

## ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ И ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 629.10.066

### АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МЕТОДИК ОЦЕНКИ РИСКА В МАГИСТРАЛЬНОМ ТРУБОПРОВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

д-р техн. наук, проф. П.С. СЕРЕНКОВ

(Белорусский национальный технический университет, Минск);

А.Н. ВОРОНИН, д-р техн. наук, проф. В.К. ЛИПСКИЙ

(Полоцкий государственный университет)

Анализируются отечественные и зарубежные методики оценки риска в магистральном трубопроводном транспорте. Установлено, что в настоящее время при проведении оценки безопасности повсеместное применение нашел риск-ориентированный подход, основанный на анализе и оценке риска. Проведенный обзор методов оценки риска позволил произвести ранжирование рассмотренных методов по критериям ресурсоемкости, трудоемкости, возможности проведения идентификации и количественной оценки риска, рекомендуемых условий применения. Каждый из рассмотренных методов оценки риска характеризуется своими накладываемыми условиями применения, ограничениями или их комбинацией. Учет такого разнообразия условий применения рассмотренных методов оценки риска в магистральном трубопроводном транспорте можно при разработке новых методологических основ оценки безопасности.

**Введение.** Жизненный цикл магистральном трубопроводном транспорте состоит из 9 стадий: планирование, проектирование, строительство, реконструкция, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, консервация, вывод из эксплуатации и ликвидация [1]. Связь стадий жизненного цикла с опасностями и объектами потенциального воздействия в магистральном трубопроводном транспорте показана на рисунке 1. Причины возникновения и проявления опасностей в магистральном трубопроводном транспорте могут зарождаться на любой из стадий жизненного цикла оказываемой им услуги и переходить из одной стадии в другую [2], что создает актуальную потребность в определении генезиса опасности при установлении требований безопасности.

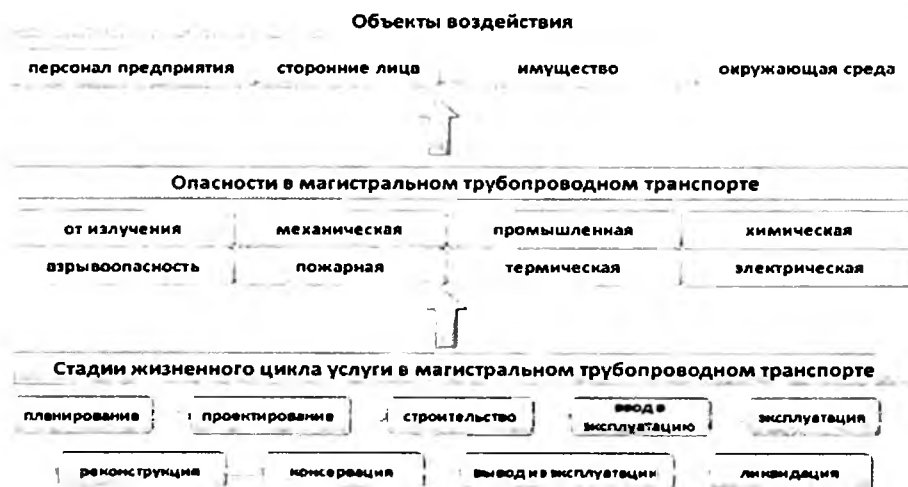


Рис. 1. Связь стадий жизненного цикла с опасностями и объектами потенциального воздействия в магистральном трубопроводном транспорте

Установление обязательных требований безопасности для услуги, осуществляемой магистральным трубопроводным транспортом, на каждом из этапов ее жизненного цикла по отношению ко всем объектам потенциального воздействия осуществимо в результате проведения оценки безопасности услуги. Оценка безопасности позволит определить генезис опасности и, как следствие, разработать требования безопасности и определить наиболее приоритетные из них.

**Основная часть.** В настоящее время при проведении оценки безопасности повсеместное применение нашел риск-ориентированный подход, основанный на анализе и оценке риска [3], что является вполне закономерным, так как вытекает из самого определения термина «безопасность». Из определения данного понятия, содержащегося в нормативных правовых актах Республики Беларусь [4; 5], следует, что характерным существенным признаком безопасности является риск, связанный с возможностью нанесения вреда. Общее определение риска встречается в 11 различных нормативных правовых актах Беларуси. В нормативной правовой системе республики можно выделить свыше 30 конкретных видов риска, имеющих место в различных видах деятельности [6]. Виды рисков, упоминающиеся в нормативных правовых источниках республики, проиллюстрированы рисунком 2.

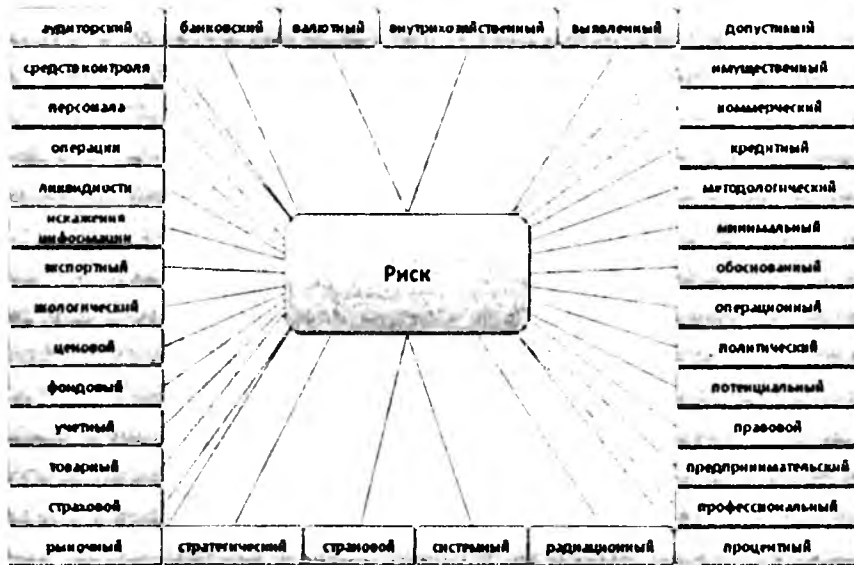


Рис. 2. Виды риска, рассмотренные в нормативных правовых актах Республики Беларусь

Основополагающий документ по терминам и определениям в области менеджмента рисков в Республике Беларусь определяет риск как сочетание вероятности события и его последствий [7]. Такое толкование риска предопределило общие для большинства отраслей деятельности принципы и этапы его оценки.

Согласно [7] оценка риска, являющаяся составной частью менеджмента риска, представляет собой процесс анализа риска, идентификации опасностей, количественной оценки и оценивания риска. Весь процесс менеджмента риска представлен на рисунке 3.

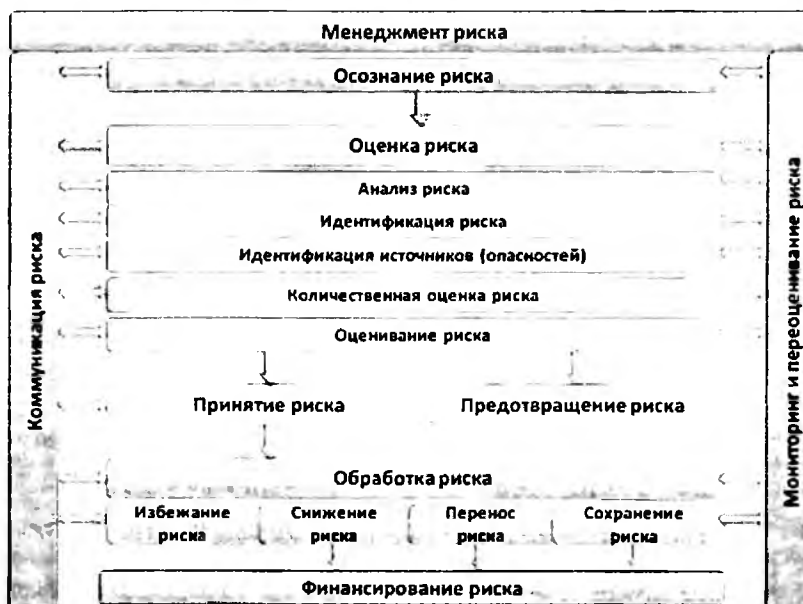


Рис. 3. Процесс менеджмента риска

В магистральном трубопроводном транспорте и смежных областях деятельности разработан ряд технических нормативных правовых актов, рассматривающих методики оценки риска и содержащих рекомендации по их применению. Одним из таких методов оценки является вероятностный анализ безопасности [8], первоначально разработанный для атомной энергетики. Подход предполагает оценку вероятности возникновения аварий на атомном реакторе и сравнение ее с допустимым значением. Метод был применен в магистральном трубопроводном транспорте в перечне технических нормативных правовых актов ОАО «АК «Транснефть» [9; 10]. В настоящее время данные документы отменены по причине непригодности вероятностного анализа безопасности в магистральном трубопроводном транспорте.

В Руководстве [11], применяющемся в ОАО «АК «Транснефть» для линейной части магистрального нефтепровода и нефтепродуктопровода, оценка риска производится на основе идентификации опасностей и оценки риска отдельных участков, характеризующихся примерно одинаковым распределением удельных показателей риска по всей длине участка трубопровода. Применяется метод балльной оценки по 10-балльной шкале при помощи весовых коэффициентов с учетом 83 факторов влияния, объединенных в 8 групп.

В разработанном для ОАО «Газпром» стандарте [12], распространяющемся на объекты магистральных газопроводов, анализ риска рекомендуется проводить с использованием одного из шести описанных качественных методов анализа. Оценка риска заключается в определении частоты возникновения потенциальных аварий на основе анализа статистических данных об авариях на аналогичных объектах. Расчет последствий состоит в математическом моделировании каждого сценария аварии истечения газа, жидкости или двухфазного флюида.

В документе ОАО «Газпром» [13], разработанном для объектов газодобычи, при проведении анализа опасности рекомендуется использовать 4 метода идентификации опасности. Формирование типовых расчетных сценариев аварий выполняется построением по иерархической схеме с учетом ряда факторов с использованием метода ЕТА. Оценка ожидаемых частот аварий для площадочных объектов выполняется на основе статистических данных организации, осуществляющей контроль и надзор за эксплуатацией объектов, а для линейных сооружений применяются методики, использующие принцип корректировки средне-статистической удельной частоты аварий  $\lambda_{ср}$  с помощью системы коэффициентов и балльных оценок.

Руководящий документ по анализу риска опасных производственных объектов [14] при идентификации опасностей рассматривает 6 качественных методов анализа риска. Для определения частоты нежелательных событий даны рекомендации по использованию статистических данных по аварийности, логических методов анализа, имитационных моделей возникновения аварий и экспертных оценок путем учета мнения специалистов. При анализе последствий аварий применяются модели аварийных процессов.

Международный стандарт по методам идентификации опасностей, связанных с проведением работ по разведке и разработке морских месторождений нефти и газа на морских добычных установках [15], рекомендует проводить оценку риска для персонала, окружающей среды и оборудования. В данном документе представлено 16 методов и процедур структурированного анализа риска.

Международный стандарт в области систем магистральных трубопроводов [16] рекомендует проводить оценку риска с учетом потенциального воздействия последствий аварий на население. Вероятность возникновения аварии следует определять, используя статистические данные, комбинацию методик, рассматривающих отказы оборудования и последовательность связанных с этим событий, или экспертным путем.

Европейский стандарт в области транспортных трубопроводных систем [17] содержит общие рекомендации по оценке риска. Приведены потенциальные источники опасности. В соответствии с документом идентификацию опасностей следует проводить, используя опросные методики, статистические данные, обсуждение, анализ работоспособности оборудования. Вероятность возникновения аварии рекомендуется оценивать с применением статистических данных, сценарного и экспертного анализа. Приведен ряд факторов, которые должны быть учтены при оценке последствий аварий.

Перечень методик оценки риска, которые применяются в других отраслях деятельности и могут быть использованы в магистральном трубопроводном транспорте, рассмотрен в ряде других технических нормативных правовых актов.

В государственном стандарте по принципам оценки риска в области конструирования и эксплуатации машин [18] перечислено 37 видов опасностей, которые могут возникнуть при работе с машинами и оборудованием, кратко изложено 7 методов анализа опасностей и оценки рисков. Предпочтение отдано качественным методам оценки. Количественные методы особенно необходимы, когда заранее ясна потребность в правильной оценке и вред от предполагаемой ошибки весьма высок.

Национальный стандарт [19] устанавливает общие принципы, предназначенные для реализации целей снижения риска, установленных в [20]. Стандарт содержит требования к информации, необходимой для проведения оценки риска. В стандарте описаны процедуры идентификации опасностей и оценки

риска без рассмотрения конкретных методов оценки риска, приведены 9 видов опасностей при работе с машинами и потенциальные опасные ситуации, характерные для каждой стадии жизненного цикла.

Международный стандарт [20] содержит руководящие указания, позволяющие конструкторам создавать машины, отвечающие требованиям безопасности. Подробно рассмотрено 9 видов опасностей, учитываемых при конструировании машин, и последствия, к которым они могут привести. Опасности подразделяются на постоянные и неожиданные. Приведены рабочие режимы машин и процедуры вмешательства оператора, которые конструктору следует учесть при оценке риска.

В практическом руководстве по оценке риска машин [21] описывается преимущество проведения оценки риска командой специалистов. Приводится описание 6 методов, использующихся при оценке риска, и акцентируется внимание на том, что после первичной оценки риска и принятия защитных мер необходимо провести вторичную оценку риска.

Технический акт по анализу риска технологических систем [23] устанавливает рекомендации, направленные на обеспечение качества при выполнении анализа риска. В источнике проведена классификация опасностей и риска. Методы идентификации опасности подразделены на сопоставительные, фундаментальные и индуктивного подхода. Оценку частот происходящих событий предлагается осуществлять на основе имеющихся статистических данных, аналитических или имитационных методов и мнений экспертов. Кратко рассмотрено 17 методов, использующихся при анализе риска.

В Российской Федерации разработана группа стандартов 51901 по менеджменту риска. Часть из них содержит подробное описание методов, использующихся при оценке риска.

Технический комитет (ТК262) по менеджменту рисков, созданный при международной организации по стандартизации в качестве рабочего органа, разработал международный стандарт по методам оценки риска [24], дополняющий стандарты серии ИСО 31000 в области менеджмента риска. В данном стандарте содержится краткое описание свыше 20 методов, использующихся при оценке риска различной природы и происхождения. Документ акцентирует внимание, что перечень рассмотренных методов не является исчерпывающим.

Разнообразие применяющихся при оценке риска методов свидетельствует об актуальности и особом внимании, уделяемом оценке риска. Проведенный обзор методов оценки риска позволил произвести ранжирование (таблица) рассмотренных методов по критериям ресурсоемкости, трудоемкости, возможности проведения идентификации и количественной оценки риска, рекомендуемых условий применения.

Сравнительный анализ методов, применяющихся при оценке риска

№ п/п	Методы	Идентификация риска	Количественная оценка риска	Уровень ресурсоемкости	Уровень трудоемкости
1	Анализ видов и последствий отказов (FMEA)	+	+	средний	средний
2	Анализ влияния на бизнес (BIA)	+	–	средний	средний
3	Анализ дерева неисправностей (FTA)	+	+	высокий	средний
4	Анализ дерева событий (ETA)	+	–	средний	средний
5	Анализ защиты (LOPA)	+	–	средний	средний
6	Анализ источников опасности и работоспособности (HAZOP)	+	+	средний	высокий
7	Анализ скрытых процессов (SCA)	+	–	средний	средний
8	Анализ опасностей и установление контрольных критических точек (НАССР)	+	–	средний	средний
9	Анализ основных причин (RCA)	–	–	средний	средний
10	Анализ отчета об отказах и система корректирующих действий (FRACAS)	–	–	средний	средний
11	Анализ причин и последствий (CCA)	+	+	высокий	высокий
12	Анализ стоимости и эффективности (CBA)	+	–	низкий	средний
13	Анализ человеческого фактора (HRA)	+	+	средний	средний
14	Байесовский анализ (BA)	–	+	высокий	высокий
15	Делфи (Delphi)	+	–	средний	средний
16	Дерево решений (DT)	–	–	средний	средний
17	Диаграмма Исикавы (Fishbone)	+	–	низкий	средний
18	Индексы опасности (RI)	+	–	средний	средний
19	Марковский анализ (Markov analysis)	+	+	высокий	высокий
20	Матрица вероятностей и последствий (Consequence/probability matrix)	+	+	средний	средний
21	Многокритериальный анализ решений (MCDA)	+	–	высокий	высокий
22	Мозговая атака (Brainstorm)	+	–	низкий	низкий
23	Монте Карло (Monte Carlo)	–	+	высокий	высокий

Окончание таблицы

№ п/п	Методы	Идентификация риска	Количественная оценка риска	Уровень ресурсоемкости	Уровень трудоемкости
24	Оценка воздействия на окружающую среду (ERA)	+	+	высокий	высокий
25	Парные сравнения (Paired comparison)	–	+	средний	средний
26	Предварительный анализ опасности (PHA)	+	–	низкий	средний
27	Проверочные листы (Check-lists)	+	–	низкий	низкий
28	Структурированное или полуструктурированное интервью (Structured or semi-structured interview)	+	–	низкий	низкий
29	Сеть Петри (Petri net)	–	+	высокий	высокий

*Примечание.* «+» – возможность применения; «–» – невозможность применения.

**Заключение.** Разнообразие методов оценки риска может вызвать затруднения при выборе метода, соответствующего поставленным целям. Принимая во внимание, что в большинстве случаев методы оценки риска представляют собой многосоставной комплекс задач, при выборе подходящего метода оценки риска рекомендуется придерживаться требований, которым должен удовлетворять выбранный метод:

- а) быть научно обоснованным и соответствовать сложности и природе исследуемой системы;
- б) давать результаты в форме, обеспечивающей понимание природы риска и способов его контроля;
- в) являться типовым и обладать свойствами, обеспечивающими возможность прослеживаемости, повторяемости и контролируемости.

При выборе методов проведения оценки риска необходимо учитывать стадии жизненного цикла, характер опасности, наличие ресурсов для проведения оценки, опыт и квалификацию исполнителей, наличие необходимой информации и другие факторы.

Рассмотренные методы, применяющиеся при оценке риска, внесли существенный вклад в развитие теории оценки риска и способствовали снижению уровня аварийности магистрального трубопроводного транспорта и других технических систем. В то же время, как показал проведенный анализ, каждый из рассмотренных методов оценки риска характеризуется своими накладываемыми условиями применения, ограничениями или их комбинацией. Среди таких ограничений методов оценки риска в магистральном трубопроводном транспорте можно выделить: невозможность использования на всех этапах жизненного цикла; отсутствие возможности проведения количественной оценки; необходимость существенных ресурсов; высокая трудоемкость исполнения работ; отсутствие критериев приемлемого риска; ориентированность на определенный характер опасности. К тому же метод может характеризоваться: отсутствием априорного анализа опасности; невозможностью учета зарождения опасностей в процессах; переходом опасных факторов из процесса в процесс; взаимодействием процессов с внешней и внутренней средой; одновременным влиянием опасных факторов различной природы.

Учесть такое разнообразие условий применения рассмотренных методов оценки риска в магистральном трубопроводном транспорте можно лишь при разработке новых методологических основ оценки безопасности, рассматривая безопасность с новых позиций, что позволит дополнить существующие методы и развить теорию оценки рисков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О магистральном трубопроводном транспорте: Закон Респ. Беларусь от 09.01.02 № 87-3.
2. Серенков, П.С. Концепция системы промышленной безопасности объектов магистрального трубопроводного транспорта на основе подходов стандартов ИСО серии 9000 / П.С. Серенков, А.Н. Воронин // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия Ф. Прикладные науки. – 2007. – № 12. – С. 85 – 89.
3. Гражданкин, А.И. О риск-ориентированном подходе в обеспечении промышленной безопасности / А.И. Гражданкин [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: [http://riskprom.ru/publ/o\\_risk\\_orientirovannom\\_podkhode\\_v\\_obespechenii\\_promyshlennoj\\_bezopasnosti\\_chast\\_iii/17-1-0-238](http://riskprom.ru/publ/o_risk_orientirovannom_podkhode_v_obespechenii_promyshlennoj_bezopasnosti_chast_iii/17-1-0-238). – Дата доступа: 26.03.2012.
4. Положение о системе управления охраной труда в Министерстве сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, сельскохозяйственных, перерабатывающих и обслуживающих сельское хозяйство организациях: утв. постановлением М-ва сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь от 16 апреля 2008 г. № 38.
5. Соглашение о проведении согласованной политики в области технического регулирования, санитарных и фитосанитарных мер от 25 января 2008 года.
6. Официальный сайт Национального правового Интернет-портала Респ. Беларусь [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://pravo.by/main.aspx?guid=2001&p1>. – Дата доступа: 22.04.2012.

7. Менеджмент риска. Термины и определения: СТБ ИСО/МЭК. Руководство 73-2005. – Минск: Госстандарт, 2005.
8. Гражданкин, А.И. Вопросы установления критериев приемлемого (допустимого, недопустимого) риска аварий на опасных производственных объектах / А.И. Гражданкин [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: [http://riskprom.ru/publ/voprosy\\_ustanovlenija\\_kriteriev\\_priemlemogo\\_dopustimogo\\_nedopustimogo\\_riska\\_avarij\\_na\\_opasnykh\\_proizvodstvennykh\\_obektakh/19-1-0-231](http://riskprom.ru/publ/voprosy_ustanovlenija_kriteriev_priemlemogo_dopustimogo_nedopustimogo_riska_avarij_na_opasnykh_proizvodstvennykh_obektakh/19-1-0-231). – Дата доступа: 02.04.2012.
9. Вероятностный анализ безопасности магистральных нефтепроводов. Общие положения: РД-01.120.00-КТН-296-06.
10. Методические рекомендации по выполнению вероятностного анализа безопасности (ВАБ) объекта МН. Требования к составу, содержанию и форме представления исходных данных для проведения вероятностного анализа безопасности объектов магистральных нефтепроводов: РД-01.120.00-КТН-283-06.
11. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах: РД 13.020.00-КТН-148-11.
12. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром»: СТО Газпром 2-2.3-351-2009.
13. Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром»: СТО Газпром 2-2.3-400-2009.
14. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов: РД 03-418-01.
15. Petroleum and natural gas industries. Offshore production installations. Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment: ISO 17776:2000.
16. Petroleum and natural gas industries. Pipeline transportation systems: ISO 13623:2009.
17. Petroleum and natural gas industries. Pipeline transportation systems: EN 14161:2003.
18. Принципы оценки и определения риска. Безопасность машин: ГОСТ ЕН 1050-2002. – Минск: Госстандарт Респ. Беларусь, 2004.
19. Безопасность машин. Оценка риска. Часть 1. Основные принципы: СТБ ISO 14121-1-2011. – Минск: Госстандарт Респ. Беларусь, 2011.
20. Safety of machinery. General principles for design. Risk assessment and risk reduction: ISO 12100:2003.
21. Safety of machinery. General principles for design. Risk assessment and risk reduction: ISO 12100:2003
22. Safety of machinery. Risk assessment. Part 2: Practical guidance and examples of methods: ISO/TR 14121-2:2007.
23. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем: СТБ МЭК 60300-3-9-2005. – Минск: Госстандарт Респ. Беларусь.
24. Risk management. Risk assessment techniques: IEC/ISO 31010.
25. Руководство 51 (Guide 51) Аспекты безопасности. Руководство по включению их в стандарты, 1999.
26. Карпенко, Е.М. Менеджмент качества: учеб. пособие / Е.М. Карпенко, С.Ю. Комков. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 208 с.

Поступила 16.01.2013

## THE ANALYSIS OF DOMESTIC AND FOREIGN METHODS OF RISK ASSESSMENT IN MAIN PIPELINE TRANSPORT

*P. SERENKOV, A. VORONIN, V. LIPSKY*

*This article is devoted to the analysis of domestic and foreign methods of risk assessment in main pipeline transport. At present the risk-oriented approach based on analysis and risk assessment has found wide application. The accomplished review of methods of risk assessment allowed to rank the considered methods in respect to resource-capacity, labour-intensity, possibility to carry out identification and quantitative risk assessment. Each of the considered methods of risk assessment is featured by imposed conditions of application, restrictions or their combination. To take into account such a variety of conditions of application of the considered methods in main pipeline transport is feasible by means of development of new methodological bases of safety evaluation.*