

УДК 614.8

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МОБИЛЬНОГО СРЕДСТВА ЛОКАЛИЗАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА СУШЕ

Скрынников Алексей Юрьевич

Академия гражданской защиты МЧС России, г. Химки, Российская Федерация

Аннотация. В статье обоснована необходимость сокращения времени локализации разливов нефти и нефтепродуктов для минимизации экономического ущерба при авариях на опасных производственных объектах и территориях. Предложено решение проблемы путем разработки на основе результатов математического моделирования и последующего создания мобильного средства локализации разливов нефти и нефтепродуктов на сухопутной территории и в прибрежной зоне водоемов. Учет основных недостатков и ограничений, характерных для существующих средств локализации нефти и нефтепродуктов и выявленных в ходе оценки качества, позволил получить наиболее точные данные для создания математической модели конструкции мобильного средства локализации. Разработка на основе результатов математического моделирования рациональной конструкции и параметров мобильного средства локализации позволит создать средство локализации с высокой степенью мобильности и сокращенным временем развертывания в различных вариантах применения. Его внедрение позволит сократить время проведения локализационных мероприятий и тем самым значительно снизить экологический и экономический ущерб для объектов экономики и территорий.

Ключевые слова: локализация разливов нефти и нефтепродуктов на суше, мобильное средство локализации, инженерно-технические сооружения, математическая модель, рациональные конструктивные параметры, конструкция

Для цитирования: Скрынников А. Ю. Математическое моделирование конструкции мобильного средства локализации разливов нефти и нефтепродуктов на суше // Техносферная безопасность. 2025. № 3 (48). С. 151–162.

MATHEMATICAL MODELING OF THE DESIGN OF A MOBILE MEANS OF LOCALIZATION OF OIL AND PETROLEUM PRODUCTS SPILLS ON LAND

Alexey Yu. Skrynnikov

Civil Defense Academy of EMERCOM of Russia, Khimki, Russian Federation

Abstract. This article substantiates the need to reduce the time of localization of oil and oil products spills in order to minimize economic damage in case of accidents at hazardous production facilities and territories. This problem can be solved by developing, based on the results of mathematical

modeling, and the subsequent creation of a mobile means for localizing oil and oil product spills on land and in the coastal zone of water bodies. The analysis and consideration of the main shortcomings and limitations characteristic of the existing containment facilities and identified during the assessment of the quality of oil and oil product spill containment facilities, taking into account their mobility, made it possible to obtain the most accurate data for the creation of a mathematical model of the mobile containment facility design. Based on the results of mathematical modeling, the development of a rational design and parameters of a mobile localization tool will make it possible to create a localization tool with a high degree of mobility and reduce deployment time in various applications. Its implementation will reduce the time for localization activities and, thereby, significantly reduce environmental and economic damage to economic facilities and territories. The relevance of the article is based on the need to eliminate the environmental consequences of the ongoing accidents with oil and oil product spills.

Keywords: localization of oil and oil products spills on land, mobile containment facility, engineering and technical structures, mathematical model, rational design parameters, design

For Citation: Skrynnikov A. Yu. Mathematical Modeling of the Design of a Mobile Means of Localization of Oil and Petroleum Products Spills on Land // Technospheric safety. 2025. № 3 (48). pp. 151–162.

Введение

Анализ причин возникновения крупных аварий и катастроф в России в нефтяном комплексе свидетельствует, что не только при авариях на объектах нефтепользования, но и при их нормальной эксплуатации нередко имеют место масштабные разливы нефти и нефтепродуктов (далее — ННП), которые приводят к большим экономическим потерям, ухудшению экологической обстановки, а в некоторых случаях и к экологическим катастрофам [1].

Так, например, добыча нефти (с учетом газоконденсата) в 2023 г. в России составила 530,6 млн т, по сравнению с показателем 2022 г. — 380,2 млн т [2], что привело к увеличению нагрузки на нефтепроводы и предприятия по ее переработке, а также увеличению риска возникновения аварий и материального ущерба от них.

Материалы и методы

Размер ущерба от разливов ННП на суше напрямую зависит от оперативности их локализации и может быть уменьшен за счет совершенствования мероприятий по их ликвидации. Именно локализация разлива ННП [3], являясь первичным этапом его ликвидации, обеспечивает ограничение распространения зеркала разлива и, в свою очередь, уменьшает ущерб от аварии.

В настоящее время основными техническими средствами для локализации разливов ННП являются различные виды ограждений, такие как ограждения для предотвращения растекания ННП (земляные насыпи, перехватывающие траншеи, барьеры из подручных материалов, подпорные стенки), сорбирующие ограждения (боны, обвалования из сорбирующих материалов),

ограждения для предотвращения попадания ННП в грунтовые воды (дамбы) [4].

Большинство из них возводят при помощи шанцевого инструмента и тяжелой дорожно-строительной техники, что значительно увеличивает время локализации разлива ННП за счет трудозатрат и необходимости доставки техники к местам проведения работ.

Таким образом, возрастание ущерба от аварий и ЧС с разливом ННП может быть связано с недостаточной эффективностью локализации разливов и применяемых технических средств.

В связи с этим представляется целесообразным разработка новых технических средств локализации разливов ННП как части комплекса мероприятий, направленных на прекращение распространения разлитых или выливаемых ННП на поверхности грунта или водного объекта, проводимых путем установки заграждений, проведения земляных работ или использования специальных средств [5].

В работах ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России [6] представлены теоретические положения к обоснованию новых технических средств и способов локализации и ликвидации разливов ННП, основанные на риск-ориентированных подходах.

Результаты применения существующих средств локализации разливов ННП участниками ликвидации ЧС на практике позволили сформулировать основные требования к перспективному средству локализации разливов ННП с высокой мобильностью:

- возможность транспортировки основными видами транспорта;
- возможность развертывания и применения силами персонала, не имеющего высокой квалификации;

- возможность развертывания без применения дополнительных крепежных элементов;
- способность к локализации разливов ННП на различных подстилающих поверхностях (в т. ч. на прибрежных территориях в притопленном варианте для фильтрации нефтяных выносов);
- устойчивость к опрокидыванию и сдвигу под воздействием давления жидкостей, которые разливаются при аварии;
- возможность увеличения длины локализующего рубежа и изменения его конфигурации;
- возможность совместной работы с техническими средствами для ликвидации разливов ННП, навесным диагностическим оборудованием.
- устойчивость к воздействию коррозионно-агрессивных сред, возможность применения механической и химической очистки после использования.

Применение мобильных средств локализации разливов ННП с малым временем развертывания особенно актуально при авариях с разливом ННП на опасных производственных объектах (далее — ОПО) ввиду значительного экономического ущерба. Также успешному применению мобильных средств локализации разливов ННП на территории ОПО возможность его применения силами нештатных спасателей и персонала объекта [5].

Основной целью моделирования мобильных средств локализации разливов ННП и обоснования их конструктивных характеристик является снижение ущерба природной среде и инфраструктуре за счет сокращения площади разлива ННП, что напрямую зависит от времени развертывания.

Таким образом, техническое решение для мобильного средства локализации разливов ННП должно обеспечивать снижение ущерба за счет сокращения площади раз-

лива ННП и удовлетворять требованиям и ограничениям, т. е. $S_{\text{разл}} \rightarrow \min$, достигается сокращением времени разворачивания МЗС:

$$S_{\text{разл}} = \frac{W_{\text{Н (ННП)}}}{h_{\text{Н (ННП)}}} = \frac{V_{\text{Н (ННП)}}}{h_{\text{Н (ННП)}}} t, \tag{1}$$

где:

$W_{\text{Н (ННП)}}$ — объем разлива ННП, м³/с;

$h_{\text{Н (ННП)}}$ — высота слоя ННП, м;

$V_{\text{Н (ННП)}}$ — скорость поступления ННП, м/с;

t — время поступления ННП, с.

Вариантов реализации мобильных средств локализации разливов ННП может быть предложено достаточно много, но эта работа посвящена реализации одного из них, представленного на рис. 1в, с проведением структурной и параметрической оптимизации его конструкции.

В ходе математического моделирования и проведения структурной и параметрической оптимизации конструкции мобильного средства локализации разливов ННП проведены расчеты возможных вариантов конструкции, соответствующих конструктивным требованиям к мобильным средствам локализации разливов ННП. Их боковые проекции схематично представлены на рис. 1.

Требования к мобильности конструкции мобильного средства локализации разливов ННП приведены в табл. 1.

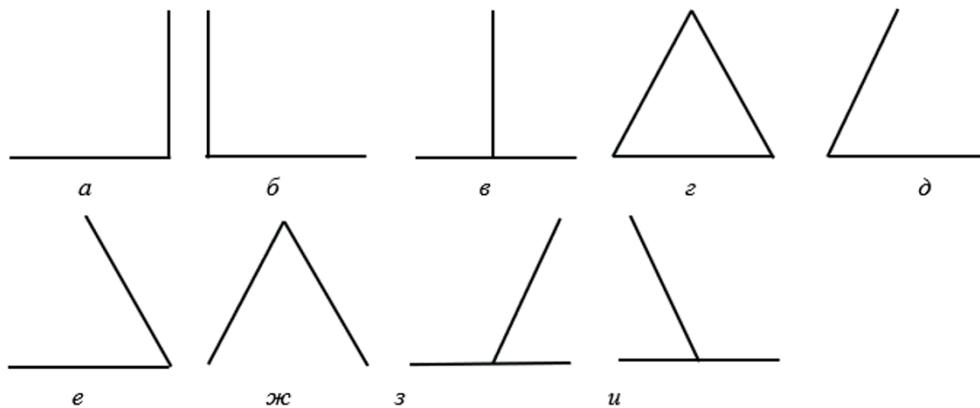


Рис. 1. Возможные варианты конструкции мобильного средства локализации разливов ННП

Fig. 1. Possible design options for a mobile OPP spill containment facility

В табл. 2 приведены технические и физические параметры возможных вариантов конструкции мобильного средства локали-

зации разливов ННП, оцененные по трехбалльной системе: 1 — отлично, 2 — хорошо, 3 — удовлетворительно.

Таблица 1
Ограничения по габаритам предполагаемых средств транспортировки мобильного средства локализации разливов ННП

Table 1
 Restrictions on the dimensions of the intended means of transportation of the mobile OPP spill containment facility

№ п/п	Параметр Parameter	Значение ограничения Meaning restrictions	Основание Foundation
1	Длина секции (L), м Section length (L), m	≤ 2	Возможность оперативной доставки к месту применения на существующих видах транспорта (автоприцепы с наклонным кузовом) Possibility of prompt delivery to the place of application on existing modes of transport (trailers with inclined body)
2	Ширина секции (B), м Section width (B), m	≤ 1,2	
3	Высота секции (H), м Section height (H), m	≤ 1,5	
4	Масса секции (m), кг Section weight (m), kg	≤ 60	ГОСТ 12.2.033–78 ССБТ, допустимая масса, перемещаемая одним человеком, — 30 кг [7] GOST 12.2.033–78 SSBT, permissible weight moved by one person is 30 kg)

Таблица 2
Сравнительные технические и физические параметры различных конструкций мобильного средства локализации разливов ННП

Table 2
 Comparative technical and physical parameters of various designs of the mobile means of containment of oil spills

№ п/п	Параметр Parameter	1а	1б	1в	1г	1д	1е	1ж	1з	1и
1.	Вес Weight	1	1	1	3	2	2	2	2	2
2.	Габариты Dimensions	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3.	Габариты в сложенном состоянии Dimensions when folded	1	1	2	2	2	2	2	3	3
4.	Устойчивость к сдвигу и опрокидыванию Shear and tip stability	1	1	1	1	1	1	1	2	2
5.	Прилегание к поверхности Fit to the surface	1	1	1	1	1	1	3	1	1
6.	Способность к увеличению длины локализирующего рубежа и изменения его конфигурации Shear and tip stability	1	1	2	3	3	3	3	3	3
7.	Возможность разворачивания без применения дополнительных крепежных элементов Can be deployed without the need for additional fasteners	1	1	3	3	3	3	3	3	3
8.	Сумма баллов показателей Sum of indicator points	7	7	11	14	13	13	15	15	15

Поясним поставленные баллы.

Вес. Пропорционален периметру сторон при одинаковой длине конструкции, равной 2 м. Наименьшим периметром и поэтому минимальным весом обладают варианты 1а–в (1 балл), наибольшим — 1г (3 балла).

Габариты. Конструкции проектировали так, чтобы их габариты были 1 × 1 м, следовательно, все они имеют по одному баллу.

Габариты в сложенном состоянии. Важный параметр для транспортировки. Наименьшим размером в сложенном состоянии (1 м) обладают конструкции 1а–б (1 балл), а наибольшим — 1з–и (3 балла).

Устойчивость к опрокидыванию и сдвигу. Наибольшим моментом опрокидывания обладают варианты 1а–ж (1 балл), а наименьшим — 1з–и (2 балла).

Прилегание к поверхности. Наилучшим прилеганием обладают схемы 1а–е, з–и (1 балл), а наихудшим — 1ж (3 балла).

Способность к увеличению длины локализуемого рубежа и изменению его конфигурации. Наилучшей способностью

к наращиванию обладают варианты 1а–б (1 балл), а наихудшими — 1г–и (3 балла).

Возможность развертывания без применения дополнительных крепежных элементов. Наилучшей разворачиваемостью обладают варианты 1а–б (1 балл), а наихудшей — 1в–и (3 балла).

Из данных табл. 2 следует, что лучшими характеристиками обладают конструкции под номерами 1а, б и в (рис. 2). Поэтому, исходя из требований к мобильности и устойчивости конструкции мобильного средства локализации разливов ННП, ряд вариантов конструкции на рис. 1 можно удалить из рассмотрения как не соответствующие приведенным требованиям (рис. 1г–и).

Приемлемыми значениями массы, мобильности, устойчивости и др. обладают только варианты конструкции мобильного средства локализации разливов ННП, представленные на рис. 2.

В качестве примера приведен расчет одного из вариантов конструкции мобильного средства локализации разливов ННП (вариант на рис. 1в), представленного на рис. 3.

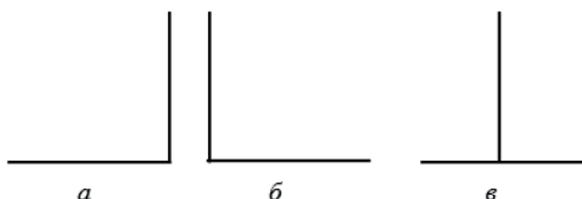


Рис. 2. Варианты конструкции мобильного средства локализации разливов ННП с приемлемыми параметрами

Fig. 2. Design options for a mobile OPP spill containment facility with acceptable parameters

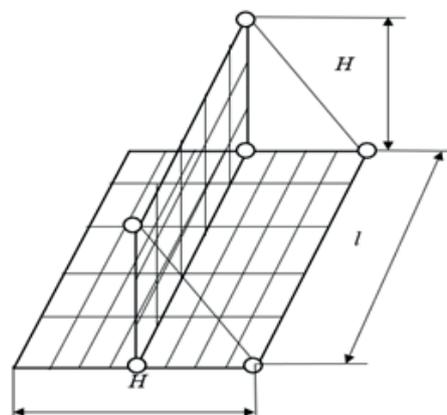


Рис. 3. Вариант в конструкции мобильного средства локализации разливов ННП

Fig. 3. Variant in the design of a mobile means of containment of OPP spills

Шарниры конструкции позволяют складывать ее для транспортировки и наращивания длины заграждения.

Вес конструкции мобильного средства локализации разливов ННП (G) на рис. 3 равен:

$$G = 4G_H + 4G_l + 2G_{\text{сетчатой плоскости}} + 2G_{\text{откоса}} = \rho g \frac{\pi d^2}{4} (4H + 4l + 2 \cdot 1,12H) + 2\rho_c g H l \tag{2}$$

При $\rho_m = 8000 \text{ кг/м}^3$ — удельный вес металла; $d = 0,01 \text{ м}$ — диаметр каркаса; $H = 1 \text{ м}$ — длина боковины; $l = 2 \text{ м}$ — длина продольных частей каркаса; размере сетки $0,1 \times 0,1 \text{ м}$, диаметре прутьев сетки $0,004 \text{ м}$ и удельном весе сетки $\rho_c = 1,75 \text{ кг/м}^2$ получим $G = 15,9 \text{ кг}$.

Пусть уровень ННП, удерживаемых конструкцией, равен h . Тогда на поверхность опоры действует вес конструкции G и жидкости $G_{\text{ж}}$, как показано на рис. 4. От веса ННП, удерживаемых конструкцией мобильного средства локализации разливов ННП, действует сдвигающая сила F .

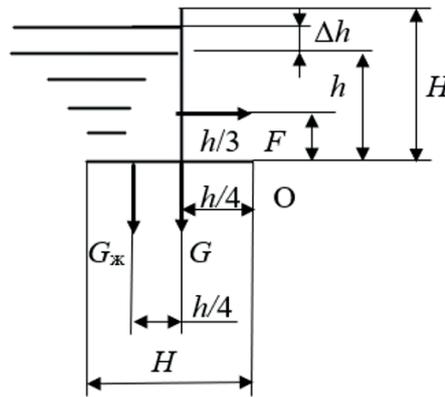


Рис. 4. Силы, действующие на конструкцию мобильного средства локализации разливов ННП
 Fig. 4. Forces acting on the structure of a mobile OPP spill containment facility

Рассмотрим возможность сдвига конструкции мобильного средства локализации

разливов ННП под действием давления массы ННП на вертикальную поверхность.

Критерием сдвига является условие:

$$F > k(G + G_{\text{ж}}), \text{ или } \frac{1}{2}\rho_{\text{ж}}gh^2l > k[\rho g \frac{\pi d^2}{4}(6,24H + l) + 2\rho_c g H l + \rho_{\text{ж}}gh \frac{H}{2}l], \tag{3}$$

где k — коэффициент трения конструкции.

Преобразуя неравенство (3), оставив первое слагаемое веса конструкции G , перенеся $G_{\text{ж}}$ в другую часть неравенства и сократив ρ при условии $\rho = 8\rho_{\text{ж}}$, получим следующее неравенство:

$$hHl(1 - 2k) > 3kd^2(H + l). \tag{4}$$

Из анализа неравенства (4) следует, что левая часть близка нулю или отрицательна, поэтому сдвиг конструкции под действием удерживаемых ННП практически невозможен.

Рассмотрим возможность опрокидывания конструкции мобильного средства локализации разливов ННП под действием сил бокового давления, как показано на рис. 4, вокруг точки O .

Критерием опрокидывания является условие:

$$M_0 > \frac{h}{4} G_{ж}, \text{ или } \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \rho_{ж} g h^2 l > \frac{h}{4} \rho_{ж} g h H l, \tag{5}$$

где M_0 — момент опрокидывания.

Из анализа неравенства (5) следует, что и опрокидывание конструкции вокруг точки О под действием удерживаемых ННП практически невозможно, поскольку левая часть неравенства $h/6$ всегда меньше правой $h/4H$.

Рассмотрим возможный сдвиг конструкции мобильного средства локализации разливов ННП на рис. 4 при наличии осадков, увеличивающих уровень жидкости на Δh , тогда условие сдвига (4) при равенстве $\rho_{ж} = \rho_{\text{ННП}} = \rho_{\text{осадки}}$ примет вид:

$$F > k(G + G_{ж}), \text{ или } \frac{1}{4} \rho_{ж} g (h + \Delta h) H l > k[\rho_{ж} \pi d^2 (H + l) + 2 \rho_{с} g H l + 2,22 H + \rho_{ж} g (h + \Delta h) \frac{H}{2} l]. \tag{6}$$

Из анализа неравенства (6) следует, что по аналогии с неравенством (4) сдвиг конструкции под действием удерживаемых ННП практически невозможен.

Рассмотрим возможность опрокидывания конструкции под действием сил бокового давления (рис. 4) при наличии осадков, увеличивающих уровень жидкости на Δh , вокруг точки О.

Критерием опрокидывания является условие:

$$M_0 > \frac{H}{2} G + \frac{3}{4} G_{ж}, \text{ или } \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \rho_{ж} g (h + \Delta h) H l > \frac{H}{2} [\rho_{ж} \pi d^2 (H + l) + 2 \rho_{с} g H l + 2,22 H] + \frac{3}{4} \rho_{ж} g (h + \Delta h) \frac{H}{2} H l. \tag{7}$$

Из анализа неравенства (7) следует, что опрокидывание конструкции вокруг точки О под действием удерживаемых ННП со слоем осадков практически невозможно.

ции разливов ННП при попутном ветре, учитывая парусность конструкции.

Рассмотрим возможность сдвига конструкции мобильного средства локализа-

Одновременное воздействие на конструкцию удерживаемого слоя ННП ($F_{\text{ННП}}$), осадков ($F_{\text{ос}}$) и попутного ветра ($F_{\text{ос}}$) равно F_{Σ} :

$$F_{\Sigma} = F_{\text{ННП}} + F_{\text{ос}} + F_{\text{ос}} = \rho_{ж} g h \frac{H}{2} l + \rho_{ж} g \Delta h H l + p g (H - h - \Delta h) l. \tag{8}$$

Оценим величину силы при:

$$H = 1 \text{ м}, l = 2 \text{ м}, \rho_{ж} = 1000 \text{ кг/м}^3, p = 138 \text{ Па}, h = 0,3 \text{ м}, \Delta h = 0,05 \text{ м}.$$

Получим:

$$F_{\Sigma} = \rho_{ж} g h \frac{H}{2} l + \rho_{ж} g \Delta h H l + p g (H - h - \Delta h) l = 240 + 100 + 276 \cdot 10^{-5} \approx 400 \text{ кг}.$$

Данные расчетов по обоснованию параметров различных вариантов конструкции

мобильного средства локализации разливов ННП приведены в табл. 3.

Таблица 3
Параметры расчетов вариантов конструкции мобильного средства локализации разливов ННП

Table 3
Calculation parameters of the design options of the mobile OPP spill containment facility

№ п/п	Параметр Parameter	Вариант а Option a	Вариант б Option b	Вариант в Option c
1.	Масса конструкции (секции) (m), кг Weight of the structure (sections) (m), kg	18,3	18,3	15,9
2.	Длина конструкции (секции) (L), м Length of the structure (section) (L), m	2	2	2
3.	Ширина по основанию конструкции (секции) (B), м Width at the base of the structure (section) (B), m	1	1	2
4.	Высота конструкции (секции) (H), м Height of the structure (sections) (H), m	1	1	1
5.	Момент опрокидывания конструкции (M), (условия выполнения) Structure Tipping Moment (M), (Execution Conditions)	+	+	+
6.	Сила сдвига конструкции (F), (условия выполнения) Structural Shear Force (F), (Execution Conditions)	+	+	+

Для конструкции мобильного средства локализации разливов ННП по варианту 1в, согласно табл. 3, выигрыш в массе единичной секции по отношению к вариантам конструкций на рис. 1а и 1б, составляет 2,4 кг. При загрузке конструкции мобильного средства локализации разливов ННП на стандартный транспортный прицеп с наклоняемым кузовом длиной 5 м, в него входит 50 секций, сложенных гармошкой, получим суммарный выигрыш в массе в 120 кг. Этот факт существенно облегчает развертывание конструкции мобильного средства локализации разливов ННП с учетом требований [7].

Результаты и их обсуждение

Таким образом, исходя из требований к мобильности и устойчивости, из всех приведенных вариантов конструкции мобильного средства локализации разливов ННП вариант в (рис. 3) является наиболее рациональным, может считаться отвечающим

предъявляемым требованиям и пригодными для моделирования.

При сравнении результатов математического моделирования расчетные значения параметров конструкции мобильного средства локализации разливов ННП соответствуют ограничениям по имеющимся габаритам предполагаемых средств транспортировки (доставки к месту развертывания) с учетом ограничений при практическом применении [7, 8].

Сравнительные данные по расчетным параметрам конструкции мобильного средства локализации разливов ННП и ограничениям приведены в табл. 4. Исходя из них можно сделать вывод о соответствии расчетных показателей конструкции мобильного средства локализации разливов ННП ограничениям по массогабаритным характеристикам. Результаты математического моделирования обосновывают рациональные параметры и мобильность конструкции мобильного средства локализации разливов ННП, а также соответствие ограничениям.

Таблица 4
Сравнительные данные по расчетным параметрам конструкции мобильного средства локализации разливов ННП и ограничениям по габаритам предполагаемых средств транспортировки

Table 4
 Comparative Data on the Design Parameters of the Mobile Spill Containment Facility and Restrictions on the Dimensions of the Proposed Means of Transportation

№ п/п	Параметр Parameter	Расчетное значение Estimated meaning	Значение ограничения Meaning restrictions	Основание Foundation
1	Длина секции (L), м Section length (L), m	2	≤ 2	Возможность оперативной доставки к месту применения на существующих видах транспорта (автоприцепы с наклонным кузовом) Possibility of prompt delivery to the place of application on existing modes of transport (trailers with inclined body)
2	Ширина секции (B), м Section width (B), m	1	$\leq 1,2$	
3	Высота секции (H), м Section height (H), m	1	$\leq 1,5$	
4	Масса секции (m), кг Section weight (m), kg	15,6	≤ 60	ГОСТ 12.2.033–78 ССБТ, допустимая масса, перемещаемая одним человеком, — 30 кг [7] GOST 12.2.033–78 SSBT, permissible weight moved by one person is 30 kg)

Выводы

1. Актуальность представленной работы обусловлена необходимостью снижения как экономических, так и временных затрат на проведение локализации разливов ННП при авариях на ОПО и других объектах экономики, а также на территориях.
2. Предложена идея сокращения времени локализации разливов ННП за счет применения средств локализации разливов ННП с высокой степенью мобильности, что позволит сократить экономический и экологический ущерб.
3. Приведены данные математического моделирования конструкции мобиль-

ного средства локализации разливов ННП на суше, в рамках которого решены следующие задачи:

- оценка качества средств локализации разливов ННП с учетом их мобильности;
 - создание математической модели конструкции мобильного средства локализации разливов ННП;
 - проработка рациональной конструкции и параметров мобильного средства локализации разливов ННП.
4. Разработка и внедрение мобильного средства локализации разливов ННП на суше позволит снизить экологический и экономический ущерб для объектов экономики и территорий РФ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Владимиров В. А. Разливы нефти: причины, масштабы, последствия // Стратегия гражданской защиты: проблемы исследования. 2014. № 1. С. 217–229.
2. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2022 году // Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору : сайт. URL: https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports (дата обращения: 09.07.2025).
3. Об утверждении Правил организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории РФ, за исключением внутренних морских вод и территориального моря РФ, а также о признании утратившими силу некоторых актов Правительства РФ : постановление Правительства РФ от 31.12.2020 № 2451 // Гарант.ру : информационно-правовой портал. URL: <https://clck.ru/3PEGNv> (дата обращения: 12.07.2025).
4. Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Соколов Ю. И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. М., 2005. 368 с.
5. Гарелина С. А., Латышенко К. П., Скрынников А. Ю. К вопросу разработки мобильного средства локализации разливов нефти и нефтепродуктов // Проблемы противодействия техногенным, биогенным, социокультурным угрозам и пути их решения : сб. мат. научно-практической конференции / ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). М., 2023. С. 13–19.
6. Рекомендации по применению технических средств при ликвидации последствий разлива нефтепродуктов / ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). М., 2020. 33 с.
7. ГОСТ 12.2.033–78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования : госуд. стандарт СССР : утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министерства России от 26.04.1978. М., 1978. 9 с.
8. ТУ 8026-010-35615057–03. Подпорные стенки нефтеграждающие // ЛЕССОРБ : сайт. URL: lessorb.ru/products/bony/podpornye_stenki (дата обращения: 04.07.2025).

REFERENCES

1. Vladimirov V. A. Oil Spills: Causes, Scales, Consequences // Strategy of Civil Protection: Research Problems. 2014. № 1. pp. 217–229.
2. Annual report on the activities of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision in 2022 // Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision : website. URL: https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports (date of application: 09.07.2025).
3. On Approval of the Rules for the Organization of Measures for the Prevention and Elimination of Oil and Oil Products Spills on the Territory of the Russian Federation, Except for Internal Sea Waters and the Territorial Sea of the Russian Federation, as well as on the Invalidation of Certain Acts of the Government of the Russian Federation : decree of the Government of the Russian Federation dated 31.12.2020 № 2451 // Garant.ru : information and legal portal. URL: <https://clck.ru/3PEGNv> (date of application: 12.07.2025).

4. Vorobyov Yu. L., Akimov V. A., Sokolov Yu. I. Prevention and liquidation of emergency oil and oil products. М., 2005. 368 p.
5. Garelina S. A., Latyshenko K. P., Skrynnikov A. Yu. Problems of countering technogenic, biogenic, socio-cultural threats and ways to solve them : proceedings of the International Scientific and Practical Conference / VNII GOChS (FC). М., 2023. pp. 13–19.
6. Recommendations for the use of technical means in the liquidation of the consequences of an oil spill / VNII GOChS (FC). М., 2020. 33 p.
7. GOST 12.2.033–78. SSBT. Workplace when performing work standing. General ergonomic requirements : state. USSR standard: approved and put into effect by the resolution of the State Committee for Standards of the Council of the Ministry of Russia 26.04.1978. М., 1978. 9 p.
8. TU 8026-010-35615057–03 Oil retaining walls // LESSORB : website. URL: lessorb.ru/products/bony/podpornye_stenki (date of application: 04.07.2025).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Скрынников Алексей Юрьевич, старший преподаватель учебно-методического отдела Института развития МЧС России Академии гражданской защиты МЧС России (141435, Российская Федерация, Московская область, г. Химки, мкр. Новогорск, ул. Соколовская, стр. 1А); SPIN-код: 7465-2434; AuthorID: 865332; e-mail: skrynnikov@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Alexey Yu. Skrynnikov, Senior Lecturer of the Educational and Methodological Department of the Institute of Development of Civil Defence Academy EMERCOM of Russia (Sokolovskaya, 1A, Khimki, 141435 Russian Federation); SPIN-код: 7465-2434; AuthorID: 865332; e-mail: skrynnikov@yandex.ru

Поступила в редакцию 22.07.2025
Одобрена после рецензирования 11.08.2025
Принята к публикации 15.09.2025