

УДК 621.646.247, 651

А.В. Липинский, к.т.н., инженер, ОАО «Опытный котлотурбинный завод», e-mail: lav365@mail.ru

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ АВАРИЙ НА НЕФТЕПРОВОДАХ

Статья посвящена анализу причин и последствий аварий на магистральных нефтепроводах РФ. Приведены расчеты стоимости вытекшей нефти, затрат на ремонт нефтепровода и ликвидацию других последствий аварии и разлива нефти. Из расчетов сделаны выводы о необходимости совершенствования конструкции отсечной арматуры. Статья может быть полезна для сотрудников профильных проектных, научно-исследовательских организаций и арматуростроительных предприятий.

Ключевые слова: нефтепровод, авария, ремонт, разлив нефти, арматура, отсечное устройство, экология, ущерб, рекультивация.

Известно, что при авариях на нефтепроводах РФ потери нефти довольно велики. По различным оценкам, в нашей стране, добывающей около 500 млн т нефти в год, в результате аварий ежегодно во внешнюю среду попадает от 5 (Гринпис, Всемирный фонд дикой природы) до 20 (Министерство экономического развития РФ) млн т нефти (1).

Согласно (1), основными причинами аварий на магистральных нефтепроводах в 2001–2006 гг. стали:

- внешние воздействия – 34,4% от общего количества;
- брак при строительстве – 23,2%;
- наружная коррозия – 22,5%;
- брак при изготовлении труб и оборудовании на заводах – 14,1%;
- ошибочные действия персонала – 3%.

Из приведенных данных следует, что непосредственные причины и факторы, способствующие большей части аварий, заложены уже на стадии строительства нефтепроводов. Поэтому эффективная борьба с недостатками уже построенных объектов означает необходимость их полной реконструкции. Очевидно, что необходимыми для этого средствами нефтедобывающие компании в настоящее время не располагают.

Что же такое «авария на нефтепроводе»?

Как указано в (2), «аварией на магистральном нефтепроводе считается внезапный вылив или истечение нефти в результате полного разрушения или повреждения нефтепровода, его элементов, резервуаров, оборудования или устройств, сопровождаемые одним или несколькими событиями:

- смертельным травматизмом людей;
- травмированием людей с потерей трудоспособности;
- воспламенением нефти или взрывом ее паров;
- загрязнением рек, водоемов и водотоков сверх пределов, установленных стандартом качества воды;
- утечками нефти объемом 10 м³ и более.

В настоящей работе будем рассматривать только события, связанные с проливом нефти при авариях на нефтепроводах.

Анализ показывает, что вслед за событием «авария на нефтепроводе» наблюдаются три периода истечения нефти.

Первый период – напорный режим, характеризующийся истечением нефти через образовавшееся отверстие при работающей перекачивающей станции. Как правило, в этот период давление

в месте аварии не изменяется, и количество вытекшей нефти определяется разностью давлений внутри и вне трубопровода в месте аварии, площадью отверстия и продолжительностью этого периода (2).

Второй период – безнапорный режим вытекания, продолжающийся с момента остановки перекачки до закрытия задвижек.

Третий период – с момента закрытия задвижек до полного опорожнения трубопровода и прекращения утечки (до полного опорожнения отсеченной части трубопровода).

Любая крупная авария на нефтепроводе влечет за собой по крайней мере три вида экономических последствий:

- повреждение участка трубы, требующее затрат на ее ремонт;
- непосредственная потеря стоимости вылившейся из поврежденной трубы нефти;
- неизбежные затраты по устранению вредных для природы последствий аварии (сбор пролившейся нефти, рекультивация земель (6) и т.п.), и штрафные санкции (7).

Попробуем оценить эти экономические последствия.

1. Затраты на ремонт поврежденной части трубопровода. Согласно (2), «расчетная продолжительность

выполнения работ по ликвидации аварии нефтепровода не должна превышать 80 часов в обычных условиях, с увеличением на 30–50% для болотистых местностей». Сварочно-монтажные работы при замене дефектного участка должны выполняться с соблюдением требований СНиП III-42-80, ВСН 006-89, и ВППБ 01-05-99.

Следовательно, если работы выполняются ремонтной бригадой, обычно состоящей из трех человек, то суммарные трудозатраты на выполнение ремонта составят не более $3 \times 80 = 240$ нормочасов в обычной и не более 360 нормочасов – в болотистой местности.

При средней стоимости одного нормочаса слесарно-сварочных работ 1,5 тыс. руб. стоимость всего ремонта вместе с расходными материалами (10–20 тыс. руб.) не превысит $360 \times 1,5 + 20 = 560$ (тыс. руб.). (1)

2. Прямой материальный ущерб от потери вылившейся из поврежденной трубы нефти можно подсчитать следующим образом. При нарушении целостности трубопровода общий объем вытекшей нефти составит:

$$V = V_1 + V_2 + V_3, \quad (2)$$

где

V_1 – объем нефти, вытекшей в напорном режиме, продолжающемся с момента повреждения трубопровода до остановки перекачки;

V_2 – объем нефти, вытекшей в безнапорном режиме, продолжающемся с момента остановки перекачки до закрытия задвижек;

V_3 – объем нефти, вытекшей с момента закрытия задвижек до прекращения утечки (до момента прибытия аварийно-восстановительной бригады или до полного опорожнения отсеченной части трубопровода).

Согласно (2), период «напорного вытекания нефти длится от 320 мин. для крупных разрывов до нескольких часов для сравнительно небольших утечек».

Существует несколько способов определения скорости истечения и потерь нефти из разрыва трубы при аварии нефтепровода, учитывающих размеры и площадь образовавшегося отверстия. Мы будем рассматривать только случай крупной аварии, при которой происходит «гильотинный» разрыв трубы. В этом случае площадь образовавшегося отверстия эквивалентна площади сечения трубы. Расчет выполняем для нефтепровода средних параметров, например, диаметром 300 мм.

Как следует из таблицы 1 (5), магистральный трубопровод диаметром 300 мм должен иметь следующие технические характеристики:

- среднегодовая производительность – 1,6–2,4 млн т (средняя – 2,0 млн т);

- рабочее давление – 6,6–7,4 МПа (67–75 кг/см²).

Для подсчета среднесуточной производительности нефтепровода Q_{cc} среднегодовую производительность Q_{cr} следует разделить на расчетное число рабочих дней (см. (5), табл. 3):

$$Q_{cc} = Q_{cr} / 356 = 2000000 / 356 = 5618 \text{ (т/сут.)}. \quad (3)$$

Следовательно, за 320 мин. (2) из трубы под напором работающего насоса вытечет нефть массой:

$$G = \frac{Q_{cc}}{24} \cdot \frac{320}{60} = \frac{5618}{24} \cdot \frac{320}{60} = 1248 \text{ (т)}. \quad (4)$$

Эквивалентный объем нефти:

$$V_1 = \frac{G}{\rho} = \frac{1248}{0,836} = 1493 \text{ (м}^3\text{)}, \quad (5)$$

где

$\rho = 0,836 \text{ т/м}^3$ – средняя плотность нефти (9).

Сумма объемов V_2 и V_3 может быть подсчитана как объем нефти в аварийном участке, который необходимо опорожнить перед началом аварийно-ремонтных работ. Согласно (2), табл. И.1, Приложение И, нормативная длина опорожняемого участка для нефтепроводов диаметром до 530 мм составляет 5 км. Объем нефти в опорожняемом участке нефтепровода:

$$V_2 + V_3 = L \times S = 5000 \text{ м} \cdot 0,071 \text{ м}^2 = 355 \text{ (м}^3\text{)}, \quad (6)$$

на правах рекламы



РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ЗАО «НПП «СПЕКТР»
Тел./факс: (8352) 74-05-12, 74-05-34, 74-05-65



ТЕРМОСТОЙКИЕ ЦВЕТНЫЕ ЭМАЛИ, ЛАКИ
«ЦЕРТА» (до 750°С) - 16 ЦВЕТОВ,
КО-08, КО-815, КО-075, КО-85, КО-84, КО-811,
КО-814, КО-813, КО-822, КО-828, КО-835, КО-42,
«ЭКОЦИН»

АТМОСФЕРОСТОЙКИЕ ФАСАДНЫЕ ЭМАЛИ
ОС-12-03, КО-174, КО-198

ОРГАНОСИЛИКАТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ
ОС-11-07, ОС-12-01, ОС-51-03, ОС-52-20,
ОС-74-01, ОС-82-03

КУЗНЕЧНЫЕ КРАСКИ
«ЦЕРТА-ПЛАСТ», «ЦЕРТА-ПАТИНА»
(золото, зелень, медь, серебро, бронза)

ГИДРОФОБИЗИРУЮЩАЯ ЖИДКОСТЬ
ГКЖ-11Н

СОПОЛИМЕРЫ
Стирол-акриловый «SAS-150»
Силикон-акриловый «SiAS-200»

www.certa.ru

где
 L – длина опорожняемого участка, м;
 S – площадь сечения рассматриваемого нефтепровода, м³.

$$S = \frac{\pi \cdot d}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} = 0,071 \text{ (м}^2\text{)}. \quad (7)$$

Общий объем потерь нефти:

$$V = V_1 + (V_2 + V_3) = 1493 + 355 = 1848 \text{ (м}^3\text{)}. \quad (8)$$

Стоимость пролитой нефти составит:

$$C_n = \frac{1848}{0,159} \cdot 100 \cdot 31 = 36030200 \text{ (руб.)} = 36,03 \text{ млн руб.}, \quad (9)$$

где 0,159 – баррель в переводе в м³;
 100 долл./барр. – средняя текущая рыночная стоимость 1 барреля нефти;
 31 руб./долл. – текущий обменный курс долл. США.

3. Затраты по устранению вредных последствий аварии и проведению природоохранных мероприятий (сбор пролившейся нефти, рекультивация земель).

Для правильной оценки масштабов работ по рекультивации загрязненных нефтью земель приведем перечень только основных работ, которые, согласно (8), необходимо выполнить на загрязненной нефтью территории:

- 1) земляные работы по предварительной подготовке поверхности почвы (вывоз пропитанного нефтью грунта);
- 2) механическая обработка почвы;
- 3) внесение извести или известковых материалов;
- 4) внесение удобрений;
- 5) внесение торфа;
- 6) внесение биопрепаратов;
- 7) посев семян растений;
- 8) высадка саженцев (черенков) растений.

В (6) приведен пример расчета ущерба от аварии на магистральном нефтепроводе с проливом 1710 м³ нефти. Согласно этому расчету, общий ущерб, нанесенный землям, реке и атмосфере, составил 81,8 млн руб.

Размер платы за загрязнение окружающей среды (штрафные санкции) без

проведения восстановительных работ (там же, для земель Республики Коми) составляет 3,56 млн руб./га.

По данным ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» (6), удельные затраты на рекультивацию земель Республики Коми составили 11,0 млн руб./га.

Если считать, что пролитая в результате аварии нефть разлилась на местности слоем средней толщиной 0,002 м, площадь загрязнения в нашем расчетном случае составит:

$$F = \frac{1848}{0,002} = 924000 \text{ (м}^2\text{)} = 92,4 \text{ га}. \quad (10)$$

Исходя из приведенных данных (6), стоимость рекультивации загрязненных земель составит:

$$C_p = 92,4 \cdot 11,0 = 1016,4 \text{ (млн руб.)}. \quad (11)$$

Таким образом, суммарные материальные затраты от потери пролившейся нефти и ликвидации последствий аварии составят:

$$C = C_n + C_p = 36,03 + 1016,40 = 1052,43 \text{ млн руб.} \quad (12)$$

Полученная сумма в 1879 раз превосходит стоимость ремонта аварийного участка нефтепровода.

ВЫВОДЫ

1. Как следует из приведенных рассуждений, затраты на ремонт поврежденного при аварии участка трубопровода ничтожны по сравнению с экономическими потерями от утраты пролитой нефти и стоимостью рекультивации загрязненных земель. Ремонт поврежденной трубы стоит относительно недорого и не является существенным последствием аварии.
2. Целью и смыслом борьбы с авариями на нефтепроводах должно быть сокращение времени на перекрытие поврежденного трубопровода.
3. Для быстрого перекрытия участка поврежденного нефтепровода необходимо разработать и внедрить типоразмерный ряд специальной автоматической быстродействующей отсечной арматуры, пригодной для установки на

нефте-, продуктопроводах и трубопроводах АЭС всех типов (4).

4. В атомной промышленности запроектные аварии могут иметь гораздо более масштабные последствия (например, аварии на Чернобыльской АЭС, Фукусиме и пр.). Поэтому приведенные рассуждения в не меньшей степени относятся и к трубопроводам АЭС.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ростехнадзор РФ. О состоянии промышленной безопасности опасных производственных объектов, рационального использования и охраны недр РФ в 2006 г.: государственный доклад. – Режим доступа: <http://www.gosnadzor.ru>.
2. РД 153-39.4-114.01 «Правила ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах».
3. РД 153-39.4-056-00 «Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов».
4. РД «Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах». – Серия 27. – Вып. 1. – Утверждено приказом ОАО «АК «Транснефть» № 152 от 30.12.1999, согласовано Госгортехнадзором России № 10-03/418 от 07.07.1999.
5. Нормы технологического проектирования магистральных нефтепроводов (ВНТП 2-86). – М.: Миннефтепром, 1987.
6. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах. – Утв. Минтопэнерго РФ 01.11.1995.
7. Антипов В.Н., Архипов В.П., Земленков Ю.Д. Определение количества нефти, вытекшей из поврежденного трубопровода при работающих насосных станциях // НТИС. – ВНИИОЭНГ. – Нефтепромысловое дело и транспорт нефти. – 1985. – Вып. 9. – С. 43–45.
8. РД 39-00147105-006-97 «Инструкция по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов». – Уфа: ИПТЭР, 1997.
9. ГОСТ 8.610-2004 Плотность нефти.

Operation and maintenance of pipelines

A.V. Lipinskiy, Ph.D. in Engineering Science, engineer, Opytniy Kotloturbinniy Zavod JSC, e-mail: lav365@mail.ru

Economic aspect of accidents at oil pipelines

The article deals with analysis of causes and effects of trunk oil pipelines accidents in the RF. It contains calculation of cost of the escaped oil, expenses for oil pipeline maintenance and elimination of other accident and oil spillage effects. Conclusions on the necessity to improve shut-off valves structure are drawn from the calculations. The article may be useful for employees of profile design, scientific and research companies and enterprises engaged in valves engineering.

Keywords: oil pipeline, accident, maintenance, oil spillage, fittings, shut-off valve, ecology, damage, remediation.

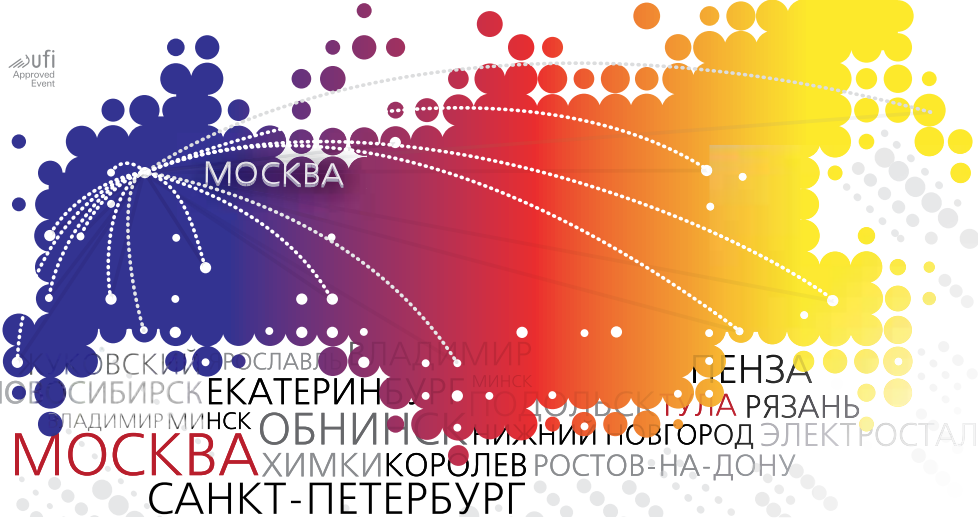
References:

1. Rostekhnadzor of the RF. O sostoyanii promyshlennoi bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov, ratsional'nogo ispol'zovaniya okhrany nedr RF v 2006 g. (On safety of hazardous production facilities, rational use and protection of the RF subsoil in 2006): state report. – Access mode: <http://www.gosnadzor.ru>.
2. RD 153-39.4-114.01 «Pravila likvidatsii avariiv i povrezhdeniy na magistral'nykh nefteprovodakh» (Rules for Elimination of Accidents and Damages to the Trunk Pipelines).
3. RD 153-39.4-056-00 «Pravila tekhnicheskoi ekspluatatsii magistral'nykh nefteprovodov» (Trunk Oil Pipelines Operational Rules).
4. RD «Metodicheskoe rukovodstvo po otsenke stepeni riska avariiv na magistral'nykh nefteprovodakh» (Guideline for Risk Level Assessment in Relation to Accidents at Trunk Pipelines). – Series 27. – Issue 1. – Approved by Order of AK Transneft JSC No. 152, dated 30.12.1999, agreed by Gosgortekhnadzor of Russia No. 10-03/418, dated 07.07.1999.
5. Normy tekhnicheskogo proektirovaniya magistral'nykh nefteprovodov (Process Design Standards for Trunk Pipelines (VNTP 2-86)). – Moscow: Ministry of Oil Industry, 1987.
6. Metodika opredeleniya uscherba okruzhayuschei prirodnoi srede pri avariyaх na magistral'nykh nefteprovodakh (Methods for Environmental Damage Assessment in Relation to Accidents at Trunk Pipelines). – Approved by Ministry of Fuel and Energy of the RF on 01.11.1995.
7. Antip'yev V.N., Arkhipov V.P., Zemenkov Yu.D. Opredelenie kolichestva nefti, vytekshoi iz povrezhdenного truboprovoda pri rabotayuschikh nasosnykh stantsiyakh (Estimation of amount of oil escaped from the damaged pipeline with pump stations in operation) // NTIS. – VNIIOENG. – (Oil field business and oil transportation). – 1985. – Issue No. 9. – P. 43–45.
8. RD 39-00147105-006-97 «Instruktsiya po rekul'tivatsii zemel', narushennykh i zagryaznennykh pri avariynom i kapital'nom remonte magistral'nykh nefteprovodov (Instruction for Remediation of Land Damaged and Contaminated in the Course of Emergency Maintenance and Overhaul of Trunk Pipelines). – Ufa: IPTER, 1997.
9. GOST 8.610-2004 Plotnost' nefti (Density of oil).



13-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ



18-20 ФЕВРАЛЯ 2014

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:
МОСКВА, СК «ОЛИМПИСКИЙ»

**НАУКА
ДЛЯ БИЗНЕСА!**

на правах рекламы



Тел.: +7 (812) 380 6002 | Факс: +7 (812) 380 6001 | ndt@primexpo.ru | www.ndt-russia.ru