

# Проблемы безопасности высокоскоростных железнодорожных пассажирских транспортных систем



**В. В. Шматченко,**  
к. т. н., доцент кафедры  
«Электрическая связь»  
Петербургского государственного университета  
путей сообщения  
Императора Александра I  
(ПГУПС)



**В. Г. Иванов,**  
старший преподаватель  
кафедры «Электрическая связь», зам. декана  
факультета «Автоматизация и интеллектуальные технологии» ПГУПС



**В. В. Навойцев,**  
ведущий специалист  
ООО «ИнфоАвто»



**Т. С. Зименкова,**  
инженер, аспирант,  
факультет «Транспортные и энергетические машины» ПГУПС



**О. А. Сеньковский,**  
вице-президент  
НП ОПЖТ, генеральный директор ИЦПВК

В статье анализируется статистика аварийности на высокоскоростных магистралях и на обычных пассажирских железнодорожных линиях Европы и Азии. Рассматриваются два направления снижения аварийности: автоматизация управления движением поездов на основе цифрового радиоканала и внедрение менеджмента безопасности движения как части системы железнодорожного бизнеса, соответствующей стандарту ISO 22613 (ранее IRIS), с использованием для априорной оценки риска метрики уровней технологической зрелости.

## Применение мирового опыта обеспечения безопасности движения

Безопасность эксплуатации высокоскоростных магистралей (ВСМ, скорость движения не менее 300 км/ч), как и других видов железнодорожного транспорта, связана с действием двух групп объективных факторов: отказами технических систем и ошибками человека. Негативное действие указанных факторов выражается в снижении безопасности транспортной системы и ее готовности к предоставлению перевозочной услуги (эксплуатационной готовности). Для уменьшения действия этих факторов современными системами технического регулирования безопасности движения на ВСМ предусмотрены определенные мероприятия. Они основаны на анализе риска согласно международному стандарту IEC 62278 (или EN 50126 Комитета CENELEC), который последние 20 лет широко используется

для обеспечения безопасности железнодорожных транспортных систем. Однако из анализа статистики аварийности ВСМ следует, что практика применения этого и других, связанных с ним стандартов не приводит к желаемому снижению аварийности.

В частности, это доказывает статистика за период с 1990 по 2018 г. (табл. 1), включающая аварии с тяжелыми последствиями (гибель пассажиров, множественные травмы), или со значительным, но не реализовавшимся потенциалом таких последствий.

Видно, что интенсивность аварий от десятилетия к десятилетию почти экспоненциально возрастает. Возникает естественный вопрос — в чем главная причина такого роста? Ответ будет получен, если аварии, вызванные ошибками человека, отделить от аварий, вызванных техническими отказами (рис. 2, 3).

Этот пример показывает следующее:

Таблица 1. Аварии на высокоскоростных магистралях с тяжелыми последствиями (или потенциалом таких последствий) за период 1990–2018 гг.

№	Год	Страна	Последствия		Причина
			погибло (чел.)	ранено (чел.)	
1	1998	Германия [1, 2, 10]	101	88	Ошибка человека
2	2004	Турция [3, 10]	41	80	«
3	2004	Япония [2, 10]	Никто не пострадал		Землетрясение
4	2005	Япония [4, 10]	107	562	Ошибка человека
5	2008	Германия [1, 5]	Никто не пострадал		«
6	2011	Китай [6]	40	190	«
7	2013	Испания [1]	79	139	«
8	2014	Франция [1]	0	40	Технический отказ
9	2015	Франция [1]	11	21	Ошибка человека
10	2017	Германия [1]	0	2	Технический отказ
11	2018	Германия [1]	0	4	Ошибка человека
12	2018	Тайвань [7]	18	187	«
13	2018	Южная Корея [8]	0	15	Технический отказ
14	2018	Турция [9]	9	86	Ошибка человека

Данные табл. 1 представлены в графическом виде на рис. 1.

- ошибки человека представляют собой основную причину аварий с поездами ВСМ;
- аварии на ВСМ, вызванные ошибками человека, имеют наиболее тяжелые последствия;
- каждые 10 лет число аварий на ВСМ, вызванных ошибками человека, увеличивается.

Это заключение противоречит ожидаемым результатам целенаправленной и активной деятельности по обеспечению безопасности на ВСМ и на обычных железных дорогах и нуждается в дополнительном подтверждении. Действительно, с 2004 г., когда в Евросоюзе была опубликована «Директива по железнодорожной безопасности» (Directive 2004/49/EC), в европейских странах начался процесс подготовки и внедрения системы менеджмента безопасности движения (СМБД), который направлен на снижение аварийности, вызванной ошибками человека. Поэтому статистика аварийности на железных дорогах Европы в начале появления СМБД и по завершении продолжительного (например, десятилетнего) периода ее применения должна подтвердить эффективность СМБД и опровергнуть приведенные результаты. Или же выяснится, что эффективность СМБД низкая и с ее помощью не удастся снизить влияние ошибок человека на безопасность движения.

В ходе такой проверки рассмотрена статистика аварий с пассажирскими поездами в 10 странах Евросоюза для двух годовых периодов, разделенных интервалом 10 лет: в 2007 и 2017 г. Выбор 2007 г. определяется тем, что согласно «Директиве по железнодорожной безопасности» именно в этом году на железных дорогах стран ЕС следовало сформировать понимание необходимости применения системы менеджмента безопасности и приступить к ее внедрению. С 2010 г. сертификаты на право ведения железнодорожного бизнеса выдавались только в том случае, если железнодорожное предприятие имело действующую СМБД. Иными словами, к 2017 г СМБД должна была продемонстрировать свою эффективность. Статистические данные и результаты расследования были взяты из базы данных по авариям и происшествиям на железных дорогах ЕС [1], которая систематически ведется Европейским железнодорожным агентством (ERA).

При анализе этой статистики, как и статистики для ВСМ, отдельно учитывались аварии и происшествия, вызванные ошибками людей и техническими отказами (рис. 4, 5). Аварии, вызванные актами терроризма, вандализма и саботажа, в расчет не принимались, так как

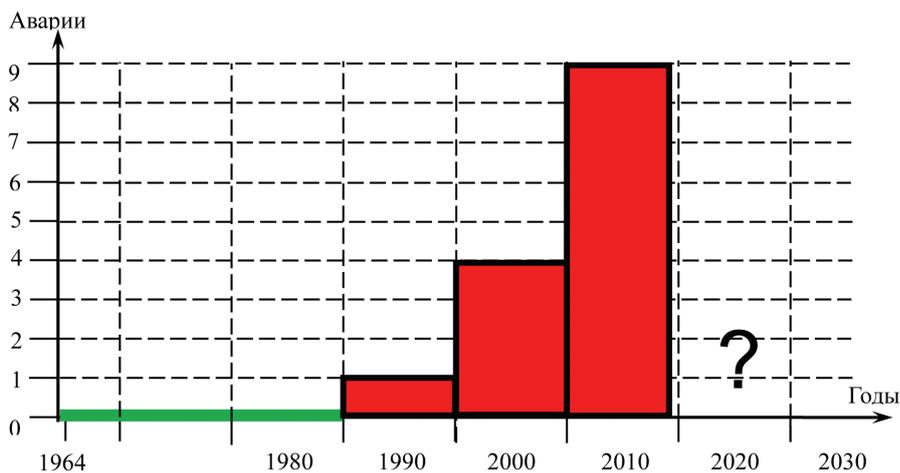


Рис. 1. Аварии с высокоскоростными поездами по десятилетиям

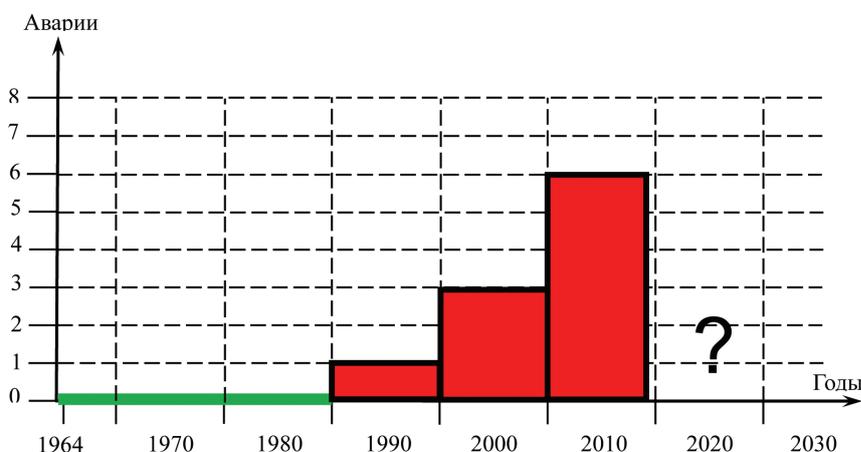


Рис. 2. Аварии с высокоскоростными поездами, вызванные ошибками людей

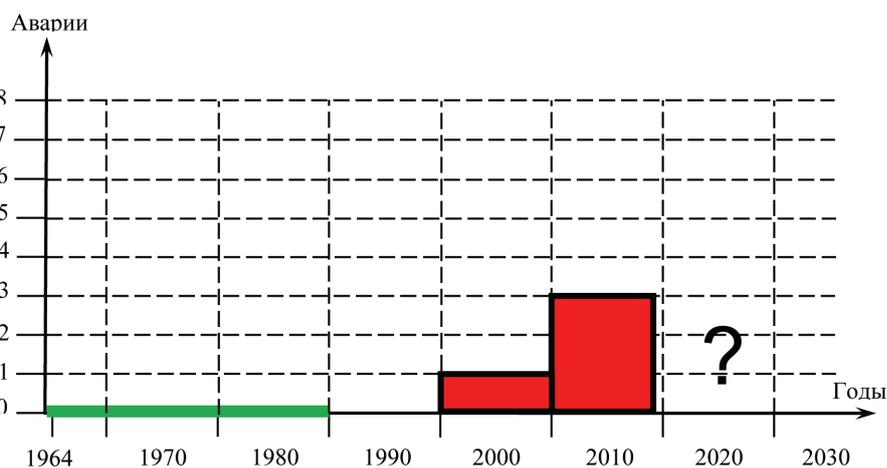


Рис. 3. Аварии с высокоскоростными поездами, вызванные техническими отказами

это предмет транспортной безопасности, а не безопасности движения.

Таким образом, на железных дорогах рассмотренных стран за 10 лет:

- число аварий и происшествий вследствие ошибок человека увеличилось более чем в 1,5 раза;
- число аварий и происшествий вследствие технических отказов уменьшилось примерно в 1,5 раза.

Т. е. тенденция к росту аварий и происшествий вследствие ошибок человека, обнаруженная при рассмотрении аварийности на ВСМ, подтвердилась официальной статистикой, собираемой на железных дорогах ЕС.

Естественно предположить, что при рассмотрении аварийности железнодорожных пассажирских перевозок за 30 лет во всех странах (далеко не везде же-

Таблица 2. Аварии с пассажирскими поездами в 1990–1999 гг.

Показатель	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Всего
Аварии:	7	9	6	3	7	8	10	7	4	8	69
вследствие ошибок человека	6	6	4	3	5	4	8	5	4	6	51
вследствие технических отказов	1	3	2	0	2	4	2	2	0	2	18

Таблица 3. Аварии с пассажирскими поездами в 2000–2009 гг.

Показатель	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Всего
Аварии:	7	10	12	17	8	23	21	15	20	22	155
вследствие ошибок человека	6	8	11	14	6	17	16	10	14	12	114
вследствие технических отказов	1	2	1	3	2	6	5	5	6	10	41

Таблица 4. Аварии с пассажирскими поездами в 2010–2019 гг. (до 15.02.2019)

Показатель	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Всего
Аварии:	42	21	32	30	22	29	42	36	22	6	282
вследствие ошибок человека	29	16	29	24	13	23	36	30	16	5	221
вследствие технических отказов	13	5	3	6	9	6	6	6	6	1	61

Аварии и происшествия

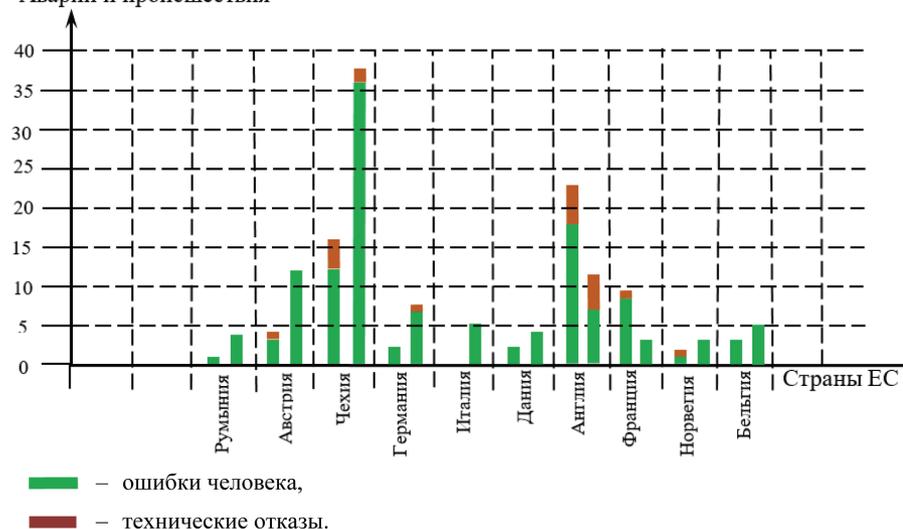


Рис. 4. Количество аварий и происшествий в 2007 и 2017 г. вследствие технических отказов и ошибок человека на железных дорогах некоторых европейских стран: столбик слева – число аварий и происшествий в 2007 г.; справа – в 2017 г.

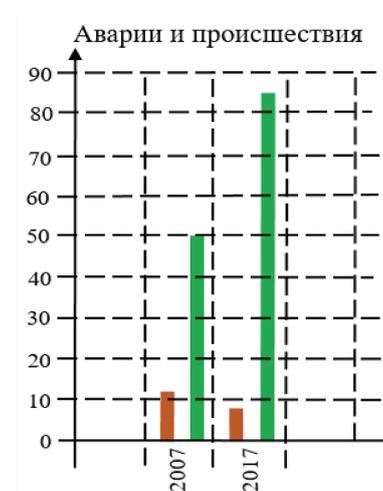


Рис. 5. Суммарное количество аварий и происшествий в 2007 и 2017 г. на железных дорогах вследствие технических отказов и ошибок человека

лезные дороги используют СМБД) рост аварийности вследствие ошибок человека будет еще более впечатляющим. Для сбора статистики аварийности обычных пассажирских поездов в качестве первичного источника использовалась Википедия. Представляется, что использование такого источника, который считается неполным и неточным, при определенных условиях все же возможно. Как было показано, выборки «Аварии с поездами ВСМ» и «Аварии и происшествия с пассажирскими поездами в 10 странах ЕС в начале и конце 10-летнего периода», основанные на проверенных данных, демонстрируют один и тот же результат – рост числа аварий и происшествий, вызванных ошибками человека. Поэтому, если анализ выборки «Аварии с пассажирскими поездами на железных дорогах мира» по данным

из Википедии приведет к такому же результату, то это будет дополнительным подтверждением усиления негативного влияния такого фактора, как ошибки человека, на безопасность железных дорог. При этом каждый случай аварии, взятый из Википедии, обязательно проверялся по другим, не указанным в Википедии, источникам. За рассматриваемый 30-летний период было выявлено 506 аварий с обычными пассажирскими поездами. Результаты анализа этой выборки представлены в табл. 2–4.

Распределение этих аварий по десятилетним периодам показано на рис. 6. Видно, что ситуация с авариями для обычных пассажирских поездов практически такая же, как и для поездов ВСМ.

Результаты, аналогичные данным по поездам ВСМ, получаются, если разделить статистику аварий на две части: аварии, связанные с человеческими ошибками и с техническими отказами (рис. 7, 8).

Таким образом, статистика аварийности для обычных пассажирских поездов также показывает увеличение числа аварий, обусловленных ошибочными действиями людей. Число аварий увеличивается более чем вдвое, если по десятилетиям сравнивать статистику 1990–1999 гг. и 2000–2009 гг., 2000–2009 гг. и 2010–2019 гг. Для дополнительного подтверждения полученных результатов был проведен углубленный анализ, сконцентрированный на определенных группах аварий, вызванных ошибками человека. Были рассмотрены три наиболее многочисленных группы аварий:

- сходы;
- столкновения поездов с объектами на пути (с другим подвижным составом, ограничительными буферами, путе-

Таблица 5. Данные по авариям с пассажирскими поездами за период 1990–1999 гг.

Показатель		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Всего
Аварии:		7	9	6	3	7	8	10	7	4	8	69
вследствие технических отказов		1	3	2	0	2	3	2	2	0	2	17
вследствие ошибок человека	всего	6	6	4	3	5	5	8	5	4	6	52
	сходы	2	2	1	2	2	0	3	0	4	1	17
	столкновения на переездах	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	6
	столкновения на путях	3	4	2	0	4	4	5	4	0	4	30
Погибло	сходы	307	9	5	125	94	0	39	0	281	5	865
	столкновения на переездах	0	10	0	6	12	124	26	7	72	17	63
	столкновения на путях	36	150	56	0	21	455	75	19	0	330	1142
Эквивалентная смертность	сходы	50,76	4,34	0,42	8,8	11,87	0	4,76	0	19,84	0,92	101,71
	столкновения на переездах	1,13	0	0,99	0,6	0	0	0	1,51	0	3,37	7,6
	столкновения на путях	4,16	7,11	4,19	0	3,55	47,25	11,62	7,10	0	59,5	144,48

Таблица 6. Данные по авариям с пассажирскими поездами за период 2000–2009 гг.

Показатель		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Всего
Аварии:		7	10	12	17	8	23	22	15	20	22	156
вследствие технических отказов		1	2	1	3	2	6	5	5	6	10	41
вследствие ошибок человека	всего	6	8	11	14	6	17	17	10	14	12	115
	сходы	2	4	6	3	2	3	3	3	2	1	29
	столкновения на переездах	0	1	0	3	2	8	3	4	6	4	31
	столкновения на путях	3	3	4	7	2	5	11	2	4	4	45
Погибло	сходы	13	72	164	31	41	125	82	42	8	6	584
	столкновения на переездах	0	10	0	6	12	124	26	7	72	17	274
	столкновения на путях	66	48	290	72	27	46	83	8	30	44	714
Эквивалентная смертность	сходы	4,66	8,49	15,55	5,69	1,36	29,35	4,06	4,68	1,73	1,72	77,29
	столкновения на переездах	0	5,5	0	0,23	1,45	9,0	3,31	0,01	3,14	1,4	24,04
	столкновения на путях	8,64	4,46	21,34	11,45	1,32	13,11	13,78	3,0	4,11	1,7	82,91

выми машинами, потерянным грузом и т. п.);

- столкновения на железнодорожных переездах.

Как уже было отмечено, вопросы транспортной безопасности (акты незаконного вмешательства, т. е. акты терроризма, вандализма, саботажа) не рассматривались.

По каждой аварии учитывалась следующая информация:

- причина аварии;
- количество погибших в аварии;
- значения эквивалентной смертности (ЭС) для аварии (1 ЭС = 10 тяжелораненых = 100 легкораненых).

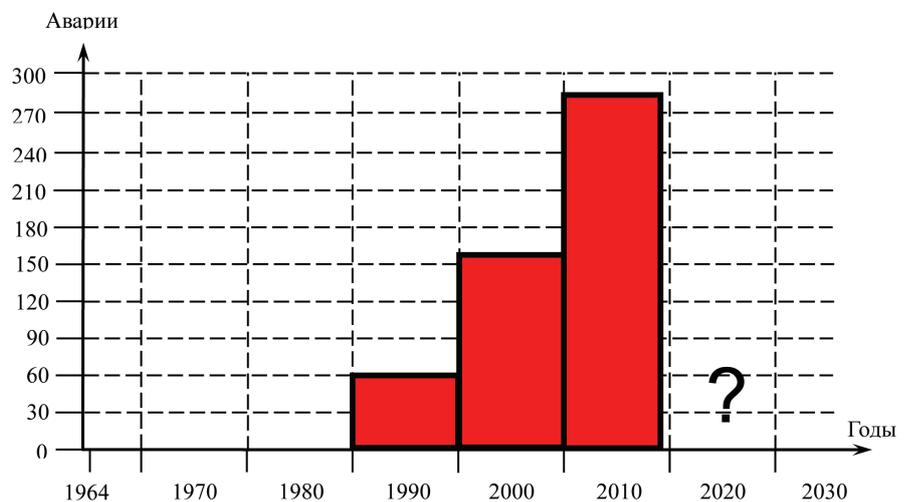


Рис. 6. Аварии с пассажирскими поездами, распределенные по десятилетним периодам

Таблица 7. Данные по авариям с пассажирскими поездами за период 2010–2019 гг. (до 15.02.2019)

Показатель		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Всего
Аварии:		42	21	32	30	22	29	42	36	22	6	282
вследствие технических отказов		13	5	3	6	9	6	6	6	6	1	61
вследствие ошибок человека	всего	29	16	29	25	13	23	36	30	16	5	222
	сходы	6	1	3	4	3	4	8	7	2	0	38
	столкновения на переездах	9	9	12	8	4	9	14	7	7	2	81
	столкновения на путях	8	6	14	13	6	11	15	15	7	3	98
Погибло	сходы	79	1	6	6	85	84	95	105	18	0	479
	столкновения на переездах	65	76	87	41	33	36	29	17	39	0	423
	столкновения на путях	141	5	106	41	12	2	116	54	79	13	569
Эквивалентная смертность	сходы	12,85	1,29	7,36	7,0	7,64	11,79	22,06	4,74	2,32	0	77,05
	столкновения на переездах	4,1	10,66	4,45	3,75	2,33	3,39	5,92	3,63	5,3	0,61	44,14
	столкновения на путях	15,42	14,18	22,22	10,97	4,76	4,28	23,16	14,69	16,11	9,84	135,6

Определялось полное количество аварий и отдельно число сходов, столкновений на путях и столкновений на переездах.

Результаты этого анализа представлены в табл. 5–7.

В сводной табл. 8 представлены итоговые данные по числу случаев гибели людей и эквивалентной смертности (т. е. с учетом случаев тяжелых и легких травм) для аварий, рассмотренных в табл. 5–7.

На рис. 9 и 10 полученные результаты представлены в графическом виде.

Из диаграммы (рис. 9) видно, что и в каждом из наиболее многочисленных классов аварий имеет место та же тенденция увеличения их интенсивности на железных дорогах мира в течение последних 30 лет. Далее будет показано, что такая же тенденция наблюдается за этот период и на железных дорогах США до 2006 г., когда была введена так называемая инкрементная система управления движением поездов (Incremental Train Control).

На основании полученных результатов можно сделать следующее заключение:

- количество всех видов аварий, вызванных человеческими ошибками, неуклонно растет от одного десятилетнего периода к другому;
- наиболее быстрыми темпами растет число столкновений на железнодорожных переездах, поскольку эти ошибки совершает не только персонал железной дороги, но глав-

ным образом водители автотранспорта в условиях постоянно увеличивающейся интенсивности автомобильного движения;

- наиболее многочисленную группу аварий, вызванных ошибками человека, составляют столкновения пассажирского подвижного состава с другим подвижным составом, а также с иными объектами на путях за пределами железнодорожных переездов;

- смертность вследствие ошибок человека, результатами которых были сходы и столкновения на путях вне железнодорожных переездов, постоянно снижается;

- смертность вследствие ошибок человека, результатами которых были столкновения на железнодорожных переездах, возрастает;

- рост числа рассмотренных аварий происходит быстрее, чем снижение смертности вследствие указанных аварий.

Таким образом, существующие на железных дорогах различных стран системы технического регулирования безопасности движения недостаточно эффективно предупреждают ошибки человека при выполнении им действий, связанных с безопасностью движения, и не используют все возможности стандартов управления надежностью, готовностью, ремонтпригодностью и безопасностью (стандарты EN 50126, EN 50128 и EN 50129, т. е. стандарты RAMS Комитета CENELEC).

### Мероприятия по совершенствованию безопасности движения

Рост интенсивности ошибок человека должен учитываться при реализации проектов ВСМ и при формировании системы их технического регулирования. Указанные проекты и система технического регулирования должны включать в себя комплекс мероприятий упреждающего и своевременного реагирования, направленных на исключение ошибок человека.

Организация этих мероприятий должна осуществляться по двум основным направлениям:

- разработка функций безопасности (согласно требованиям стандарта EN 50126, или IEC 62278), их интеграция в архитектуру управления железнодорожной транспортной системы и комплексная автоматизация функций в составе системы;
- совершенствование системы менеджмента безопасности движения (СМБД) для исключения ошибок человека при выполнении функций безопасности.

Некоторые общие подходы к реализации указанных направлений целесообразно рассмотреть в настоящей статье.

#### Функция предотвращения сходов и столкновений подвижного состава

Это функция реального времени, обеспечивающая автоматическое определение местоположения и скорости движущегося по пути поезда (или подвижной единицы), определение состояния его бортовых под-

Таблица 8. Данные по авариям с пассажирскими поездами по десятилетним периодам на протяжении 1990–2019 гг. (до 15.02.2019)

Вид аварии	1990–1999				2000–2009				2010–2019			
	Всего аварий	Погибло	Э. С.	Погибло + Э. С.	Всего аварий	Погибло	Э. С.	Погибло + Э. С.	Всего аварий	Погибло	Э. С.	Погибло + Э. С.
Сходы	17	865	101,71	966,71	29	584	77,29	661,29	38	479	77,05	556,05
Переезды	6	63	7,6	70,6	31	274	24,04	298,04	80	423	44,14	467,14
Столкновения	30	1142	144,48	1286,48	45	714	82,91	796,91	83	569	135,63	704,63
Σ	53	2070	253,79	2323,79	105	1572	184,24	1856,24	201	1471	256,82	1727,82

Таблица 9. Аварии и происшествия на грузовом и пассажирском железнодорожном транспорте США за период 1990–2018 гг.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Всего
Всего	2879	2658	2359	2611	2504	2459	2443	2397	2575	2768	25 653
Только сходов	2146	1836	1734	1930	1825	1742	1816	1741	1757	1961	18 488
Годы	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Всего
Всего	2983	3023	2738	3019	3385	3266	2998	2693	2481	1912	28 498
Только сходов	2112	2234	1989	2133	2435	2305	2187	1934	1789	1370	20 488
Годы	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Всего
Всего	1902	2032	1766	1853	1886	1934	1723	1765	1865		16 726
Только сходов	1333	1470	1294	1311	1322	1354	1213	1262	1339		11 898

систем и устройств и передачу этих данных в центр управления по цифровому радиоканалу. Передаваемое сообщение должно иметь следующее содержание:

$$\{x_i(t), v_i(t), P_i(t)\},$$

где  $x_i(t)$  — местоположение поезда  $i$  (или другой подвижной единицы) в момент времени  $t$ ,

$v_i(t)$  — скорость поезда  $i$  (или другой подвижной единицы) в момент времени  $t$ ,

$P_i(t)$  — двоичный вектор состояний бортовых подсистем и устройств поезда  $i$  (или другой подвижной единицы) в момент времени  $t$ , в штатном сообщении может быть достаточно только двух состояний для каждой подсистемы или устройства: «Исправно» (1) или «Неисправно» (0); телеметрию можно посылать, если это действительно необходимо, по специальному запросу или техническому состоянию.

В центре управления фактическая скорость  $v_i(t)$  поезда (подвижной единицы) сравнивается с допустимой скоростью, при необходимости автоматически приводится в действие ограничение скорости  $i$ -го поезда.

В центре управления будет формироваться новое знание — расстояние между соседними поездами (подвижными единицами):

$$\Delta x_{i,i+1}(t) = x_i(t) - x_{i+1}(t),$$

и их относительная скорость:

$$\Delta v_{i,i+1}(t) = v_i(t) - v_{i+1}(t),$$

с возможностью на этой основе применить управление скоростью для обеспечения безопасности.

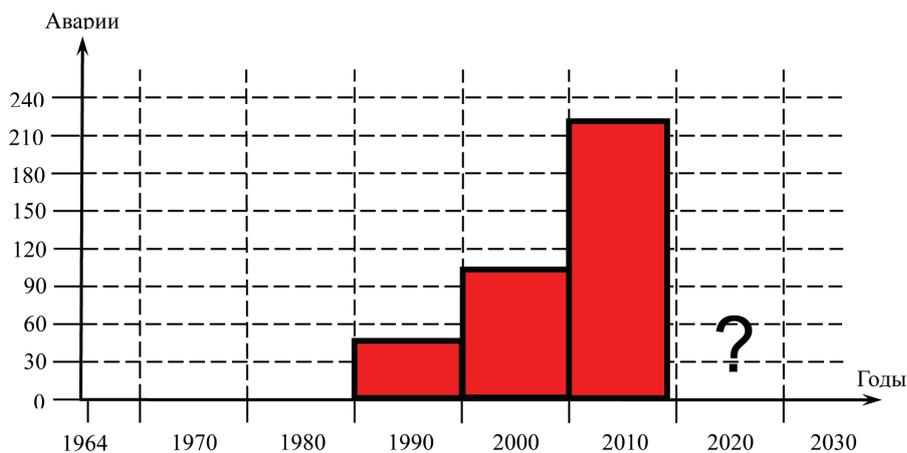


Рис. 7. Аварии с пассажирскими поездами вследствие ошибок человека, распределенные по десятилетним периодам

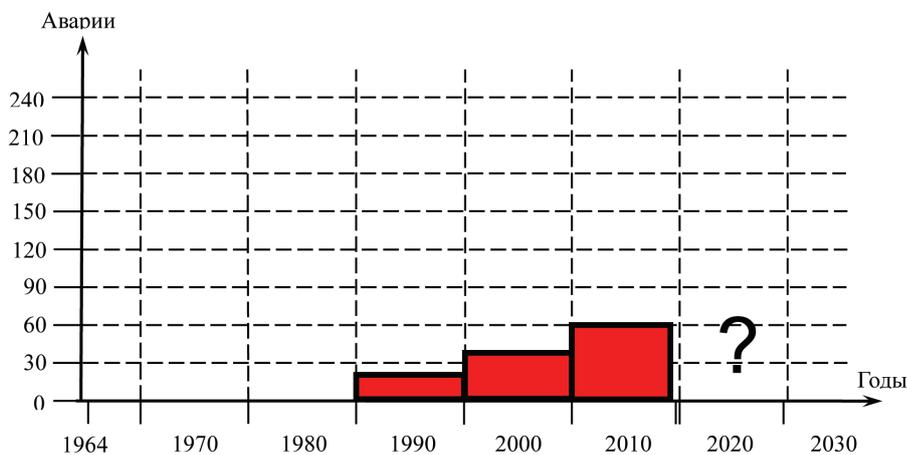


Рис. 8. Аварии с пассажирскими поездами, вызванные техническими отказами и распределенные по десятилетним периодам

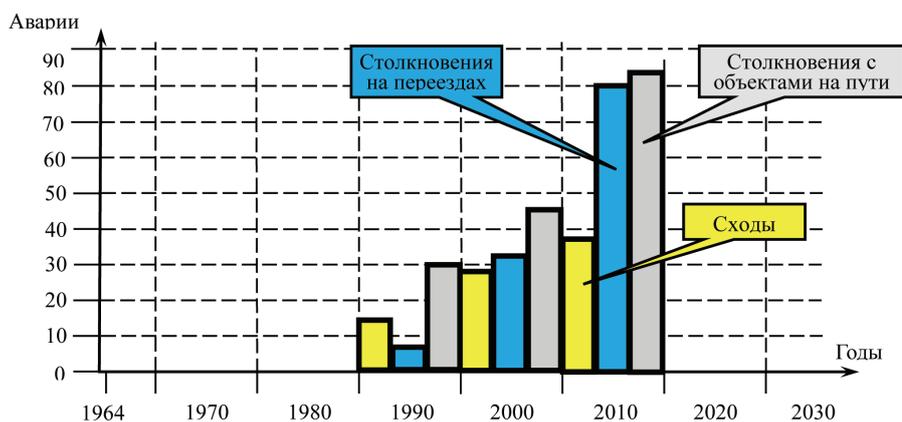


Рис. 9. Аварии с пассажирскими поездами вследствие ошибок человека (сходы, столкновения на переездах, столкновения с объектами на путях), распределенные по десятилетиям на протяжении 1990–2019 гг.

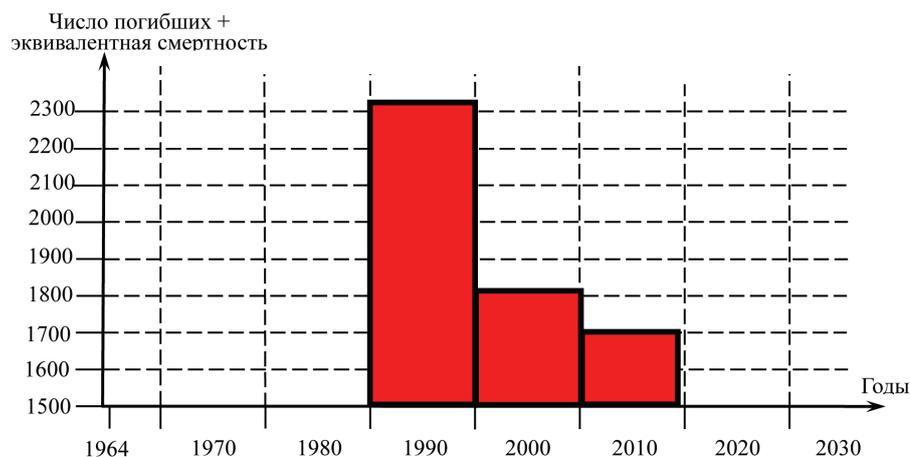


Рис. 10. Последствия (число погибших + эквивалентная смертность) аварий с пассажирскими поездами вследствие ошибок человека (сходы, столкновения на переездах, столкновения на путях), распределенные по десятилетним периодам

Такой подход реализован в так называемой инкрементной системе управления движением поездов (ИСУДП).

Эффективность этой системы подтверждена на железных дорогах США после начала ее внедрения в 2004 г., что иллюстрируется данными табл. 9. Таблица получена на основании информации, представленной на официальном сайте Федерального агентства по железнодорожному транспорту США. К сожалению,

на этом сайте в открытом доступе представлена смешанная статистика аварийности (accidents) и нарушений (incidents) безопасности движения, причем для грузового и пассажирского транспорта. Кроме того, не делается различий между техническими отказами и ошибками человека.

Несмотря на такую организацию данных, которая затрудняет выявление трендов, данные этой таблицы подтверждают рост

случаев аварийности до 2005 г. и стабильное их снижение после 2005 г., по мере внедрения ИСУДП на железных дорогах США.

Применение ИСУДП дало бы возможность предотвратить половину (7 из 14) аварий на ВСМ (табл. 10).

Для других аварий с поездами ВСМ также могут быть предложены дополнительные функции обеспечения безопасности.

Лабораторный макет канала связи в ИСУДП для диапазона частот порядка 160 МГц, основанный на использовании железнодорожной цифровой радиосвязи стандарта DMR (Digital Mobile Radio), в инициативном порядке собран и испытывается в настоящее время в Санкт-Петербургском университете путей сообщения.

### Система менеджмента безопасности движения

Главная цель СМБД — повышение гарантоспособности человека. По этой причине системы технического регулирования многих стран требуют применения СМБД в практике управления безопасностью железнодорожных предприятий (как например «Директива по безопасности» в Евросоюзе).

Как любая система менеджмента, СМБД должна иметь инструмент для надежного определения гарантоспособности организационных структур и подразделений, ответственных за качество и безопасность. Для этого может быть использована метрика, выражаемая уровнями технологической зрелости, например метрика, используемая в стандарте ISO 22613 (ранее IRIS — международный стандарт железнодорожной промышленности, разработанный UNIFE). Этот стандарт широко используется в железнодорожной промышленности и может служить основой для интеграции процессов управления качеством и безопасностью. Приведем общие требования к СМБД:

Таблица 10. Аварии на высокоскоростных магистралях за период 1990–2018 гг., предотвращение которых было бы возможно при использовании ИСУДП

№	Год	Страна	Последствия		Функция безопасности
			погибло (чел.)	ранено (чел.)	
1.	2004	Турция	41	80	Автоматический централизованный контроль скорости
2.	2005	Япония	107	562	То же
3.	2011	Китай	40	190	Автоматический централизованный контроль расстояния между поездами
4.	2013	Испания	79	139	Автоматический централизованный контроль скорости
5.	2015	Франция	11	30	То же
6.	2018	Тайвань	18	180	«
7.	2018	Турция	9	86	Автоматический централизованный контроль расстояния между поездами

**Угрозы и опасные события (ОС) на примере угрозы "Сход":**

**ОС 1.1** – сход, непогашенное ускорение; **ОС 1.2** – сход, препятствие на пути; **ОС 1.3** – сход, нарушение геометрии пути; **ОС 1.4** – сход, нарушение целостности рельсовой нити; **ОС 1.5** – сход, нарушение целостности колёсной пары.

**Параметры опасного события (ОС):**

**Тяжесть последствий ОС:**

**C<sub>1</sub>** – лёгкие травмы, незначительный ущерб;  
**C<sub>2</sub>** – тяжёлые травмы, смерть одного человека, значительный, но поправимый ущерб;  
**C<sub>3</sub>** – несколько погибших, значительный ущерб с длительным восстановлением;  
**C<sub>4</sub>** – множество погибших, катастрофический ущерб.

**Реагирование на ОС:**

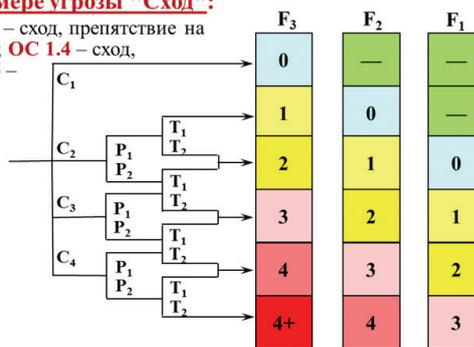
**T<sub>1</sub>** – возможно упреждающее реагирование;  
**T<sub>2</sub>** – только своевременное реагирование.

**Причина ОС:**

**P<sub>1</sub>** – технический отказ;  
**P<sub>2</sub>** – ошибка человека.

**Уровни технологической зрелости предприятия, управляющего ОС:**

**F<sub>1</sub>** – высший (5-й уровень);  
**F<sub>2</sub>** – улучшенный (4-й уровень);  
**F<sub>3</sub>** – штатный (3-й уровень).



**Уровни гарантированности безопасности ОС:**

— – допустимый риск, требования по безопасности не предъявляются;  
 0 – требования по безопасности могут быть предъявлены по усмотрению заказчика;  
 1, 2 – применяются штатные проектные меры упреждающего и своевременного реагирования на ОС;  
 3, 4, 4+ – необходим глубокий анализ развития ОС и дополнительные меры упреждающего и своевременного реагирования, направленные на минимизацию предпосылок появления ОС.

Рис. 11. Связь уровней гарантированности безопасности и уровней технологической зрелости

1. СМБД должна охватывать все этапы жизненного цикла транспортных систем (подсистем), включая проектирование, изготовление, строительство, эксплуатацию, обслуживание, модернизацию и снятие с эксплуатации.

2. СМБД должна включать процесс постоянного совершенствования безопасности, в основе которого лежит:

- идентификация угроз и опасных событий, которыми они реализуются;
- априорное и апостериорное оценивание риска;
- меры упреждающего, своевременного и чрезвычайного реагирования на опасные события;
- оценка мер реагирования в метрике уровней полноты безопасности;
- оценка деятельности персонала, ответственного за безопасность, показателями технической и поведенческой компетентности.

3. Аудит эффективности и результативности процессов СМБД должен обеспечивать оценку этих процессов в метрике уровней технологической зрелости.

4. СМБД должна быть частью системы менеджмента бизнеса предприятия.

Однако выполнения этих общих требований недостаточно для интеграции в СМБД метрики технологической зрелости, используемой в стандарте ISO 22613. Проблема заключается в том, что менеджмент безопасности использует собственную метрику, выраженную в уровнях полноты (гарантированности) безопасности, и нам необходимо объединить эти две метрики в единой системе.

Проблему можно решить, если вероятность человеческих ошибок при осуществлении той или иной деятельности выразить уровнем технологической зрелости. Такая связь очевидна: чем ниже уровень технологической зрелости подразделения, персонал которого решает задачи, связанные с безопасностью, тем выше вероятность появления опасной ошибки. На рис. 11 показано, как уровни технологической зрелости могут быть увязаны с уровнями полноты (гарантированности) безопасности.

Использование такой связи позволит ставить и решать очень важную задачу – априорное оценивание риска безопасности движения для железнодорожного предприятия и его подразделений.

Как было показано, подавляющее большинство аварий с наиболее тяжёлыми последствиями на железнодорожном транспорте происходит вследствие ошибок человека. Консолидированные оценки вероятностей потенциальных ошибок людей на последовательных этапах создания и эксплуатации железнодорожной системы позволят оценить содержащийся в ней потенциал аварийности, т. е. обеспечить априорную оценку риска на различных этапах жизненного цикла системы и предпринять необходимые действия для снижения риска, не дожидаясь появления опасных событий.

В Санкт-Петербургском университете путей сообщения в настоящее время в инициативном порядке проводится разработка системы менеджмента безопасности движения как составной части стандарта ISO 22613 (ранее IRIS). ■

**Литература**

1. European Rail Agency. Public database of safety documents – accident investigation notification and database.
2. Brabie D, Andersson E. An overview of some high-speed train derailments: means of minimizing consequences based on empirical observations. Division of Rail Vehicles, Department of Aeronautical and Vehicle Engineering, Royal Institute of Technology (KTH). Stockholm, 2008.
3. Considerations behind human error. The human factor in the high-risk working contexts. Ferdinando Restina, 2017.
4. Railway accident investigation report RA2007–3–1. Train derailment accident between Tsukaguchi and Amagasaki stations of the Fukuchiyama line of the West Japan Railway Company. 2007.
5. Klinger C., Bettge D. Axle fracture of an ICE3 high speed train // Engineer. Failure Analys. 2013. Vol. 35. P. 66–81. 10.1016/j.engfailanal.2012.11.008.
6. Han Qiao. Wenzhou crash report blames design flaws and poor management // Intern. Railway J. 2012. January.
7. Taiwan train crash: Nippon Sharyo finds design defects in derailed train // Railway Technol. 02.11.2018.
8. Seoul-bound KTX train derails, 15 injured // Korea Herald. Retrieved 9 Jan. 2019.
9. IPA news. 2019. Jan 17.
10. Formulating a Strategy for Securing High-Speed Rail in the United States / B. M. Jenkins, C. Kozub, B. R. Butterworth et al. // MTI Report. 12–03, 2013.