

Устройство для испытания моделей судов ледового плавания

В.Д. Бердонос

Изобретательская ситуация

В постперестроечное время у нас в университете я познакомился с заведующим опытовым бассейном и его научным руководителем. Работали они на кафедре кораблестроения и занимались разработкой темы, касающейся разрушения льда ледоколами. А именно, перед ними была поставлена задача – увеличить в несколько раз скорость разрушения льда. Необходимость увеличения скорости была вызвана повышением требований безопасности речных (и морских) государственных границ в зимнее время. Кроме того, скорость имеет существенное значение при разрушении ледяных заторов и ледяных полей во время весенних ледоходов. Для решения поставленной задачи ими была предложена идея использования в качестве ледоколов судов на воздушной подушке (СВП) /1/.

Ледокольные свойства СВП зависят от режима движения, величины давления воздуха в подушке, толщины и прочности льда. Взламывание льда может осуществляться воздушной подушкой статическим и динамическим способами.

Статический способ применяется при движении с малыми скоростями (до 4 – 5 уз). Под действием давления подушки уровень воды в полынье опускается ниже поверхности ледяного покрова, подо льдом образуется воздушная полость, которая выходит за габариты судна, и ледяной пласт консольно висит над водой. После того как длина консоли достигнет критической величины, ледяное поле начинает разламываться под действием собственного веса.

Разрушение льда СВП динамическим способом осуществляется при движении судна с большой скоростью (10 – 15 уз). Разрушение происходит в результате возникновения во льду изгибающих волн от перемещающегося источника давления, вызывающего деформацию льда. Амплитуда критической волны, при которой разрушается лед, зависит от его толщины, прочности и протяженности ледяного покрова, а также от глубины водоёма и размеров судна на воздушной подушке. Наиболее эффективное разрушение льда СВП происходит при использовании резонансного метода. Двигаясь по поверхности льда, за счет искусственного и естественного колебаний корпуса, СВП создает резонансные изгибно-гравитационные волны, под воздействием которых во льду образуются трещины. Такой способ ледокольных работ отличается от традиционных возможностью разрушать ледяной покров на обширных площадях, а также проводить суда на небольших глубинах.

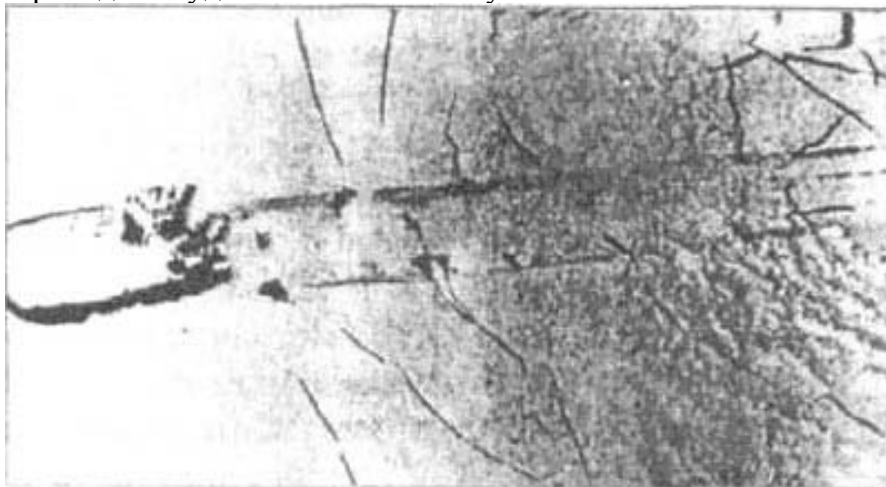


Рисунок 1. Разрушение сплошного ледового покрова СВП

Итак, резонансно-динамический способ взламывания льда отличается от статического большей эффективностью, так как позволяет разрушать лёд с более высокой скоростью.

Для доказательства эффективности использования СВП в качестве ледоколов необходимо было провести модельные испытания в опытовом бассейне. Проблема заключалась в том, что университетский опытовый бассейн не был предназначен для испытания ледоколов, то есть в нём не была предусмотрена морозильная установка для создания льда, а испытания необходимо было провести. Более того, в мире существует единственный ледовый опытовый бассейн, который находится в Санкт-Петербурге.

Таким образом, изобретательская ситуация заключалась в следующем: необходимо срочно провести испытания на эффективность использования СВП в качестве ледоколов, что связано с безопасностью государственных границ (в частности речных); есть опытовый бассейн, но он не предназначен для испытания ледоколов.

Краткая справка о моделировании ледовых полей (способы и назначение)

Для решения сформулированной выше задачи необходимо иметь представление:

- о характеристиках льда;
- процессах, происходящих при разрушении льда ледоколом;
- ледовом опытовом бассейне;
- существующих, к моменту начала работы, способах моделирования ледяных полей.

Следует отметить, что приведённые ниже материалы будут касаться более широких вопросов, чем это необходимо (или кажется, что необходимо) для решения конкретной задачи. Во-первых, нам ещё точно не известно, что пригодится, а что нет. Во-вторых, если будут предложены модели ледяных полей, с помощью которых можно будет испытывать не только СВП-ледоколы, но и ледоколы классических типов, то будет решена сверхзадача.

Характеристики льда

Начнём с классификации льда (морского и речного) /2/. Льды различают по возрасту, подвижности (динамичности), строению, состоянию поверхности и стадиям таяния.

По возрасту различают следующие виды льда:

- начальные льды (ледяные иглы, сало, шуга и т. п.);
- ниласовые льды (блинчатый лед, склянка, нилас и т. д.) толщиной до 10 см;
- серые льды толщиной от 10 до 30 см;
- белый лед толщиной от 30 до 70 см;
- однолетние – годовалые льды, прошедшие годовой цикл нарастания в минувшую зиму и сохранившиеся до начала нового осеннего ледообразования;
- двухлетние льды, находящиеся во втором годичном цикле нарастания;
- многолетние льды (пак) толщиной 2,5 м и более, просуществовавшие более двух лет.

Для нашей конкретной задачи интерес представляет белый и серый лёд с максимальной толщиной 1 м.

По динамическому признаку льды разделяются на две категории:

- 1) неподвижный лед, основной формой которого является припай, – сплошной ледяной покров, связанный с берегом; протяженность припая может достигать нескольких сотен миль;
- 2) дрейфующий лед – лёд, не связанный с берегом и находящийся в движении под влиянием ветра и течения.

По горизонтальным размерам (протяженности) дрейфующий лед подразделяется на две основные группы: ледяные поля и битый лед, образующиеся в результате разрушения припая и последующего дробления более крупных форм дрейфующего льда, развития и

нарастания ледяного покрова, смерзания мелких льдин любого возраста. По своим очертаниям поля и отдельные льдины бывают остроугольными и округлыми.

Ледяные поля – наиболее крупные образования дрейфующего льда – делятся на:

- обширные – протяженностью свыше 10 км;
- большие – протяженностью от 2 до 10 км;
- малые – протяженностью от 0,5 до 2 км;
- обломки полей – льдины протяженностью 100...500 м.

Битый лед состоит из льдин различных размеров, но меньших, чем обломки полей.

Различают следующие формы битого льда:

- крупнобитый – льдины, имеющие в поперечнике 20...100 м,
- мелкобитый – льдины протяженностью от 2 до 20 м;
- куски льда – льдины размером от 0,5 до 2 м.

Для нашей конкретной задачи интерес представляет неподвижный лёд, ледяные поля и битый лёд.

Состояние дрейфующего льда характеризуется сплоченностью и сжатием. Сплоченность льда на наблюдаемом участке водной акватории определяется отношением площади льдин к площади этого участка и оценивается по 10-балльной шкале. Например, при сплоченности льда 6 баллов 60 % площади участка покрыто льдом. Различают редкий лед, разреженный лед, сплоченный лед и очень сплоченный лед.

Сжатие льда оценивается по трехбалльной шкале: 1 балл соответствует слабому сжатию, 3 балла – сильному.

Вышеперечисленная классификация позволяет выбрать тот тип льда, который в первую очередь необходимо моделировать для решения поставленной задачи, а именно, оценка эффективности использования СВП в качестве ледокола, а также определение ледокольных характеристик СВП при разных тактиках движения по льду.

Для нашей конкретной задачи следует моделировать не менее двух состояний льда: одно состояние НЕПОДВИЖНЫЙ лед и второе – БИТЫЙ лёд (от обломков полей до кусков льда).

Физико-механические свойства льда

Лед представляет собой вещество, наделенное свойствами, присущими твердому кристаллическому телу /2/.

Образование льда происходит в результате процессов теплообмена между водной средой и атмосферой. Основными факторами, влияющими на интенсивность роста ледяного покрова, являются метеорологическая обстановка и гидрологический режим водоема (скорость течения, глубина, условия перемешивания водных масс и так далее).

Структура льда определяется условиями возникновения и формирования кристаллов, которые первоначально образуются в тонком переохлажденном поверхностном слое воды. В процессе роста лед приобретает неоднородное блочное строение. По границам блоков кристаллов концентрируются посторонние примеси и соляной раствор (в морском льду).

Отметим этот очень важный момент, что лёд имеет БЛОЧНОЕ строение.

С точки зрения механических качеств, лед естественного образования можно принять за поликристаллическое тело. При этом, если в направлении, параллельном плоскости намерзания, ледяной покров можно рассматривать как изотропное тело, то в направлении, перпендикулярном плоскости намерзания, наблюдаются анизотропные свойства, обусловленные в основном температурным перепадом между верхними и нижними слоями льда, как тела, находящегося на границе двух сред с различными температурами.

К числу наиболее важных физико-механических свойств ледяного покрова, влияющих на движение судна во льдах, относятся: прочность льда, его упруго-пластические и фрикционные характеристики.

Движение судна в сплошных и крупнобитых льдах сопровождается разрушением ледяного покрова, происходящим в основном за счет изгиба (хотя имеют место также дефор-

мации среза и смятия в случае применения классических ледоколов). Поэтому при определении сопротивления ледяного покрова движению судна, наибольшее значение имеют его прочностные характеристики: пределы прочности на изгиб, срез и смятие.

Известно, что в естественных условиях при отсутствии снега температура верхних слоев льда близка к температуре окружающего воздуха, а температура нижних – к температуре воды. Вследствие такого температурного перепада во льду образуются слои неодинаковой прочности. Наличие снега на ледяном покрове уменьшает температурный градиент внутри льда, поэтому разница в свойствах слоев заснеженного льда оказывается не такой значительной, как у бесснежного. Хотя слои имеют различные физико-механические свойства ледяной покров под нагрузкой работает как единое целое.

Отметим этот очень важный момент, ледяной покров под нагрузкой работает как единое целое.

В качестве расчетных значений предела прочности на изгиб σ_p могут быть приняты следующие величины:

- для пресноводного льда $\sigma_p = 12,5 \text{ кГ/см}^2$;
- для морского (соленого) льда $\sigma_p = 8 \text{ кГ/см}^2$.

Что касается пределов прочности льда на смятие и срез, которые играют менее важную роль при разрушении ледяного покрова судном, то можно принять следующие значения для пресноводного льда: предел прочности на смятие – $12,5 \dots 30 \text{ кГ/см}^2$; предел прочности на срез – $1,5 \dots 6,0 \text{ кГ/см}^2$.

Известно, что материалы при температуре, близкой к их точкам плавления, в той или иной мере обладают пластичностью. Натурный лед как твердое тело в этом отношении не является исключением. опыты показывают, что характер деформирования льда в значительной степени зависит от времени действия нагрузки. При длительном воздействии нагрузки появляется пластичность, которая может выражаться как в виде ползучести (увеличение деформации во времени при постоянной нагрузке), так и в виде релаксации (уменьшение прочности во времени при постоянной деформации).

Упругие свойства льда обычно характеризуются модулем упругости E , который для материалов, подчиняющихся закону Гука, является коэффициентом пропорциональности между деформацией и напряжениями. Опытные данные показывают, что значение этой характеристики, зависящей от структурного строения льда и температуры, изменяется в довольно широких пределах. Тем не менее, для практических целей, связанных с движением судна во льдах, рекомендуется использовать следующие значения модуля упругости:

- для пресного льда от $35\ 000$ до $62\ 000 \text{ кГ/см}^2$;
- для зимнего, соленого льда – $30\ 000 \text{ кГ/см}^2$.

Внешнее трение льда является одним из важнейших факторов, обуславливающих процесс движения судна во льдах. В особенности это относится к плаванию судна в битых льдах, так как в этих условиях роль сил трения особенно велика. По современным представлениям трение льда – это трение с самосмазкой, возникающей в результате плавления льда. Причиной плавления является тепло, мгновенно возникающее в местах истинного (фактического) контакта, имеющего дискретный характер. Знание закономерностей трения льда имеет большое значение для моделирования движения судна во льдах. Рекомендуемое среднее расчетное значение коэффициента динамического трения льда о судовую сталь и льда по льду может быть принято равным $f_T = 0,08 \dots 0,13$.

Для нашей конкретной задачи интерес представляют: факт блочного строения льда; то, что ледяной покров под нагрузкой работает как единое целое, а также значения предела прочности на изгиб σ_p , значения модуля упругости E и значения коэффициента динамического трения льда по льду f_T .

Разрушение льда ледоколом

Ледокол классического типа разрушает лёд форштевнем, носовой частью и бортами. При встрече ледокола с полем форштевень ударяется о лед и носовая часть суд-

на налезает на ледяной покров, который не разрушается изгибом, а «прорезается» форштевнем. По мере продвижения судна вперед, во время которого его дифферент увеличивается на корму, в контакт со льдом вступают борта ледокола, разрушающие лед изгибом на отдельные секторы, располагающиеся в один, два и более рядов вдоль каждого борта. Неодновременность ломки льда различными участками бортов, а также отсутствие разрушения льда впереди форштевня приводит к тому, что в процессе движения носовая часть судна не опускается до первоначального положения. Таким образом, ледокол, преодолевая ровный сплошной лед, движется с практически постоянным дифферентом на корму, приобретенным в начальный период при налезании форштевня на лед. Величина этого дифферента, как показывают наблюдения, зависит от толщины и прочности льда, формы обводов корпуса и скорости. Имеют место лишь сравнительно небольшие изменения посадки, обусловленные разрушением ледяного покрова отдельными участками бортов, а также небольшое рыскание и изменение крена, связанные с неодновременностью ломки льда и левым и правым бортами.

Форштевень судна в процессе движения образует во льду прорезь. Снеговой покров и частично верхний слой льда оказываются выдавленными из этой прорези на ледяной покров и образуют снежный валок. Изгибные трещины впереди форштевня отсутствуют. Наблюдения показывают, что величина зоны прорезания льда форштевнем зависит от физико-механических качеств льда, скорости движения ледокола и формы носовой оконечности корпуса. Иной характер носит разрушение льда бортами ледокола (рисунок 2). Первоначально в районе контакта борта со льдом происходит местное смятие верхней кромки льда, которое продолжается вплоть до момента разрушения льда изгибом. Размеры указанных зон смятия кромки зависят от толщины, прочности льда, формы обводов корпуса и скорости движения судна.

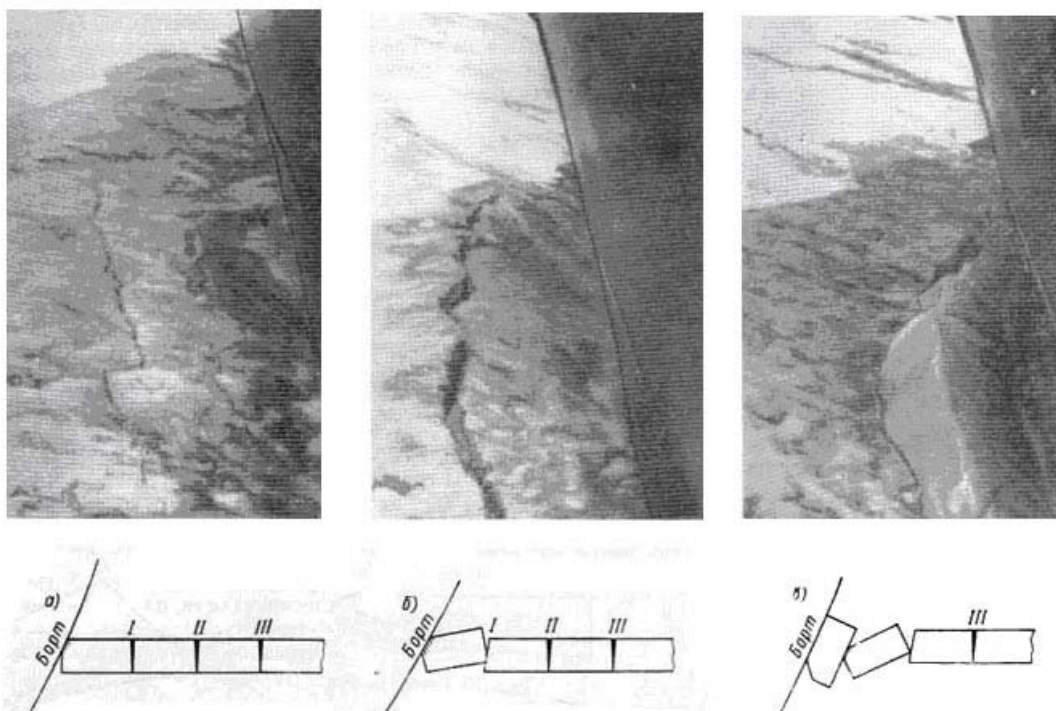


Рисунок 2. Разрушение льда бортом ледокола: а – образование трещин; б – начало притапливания льдины; в – поворачивание льдины на ребро

Момент разрушения льда изгибом характеризуется появлением одной, двух и более концентрических трещин, образующихся в результате растяжения верхних слоев льда. Обычно окончательный облом льда происходит по ближайшей к борту трещине, в то время как трещины II и III закрываются. Прилегающая к корпусу льдина притапливается. Если ширина зоны разрушенного льда в этом месте недостаточна для прохождения корпуса ледокола, то происходит притапливание льдины, расположенной между трещинами I и II, и

так далее. Число рядов секторов, выламываемых каждым бортом от форштевня до кромки неразрушенного ледяного покрова, а также абсолютные размеры этих секторов в основном зависят от толщины льда, скорости движения ледокола и его ширины. Отношение длины сектора к его ширине во всех случаях довольно стабильно и равно 3 – 5. При сравнительно небольших скоростях движения и предельных толщинах льда обычно наблюдается «однорядная» (рисунок 3), редко «двухрядная» ломка бортами. Длина секторов, выламываемых бортами ледокола при однорядной ломке, может достигать 50 – 80 м, при ширине 20 м.

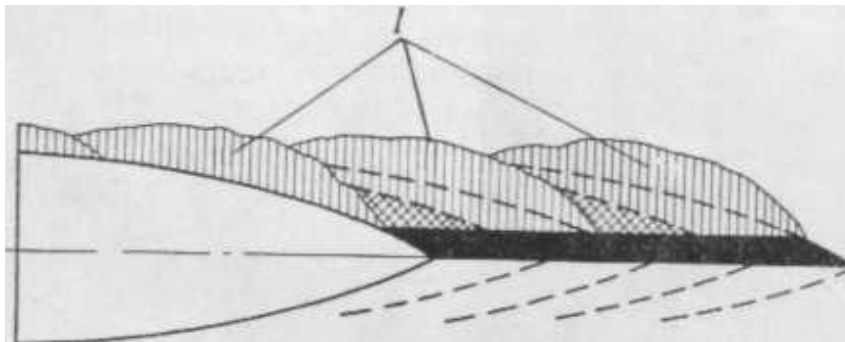
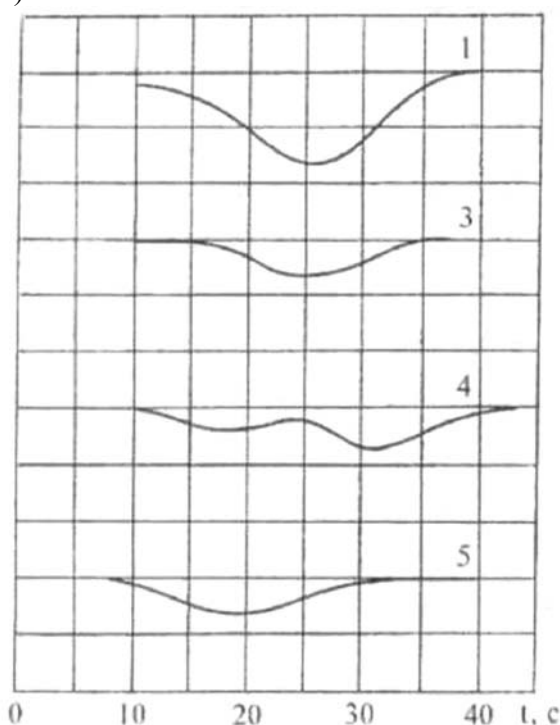


Рисунок 3. Схема однорядной ломки льда

При применении СВП-ледоколов реализуется другой механизм разрушения льда. Начнём рассматривать этот механизм немного издалека. Очевидно, что если на лёд действует некоторая нагрузка (автомашина, вертолёт, СВП и так далее), то он прогнётся. Если же эта нагрузка будет двигаться, то по льду будут расходиться волны. Естественно, что эти волны могут вызывать разрушение льда. Причём чем «острее» профиль этих волн (больше амплитуда или меньше длина волны), тем вероятность разрушения льда выше. Оказалось, что «острота» профиля максимальна при достижении скорости перемещения нагрузки (v) некоторого критического значения (v_p) – резонансной скорости (рисунок 4) /1/.

а)



б)

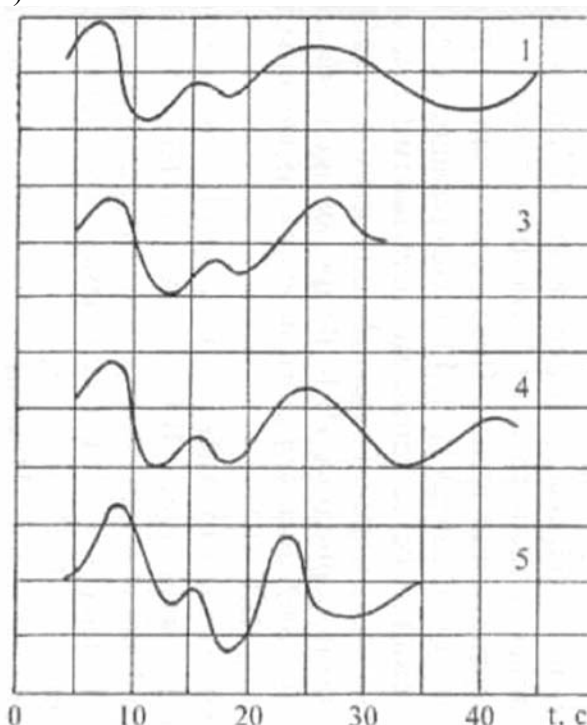


Рисунок 4. Прогибы ледяного покрова в зависимости от скорости: а – $v < v_p$; б – $v > v_p$

Кроме того, если во льду есть полыньи (майны), то начинает проявляться эффект «щелкающего хлыста» и лёд разрушается ещё легче.

Ледовые опытовые бассейны (краткая характеристика)

Первый и единственный опытовый бассейн для испытаний моделей судов во льдах был построен в 1955 г. в научно-исследовательском институте Арктики и Антарктики /2/. Этот бассейн (точнее лаборатория для испытаний моделей судов во льдах) состоит из охлаждаемого помещения, в котором расположена чаша бассейна; машинного зала с аммиачной холодильной установкой и двух вспомогательных помещений для приборов, устройств и приспособлений, обеспечивающих проведение модельных испытаний.

Чаша бассейна выполнена в виде канала прямоугольного сечения со следующими размерами (в метрах):

длина по зеркалу воды	13,4;
ширина	1,85;
высота от днища до уровня борта	1,95;
возвышение борта над уровнем пола	1,1;
объем при наибольшем уровне наполнения 1,7 м.	42 м ³ .

Чаша бассейна представляла собой двухслойную железобетонную конструкцию. Водонепроницаемость обеспечивалась специальной гидроизоляцией. Бассейн наполнялся водой через донный кингстон.

Помещение, в котором расположена чаша бассейна, охлаждалось с помощью рассольных батарей с поверхностью охлаждения 340 м². Холодильная установка позволяла довести температуру воздуха в помещении бассейна до -17°C и поддерживать ее длительное время. Суммарная холодопроизводительность установки 140 000 ккал/ч.



Рисунок 5. Общий вид ледового опытового бассейна

Общий вид бассейна показан на рисунке 5. В диаметральной плоскости чаши бассейна расположено устройство для буксировки модели (рисунок 5). На колеса 1 и 13, установленные на противоположных концах бассейна, надет бесконечный трос. В его нижнюю ветвь включена запряжка модели. С ведущим колесом жестко связан барабан, на котором уложен трос рабочего груза. Рабочий груз, приводящий в движение модель, подвешивается к подвижному ролику полиспаста. К бесконечному тросу, в целях исключения его проскальзывания по ободу колеса, приложено усилие, создаваемое натяжным устройством. Колесо 13 подвешено шарнирно, и к его оси прикреплены пружинные динамометры и талрепы. Талрепы позволяют создать заданное постоянное натяжение, поскольку в процессе эксплуатации буксировочный трос вытягивался. Колеса 1 и 13 крепятся в специальных каретках, конструкция которых позволяет поднимать и опускать их на некоторое расстояние по отношению к уровню воды в бассейне. Это необходимо для того, чтобы при испытании моделей различных размеров не менять уровень воды в бассейне.

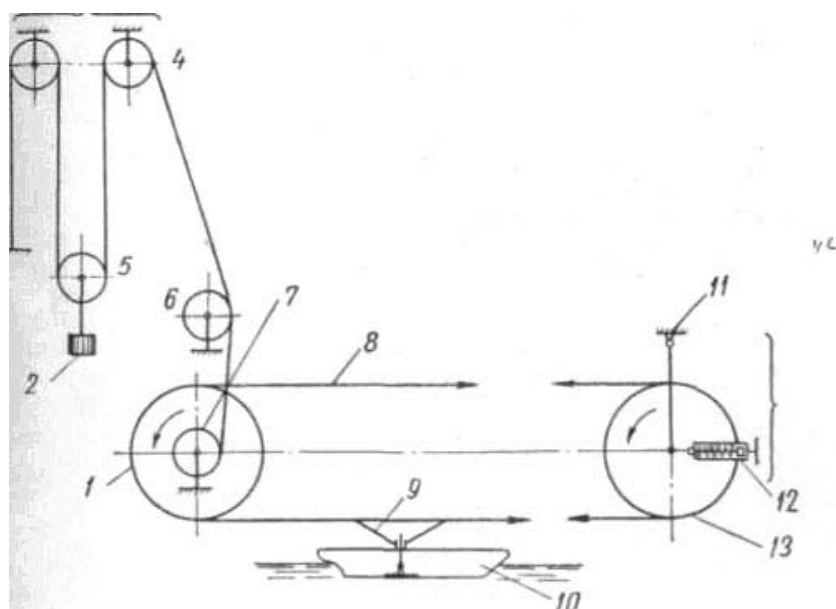


Рисунок 6. Схема устройства для буксировки модели:
 1, 13 — колеса; 2 — рабочий груз; 3 — полиспаст; 4, 6 — направляющие ролики; 5 — подвижный ролик полиспаста; 7 — барабан; 8 — бесконечный трос; 9 — запряжка модели; 10 — модель; 11 — шарнир подвески колеса; 12 — натяжное устройство и динамометр

Модель ледяного поля

Согласно теории моделирования, лабораторный лед, в котором проводятся испытания моделей судов, должен удовлетворять следующим условиям /1/:

- равенство коэффициентов трения природы и модели;
- равенство отношений $h_n/h_m = w_n/w_m = E_n/E_m = (\sigma_p)_n/(\sigma_p)_m = H_n/H_m = \lambda$, где индексы «н» и «м» указывают к чему относится соответствующий параметр к натурному льду или модели; h – толщина льда, w – прогиб льда, E – модуль Юнга, σ_p – предел прочности на изгиб, H – глубина водоёма; λ – масштаб моделирования.

Методика приготовления лабораторного льда в условиях ледового бассейна, помимо соблюдения указанных требований, должна обеспечить возможность многократного воспроизведения льда заданной толщины и физико-механических характеристик.

В ледовом бассейне применяется натуральный поликристаллический ослабленный лед. Ослабление прочности льда достигается внедрением в его кристаллическую решетку примесей и созданием значительных межкристаллических прослоек. Практически это достигается растворением в воде поваренной соли. Однородность льда и его поликристаллическое строение достигается внесением в верхний переохлажденный слой воды большого количества мелких частиц льда, которые являются центрами кристаллизации, поэтому рост льда начинается во всех точках ледяного покрова одновременно.

Перед приготовлением моделированного льда температуру воздуха в бассейне понижают до $-10\text{ }^\circ\text{C}$, а поверхность воды тщательно очищают от остатков битого льда и «сала», измеряют температуру воды в бассейне и при наличии температурных перепадов воду перемешивают. Затем над спокойным зеркалом воды распыляется 0,15...0,20 л воды. Частицы воды, переохлаждаясь в воздухе, превращаются в кристаллы льда и, попадая на водную поверхность, производят «зарядку ледяного поля» – дают начало кристаллообразованию.

Существуют и другие модели ледовых полей, для реализации которых не требуются низкие температуры.

Например, сплошной ледяной покров моделируют с помощью устройства, содержащего упругую пленку, располагающуюся на поверхности воды /1/.

В другой модели пластины положительной плавучести (например, из полиэтилена), размещаются в опытовом бассейне, причём эти пластины взаимодействуют между собой боковыми поверхностями, но не образуют сплошного «ледяного поля».

Все вышеперечисленные модели ледовых полей имеют существенные недостатки:

- изготовление лабораторного льда в ледовом бассейне требует чрезмерно больших затрат времени и ресурсов, в первую очередь энергетических;
- модель льда в виде упругой плёнки не позволяет промоделировать влияние полыней и трещин на работу СВП-ледоколов;
- модель льда в виде несплочённых пластин положительной плавучести не позволяет промоделировать основной механизм действия СВП-ледокола, то есть не позволяет промоделировать разрушения сплошного ледяного покрова.

Подводя итог, можно сказать, что ***целью изобретения является обеспечение моделирования разрушения сплошного ледяного покрова в неледовом опытовом бассейне.***

Желаемое системное свойство модели ледяного поля:

- не разрушаться (не разделяться на фрагменты), если воздействия на модель не превышают критическую величину (докритическое воздействие);
- разрушаться (разделяться на фрагменты), если воздействия на модель превышают критическую величину (сверхкритическое воздействие);
- не сплавиваться (не соединяться) самопроизвольно после снятия сверхкритического воздействия;
- сплавиваться (соединяться) после поступления внешнего командного воздействия.

Решение задачи по АРИЗ.

При решении задачи использовалось описание методики АРИЗ-85В, взятое из /3/.

1. Анализ задачи.

Шаг 1.1. Формулировка мини-задачи.

Техническая система для испытания моделей судов ледового плавания включает: взаимодействующие между собой боковыми поверхностями пластины положительной плавучести, модель судна, заполненный водой опытовый бассейн с системой буксировки модели судна, устройство сплачивания пластин положительной плавучести.

Комментарий.

1. В описании изобретательской ситуации были представлены три возможных варианта моделирования ледяного поля; имитация льда на уровне физического эффекта «жидкое-твёрдое вещество»; имитация ледяного поля гибкой плёнкой и имитация ледяного поля взаимодействующими между собой боковыми поверхностями пластины положительной плавучести. При формулировке мини-задачи выбор был сделан в пользу последней модели из трёх, представленных в описании изобретательской ситуации, по следующим причинам. Идеальность последней модели, на первый взгляд, выше, чем первой и второй, так как первая модель требует значительных энергетических ресурсов, а также тщательной очистки зеркала воды от остатков разрушенного ледяного поля; вторая модель не позволяет моделировать разрушение ледяного поля. Кроме того, в описании характеристик льда отмечалось его блочное строение, которое прекрасно моделируется в последней модели.

ТП-1. Если сплочённые пластины положительной плавучести хорошо (с достаточным усилием) сопротивляются **воздействию, вызванному моделью судна**, существенно повышается сложность устройства сплачивания пластин положительной плавучести.

Комментарий.

2. При формулировке этого противоречия слова, выделенные курсивом, могли быть представлены и в следующей редакции «... воздействию модели судна...», но в этом случае речь могла идти только об испытании моделей классических ледоколов, которые непосредственно воздействуют на лёд. При испытании же СВП-ледоколов на лёд (его отдельные фрагменты) воздействует как сам ледокол, так и волны, распространяющиеся в воде и во льду (это разные волны), вызванные движением модели СВП-ледокола.

ТП-2. Если сплочённые пластины положительной плавучести плохо (с недостаточным усилием) сопротивляются **воздействию, вызванному моделью судна**, устройство сплачивания пластин положительной плавучести реализуется просто.

Комментарий.

3. В ситуации, описанной вторым противоречием, пластины вообще не сплачиваются, поэтому-то они и плохо сопротивляются. Соответственно по этой же причине и просто реализуется устройство сплачивания, оно просто-напросто вообще отсутствует.
4. В формулировке технического противоречия поясняется, что понимается в данном случае под «хорошо» (с достаточным усилием) и «плохо» (с недостаточным усилием).

5. При описании изобретательской ситуации описывались все известные на то время модели ледового поля, предназначенные для испытания ледоколов. Среди этих моделей не было моделей, состоящих из пластин с магнитными элементами по периметру, поэтому при разборе задачи они не рассматривались.
6. Второе противоречие имеет место в «...модели льда с пластинами положительной плавучести (например, из полиэтилена), размещаются в опытовом бассейне, причём эти пластины взаимодействуют между собой боковыми поверхностями, но не образуют сплошного «ледяного поля»...» (цитата из описания изобретательской ситуации). То есть в этой модели пластины просто плавают в воде, поэтому-то они и плохо сопротивляются воздействию модели судна, но их никак не сплачивают, поэтому и простое (отсутствующее) устройство сплачивания. Именно эта модель используется как прототип.

Шаг 1.2. Выявление конфликтующей пары.

Изделия: модель судна (МС), устройство сплачивания пластин положительной плавучести (УС).

Инструмент: пластины положительной плавучести (Пл), в дальнейшем просто пластины.

Комментарий.

7. Реально, если рассматривать известные на момент изобретения модели ледяного поля, устройство сплачивания это некоторый абстрактный элемент. Для первой модели ледяного поля (ледяное поле из натурального льда) устройством сплачивания выступает холодильная установка. Для второй (гибкая плёнка) моделей устройство сплачивания отсутствует, так как во второй модели ничего не разрушается. Для третьей (полиэтиленовые пластины) моделей устройство сплачивания тоже отсутствует. Но так как именно третья модель взята за прототип, то мы добавляем устройство сплачивания, которое должно осуществлять соединение полиэтиленовых пластин боковыми поверхностями. Реализация устройства зависит от того, как будут изменены боковые поверхности пластин. Например, если на боковые поверхности прикрепить ленты «липучки» (крючки и петли), устройство сплачивания должно будет развернуть пластины так, чтобы они соприкасались разнородными элементами (крючки с петлями, а не крючки с крючками или петли с петлями), затем сдавить пластины между собой, чтобы ленты «липучки» вошли в зацепление.
8. В этой задаче есть определённые сложности в выявлении инструмента и изделия.
С одной стороны, модель судна и устройство сплачивания действуют на пластины положительной плавучести. Модель судна (МС) действует, чтобы разъединить пластины, а устройство сплачивания (УС), чтобы, наоборот, их соединить. То есть можно предположить, что МС и УС – это инструменты, но тогда по логике АРИЗ-85В их и следует менять для решения задачи (инструменты легче меняются, чем изделия). Но нам-то по условию задачи нужно создать модель ледяного поля, то есть изменениям должны подвергаться именно пластины положительной плавучести. С другой стороны, пластины положительной плавучести сопротивляются действию модели судна к разъединению пластин и подчиняются действию устройства сплачивания, то есть являются инструментом, обрабатываемым МС и УС.

Взаимодействие конфликтующей пары. Пластины положительной плавучести (Пл) должны сильно сопротивляться воздействиям, вызванным моделью судна (МС) и должны слабо сопротивляться воздействиям, вызванным моделью судна (МС).

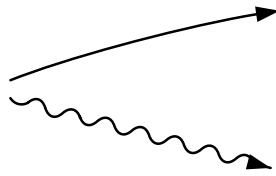
Комментарий.

9. В этом пункте мы практически вышли уже к физическому противоречию: пластины должны и сильно и слабо сопротивляться воздействиям, вызванным моделью судна.

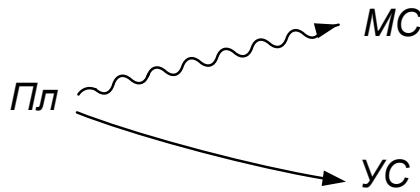
10. В АРИЗ-85В нет явных указаний, что необходимо описывать взаимодействия в конфликтующей паре, нужно только выявить конфликтующую пару, хотя в некоторых материалах такое и встречается /4/. В данном случае выявление взаимодействий в конфликтующей паре позволило выйти на физическое противоречие на несколько шагов раньше.

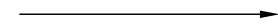

Шаг 1.3. Графическая схема ТП-1 и ТП-2.

Графическая схема ТП-1.



Графическая схема ТП-2.



где  — полезное взаимодействие;
 — вредное взаимодействие.

Шаг 1.4. Выбор технического противоречия.

В качестве основного выбираем ТП-1 (если сплочённые пластины положительной плавучести хорошо (с достаточным усилием) сопротивляются воздействию, вызванному моделью судна, существенно повышается сложность устройства сплачивания пластин положительной плавучести.)

Критерием выбора является соответствие действий, представленных в ТП-1, основному производственному процессу.

Комментарий.

11. Основной производственный процесс **Пл** заключается в исследовании возможности модели судна разрушать (разъединять) сплочённые пластины положительной плавучести, то есть на моделировании упругого сопротивления и разрушения сплочённых пластин под воздействием модели судна.

Шаг 1.5. Усиление конфликта.

Пластины САМИ соединяются (сплачиваются), чтобы сопротивляться воздействию, вызванному моделью судна, и САМИ не соединяются (не сплачиваются) друг с другом после разъединения, без использования устройства сплачивания.

Комментарий.

12. В качестве основы для такой формулировки были использована формулировка пункта 1.5 на 330 страницы книги Альтшуллер Г.С. и др. Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач), Кишинёв: Картя Молдовеняска, 1989, 383 с. и статьи Г.Северинец «Незаметные нюансы – заметной задачи», http://www.trizland.ru/nezamet_o_shalke.pdf. В статье Г.Северинец, в частности приводится такая последовательность формулировок (стр.4).

«Шаг 1.4. Выбор ТП

Выбрать из двух схем конфликта (ТП-1 и ТП-2) ту, которая обеспечивает наилучшее осуществление главного производственного процесса (основной функции технической системы, указанной в условиях задачи).

Главная цель системы ШЛАКОВОЗ - перевезти жидкий шлак быстро и без потерь.

Выбираем ТП-1:

ТП 1:если слой (горячего) воздуха возле поверхности расплавленного шлака неподвижен (воздух хороший теплоизолятор), то не образуется твердой, толстой корки застывшего шлака, но удерживать (горячий) воздух неподвижным у поверхности очень трудно, нужно специальное устройство.

Шаг 1.5. Усиление ТП

***САМ Воздух** (выделено мною ВБ) у поверхности остается все время неподвижным с момента заливания шлака в ковш, до момента слива шлака из ковша, без применения дополнительных устройств. При этом шлак не образует твердой, толстой корки».*

Шаг 1.6. Модель задачи.

Даны отсутствующее сплавляющее устройство и пластины положительной плавучести.

Пластины САМИ соединяются (сплавляются), чтобы сопротивляться воздействию, вызванному моделью судна, и САМИ не соединяются (не сплавляются) друг с другом после разъединения.

Комментарий.

13. Здесь также за основу бралась статья Г.Северинец стр.5.

Шаг 1.6. Модель задачи

Записать формулировку модели задачи, указав:

1. конфликтующую пару;
2. усиленную формулировку конфликта;
3. что должен сделать вводимый для решения задачи икс-элемент (что он должен сохранить и что должен устранить, улучшить, обеспечить и т.д.)

Даны расплавленный шлак и неподвижный воздух.

САМ Воздух у поверхности остается все время неподвижным с момента заливания шлака в ковш, до момента слива шлака из ковша, без применения дополнительных устройств. На шлаке не образует твердой, толстой корки.

Необходимо найти такой икс-элемент, который, сохраняя способность «воздуха быть неподвижным» не замедляя при этом слив шлака, и предотвращая образование твердой, толстой корки на поверхности шлака.

Необходимо найти такой X-элемент, который обеспечивал бы соединение пластин между собой, для создания сопротивления воздействию, вызванному моделью судна (соединял бы пластины) и не обеспечивал бы соединение пластин.

Комментарий.

14. Если у нас будет отсутствовать сплавляющее устройство, то пластины после разъединения сплавляться не будут, поэтому необходим X-элемент, который взял бы на себя функции сплавляющего устройства.

Уточненное техническое противоречие ТП-1.

Если пластины хорошо сплавляются друг с другом, то они хорошо сопротивляются докритическому воздействию, вызванному моделью судна, но недопустимо сильно сопротивляются после снятия сверхкритического воздействия.

Комментарий.

15. Формулировка технического противоречия значительно меняется, соответственно меняются конфликтующая пара и графическое изображение противоречия. В соответствии с АРИЗ-85В необходимо «...вернуться к 1.1 и проверить логику построения модели задачи...».

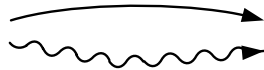
Уточненная конфликтующая пара.

При данной формулировке технического противоречия остаются только пластины положительной плавучести, которые взаимодействуют между собой. Тогда можно одну из них определить как инструмент (Пл1), а вторую как изделие (Пл2).

Комментарий.

16. В этом случае одни пластины (или стороны пластин) остаются неизменными, а другие подвергаются изменениям.

Уточненная графическая схема ТП-1.



Возможна и другая трактовка конфликтующей пары. Изделием является поле взаимодействия между пластинами, а инструментом сами пластины.

Второе уточнение формулировки технического противоречия ТП-1. Если пластины хорошо взаимодействуют со сплавляемым полем (хорошо сплавляются друг с другом), то они хорошо сопротивляются докритическому воздействию, вызванному моделью судна, но недопустимо сильно сопротивляются после снятия сверхкритического воздействия.

Комментарий.

17. Комментарии к слову «сопротивляются». Здесь надо немного вернуться к описанию изобретательской ситуации, а именно к описанию того, как происходит разрушение льда под действием судна на воздушной подушке (СВП). СВП создаёт во льду изгибно-гравитационные волны, за счёт которых происходит его (льда естественно) разрушение. Волны (не только изгибно-гравитационные, но и те из-за которых появляются изгибно-гравитационные) распространяются и в толще льда и в толще воды и если модельный лёд после разрушения самопроизвольно сплавляется, то характер распространения волн отличается от требуемого. Такое изменение характера распространения волн нарушает адекватность модели льда.

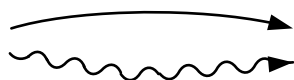
Методика разрушения СВП льда следующая. СВП проходит надо льдом с резонансной скоростью, при этом образуется полоса разрушенного льда (иногда СВП приходится проходить над одним и тем же местом несколько раз). После того как во льду образовались первые трещины, СВП проходит рядом с полосой трещин, увеличивая её ширину и количество.

Этот процесс повторяется до тех пор, пока не образуется необходимая площадь разрушенного льда или размеры фрагментов льда не уменьшатся до требуемой величины. Воздействия на лёд, вызывающие его разрушение были названы сверхкритическими. Но кроме сверхкритических воздействий есть и докритические воздействия. Эти, вторые, воздействия присутствуют по границам изгибно-гравитационных волн.

Таким образом, самосплатившийся лёд недопустимо сильно сопротивляется этим докритическим воздействиям. Если пластины самопроизвольно соединяются после снятия сверхкритического воздействия, то они недопустимо сильно сопротивляются тоже разъединению. То есть речь идёт только о сопротивлении разъединению.

Если пластины самопроизвольно соединяются после снятия сверхкритического воздействия, то они недопустимо сильно сопротивляются тоже разъединению. То есть речь идёт только о сопротивлении разъединению.

Второе уточнение графической схемы ТП-1.



В качестве рабочей выбираем последнюю уточнённую формулировку технического противоречия.

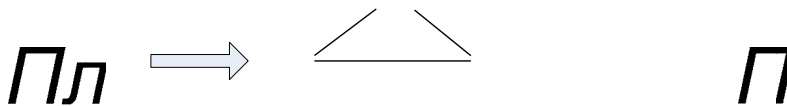
Комментарий.

18. В последней формулировке мы возвращаемся к однородности пластин, что соответствует первоначальной формулировке мини-задачи.

Шаг 1.7. Применение стандартов.

Предварительный анализ показывает, что для решения задачи могут быть использованы стандарты класса 1. «Построение и разрушение вепольных систем»/3/. В частности, так как мы перешли к рассмотрению двух пластин (первое уточнение технического противоречия), то их можно интерпретировать как два вещества (Пл1 и Пл2), но между ними отсутствует связь, которая будет удерживать пластины в сплочённом состоянии, то есть отсутствует поле взаимодействия, следовательно, для данной задачи можно использовать стандарт 1.1.1.

Стандарт 1.1.1. Если дан объект, плохо поддающийся нужным изменениям, и условие задачи не содержит ограничений на введение веществ и полей, задачу решают синтезом веполя, вводя недостающие элементы.



Так как ограничений на вводимые поля нет, то можно ввести:

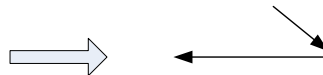
- механическое поле – крючочки и петельки типа «липучки»;
- тепловое поле – использование специального покрытия на боковых поверхностях пластин, которое при охлаждении преобразуется из жидкого в твёрдое состояние;
- химическое поле – использование многоцветного клея;
- электрическое поле – силы электростатического притяжения (наэлектризовать пластины разноименными зарядами, при таком решении вода не должна быть проводящей, непроводящей является вода без примесей – дистиллированная вода);
- магнитное поле – силы магнитного притяжения (постоянные магниты, электромагниты, магнит и железо, никель или кобальт).

Однако все эти поля, кроме электростатического требуют модификации пластин, но рассмотренные варианты можно использовать в дальнейшем на этапе мобилизации вещественно-полевых ресурсов (ВПР).

Комментарий.

19. При переборе вводимых полей использовался оператор полей МАТХЭМ (механические, акустические, тепловые, химические, электрические и магнитные поля). Акустическое – единственное поле, которое не помогает в решении задачи.

В связи с изменением, что изделием является поле взаимодействия между пластинами (второе уточнение технического противоречия), то можно использовать тот же стандарт, но меняется подстандарт:



В этом случае одновременно с перебором полей необходимо вводить второе вещество, хорошо взаимодействующее с полем. Фактически в представленных выше вариантах перебора полей, почти во всех случаях (кроме электростатического поля) к пластинам что-нибудь добавлялось.

2. Анализ модели задачи

Шаг 2.1. Оперативная зона.

Оперативная зона (ОЗ) – боковые поверхности соприкасающихся пластин, а также зоны пластин, непосредственно примыкающие к этим поверхностям. (Рисунок 7).

Комментарий.

20. В примечание к 2.1 АРИЗ (примечание 18) указывается, что «... в простейшем случае оперативная зона – это пространство, в пределах которого возникает конфликт, указанный в модели задачи...». Конфликт заключается в том, что пластины самопроизвольно соединяются (сплачиваются). Это самопроизвольное соединение происходит за счёт взаимодействия боковых поверхностей пластин, при действии механического поля или за счёт взаимодействия зон пластин, непосредственно примыкающие к этим поверхностям, при действии электростатического или магнитного полей.

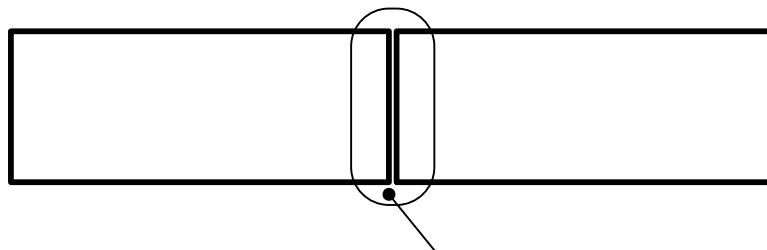


Рисунок 7. Эскиз модели задачи

Шаг 2.2. Оперативное время (ОВ).

Выражение для оперативного времени будет выглядеть следующим образом:

$$ОВ = T1 + T2,$$

где T1 (конфликтное время) – время после снятия сверхкритического воздействия (пластины разъединены);

$$T_2 = T_2' + T_2''$$

T_2' – время докритического воздействия (пластины сплочены);

T_2'' – время критического воздействия (пластины в процессе разъединения);

Шаг 2.3. Вещественно-полевые ресурсы (ВПР)

Внутрисистемные ВПР:

Инструмент – пластины положительной плавучести.

Вещественные – вещество пластин (полиэтилен, лавсан, нейлон и так далее).

Полевые – поля взаимодействия пластин: механическое, тепловое, химическое (адгезия), электростатическое, магнитное.

Пространственные – пространство внутри пластин.

Информационные – звук соударяющихся пластин (или отсутствие звука, пластины не соударяются).

Изделие – модель судна, устройство сплачивания.

Полевые – механическое поле, акустическое, тепловое, электростатическое, магнитное.

Внешнесистемные ВПР:

Вещественные – воздух над зеркалом воды, вода в бассейне;

Полевые – гравитационное поле, тепловое поле, механическое поле - волны в воде, акустическое поле - звук в воздухе и в воде.

Надсистемные ВПР:

Стенки и дно бассейна.

Устройство буксировки модели.

3. Определение ИКР и ФП

Шаг 3.1. Формулировка ИКР-1

X-элемент абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, обеспечивает в ОЗ хорошую сплачиваемость пластин после снятия воздействий, вызванных моделью судна, хорошо сохраняя сопротивляемость сплочённых пластин докритическим воздействиям и слабую сопротивляемость после снятия сверхкритических воздействий.

Комментарий.

21. В этой формулировке время до и после конфликта представлено как время «..после снятия воздействий, вызванных моделью судна...». Сам факт снятия воздействий может быть представлен некоторым командным воздействием.

Шаг 3.2. Усиленный ИКР-1

Отсутствующий X-элемент абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений обеспечивает в ОЗ хорошую сплачиваемость пластин после снятия воздействий, вызванных моделью судна, сохраняя хорошо сопротивляемость докритическим воздействиям и слабую сопротивляемость после снятия сверх-критических воздействий.

Шаг 3.3. ФП на макроуровне

В ОЗ в течение ОВ боковые поверхности пластин должны сильно притягиваться друг к другу и не должны притягиваться друг к другу. Сила притяжения между пластинами должна быть и её не должно быть.

Шаг 3.4. ФП на микроуровне

В ОЗ в течение ОВ в боковых поверхностях пластин должны быть частицы вещества, которые сильно притягиваются друг к другу и не должно быть частиц вещества, которые притягивались бы друг к другу.

Представим возможный вариант решения (решение 1 /5/).

В качестве частиц вещества используем магниты, которые будут сильно притягиваться друг к другу. После разъединения магниты не должны притягиваться, например, отодвинуться от боковых поверхностей пластин. Пример реализации такого решения представлен на рисунке 8.

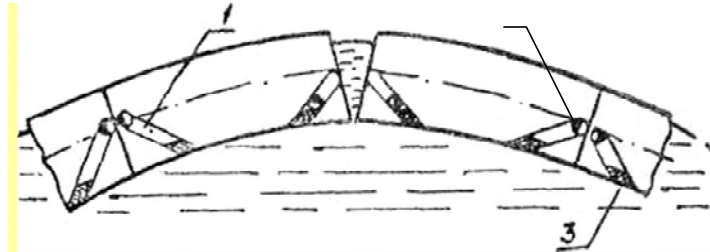


Рисунок 8. Эскиз модели ледяного поля: 1 – глухие цилиндрические каналы; 2 – постоянные шаровидные магниты; 3 – пробки

Устройство содержит пластины положительной плавучести с необходимыми физико-механическими свойствами, которые размещены в опытовом бассейне. В пластинах выполнены наклонные глухие цилиндрические каналы (1), в которых размещены постоянные шаровидные магниты (2). Каналы (1) закрыты пробками (3). Пластины при помощи магнитов (2) соединены между собой и моделируют сплошной ледяной покров. Наклонные каналы необходимы, чтобы магниты после разъединения скатились бы по ним и не притягивали бы пластины.

Шаг 3.5. Формулировка ИКР 2.

В ОЗ в течение ОВ должно само обеспечиваться присутствие и отсутствие частиц вещества, которые притягивались бы друг к другу.

4. Мобилизация и применение вещественно полевых ресурсов

Шаг 4.1. Применение метода «маленьких человечков» (ММЧ).

Представим маленькими человечками модель прототипа (рисунок 9), пластины между собой не соединяются.

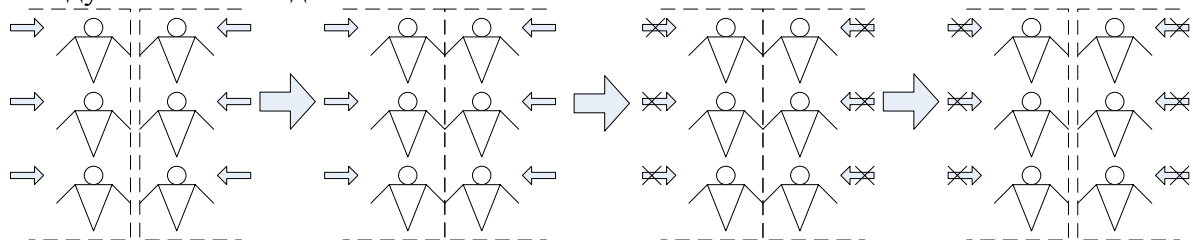


Рисунок 9. Модель прототипа

«Мальчиками» моделируются частицы боковых поверхностей пластин. Внешним усилием «мальчиков» свели вместе, но как только внешнее усилие сняли, «мальчики» сразу отодвинулись друг от друга.

Второй вариант пластины после разъединения снова самопроизвольно соединяются (рисунок 10).

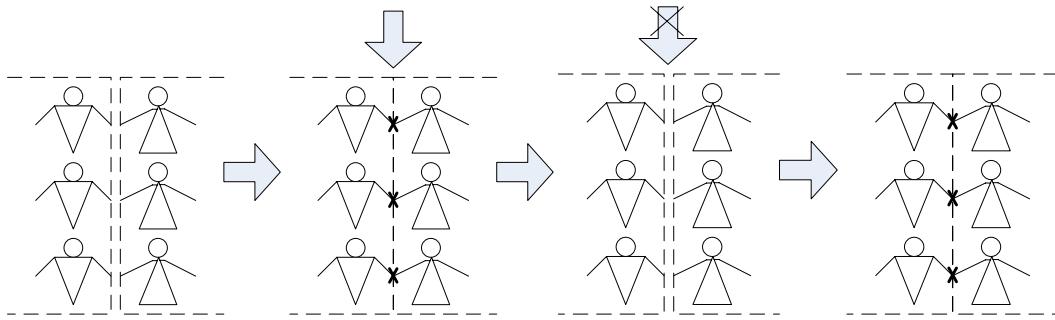


Рисунок 10. Модель постоянно соединяющихся пластин

Боковые поверхности пластин моделируются «мальчиками» и «девочками». «Мальчики» и «девочки» САМИ притягиваются друг к другу (нет необходимости в устройстве сплачивания), они хорошо сопротивляются внешнему воздействию, но после снятия сверхкритического воздействия снова сами соединяются, что недопустимо.

Возможные варианты решений на уровне маленьких человечков.
Первый вариант решения (рисунок 11).

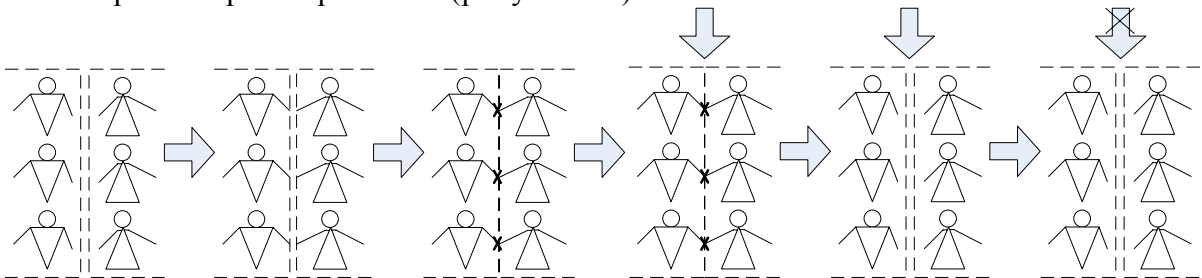


Рисунок 11. Первый вариант решения

У «мальчиков» и «девочек» ближайшая к краю пластины рука опущена. По команде они поднимают руки, хватаются ими друг за друга и подтягивают пластины друг к другу. Сверхкритическое внешнее воздействие заставляет разжать руки, и руки у них опускаются. После снятия воздействия, так как руки опущены, то они не могут схватиться друг за друга, и ждут команды «руки поднять».

Пример технической реализации (решение 1). В толщу пластин в наклонные вниз каналы помещают магниты, развёрнутые друг к другу противоположными полюсами. Каналы закрыты со стороны боковых поверхностей пластин. В исходном состоянии магниты находятся в нижней части каналов и их силы притяжения недостаточно, чтобы удерживать пластины сплочёнными. Внешним магнитным полем магниты подтягивают вверх, при этом они сближаются и притягиваются друг к другу. После снятия внешнего магнитного поля магниты остаются притянутыми друг к другу. Когда под действием сил, вызванных моделью судна, пластины разойдутся, магниты под действием силы тяжести переместятся по каналам вниз и в стороны и уже не будут притягивать пластины.

Второй вариант решения (рисунок 12). *Руки поднять*

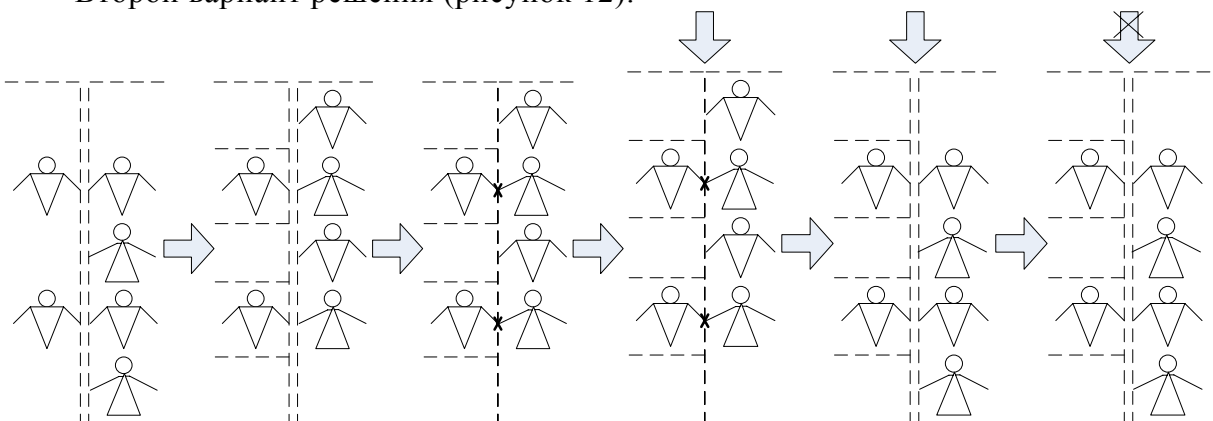


Рисунок 12. Второй вариант решения

На одной пластине, например, левой, «мальчики» располагаются не на каждом уровне, а через один. На другой пластине слой «мальчиков» и слой «девочек» чередуется, причём в исходном состоянии «мальчики» в одной и другой пластинах находятся напротив друг друга и пластины не притягиваются. По команде «подпрыгнуть» «мальчики» и «девочки» правой пластины подпрыгивают вверх («мальчики» левой пластины подпрыгнуть не могут из-за ограничителей сверху и снизу). «Девочки» правой пластины оказываются напротив «мальчиков» левой пластины, они хватаются друг за друга и притягиваются, увлекая за собой пластины. Сверхкритическое внешнее воздействие заставляет разжать руки, «мальчики» и «девочки» правой пластины опускаются. После снятия воздействия, так как «девочки» правой пластины уже не стоят напротив «мальчиков» левой пластины, то они не могут схватиться друг за друга, и ждут команды «подпрыгнуть».

Пример технической реализации (решение 2). В толще «левых» пластин рядом с боковыми поверхностями устанавливаются постоянные магниты. В полостях, расположенных в толще «правых» пластин – частицы (например, шарики или опилки) магнитомягкого материала (например, железа), причём эти частицы могут перемещаться в этих полостях на небольшое расстояние вверх, так, чтобы располагаться напротив магнитов левой пластины. Под действием вибрации частицы магнитомягкого материала начинают подпрыгивать, замыкают магнитное поле магнитов «левой» пластины и ими же притягиваются. Когда под действием сил, вызванных моделью судна, пластины разойдутся, частицы магнитомягкого материала под действием силы тяжести опустятся вниз, перестанут находиться напротив магнитов «левой» пластины и уже не будут притягивать пластины. Примечание: так как магнитомягкий материал это обязательно и ферромагнитный материал, то в дальнейшем эти прилагательные будут использоваться как синонимы.

Комментарий.

22. *Разделение пластин на правые и левые чисто условное, поясняющее, что пластины имеют по разному наполненные боковые стороны.*

Третий вариант решения (рисунок 13).

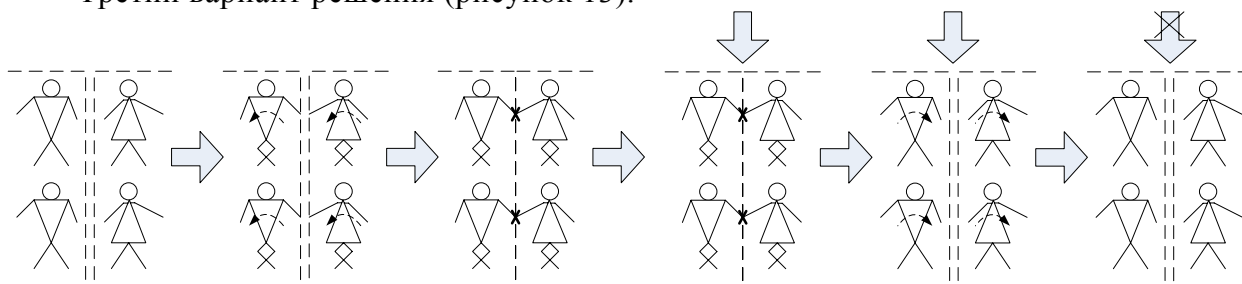


Рисунок 13. Третий вариант решения

У «мальчиков» и «девочек» ближайшая к краю пластины рука опущена, а противоположные подняты. По команде «развернуться» они поворачивают туловище и руки на 180° , ступни ног при этом у них остаются на месте, а ноги закручиваются. Руки, ближайшие к пластинам, становятся поднятыми, они хватаются ими друг за друга и подтягивают пластины друг к другу. Сверхкритическое внешнее воздействие заставляет разжать руки, и туловище с руками и ногами поворачиваются обратно на 180° . После снятия воздействия, так как руки, ближайшие к краю пластин, опущены, то «мальчики» и «девочки» не могут схватиться друг за друга, и ждут команды «развернуться».

В дальнейшем будем прорабатывать только первый и второй вариант решения, как они наиболее эффективные.

Комментарий.

23. *Первый и второй варианты решения являются более предпочтительными, так как в них используется ресурсное поле силы тяжести. В первом*

решении под действием силы тяжести у «мальчиков» и «девочек» опускаются руки, а во втором – опускаются сами «мальчики» и «девочки».

Шаг 4.2. Шаг назад от ИКР.

В условии задачи готового решения нет, поэтому этот шаг не даёт никаких дополнительных решений.

Шаг 4.3. Определить, решается ли задача применением смеси ресурсных веществ.

В условии задачи есть вещества, которые можно было бы наэлектризовать, причём одни пластины положительными зарядами, а другие отрицательными. В этом случае пластины начали бы притягиваться, но по условиям задачи пластины находятся на поверхности воды и заряды с пластин будут стекать в воду.

Справка: непроводящей является только дистиллированная вода. Использовать в опытовом бассейне дистиллированную воду недопустимо дорого.

С другой стороны, в условии задачи отсутствуют вещества с магнитными свойствами, которые могли бы дистанционно притягиваться друг к другу, поэтому этот шаг не даёт никаких дополнительных решений.

Шаг 4.4. Определить, решается ли задача заменой имеющихся ресурсных веществ пустотой или применением смеси ресурсных веществ с «пустотой».

Использование пустоты, то есть отсутствие электростатического поля (см. шаг 4.3) не даёт никаких дополнительных решений.

Шаг 4.5. Определить, решается ли задача применением веществ, производных от ресурсных (или применением смеси этих производных веществ с «пустотой»).

В условии задачи отсутствуют вещества, модифицируя которые можно было бы добиться дистанционного притяжения (см. шаг 4.3).

Шаг 4.6. Определить, решается ли задача введением вместо вещества электрического поля или взаимодействия двух электрических полей.

Введение электрического поля обсуждалось на шаге 4.3.

Шаг 4.7. Определить, решается ли задача применением пары поле – добавка вещества, отзывающегося на поле (например, магнитное поле – ферровещество, ультрафиолет – люминофор, тепловое поле – металл с «памятью формы» и т.д.).

Этому пункту удовлетворяют решения 1, 2, 3 полученные на шаге 4.1.

5. Применение информфонда

Шаг 5.1. Рассмотреть возможность решения задачи по стандартам.

При решении задачи уже рассматривался стандарт 1.1.1 (см. шаг 1.7).

Если рассматривать первый вариант решения (см. рисунок 11), то после разъединения пластин необходимо отключать магнитные связи. Отключение магнитных связей рассматривается в стандарте 1.2.5 «отключение магнитных связей»: если нужно разрушить веполь с магнитным полем, то задача может быть решена применением физэффектов, «отключающих» ферромагнитные свойства вещества, например размагничиванием при ударе или нагреве выше точки Кюри. Однако этот стандарт не подойдёт для решения задачи, так как необходимо отключать магнитное поле только на время, кроме того среди ВПР нет ресурсов, позволяющих реализовать размагничивание.

Для развития второго варианта решения (см. рисунок 12) можно использовать стандарты 2.2.2 «Дробление B_2 » и 2.3.1 «Согласование ритмики П и B_2 ». В соответствии со стандартом 2.2.2, следует измельчить магнитомягкое вещество, чем мельче будет это ве-

щество, тем оптимальнее будет форма магнитопровода, за счёт которого будет реализовываться притяжение пластин друг к другу. По стандарту 2.3.1 для соединения пластин перед началом испытаний в воде необходимо возбудить колебания, согласованные с резонансной частотой частиц магнитомягкого вещества, то есть с их размерами. В результате этого частицы начнут «подпрыгивать», попадут в зону действия постоянного магнита противоположной пластины и притянутся.

Шаг 5.2. Рассмотреть возможность решения задачи по аналогии с ещё не стандартными задачами, ранее решёнными по АРИЗ.

Таких задач найдено не было.

Шаг 5.3. Рассмотреть возможность устранения физического противоречия с помощью типовых преобразований.

Физическое противоречие: сила притяжения между пластинами должна быть и её не должно быть – разрешено стандартным преобразованием, разделением противоречивых свойств во времени.

Комментарий.

24. В течение времени T_2' пластины сильно притягиваются друг к другу, а в течение времени T_1 и T_2'' – не притягиваются.

Шаг 5.4. Применение указателей эффектов.

В указателе физических эффектов есть эффекты, повышающие эффективность ранее предложенных решений: эффект 5.1.3. «явление резонанса» и 5.4.1. «стоячие волны».

Формулировка эффекта 5.1.3. Особую роль в колебательных процессах играет явление резонанса - резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний, наступающего при приближении частот собственных и вынужденных колебаний системы. Явление резонанса используется для интенсификации различных технологических процессов.

Этот эффект позволит в устройстве, реализованном по решению 2 (см. рисунок 12), соединить пластины, возбуждая резонансные колебания в частицах магнитомягкого вещества. Эти колебания будут возбуждаться внешним источником через воду и нижнюю поверхность пластин.

Формулировка эффекта 5.4.1. Стоячие волны. При наличии каких-либо неоднородностей в среде имеют место явления преломления и отражения волн. Если возбуждаемые в среде волны отражаются от каких-то границ (препятствий), то при определенном сдвиге фаз в результате наложения прямой и отраженной волны может возникнуть стоячая волна с характерным расположением максимумов возмущения (узлов и пучностей). При наличии стоячей волны переноса энергии через углы нет, и в каждом участке между двумя узлами наблюдается лишь взаимопревращение кинетической и потенциальной энергии.

Предлагается усилить действие резонанса: необходимо подобрать ширину каналов, в которых располагаются частицы магнитомягкого вещества так, чтобы в них возникали стоячие волны, при этом амплитуда «подпрыгивания» частиц будет выше и они более надёжно будут притягиваться магнитом противоположной пластины.

6. Изменение или замена задачи

Шаг 6.1. Теперь необходимо получить способ технической реализации полученного решения.

Обратимся к авторскому свидетельству: Авторское Свидетельство № 1770209.

Сущность изобретения: устройство содержит пластины положительной плавучести с необходимыми физико-механическими свойствами, которые размещены в опытовом бассейне. В пластинах выполнены наклонные глухие цилиндрические каналы (1), в которых размещены постоянные шаровидные магниты (2). Каналы (1) закрыты пробками (3).

Пластины при помощи магнитов (2) соединены между собой и моделируют сплошной ледяной покров (рисунок 14).

Целью изобретения является обеспечение моделирования разрушения сплошного ледяного покрова в неледовом бассейне. Указанная цель достигается тем, что пластины, имитирующие лед, соединяются между собой разъемными соединениями, включающими в себя постоянные магниты. Причем магниты, имеющие форму шаров, которые укладывают в наклонные каналы боковых граней пластин, внешним магнитным полем перемещают в верхнюю часть каналов до сцепления между собой разноименными полюсами, обеспечивая тем самым сцепление пластин своеобразным магнитным замком. Наклон каналов, по которым перемещаются магниты, необходим для исключения возможности повторного соединения пластин в сплошном поле после снятия разрушающей нагрузки. Поскольку разрушение сплошного льда происходит как на вершине, так и на подошве изгибной волны, то контакт магнитов должен осуществляться на уровне нейтральной оси пластин. При моделировании однородного по толщине льда этот уровень располагается посередине пластины.

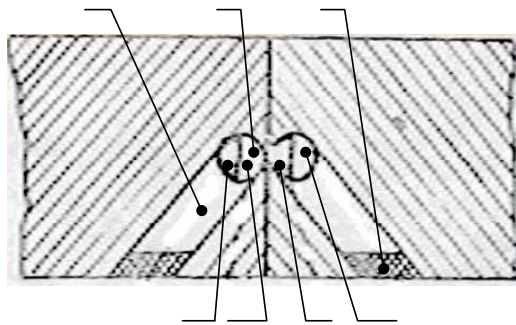


Рисунок 14. Эскиз технической реализации решения 1: 1 – глухие цилиндрические каналы; 2 – постоянные шаровидные магниты; 3 – пробки

Эксперимент по разрушению ледяного поля СВП проводится следующим образом. Сначала проводят намагничивание шаровых магнитов на величину, соответствующую заданной прочности ледяного покрова, при которой проводится эксперимент. После этого в наклонные каналы (1) боковых граней пластин укладывают магниты (2) и закрывают пробками (3). Материал пластин подбирают таким образом, чтобы он удовлетворял критериям подобия по упругим свойствам, коэффициенту трения и плотности, необходимым для конкретного эксперимента.

Модельное ледовое поле формируют из отдельных кассет, каждая пластина которой при этом соединяется встык с другими, затем внешним магнитным полем перемещают шаровидные магниты в верхнее положение до сцепления пластин между собой. После этого сами кассеты соединяют и сцепляют друг с другом описанным выше способом.

Разрушение модельного, ледяного покрова при движении по нему судов происходит при разъединении пластин в результате воздействия на них усилий от действия корпуса модели или волнения (см. рисунок 8). В результате разъединения пластин сила притяжения магнитов между собой ослабевает и они скатываются по наклонному каналу в нижнее положение, лишая тем самым сцепления пластин между собой. Магнитный замок открывается. После прохода модели судна ледяной покров восстанавливают описанным выше методом и эксперимент повторяют.

Шаг 6.2. Если ответа нет, проверить – не является ли формулировка 1.1 сочетанием нескольких разных задач.

Ответ есть.

Шаг 6.3. Если ответа нет, изменить задачу, выбрав на шаге 1.4 другое техническое противоречие (ТП).

Ответ есть.

Шаг 6.4. Если ответа нет, вернуться к шагу 1.1, заново сформулировать мини-задачу, отнеся её к надсистеме.

Ответ есть.

7. Анализ способа устранения физического противоречия (ФП)

Шаг 7.1. Контроль ответа. Рассмотреть вводимые вещества и поля.

Можно ли не вводить новые вещества и поля, используя ВПР - имеющиеся и производные?

Ответ. Не вводить новые вещества и поля не представляется возможным. Запрета на введение новых веществ и полей нет.

Можно ли использовать саморегулирующиеся вещества?

Ответ. В решении 1 используется саморегулирующиеся по пространству элементы, шаровые магниты сами разворачиваются друг к другу противоположными полюсами.

В решении 2 используется саморегулирующееся по пространству вещество, опилки или шарики из ферровещества группируются вокруг постоянного магнита.

Комментарий.

25. В этом разделе анализируются оба полученных решения, чтобы в конце раздела определить наиболее эффективное.

Шаг 7.2. Провести предварительную оценку полученного решения.

Контрольные вопросы:

а) Обеспечивает ли полученное решение выполнение главного требования ИКР-1 ("Элемент сам...")?

Да (решение 1), шаровидные магниты обеспечивают притяжение пластин при докритических воздействиях и не препятствуют перемещению пластин после снятия сверхкритического воздействия.

ИКР-1: Икс-элемент (сейчас это шаровидные магниты), абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, сохраняя способность пластин сопротивляться докритическим воздействиям не препятствует перемещению пластин после снятия сверхкритического воздействия.

Да (решение 2), постоянные магниты и частицы магнитомягкого материала обеспечивают притяжение пластин при докритических воздействиях и не препятствуют перемещению пластин после снятия сверхкритического воздействия.

ИКР-1: Икс-элемент (сейчас это частицы магнитомягкого материала), абсолютно не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, сохраняя способность пластин сопротивляться докритическим воздействиям не препятствует перемещению пластин после снятия сверхкритического воздействия.

б) Какое физическое противоречие устранено (и устранено ли) полученным решением?

Да (решение 1 и решение 2) устранено: Микро-ФП.

в) Содержит ли полученная система хотя бы один хорошо управляемый элемент? Какой именно? Как осуществлять управление?

Хорошо управляемыми элементами являются шаровидные магниты (решение 1), располагающиеся в наклонных каналах вблизи боковых поверхностях пластин. Перед на-

чалом эксперимента эти магниты намагничиваются до требуемой величины внешним магнитным полем.

Хорошо управляемыми элементами являются частицы ферромагнитного вещества (решение 2), располагающиеся в полостях вблизи «правых» боковых поверхностей пластин. Силу притяжения можно менять, изменяя количество этого вещества.

г) Годится ли решение, найденное для "одноциклового" модели задачи в реальных условиях со многими циклами?

Да, решение 1 и 2 годятся, так как эти решения можно использовать неоднократно. Сама задача формулировалась как многоциклового, естественно и решения многоциклового. При сплачивании и разъединении пластин ничего не разрушается или не создаётся, перемещаются по высоте магниты (решение 1) или ферромагнитное вещество (решение 2).

Если полученное решение не удовлетворяет хотя бы одному из контрольных вопросов, вернуться к 1.1 .

Решения удовлетворяют всем вопросам, однако предпочтение следует отдать второму решению 2, так как в этом решении проще регулируется прочность модели ледяного поля и проще реализуется устройство, генерирующее командное воздействие для сплачивания пластин.

Шаг 7.3. Проверить (по патентным данным) формальную новизну полученного решения.

По решению 1 получено Авторское Свидетельство № 1770209.

Решение 2 было получено в результате разбора задачи по АРИЗ-85В, предполагается подать заявку на изобретение.

Шаг 7.4. Какие подзадачи возникнут при технической разработке полученной идеи? Записать возможные подзадачи – изобретательские, конструкторские, организационные.

Подзадачи были выделены, но решены на этапе технической реализации. При сплачивании пластин магниты в соседних пластинах должны быть направлены друг к другу противоположными полюсами. Эта подзадача была решена использованием шаровых магнитов, которые сами разворачиваются друг к другу нужными полюсами.

8. Применение полученного ответа

Шаг 8.1. Определить, как должна быть изменена надсистема, в которую входит измененная система.

В надсистеме должен появиться генератор магнитного поля для перемещения шаровых магнитов вверх (решение 1) и генератор ультразвуковых колебаний для «возбуждения» частиц магнитомягкого вещества (решение 2).

Шаг 8.2. Проверить, может ли измененная система (или надсистема) применяться по-новому.

Новых областей применений не выявлено.

Шаг 8.3. Использовать полученный ответ при решении других технических задач:

В других технических задачах полученные ответы не использовались.

9. Анализ хода решения

Шаг 9.1. Сравнить реальный ход решения данной задачи с теоретическим (по АРИЗ). Если есть отклонения, записать.

Задача решалась в соответствии с АРИЗ-85В.

Шаг 9.2. Сравнить полученный ответ с данными информационного фонда ТРИЗ (стандарты, приёмы, физэффекты). Если в информационном фонде нет подобного принципа, записать его в предварительный накопитель.

При решении задачи использовались известные стандарты и физэффекты.

Итак, получено два технических решения, которые используют магнитное поле и ферромагнитные вещества.

1) Использовать шаровидные постоянные магниты для притягивания пластин друг к другу, которые скатываются по наклонным каналам при разъединении пластин и не препятствуют свободному перемещению пластин относительно друг друга.

2) Использовать в соседствующих боковых сторонах пластин частицы ферромагнитного, магнитомягкого вещества и постоянные магниты для притягивания пластин друг к другу, причём частицы ферромагнитного, магнитомягкого вещества сыплются по полостям в пластинах вниз при разъединении пластин и не препятствуют свободному перемещению пластин относительно друг друга.

Список использованных источников

1. Жёсткая В.Д., Козин В.М. Исследования возможностей разрушения ледяного покрова амфибийными судами на воздушной подушке резонансным методом. Владивосток: Дальнаука, 2003. 161 с.
2. Каштелян В.И., Позняк И.И., Рывлин А.Я. Сопротивление льда движению судна, Л.: Судостроение, 1968, 238 с.
3. Альтшуллер Г.С. и др. Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач), Кишинёв: Картя Молдовеняска, 1989, 283 с.
4. <http://www.metodolog.ru/work.html#sert> 25.11.2006. Уразаев В.Г. Защита корпусов погружных электронагревателей.
5. А.с. № 1770209 . Устройство для испытания моделей ледового плавания. // Бердосов В.Д., Козин В.М., Новолодский И.Д. Оpubл.23.10.92. Бюл. №39.

<http://trizland.ru>