

<https://doi.org/10.23672/SAE.2023.57.23.007>

УДК 332

Асманкин Евгений Генадьевич

старший преподаватель кафедры химии и инженерной экологии,
Российский университет транспорта (МИИТ)
Asmankin@mail.ru

Мохов Максим Сергеевич

студент направления технология транспортных процессов
«Организация и управление перевозок на автомобильном транспорте»,
Российский университет транспорта (МИИТ)
Mokhov@mail.ru

Яньшин Дмитрий Иванович

студент направления технология транспортных процессов
«Организация и управление перевозок на автомобильном транспорте»,
Российский университет транспорта (МИИТ)
Yanshin@mail.ru

Желнов Матвей Ильич

студент направления технология транспортных процессов
«Организация и управление перевозок на автомобильном транспорте»,
Российский университет транспорта (МИИТ)
Zhelnov@mail.ru

Бажин Алексей Иванович

студент направления технология транспортных процессов
«Организация и управление перевозок на автомобильном транспорте»,
Российский университет транспорта (МИИТ)
Bazhin@mail.ru

Evgeny G. Asmankin

Senior Lecturer of the Department of Chemistry and Environmental Engineering,
Russian University of Transport (MIIT)

Maxim S. Mokhov

student, direction Technology of transport processes "Organization and
management of transportation by road transport",
Russian University of Transport (MIIT)

Dmitry I. Yanshin

student, direction Technology of transport processes "Organization and
management of transportation by road transport",
Russian University of Transport (MIIT)

Matvey I. Zhelnov

student, direction Technology of transport processes "Organization and management of transportation by road transport",

Russian University of Transport (МИИТ)

Alexey I. Bazhin

student, direction Technology of transport processes "Organization and management of transportation by road transport",

Russian University of Transport (МИИТ)

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РИСКА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

CALCULATION OF PARAMETERS OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC RISK ASSESSMENT DURING TRANSPORTATION OF PETROLEUM PRODUCTS BY RAIL

***Аннотация.** Статья представляет собой исследование, которое посвящено оценке воздействия перевозки нефти и нефтепродуктов на окружающую среду и атмосферу при использовании железнодорожного транспорта. В данной работе представляется метод расчета параметров экологической и экономической оценки риска, который позволяет определить вероятность возникновения экологических последствий при перевозке нефтепродуктов на железнодорожном транспорте. Для этого использовались различные факторы, включающие в себя характеристики транспортных средств, количество и характер грузов, особенности маршрута и условия перевозки. В представленной работе приводятся результаты расчетов, которые позволяют оценить экологические риски при разрыве котла вагона-цистерны в различных условиях. Данное исследование имеет высокую степень актуальности, поскольку железнодорожные перевозки нефтепродуктов постоянно увеличиваются, и необходимо принимать меры, чтобы они были более безопасными, не оказывали негативного влияния на природную среду и здоровье людей. Более того, в данном исследовании имеются примеры математических расчетов, применяемых для оценки разного рода рисков, имеющих при выполнении железнодорожных перевозок нефтесодержащих продуктов. Авторы данного научного исследования полагают, что предложенный ими метод даст возможность увеличить степень контроля за разного рода рисками экологического характера, что очень важно в плане безопасности железнодорожных перевозок, охраны окружающей среды и снижения негативного влияния на здоровье*

населения. Таким образом, данная статья может быть полезна работникам и специалистам, работающими в области экологии и экономики железнодорожного транспорта, а также организациям, которые занимаются перевозками нефтепродуктов.

Ключевые слова: Транспортировка нефтепродуктов железнодорожным транспортом, эколого-экономические оценки, железнодорожные перевозки нефтепродуктов.

Abstract. *The article is a study devoted to assessing the impact of transportation of oil and petroleum products on the environment and atmosphere when using rail transport. In this paper, we present a method for calculating the parameters of environmental and economic risk assessment, which allows us to determine the probability of environmental consequences during the transportation of petroleum products by rail. To do this, various factors were used, including the characteristics of vehicles, the quantity and nature of cargo, route features and conditions of transportation. The presented paper presents the results of calculations that allow us to assess the environmental risks of a tank car boiler rupture in various conditions. This study has a high degree of relevance, since rail transportation of petroleum products is constantly increasing, and it is necessary to take measures so that they are safer, do not have a negative impact on the natural environment and human health. Moreover, in this study there are examples of mathematical calculations used to assess various kinds of risks that exist when performing railway transportation of oil-containing products. The authors of this scientific study believe that their proposed method will make it possible to increase the degree of control over various kinds of environmental risks, which is very important in terms of railway safety, environmental protection and reducing the negative impact on public health. Thus, this article may be useful to employees and specialists working in the field of ecology and economics of railway transport, as well as organizations that are engaged in the transportation of petroleum products.*

Keywords: *Transportation of petroleum products by rail, ecological and economic assessments, railway transportation of petroleum products.*

Транспортировка нефтепродуктов на железном дорожном транспорте занимает значительную долю всех перевозок. Порядка 40% грузов приходится на нефтепродукты, несмотря на то, что транспортировка грузов железнодорожными перевозками существенно снижает стоимость транспортировки в отличие от других

транспортировок, таких как авиационные, морские и т.д. Одним из самых экологических и экономически эффективных способов транспортировки является железная дорога.

Основная задача данного научного исследования заключается в разработке методических рекомендаций для определения объема ущерба окружающей среде при разрушении целостности цистерны, в которой перевозят нефтепродукты.

В настоящее время перевозки по железной дороге считаются наиболее целесообразными с экономической точки зрения, а также, самыми экологичными. При этом риск аварий присутствует в любом случае, и они периодически случаются, что приводит к разливу нефтепродуктов и загрязнению окружающей среды. Очень важно понимать реальную степень рисков, связанных с такими ситуациями, чтобы определять правила, по которым следует безопасно транспортировать нефтепродукты[1].

Риски с точки зрения экологии - это вероятность нанесения окружающей среде определенного ущерба. Это может быть загрязнение, уничтожение растений и животных, приведение в негодность сельскохозяйственных земель, угроза безопасному проживанию людей, повреждение или уничтожение их имущества.

Любые риски всегда имеют отношение к опасности. При этом опасность может быть разного рода. Она может быть связана с загрязнением почвы, воды, воздуха, выбросами вредных веществ, которые негативно влияют на экосистему. Последствия таких ситуаций могут быть ближайшими или отдаленными. Ближайшие последствия - вред, причиненный непосредственно в момент аварии, либо сразу после нее. Отдаленные последствия становятся очевидными через большой промежуток времени. Это может быть постепенный рост заболеваний у населения, проживающего в районе экологической аварии, угнетение экосистемы и другие негативные последствия. Все, что связано с возможностью негативно повлиять на окружающую среду, имеет отношение к экологическим рискам[2].

В том случае, если экологический ущерб можно выразить в денежном эквиваленте, речь идет об эколого-экономических рисках.

Чтобы определить вероятность наступления эколого-экономического риска при железнодорожных перевозках нефтепродуктов, разрабатывают различные сценарии развития ситуаций, связанных с железнодорожными происшествиями и крушениями составов.

В упрощенном виде, принято учитывать три наиболее вероятных сценария:

Нарушение целостности цистерны, что приводит к разливу нефтепродуктов и их попаданию в почву и воду.

Нарушение целостности цистерны с возгоранием разлившихся нефтепродуктов.

Происшествия, не связанные с нарушением целостности цистерны и разливом нефтепродуктов.

Для оценки рисков, связанных с приведенными выше ситуациями, обычно используют уравнение:

$$R_M^{\exists}(B_i) = R_M(B_i) \cdot \sum_{K=1}^3 P_n(B_i) \cdot Y_n(B_i), \quad (1)$$

здесь $R_M(B_i)$ - вероятность возникновения ситуации B_i при следовании железнодорожного состава по заданному маршруту;

$P_n(B_i)$ - вероятность осуществления n -го ($n=1,2,3$) варианта осуществления аварийной ситуации, которая будет являться событием B_i , что относится для осуществления железнодорожных перевозок нефтепродуктов;

$Y_n(B_i)$ - экономический ущерб от экологического происшествия, возникшего в ходе n -го варианта развития неблагоприятных экологических событий.

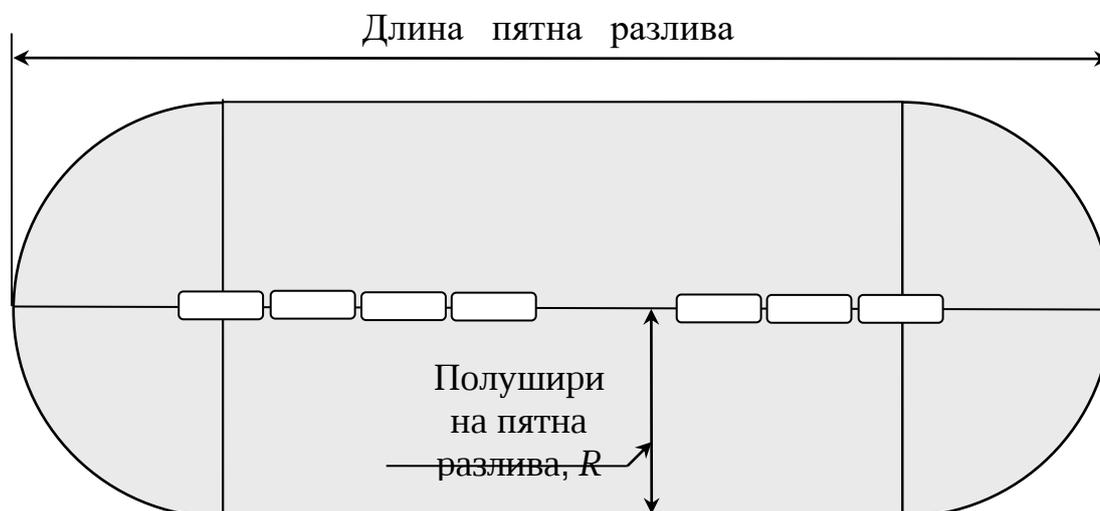
Имея статистику аварийных ситуаций за заранее заданный период, можно вычислить значения $P_n(B_i)$.

Для определения $Y_n(B_i)$ допускались определенные допущения, с помощью которых можно было оценить максимальный размер ущерба от экологически неблагоприятной ситуации. Объем нефтепродуктов, загрязнивших почву G_n или водную среду G_s можно вычислить, если знать количество загрязняющего реагента и площадь, на которой он был разлит, а также расстояние от места разлива до открытой водной среды и ее протяженность, непосредственно примыкающая к железной дороге [3].

Самым главным параметром, на который нужно обращать внимание при планировании мероприятий по ликвидации разлива нефтепродуктов, является размер пятна разлива и его форма. При этом определяется

расстояние от железнодорожных путей до границы возможного разлива.
(Ошибка! Источник ссылки не найден.).

Схема 1 – Площадь пятна разлива нефтепродуктов.



В данной работе не получено, а используется уравнение для расчета площади пятна, которое позволяет оценить воздействие разлива нефтепродуктов на окружающую среду и ее компоненты. Оно основано на изучении состава нефтепродуктов, характеристик окружающей среды и ее возможностей к самоочищению. С помощью этого уравнения можно определить области, подвергшиеся наибольшему воздействию разлива, и оценить необходимость восстановительных работ. Согласно данной формулы, рассчитывается длина пятна разлива при возникновении аварии [4].

$$L_n = \sum_i (L_4 \cdot n_4^i + L_8 \cdot n_8^i) + 2R, \quad (2)$$

полуширина пятна разлива R , м определяется по формуле

$$R = \sqrt{A^2 + B} - A, \quad (3)$$

Где
$$A = 1/\pi \sum_i (L_4 \cdot n_4^i + L_8 \cdot n_8^i), \quad (4)$$

$$B = S/\pi, \quad (5)$$

в данном случае L_4, L_8 – длина в метрах цистерны, у которой имеется 4 или 8 осей соответственно;

n_4^i, n_8^i - общее количество цистерн с 4 и 8 осями, которые используются для перевозки нефтепродуктов;

S – площадь, на которой произошел разлив, м².

Чтобы определить размер пятна, загрязненного нефтепродуктами, обычно используют уравнение:

$$S = 53,3 \left(G_n / \bar{\rho}_n \right)^{0,89}, \text{ м}^2, \quad (6)$$

здесь $\bar{\rho}_n = G_n / \sum G_n^i / \rho^i$ – величина плотности нефтепродуктов, загрязнивших окружающую среду, т/м³;

ρ^i – плотность нефтепродуктов i -го вида, т/м³.

Количество нефтепродуктов, загрязнивших окружающую среду G_n рассчитывается как интегральное значение нефтепродуктов i -го вида по уравнению:

$$G_n = \sum G_n^i, \text{ т}, \quad (7)$$

здесь G_n^i – количество нефтепродуктов i -го вида, загрязнивших окружающую среду, т.

Рассмотрим ситуацию при разрыве двух цистерн четырёхосных вагонов. Для примера, возьмём вагон цистерну «15-9993-03», перевозящую нефть и имеющую следующие технические характеристики[5]. Перейдём к расчётам:

$$G_n = 146,6 \text{ т}. \quad (8)$$

Далее рассчитываем площадь пятна разлива

$$S = 53,3 * (146,6 / 0,85)^{0,89}, \text{ м}^2. \quad (9)$$

Отсюда получаем значение 5216,8 м²

После рассчитываем полуширину пятна разлива, R

$$R = (\sqrt{7,642 + 33,9}) - 7,64 = 33,9 \text{ м} \quad (10)$$

В заключении, по указанной выше формуле получим длину пятна разлива

$$L_n = 91,8 \text{ м} \quad (11)$$

На основании нормативно-правового акта «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами»[6].

Ущерб $У_3(S)$ от попадания в почву нефтепродуктов рассчитывается по уравнению:

$$Y_3(S) = H_c S K_n K_g K_{3(i)} K_z, \quad (12)$$

здесь $Y_3(S)$ – величина выплат за нанесение ущерба почвам, связанным с разливом, руб.;

H_c – кадастровая величина стоимости земель, отнесенных к сельхозугодьям, тыс. руб./га;

S – вероятный размер земель, которые могут быть загрязнены нефтепродуктами в результате экологически неблагоприятной ситуации, га

K_n – коэффициент, который зависит от времени, необходимого для восстановления экологического равновесия.

K_g – коэффициент, который зависит от уровня загрязненности почвы продуктами разлива.

$K_{3(i)}$ – коэффициент, связанный с уровнем экологической катастрофы и уровнем охраны территории, на которой произошло происшествие.

K_z – коэффициент, связанный с уровнем проникновения разлитых нефтепродуктов в почву. [7]

На основе подобранных параметров можно сказать, что эколого-экономическая оценка напрямую зависит от перевозимых грузов, а также масштаба аварийной ситуации, следовательно в зависимости от пятна полуразлива нефти будет определяться масштаб или величина эколого-экономического риска при перевозке нефтепродуктов на железнодорожном транспорте.

Расчеты, представленные в статье, помогут упростить расчеты эколого-экономических оценок в последствии разлива нефтепродуктов при разрыве котла вагона-цистерны.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование в формате double-blind peer review (рецензенту неизвестны имя и должность автора, автору неизвестны имя и должность рецензента). Рецензия может быть предоставлена заинтересованным лицам по их запросу.

Review

All articles are reviewed in the double-blind peer review format (the reviewer does not know the name and position of the author, the author does not know the name and position of the reviewer). The review can be provided to interested persons upon request.

Литература

1. *Межгосударственный стандарт «Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение ГОСТ 1510-2022»;*

2. Соколов Ю.И. Вопросы безопасности транспортировки опасных грузов. // Журнал «Проблемы анализа риска». Т.6. № 1. 2009 г.;
3. Анненков А.В. «Оптимизация перевозок нефтеналивных грузов на железнодорожном транспорте». // М.: ВИНТИ РАН, 1999.-154 с
4. Петров С.В. «Совершенствование методов оценки и управления аварийным риском в чрезвычайных ситуациях при перевозке нефтепродуктов на железнодорожном транспорте». // дис. канд. тех. наук. – М., 2009
5. Руководство по эксплуатации ЦДЛР.0121.00.00.000 РЭ «Вагон-цистерна для химических грузов модель 15-9993-03» // Согласовано Заместителем начальника Департамента технической политики ОАО «РЖД» 29.09.2021
6. Нормативный документ «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» // Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации от 27.12.1993 N 04-25
7. Положение о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. // Утверждено Постановлением Правительства РФ № 1094 от 13.9.1996 г.

References

1. Interstate standard “Oil and oil products. Marking, packaging, transportation and storage GOST 1510-2022”;
2. Sokolov Yu.I. Questions of safety of transportation of dangerous freights. // Journal "Problems of Risk Analysis". Т.6. No. 1. 2009;
3. Annenkov A.V. "Optimization of transportation of bulk oil cargoes by railway transport". // М.: VINITI RAN, 1999.-154 p.
4. Petrov S.V. "Improving methods for assessing and managing accident risk in emergency situations during the transportation of petroleum products by rail." // dis. cand. those. Sciences. - М., 2009
5. Operating manual TsDLR.0121.00.00.000 RE “Chemical tank car model 15-9993-03” // Approved by the Deputy Head of the Technical Policy Department of Russian Railways on September 29, 2021
6. Regulatory document "The procedure for determining the amount of damage from land pollution by chemicals" // Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of the Russian Federation dated December 27, 1993 N 04-25
7. Regulations on the classification of natural and man-made emergencies. // Approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 1094 of September 13, 1996