
СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

УДК 681.2

В.В. Тарасов, П.С. Иушин

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,
690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а

ПРИМЕРЫ АКТИВНОЙ ЛЕДОВОЙ ЗАЩИТЫ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ СООРУЖЕНИЙ И НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЯГКИХ НАДУВНЫХ ОБОЛОЧЕК ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ЛЬДА

Показаны основные существующие способы по активной защите морских нефтегазовых сооружений (МНГС) от воздействия ледяных полей, приведены новые разработанные способы их ледовой защиты с использованием мягких пневматических надувных емкостей (МПНЕ), конструирование в САПР Solid Works.

Ключевые слова: ледостойкие морские платформы, способы защиты от льда, мягкие надувные оболочки.

V.V. Tarasov, P.S. Iushin

EXAMPLES OF ACTIVE ICE PROTECTION OFFSHORE STRUCTURES AND NEW DEVELOPMENTS WITH SOFT SHELL INFLATABLE FOR DESTRUCTION OF ICE

The basic methods of the existing active protection offshore structures (MNGS) from the effects of ice fields, are newly developed methods for their ice protection with soft pneumatic air tanks (MPNE), design in CAD Solid Works.

Keywords: ice-resistant offshore platforms, methods of protection from ice, soft inflatable shell.

1. Общие положения, перечень мероприятий

При активных методах защиты воздействие льда первоначально воспринимается специальными устройствами на защищаемом сооружении или у этого сооружения, а затем уже разрушенный лед вступает в контакт с сооружением [1, 4]. При этом нагрузка от льда на сооружение меньше по значениям, а также изменяется характер воздействия льда. К мероприятиям, снижающим или исключаящим нагрузки от льда на сооружение, относится следующее:

- 1) использование ледоколов для разрушения ледяных полей;
- 2) устройство прорезей (траншей) в ледяном покрове, окружающем сооружение;
- 3) применение специальных конструктивных устройств для разрушения льда (устройства монтируются, например, на опорном стволе платформы-монопода или на опорных колоннах платформы);
- 4) применение направленных взрывов для разрушения ледяных полей, заторов;
- 5) обогрев конструкции сооружения в зоне воздействия льда с целью таяния льда и снижения его прочности;
- 6) применение пневматических или гидравлических установок для накачки под ледяной покров у сооружения горячей среды (попутного газа, воздуха, пара, выхлопных газов, воды);

7) использование для работ буровых судов, разрушающих ледяной покров качкой корпуса.

Из отмеченных выше мероприятий активной защиты от льда наиболее распространенным и надежным является использование ледоколов [3]. С целью снижения ледовых нагрузок получило широкое распространение устройство прорезей, или траншей, в ледяном покрове. Так, в случае круглого в плане искусственного острова или сооружения в окружающем ледяном покрове устраивается сеть круговых в плане и радиальных прорезей. При навале на остров разрушение льда происходит прежде всего по системе прорезей как наиболее слабым местам; в результате общая нагрузка от льда уменьшается. Устраиваются сухие (глухие, несквозные) и мокрые (сквозные) прорези. При сухой прорези делается траншея, ледяное дно которой препятствует поступлению воды в прорезь (и на поверхность льда). При мокрой прорези – траншеи сквозные (до воды). Замерзание воды в траншее идет от поверхности льда вниз со скоростью образования льда по толщине от 15 до 30 см в сутки [1, 4]. Прорези устраиваются как вертикальные, так и наклонные. Может устраиваться комбинация сухих и мокрых прорезей.

Применение направленных взрывов вообще является надежным способом защиты, но при этом наносится вред экологии среды, иногда требуется эвакуация обслуживающего персонала платформ и др.

С целью снижения ледовых нагрузок на сооружения известны практические применения обогрева строительных конструкций в местах контакта со льдом. Для этого рекомендуется использовать из газовых турбин отработанные газы, тепло которых должно передаваться теплоносителю – морской воде с антифризом [2]. Теплоноситель уже должен подогревать соответствующие конструкции сооружения.

Осваиваются пневматические и гидравлические установки для разрушения ледяного покрова. Получил практическое применение пневматический способ разрушения льда воздушными струями, выпускаемыми из перфорированных трубопроводов, уложенных по дну. Другие мероприятия находятся в стадии исследований и опытного применения [2,3].

2. Конструктивные устройства для разрушения льда

Следует особо остановиться на вопросе применения конструктивных специальных устройств для разрушения льда. Наиболее часто рассматриваются противоледовые защитные устройства типа бандажей (манжет, поясов и т.п.), монтируемых на опорном стволе или на колоннах платформ в зонах воздействия льда. Само бандажное устройство обычно представляет собой стальной разделенный внутри на отсеки понтон с круговой или многогранной формой в плане и с наклонными (в том числе коническими) боковыми поверхностями для разрушения льда. В отсеки понтона может подаваться горячий агент (воздух, пар, вода и пр.).

Одно из известных предложений [3] норвежских и других специалистов по активной защите от льда платформ с колоннами заключается в устройстве на колоннах ледокольных бандажей в зоне ватерлинии (рис. 1, 2, 3). Каждый бандаж подвешивается к тросам лебедок, установленных в надводном строении платформы, и может перемещаться по вертикали. Наружные поверхности бандажей наклонные, так что лед может разрушаться при движениях бандажей как вниз, так и вверх. Бандаж гравитационного типа имеет значительную собственную массу, так что при опускании вниз он разрушает лед своей силой тяжести (по принципу работы ледоколов).

На рис. 1: 1 – колонна; 2 – балластные отсеки; 3 – отсеки с насосами и подогревом воды; 4 – подъемные тросы; 5 – силовой кабель; 6 – опорное подшипниковое устройство.

Вертикальные перемещения бандажа могут обеспечиваться рядом устройств и прежде всего работой лебедок. Кроме того, в верхней части бандажа устраиваются балластные от-

секи, которые могут балластироваться подогретой водой и затем продуваться. Подогрев балластной водой имеет целью исключение смерзания бандажей со льдом. Также для обеспечения вертикальных перемещений возможно устройство в бандаже гидравлической силовой системы (гидропривода). Колонна в зоне ледокольного бандажа укрепляется, при этом сам бандаж движется по роликовым направляющим. Очевидно, что ледокольный бандаж может находиться в зоне ватерлинии только во время подвижек льда. Все остальное время бандаж может быть в поднятом тросами положении у надводного строения платформы, вне воздействия льда и волн.

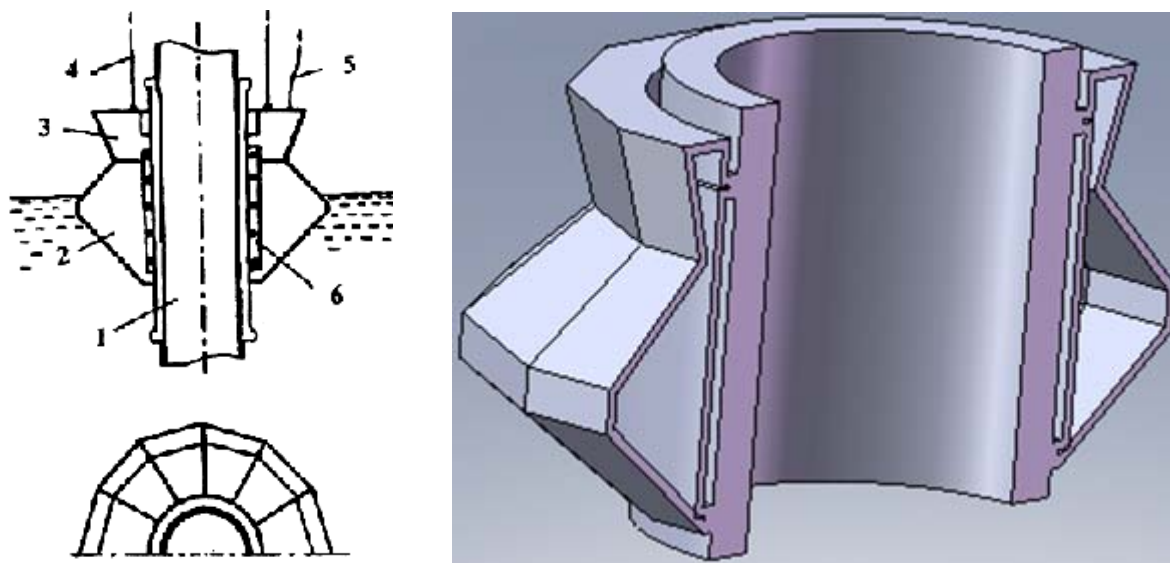


Рис. 1. Схема вертикально перемещающегося бандажа на колоннах платформы
Fig. 1. Scheme vertically moving platform bandage on columns

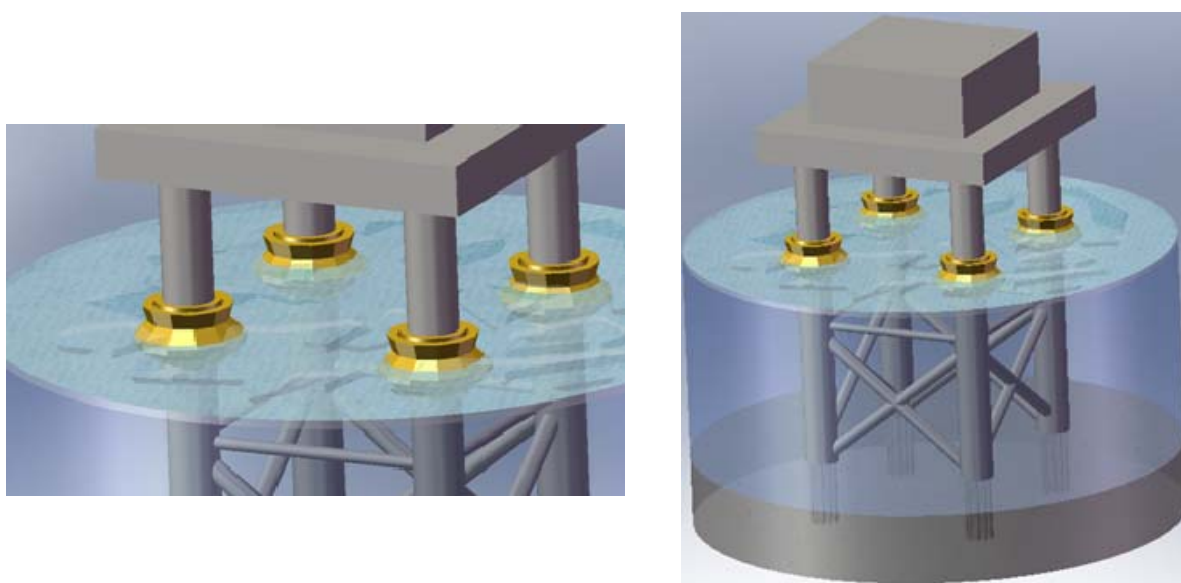


Рис. 2. Модель платформы, на колоннах которой расположены вертикально перемещающиеся бандажи, выполненные в программе Solid Works
Fig. 2. Model platform on the columns that are vertically movable bands performed in the program Solid Works

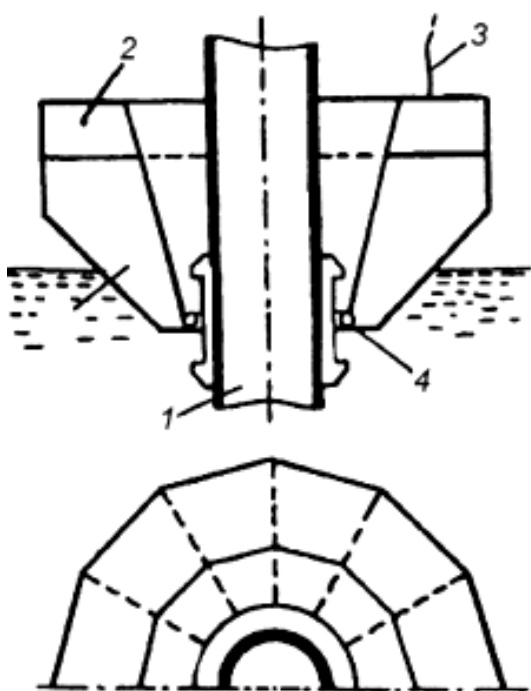


Рис. 3. Схема поворотного бандажа на колоннах платформы
Fig. 3. The scheme of the rotary platform bandage on columns

На рис. 3: 1 – колонна; 2 – отсеки с насосами и подогревом воды; 3 – силовой кабель; 4 – опорное подшипниковое устройство.

Известным является также предложение по активной защите от льда колонн платформы посредством поворотного ледокольного бандажа (рис. 3). Последний шарнирно закрепляется внизу к опорному кольцу на колонке и может совершать поворотные движения. Корпус бандажа имеет «ледокольные» обводы, так что разрушение льда происходит подобно тому, как при движении ледокола. Бандаж может снабжаться разрушающими лед устройствами, так, например, буровой машиной, ледорезными фрезами, подачей под лед горячего газа или жидкости и др. Внутренний объем бандажа разделяется на водонепроницаемые балластные отсеки, заполняемые подогретой водой (подогрев для исключения смерзания). Балластировка отсеков регулируется. Для перемещения бандажа по вертикали может применяться тросовая подвеска к лебедкам, гидроприводное устройство, балластировка и продувка отсеков и др.

Изобретателями [3] предложена активная защита колонн многоопорной платформы ледокольными

бандажами в виде усеченных конусов с противоположно расположенными вершинами (рис. 4). Бандажи находятся на колоннах, могут вращаться в плане и одновременно совершать вертикальные перемещения. Такие движения бандажей должны обеспечиваться теми или другими известными силовыми приводами. При контактах со льдом бандажи вращаются в противоположных направлениях и должны совершать противоположные вертикальные движения. В результате ледяное поле подвергается деформациям изгиба с изломом, а также эффекту скручивания. Предполагается, что обломки льда будут уходить из зоны сооружения, так что образование торосов исключается. Очевидно, что предложенная идея активной защиты представляет интерес. В направлении практического использования требуются разработки в отношении размеров бандажей, их параметров движения в связи с конкретными ледовыми условиями [2, 5].

Представляют интерес известные за рубежом и у нас предложения по устройству на колоннах платформ цилиндрических бандажей с винтовой наружной поверхностью (рис. 5, 6). Бандаж приводится во вращение электродвигателем, при этом в процессе разрушения льда возникают горизонтальные и вертикальные составляющие нагрузок. Внизу и вверху бандаж опирается на упорные кольцевые выступы колонны через посредство подшипниковых устройств, через которые на колонку передаются вертикальные нагрузки. Контакт между внутренней поверхностью бандажа и наружной поверхностью колонны осуществляется также через посредство ряда подшипниковых кольцевых устройств (передача на колонну горизонтальных нагрузок). Винтовая поверхность (нарезка) бандажа имеет внутри каналы для движения в них горячей жидкости или газа с целью исключения обмерзания. Винтовой бандаж устанавливается на колонну и включается в работу по разрушению льда только на время подвижек ледяного поля. На другие периоды времени он демонтируется и не подвержен действию льда и волн. Очевидно, что имеются технические трудности по изготовлению большеразмерных бандажей с винтовой поверхностью при больших диаметрах колонн или одного опорного ствола в платформах типа монопод, где диаметры до 10 м и более.

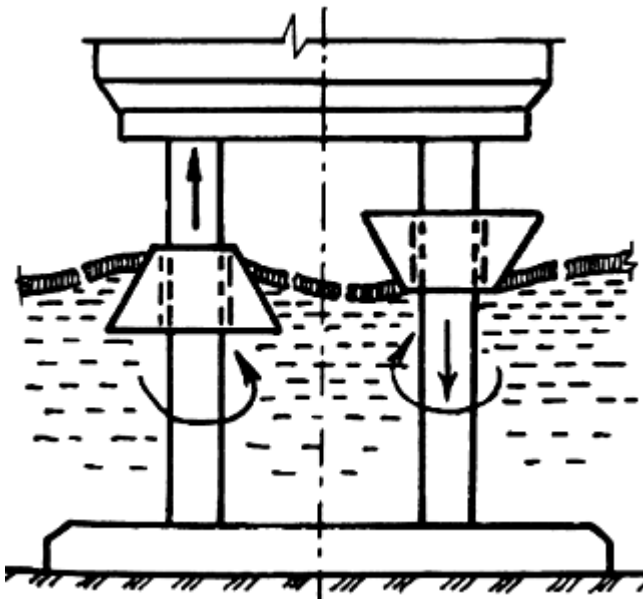


Рис. 4. Схема вертикально перемещающихся
и вращающихся бандажей с противоположно
направленными движениями
Fig. 4. Scheme vertically moving or rotating tires
with opposite movements

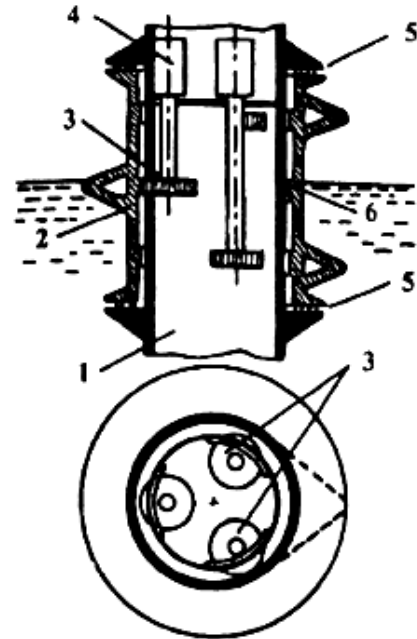


Рис. 5. Схема ледорезов винтового типа
на колонне многоопорной платформы
Fig. 5. Scheme breaker screw type
on the column multisupporting platform

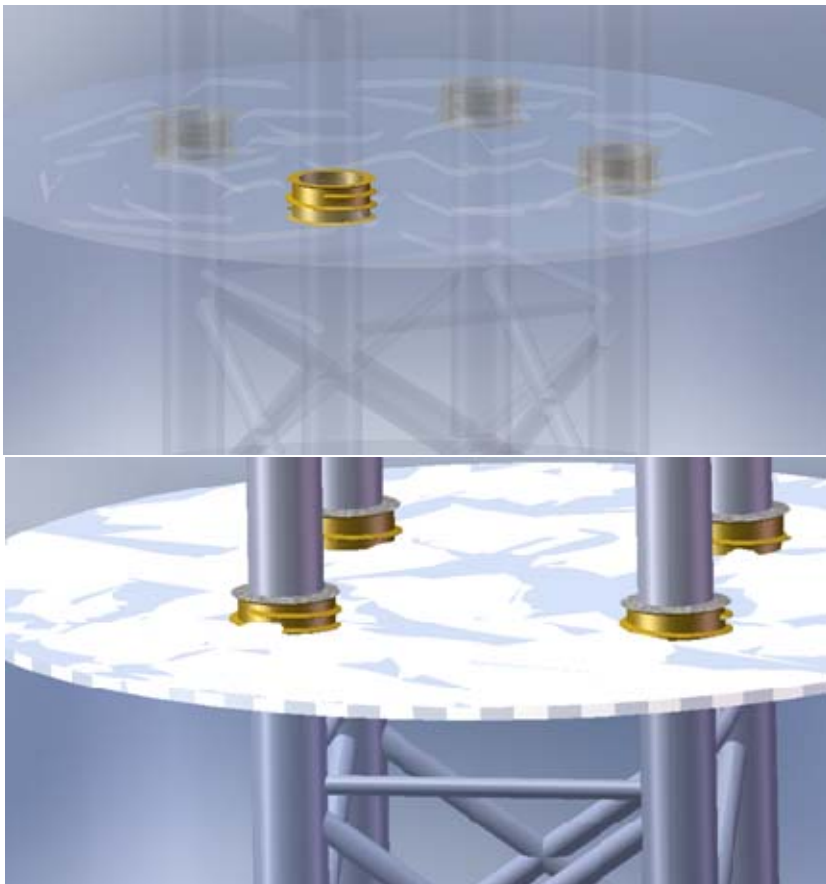


Рис. 6. Модель ледорезов
винтового типа
на колонне многоопорной
платформы, выполненная
в Solid Works
Fig. 6. Model breaker screw
type on the column
multisupporting platform
made in Solid Works

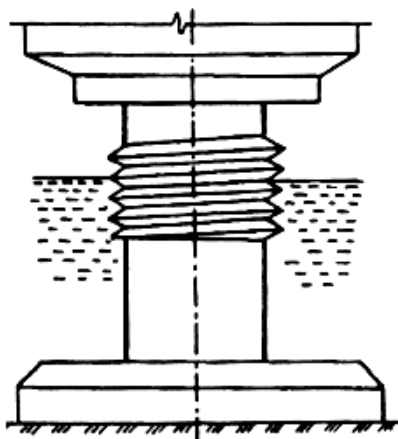


Рис. 7. Схема ледорезов винтового типа на опорном стволе платформы типа монопод
Fig. 7. Scheme breaker screw type on the reference barrel type platform monopod

На рис. 5: 1 – колонна; 2 – винтовой корпус с резьбой; 3 – зубчатое колесо привода; 4 – электродвигатель; 5 – опорные подшипниковые устройства; 6 – зубчатое колесо.

Следует заметить, что применение бандажных ледокольных устройств не зависит от глубин, на которых установлена платформа. В принципе, возможно применение подобных устройств и на колоннах полупогружных платформ. Однако бандажные ледокольные устройства могут проектироваться только для определенного диапазона толщин льда, возможны повреждения при воздействии льда, эксплуатационные расходы могут быть существенными.

Изобретателями [3] предложено для защиты от льда платформ типа монопод устраивать на опорном стволе винтовую ледорезную поверхность с клиновидными профилями зубьев (рис. 7, 8).

При контакте с винтовой поверхностью ледяное поле претерпевает деформации прорезания и излома в совокупности с изгибом и сжатием. Касательная составляющая реакции винтовой поверхности уводит разрушенный лед из зоны сооружения, так что исключается образование торосов.

Испытания в ледовом бассейне Арктического и Антарктического научно-исследовательского института показали, что нагрузка от плавучих ледяных полей на опорный ствол с винтовой поверхностью примерно в 2 раза меньше, чем в случаях отсутствия винтовой поверхности, вследствие чего сделаны рекомендации по проектированию [2, 5].

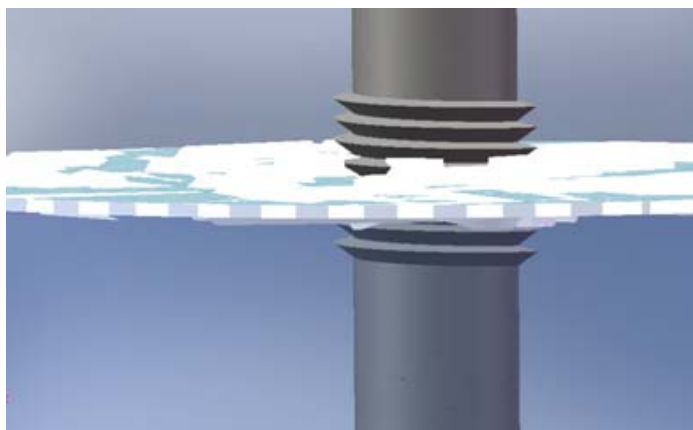


Рис. 8. Модель ледорезов винтового типа на опорном стволе платформы типа монопод, выполненная в программе Solid Works
Fig. 8. Model breaker screw type on the reference barrel type platform monopod made in the program Solid Works

Представляет интерес ледорезное пневматическое устройство для защиты платформ типа монопод, предложенное изобретателями (рис. 9, 10). На опорном стволе платформы имеется стационарное конусное устройство в виде двух усеченных конусов, соединенных основаниями. Дополнительно к этому для разрушения льда служит предложенное подводное ледорезное пневматическое устройство, которое включает:

- плавучие понтоны с избыточной плавучестью, имеющие в плане общую форму окружности или многоугольника;
- бандаж (может совершать вертикальные перемещения по стволу);
- трубчатые кронштейны, соединяющие бандаж с понтонами;
- упоры на опорном стволе;
- пустотелые ножи, установленные на палубах понтонов.

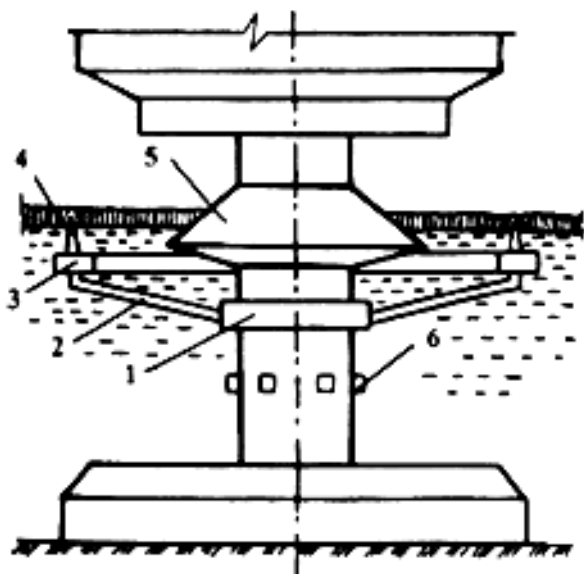


Рис. 9. Схема ледорезного пневматического устройства для защиты платформ типа монопод
Fig. 9. Scheme ledoreznogo pneumatic devices for protection platforms such monopod

На рис. 9: 1 – бандаж; 2 – трубчатый кронштейн; 3 – плавучий понтон; 4 – пустотелый тяж; 5 – стационарное конусное устройство; 6 – упор.

Вертикальные перемещения всей пневматической системы обуславливаются регулировкой баллаستировки понтонов. Понтоны, бандаж и в целом вся пневматическая система могут совершать вертикальные перемещения, ограничиваемые снизу упорами, а сверху – стационарным конусным устройством. Высотные положения упоров и конусов зависят от колебаний уровня, отметок и толщин ледяных полей и др. При нахождении понтонов в подводном положении и удалении из них водяного балласта происходит всплытие пневматической системы до упора кромок ножей в ледяное поле снизу. Резка льда производится горячим воздухом (отработанными газами, паром), вытекающим из кромки пустотелых ножей. Воздух к ножам подается через трубчатые кронштейны. Образующиеся подрезы льда способствуют разрушениям ледяных полей при их последующем взаимодействии с конусным устройством. При этом уменьшаются нагрузки на платформу в целом от воздействия льда.

На рис. 10, а представлена модель ледорубного пневматического устройства в опущенном состоянии, а на рис. 10, б – в поднятом состоянии.

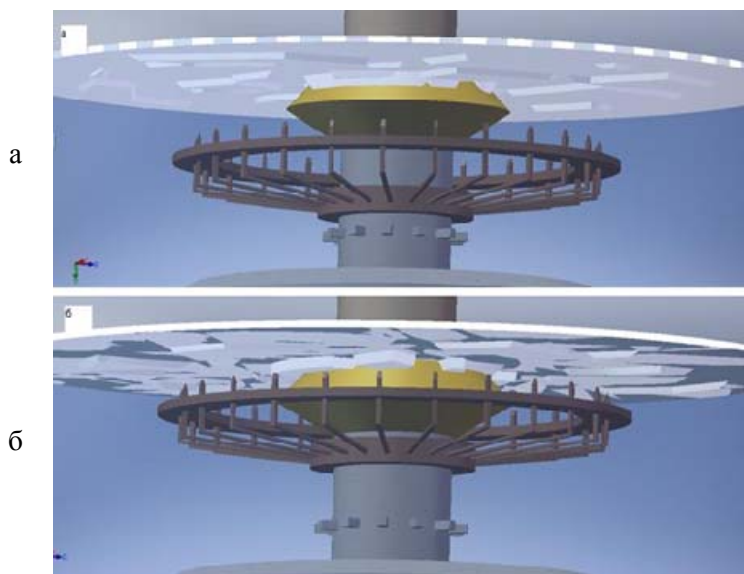


Рис. 10. Модель ледорезного пневматического устройства для защиты платформ типа монопод, выполненная в программе Solid Works
Fig. 10. Model ledoreznogo pneumatic devices for protection platforms such monopod, made in the program Solid Works

3. Использование мягких пневматических надувных емкостей для активной защиты МНГС от ледовых нагрузок

Так как до недавнего времени не рассматривался вопрос применения мягких пневматических надувных емкостей (МПНЕ) для активного разрушения движущихся ледяных полей перед непосредственным воздействием на МНГС, поэтому сотрудниками кафедры «Теории и устройства судна», где накоплен большой опыт применения мягких оболочек в различных областях народного хозяйства, и кафедры «Технологии и эксплуатации нефтегазового оборудования» предложены конструктивные мероприятия по уменьшению ледового воздействия на основания МНГС с помощью применения МПНЕ, модель одного из них предложена на рис. 11. Поставлена также задача по проектированию и изготовлению опытного ледяного бассейна для проведения экспериментальных исследований уменьшения ледовых нагрузок на имитируемое в масштабе основание МНГС при использовании МПНЕ для разрушения льда с целью уменьшения на него ледовой нагрузки [5].

В данной конструкции используются металлические полые короба, в которых вставлены МПНЕ, с возможностью увеличения объема при их надувании с помощью воздуха или газа. При этом короба всплывают (рис. 12, 13) и своей подъемной силой взаимодействуют с ледяным полем, взламывают его за счет давления на лед снизу установленными на коробах конусными устройствами различной конфигурации.



Рис. 11. Модель устройства активной защиты от ледовых нагрузок, использующей мягкие пневматические надувные емкости, выполненная в программе Solid Work
Fig. 11. Device model of active protection against ice loads, use a soft, inflatable pneumatic tank made in the program Solid Work

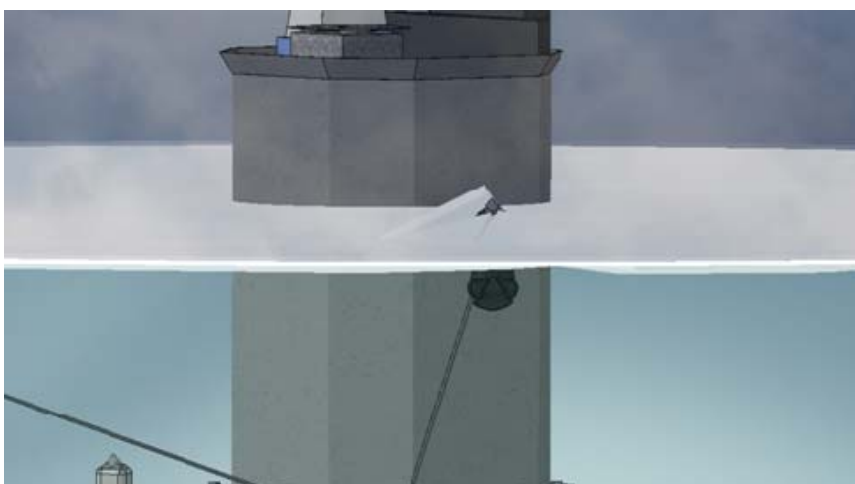


Рис. 12. Модель устройства активной защиты от ледовых нагрузок, использующей мягкие пневматические надувные емкости, выполненная в программе Solid Works
Fig. 12. Model of the device active protection against ice loads, use a soft, inflatable pneumatic tank made in the program Solid Works

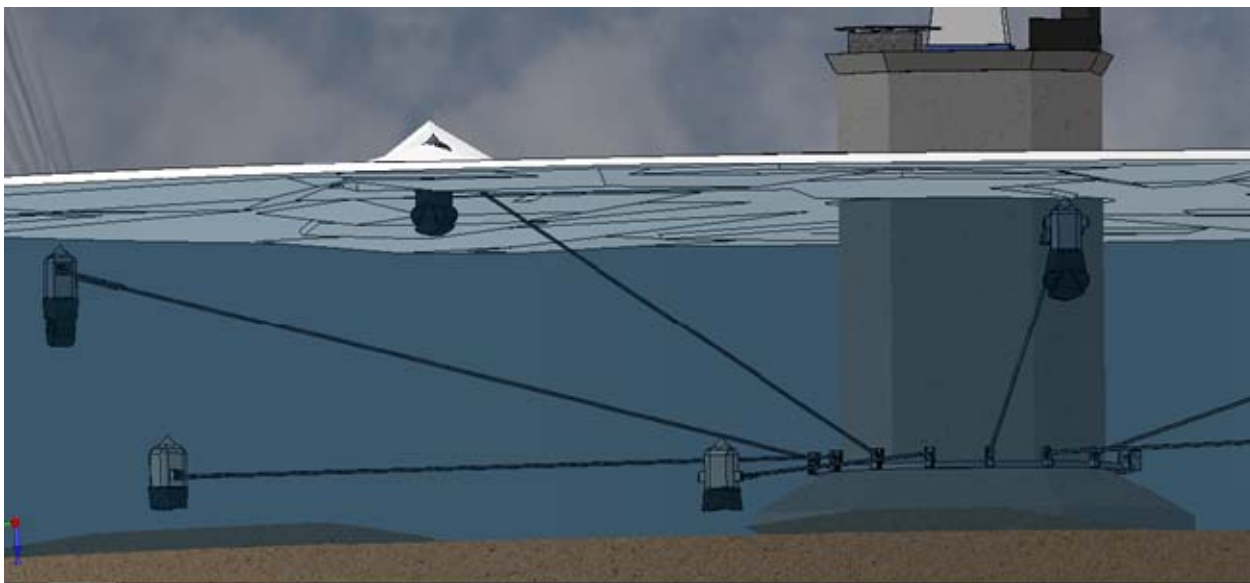


Рис. 13. Модель устройства активной защиты с использованием МПНЕ, выполненная в программе Solid Works, разламывающая ледовое поле вокруг МНГС
Fig. 13. Model of the device active protection using MPNE made in the program Solid Works, she breaks the ice field around MNGS

Короба закреплены на штангах, которые шарнирно крепятся на бандажах турельной конструкции, установленной на нижней части основания МНГС, что уменьшает ледовую нагрузку в области ватерлинии основания монопода или кессонной части платформы. Использование поочередного всплытия и погружения коробов с МПНЕ по заданной программе усилит эффект воздействия (в плане разрушения) на ледовый покров, что увеличит его дробление на более мелкие части и значительно уменьшит нагрузку на основание МНГС.

На рис. 13 показано, как поднятый бокс за счет силы всплытия МПНЕ разламывает ледовое поле. Данное устройство также может значительно снизить волновое воздействие на МНГС в летнее время за счет создания кругового пояса безопасности от волн при одновременном всплытии коробов с МПНЕ на уровень водяной поверхности. Устройство можно использовать как способ улучшения эффективности планов ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН).

Таким образом, решение вопросов безопасной эксплуатации МНГС значительно упрощается с учетом применения предполагаемых конструктивных мероприятий, направленных на состояние МНГС даже при воздействии движущегося ледяного поля.

4. Конструктивные особенности метода защиты

Устройство для активной борьбы с ледовыми нагрузками является сложным гидротехническим сооружением, состоящим из множества узлов, которые должны сохранять работоспособность в сложных природных условиях.

Сама модель устройства для борьбы с ледовыми нагрузками с использованием МПНЕ состоит из нескольких основных составных частей, как показано на рис. 14.

На рис. 14: 1 – турельный бандаж; 2 – рычаг; 3 – бокс; 4 – юбка; 5 – МПНЕ.

Турельный бандаж – устройство, крепящееся к колонне МНГС, желательного типа монопод. В плане он имеет форму кольца, на поверхности которого выступают турели, как показано на рис. 15, 16.

На рис. 15 представлен общий вид турельного бандажа, выполненного в виде кольца, на поверхности которого находятся турели.

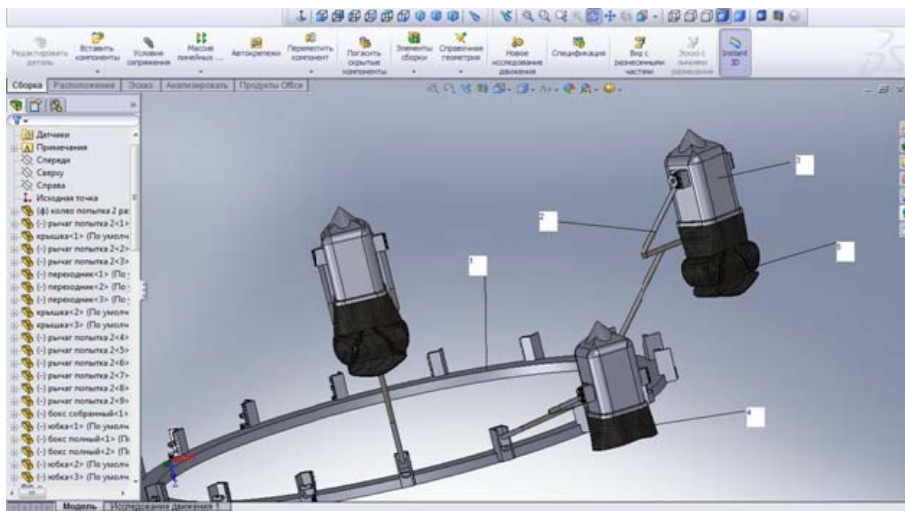


Рис. 14. Модель устройства активной защиты от ледовых нагрузок
 Fig. 14. Model of the device active protection against ice loads

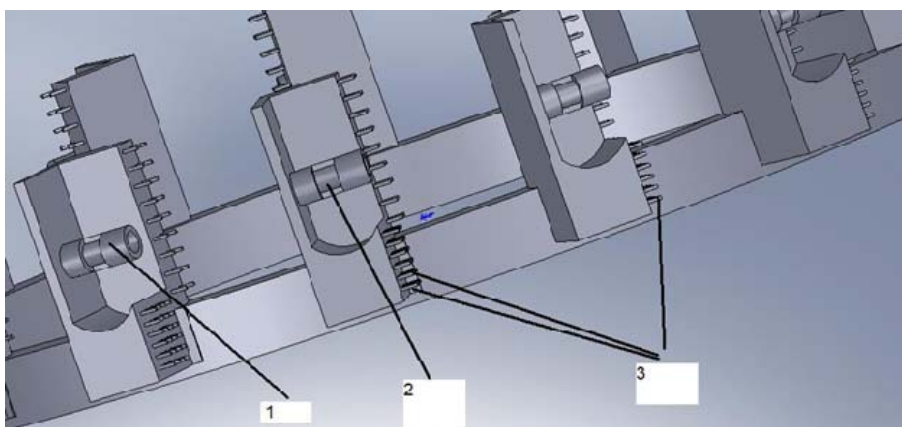


Рис. 15. Общий вид модели турельного бандажа
 Fig. 15. General view of the model turret brace

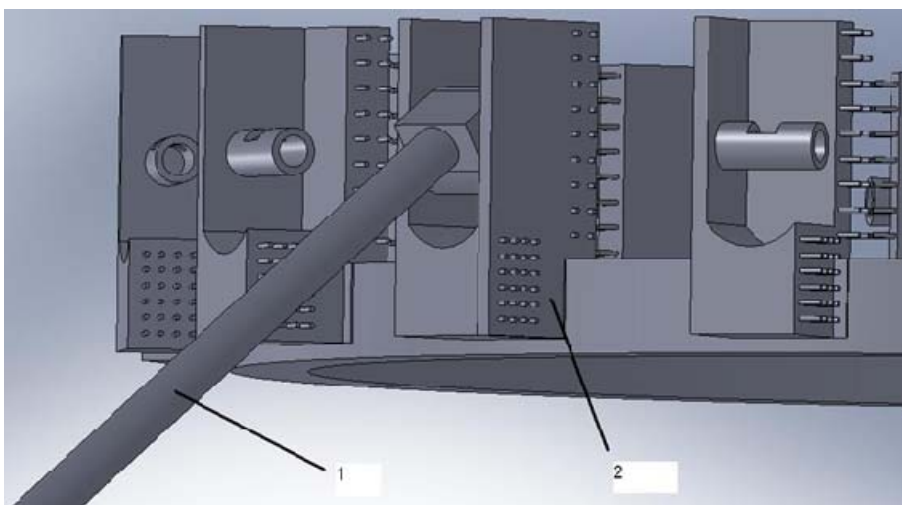


Рис. 16. Турель в собранном состоянии
 Fig. 16. Turret in the assembled state

Как видно на рис. 15, турель имеет на одной из боковых поверхностей множество выступов. Это сделано для облегчения сборки устройства на глубине при помощи дистанционно управляемых аппаратов. На выступах имеется резьба, после того как на полый цилиндрический выступ, обозначенный на рис. 15 цифрой 1, расположенный в углублении и имеющий прорезь, обозначенную цифрой 2, насаживается рычаг, показанный на рис. 16, обозначенный цифрой 1, насаживается крышка, обозначенная цифрой 2 на рис. 15, которая выполнена в виде пластины с множеством отверстий. После того как крышка встала на свое место, на выступы с резьбой, обозначенные на рис. 15 цифрой 3, накручиваются болты.

Рычаг – сложное гидротехническое сооружение, выполняющее сразу несколько сложнейших функций:

- является устройством, через которое передается газ в бокс;
- является упором, воспринимающим часть нагрузки от движения льда на основание монопода;
- является устройством, направляющим бокс.

Рычаг состоит из переходника, соединяющего три упора, которые непосредственно насаживаются на турели, установленные на боксе и бандаже, пример этого устройства показан на рис. 17.

На рис. 17 цифрой 1 обозначен турельный бандаж, на котором крепится упор. Цифрами 2 обозначены непосредственно сами упоры. Цифра 3 – бокс, который непосредственно взаимодействует с ледовым полем. Цифрой 4 показан переходник, выполненный в виде вилки. Для того, чтобы бокс поднялся на поверхность, необходимо заполнить МПНЕ, поэтому упоры и переходник являются полыми, что видно на рис. 18, 19.

Благодаря такому способу крепления упора к турели, как показано на рис. 18, можно не беспокоиться о том, что если рычаг опустится или поднимется на угол, больший, чем предусмотрено проектной документацией, будет передавлен или порвется шланг, через который происходит подача и откачка газа в бокс. Ведь в результате такой поломки будет затруднено или даже невозможно подать газ в бокс или откачать его оттуда. В данном случае подача газа не будет зависеть от угла поворота рычага, что позволяет более плавно опускать или поднимать бокс. В свою очередь это более благоприятно сказывается на условиях эксплуатации оборудования, что обеспечивает более долговечный срок его службы.

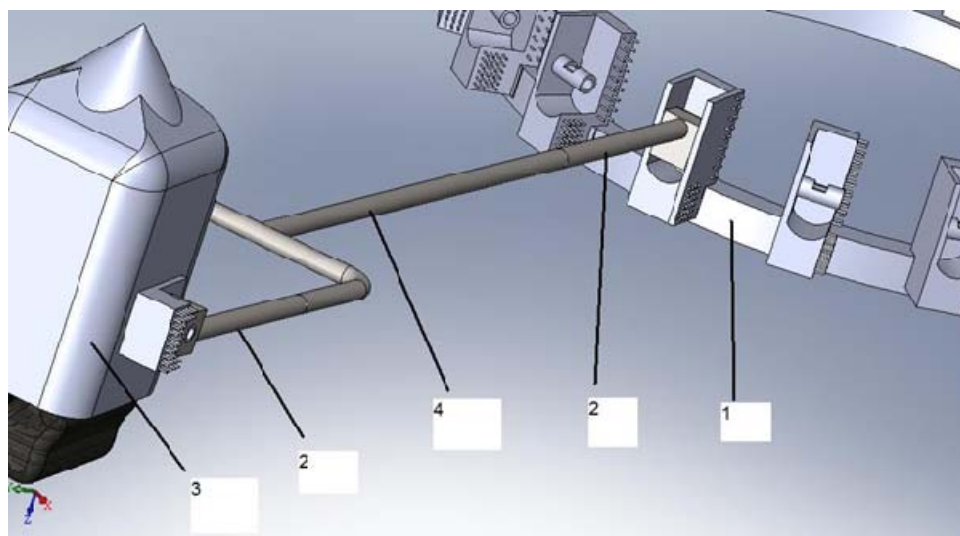


Рис. 17. Модель устройства активной защиты от ледовых нагрузок
Fig. 17. Device model of active protection against ice loads

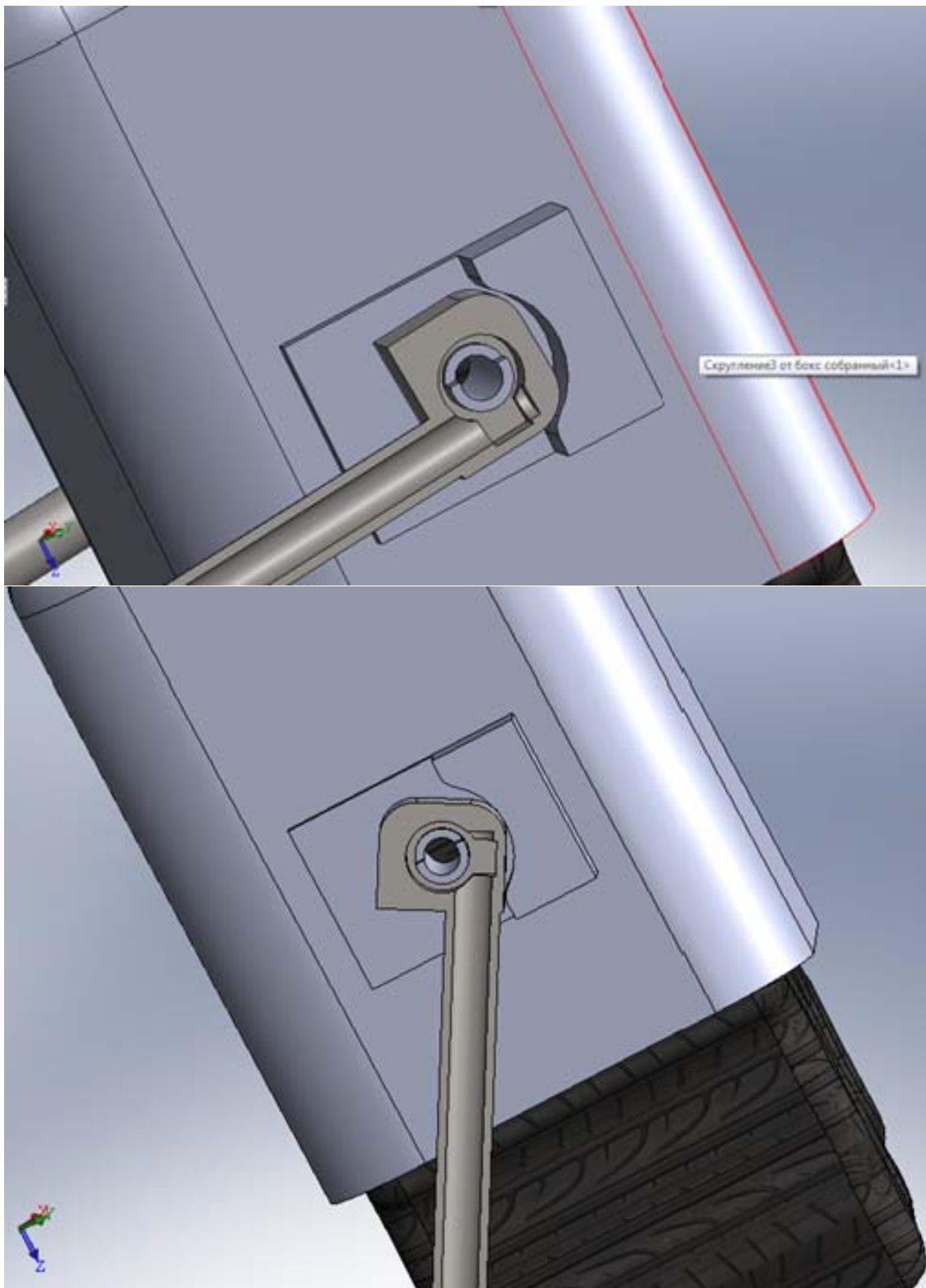


Рис. 18. Приближенный вид с продольным разрезом крепления упора рычага к турели бокса устройства для активной защиты от ледовых нагрузок, выполненный в программе Solid Works

Fig. 18. The approximate form of a longitudinal section fixing the stop arm to the boxing ring mount device for active protection against ice loads executed in the program Solid Works

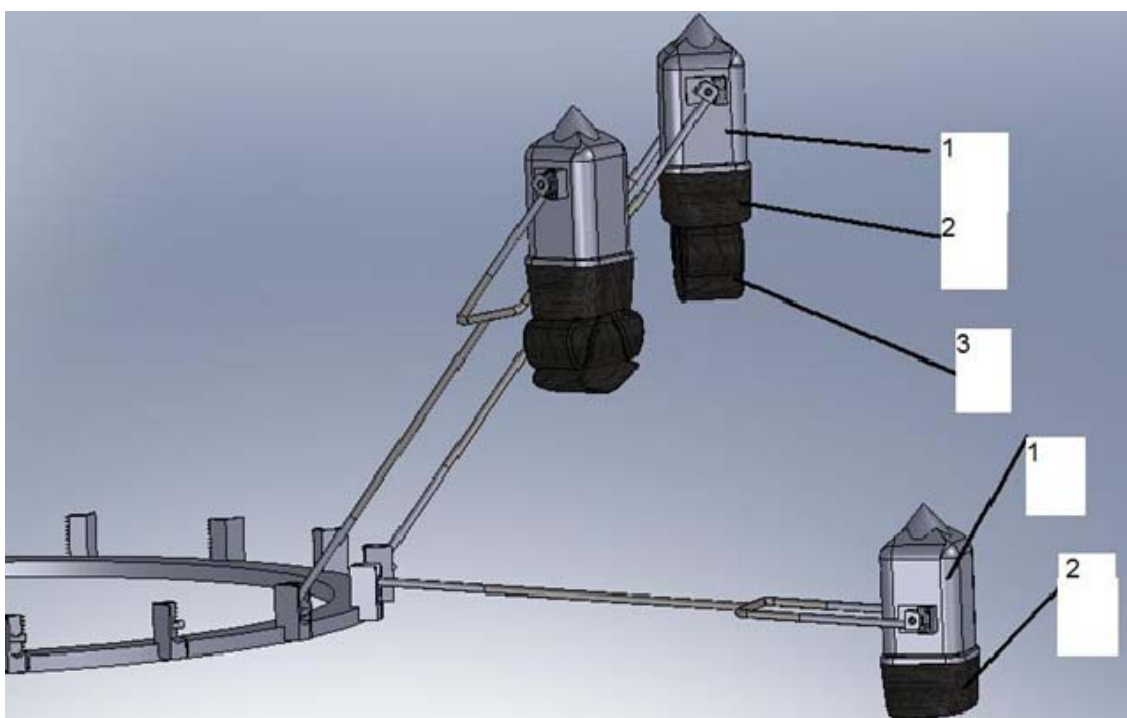


Рис. 19. Устройство бокса в опущенном и поднятом состояниях
Fig. 19. The device box in the lowered and raised stoyatoyanii

Как видно на рис. 18, турель, установленная на боксе, имеет форму, отличную от той, что крепится на бандаже. Эта конструктивная особенность позволяет ограничить угол, на который способен поворачиваться упор. Таким образом, если в результате неполадки МПНЕ будет заполняться не по запланированной программе, произойдет попытка опрокидывания бокса, которая может привести к огромным убыткам, так как потребует больших вложений по восстановлению работоспособности конкретной ветви. Но благодаря такому конструктивному решению при подобной неполадке бокс упрется в специально усиленные грани упора и дальнейшее опрокидывание его будет невозможно. После чего будет достаточно поднять поврежденную ветвь на поверхность и восстановить работоспособность.

Бокс является самым важным компонентом данного устройства активной защиты от ледовых нагрузок с использованием МПНЕ. Как видно на рис. 19, это составное изделие, состоящее из непосредственно самого бокса, обозначенного цифрой 1, который воспринимает нагрузки от веса ледового поля, которое разрушает, так как выполнено из твердосплавных материалов. Эти элементы должны не только выдерживать огромные нагрузки, возникающие под воздействием движения ледяного поля, а также и самого веса поля, но и быть коррозионно-стойкими, так как они должны сохранять свои свойства и работоспособность механизма. Помимо самого корпуса в состав бокса входит юбка, обозначенная цифрой 2 на рис. 19, или показанная отдельно от корпуса и МПНЕ на рис. 20. Основной задачей, которую решает данное конструктивное изделие, является удержание наполненных МПНЕ в вертикальном состоянии, не давая изогнуться, создав таким образом опрокидывающий момент. А это приведет к

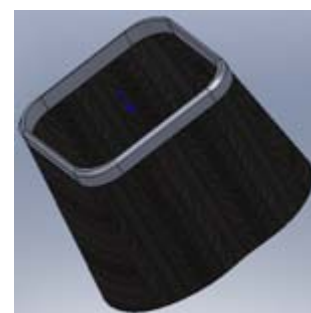


Рис. 20. Устройство юбки, прикрепляющейся к корпусу бокса
Fig. 20. The device is attached to the body of the skirt box

тому, что бокс наклонится сильнее, чем планируется в проекте, после чего он упрется ограничителями в упоры рычага, что приведет к дополнительным усилиям, деформирующим рычаг, и на какое-то время выведет всю ветвь из работоспособного состояния. Также в состав бокса входят непосредственно сами МПНЕ. Которые обозначены цифрой 3 на рис. 19. Предполагается, что они будут наполняться газом, поступающим через рычаг в корпус бокса через отверстие 3, внутри которого установлены перегородки, которые обозначены цифрой 2 на рис. 21, предназначенные для защиты бокса в случае повреждения корпуса одной из мягких пневматических емкостей или даже одной из ответвлений переходника, сохраняя его положительную плавучесть.

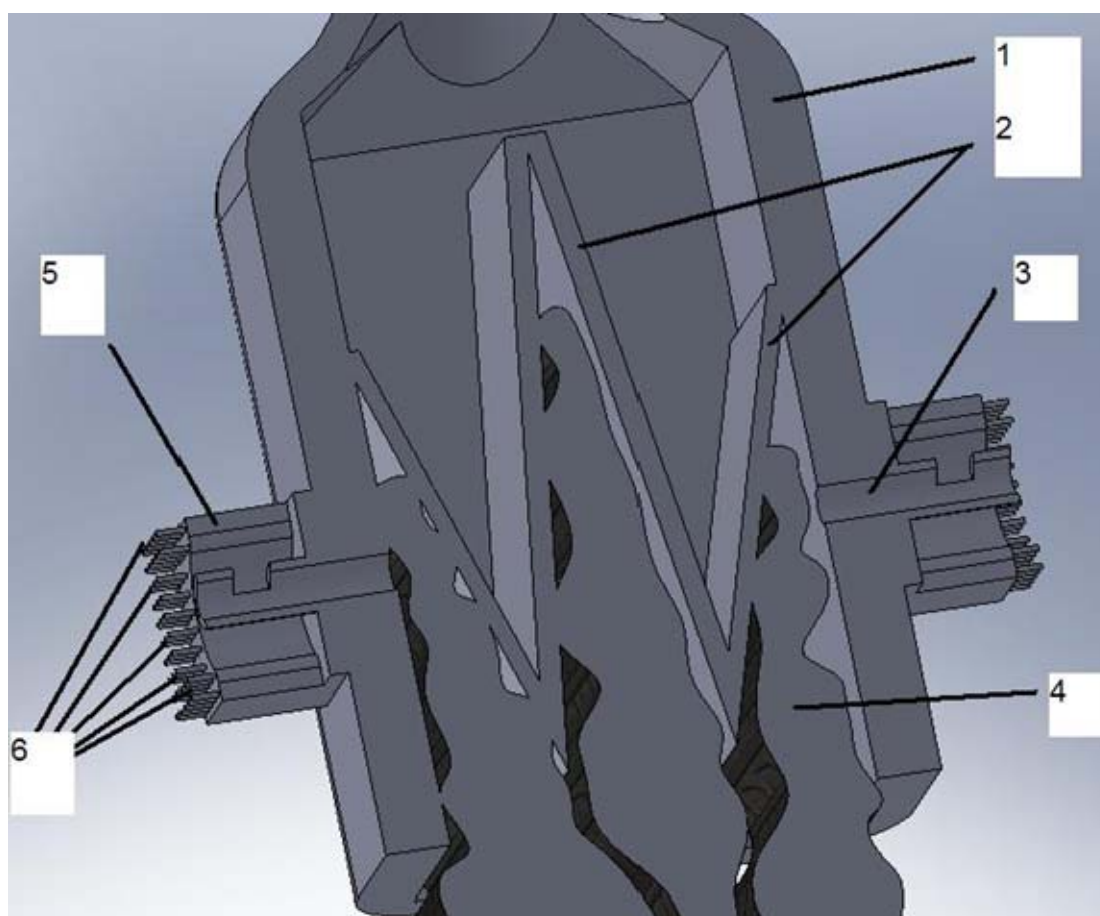


Рис. 21. Поперечное сечение бокса без юбки в состоянии погружения, когда весь газ был выпущен из МПНЕ

Fig. 21. The cross-section of boxing without a skirt able to dive when all the gas was released from MPNE

Как видно на рис. 21, корпус бокса, обозначенный цифрой 1, имеет усиленные грани, предназначенные для того, чтобы выносить огромные нагрузки, помимо того, на двух гранях, на которых крепятся турели, обозначенные цифрой 5, имеются отверстия, которые выходят наружу внутри опоры, на которую, при сборке, насаживаются упоры 3. Таким образом, газ, который поступает в корпус бокса, наполняет МПНЕ, находящиеся по бокам. После того как они достигнут своего максимума, будут открыты предохранительные клапана, установленные на поверхности перегородок 2. Подобное расположение было выбрано из условия, что в результате аварии газ перестанет поступать через одну из турелей, ус-

тановленных на корпусе бокса. Если расположить перегородки не вдоль оси отверстий турелей, через которые подается газ, а поперек, то в случае аварии подача газа будет осуществляться неравномерно, что приведет к ситуации, когда одна из крайних МПНЕ будет не заполнена. В результате такого расположения возникнет опрокидывающий момент, который будет отклонять бокс от вертикального положения до тех пор, пока он не опрокинется. Или в нашем случае не упрется в усиленные грани упора специальными защитными гранями турели. Так как при работе данной модели в суровых климатических условиях могут возникнуть неполадки в оборудовании, при проектировании данных моделей мы попытались предотвратить наиболее опасные ситуации, которые могут привести к крайне нежелательным последствиям.

МПНЕ наполняются газом, их объем сильно превышает объем корпуса бокса. Вследствие того, что они имеют сильно вытянутую форму в вертикальной плоскости и из-за неравномерности наполнения газом, что также хорошо видно на рис. 22, возникает опрокидывающий момент, который обусловлен положительной плавучестью объектов, наполненных газом. Для обеспечения безопасности бокса в целом принято решение использовать юбку, которая не дает МПНЕ разойтись друг от друга на значительное расстояние, таким образом, это уменьшает плечо от силы выталкивания. Используются предохранители, которые ограничивают предельный поворот, как показано на рис. 18.

Также проектируется система балластных отсеков, которые установлены в нижней части МПНЕ. Они будут наполняться водой благодаря особому устройству, когда из мягких оболочек будет выходить газ, т.е. бокс будет притапливаться, а затем при наполнении газом вновь всплывать и разрушать ледовое покрытие, движущееся в сторону МНГС.

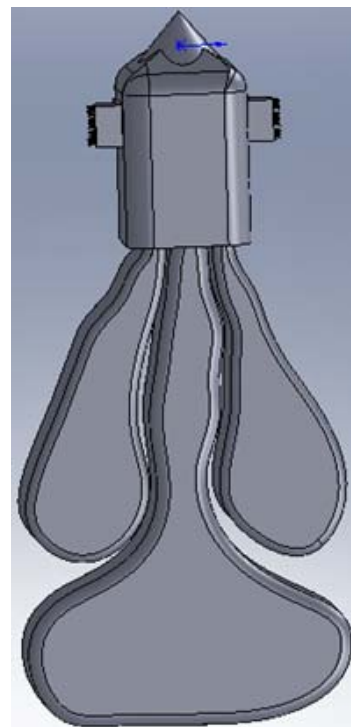


Рис. 22. Модель бокса с наполненными газом МПНЕ до предельного значения

Fig. 22. Box Model with a gas-filled MPNE to the limit

Список литературы

- 1 Алексеев Ю.Н. и др. Ледотехнические аспекты освоения морских месторождений нефти и газа / Ю.Н.Алексеев, В.П.Афанасьев, О.Е. Литонов, М.Н. Мансуров, Панов В.В., Трусков П.А. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 282 с.
- 2 Беллендир Е.Н. и др. Обоснование проектирования стационарных сооружений на арктическом шельфе / Е.Н. Беллендир, В.Б. Глаговский, Н.Ф. Кривоногова, Д.Д. Сапегин // Гидротехническое строительство. – 1997. – № 7. – С. 31-35.
- 3 Кульмач П.П. Морские сооружения для освоения полярного шельфа. – М.: ЦНИИ МО РФ, 1999. – 336 с.
- 4 Ледотехнические аспекты освоения морских месторождений нефти и газа / под ред. О.Е. Литонова и В.В.Панова. – СПб.: Гидрометиздат, 2001.
- 5 Российский Морской Регистр Судоходства (РМРС). Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП). – М., 2001. – 423 с.

Сведения об авторах: Тарасов Валерий Васильевич, профессор;
Иушин Павел Сергеевич, аспирант.