

# О СОКРАЩЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ И ДИАГНОСТИРОВАНИИ РИСКА ПРИ АВАРИЙНЫХ УТЕЧКАХ НЕФТИ В ТРУБОПРОВОДАХ

## ON REDUCTION OF TECHNOLOGICAL LOSSES AND RISK DIAGNOSING IN COURSE OF DEVELOPMENT OF OIL LEAKS IN PIPES

**Хаджар ИСМАЙЛОВА,**  
диссертант,  
Азербайджанский государственный  
университет нефти и промышленности



**Hadzhar ISMAJLOVA,**  
Dissertator,  
Azerbaijan State University  
of Oil and Industry

В последние годы большое внимание уделяется борьбе с загрязнением окружающей среды лёгкими и тяжелыми фракциями углеводородов, а значит, и предупреждению возможных экономических потерь, связанных с ликвидацией загрязнений. Значительная часть выбросов в атмосферу приходится на предприятия нефтеперерабатывающей и нефтегазодобывающей отраслей промышленности.

В Азербайджане ежегодно растут государственные вложения, а также инвестиции предприятий и организаций в обеспечение экологической безопасности. Мероприятия по охране окружающей среды в нефтегазодобывающей промышленности являются целенаправленными и опираются на экологическую политику SOCAR. В документах экологической политики, которые играют очень важную роль в экологической деятельности SOCAR, были определены основные направления охраны окружающей среды в ближайшем будущем. Оценивая организационные, технико-технологические и геолого-технические мероприятия, проводимые на предприятиях SOCAR в направлении повышения эффективности технологических процессов нефтегазодобычи, необходимо также отметить, что уровень загрязнения окружающей среды различными загрязнителями пока остается высоким (табл. 1).

Как видно из данных табл. 1, в результате проведения комплексных мероприятий SOCAR в 2010-2014 годах количество загрязнителей, в том числе углеводородов, выбрасываемых предприятиями в атмосферу, соответственно уменьшилось на 45% и 47%.

Расчеты показывают, что объем технологических потерь по ПО «Азнефть» в 2010-2014 годах уменьшился. Этот процесс, за исключением УНП «Гарачухур», наблюдался во всех нефтегазодобывающих управлениях. В этот период общие технологические потери по объединению составили 158 тыс. тонн. При этом 83,1% от всех технологических потерь был отнесен на долю морских нефтегазодобывающих управлений (табл. 2).

С целью уменьшения технологических потерь, а также

минимизации количества выбрасываемых в атмосферу загрязнителей нефтяной компанией осуществляется более влиятельные организационно-технические и социально-экономические мероприятия. В результате осуществляемых целенаправленных мероприятий в 2010-2014 годах количество отходов в нефтегазодобыче уменьшилась на 36,3 тыс.т, а в нефтехимии и нефтепереработке количество загрязнителей в рассматриваемом периоде уменьшилось на 0,7 тыс.т (рис. 1).

Проблема сокращения технологических потерь углеводородов (нефти и нефтяного газа) в системе сбора и подготовки продукции скважин (на всем пути движения добытой нефти от скважины до потребителей) весьма актуальна, а ее решение имеет важное экологическое и экономическое значение. Постоянное уменьшение объема добычи нефти, тяжёлые условия её извлечения, а также ухудшение экологической обстановки заставляет предприятия нефтяной промышленности с большим вниманием относиться к вопросу сокращения технологических потерь. Применение современных систем улавливания лёгких фракций углеводородов позволяет не только сохранить значительные объёмы ценной продукции, но и уменьшить загрязнение окружающей среды.

По причине возникновения потери делятся на эксплуатационные и аварийные, а по физическому состоянию – на потери в жидком виде и в газообразном [1- 3; 5].

Потери нефти классифицируются по источникам (технологические, связанные с оборудованием), характеру (испарение, утечка) и величине потерь.

Под технологическими подразумеваются потери нефти на промыслах, неизбежные при достигнутом уровне техники и технологии [5].

Источниками технологических потерь углеводородов в системе сбора и подготовки продукции скважин являются сепараторы всех ступеней сепарации газа, негерметизированные нефтяные резервуары в товарных парках, негерметизированные резервуары для очистки сточных вод, отстойники

*В статье проанализированы причины возникновения эксплуатационных и аварийных потерь нефти и нефтепродуктов в трубопроводных системах. Рассмотрены вопросы оценки фактора риска утечки нефти из магистральных трубопроводов с учетом его вероятностного изменения его. В результате анализа предложен вероятностный подход методического характера для оценки экологическо-экономического риска при повреждении эксплуатируемых трубопроводных систем.*

*The article analyses the causes for operational and accidental leakage of oil and petroleum products in piping systems. The issues of risk assessment of oil leaks from the trunk pipelines considering its probabilistic changes have been revealed. The analysis result allowed suggesting the probabilistic approach to assess the ecological and economic risks in case of damage of operational piping systems.*

Таблица 1. Количество загрязнителей, выбрасываемых в окружающую среду предприятиями Государственной нефтяной компании Азербайджанской Республики (SOCAR)\*

Годы	Количество выбрасываемых в атмосферу загрязнителей (тыс. т)	В том числе углеводородов (тыс. т)	Сточные воды, выбрасываемые в Каспийское море (млн. м <sup>3</sup> )	Попутные нефтяные газы, сожженные на факеле (млн. м <sup>3</sup> )
2001	189,2	155,9	28,3	178,4
2002	80,9	58,1	34,1	315,5
2003	298,0	276,8	27,7	388,5
2004	382,7	359,5	30,2	435,8
2005	426,6	411,2	27,5	421,0
2006	229,8	215,6	25,4	279,4
2007	251,5	445,2	15,5	291,5
2008	145,5	144,7	16,1	125,6
2009	135,5	132,8	15,6	72,5
2010	157,9	127,6	59,6	10,9
2011	161,5	127,3	61,4	10,7
2012	142,5	114,5	80,7	8,9
2013	128,6	106,4	75,6	7,5
2014	116,4	93,5	70,4	6,1

\* Таблица составлена на основе данных годового отчета Государственной нефтяной компании Азербайджанской Республики.

для предварительного сброса пластовой воды и очистки сточных вод, фланцевые соединения, пробоотборные краны и устройства, driпы на газопроводах.

Виды потерь нефти в порядке убывания следующие: испарение, кипение; унос с газом капельной нефти; унос сточными водами пленочной и эмульгированной нефти, а также растворенного газа; утечки через сальниковые устройства и уплотнения различного назначения, через оборудование и арматуру.

Источники потерь нефти разнообразны и обусловлены сложившимся при разработке месторождения обустройством. Так, массовое содержание потерь от утечек через сальниковые устройства и уплотнения различного назначения по промышленным процессам с завер-

Таблица 2. Технологические потери нефти по нефтегазодобывающим управлениям (НГДУ) ПО «АЗНЕФТЬ», тыс. т \*

НГДУ	Годы					Суммарно по 2010-2014гг.
	2010	2011	2012	2013	2014	
Итого по ПО «Фзнефть»	34,2	32,9	31,8	30,5	28,6	158,0
В том числе:						
им. «28-го Мая»	15,0	14,5	13,9	13,3	12,1	68,8
«Нефть дашлары»	9,6	9,1	8,8	8,8	8,5	44,8
им. «Н.Нариманова»	3,7	3,6	3,6	3,5	3,3	17,7
«Балаханьнефть»	0,43	0,43	0,43	0,40	0,40	2,09
«Гум адасы»	0,93	0,89	0,86	0,83	0,84	4,35
«Абшероннефть»	2,66	2,56	2,46	2,27	1,92	11,9
«Бибихайбатнефть»	0,33	0,31	0,30	0,28	0,27	1,5
им. А.Амирова	0,24	0,22	0,21	0,20	0,19	1,06
им. Г.З.Тагиева	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,83
«Сиязаннефть»	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,76
УНП «Мурадханлы»	0,86	0,85	0,82	0,74	0,71	3,98
УНП «Гарачухур»	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,4

\* Таблица была составлена на основе данных годового отчета ПО «Азнефть» по охране окружающей среды

шенным циклом изменяется в пределах 0,002–0,006% от количества добытой нефти.

Массовое содержание потерь из открытых мерников, эксплуатируемых в старых районах добычи, в зависимости от свойств нефти и условий предварительной сепарации изменяется от 0,05 до 1,63%.

Капельный унос нефти на ступенях сепарации в процессе подачи газа на факельные линии при отсутствии каплеулавливающих устройств может достигать 0,3%, потери углеводородов в этом случае могут превышать 1%.

В зависимости от принятой системы очистки пластовых вод потери от испарения с поверхности ловушечной нефти и унос её в составе очищенных вод изменяются от 0,002 до 0,2% и возрастают при увеличении обводненности продукции.

Технология сбора и подготовки нефти включает процесс отстоя нефти и сброса (дренирования) отделившейся от нее пластовой воды из отстойников на дожимных насосных станциях и установках подготовки нефти, из резервуаров для очистки сточных вод. При этом определенная часть нефти из этих сепараторов уносится со сбрасываемыми сточными водами, составляя технологические потери.

Сокращение технологических потерь углеводородов из нефтяных резервуаров достигается в результате проведения следующих технико-технологических и организационных мероприятий: уменьшения числа эксплуатируемых резервуаров; повышения единичной производительности эксплуатируемых резервуаров за счет совершенствования конструкции внутренних

Рис.1. Количество выбрасываемых в атмосферу загрязнителей, тыс.т

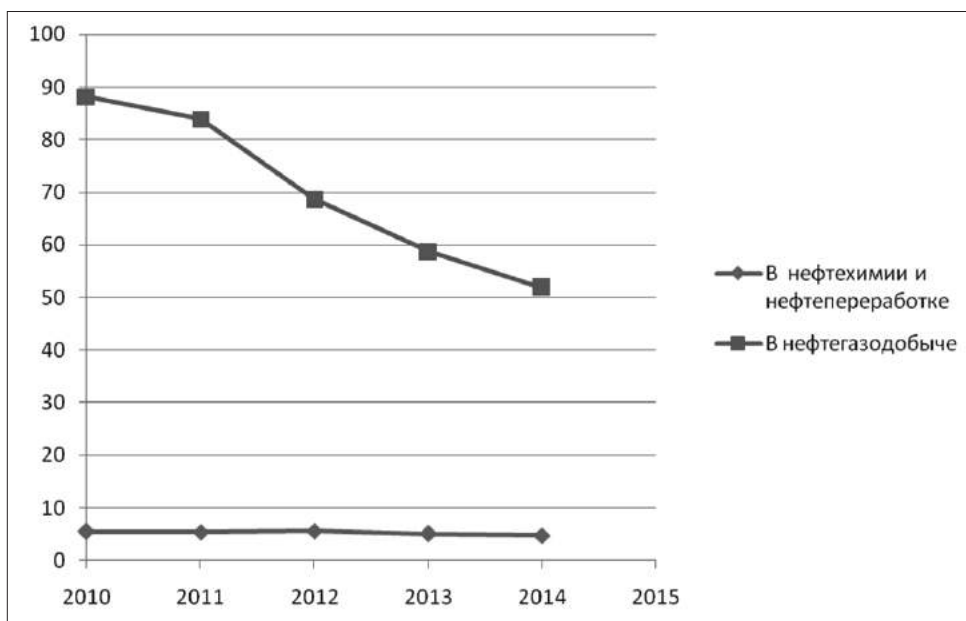


Рис. 2. Вероятность возникновения утечки нефти

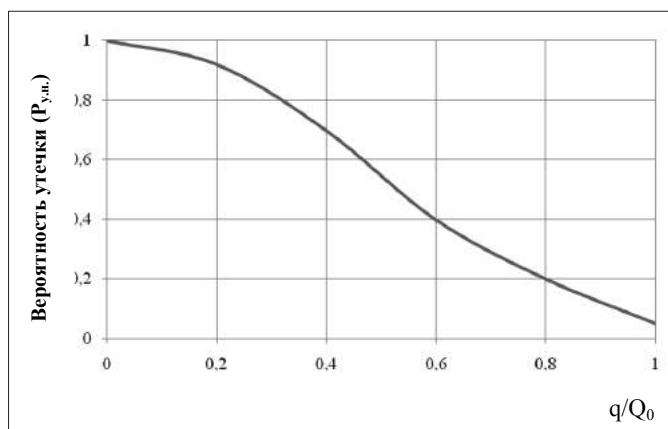


Рис. 3. Вероятность от потери и ущерба после утечки нефти

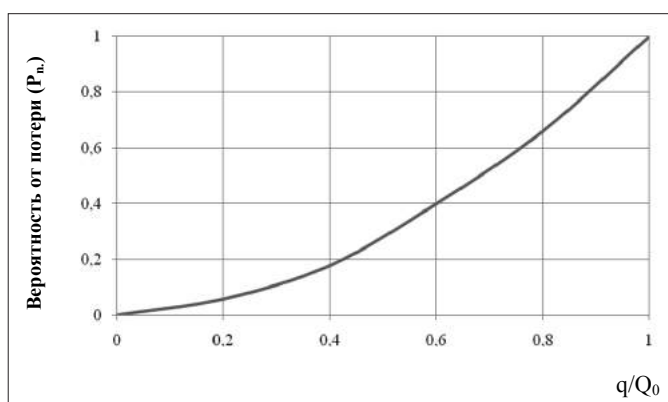
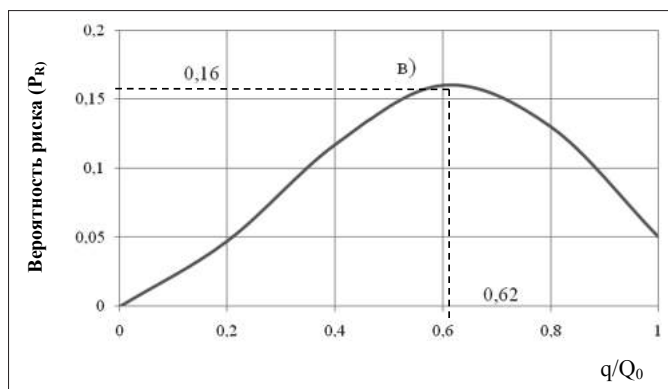


Рис. 4. Вероятность фактора риска при утечке нефти



устройств; герметизации резервуаров после ремонта крыш и корпусов; строительства новых резервуаров; ликвидации нефтяных амбаров и ловушек; применения конструктивно более совершенных дыхательных клапанов; ликвидации резервуаров для сырой и товарной нефти в отдельных товарных парках; рециркуляции газа конечных ступеней сепарации в товарных парках; герметизации резервуаров путем применения установок улавливания легких фракций нефти (УЛФ). Исследования и опыт эксплуатации резервуаров, оснащенных системой УЛФ, показывают высокую эффективность УЛФ для существенного сокращения технологических потерь углеводородов, улучшения условий охраны окружающей среды, снижения коррозии резервуаров и улучшения условий пожаро- и взрывобезопасности

резервуаров. При правильной эксплуатации системы УЛФ технологические потери углеводородов из нефтяных резервуаров могут быть сокращены до 95%.

Транспортировка нефти к потребителю связана со значительными ее потерями. Потери от смешения и утечек при трубопроводном транспорте, потери из резервуаров, а также вследствие аварий, разливов, разбрызгивания и испарения наносят большой ущерб экономике страны, приводят к определенным затратам и снижению эффективности производства. Кроме того, потери нефти при авариях и утечках загрязняют окружающую среду.

Организации и компании, занимающиеся вопросами транспорта нефти и эксплуатирующие нефтепроводы, уделяют большое внимание совершенствованию методов обнаружения утечек и предотвращения потерь нефти.

Потери нефти и нефтепродуктов при каждой конкретной аварии зависят в основном от скорости обнаружения и ликвидации аварии, т.е. от эффективности контроля над оборудованием и линейной частью трубопровода.

Трубопроводный транспорт жидких и газообразных углеводородов отнесен к категории «А» третьей группы, куда включены пожаровзрывоопасные объекты и сложные технологические системы, на которых хранятся, транспортируются продукты, приобретающие при определенных условиях способность к возгоранию или взрыву, загрязнению окружающей среды. При авариях и отказах они представляют большую угрозу населению, морской флоре и фауне, природным массивам и инженерным сооружениям.

Аварийные утечки всех видов в зависимости от вызываемых последствий можно разделить на три категории: 1) малые утечки, определяемые по анализу содержания газов и паров нефтепродуктов в воздухе; 2) средние утечки, определяемые косвенным путем; 3) большие утечки, определяемые по данным штатных приборов.

Ретроанализ условий строительства и эксплуатации трубопроводов позволил выделить следующие опасные факторы, которые могут возникнуть в результате природных явлений: накопление усталостных деформаций, стресс-коррозионные повреждения, увеличение вибрационных нагрузок, увеличение динамических нагрузок, увеличение статических нагрузок, повреждение элементов конструкций, повреждение защитного покрытия, заглупление в связи с изменением несущей способности грунта, возникновение свободных пролетов, оголение трубопровода вследствие абразии берегов и другие.

Появление повреждений на трубопроводах приводит к нарушению режима его работы, к возникновению утечек, а также создает большую опасность для людей и объектов, расположенных вблизи трассы. Величина аварийных потерь нефти и нефтепродуктов зависит от места и размера аварии, а также от скорости ее обнаружения и устранения [1-3; 5].

Объем разлива нефти при потенциальной аварии (разгерметизации) трубопровода может быть определен двумя составляющими: расходом нефти через аварийное отверстие в режиме напорного истечения (при работающих насосах) с учетом времени от момента возникновения аварии; расходом в режиме условно безнапорного истечения, т.е. при остановленных насосах и закрытых задвижках. Время истечения нефти в этом режиме определится его полным прекращением,

т.е. временем на ликвидацию аварии. Результаты расчётов показывают, что интенсивность утечки нефти в напорном режиме при порыве подводного трубопровода и образовании дефектного отверстия диаметром более (0,10 - 0,15) D становится равной величине ее общего расхода по трубопроводу.

Время аварийного истечения в напорном режиме при проколе подводного трубопровода зависит от того, как быстро будет обнаружена авария. Методы обнаружения аварии трубопровода могут использовать: изменение технологических параметров потока нефти при её перекачке; баланс расходов нефти в начальной и конечной точках трубопровода; средства мониторинга вдоль трассы подводного трубопровода.

Оценка расхода нефти из аварийного отверстия при безнапорном истечении (при остановленных насосах) представляет собой задачу со многими факторами, учесть которые достаточно сложно.

Последствия незначительных аварийных утечек нефти и нефтепродуктов в экологическом плане (без учета сценариев с возможным воспламенением), как правило, незначительны. Часть утечек, которые не приводят к нефтяным разливам, могут рассматриваться как инциденты. Эти утечки хотя и приносят экологический ущерб, но не несут угрозы возникновения чрезвычайной ситуации. Расчетная частота подобных разливов по экспертным оценкам составляет один раз в несколько лет.

Магистральные нефте- и нефтепродуктопроводы до конца срока их эксплуатации остаются потенциальными источниками опасности, поэтому вероятностная оценка рисков разлива нефти и их социально-экономических последствий имеет немаловажное значение. К опасным событиям следует отнести нарушение герметичности (порывы и проколы) подводных и подземных трубопроводов. Результатом аварий, вызванных выбросами нефти или нефтепродуктов из объектов ее транспортировки, может быть значительный и продолжительный ущерб, что соответствует очень серьезным эколого-экономическим последствиям.

Уровень риска при этом во многом зависит от масштаба ожидаемых потерь и вероятности их возникновения. Поэтому процедура оценки риска предполагает прежде всего знание двух параметров – стоимость ущерба от аварии (отказа) и вероятность этого события. Интегральный риск для ряда событий определяется как сумма рисков этих событий [4]. При этом вероятность конечного события определяется произведением вероятностей событий. Опираясь на опыт эксплуатации нефтепроводов и в соответствии с классификацией разлива нефти из трубопроводов, можно оценить факторы эколого-экономического риска. Если принять, что величина аварийной утечки составляет  $q$  ( $m^3/час$ ), тогда степень утечки (разлива) или относительная утечка составит  $\frac{q}{Q_0}$  ( $Q_0$  – расход ( $m^3/час$ ) в трубопроводе до проявления аварии). Изменение вероятности утечки нефти ( $P_{у.н.}$ ) в зависимости от степени разлива ( $\frac{q}{Q_0}$ ) можно представить так, как показано на рис. 2.

Поскольку сами трубопроводы при нормальной эксплуатации обеспечивают полную герметизацию, то потенциальные утечки, как показывает практика, могут произойти в результате протечки через неплотности соединений трубопроводов, арматуры, а также через аварийные отверстия различных размеров. Но в отли-

чие от незначительных утечек, для больших значений разливов нефти вероятность их возникновения очень низкая (меньше 0,1).

Таким образом, с увеличением разлива нефти и количества потерь углеводородов растет воздействие на окружающую среду и экономический ущерб в целом. Согласно анализу статистических данных о функционировании трубопроводов изменение вероятности от потерь и ущерба  $P_{н.}$  в зависимости от степени (количества) разлива будет расти по нелинейному закону (рис. 3).

С учетом величины  $P_{у.н.}$  и  $P_{н.}$  вероятность эколого-экономического риска ( $P_R$ ) при разливе нефти из трубопроводов можно оценить таким образом:

$$P_R = P_{у.н.} \cdot P_{н.} \quad (1)$$

Вычисленные значения эколого-экономического риска согласно формуле (1) и характер изменения его в зависимости от величины степени разлива представлены на рис. 4). Как видно из рис. 4, максимальное значение этого риска  $P_R = 0,16$ , и оно соответствует большой утечке ( $\frac{q}{Q_0} = 0,62$ ).

При суммарном ущербе от разлива нефти ( $У$ ) максимальный риск ( $R_{max}$ ), который может проявляться с вероятностью 0,16, составит  $R_{max} = 0,16 \cdot У$ . Следует отметить, что, несмотря на незначительную вероятность фактора эколого-экономического риска, его последствия могут быть непоправимыми, даже трагическими для такого большого нефтяного разлива.

Таким образом, с учетом вероятностного характера риска предложен методический подход к оценке фактора эколого-экономического риска в результате разлива нефти при трубопроводном его транспортировании. Далее уже не представляет особых затруднений непосредственная оценка всех возможных экономических потерь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Байков Н.М., Колесников Б.В., Челпанов П.И. Сбор, транспорт и подготовка нефти. – М.: Недра, 1981. – 357 с.
2. Шумайлов А.С., Гумеров А.Г., Молдаванов О.И. Диагностика магистральных трубопроводов. – М.: Недра, 1992. – 252 с.
3. Булатов А.Н. Охрана окружающей среды в нефтегазодобывающей промышленности. – М., Недра, 1999. – 240 с.
4. Грачева М.В. Анализ проектных рисков. Учебное пособие. – М.: Недра, ЗАО «Финстатинформ», 1999. – 295 с.
5. Бронштейн И.С., Грошев Б.М., Гурьянов А.Ф. Технологические потери нефти в системах промышленного обустройства и пути их сокращения // Нефтепромысловое дело и транспорт нефти. – №9. – 1985.

#### REFERENCES

1. Bajkov N.M., Kolesnikov B.V., Chelpanov P.I. Sbor, transport i podgotovka nefiti [The collection, transportation and treatment of oil]. Moscow, Nedra, 1981, 357 p. [in Russian].
2. Shumajlov A.S., Gumerov A.G., Moldavanov O.I. Diagnostika magistral'nyh truboprovodov [Diagnosis of pipelines]. Moscow, Nedra, 1992, 252 p. [in Russian].
3. Bulatov A.N. Ohrana okruzhajushhej sredy v neftegazodobyvajushhej promyshlennosti [Environmental protection in the oil and gas industry]. Moscow, Nedra, 1999, 240 p. [in Russian].
4. Gracheva M.V. Analiz proektnyh riskov. Uchebnoe posobie [An analysis of project risks. Tutorial]. Moscow, Nedra, ЗАО "Finstatinform", 1999, 295 p. [in Russian].
5. Bronshtejn I.S., Groshev B.M., Gur'janov A.F. Tehnologicheskie poteri nefiti v sistemah promyslovogo obustrojstva i puti ih sokrashhenija [Technological losses of oil in the industrial arrangement systems and the ways to reduce them]. Neftepromyslovoe delo i transport nefiti, no. 9, 1985 [in Russian].