



УДК 614.8; 624.19; 625.1;
621.311.13

О промышленной безопасности при реконструкции и строительстве мостов



Анатолий ЛУКЬЯНОВ
Anatoly M. LUKYANOV

Анна ЛУКЬЯНОВА
Anna A. LUKYANOVA



Лукьянов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Лукьянова Анна Александровна – инженер, ассистент РУТ (МИИТ), Москва, Россия.

On Industrial Safety in Reconstruction and Construction of Bridges

(текст статьи на англ. яз. –
English text of the article – p. 206)

Система промышленной безопасности складывалась на железных дорогах десятилетиями. В новых экономических условиях многие её базовые принципы сохранились, но появились и те факторы, которые требуют дополнительного научного анализа, экспериментальной проверки, современных технологических средств. В частности, на примере строительства и обслуживания мостовых сооружений исследуется и оценивается ситуация с безопасностью труда, травматизмом, пожароопасностью на объектах железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: железная дорога, безопасность труда, мостовые работы, номограмма условий труда, травматизм, средства огнезащиты.

На всех этапах реформирования железнодорожного транспорта особое внимание уделялось и уделяется сохранению всех связей и принципов, обеспечивающих функционирование отрасли как единого, бесперебойно действующего механизма [1]. В числе таких принципов и поддержание высокого уровня промышленной безопасности, условий и охраны труда.

1.

Анализируя состояние условий и охраны труда в ОАО «РЖД», отметим, что количество случаев производственного травматизма остаётся на прежнем уровне, хотя количество травмированных с тяжёлым исходом снижено на 10 % [2].

При этом учитывая снижение численности работников компании, коэффициент частоты общего производственного травматизма несколько вырос ($K_{ч.о.} = 0,3$), а коэффициент потерь, характеризующий количество дней нетрудоспособности, снижен (см. рис. 1).

Рост общего травматизма допущен в трёх управлениях центральной дирекции инфраструктуры: пути и сооружений,

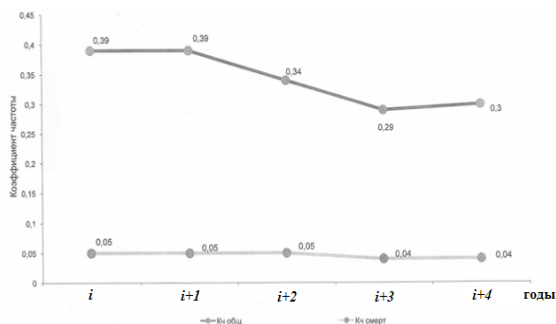


Рис. 1. Динамика коэффициентов частоты производственного травматизма.

электрификации и электроснабжения, управления механизации.

Неблагоприятные производственные условия, когда они превышают пределы, установленные санитарными нормами и правилами техники безопасности, могут повлечь за собой несчастные случаи или вызвать профессиональные заболевания.

В последние годы тяжесть последствий травм в дирекции пути и сооружений продолжает оставаться на высоком уровне, что объясняется усложнением технологии строительно-монтажных работ, резким повышением темпов строительства, снижением уровня организации производства, профессиональной подготовки руководителей, а также представителей рабочих профессий [3].

На основании проведённого анализа требований к выполнению работ и требований санитарной гигиены разработана картограмма условий труда при производстве ремонтных работ на пути и искусственных сооружений (рис. 2).

По мере удаления от центра указаны показатели, свидетельствующие об ухудшении состояния производственной среды, увеличении тяжести и напряжённости труда.

Такая характеристика позволяет выявить, на оптимизацию каких факторов следует в первую очередь направить внимание: на оздоровление производственной среды, снижение тяжести или уменьшение напряжённости труда или же создавать комплексную систему мероприятий, обеспечивающих оптимизацию всех сторон трудовой деятельности работников [4].

Распределение групп причин несчастных случаев на производстве представлено на рис. 3. Динамика показателей производственного травматизма, без учёта несчастных случаев, на возникновение которых сами работники не могли повлиять,

свидетельствует о снижении общего производственного травматизма [2].

2.

Рассмотрим характеристики напряжённости труда работников пути и сооружений. Она основана на учёте тех требований, которые предъявляет профессия путевого работника к высшим психическим функциям и эмоциональной сфере [4].

Путевое хозяйство является крупнейшим в ОАО «РЖД» и включает в себя 395 структурных подразделений [1, 2]. И хотя среди ремонтники искусственных сооружений составляют менее 1/40 численности, травматизм они имеют самый высокий, что заставляет искать все новые способы и средства укрепления безопасности, сохранения здоровья работников.

Напряжённость аналитических функций человека (слуха, зрения) обусловлена требованиями к выполнению им своих производственных функций. Острота внимания вы-

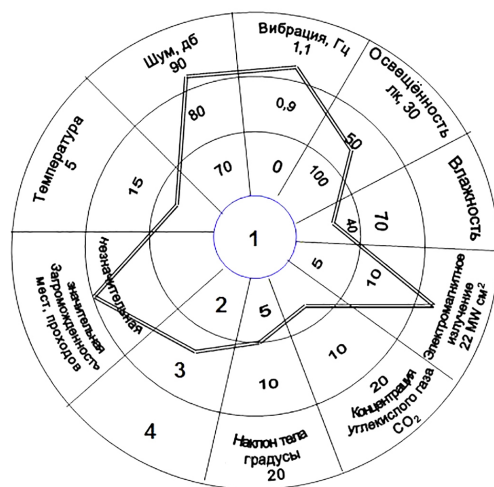


Рис. 2. Картограмма условий труда ремонтных рабочих ОАО «РЖД» при производстве работ на пути: 1 – зона высшего комфорта; 2 – комфортная зона; 3 – некомфортная зона; 4 – недопустимая зона.





Рис. 3. Группы причин производственного травматизма в ОАО «РЖД».



зывается необходимостью одновременного слежения за большим количеством объектов или длительного сосредоточенного наблюдения. Эмоциональное напряжение монтеров пути чаще всего требуется при выполнении различных этапов работы по точному графику [4].

Периоды между получением производственных травм и профессиональных заболеваний непостоянны, поэтому их следует считать величинами переменными и случайными, а интервалы между возникновением нетрудоспособности можно назвать «временем безопасной работы». Сами же случаи травмирования и заболеваний имеют различные последствия, а это означает, что время выздоровления является также величиной переменной, зависящей как от характера повреждения и тяжести последствий, так и индивидуальных свойств самого организма и иных факторов (своевременности оказания необходимой помощи, эффективности методов лечения и т.п.).

Ввиду того, что при определении «времени безопасной работы» возникает необходимость вычисления величины, не имеющей простой закономерности, а представляет случайные переменные, можно воспользоваться теорией вероятностей [5], которая позволяет обосновать степень безопасной работы конкретного производства или участка. Согласно этой теории, при изучении опасных производственных условий работа участка, бригады рассматривается как система, действующая безотказно в интервалах между случаями травм или профессиональных заболеваний.

Иначе говоря, производственная обстановка оценивается во времени от начала года до первого случая травмирования, от первого до второго случая и т.д.

Если в период наблюдений (несколько месяцев или лет) за работой ряда бригад или участков выявлено, что случаи травмирования происходят примерно через равные промежутки времени, то вероятность безопасной работы в течение заданного срока может быть вычислена по формуле:

$$P = (1 - T_3 / NT)^n, \quad (1)$$

где P — вероятность безопасной работы; T_3 — заданный промежуток времени, за который определяется величина P ; N — количество бригад или участков мостоотряда; n — число случаев травмирования в N бригадах за время T .

Результаты вычислений считаются достоверными, т.е. обеспечивающими главное условие — безопасность работы в период T_3 в том случае, когда значение величины P соответствует безопасности труда: $P \geq 0,95$. Если же вероятность безопасной работы будет меньше величины 0,95, то полной уверенности в безопасности этой категории работников за период T_3 быть не может.

Показатели вероятности безопасной работы различных бригад работников пути (в частности мостоотрядов) приведены в таблице 1. Эти данные позволяют судить, что рабочие различных профессий имеют неодинаковую вероятность безопасной работы в определённый период времени. Имея такие величины оценок опасности для конкретной бригады, специалисты службы

Таблица 1

Вероятность безопасного труда на пути мостовых бригад в зависимости от рабочего времени

№ пп.	Должность (профессия) рабочих	Вероятность безопасной работы за время T , мес.				
		36	12	6	3	1
1.	Монтажник железобетонных и металлических конструкций	0,58	0,64	0,73	0,82	0,97
2.	Водитель	0,82	0,86	0,88	0,905	0,94
3.	Электросварщик	0,65	0,68	0,72	0,89	0,94
4.	Плотник	0,68	0,77	0,887	0,93	0,965
5.	Слесарь	0,89	0,91	0,92	0,94	0,97
6.	Машинист крана	0,90	0,93	0,95	0,96	0,98
7.	Машинист бульдозера	0,87	0,89	0,92	0,94	0,98
8.	Арматурщик	0,74	0,76	0,873	0,919	0,94
9.	Электромонтёр	0,80	0,84	0,93	0,95	0,98
10.	Тракторист	0,85	0,88	0,89	0,95	0,96

охраны труда получают возможность своевременно проводить профилактические мероприятия. При отсутствии чётко выраженных интервалов между случаями травм или профессиональных заболеваний следует увеличить объём изучаемых фактов за счёт привлечения дополнительных материалов по родственным бригадам.

Полученные на основании проведённых расчётов данные о накапливающейся опасности травмирования в течение определённого времени и знание существующих опасных ситуаций помогают точнее распределить средства на проведение номенклатурных оздоровительных мероприятий и проводить их в обоснованные сроки.

3.

По критериям надёжности мостовые сооружения относятся к первой группе, то есть к устройствам, не имеющим резерва. Повреждения на них, как правило, приводят к нарушению (прекращению или ограничению) движения [1, 6].

В настоящее время 43 % мостовых бригад [2] составляют новобранцы, молодые люди. Их возраст от 20 лет. Произошла смена поколения работников мостоотрядов. Сократилось число опытных монтажников в возрасте от 30 лет и старше. Естественно, это повлияло на условия производства работ и травматизм. Травматизм с учётом стажа приведён в таблице 2, а в таблице 3 — с указанием возраста пострадавших.

Анализ показывает, что в последние годы тяжесть последствий травм продолжает оставаться серьёзной, что объясняется усложнением технологии строительно-монтажных

работ, резким повышением темпов строительства, снижением уровня организации производства, недостаточной профессиональной подготовкой руководителей работ, а также непосредственных исполнителей заданий.

Распределение отказов мостовых сооружений имеет ярко выраженный пик в летний период [7].

В летнее время года наблюдается значительное увеличение объёма работ, проводимых, как правило, с известной нехваткой персонала. В эти месяцы, как наиболее травмоопасные, необходимо усиливать обучение с детальным разбором характерных несчастных случаев. Нужно проводить более частые проверки порядка выдачи и оформления нарядов, наличия удостоверений по технике безопасности. Кроме того, несомненную пользу принесут тренировочные занятия, внезапные проверки порядка соблюдения технологической и трудовой дисциплины, выполнения предписаний и замечаний, сделанных представителями контрольных инстанций, общественными инспекторами.

По критериям надёжности мостовых сооружений установлено, что наиболее опасными являются железобетонные мостовые конструкции, так как при их возведении используются многие горючие строительные материалы [8, 9].

К числу горючих строительных материалов, используемых при строительстве железобетонных мостовых сооружений, относятся всевозможные грунтовки, краски, мастики и т.п., а самое главное — древесина [10, 11].

Древесина, как известно, в основном используется в качестве опалубки при возведении железобетонных мостовых конструкций.



Таблица 2

Травматизм и стаж работы пострадавших

№ пп.	Стаж работы (годы)	Число пострадавших, %
1.	до 1 года	13,9
2.	от 1–5	29,1
3.	от 5–10	22,4
4.	от 10–15	11,7
5.	от 15–20	9,0
6.	от 20–25	7,6
7.	более 25	6,3
	Всего	100

Таблица 3

Травматизм и возраст пострадавших [1]

№ пп.	Возраст (лет)	Число пострадавших, %
1.	до 20	0,5
2.	от 20–30	17,95
3.	30–40	32,25
4.	40–50	26,0
5.	50–60	22,0
6.	свыше 60	1,30
	Всего	100

Сколь она опасна, можно судить по пожару, случившемуся на мосту через бухту Золотой Рог [12]. Возгорание произошло на опалубке одной из опор. Площадь пожара составила около 500 квадратных метров. Огонь был локализован только через 15 часов. По данным Дальневосточного регионального центра МЧС, для тушения привлекались 167 человек и 38 единиц техники.

Выбор сосновой древесины для опалубки обусловлен традицией и стандартом: она является наиболее распространённым строительным материалом при возведении мостовых сооружений. Древесина сосны рекомендована в НПБ 251-8 в качестве эталонного материала при определении групп эффективности средств огнезащиты.

В соответствии с классификацией строительных материалов, принятой в СНиП 21-1-07, все исследованные составы оставляют древесину-сосну в группе В3 – легковоспламеняемых материалов.

Сухая древесина сосны содержит (в %): 49,5 – углерода, 6,3 – водорода, 44,1 – кислорода, 0,1 – азота. Основные химические компоненты сосновой древесины: целлюлоза и лигнин. Остальные: гемицеллюлозы, пектиновые и минеральные (главным образом – соли кальция) вещества [1, 9].

В работе [13] отмечено, что по критерию огнезащитной эффективности все огнезащит-

ные составы могут быть разделены на три группы: классические средства, условно новые, средства нового поколения.

Условно новые средства обеспечивают группу горючести древесины Г2 при условии создания в поверхностных слоях древесины насыщенного слоя антипиренов. У них более длительные сроки сохранения огнезащитных свойств, но есть и отрицательные качества: наличие неприятных запахов, агрессивность к различным материалам, входящим в состав строительных конструкций.

Средства нового поколения обладают высокими показателями качества по огнезащите, обеспечивая группу горючести Г1. Они совместимы с большинством атмосферостойких лакокрасочных покрытий.

Образцы для исследования готовились в соответствии с рекомендациями ГОСТ 30244-94.

Огнезащитные составы наносили кистью с соблюдением технологий, рекомендованных производителями огнезащитных составов [13]. Полученные в опытах экспериментальные данные представлены в таблице 4.

Наблюдения за изменением состояния поверхности образцов в процессе их облучения внешним тепловым потоком показывают, что заметные термические превращения начинаются уже при тепловых потоках 15 кВт/м². Дальнейшее увеличение плотности тепловых потоков сопровождается более интенсивным обугливанием облучаемой поверхности, образованием трещин в поверхностном слое и воспламенением выделяющихся продуктов термического разложения.

Незащищённая древесина воспламеняется при величине падающего теплового потока 12,5 кВт/м². Все огнезащитные составы (пропитки, лаки, краски) увеличивают предельное значение падающего теплового потока, который приводит к воспламенению древесины, обработанной огнезащитными составами.

При увеличении плотности падающего теплового потока до 15,0 кВт/м² воспламеняется древесина, обработанная составами МПВО и Асфор, при 17,5 кВт/м² – составами Негорин и Огракс-В-СК; при 20,0 кВт/м² – составами СГК, Огракс-ПД-1, ОЗК-45, Пирилакс, Асфор-Экстра.

При плотности падающего теплового потока 20,0 кВт/м² воспламенялись все испытанные образцы древесины. При этом

Результаты определения воспламеняемости древесины

Наименование	Величина критического падающего теплового потока, кВт/м ²							
	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0
Древесина незащищённая	580*	220	145	90	85	70	50	45
МПВО	нв**	140	125	120	110	100	100	90
Асфор	нв	210	150	145	120	90	70	65
Огракс-В-СК	нв	нв	220	110	55	30	20	15
Негорин	нв	нв	370	60	55	50	50	45
Асфор-Экстра	нв	нв	нв	730	230	150	125	110
СГК-1	нв	нв	нв	220	120	80	60	60
Огракс-ПД-1	нв	нв	нв	450	320	240	175	125
ОЗК-45Д	нв	нв	нв	660	300	140	85	60
Пирилакс	нв	нв	нв	780	255	200	130	80

Примечания: * – цифры в таблице показывают время (с) до воспламенения образцов, они являются средней арифметической величиной трёх измерений; ** – образцы не воспламенялись в течение 900 секунд воздействия теплового потока.

следует отметить, что время воспламенения огнезащищённой древесины (за исключением лака Негорин) увеличивается: от 90 секунд для незащищённой древесины до 780 секунд. При больших значениях плотности теплового потока период времени до воспламенения необработанной и защищённой древесины отличается незначительно.

Выводы

Полученные результаты подтверждают предварительные выводы о влиянии огнезащиты на воспламеняемость древесины: эффект проявляется в более интенсивном обугливании поверхностного слоя, создающего барьер для прогрева нижележащих слоёв, и в снижении концентрации горючих газообразных продуктов термического разложения.

Результаты опытов позволяют определить направления совершенствования огнезащитных составов, в том числе за счёт применения добавок, максимально увеличивающих степень вспучивания (терморасширения) покрытий. При использовании таких освоенных промышленностью составов, как Пирилакс, ОЗК-45Д и Асфор, может быть рекомендовано увеличение нормы их расхода на защищаемую поверхность.

Литература

1. Лукьянов А. М., Агапов А. Г. О промышленной безопасности в мостостроении // Мир транспорта. – 2015. – № 2. – С. 184–193.

2. Анализ состояния условий и охраны труда в ОАО «РЖД» за 2016 год. – М.: ОАО «РЖД», 2017. – 115 с.
3. Жуков В. И., Птушкина Л. В. Особенности травмирования граждан в зоне ответственности железнодорожного транспорта // Актуальные проблемы социально-экономической и экологической безопасности Поволжского региона: Труды 8-й науч.-практ. конференции. – Казань, 2016. – С. 170–173.
4. Жуков В. И., Птушкина Л. В., Тимошенко Е. Н. Системные факторы безопасности на пешеходных переходах // Мир транспорта. – 2015. – № 6. – С. 226–235.
5. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 2000. – 576 с.
6. Саламахин П. М. Проектирование мостовых и строительных конструкций. – М.: КноРус, 2018. – 402 с.
7. Payne J. W., Bettman J. R., Coupey E., Johnson E. J. A constructive process view of decision making: multiple strategies in judgment and choice. In: O. Huber, J. Mumpower, J. van der Pligt, P. Koele (Eds.). Current Themes in Psychological Decision Research. North Holland, Amsterdam, 1993, pp. 107–142.
8. Пономарев В. М. Обоснование понятий безопасности // Мир транспорта. – 2008. – № 3. – С. 16–23.
9. Трушкин Д. В., Корольченко О. Н., Бельцова Т. Г. Горючесть древесины, обработанной огнезащитными свойствами // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – № 1. – С. 29–33.
10. Бельцова Т. Г., Корольченко О. Н. Показатели воспламеняемости огнезащитной древесины // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – № 4. – С. 31–33.
11. Корольченко О. Н., Бельцова Т. Г. Дымообразование и токсичность газообразных продуктов сгорания при горении огнезащитной древесины // Вестник МГСУ. – 2009. – № 1. – С. 540–547.
12. Лукьянов А. М., Корольченко Д. А., Агапов А. Г. О пожароопасности древесины при возведении мостов // Мир транспорта. – 2012. – № 4. – С. 158–162.
13. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенкин А. Б. и др. Эффективность и механизм действий двух огнезащитных систем для древесины // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – № 5. – С. 58–63.

Координаты авторов: Лукьянов А. М. – (495) 684–24–70, Лукьянова А. А. – mikeskywalker@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 14.11.2017, актуализирована 30.07.2018, принята к публикации 03.08.2018.

