

**УДК 629.12**

**Городников Олег Александрович**

**ст. преподаватель кафедры ТПТ «Владивостокский государственный  
университет»**

**г. Владивосток, ул. Гоголя 41, индекс 690014, e-mail: [gorodnikov.o@vvsu.ru](mailto:gorodnikov.o@vvsu.ru)**

**Внедрение новых технологий для ликвидации аварийных разливов  
нефти и нефтепродуктов**

*В работе рассматриваются существующие методы и оборудование для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. Предлагается внедрение нового устройства, позволяющего удалять нефтяные пятна в случае возникновения чрезвычайной ситуации, способного работать в любых погодных условиях, также в битом и сплошном льду. Приведены результаты расчетов и данные экспериментов, подтверждающие работоспособность устройства. Создан опытный образец, который может быть запущен в массовое производство, получен патент на полезную модель.*

***Ключевые слова:** Нефть, судно, сорбенты, аварийные разливы, экологическая катастрофа, судовая энергетическая установка.*

**Введение**

В настоящее время из существующих глобальных экологических проблем на Земле, одной из наиболее серьезных является проблема предупреждения и борьбы с разливами нефти и нефтепродуктов на воде и суше.

Ликвидация нефтяного пятна на водной поверхности является более сложным процессом, учеными разработано огромное количество методов и средств борьбы с данным рода катастрофами, но универсального способа до сих пор нет. Это объясняется наличием большого числа факторов, таких как

место разлива, скорость течения, погодные условия и элементарные климатические показатели [1].

Актуальность исследования заключается в анализе существующих методов для ликвидации нефтяного пятна и предложении наиболее оптимального способа по его устранению.

Данный вопрос имеет важную составляющую в экологической безопасности акваторий, так как своевременная локализация и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов позволят уменьшить ущерб от чрезвычайной ситуации и сохранить множество составляющих флоры и фауны.

Цель исследования состоит в создании универсального способа ликвидации нефтяного пятна в кратчайшие сроки, с учетом минимального времени реагирования и дополнительного оборудования.

Основными задачами являются:

- создание подводного судового аппарата – разработано до состояния опытного образца;
- проведение различного рода экспериментов по определению технических характеристик и возможностей технического устройства;
- проведение экспериментальных исследований.

Основной идеей исследования является создание устройства, которое возможно применить на любом судне, подключив его к системе пожаротушения (насос), при этом не имея на борту большого количества дополнительного оборудования.

При этом, данное устройство будет работать от имеющейся на судне судовой энергетической установки и не требовать питания от сети, генератора или другого источника энергии.

Принцип работы основывается на элементарной гидравлике, тесть по принципу гидродвижителя, давлением создаваемым судовым насосом.

## **Основная часть**

При составлении логистических путей доставки нефти и нефтепродуктов следует учитывать множество факторов, влияющих на процесс доставки грузов, одним из которых является учет факторов риска и возникновения нештатных аварийных ситуаций.

Чаще всего аварийные разливы нефти и нефтепродуктов происходят в процессе транспортировки по морским путям в отдалённых от береговой линии, что в свою очередь значительно увеличивает сроки реагирования и ликвидации последствий. Так же утечки могут происходить и при добыче или бурении на шельфе, а оборудования для локализации или ликвидации большого количества нефти попросту нет, доставка его с береговой линии, даже при использовании авиации занимает несколько часов.

Основным методом ликвидации подобного рода аварийных разливов являются различного рода методы по нанесению активного химического вещества (сорбентов).

В процессе исследования рассмотрены существующие методы и определено, что на данный момент универсального средства не существует.

## **Методика исследования**

Предлагаемое в работе устройство позволит разворачивать процесс локализации и ликвидации нефтяного пятна в течении 15 – 20 минут с борта любого судна. А понимая, что по пути следования танкеров дежурят суда-спасатели или вблизи нефтяных платформ суда-снабженцы, то при наличии данного устройства на борту возможна почти мгновенная реакции на сложившуюся ситуацию.

Основными способами локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в акваториях является использование сорбентов. В практике существуют различные способы нанесения сорбентов для ликвидации разливов нефти на поверхности воды, которые отличаются друг

от друга и каждый из них имеет как ряд преимуществ, так и ряд недостатков в использовании.

По результатам обзора основных существующих способов нанесения сорбентов, техническим характеристикам и статистическим данным по использованию, можно определить основные существующие преимущества и недостатки. Основными недостатками нанесения сорбентов является отсутствие возможности точного нанесения в ветреную погоду и волнение акватории [2].

При решении данной проблемы предлагается способ нанесения сорбента, который позволит наносить сорбирующее вещество в толще воды и возможности применения его при сложных природных условиях, в замерзающих акваториях и использовании в битом льду, был разработан новый способ нанесения сорбентов [3].

Данное устройство должно обеспечивать ликвидацию нефтяных загрязнений в тех местах, где остальные аналогичные существующие способы не могут быть использованы.

Использование данного устройства позволит бороться с нефтяным загрязнением в битом льду, тем самым давая возможность полного удаления нефти, как с поверхности, так и в толще воды.

На данный момент существует несколько основных способов распыления активного вещества:

1. Распыление сорбентов с вертолетов в место образования нефтяного пятна.
2. Распыление вручную.
3. В струе воды или воздуха с применением специального оборудования.

Но, все указанные способы практически невозможно применять в ветреную погоду и полностью не возможно применение в битом или сплошном льду.

Для решения поставленной задачи разработано устройство, работающее от судовой энергетической установки, для нанесения сорбента в толще воды, которым можно управлять и регулировать подачу сорбента с борта судна. Основным элементом установки является подводное устройство (рисунок 1).

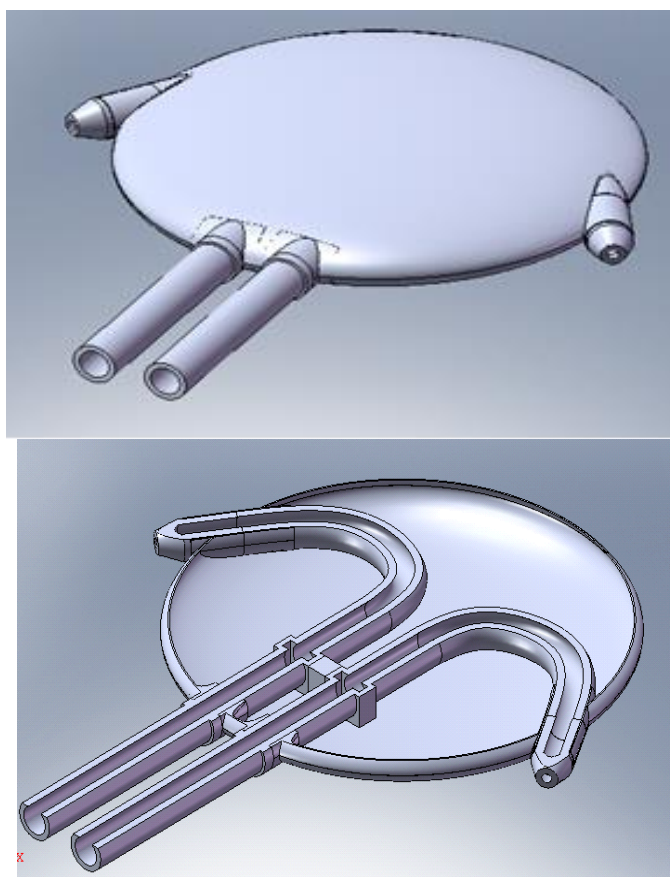


Рисунок 1 – Модель подводного устройства для распыления сорбента

Связующим звеном между аппаратом и судном (стационарным объектом) служит гибкий шланг. Особенностью данной установки является то, что не требуется установка дополнительного оборудования.

Элементами судовой энергетической установки являются подводный аппарат, пожарный насос и паровой котел на судне, для подачи пара. Аппарат имеет «чечевичную» форму корпуса, что позволит обеспечить минимальное сопротивление в толще воды при его движении.

Движение под водой к нефтяному пятну будет осуществляться подачей струи воды в аппарат, которая будет выходить через два сопла, расположенных на противоположных сторонах конструкции, создавая реактивную тягу, что позволяет ему двигаться. Аппарат сможет отдаляться от судна на расстояние 100 – 150 метров. При необходимости остановки аппарата или изменении траектории его движения подача воды прекращается или осуществляется через одно сопло.

Регулирование работы сопла осуществляется через блок управления, установленный на поверхности аппарата, клапаны перекрываются золотником, так же при необходимости возможна установка дополнительных распылителей химических соединений.

Предлагаемое устройство имеет сопловой движитель водометного типа с возможностью вращения в вертикальной плоскости. Сопловое устройство соединяется с управляющей аппаратурой, которая регулирует направление подачи жидкости (к правому, левому сопловому аппарату или к обоим сразу), а также угол поворота сопел в вертикальной плоскости.

Работа данного устройства осуществляется следующим образом: к распылителю от пожарного насоса, совместно с паром для поддержания необходимой температуры, находящегося на борту судна по гибкому трубопроводу, подключенному к соединительному устройству, под давлением подается вода. Далее по соединенному с ним трубопроводу вода поступает к управляющей аппаратуре.

Управляющая арматура направляет воду к правому, левому или обоим сопловым аппаратам сразу. В результате реакции от струи воды на устройство будет действовать реактивная тяга и распылитель начнет перемещаться. При подаче одновременно к правому и левому сопловым аппаратам распылитель получает поступательное движение и удаляется от места спуска под лед на необходимое расстояние, вытягивая шланг на заданную длину.

При подаче воды в правый сопловой аппарат, реактивная тяга водяной струи будет смещать распылитель влево. При подаче воды в левый сопловой аппарат, реактивная тяга водяной струи будет смещать распылитель в противоположную сторону. Глубина погружения устройства регулируется изменением вектора тяги в вертикальной плоскости, соответствующим поворотом соплового аппарата. Все элементы заявляемого устройства находятся в защитном корпусе.

При подходе распылителя в нужное место по гибкому трубопроводу производится подача сорбента в виде пульпы. Последняя создается путем включения в поток воды твердого сорбента (например, терморасщепленный графитовый сорбент). Приготовление пульпы осуществляется на борту судна или на стационарном объекте в специальном смесителе.

После подхода распылителя к нефтяному пятну происходит его перемещение под действием реактивной тяги от движения пульпы и одновременная подача в загрязненную воду сорбента. Впрыснутый в воду на необходимой глубине сорбент всплывает и по пути своего движения сорбирует капли нефтепродукта, находящиеся в толще воды.

Достигнув верхнего уровня воды, сорбент собирает нефтепродукты, находящиеся на ее поверхности. Применение для распыливания водометного движителя будет способствовать качественному, равномерному перемешиванию сорбента в толще воды. При обработке нефтяного пятна распылитель совершает движение по радиусу, определяемому длиной вытравленного рукава.

По мере перемещения распылителя производится вытравливание рукава на заданную длину. Необходимое для обработки нефтяного пятна количество сорбента регулируется содержанием сорбента в пульпе и скоростью перемещения распылителя, а также кратностью прохода распылителя.

Итак, исходя из сравнения, приведенного в таблице, можно сделать вывод, что данный способ дает возможность использования при любых

погодных условиях, а также имеет и другие не менее важные достоинства, которыми не обладают остальные известные аналогичные способы:

- возможность нанесения сорбирующего вещества в различные погодные условия в толще воды, не зависимо от скорости ветра, температуры и других климатических факторов;
- простота конструкции и минимальные расходы при эксплуатации;
- работа в замерзающих акваториях и битом льду, что практически невозможно при использовании аналогичных устройств;
- полная ликвидация нефтяного загрязнения, как на поверхности, так и в толще воды;
- высокая скорость сорбции;
- минимальные затраты при использовании аппарата.

На сегодняшний день аналоги данного технического средства отсутствуют.

Проведены расчет движения подводного аппарата в толще воды с учетом подсоединения его к судовой энергетической установки и возникающими сопротивлениями, которые создаются при его движении. Рассмотрены два варианта движения подводного устройства – маятниковое и возвратно-поступательное движение. Расчеты приведены при двух скоростях в 0,5 и 1 м/с.

При проведении эксперимента потребовалось воссоздать условия максимально приближенные к реальному использованию подводного устройства. Для этого необходимо было использовать насос, позволяющий создать напор, равный требуемому напору пожарного насоса на судне.

В качестве аналога использовался пожарный центробежный насос марки НЦПН-50/100 (NP-3000) на базе пожарного автомобиля КАМАЗ АЦ-5, 0-40 (5350). Производительностью 40 л/с и номинальным напором 100 метров (рисунок 2).





Рисунок 2 – Распределительное устройство, подключенное к пожарному насосу

Пожарный насос подключен к распределительному управляющему устройству, на котором находятся краны управления подачи напора в каждое из сопел. Путем открытия и закрытия шаровых кранов, можно регулировать движение подводного устройства, как по заданному радиусу, так и прямой его ход при включении обеих сопел.

Для проведения эксперимента на территории яхт-клуба г. Владивосток, на пирсе, был установлен мобильный резервуар каркасный РК-10 объемом 10 м<sup>3</sup>. Данная конструкция применяется как резервуар ЛАРН [4].

Затем его наполнили водой для возможности погружения в него подводного устройства и проведения ряда экспериментов с целью определения основных показателей и сопротивлений, возникающих в процессе эксплуатации модели, а также проверки теоретических данных полученных в результате расчетов на действующей модели.

Данная конструкция позволяет провести эксперимент для определения возможностей подводного устройства и определения требуемых параметров работы установки. Температура используемой для проведения эксперимента

воды 18 °С, определение температуры воды производилось электронным термометром.

После наполнения емкости водой и измерения температуры воды, на его стенках, при помощи карабинов, были установлены электронные динамометры. Динамометры прилеплены к металлическим стойкам корпуса резервуара карабинами, а чувствительный элемент для определения усилий создаваемых устройством при движении, зафиксирован металлической проволокой.

Проведение эксперимента было разделено на несколько этапов, каждый из которых проводился с целью определения конкретных параметров и поведения подводного устройства в заданных параметрах движения.

Определения его расходно-напорной характеристики, создаваемого тягового усилия, скорости движения. Эксперименты проводились в течении четырех дней. Подача воды в систему производится с насоса пожарного автомобиля под различным давлением 0,2МПа, 0,3 МПа и 0,5 МПа.

Манометр для измерения создаваемого напора подключается к системе для фиксации результатов. Тем самым подводное устройство, двигаясь, натягивает проволоку и создает усилие, фиксируемое динамометром.

Подача воды осуществляется поочередно в правое и левое сопло, затем в оба одновременно, все результаты фиксируются и испытания проводятся повторно.

После проведения эксперимента все данные были зафиксированы специализированными сертифицированными приборами и внесены в протокол эксперимента в присутствии всех участников. Для достоверности полученных данных, а также во избежание возникновения погрешностей каждый этап эксперимента был проведен повторно по пять раз [5].

Принципиальная схема данной установки представлена на рисунке 3.

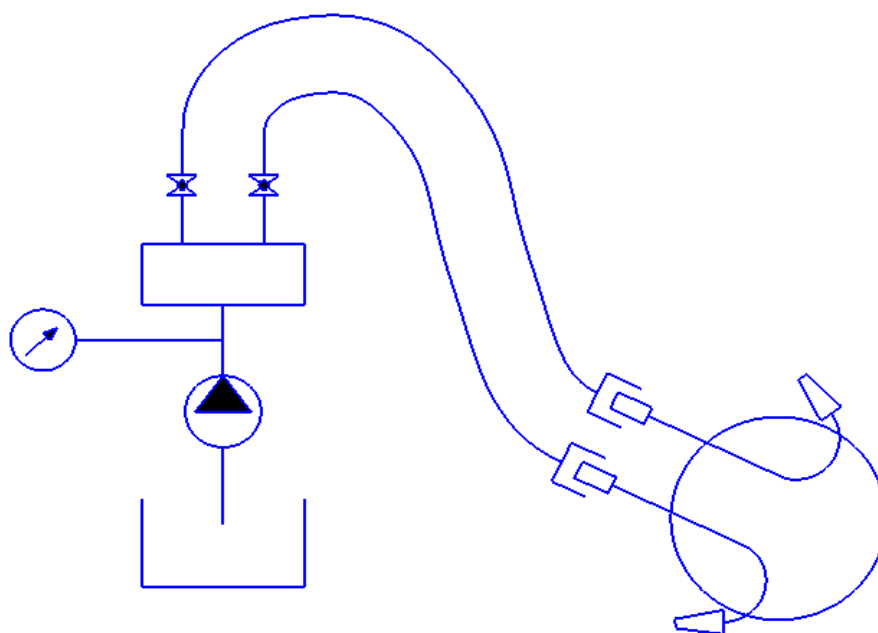


Рисунок 3 – Принципиальная схема установки

В результате, проведенный эксперимент подтвердил расчетные значения, полученные ранее. Так же в ходе эксперимента выяснилось, что при подаче напора на одно из сопел подводный аппарат будет совершать движение не маятникового типа, а как бы «закручиваться» (рисунок 4).

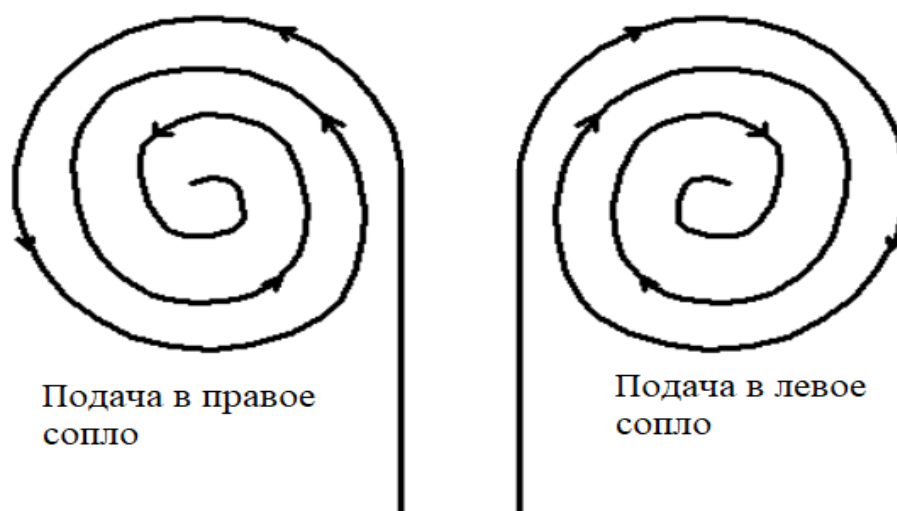


Рисунок 4 – Действительная траектория движения подводного аппарата

Получившаяся траектория движения не будет являться недостатком, а наоборот, будет преимуществом. При таком движении появляется

возможность в кратчайшие сроки распылить сорбент по периметру нефтяного пятна, это остановит распространение пятна, то есть локализует его.

Такая траектория будет эффективнее возвратно-поступательного движения, так как займёт меньше времени на распыление и не требует большого физического труда.

Для проверки работоспособности на различные рода судах, были получены необходимые данные и произведены расчеты, с целью определения возможностей судовой энергетической установки для обеспечения необходимых условий.

В качестве рассматриваемых судов были приняты:

- «Профессор Меграбов» (построен 31.03.1978, владелец – Дальневосточная морская академия имени адмирала Г.И. Невельского);
- «Олюторский залив» (построен 12.1984, владелец – ООО Пета Кэмикл Кампэни);
- «Комсомолец Приморья» (построен 05.1983, владелец – ДВМП FESCO);
- «Ангара» (построен 22.06.1985, владелец – ДВМП FESCO);
- «Енисей» (построен 06.01.1985, владелец – ДВМП FESCO);
- «FESCO MARINA».

Работа судовой энергетической установки и подводного устройства позволит бороться с разливами в любых погодных условиях, битом и сплошном льду.

Исходя из возможностей, каждого судна, можно сделать вывод, что на борту судна судовой энергетической установка может использовать не одно подводное устройство, а несколько одновременно.

Например, судно «ФЕСКО НОВИК» имеет следующие параметры при подаче насосов 119,7 м<sup>3</sup>/час, длина судна 126,8 метра, ширина судна 19,4 метра, высота борта до палубы переборок на миделе 9,45 метра. Возможная схема подключения показаны на рисунке 5.

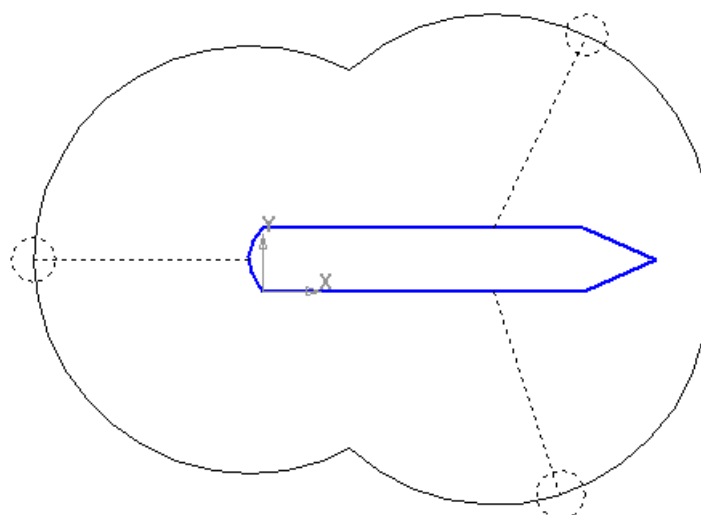


Рисунок 5 – Схема подключения подводного судового устройства к судну «ФЕСКО НОВИК»

Исходя из параметров судна, в программе произведен расчет возможного покрытия сорбентом, площадь составит  $S = 29646,65 \text{ м}^2$ .

Как видно из представленных схем подключения подводного устройства и проведенных в программе расчетов, при подключении одновременно нескольких устройств, площади покрытия и работы значительно увеличиваются, что в очередной раз указывает на значимость внедрения данного метода в эксплуатацию.

Система подачи активного вещества в свою очередь, состоит из элементов, подключаемых к судовой энергетической установке, занимает незначительные объемы для хранения.

Проста в управлении и время развертывания составляет менее 15 минут, что позволяет сделать вывод, что в данный момент аналогов данному устройству попросту не существует.

## Заключение

Данный способ дает возможность ликвидировать разливы и пятна нефти в сплошном льду, что на данный момент является затруднительным процессом, а с учетом развития Северного морского пути вопрос является актуальным. В случае необходимости на любом из эксплуатируемых судов возможно подключение нескольких подводных устройств, что позволит увеличить площадь распыления сорбентов и уменьшить скорость ликвидации аварийного разлива нефти и нефтепродуктов.

После проведения эксперимента все данные были зафиксированы специализированными сертифицированными приборами и внесены в протокол эксперимента в присутствии всех участников. Результаты обработаны, внесены в таблицы. Для достоверности полученных данных, а также во избежание возникновения погрешностей каждый этап эксперимента был проведен повторно по пять раз. Так же в ходе эксперимента выяснилось, что при подаче напора на одно из сопел подводный аппарат будет совершать движение не маятникового типа, а как бы «закручиваться». Получившаяся траектория движения не будет являться недостатком, а наоборот, будет преимуществом. При таком движении появляется возможность в кратчайшие сроки распылить сорбент по периметру нефтяного пятна, это остановит распространение пятна, то есть локализует его. Такая траектория будет эффективнее возвратно-поступательного движения, так как займёт меньше времени на распыление и не требует большого физического труда.

По результатам сравнения можно сказать, что новое средство для распыления сорбента экономически эффективно и выгодно. Значительно уменьшаются затраты, но при том не снижается качество распыления, не возрастает время ликвидации разлива, упрощается сам процесс нанесения сорбента, уменьшаются затраты на персонал и накладные расходы.

Система подачи активного вещества в свою очередь, состоит из элементов, подключаемых к судовой энергетической установке, занимает

незначительные объемы для хранения. Проста в управлении и время развертывания составляет менее 15 минут, что позволяет сделать вывод, что в данный момент аналогов данному устройству попросту не существует.

### **Список литературы**

1. Комягин В.М. Экология и промышленность. – М.: Наука, 2018. – 212 с.
2. Ливчак И.Ф., Воронов Ю.В. Охрана окружающей среды. - М.: Наука, 2020. – 184 с.
3. Бордунов В.В., Коваль Е.О., Соболев И.А. Полимерные волокнистые сорбенты для сбора нефти. Нефтегазовые технологии. – М.: Недра, 2020. – 131 с.
4. Сулейманов А.В., Геокаев Т.Б., Мамедов К.К. Устройство для сбора нефти с водной поверхности. Борьба с коррозией и защита окружающей среды. – М.: Недра, 2021. – 192 с.
5. Патент № 144489, МПК E02B 15/10 Устройство для подводного введения сорбента, опубликован 20.08.2014 г.

### **Gorodnikov Oleg Aleksandrovich**

st. преподаvatel' kafedry TPT «Vladivostochskiy gosudarstvennyy universitet»  
g. Vladivostok, ul. Gogolya 41, indeks 690014, e-mail: [gorodnikov.o@vvsu.ru](mailto:gorodnikov.o@vvsu.ru)

### **Vnedreniye novykh tekhnologiy dlya likvidatsii avariynykh razlivov nefti i nefteproduktov**

#### **Annotatsiya**

V rabote vklyucheny metody i oborudovaniye dlya likvidatsii avariynykh razlivov nefti i nefteproduktov. Predlagayetsya ustanovka novogo ustroystva, pozvolyayushchego udalyat' neftyanyye pyatna v sluchaye vzniknoveniya chrezvychaynykh situatsiy, pozvolyayushchikh rabotat' v lyubykh pogodnykh

usloviyakh, v tom chisle v bitom i sploshnom pole. Privedeny rezul'taty raschetov i dannyye eksperimentov, podtverzhdayushchiye rabotosposobnost' ustroystva. Sozdan opytnyy obrazets, kotoryy mozhet byt' zapushchen v massovoye proizvodstvo, poluchen patent na poleznuyu model'.

**Klyuchevyye slova:** Neft', sudno, sorbenty, avariynnye razlivy, ekologicheskaya katastrofa, sudovaya energeticheskaya ustanovka.

### **Spisok literatury**

1. Komyagin V.M. Ekologiya i promyshlennost'. – M.: Nauka, 2018. – 212 s.
2. Livchak I.F., Voronov YU.V. Okhrana okruzhayushchey sredy. - M.: Nauka, 2020. – 184 s.
3. Bordunov V.V., Koval' Ye.O., Sobolev I.A. Polimernyye voloknistyye sorbenty dlya sbora nefti. Neftegazovyye tekhnologii. – M.: Nedra, 2020. – 131 s.
4. Suleymanov A.V., Geokchayev T.B., Mamedov K.K. Ustroystvo dlya sbora nefti s vodnoy poverkhnosti. Bor'ba s korroziyey i zashchitoy okruzhayushchey sredy. – M.: Nedra, 2021. – 192 s.
5. Patent № 144489, MPK Ye02V 15/10 Ustroystvo dlya podvodnogo vvedeniya sorbenta, opublikovano 20.08.2014 g.