



УДК 621.64(075.8)

МЕТОД МИНИМИЗАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОВОДОВ И НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДОВ НА ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ ЧЕРЕЗ ДЕФЕКТЫ ТИПА «ПРОКОЛ (ТРЕЩИНА)»

О.В. Киселев, К.А. Шипило, В.К. Липский,

METHOD OF MINIMIZING THE CONSEQUENCES OF SPREADS OF OIL AND OIL PRODUCTS PIPELINES ON SUB-WATER TRANSITIONS THROUGH DEFECTS OF TYPE «PROCOLE (CRACK)»

O.V. Kiselev, K.A. Shipilo, V.K. Lipskiy

Аннотация. Наличие магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов на территории Республики Беларусь является важным фактором в экономике государства. Протяженность магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов, расположенных на территории страны, составляет более 4 тыс. км. Эксплуатация магистральных нефте- и продуктопроводов не сопровождается систематическим загрязнением окружающей среды, что делает трубопроводный транспорт экологически чистым видом транспорта, однако находящиеся в полости трубопроводов продукты перекачки являются потенциально опасными и легковоспламеняющимися веществами, риск выхода которых из аварийного трубопровода влечёт за собой высокую экологическую и промышленную опасность. При этом может происходить загрязнение всех компонентов окружающей среды, а наиболее тяжёлые последствия возникают при загрязнении крупных водотоков. В статье рассмотрен метод, который позволяет сократить потери нефти или нефтепродукта в результате разгерметизации трубопроводов на подводных переходах при одновременном снижении ущерба окружающей среде. Описан панируемый к применению комплекс средств и мероприятий по минимизации последствий аварий на водных акваториях.

Ключевые слова: подводный переход; трещина; прокол; разгерметизация; ущерб; нефтепровод; нефтепродуктопровод; нефть; нефтепродукт; авария; дефект; насос.

Abstract. The availability of main oil pipelines and oil product pipelines on the territory of the Republic of Belarus is an important factor in the economy of the state. The length of the main oil pipelines and oil product pipelines located on the territory of the country is more than 4 thousand km. The operation of the main oil and product pipelines is not accompanied by systematic pollution of the environment, which makes pipeline transport an environmentally friendly mode of transport, but pumping products located in the pipeline cavity are potentially dangerous and flammable substances, the risk of escape from an emergency pipeline entails a high environmental and industrial hazard. At the same time, pollution of all components of the environment can occur, and the most severe consequences arise from the pollution of large watercourses. The article considers a method that allows to reduce losses of oil or oil products as a result of depressurization of pipelines on underwater crossings while reducing damage to the environment. A package of tools and measures for minimizing the consequences of accidents on water areas is described.

Key words: underwater passage; crack; puncture; depressurization; damage; pipeline; oil product pipeline; oil; oil product; accident; defect; pump.

Введение

Риск, связанный с повышением вероятности аварийных ситуаций, влекущих за собой разрывы трубопроводов и разливы нефти и нефтепродуктов, значительно возрастает с увеличением сроков нахождения в эксплуатации объектов магистрального трубопроводного транспорта

При проведении локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на водных объектах целый комплекс разнообразных задач, решение которых основано на использовании различных методов и технических средств. В статье рассматривается новый метод уменьшения опасных последствий разгерметизации нефте- и нефтепродуктопроводов на подводных переходах.

Подводный переход – это особый конструктивный элемент линейной части магистрального трубопровода, аварийный разлив на которых влечёт за собой тяжёлые экологические последствия. Деятельность, направленную на предупреждение, ликвидацию и минимизацию последствий аварийных разливов нефти на подводных переходах регламентируют ряд технических нормативных правовых актов, определяющих правила проектирования, строительства и эксплуатации подводных переходов.

Категории дефектов на нефте- и нефтепродуктопроводах

Аварии на нефтепроводах и нефтепродуктопроводах в зависимости от параметров дефектов принято разделять на 3 категории [1]:

- с проколом (трещиной) внутренним диаметром (длиной) менее 20мм;
- с отверстием внутренним диаметром более 20мм;
- с разрывом (диаметр дефекта больше радиуса трубопровода).

Для отнесения уровня аварии к одной из категорий пользуются приложением 1 к инструкции [2]. Сокращенное содержание этого приложения представлено в таблице 1, из которой видно, что авария с выходом нефти или нефтепродукта на поверхность реки либо водоема по масштабу ущерба окружающей среде может носить региональный или даже общегосударственный характер.

Таблица 1 – Уровни аварий на подводном переходе

| Признак чрезвычайной ситуации | Уровень аварии на подводном переходе | | | |
|--|--------------------------------------|--|---|---|
| | локальный | местный | региональный | республиканский |
| Аварии на нефте- или нефтепродуктопроводе в результате чего произошла его разгерметизация либо его элементов | Факт разгерметизации трубопровода | С разливом нефти либо нефтепродукта в пределах охранной зоны без угроз загрязнения малых рек, водоемов | С разливом нефти или нефтепродукта за пределы охранной зоны без угроз загрязнения малых рек, водоемов, промышленных и других объектов | Разгерметизация подводного перехода через судоходные реки и попадание нефти или нефтепродукта в водоемы |

В связи с тем, что нефте- и продуктопроводы, расположенные на территориях Республики Беларусь и Российской Федерации имеют длительный срок эксплуатации, наиболее высокая вероятность принадлежит авариям первой категории, с образованием дефектов типа «прокол (трещина)». К данному типу дефектов также можно отнести коррозионные свищи, отпотины и другие точечные дефекты. Такие дефекты носят, в основном, локальный характер и возникают из-за внешнего или внутреннего воздействия на трубопровод либо из-за местных развивающихся коррозионных зон. Эти дефекты характеризуются, с одной стороны, небольшими объемами выхода нефти или нефтепродукта в случае аварии, а с другой – сложностью их обнаружения.

Система береговых насосов

В данной статье предлагается метод сокращения объёмов разлившейся нефти или нефтепродукта при авариях в результате образования дефектов первой категории. Метод предусматривает использование системы, включающей в себя следующий комплекс оборудования:

- береговые аварийные вакуумные насосы;
- автоматизированные секучие задвижки;
- узлы вспомогательных трубопроводов;
- контрольно-измерительные приборы.

Аварийные береговые насосы с секучими задвижками устанавливаются на обоих берегах подводного перехода. Типовая технологическая схема монтажа насосов изображена на рисунке 1. Работа системы осуществляется следующим образом. В случае обнаружения падения давления на участке трубопровода (рис.1, поз.1) в результате его прокола (рис.1, поз.8) в пойменной, либо русловой, части подводного перехода, оператор перекачивающей станции (далее - ПС) останавливает перекачку нефти или нефтепродукта по всему участку (рис.1, поз.6), обеспечивает определение местоположение дефекта, осуществляет закрытие секучих береговых задвижек (рис.1, поз.7), обеспечивает открытие задвижек (рис.1, поз.2) по линии аварийных береговых насосов (рис.1, поз.3) и включает аварийные насосы (с обоих берегов) в работу. В связи с различной плотностью воды и нефти (нефтепродукта) ($\rho_{\text{воды}} > \rho_{\text{диз.топлива}}$), за счет давления воды и подпора (всаса) береговых насосов нефть либо нефтепродукт откачивается в ёмкости сбора утечек нефти, а вода заполняет трубопровод через образовавшийся дефект, не давая при этом высвободиться перекачиваемой жидкости из полости трубопровода в окружающую водную среду. Затем из емкости утечек нефть либо нефтепродукт откачивается за секучие береговые задвижки в систему трубопровода и далее в резервуары ПС. Отсутствие перетока и смену направления потока углеводородов исключает установка обратного клапана (рис.1, поз.5). Дополнительно, в случае отсутствия возможности откачки нефти или нефтепродукта за секучие задвижки (рис.1, поз.6), на емкостях утечек (рис.1, поз.4) предусматривается установка узла для подключения вакуум-бочек аварийных бригад.

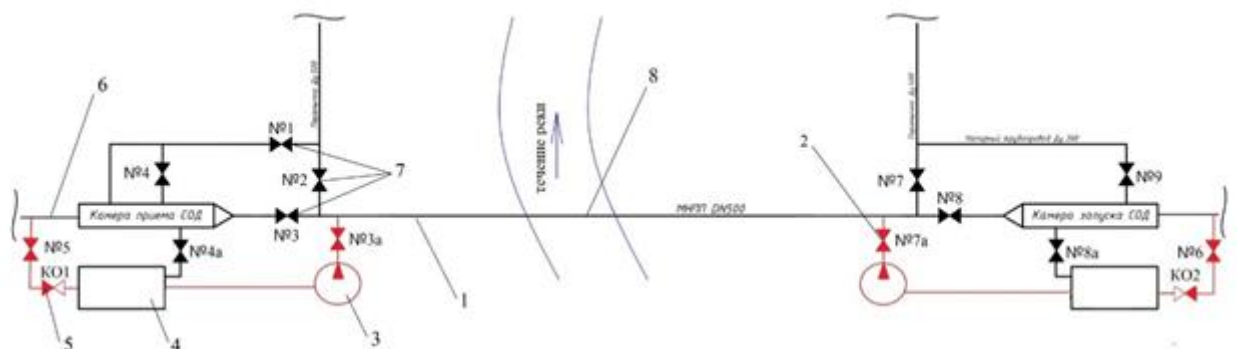


Рисунок 1 – Предлагаемая технологическая схема монтажа береговых насосов на подводном переходе

Таким образом, в полости трубопровода, фактически, создается гидрозатвор между нефтью (нефтепродуктом) и водным пространством реки. Даже в случае неполной откачки нефти либо нефтепродукта из дефектного участка трубы, гидрозатвор (см. рис. 2) за счет

давления воды и ее плотности не даст перекачиваемой жидкости попасть в водное пространство.

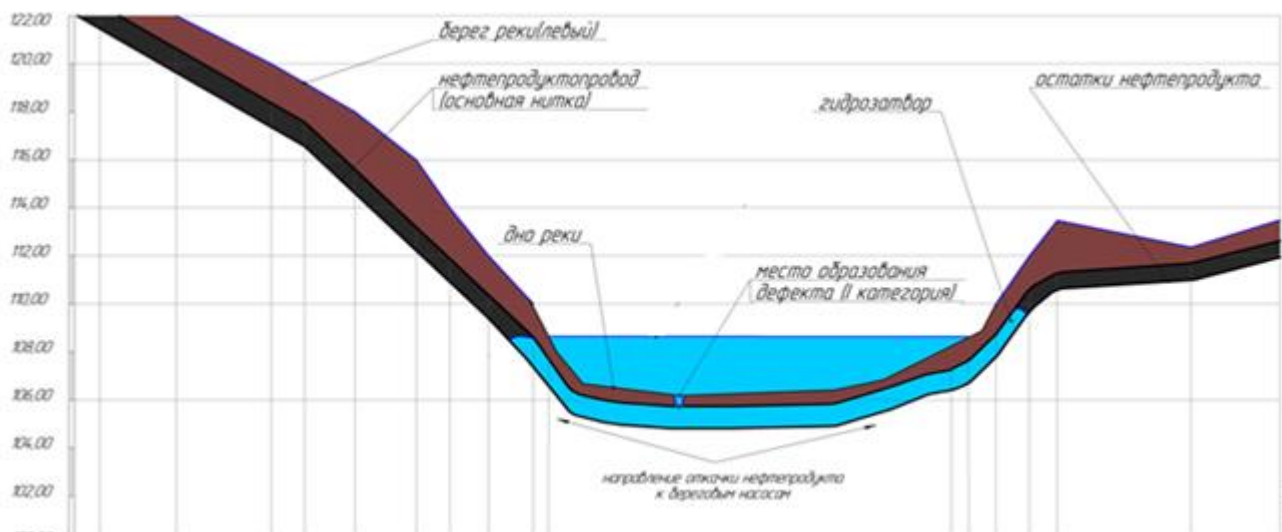


Рисунок 2 – Принцип работы системы береговых насосов - обеспечение образования гидрозатвора

Для проверки целесообразности применения вышеуказанной системы, необходимо выполнить расчет потерь нефти или нефтепродукта на подводном переходе с заданными параметрами.

Ориентировочный объем загрязнения и ущерб причиненный окружающей среде в текущих условиях и после применения предложенной системы рассчитан по методическим указаниям расчета объемов разлива нефти или нефтепродукта, в случае возникновения дефектов типа «прокол» (трещина) [3].

Оценка эффективности системы береговых насосов

Для моделирования аварии рассмотрим подводный переход нефтепродуктопровода через реку со следующими параметрами:

- протяженность перехода – 430м. (переход ограничен береговыми задвижками);
- транспортируемый нефтепродукт – дизельное топливо;
- наружный диаметр нефтепродуктопровода – 530мм;
- толщина стенки нефтепродуктопровода – 8мм.
- рабочее давление в нефтепродуктопроводе – 5,3МПа
- производительность перекачки в момент аварии – 1140м³/ч
- перепад между высотными отметками береговых задвижек – 3м.

Расчет ожидаемых объемов утечки нефти или нефтепродукта при аварийном разрушении нефтепродуктопровода выполняется с учетом особенностей профиля трубопровода и режима его работы.

При аварии на рассматриваемом подводном переходе без применения системы аварийной откачки нефтепродукта получим следующие результаты:

- объем утечки – 115м³ (с учетом ее обнаружения в течении 6-ти часов);
- площадь загрязненной водной поверхности реки – 5750 м².

В случае применения системы аварийной откачки нефтепродукта получим следующие значения:

- расчетное значение высвободившегося нефтепродукта через «прокол (трещину)» до момента идентификации места аварии и закрытия секущих береговых задвижек составит – 35м³.

- расчетное значение нефтепродукта откачанного аварийными насосами после закрытия секущих задвижек и открытия аварийной линии через «прокол (трещину)» составит – 70м^3 .

- расчетное значение высвободившегося нефтепродукта за время от-крытия аварийной линии– 10м^3 .

Сводные данные результатов расчетов на основании источников [4, 5] и приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сводные данные результатов расчетов

| Ориентировочные значения потерь нефтепродукта в результате возможной аварии на подводном переходе, м^3 | | Экономический ущерб, руб. РБ | |
|---|---|--|---|
| По существующему ПЛАРН | С применением аварийных береговых насосов | Без применения аварийных береговых насосов | С применением аварийных береговых насосов |
| 115 | 45 | 563 500,00 | 220 500,00 |

В настоящее время большинство подводных переходов входящих в системы магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов Российской Федерации и Республики Беларусь оснащены емкостями утечек [6] и вакуумными насосами, что позволяет осуществить дооснащение существующего оборудования для применения предлагаемого метода. При проектировании вновь строящихся переходов, либо при их реконструкции имеется возможность также предусмотреть систему аварийных насосов. Кроме того, применение аварийных береговых насосов может быть полностью автоматизировано путем интеграции алгоритма их работы в систему контроля утечек участка.

Заключение

На примере моделирования аварии с «проколом» нефтепродуктопровода на подводном переходе реки с заданными параметрами были получены данные о целесообразности использования данного метода. Снижение потерь нефтепродуктов по результатам аварии ориентировочно составило – 70м^3 . Экономический ущерб ориентировочно снижен на 343 000,00 руб. РБ.

Безусловно, для использования вышеуказанного метода на практике необходимо провести испытания и опробование данного метода в реальных условиях, подобрать соответствующие оборудование, рассчитать экономическую составляющую и обосновать его использования для каждого конкретного подводного перехода.

В случае установки аварийных насосов на подводные переходы, необходимо также организовать переработку планов ликвидации аварий на ПП [7] предприятия, переподготовку специалистов с учетом установки и порядка работы нового оборудования.

Приняв к сведению недостаточное изучение вопроса минимизации последствий от разгерметизации нефтепродуктопроводов на подводных переходах в масштабе трубопроводных компаний, можно отметить, что данный метод снижения последствий от аварий направлен на систематизацию и оперативность ликвидации аварий на магистральных нефтепродуктопроводах и, при тщательном его изучении, может найти применение не только на территории Республики Беларусь, но и за рубежом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник инженера по эксплуатации нефтегазопроводов и продуктопроводов / Ю.Д. Земенков, Г.Г. Васильев, С.М. Дудин. Москва: Ин-фра-Инженерия, 2006. 928 с.

2. Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 19.02.2003 №17 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.08.2000г. № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов» (в ред. Постановления Правительства РФ от 15.04.2002г. № 240).

4. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 апреля 2008 г. №43 «Об утверждении Инструкции о порядке установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в водные объекты».

5. Указ Президента Республики Беларусь от 24 июня 2008 г. № 348. «О таксах для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде».

6. РД-75.200.00-КТН-012-14 «Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Переходы магистральных трубопроводов через водные преграды. Нормы проектирования», ПАО «Транснефть», 2014.

7. РД-13.020.40-КТН-025-14 «Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Требования к разработке плана по предупреждению и ликвидации разливов нефти (нефтепродуктов) на переходах МН (МНПП) через водные преграды», ПАО «Транснефть», 2014.

REFERENCES

1. *Spravochnik inzhenera po ekspluatatsii neftegazoprovodov i produktoprovodov* [The reference book of the engineer for the operation of oil and gas pipelines and product pipelines]. Yu.D. Zemenkov, G.G. Vasil'ev, S.M. Dudin. Moskva: In-fra-Inzheneriya, 2006. 928 p.

2. *Postanovlenie Ministerstva po chrezvychaynym situatsiyam Respubliki Belarus' ot 19.02.2003 № 17 «O klassifikatsii chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera»* [Decree of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus of 19.02.2003 No. 17 "On the classification of emergency situations of natural and man-made nature"]].

3. *Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 21.08.2000g. № 613 «O neotlozhnykh merakh po preduprezhdeniyu i likvidatsii aviarnykh razlivov nefiti i nefteproduktov» (v red. Postanovleniya Pravitel'stva RF ot 15.04.2002. № 240)* [Decree of the Government of the Russian Federation of 21.08.2000. No. 613 "On Urgent Measures to Prevent and Eliminate Accidental Oil and Oil Products Spills" (as amended by RF Government Resolution No. 240 of April 15, 2002)].

4. *Postanovlenie Ministerstva prirodnykh resursov i okhrany okruzhayushchey sredy Respubliki Belarus' ot 29 aprelya 2008 g. №43 «Ob utverzhdenii Instruksii o poryadke ustanovleniya normativov dopustimykh sbrosov khimicheskikh i inykh veshchestv v vodnye ob"ekty»* [Resolution of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus of April 29, 2008 No. 43 "On approval of the Instruction on the procedure for establishing standards for the permissible discharges of chemical and other substances into water bodies"].

5. *Ukaz Prezidenta Respubliki Belarus' ot 24 iyunya 2008 g. № 348. «O taksakh dlya opredeleniya razmera vozmeshcheniya vreda, prichinennogo okruzhayushchey srede»*. [Decree of the President of the Republic of Belarus of 24 June 2008 No. 348. "On fees for determining the amount of compensation for damage caused to the environment"]].

6. *RD-75.200.00-КТН-012-14 «Magistral'nyy truboprovodnyy transport nefiti i nefteproduktov. Perekhody magistral'nykh truboprovodov cherez vodnye pregrady. Normy proektirovaniya»*, ПАО «Транснефть», 2014. [РД-75.200.00-КТН-012-14 "Trunk pipeline transportation of oil and oil products. Transitions of main pipelines through water barriers. Design standards ", PJSC "Transneft", 2014].



7. RD-13.020.40-KTN-025-14 «Magistral'nyy truboprovodnyy transport nefiti i nefteproduktov. Trebovaniya k razrabotke plana po preduprezhdeniyu i likvidatsii razlivov nefiti (nefteproduktov) na perekhodakh MN (MNPP) cherez vodnye pregrady», PAO «Transneft'», 2014. [РД-13.020.40-KTN-025-14 "Trunk pipeline transportation of oil and oil products. Requirements for the development of a plan for the prevention and liquidation of oil spills (oil products) on MN (MNPP) transitions through water barriers ", PJSC " Transneft " , 2014].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Киселев Олег Васильевич

Полоцкого государственного университета, Полоцк, Беларусь, аспирант, зам. директора по эксплуатации Унитарного предприятия «Запад-Транснефтепродукт»,

E-mail: o.kiselev79@gmail.com

Kiselev Oleg Vasilievich

Polotsk State University, Polotsk, Belarus, graduate student deputy director of Zapad-Transnefteproduct company,

E-mail: o.kiselev79@gmail.com

Шпило Кирилл Андреевич

Полоцкого государственного университета, Полоцк, Беларусь, магистрант, ведущий инженер отдела эксплуатации магистральных нефтепродуктопроводов Унитарного предприятия «Запад-Транснефтепродукт»,

E-mail: kirillshipilo@tut.by

Shipilo Kirill Andreevich

Polotsk State University, Polotsk, Belarus, graduate student, lead engineer of the department of oil trunk pipelines operation of Zapad-Transnefteproduct company,

E-mail: kirillshipilo@tut.by

Липский Владимир Константинович

Полоцкий государственный университет, Полоцк, Беларусь, доктор технических наук, профессор кафедры трубопроводного транспорта и гидравлики

E-mail: v.lipski@mail.ru

Lipskiy Vladimir Konstantinovich

Polotsk State University, Polotsk, Belarus, Doctor of technical science, Department of pipeline transport and hydraulics, Professor

E-mail: v.lipski@mail.ru

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:
247760, Беларусь, Гомельская область, г. Мозырь, бул. Дружбы 4б, кв. 40.

Киселев О.В.

8-10375-44 -500-00-50 – для нерезидентов Республики Беларусь

8-044 -500-00-50– для резидентов Республики Беларусь