

Винахід відноситься до галузі гідротехнічних споруд, а більш конкретно до морських льодостійких платформ для освоєння переважно мілководного континентального шельфу. Він може бути використаний в конструкціях морських льодостійких платформ, як на таких, що безпосередньо встановлюються на ґрунт, так і на таких, що закріплюються до нього з допомогою якірних зв'язків.

Відома морська льодостійка платформа, що містить верхню споруду, опорну колону, опорну основу кесонного типу й протилідове огородження, змонтоване на опорній колоні в зоні дії льодового навантаження [див. патент США №6371695, МПК⁷ E02B 17/02, 1998].

Відповідно до зазначеного відомого винаходу протилідове огородження виконане у вигляді конічної кільцевої наділки, яка має зовнішні похилі поверхні, що протистоять масі льоду, що рухається. Коли лід, що рухається, наштовхується на яку-небудь із цих похилих поверхонь, він відхиляється нагору або вниз, що веде до руйнування льоду на більш дрібні шматки, внаслідок появи в ньому напруг вигину.

Недоліком зазначеної відомої конструкції є обмеженість сфери її застосування, тому що при установці на мілководді при необхідності наявності у платформи досить розвиненої верхньої споруди необхідне проектування масивної кесонної основи та відповідної опорної колони.

Відома також морська льодостійка платформа, що містить верхню споруду, з'єднану з опорною основою, виконану у вигляді понтонів, за допомогою опорних колон, по бортах яких змонтоване протилідове огородження, виконане у вигляді наділки із зустрічне орієнтованими похилими поверхнями [див. патент США №3872814, МПК⁷ B63B35/10, 1973].

Недоліком зазначеної відомої конструкції платформи є її значна металоємність внаслідок наявності масивних суцільних опорних колон, розташованих майже по всій довжині понтона, а також наявності носових і кормових льодоруйнуючих обводів корпусів колон, розташованих на рівні бортових протилідових наділок у зоні дії льодових навантажень.

Крім того, наявність згаданих льодоруйнуючих обводів корпусів опорних колон, протилідового огородження у вигляді бортових наділок і протилідового огородження стояка недостатньо ефективна при виникненні льодових навантажень, що діють у напрямку міжкорпусного простору й не запобігає можливості забивання цього простору льодом.

Відома морська льодостійка платформа, що містить верхню споруду, з'єднану з опорною основою за допомогою опорних колон, на яких змонтоване протилідове огородження у вигляді похилої наділки, (див. льодостійку платформу з пальовим фундаментом фірми «Джон Браун» - Р. І. Вяхірев, Б. О. Нікітін, Д. А. Мірзоев «Облаштованість й освоєння морських нафтогазових родовищ», М, Видавництво Академії гірських наук, 1999, с. 217 - прототип). Опорний блок зазначеної відомої платформи складається із чотирьох вертикальних циліндричних колон, з'єднаних у нижній частині стрижневими конструкціями. На рівні води кожна з колон обладнана протилідовим огородженням у вигляді конусних наділок невеликої висоти із зустрічне орієнтованими похилими поверхнями.

Ця платформа має істотні недоліки:

- протилідові огородження мають незначну висоту, тому при змінах рівня моря (припливі, відпливі, зміні середнього рівня для замкнутих водоймищ, наприклад, Каспійського моря й т.д.), а реально це в межах 3 - 10 м, вони не працюють, тобто зниження льодових навантажень на платформу не відбувається, тому що лід ламається на вигин тільки в межах незначної висоти протилідового огородження;

- відповідно до відомих методик і норм (наприклад, Російського Морського Регістра Судноплавства) розрахункове значення горизонтального льодового навантаження на багатоопорну конструкцію визначається незалежно від форми опор для льодового сценарію, що відповідає забиванню льоду між опорами на максимальну ширину перешкоди, що створюється опорами. Таким чином, при розрахунковому визначенні льодового навантаження для такої конструкції вплив конусної наділки не враховується;

- у внутрішньому об'ємі опорної основи не можна розташовувати які-небудь елементи, тому що вони не захищені від безпосереднього впливу льодових утворень, або такі елементи повинні бути спроектовані з урахуванням сприйняття льодових навантажень.

В основу винаходу покладено задачу створення такої конструкції морської льодостійкої платформи, котра забезпечує можливість підвищення надійності та безпеки експлуатації платформи в льодових умовах.

Поставлена задача вирішується у морській льодостійкій платформі, що містить верхню споруду, з'єднану з опорною основою за допомогою опорних колон, на яких змонтоване протилідове огородження у вигляді похилої наділки, тим, що згадана наділка розташована по периметру платформи у зоні дії льодових навантажень і виконана замкнутою по периметру платформи і охоплюючою опорні колони по їхньому зовнішньому контуру, причому в верхній частині згаданої наділки змонтовано додатковий льодозахисний похилий пояс, при цьому згаданий пояс орієнтовано протилежно вказаній похилій наділці і розташовано під кутом не менш 8 до вертикалі, а співвідношення висоти згаданого додаткового похилого поясу до висоти похилої наділки становить не менш 0,08.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю істотних ознак винаходу, що заявляється, та технічним результатом, що досягається, полягає в наступному:

Розміщення похилої наділки по периметру платформи в зоні дії льодових навантажень та виконання її замкнутою по периметру платформи та охоплюючою опорні колони по їх зовнішньому контуру, а також установка на верхній частині вказаної наділки додаткового льодозахисного поясу, орієнтованого протилежно вказаній похилій наділці і розташованого під кутом не менш 8⁰ до вертикалі при співвідношенні висоти згаданого додаткового похилого поясу до висоти похилої наділки не менш 0,08, забезпечує руйнування льоду вигином при будь-якій ймовірній зміні рівня моря на протязі строку служби платформи. Крім цього, вказана вище сукупність суттєвих ознак практично виключає можливість перевалювання шматків льоду через верх протилідового огородження у внутрішній об'єм платформи, а також дозволяє звести до мінімуму розміри протилідового огородження, тобто зменшити його металоємність. Це дозволяє зробити конструкцію платформи, що

заявляється, більш надійною та безпечною при експлуатації в льодових умовах.

На фігурі 1 зображена морська льодостійка платформа, що заявляється, вид збоку;

на фіг.2 - те ж вид зверху зі знятою верхньою спорудою;

на фіг.3 - переріз А-А фіг.2;

на фіг.4 - переріз А-А фіг.2, руйнування льоду при взаємодії з льодовим огородженням;

на фіг.5 - залежність глобального льодового навантаження від кута нахилу грані споруди (для платформи «Приразломная»);

на фіг.6 та 7 - фрагменти модельних випробувань платформи, що заявляється:

на фіг.6 - накопичення льоду перед платформою в дрейфуючому полі рівного льоду товщиною 0,6 м (натурне значення);

на фіг.7 - форма накопичення льоду в плані в полі рівного льоду товщиною 0,6 м (натурне значення).

Морська льодостійка платформа, що заявляється, містить верхню споруду 1, з'єднану з опірною основою 2 за допомогою опорних колон 3. На колонах 3 змонтоване протиліодове огородження у вигляді похилої наділки 4, що розташована по периметру платформи в зоні дії льодових навантажень і виконана замкнутою по периметру й охоплюючою опорні колони 3 по їхньому зовнішньому контуру. В верхній частині наділки 4 змонтовано додатковий льодозахисний похилий пояс 5, орієнтований протиліодно наділці 4 і розташований під кутом β не менш 8° до вертикалі, а співвідношення висоти додаткового похилого поясу 5 - ($H_{\text{поясу}}$) ДО висоти похилої наділки 4 - ($H_{\text{наділки}}$) становить не менш 0,08.

У наведеному в ілюстративному матеріалі заявки на фіг.5 зображена залежність глобального льодового навантаження від кута нахилу грані споруди, отримана для платформи «Приразломная»,

де α - кут нахилу грані споруди;

$R_{\text{льод}}$ - глобальне льодове навантаження;

з якої видно, що оптимальне значення кута нахилу α лежить у межах $53-55^{\circ}$.

У даному прикладі конструктивного виконання винаходу стосовно до шельфу Каспійського моря профіль протиліодового огородження попередньо був обраний на основі розрахункових методів.

Для даної споруди основними факторами при виборі протиліодового захисту були:

забезпечення руйнування льоду вигином при контакті з похилою конструкцією захисту при будь-якій ймовірнісній зміні рівня моря протягом терміну служби платформи;

виключення можливості перевалювання шматків льоду через верх протиліодового огородження у внутрішній об'єм споруди;

мінімізація розмірів протиліодового огородження, тобто зменшення його металоемності.

У зв'язку із цим кут α нахилу поверхні похилої наділки 4 протиліодового огородження було прийнято з конструктивних міркувань рівним 66° ; кут β нахилу додаткового льодозахисного поясу 5 - рівним 10° , а співвідношення висоти додаткового поясу 5 - ($H_{\text{поясу}}$) ДО висоти похилої наділки 4 - ($H_{\text{наділки}}$) рівне 0,096.

Обрані розміри протиліодового огородження по висоті, куті α нахилу наділки 4, куті β нахилу додаткового поясу 5 показали свою ефективність на підставі теоретичних розрахунків і були перевірені на модельних випробуваннях у льодовому басейні ЦНДІ ім. Акад. А.Н. Крилова. Процеси, що відбувалися при взаємодії моделі з льодом, фіксувались за допомогою відео- та фотоапаратури і описані в технічному звіті інституту про випробування. Деякі фрагменти випробувань представлені на фіг.6 і 7 і відмічені нижче.

При первинному контакті кромки льодового поля, що насувається, с поверхнею похилої наділки 4 протиліодового огородження відбувається його вигинне руйнування. Утворені уламки льоду, підштовхувані льодовим полем, ковзають по поверхнях наділки 4 до торкання з додатковим поясом 5, після цього вони перекидаються назад на льодове поле, що насувається. Перед платформою створюється накопичення уламків льоду, що лежить на поверхні льодового поля. Через деякий час під дією ваги цього накопичення льодове поле руйнується, і частина накопичення йде під воду. При подальшому пересуванні льодового поля його руйнування відбувається на межі з утвореним перед платформою льодовим накопиченням. Поступово накопичення уламків льоду приймає клиновидну форму і збільшується до певної величини, після якої зростання накопичення припиняється, а уламки знову сформованого льоду обтікають платформу з бортів. Модельні випробування показали:

1) на всіх етапах взаємодії льодового поля з платформою руйнування льоду відбувається зломом - на початковому етапі це забезпечено за рахунок похилої конструкції протиліодового огородження, на наступних етапах відбувається за рахунок взаємодії поля з рухомими уламками льоду на зовнішній межі льодового накопичення перед платформою;

2) перевалювання уламків льоду через протиліодове огородження у внутрішній простір розглядуваної платформи не відбувається.

Слід зазначити, що додатковий льодозахисний пояс 5 встановлюється для гарантованого забезпечення перекидання уламків льоду, що підіймаються по похилій площині наділки 4, назад на льодове поле. Для цього нахил поясу 5 є протиліодним нахилу наділки 4. При цьому кут β нахилу поясу 5 прийнято з умов створення перекидаючого моменту при мінімізації кута нахилу, оскільки великий кут створює як би пастку для розбитого льоду, що рухається по поверхні похилої наділки 4 і може призвести не до зниження, а до збільшення льодового навантаження на споруду.

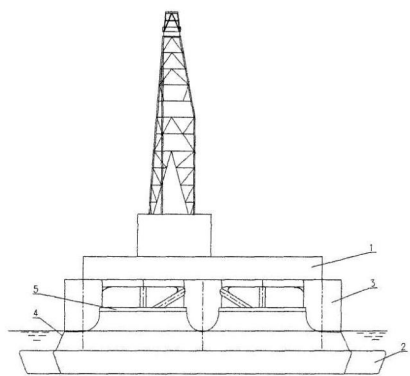
Відповідно до теоретичних досліджень і результатів модельних випробувань кут β нахилу поясу 5 вважається достатнім у межах $8 - 15^{\circ}$.

Висота поясу 5 повинна бути не менш 0,08 висоти похилої наділки 4.

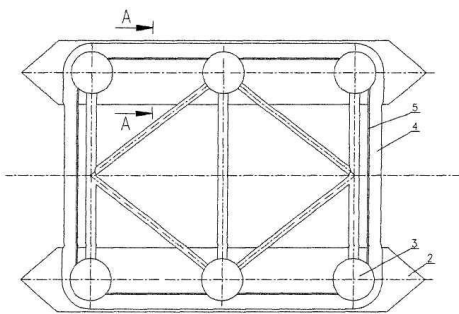
Для конкретної конструкції платформи при взаємодії з розрахунковим льодом товщиною 0,6 - 0,8 м кут β прийнято рівним 10° , а співвідношення висоти $H_{\text{поясу}}$ до висоти $H_{\text{наділки}}$ дорівнює 0,096, тобто, близько до мінімальних необхідних значень із умов мінімізації розмірів конструкції, ваги і її вартості.

У такий спосіб винахід, що заявляється, підвищує надійність і безпеку експлуатації морської льодостійкої

платформи в льодових умовах.

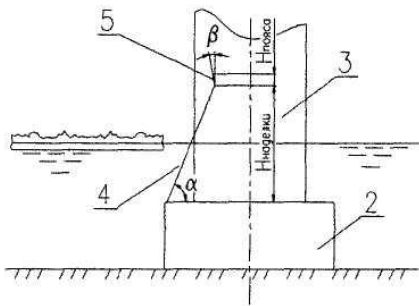


Фиг. 1



Фиг. 2

A—A



Фиг. 3

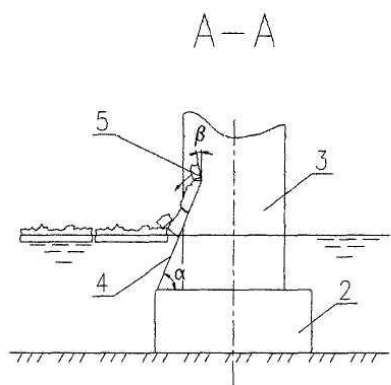


Fig. 4

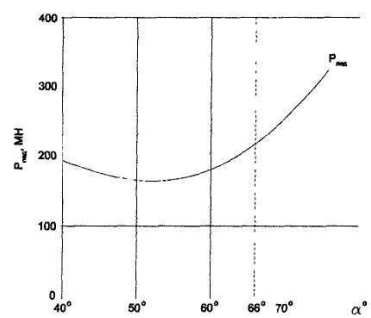


Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7