

**Ф.И. Сухов, В.Г. Попов, А.Н. Журавлёв, Ю.Н. Боровков**

Российский университет транспорта (МИИТ), Россия

## **КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ**

Обеспечение безопасности на транспорте, в том числе экологической, является важной управленческой проблемой. В статье анализируется отечественный и зарубежный опыт атомной отрасли в вопросе обеспечения безопасности. Рассматривается трехуровневая модель культуры безопасности. Первый уровень (наблюдаемый уровень, или артефакты) – самый простой уровень для восприятия организационной культуры: то, что можно видеть, слышать и чувствовать. Второй уровень (уровень декларируемых ценностей) включает ценности, провозглашаемые организацией и принимаемые, разделяемые и поддерживаемые ее работниками. Третий уровень (уровень глубинных представлений) включает представления, находящиеся на самом глубоком уровне организационной культуры и представляющие собой фундаментальные убеждения, на которые работники опираются бессознательно (интуитивно). Приводится ранжирование элементов безопасности в исследованиях зарубежных авторов. Рассматривается структура подпроцессов обеспечения безопасности. Отмечается, что транспортные структуры в России на сегодняшний день существуют в рамках стратегии «Устойчивое развитие». Приводится схема основных этапов процедуры анализа безопасности движения. Рассматриваются методы анализа безопасности движения, подразделяющиеся на три группы – апостериорные методы, априорные методы и методы, основанные на использовании байесовского подхода. Апостериорные методы основаны на использовании данных, получаемых в результате некоторого опыта, априорные – на использовании информации об опасных отказах и ошибках, получаемой в результате теоретических исследований. Отмечено, что методы анализа безопасности движения имеют свои преимущества и недостатки, которые делают применение того или иного метода наиболее целесообразным на каком-либо этапе жизненного цикла технического средства. В заключение отмечается эффективность внедрения методологии культуры безопасности в транспортной отрасли.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, обеспечение безопасности транспорта, железнодорожный транспорт, устойчивое развитие, оценка риска, система менеджмента безопасности движения.

**F.I. Sukhov, V.G. Popov, A.N. Zhuravlev, Y.N. Borovkov**

Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russian Federation

## **SAFETY CULTURE IN TRANSPORT**

Ensuring safety in transport, including environmental, is an important management issue. The article analyzes the experience of domestic and foreign nuclear industry in the issue of safety. A parallel is drawn between the transport and nuclear industries and a methodology of safety safety culture in transport is proposed for implementation.

**Keywords:** environmental safety, transport safety, railway transport, sustainable development, risk assessment, traffic safety management system.

В научной терминологии понятие «культура безопасности» впервые появляется в 1986 г. в «Итоговом докладе о совещании по рассмотрению причин и последствий аварии в Чернобыле» [1], подготовленном Международной консультативной группой по ядерной безопасности (INSAG).

В работе [2] приведено следующее определение термина культура безопасности: «такой набор характеристик и особенностей деятельности организаций и поведения отдельных лиц, который устанавливает, что проблемам безопасности атомной станции, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью».

Уже более 30 лет термин «культура безопасности» используется в атомной отрасли как в России, так и за рубежом [3]. Как отмечается в [4], это понятие носит несколько противоречивый характер, но, тем не менее, применяется в нормативных документах атомной отрасли в России. Так, например, в Рекомендациях по формированию и поддержанию культуры безо-

пасности на атомных станциях и в эксплуатирующих организациях атомных станций (Приказ Ростехнадзора от 19.09.2017 № 371) культура безопасности рассматривается как часть организационной культуры в сфере эксплуатации атомных станций.

Согласно вышеуказанным Рекомендациям культура безопасности представляет собой трехуровневую взаимовлияющую модель (рис. 1).

Наблюдаемый уровень (артефакты) – самый простой уровень для восприятия организационной культуры: то, что можно видеть, слышать и чувствовать. На данном уровне организационная культура может быть оценена через явные артефакты, характеризующие иерархию выстроенных в организации отношений, ее статус и внимание, уделяемое организации рабочего процесса. Такими артефактами являются, например, общая опрятность производственных помещений, бытовые условия труда работников (организация рабочего пространства, наличие достаточного количества мест для приема пищи, санитарных узлов, парковочных мест и т.д.), системность и аккуратность ведения производственной документации.

Уровень декларируемых ценностей включает ценности, провозглашаемые организацией и принимаемые, разделяемые и поддерживаемые ее работниками. Информация об этих ценностях может быть получена в ответах работников на вопросы об обстоятельствах, которые лицо, задающее вопросы, увидело или почувствовало. Примерами таких ценностей, провозглашаемых организациями, могут служить равные возможности для работников, их права, коллективная работа, идея «безопасность – наш приоритет» и т.д.

Уровень глубинных представлений включает представления, находящиеся на самом глубоком уровне организационной культуры и представляющие собой фундаментальные убеждения, на которые работники опираются бессознательно (интуитивно). Их можно раскрыть только в результате анализа и сопоставления результатов наблюдений за всеми уровнями организационной культуры и обнаружения в них противоречий и нестыковок с последующим обсуждением их на специальных семинарах.

По данным [5], анализ инцидентов на не основном оборудовании АЭС показывает, что большинство из них произошло как раз из-за невнимания к культуре безопасности. Не вызывает сомнения то, что большинство нежелательных инцидентов и в других сферах хозяйственной деятельности, в том числе транспортной, напрямую связано с недостаточным вниманием к культуре безопасности.

Оценка эффективности системы культуры безопасности основывается на двух основных элементах: общее количество нежелательных инцидентов и экспертные оценки по эффективности внедрения и функционирования отдельных элементов культуры безопасности.

Внедрение и функционирование культуры безопасности является сложной научно-технической проблемой, разрешением которой уже несколько десятилетий занимаются ученые атомной отрасли. Необходимость ее внедрения закреплена в нормативных документах [4, 6].

Учитывая приоритет развития и, соответственно, обеспечения безопасности транспортной отрасли, считаем корректным перенос общих принципов культуры безопасности из атомной отрасли в транспортную.

Транспорт является одной из ключевых отраслей в современных российских реалиях, а обеспечение безопасности есть ключевой фактор нормального функционирования транспорта. Внедрение культуры безопасности позволит в значительной степени повысить эффективность эксплуатации транспорта.



Рис. 1. Трехуровневая модель культуры безопасности

Использование методологии культуры безопасности на транспорте позволит снизить количество нежелательных происшествий и повысить качество перевозочного процесса. Исследования в области применения культуры безопасности проводятся за рубежом; в частности, в работе [7] по результатам исследований, проведенных в 137 компаниях, предложены 15 ключевых элементов культуры безопасности при перевозке пассажиров, ранжированные по своей значимости. Самыми значимыми признаны:

- Безопасность как высший приоритет деятельности для руководителей и линейного персонала;
- Понимание культуры безопасности как ключевого фактора производственной деятельности;
- Открытость и высокоэффективные внутренние коммуникации компании для обеспечения безопасности.

В работе [8] авторы, основываясь на 20 исследованиях в области культуры безопасности на транспорте, предлагают свои базовые принципы культуры безопасности в данной сфере.

Проведя анализ вышеуказанных принципов, можно провести параллель с принципами, приведенными в Общих положениях обеспечения безопасности атомных станций (Приказ Ростехнадзора от 17.12.2015 № 522), а также данными из работы [9]:

- Установление приоритета безопасности АС над экономическими и производственными целями (приоритет безопасности);
- Понимание каждым работником влияния его деятельности на безопасность АС и последствий, к которым может привести несоблюдение или некачественное выполнение требований программ обеспечения качества, производственных и должностных инструкций, технологических регламентов (понимание последствий).

В целом структурная схема обеспечения безопасности в рамках концепции культуры безопасности представлена на рис. 2 согласно данным [3].



Рис. 2. Структурная схема элементов процесса обеспечения безопасности

Как видно из рис. 2, процесс обеспечения безопасности можно разделить на три подпроцесса: анализ, принятие мер, контроль. В рамках анализа выделяются категории: проектные ошибки, ошибки человека, природные воздействия. В рамках второго подпроцесса по каждой из категории угроз принимаются решения для минимизации рисков их возникновения. Важнейшей стадией процесса обеспечения безопасности является контроль за мерами, принятыми для исключения и минимизации рисков.

В рамках контроля можно выделить не только контроль со стороны руководства компании (здесь можно провести параллель со стандартами серии ИСО 14000 и 9000), но и контроль независимого регулятора. Независимым регулятором могут выступать как органы государственного контроля, так и структурное подразделение в рамках компании.

Анализируя структуру ОАО «РЖД», как значительную часть транспортной системы России, можно отметить, что департаменты ЦРБ и ЦБЗ в значительной степени осуществляют деятельность, связанную с подпроцессом «Контроль» в структурной схеме обеспечения безопасности.

Исследования культуры безопасности в транспортной отрасли ведутся уже давно [10]. Учитывая высокий уровень проработки вопросов, связанных с культурой безопасности, внедрение на железнодорожном транспорте системы менеджмента качества и системы экологического менеджмента, а также большое количество руководящих документов, разработанных для атомной отрасли, можно отметить, что железнодорожный транспорт готов к полноценной реализации культуры безопасности в соответствии с нормами, приведенными в [6].

Учитывая, что на сегодняшний день транспортные структуры в России функционируют в рамках стратегии «Устойчивое развитие» [11], в них уже существуют механизмы обеспечения и контроля безопасности.

Согласно [12] анализ безопасности движения должен проводиться на основе данных об уровне фактической или прогнозируемой безопасности движения поездов.

Анализ безопасности движения важен на всех этапах жизненного цикла технического средства – от подготовки технического задания на его разработку, предпроектных и проектных работ, процесса изготовления до его эксплуатации и последующей утилизации. Основные этапы процедуры анализа представлены на рис. 3.

Методология анализа безопасности движения подразделяется на следующие группы: априорные методы, апостериорные методы и методы, основанные на использовании байесовского подхода.

Основными отличительными признаками вышеуказанных методов являются особенности получения исходной информации об опасных отказах и ошибках.

Данные, полученные в результате некоторого опыта, определены с помощью апостериорной методологии, их получают при эксплуатации технических средств, в процессе работы оператора или в результате специального эксперимента. Об этих данных корректно говорить, что они получены в результате обработки «статистических» вероятностей, т.е. об относительных частотах опасных дестабилизирующих факторов.

Использование информации об опасных отказах и ошибках, полученной «теоретическим» путем, а именно – путем экспертных оценок, основанных на интуитивных соображениях, или при математическом моделировании процессов, обуславливающих появление опасных отказов и ошибок, путем пересчета или экстраполяции, называется априорной методологией.

Анализируемым явлением может быть внутренний или внешний опасный отказ технического средства транспортной системы или технического персонала, также возможны и другие явления, связанные с нарушением безопасности в транспортных системах. Априорная информация может быть о виде закона распределения времени безопасной работы системы в целом или какого-то из ее элементов, о значении параметров модели процесса, приводящего к появлению опасного отказа определенного вида, о причине крушения и т.д.

Различные факторы, как внутренние, так и внешние, могут приводить к смещениям в экспертных оценках относительно истинных значений оцениваемых величин. В целях

уменьшения этих смещений необходимо использовать специальную методологию и приемы, совокупность которых называется методом экспертных оценок.



Рис. 3. Основные этапы анализа безопасности движения

Методология, называемая байесовским подходом, отличается тем, что при ее использовании появляется возможность исследования характеристик всех видов информации – как априорной, так и апостериорной. Процедура пересмотра вероятностей при получении новых данных в соответствии с теоремой Байеса лежит в основе этого метода.

Три приведенные методологии имеют свои сильные и слабые стороны, которые позволяют применять их на разных этапах жизненного цикла технического средства.

Задачу оценки и управления аварийными рисками в процессе движения поезда по определенному маршруту можно определить как прикладную. Для решения вышеуказанной задачи можно применить различные подходы, например подход, предложенный в работе [13], где

предложено решение, которое предлагает оценивать эколого-экономическую оценку риска возникновения нежелательного события  $B_i$  при транспортировке нефти и нефтепродуктов по определенному маршруту по формуле

$$R_{\text{ЭК}}(B_i) = R_M(B_i) \cdot \sum_{k=1}^3 P_k(B_i) \cdot Y_k(B_i),$$

где  $P_k(B_i)$  – вероятность реализации  $k$ -го ( $k = 1, 2, 3$ ) сценария развития аварийного происшествия, квалифицируемого как событие  $B_i$  (крушение, авария, особый брак в работе), для грузовых поездов, перевозящих нефть и нефтепродукты;  $Y_k(B_i)$  – эколого-экономический ущерб от реализации  $k$ -го ( $k = 1, 2, 3$ ) сценария аварийного происшествия.

Снижение рисков организации движения грузовых поездов является существенным способом повышения качества предоставляемых услуг [14]. Решение задачи оценки риска при движении поезда по определенному маршруту, во-первых, дает возможность грузоотправителям, страховщикам и страхователям грузоотправлений предвидеть, а следовательно, оценивать возможные убытки от аварийных происшествий, а во-вторых, осуществлять разработку организационно-технические мероприятия по предупреждению и уменьшению последствий чрезвычайных ситуаций.

На железнодорожном транспорте количественная оценка безопасности в основном осуществляется исходя из общего числа нарушений безопасности движения (НБД) – сумма всех происшествий, перечисленных в Положении об организации расследования и учета транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта на инфраструктуре ОАО «РЖД» (Распоряжение ОАО «РЖД» от 21 августа 2017 г. № 1697р) и в Положении о порядке учета транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта на инфраструктуре ОАО «РЖД», в автоматизированной системе управления безопасностью движения (Распоряжение ОАО «РЖД» от 17 ноября 2015 г. № 2703р), произошедших за год отчетности. В [15] отмечается, что разномасштабность крушений, аварий, особого брака в работе и брака в работе как по частоте их появления (крушения и аварии – редкие виды НБД, а брак в работе – массовые виды НБД), так и по последствиям не позволяет применять аддитивные процедуры в качестве количественной оценки уровня безопасности движения.

Важной является оценка общего состояния безопасности на железнодорожном транспорте. Оценка безопасности и надежности технических систем на европейских железных дорогах осуществляется при использовании комплекса взаимосвязанных показателей RAMS [16]. В работе [15] предложен индекс уровня безопасности движения:

$$U_{\text{БД}} = - \frac{\sum_{k=1}^{k=N} \Omega_k \ln \Omega_k}{\ln W} \cdot [1 - \exp(-\Gamma_{\text{пр}} / \Gamma_{\text{пр}0})],$$

где  $W$  – полный объем представителей видов НБД во всех отделах  $bk$ ;  $\Gamma_{\text{пр}}$  – приведенная грузо-напряженность (млрд т·км брутто в год на 1 км эксплуатационной длины железных дорог);  $\Gamma_{\text{пр}0}$  – базовое значение приведенной грузонапряженности.

Этот индекс можно использовать для оценки состояния безопасности движения на железных дорогах в целом. Его показатели демонстрируют, насколько эффективно внедрение управленческих решений в области безопасности и, соответственно, насколько эффективна культура безопасности в железнодорожной отрасли.

Сегодня в рамках железнодорожной отрасли реализуется Система менеджмента безопасности движения, которая основывается на методологии риск-менеджмента.

Стоит отметить, что культура безопасности подразумевает под собой не только технические методы контроля и обеспечения безопасности, но и внедрение социальных технологий. Проводя параллель с понятием «экологизация сознания», можно предложить термин «безопасно ориентированное мышление». Учитывая опыт атомной отрасли, можно с уверенностью утверждать, что внедрение культуры безопасности на транспорте позволит в значительной степени повысить экологическую и техническую безопасность транспорта.

### Список литературы

1. IAEA. Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident. Safety Series. – № 75-INSAG-1. – Вена: МАГАТЭ. – 148 с.
2. МАГАТЭ. Культура безопасности. Серия изданий по безопасности. № 75-INSAG-4. Вена: МАГАТЭ. – 1991. – 51 с.
3. Жук А.В., Головкин М.В., Евдошкина Ю.А. Отечественная и зарубежная историография проблем культуры безопасности в атомной энергетике // Глобальная ядерная безопасность. – 2017. – №1 (22). – С. 113–121.
4. Машин В.А. Современные основы концепции культуры безопасности // Электрические станции. – 2014. – № 10. – С. 2–10
5. Куприянова И.А. Культура безопасности ядерных объектов. Критерии оценки и способы ее оценки // Ядерный контроль. – 2004. – № 2 (72). – Т. 10. – С. 45–57.
6. МАГАТЭ. Ключевые вопросы практики повышения культуры безопасности Доклад международной консультативной группы по ядерной безопасности // INSAG-15. – Вена, 2015. – 48 с.
7. Improving Safety Culture in Public Transportation / R. Howard, R. Retting, T. Webb, A. Colleary, B. Turner, X. Wang, R. Toussaint, G. Simpson, C. White. – 2015. – 148 p. ISBN 978-0-309-30825-0 | DOI 10.17226/22217
8. Tor-Olav Nævestad, Ingeborg Storesund Hesjevoll, Ross Owen Phillips. How can we improve safety culture in transport organizations? A review of interventions, effects and influencing factors // TRANSPORTATION RESEARCH PART F-TRAFFIC PSYCHOLOGY AND BEHAVIOUR. – 2018. – Vol. 54. – P. 28-46. DOI: 10.1016/j.trf.2018.01.002
9. Машин В.А. Культура безопасности: анализ коренных причин // Электрические станции. – 2018. – № 11. – С. 2–14.
10. Попов В.Г. Система безопасности железнодорожного транспорта (концептуальный подход) // Труды VI научно-практической конференции «Безопасность движения поездов». – М.: МИИТ, 2004. – С. 14–16.
11. Попов В.Г., Сухов Ф.И., Чамова Ю.А. Выбор стратегии энерго- и ресурсосбережения в рамках экологической политики организации // Безопасность жизнедеятельности. – 2016. – № 2 (182). – С. 31–35.
12. Теория безопасности движения поездов [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.1520mm.ru/catastrophe/main.phtml> (дата обращения: 23.11.18).
13. Попов В.Г., Сухов Ф.И., Петров С.В. Оценка риска от аварийных происшествий // Мир транспорта. – 2012. – № 6 (44). – С. 150–155.
14. Биленко Г.М., Апатцев В.И. К вопросу снижения рисков при организации движения грузовых поездов по расписанию // Наука и техника транспорта. – 2013. – № 4. – С. 023–031.
15. Попов В.Г., Сухов Ф.И. Индекс-отклик и индекс-прогноз // Мир транспорта. – 2007. – № 3 (19). – С. 130–133.
16. Красковский А.Е., Рогоза Д.И., Плеханов П.А. Комплексная оценка рисков для безопасности движения // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2011. – № 1. – С. 54–65.

### References

1. IAEA. Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident. // Safety Series, No. 75-INSAG-1. IAEA, 1986.
2. Safety Culture. // Safety Series, № 75-INSAG-4. International Atomic Energy Agency, Vienna 1991.

3. Zhuk A.V., Golovko M.V., Evdoshkina Iu.A. Otechestvennaia i zarubezhnaia istoriografiia problem kul'tury bezopasnosti v atomnoi energetike [Domestic and foreign historiography of problems of safety culture in atomic energy] // *Global'naia iadernaia bezopasnost'*, 2017. No1 (22). pp. 113-121.
4. Mashin V.A. Sovremennye osnovy koncepcii kul'tury bezopasnosti [Modern basics of the safety culture concept]. *Power stations*, 2014. no 10. pp. 2-10.
5. Kuprianova I.A. Kul'tura bezopasnosti yadernyh ob'ektov. Kriterii ocenki i sposoby eyo ocenki. [Safety culture of nuclear facilities. Evaluation criteria and ways to evaluate it.] // *Nuclear control*, 2004 №2 (72), Volume 10, pp. 45-57.
6. Key Practical Issues in Strengthening Safety Culture INSAG-15. // Safety Series, INSAG-15. International Atomic Energy Agency, Vienna 2015.
7. Roberts, Howard; Retting, Richard; Webb, Tom; Colleary, Ashley; Turner, Brian; Wang, Xinge; Toussaint, Roger; Simpson, Gwynn; and Claudia White *Improving Safety Culture in Public Transportation*, // 148 pages ISBN 978-0-309-30825-0 | DOI 10.17226/22217, 2015.
8. Tor-Olav Nævestad, Ingeborg Storesund Hesjevoll, Ross Owen Phillips. How can we improve safety culture in transport organizations? A review of interventions, effects and influencing factors. *TRANSPORTATION RESEARCH PART F-TRAFFIC PSYCHOLOGY AND BEHAVIOUR*, 2018 Volume: 54, Pages: 28-46, DOI: 10.1016/j.trf.2018.01.002
9. Mashin V.A. Kul'tura bezopasnosti: analiz korennykh prichin [Safety Culture: Root Cause Analysis] // *Elektricheskie stantsii*, 2018, no 11. pp. 2-14.
10. Popov V.G. Sistema bezopasnosti zheleznodorozhnogo transporta (konceptual'nyj podhod). [Railway safety system (conceptual approach)]. *VI scientific-practical conference "Traffic Safety trains."* Moscow, МИИТ. 2004. pp. IV-14-IV-16
11. Popov V.G., Sukhov P.I., Chamova J.A. Vybora strategii energo- i resursosberezheniya v ramkah ekologicheskoy politiki organizatsii. [The choice of energy and resource saving strategies in the framework of the organization's environmental policy.]. *Life Safety Magazine № 2 (182)*. Moscow, 2016. pp. 31-35.
12. Theory of train traffic safety, available at: <http://www.1520mm.ru/catastrophe/main.phtml> (assessed 23.11.18)
13. Popov V.G., Sukhov P.I., Petrov S.V. Ocenka riska ot avariynyh proisshestvij [Accident risk assessment]. *World of transport magazine*, 2012 no. 6 (44). Moscow, МИИТ, pp. 150-155.
14. Bilenko G.M., Apattsev V.I. K voprosu snizheniia riskov pri organizatsii dvizheniia gruzovykh poezdov po raspisaniiu [On the issue of risk reduction in the organization of the movement of freight trains on a schedule] // *Nauka i tekhnika transporta*, 2013, no. 4, pp. 023-031.
15. Popov V.G., Sukhov P.I. Indeks-otklik i indeks-prognoz. [Index response and index forecast.] // *World of transport magazine*, 2007 no. 3 (19), pp. 130-133.
16. Kraskovskii A.E., Rogoza D.I., Plekhanov P.A. Kompleksnaia otsenka riskov dlia bezopasnosti dvizheniia [Comprehensive risk assessment for traffic safety] // *Izvestia Peterburgskogo universiteta putei soobshcheniia*, 2011, no. 1, pp. 54-65.

Получено 12.02.2019

#### Об авторах

**Сухов Филипп Игоревич** (Москва, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химия и инженерная экология» Российского университета транспорта (МИИТ) (127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9, e-mail: philipp.sukhov@mail.ru).

**Попов Владимир Георгиевич** (Москва, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Химия и инженерная экология» Российского университета транспорта (МИИТ) (127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9, e-mail: kafedra\_ee\_miiit@mail.ru).

**Журавлёв Александр Николаевич** (Москва, Россия) – кандидат технических наук, руководитель Лаборатории объединённых коммуникаций (127994, г. Москва, Огородный проезд, д. 19, e-mail: alexander@uclab.ru).

**Боровков Юрий Николаевич** (Москва, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химия и инженерная экология» Российский университет транспорта (МИИТ) (127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9, e-mail: yunikborovkov@gmail.com).

#### About the authors

**Philipp I. Sukhov** (Moscow, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry and Engineering Ecology, Moscow State University of Railway Engineering (МИИТ) (9-9, Obrazcov st., Moscow, 127994, Russian Federation, e-mail: philipp.sukhov@mail.ru).

**Vladimir G. Popov** (Moscow, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Chemistry and Engineering Ecology, Moscow State University of Railway Engineering (МИИТ) (9-9, Obrazcov st., Moscow, 127994, Russian Federation, e-mail: kafedra\_ee\_miiit@mail.ru).

**Alexander N. Zhuravlev** (Moscow, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Head of Laboratory Unified Communication, Moscow (19, Ogorodniy proezd, Moscow, 127994, Russian Federation, e-mail: alexander@uclab.ru).

**Yuri N. Borovkov** (Moscow, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry and Engineering Ecology, Moscow State University of Railway Engineering (МИИТ) (9-9, Obrazcova st., Moscow, 127994, Russian Federation, e-mail: yunikborovkov@gmail.com).