ_n , ρ_v - плотности полиэтилена высокого давления и воды, $k=d/D$; d - диаметр меньшего (нижнего) основания.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

