



ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ТРАВМАТИЗМА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

П.С. Орлов

д.т.н., доцент, заведующий кафедрой электрификации
И.М. Соцкая (фото)

к.т.н., доцент, заведующая кафедрой технического сервиса
ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, г. Ярославль

***Производственный
травматизм, подземные
трубопроводы,
коррозионное
растрескивание металла
труб под напряжением,
межкристаллитная
коррозия, плакирование
наружной поверхности
труб медью***

*Occupational injuries,
underground pipelines,
stress corrosion cracking of
metal pipes, intergranular
corrosion, of the outer
surface cladding of copper
pipes*

Количество несчастных случаев на производстве в Российской Федерации снизилось со 110 тыс. в 2006 г. до 51 тыс. в 2015 г. [1], но следует иметь ввиду, что двукратного падения промышленного производства или такого же уменьшения числа работающих за это время не произошло, не было и технического перевооружения все-российского масштаба. Следовательно, можно предположить, что существуют иные причины снижения официального показателя производственного травматизма – сокрытие несчастных случаев на производстве. Наиболее вероятное количество скрытых несчастных случаев на производстве может составлять от 20 до 50%, в зависимости от вида деятельности страхователя и количества работающих. Вместе с тем решения проблемы скрытого травматизма не найдено, а само существование этой проблемы официально не признано [2].

В России не регистрируют большинство травм лёгкой и средней степеней тяжести. Это приводит к тому, что при анализе травматизма не учитывается огромное число травмоопасных ситуаций, которые в комбинации с другими опасными факторами потенциально могут привести к тяжёлым последствиям. По данным исследований, каждые 300 опасных факторов влекут за собой 28 травм, одна из которых – тяжёлая. Снижения числа тяжёлых несчастных случаев можно добиться только, снизив число опасных факторов, а для этого нельзя скрывать производственный травматизм [3].

За прошедшие годы положение с учётом смертельного травматизма на производстве изменилось мало: только в 2015 году, по данным Роструда, на производстве произошло 1707 несчастных случаев со смертельным исходом, а по данным Фонда социального страхования – 1886 смертельных несчастных случаев – различие в данных – 179 жизней [4].

Между тем, проблема скрытого травматизма довольно легко решалась ещё 100 лет назад: тогда всем было ясно, что объективное расследование каждого несчастного случая на производстве может быть только тогда, когда в нём принимают участие независимые эксперты, а информация о происшествиях незамедлительно доводится до надзорных органов [5].

В 2014 г. на объектах электроэнергетики и в установках потребителей электрической и тепловой энергии зафиксировано 87 аварий, расследование причин которых осуществлял Ростехнадзор (в 2013 г.

произошло 112 подобных аварий), зарегистрировано 67 несчастных случаев со смертельным исходом (в 2013 г. – 102).

Анализ случаев прекращения энергоснабжения потребителей показывает, что их основными причинами остаются высокий износ оборудования и сетей, неквалифицированные действия обслуживающего персонала и неблагоприятные погодные условия. Наибольшее их число произошло в электроустановках потребителей – 32 (67%), в электрических сетях – 14 (27%), в тепловых установках энергоснабжающих организаций – 3 (5%) [6].

Данные по несчастным случаям со смертельным исходом и авариям на зарегистрированных Ростехнадзором опасных производственных объектах представлены в таблице 1 [7].

Наибольшее число аварий связано со снижением надежности энергосистем [8], провоцирую-

щих высокий уровень травматизма на объектах энергетики (рис. 1) [9].

В осенне-зимний период 2015–2016 гг. на объектах энергетики, непосредственно подчиненных Ростехнадзору, произошло 28 аварий, что на треть больше 2014–2015 гг. (21 авария).

Распределение аварий и несчастных случаев на объектах энергетики по федеральным округам представлено в таблице 2.

Основные причины аварий в 2014–2015 гг. – снижение надежности энергосистемы – 28,6%, (2015–2016 гг. – 52,2%); нарушения работы средств связи – 23,8 и 21,8%; отключение объектов сетевого хозяйства и генерирующего оборудования – 9 и 4,3%; повреждение турбин, генераторов силового оборудования, приведшего к длительному простоему оборудования, – 28,6 и 17,41% соответственно. Наблюдается рост аварий, связанный со снижением надежности энергосистемы, прово-

Таблица 1 – Количество несчастных случаев с летальным исходом и аварий

Показатель	Год									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Летальный травматизм	450	340	495	310	250	350	255	280	115	195
Аварии	230	220	215	165	154	195	165	215	160	150

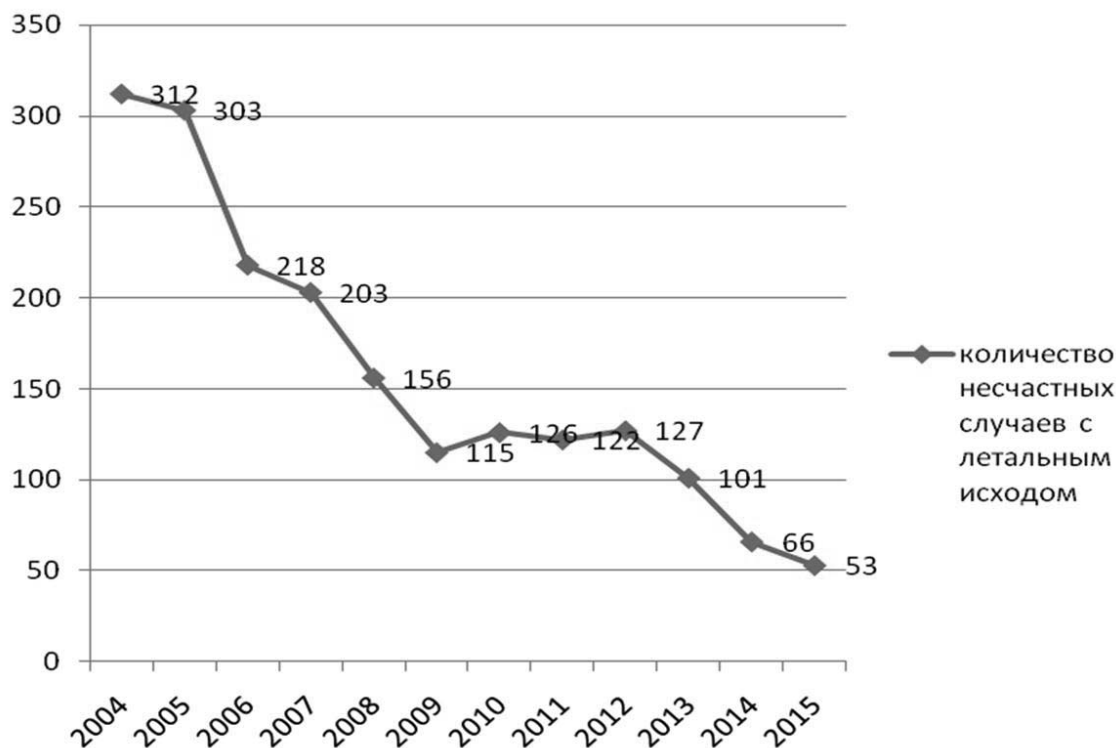


Рисунок 1 – Динамика смертельного травматизма на объектах Энергонадзора

цирующий рост травматизма, который в осенне-зимние периоды при эксплуатации энергоустановок в 2015–2016 гг. по сравнению с аналогичным периодом 2014–2015 гг. возрос в 3 раза, хотя и остался в 1,22 раза ниже аналогичного периода 2013–2014 гг. (табл. 2).

Напротив, в нефтегазодобывающих отраслях в последнее десятилетие отмечено снижение количества аварий на трубопроводном транспорте энергоносителей (табл. 3) и сравнительно низкий

травматизм работников отрасли, достигнутый за счёт серьезных (до 55 млрд руб. в год) затрат добывающих компаний на поддержание его работоспособности.

Вместе с тем запланированное масштабное развитие в российской Арктике нефтегазовой отрасли может увеличить риск возникновения чрезвычайных ситуаций (аварий), связанных с разливом нефти на стадии бурения до 32% и в процессе добычи (до 29%) [10].

Таблица 2 – Аварии и несчастные случаи по федеральным округам РФ

Федеральный округ	Осенне-зимний период	
	2014–2015 гг.	2015–2016 гг.
Центральный	4/1	5/7
Северо-Западный	3/0	7/1
Приволжский	3/2	4/1
Южный	3/1	1/0
Северо-Кавказский	2/1	3/5
Уральский	2/0	3/3
Сибирский	1/1	4/1
Дальневосточный	3/0	1/0

Примечание: аварии/несчастные случаи.

В целом на магистральном трубопроводном транспорте, осуществляющем транспортировку нефти и нефтепродуктов, после всплеска аварий в 1993–1998 гг. удельная аварийность постоянно снижалась и в начале 2010 г. вышла на уровень 1900-х годов. Более трети аварий за 2012–2014 гг. произошло на газопроводах с износом основных фондов выше 85%, а 60% материального ущерба приходится на аварийные трубопроводы с износом более 50% (табл. 4) [11], основной причиной разрушения которых является коррозионное растрескивание металла труб под напряжением и межкристаллитная коррозия.

Рост дефектов коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) прослеживается на протяжении 10 лет после ввода в эксплуатацию

для всех основных диаметров магистральных газопроводов, кроме трубопроводов условным диаметром 720 мм (табл. 5). Существующий уровень пожаровзрывоопасности обуславливает потенциальную опасность возникновения аварий на подземных магистральных трубопроводах, 70% которых связано с КРН. Применение дефектоскопии подземных трубопроводов позволяет снять риск возникновения аварий, связанных с межкристаллитной коррозией и разрывом трубопроводов [12].

Необходимо учитывать профессиональные риски, связанные непосредственно с тем, что на территории Российской Федерации функционирует более 3700 опасных производственных объектов нефтегазовых предприятий (газоперекачивающих объектов – компрессорных станций) [13].

Таблица 3 – Количество аварий на трубопроводном транспорте

Показатель	Год											
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Нефть	23	18	20	9	3	11	2	0	6	4	1	2
Газ	19	29	20	15	21	11	6	3	8	4	3	3

Таблица 4 – Аварийность на магистральном трубопроводном транспорте

Год	Показатель				
	Число аварий	Протяженность трубопроводов, тыс. км	Грузооборот, млрд т/км	Ущерб от аварий, млн руб.	Число погибших, чел.
2009	28	231,0	2246	371,0	1
2010	13	232,6	2382	146,0	4
2011	17	237,5	2422	161,5	2
2012	21	245,2	2553	154,8	1
2013	12	245,8	1513	318,9	0
2014	8	248,1	2423	96,59	2

Почти половина всех магистральных газопроводов диаметром более 700 мм находится за Полярным кругом на территориях, на которых осуществляется только выпас оленей (республика Коми, плотность населения – менее 1 чел./км²). Южнее плотность сельского населения растёт, и в Вологодской области составляет 1...5 чел./км²; в Костромской, Новгородской, Тверской и Ярославской областях – 5...10 чел./км²; во Владимирской, Ивановской, Кировской, Ленинград-

ской, Московской и Нижегородской областях – 10...25 чел./км², что значительно увеличивает опасность для населения, учитывая, что на расстоянии до полукилометра от трасс газопроводов в Вологодской области расположено 64 населённых пункта с численностью населения до 500 жителей в каждом и 3 города, во Владимирской области – 38 населённых пунктов и 2 города, в Ивановской области – 23 населённых пункта и 1 город, в Костромской области – 12 населённых

Таблица 5 – Тенденция роста числа дефектов КРН

D _y , мм	Год									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1020	0	0	20	120	150	190	280	380	1100	1400
1420	0	0	5	4	80	120	189	220	750	1190
1220	0	0	0	0	0	3	6	80	140	200
720	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4

пунктов и 2 города, в Ярославской области – 43 населённых пункта и 2 города. Во всех перечисленных областях, кроме Ивановской и Костромской, магистральные газопроводы проложены в три-четыре нитки.

В Вологодской области общая протяжённость магистральных газопроводных трасс составляет 725 км, во Владимирской – 240 км, в Костромской – 52 км, в Ивановской – 163 км, в Ярославской – 371 км. Газопроводы прокладывают в малонаселённых районах, тем не менее, на территории Владимирской, Вологодской, Ивановской, Костромской и Ярославской областей вблизи районов интенсивной хозяйственной деятельности (населённые пункты, пересечение дорог и судоходных водных преград) проложено 350 км газопроводов; по территории, на которой

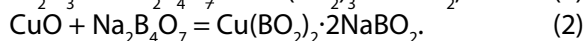
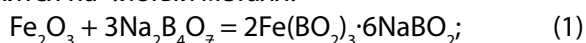
осуществляется регулярная хозяйственная деятельность сельского населения (пахотные земли), проложено 279 км газопроводов; по территории, на которой осуществляется спорадическая хозяйственная деятельность (леса), проходит 877 км трасс газопроводов. Даже незначительная авария на газопроводе приводит к утечке больших количеств легко воспламеняющегося метана, так как от момента разрыва трубопровода до момента прекращения поступления газа к месту разрыва в самом благоприятном случае проходит несколько часов, пока будет отсечён аварийный участок запорными устройствами по обе стороны от места разрыва [14].

Возгорание газа – это прямые материальные потери метана, а аварии в лесных массивах и сельскохозяйственных угодьях приво-

дят к выгоранию леса и посевов не менее чем на 25 га [15].

Наибольшую опасность подземные газопроводы представляют именно для сельского населения, проживающего и повседневно осуществляющего хозяйственную деятельность вблизи трасс магистральных газопроводов.

Снижению аварийности подземных трубопроводов способствуют защитные мероприятия по плакированию наружной поверхности трубопроводов медью. В целях предупреждения разрушения трубопроводов авторами проведена серия экспериментов по меднению стали в расплаве буры безводной, широко применяемой в качестве флюса при пайке чёрных металлов твёрдыми припоями. Так как высокое качество пайки требует очищенные от окислов металлические поверхности, то для удаления последних применяют буру $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, образующую легкоплавкие шлаки с металлами. На растворении окислов металлов основано применение буры при пайке металлов. Расплавленная бура растворяет окислы металлов с образованием двойных солей. Бура растворяет окислы, расплав окислов, всплывая, покидает поверхность металла, и припой хорошо ложится на чистый металл:



Применяемая в качестве флюса бура обеспечивает удаление следов окислов железа с поверхности стали, надёжно очищая обрабатываемую поверхность от окислов, обеспечивая плотное и

надёжное сцепление медного покрытия со сталью. Сталь обеспечивает высокую разрывную прочность, а наличие расплава буры безводной на поверхности ванны для меднения стали препятствует образованию окиси железа на поверхности стали, обеспечивая высокое качество процесса получения слоя меди на поверхности стали.

При температуре, не превышающей 1100°C , получено плотное сцепление медного слоя со стальным образцом, что открывает возможность получения медненного трубопровода, защищая его от коррозии и водородного износа [16].

Так как проникновение меди в сталь несколько затруднено, меднение стали не снижает прочностные характеристики стального сердечника, а для осуществления процесса получения тонкого медного слоя требуется не более 15–20 минут. Время осуществления процесса определяется только мощностью нагревателя.

Вывод

Проведённый эксперимент подтверждает возможность получения стойкого к коррозии медного покрытия на поверхности стали и может использоваться для защиты поверхности стальных труб от коррозии и от коррозионного растрескивания под напряжением, так как предлагаемые медные покрытия обладают высокой стойкостью к коррозии, защищают сталь от наводороживания, снижают вероятность разрушения труб и связанный с авариями травматизм.

Литература

1. Фонд социального страхования Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fz122.fca.tss.ru/> 15.09.2016.
2. Авруцкий, И. История с продолжением [Текст] / И. Авруцкий // Охрана труда и социальное страхование. – 2016. – № 8. – С. 104–111.
3. Сугак, Е. Лукавые цифры [Текст] / Е. Сугак // Охрана труда и социальное страхование. – 2004. – № 6. – С. 21–26.
4. В государственной Думе ФС РФ 08.06.2015 [Текст]: Выписка из стенограммы // Охрана труда и социальное страхование. – 2016. – № 8. – С. 3.
5. Полное собрание законов Российской империи. Собрание третье, Т. XXIII, отделение 1. – СПб., 1905, документ 23060.
6. Рябов, А.А. Государственный энергетический надзор подвёл итоги работы за 1 полугодие 2014 г. [Текст] / А.А. Рябов // Безопасность труда в промышленности. – 2014. – № 10. – С. 7–9.
7. Доклад руководителя Ростехнадзора А.В. Алешина на конференции «Обеспечение экологической и промышленной безопасности в условиях роста финансовой нагрузки на бизнес» в рамках Недели российского бизнеса [Текст] / А.В. Алешин // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 3. – С. 9–11.
8. Пиляев, Н.А. Сопровождение Управления государственного энергетического надзора (Ростехнадзора) [Текст] / Н.А. Пиляев // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 3. – С. 20–26.
9. Елагин, А. Новый закон не добавил ясности [Текст] / А. Елагин // Охрана труда и социальное страхование. – 2016. – № 8. – С. 112–118.

10. Цыбиков, Н.А. Глобальные риски XXI века [Текст] / Н.А. Цыбиков // Охрана труда и социальное страхование. – 2018. – № 4. – С. 83–94.

11. Радионова, С.Г. Показатели опасности аварий на Российских магистральных трубопроводах [Текст] / С.Г. Радионова, С.А. Жулина, Т.А. Кузнецова и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 11. – С. 62–69.

12. Абрахимов, Ю.Р. Снижение аварийности на объектах трубопроводного транспорта за счёт внедрения современных методов внутритрубной диагностики [Текст] / Ю.Р. Абрахимов, З.А. Закирова, А.А. Башенова // Безопасность труда в промышленности. – 2018. – № 2. – С.43–45.

13. Поршаков, Б.П. Повышение эффективности эксплуатации энергопривода компрессорных станций [Текст] / Б.П. Поршаков, А.С. Лопатин, А.М. Назарьина, А.С. Рябченко. – М.: Недра, 1992. – 206 с.

14. Голдобина, Л.А. Предупреждение аварий и катастроф на катоднозащищённых подземных трубопроводах бесконтактными методами идентификации коррозионного разрушения (теория и практика) [Текст]: монография / Л.А. Голдобина, В.С. Шкрабак, П.С. Орлов. – Ярославль: Ярославская ГСХА, 2012. – 204 с.

15. Елагин, А. Профессиональные и пожарные риски: найти точки соприкосновения [Текст] / А. Елагин, А. Ефремов, А. Селиванов // Охрана труда и социальное страхование. – 2015. – № 12. – С. 69–75.

16. Орлов, П.С. Защита стали от водородного износа [Текст] / П.С. Орлов, И.М. Соцкая // Фундаментальные и прикладные науки: материалы XI Международ. симпозиума, посвященного памяти референта МСНТ Н.И. Ершовой. Т.1. – М.: РАН, 2016. – С. 110–125.

References

1. Fond social'nogo strahovaniya Rossijskoj Federacii [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://fz122.fca.tss.ru/> 15.09.2016.

2. Avrutskij, I. Istorija s prodolzheniem [Tekst] / I. Avrutskij // Ohrana truda i social'noe strahovanie. – 2016. – № 8. – S. 104–111.

3. Sugak, E. Lukavye cifry [Tekst] / E. Sugak // Ohrana truda i social'noe strahovanie. – 2004. – № 6. – S. 21–26.

4. V gosudarstvennoj Dume FS RF 08.06.2015 [Tekst]: Vypiska iz stenogrammy // Ohrana truda i social'noe strahovanie. – 2016. – № 8. – S. 3.

5. Polnoe sobranie zakonov Rossijskoj imperii. Sobranie tret'e, T. XXIII, otdelenie 1. – SPb., 1905, dokument 23060.

6. Ryabov, A.A. Gosudarstvennyj jenergeticheskij nadzor podvjol itogi raboty za 1 polugodie 2014 g. [Tekst] / A.A. Ryabov // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2014. – № 10. – S. 7–9.

7. Doklad rukovoditelja Rostehnadzora A.V. Aleshina na konferencii «Obespechenie jekologicheskoy i promyshlennoj bezopasnosti v uslovijah rosta finansovoj nagruzki na biznes» v ramkah Nedeli rossijskogo biznesa [Tekst] / A.V. Aleshin // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2015. – № 3. – S. 9–11.

8. Pilyaev, N.A. Soveshhanie Upravlenija gosudarstvennogo jenergeticheskogo nadzora (Rostehnadzora) [Tekst] / N.A. Pilyaev // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2015. – № 3. – S. 20–26.

9. Elagin, A. Novyj zakon ne dobavil jasnosti [Tekst] / A. Elagin // Ohrana truda i social'noe strahovanie. – 2016. – № 8. – S. 112–118.

10. Tsybikov, N.A. Global'nye riski XXI veka [Tekst] / N.A. Tsybikov // Ohrana truda i social'noe strahovanie. – 2018. – № 4. – S. 83–94.

11. Radionova, S.G. Pokazateli opasnosti avarij na Rossijskih magistral'nyh truboprovodah [Tekst] / S.G. Radionova, S.A. Zhulina, T.A. Kuznetsova i dr. // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2015. – № 11. – S. 62–69.

12. Abrakhimov, Yu.R. Snizhenie avarijnosti na ob#ektah truboprovodnogo transporta za schjot vnedrenija sovremennyh metodov vnuritrubnoj diagnostiki [Tekst] / Yu.R. Abrakhimov, Z.A. Zakirova, A.A. Bashenova // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2018. – № 2. – S.43–45.

13. Porshakov, B.P. Povyshenie jeffektivnosti jekspluatacii jenergoprivoda kompressornyh stancij [Tekst] / B.P. Porshakov, A.S. Lopatin, A.M. Nazar'ina, A.S. Ryabchenko. – М.: Nedra, 1992. – 206 с.

14. Goldobina, L.A. Preduprezhdenie avarij i katastrof na katodnozashhishhjonnyh podzemnyh truboprovodah beskontaktnymi metodami identifikacii korrozionnogo razrushenija (teorija i praktika) [Tekst]: monografija / L.A. Goldobina, V.S. Shkrabak, P.S. Orlov. – Jaroslavl': Jaroslavskaja GSHA, 2012. – 204 s.

15. Elagin, A. Professional'nye i pozharnye riski: najti tochki soprikosnovenija [Tekst] / A. Elagin, A. Efremov, A. Selivanov // Ohrana truda i social'noe strahovanie. – 2015. – № 12. – S. 69–75.

16. Orlov, P.S. Zashhita stali ot vodorodnogo iznosa [Tekst] / P.S. Orlov, I.M. Sockaja // Fundamental'nye i prikladnye nauki: materialy XI Mezhdunarod. simpoziuma, posvjashhennogo pamjati referenta MSNT N.I. Ershovoj. T.1. – М.: РАН, 2016. – S. 110–125.