

УДК 622.683:656.08

DOI: 10.18454/2313-1586.2016.01.120

Бахтурин Юрий Алексеевич

кандидат технических наук,
ВРИО ведущего научного сотрудника
лаборатории транспортных систем
карьеров и геотехники,
Институт горного дела УрО РАН
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: bakh2008@yandex.ru.

Bakhtourin Yuriy A.

candidate of technical sciences,
chief researcher,
the Institute of mining, the Ural branch,
Russian academy of sciences,
620075, Yekaterinburg,
Mamin-Sibiryak st., 58
e-mail: bakh2008@yandex.ru.

Кармаев Геннадий Дмитриевич

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
лаборатории транспортных систем
карьеров и геотехники,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: bakh2008@yandex.ru

Karmaev Gennady D.

candidate of technical sciences,
senior research worker,
the Institute of mining,
the Ural branch,
Russian academy of sciences
e-mail: bakh2008@yandex.ru

ОБОСНОВАНИЕ РЕШЕНИЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПОСЛЕ АВАРИЙ И НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА КАРЬЕРНОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

JUSTIFICATION OF DECISIONS AFTER EXAMINATION ACCIDENTS ON RAILWAYS PIT

Аннотация:

В статье приводятся примеры из практики проведения независимых экспертиз после аварий и несчастных случаев. Показано, что накопленный в ИГД УрО РАН большой экспериментальный и методический материал в области эксплуатации карьерного железнодорожного транспорта обеспечивает точность, требуемую определенность оценок, применение надежных и взаимно признаваемых участниками работ простых измеряемых критериев при моделировании экспертиз.

Abstract:

The article gives examples of the practice of independent examinations after accidents and incidents. It is shown that accumulated in the Mining Institute of the Russian Academy of Sciences, a large experimental and methodological material in the field of railway transport operation career provides the accuracy required to make estimates, the use of reliable and mutually recognized participants in the work of simple measurable criteria for modeling expert work.

Ключевые слова: моделирование экспертных работ, карьерный железнодорожный транспорт, критерий, экспериментальный и методический материал, авария, несчастный случай

Keywords: modeling expert work, railways pit, the criterion, experimental and methodological materials, accident

Эксперт технического объекта при оценке его качества (в первую очередь безопасности) фактически изучает описание объекта, т. е. его модель, полученную с определенной степенью и в условиях принятых допущений. Оценка производится в соответствии с технической или нормативной документацией, которая является модельным отображением указанных в них представлений, накопленных в результате определенного опыта по классу однородных объектов и обобщенных требований к ним. Таким образом, эксперт имеет дело с приближенными моделями. В связи с этим особое значение приобретает такое моделирование экспертных работ, которое уменьшает неопределенность оценок сложных объектов. Принято считать, что трудности при экспертной оценке сложных объектов обусловлены недостаточно полной информацией, которая необходима для принятия квалифицированного решения. В то же время известно, что система переработки информации человеком существенно ограничена по объему и времени. Ис-

следования показывают, что при увеличении критериев, факторов точность оценок падает. Практика экспертных работ показывает, что применяемый метод должен быть достаточно обоснован или признан. Методические подходы должны обеспечивать следующее [1]:

- точность метода, согласованность объема и характера исходной информации;
- требуемую определенность задачи при наиболее простой модели описания объекта;
- возможность проведения технической экспертизы с помощью расчленения задачи на составляющие части для последующего анализа их с учетом возможного влияния временно отброшенных частей;
- применение надежных и взаимно признаваемых участниками работ простых измеряемых критериев.

При этом учитываются реально сложившиеся отношения между теорией и практикой, государственными надзорными органами, предприятиями и экспертными организациями и, наконец, уникальность объектов экспертизы. В этом случае преимущество получают методы, методики, позволяющие максимально возможно обеспечить системный подход при выполнении экспертных работ. Так, в ИГД УрО РАН за многие годы исследований создан большой методический задел в области карьерного транспорта, максимально отвечающий всем вышеперечисленным требованиям. Это позволяет с высокой эффективностью применять его, в частности, при проведении независимой экспертизы после аварий и несчастных случаев на карьерном железнодорожном транспорте.

Так, в связи с несчастным случаем со смертельным исходом, произошедшим 19.01.2015 с дежурным по переезду станции Карьерная железнодорожного цеха рудоправления АО «Оренбургские минералы» была проведена экспертиза локомотивосостава № 410. Обстоятельства несчастного случая следующие (рис. 1). Из тупика К-4 на разрешающий сигнал входного светофора станции Карьерная НГ-4 двигался вагонами вперед поезд № 410, груженный породой. В это же время впереди поезда № 410 по соседнему пути № 2 в попутном направлении двигался поезд № 108, машинист которого, заметив двигающегося по пути 1 дежурного по переезду, оповестил об этом по двусторонней радиосвязи диспетчера и локомотивную бригаду поезда № 410. Машинист поезда № 410 применил экстренное торможение, однако наезда на дежурного избежать не удалось. В ходе технического освидетельствования установлено следующее. На период обследования тяговый агрегат и входящие в состав вагоны находились в рабочем состоянии. Скорость движения поезда по пути станции Карьерная в момент происшествия в соответствии с показаниями скоростемера не превышала установленной местной инструкцией 25 км/ч. Проведенное полное опробование автоматических тормозов с проверкой состояния тормозной магистрали показало, что оборудование на момент обследования обеспечивает требуемые тормозные характеристики. Неисправностей подвижного состава, запрещающих вводить его в эксплуатацию, не установлено.

Электрооборудование, системы автоматизации и предупредительной сигнализации, защит, блокировок, приборы и устройства безопасности, наружное и внутреннее освещение, средства пожаротушения и индивидуальной защиты в удовлетворительном состоянии. В соответствии с пунктом 17.35 «Правил технической эксплуатации промышленного железнодорожного транспорта» [2] поезд оборудован звуковой и световой сигнализацией, которая находится в работоспособном состоянии. Приборы контроля параметров и защитные средства испытаны, имеются соответствующие записи в журнале учета средств измерений. Техническое обслуживание и ремонты подвижного состава проводятся в соответствии с нормативно-технической документацией и графиком планово-предупредительных ремонтов (ППР). Уровень технического обслуживания соответствует действующим правилам и нормативно-технической документации. Графики ППР соблюдаются. Сведения об авариях с повреждением ответственных деталей за период

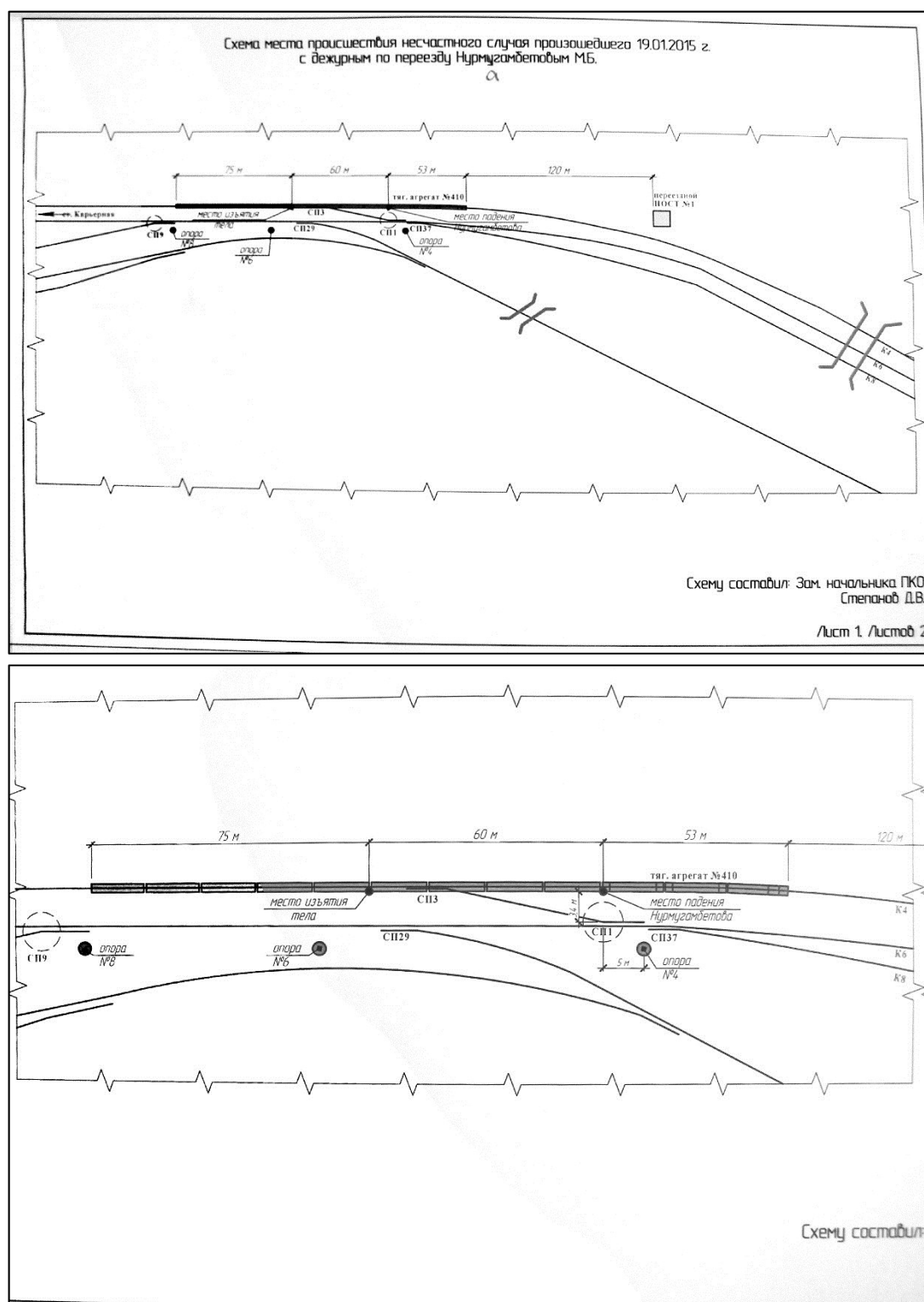


Рис. 1 – Схема места происшествия несчастного случая

эксплуатации отсутствуют. Тормозной путь локомотивосостава № 410, согласно автоматизированной расшифровке диаграммной ленты электронного скоростемера КПД-3п, составил 72 м (рис. 2). В этом случае решающим фактором в принятии решения о соответствии технического состояния поезда № 410 и действий машиниста нормативной документации могли стать тормозные испытания. Однако проведение таких

испытаний в условиях действующего предприятия по понятным причинам затруднено. Тормозной путь можно определить расчетным путем. При этом большое значение имеет точность расчетов. Из известных способов тормозных расчетов наиболее приспособлен к карьерным условиям метод интегрирования уравнения движения поезда [3]. Однако он имеет следующие недостатки:

- в основу положены условные расчетные величины и абстрактные функции, лишенные физического смысла и осложняющие анализ процесса;
- метод не позволяет решить задачи для различных типов оборудования;
- метод не учитывает повышенной утечки воздуха в тормозной магистрали карьерных поездов.

В ИГД УрО РАН разработаны динамические методы тормозных расчетов, которые имеют повышенную точность, поскольку позволяют учитывать тип используемого тормозного оборудования, переломный характер профиля пути, ненормальные утечки в тормозной магистрали [4].

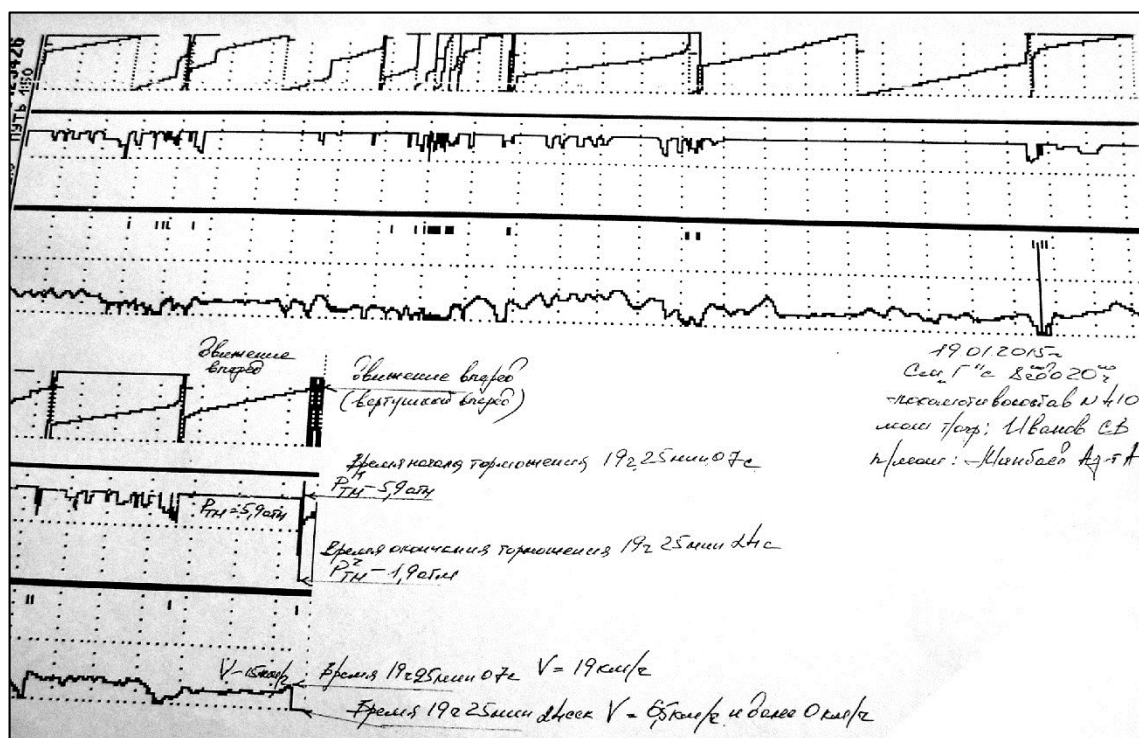


Рис. 2 – Фрагмент диаграммной ленты электронного скоростемера КПД-3п с расшифровкой

Тормозные расчеты для локомотивосостава № 410 произведены при сочетании динамического определения тормозных усилий с методом численного интегрирования дифференциального уравнения движения поезда [5]. Они производятся по интервалам времени при условии постоянства действующих сил в интервалах. При этом приняты следующие исходные данные:

- Расчетный интервал – 1 сек.
- Поезд – груженный, вес 1603 т (фактический по справке предприятия в соответствии с показаниями весов).
- Тип локомотива – тяговый агрегат ПЭ-2м.
- Думпкары 2ВС-105 модель 33-677 – 9 единиц.
- Колодки: на вагонах – композиционные, на тяговом агрегате – чугунные.
- Начальная скорость торможения – 19,0 км/ч в соответствии с автоматизированной расшифровкой диаграммной ленты электронного скоростемера КПД-3п (рис. 2).

– Расчетный уклон для первого главного пути станции Карьерная принят равным 0 (в соответствии с техническо-распорядительным актом минимальный продольный уклон составляет незначительную величину – 1‰ и не учитывается при расчете тормозного пути).

– Вид торможения – экстренное.

– Режим воздухораспределителей вагонов – средний горный.

Данные расчета приведены в таблице. В графе 1 указываются интервалы времени от начала до конца торможения. В графах 2, 3, 4 – средние величины давления в тормозных цилиндрах тягового агрегата и думпкаров. В графах 5, 6, 7, 8 – величины действительных сил нажатия на одну тормозную колодку тягового агрегата и думпкаров состава в течение рассматриваемого интервала времени. В графах 9, 10, 11, 12 – соответствующие коэффициенты трения тормозных колодок. В графах 13, 14, 15, 16 – суммарная тормозная сила, создаваемая пневматическим колодочным тормозом тягового агрегата и думпкаром состава. В графе 17 – удельная тормозная сила поезда. В графе 18 – величина удельного сопротивления движению поезда. Величина уклона пути вносится в графу 19. Результирующая действующих сил в интервале времени – в графу 20. Приращение скорости в каждом интервале – в графу 21. Начальная скорость торможения – в графу 22. Конечная скорость в интервале – в графу 23, средняя – в графу 24. Приращение тормозного пути – в графу 25. После выполнения всех операций приращения тормозного пути складываются (графа 26), и определяется полный тормозной путь. Расчеты продолжаются до тех пор, пока $v + \Delta v \leq 0$. Как следует из таблицы, расчетный тормозной путь составляет 71,7 м. Учитывая, что тормозной путь по показаниям скоростемера составляет 72 м и соответствует расчетному, работу тормозного оборудования поезда при экстренном торможении следует признать удовлетворительной.

Другой пример из практики проведения экспертиз подвижного состава железнодорожного транспорта. 09.02.2007 произошла авария в Центральном карьере Рудоправления ОАО «Ураласбест» на участке пути 1СП (стрелочный перевод № 1) железнодорожного поста Карьерный. Железнодорожный пост Карьерный расположен на западном борту карьера, на горизонте + 167 м. Тупиковый путь № 4ТП от экскаватора № 301 имеет продольный уклон в сторону поста Карьерный 38 ‰ – 39 ‰ (рис. 3). Обстоятельства аварии. После разгрузки у экскаватора № 301 поезд № 63 отправился по тупиковому пути № 4ТП к входному сигналу на пост Карьерный. Со слов машиниста поезда Коровина Ю.М., при движении к посту Карьерный был снегопад, скорость движения составляла 10 – 15 км/час. На участке пути № 4ТП на отметке головки рельса 218,8 м, пикет 20,0 (рис. 1, 2) произошел сход с рельсов второй тележки четвертого вагона (заводской № 1694) поезда № 63. При этом система автоматического тормоза локомотива (АТЛ) не включилась. Машинист тягового агрегата не заметил схода с рельсов тележки вагона и продолжал движение поезда. На расстоянии 382 м вторую тележку четвертого вагона увело в сторону, и она провалилась левыми по ходу движения колесами ниже шпальной решетки. Произошло аварийное расцепление автосцепного устройства между четвертым и пятым (заводской № 21605) вагонами. На электровозе управления при этом включилась система АТЛ и электропневматический клапан (ЭПК). Машинист применил экстренное торможение. Оторвавшаяся часть поезда в составе пятого, шестого, седьмого и восьмого вагонов продолжала неуправляемое движение под уклон в сторону поста Карьерный с ускорением. В это же время со стороны станции Западная по разрешающему сигналу на второй путь 2П поста Карьерный принимался поезд № 11. При проезде охраняемого железнодорожного переезда у стрелочного перевода № 1 машинист увидел въезжающие на путь 1П вагоны оторвавшейся части поезда № 63. Вслед за этим произошло столкновение поезда № 11 и четырех вагонов поезда № 63 (рис. 3).

Таблица

Расчет тормозного пути динамическим методом с применением численного интегрирования

$\Delta t, c$	Давление в ТЦ, кг/см ²			Усилие нажатия колодки, Т				Коэффициент трения колодки, ψ				Тормозная сила автотормоза, Вт, кГ	
	ПЭ-2м		2 ВС-105	ПЭ-2м		2 ВС-105		ПЭ-2м		2 ВС-105		ПЭ-2м	
	ЭУ	МД		ЭУ	МД	Крайние оси	Средние оси	ЭУ	МД	Крайние оси	Средние оси	ЭУ	МД
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0,623	0	0	0,515	0,207	0	0	0,346	0,406	0	0
5-6	0	0	0,888	0	0	0,819	0,327	0	0	0,358	0,381	0	0
6-7	0,603	0,603	1,142	0,674	0,674	1,110	0,443	0,278	0,278	0,34	0,376	2397	4796
7-8	1,127	1,127	1,388	1,434	1,434	1,392	0,541	0,23	0,23	0,335	0,37	3377	6754
8-9	1,607	1,607	1,619	2,130	2,130	1,657	0,661	0,2	0,2	0,33	0,37	5453	10906
9-10	2,047	2,047	1,848	2,768	2,768	1,920	0,766	0,2	0,2	0,328	0,37	6912	13824
10-11	2,443	2,443	2,086	3,342	3,342	2,190	0,874	0,179	0,179	0,31	0,36	7560	15120
11-12	2,799	2,600	2,257	3,859	3,570	2,389	0,954	0,17	0,18	0,31	0,36	8378	16755
12-13	3,111	2,600	2,300	4,311	3,570	2,638	0,973	0,175	0,19	0,31	0,36	9632	17024
13-14	3,383	2,600	2,300	4,705	3,570	2,638	0,973	0,18	0,20	0,31	0,37	10829	17024
14-15	3,611	2,600	2,300	5,036	3,570	2,638	0,973	0,18	0,21	0,315	0,37	11520	17920
15-16	3,800	2,600	2,300	5,310	3,570	2,638	0,973	0,185	0,21,	0,32	0,37	12211	18816
16-17	3,943	2,600	2,300	5,517	3,570	2,638	0,973	0,19	0,22	0,32	0,37	13376	19712
17-18	4,000	2,600	2,300	5,600	3,570	2,638	0,973	0,19	0,23	0,32	0,38	13619	21200
18-19	4,000	2,600	2,300	5,600	3,570	2,638	0,973	0,2	0,23	0,32	0,38	14336	21020
19-20	4,000	2,600	2,300	5,600	3,570	2,638	0,973	0,2	0,24	0,32	0,38	14336	21934

Продолжение таблицы

Δt , с	Суммарная тормозная сила, Вт, кГ		Удельная тормозная сила η , кГ	ω , кГ/ т	Уклон, i , ‰	Результирующая действующая сила, С, кГ/т	Δv , км/ч	v , км/ч	$v+\Delta v$, км/ч	$v_{ср}$, км/ч	ΔS_t , м	S_t , м
	2 ВС-105											
	Крайние оси	Средние оси										
1	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
0-1	0	0	0	2,2	0	2,2	-0,053	19,0	18,944	18,97	5,3	5,3
1-2	0	0	0	2,2	0	2,2	-0,053	18,944	18,89	18,9	5,3	10,6
2-3	0	0	0	2,2	0	2,2	-0,053	18,89	18,83	18,87	5,3	15,8
3-4	0	0	0	2,2	0	2,2	-0,053	18,83	18,8	18,8	5,3	21,1
4-5	10263	4841	9,4	2,2	0	11,6	-0,28	18,8	18,52	18,66	5,2	26,3
5-6	16888	7176	14,6	2,2	0	16,6	-0,38	18,52	18,2	18,4	5,2	31,5
6-7	21542	9594	23,8	2,2	0	25,0	-0,58	18,2	17,62	18,0	5,1	36,5
7-8	26860	11508	31,8	2,2	0	34,0	-0,72	17,62	16,9	17,3	4,81	41,3
8-9	31553	13686	38,4	2,2	0	40,6	-0,94	16,9	15,6	16,5	4,6	45,9
9-10	35389	16623	45,4	2,2	0	47,6	-1,13	15,6	14,5	15,1	4,2	50,1
10-11	39104	18040	49,8	2,2	0	52,0	-1,22	14,5	13,3	13,9	3,9	54,0
11-12	42497	19782	54,5	2,2	0	56,4	-1,3	13,3	12,0	12,7	3,6	57,4
12-13	46426	20176	58,1	2,2	0	60,3	-1,41	12,0	10,6	11,4	3,2	60,6
13-14	46426	20736	58,9	2,2	0	61,1	-1,43	10,6	9,2	9,95	2,9	63,5
14-15	46426	20736	60,2	2,2	0	62,4	-1,46	9,2	7,8	8,5	2,4	65,9
15-16	46426	20736	62,2	2,2	0	64,4	-1,50	7,8	6,3	7,1	2,0	67,9
16-17	46426	21197	63,8	2,2	0	66,0	-1,55	6,3	4,8	5,6	1,6	69,5
17-18	46426	21197	63,9	2,2	0	66,1	-1,59	4,8	3,3	4,1	1,1	70,6
18-19	46426	21197	64,2	2,2	0	66,4	-1,69	3,3	1,61	2,5	0,7	71,3
19-20	46426	21197	64,2	2,2	0	66,4	-1,69	1,61	0	0,805	0,3	71,6≈72

* ЭУ – электровоз управления; МД – моторные думпкары

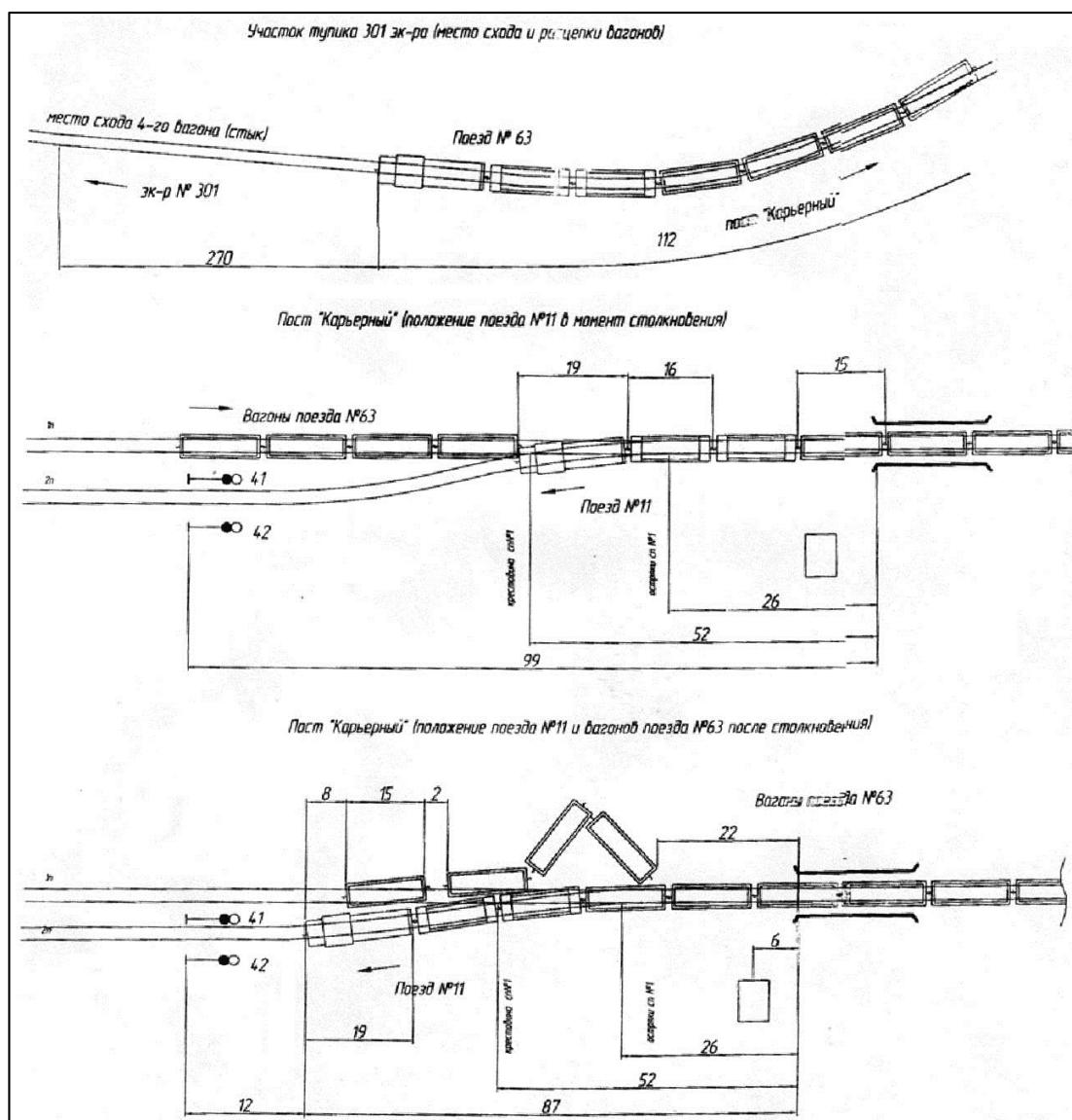


Рис. 3 – Схемы участка тупика 301 экскаватора – места схода и расцепки вагонов, положения поезда № 11 в момент столкновения на посту Карьерный и положения поезда № 11 и вагонов поезда № 63 после столкновения

В ходе экспертизы было установлено следующее. На основании акта проверки состояния железнодорожного пути тупика 4ТП поста Карьерный на отметке 218,8 м ширина колеи на участке железнодорожного пути, где произошел сход с рельсов второй тележки четвертого вагона поезда № 63, составляет 1562 мм при максимально допустимой нормативной 1550 мм [2]. Расцепление автосцепного устройства между четвертым и пятым вагонами поезда № 63 произошло вследствие превышения нормативной разницы между продольными осями автосцепок 100 мм [2]. К угону вагонов привела неисправность системы автоматического тормоза локомотива (АТЛ) поезда № 63 в части несоответствия регулировки ремней нормативным значениям. Вместе с тем эти причины не являлись фатальными, так как автотормоза вагонов должны были обеспечивать их остановку и удержание. Исследования, проведенные в ИГД УрО РАН [6, 7], показывают, что тормозной путь оторвавшегося вагона на уклоне 40 ‰ при начальной скорости 10 км/час может составлять от 40 до 130 м в зависимости от условий торможения. При этом время условного истощения тормозной системы вагона, приводящее к потере эф-

фактивности действия автотормоза по удержанию вагона на уклоне 40 ‰, может составлять от 173 до 187 мин. Проведенные расчеты в предположении, что автоматическое торможение отсутствовало, позволили установить, что расчетная скорость оторвавшейся части поезда в момент столкновения может изменяться от 113 км/час при начальной скорости, равной нулю, до 133 км/час при начальной скорости, равной 15 км/час (рис. 4). Если исходить из показаний машиниста о прохождении поездом № 11 охраняемого железнодорожного переезда в момент заезда оторвавшейся части поезда на путь 1П поста Карьерный, то конечная скорость отцепившихся думпкаров могла составлять от 100 до 124 км/час, соответственно, при скорости поезда № 11, равной 15 и 20 км/час. Примерное равенство указанных расчетных скоростей свидетельствует о том, что эффективность торможения вагонов оторвавшейся части поезда была крайне низка.

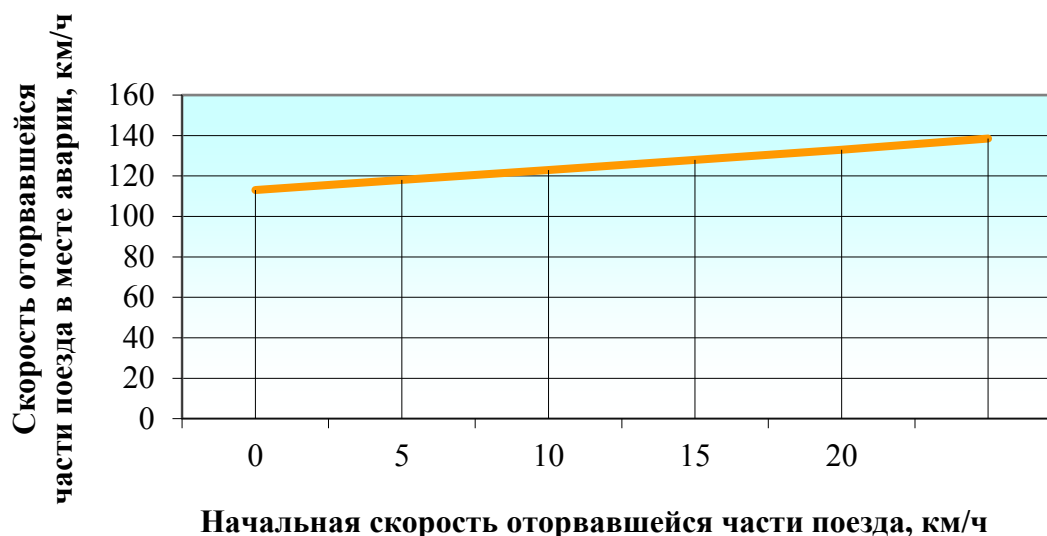


Рис. 4 – Изменение скорости оторвавшейся части поезда

Результаты обследования тормозной рычажной передачи и ходовых частей вагонов поезда № 63 позволили установить следующее. В соответствии с актом технического осмотра вагонов поезда № 63 и замерами, произведенными экспертной комиссией, давление в тормозных цилиндрах вагонов: 1 – № 23623, 2 – № 23383, 3 – № 15695, 4 – № 1694, 5 – № 21605 – варьируется от 2,7 до 3,2 при норме конечного давления в тормозных цилиндрах для среднего режима 2,5–3,0 атм. [8]. Выходы штоков тормозных цилиндров составили, соответственно, 145 мм (3 вагон № 15695), 185 мм (вагон № 23383), 200 мм (вагон № 23623), 215 мм (вагон № 1694), 220 мм (5 вагон № 21605 оторвавшейся части поезда) при нормативном значении до 170 мм [8]. Следы экстренного торможения оторвавшихся думпкаров: изменение цвета ободов колес и колодок, наличие ползунов – отсутствуют.

Обработка результатов экспериментальных исследований, проведенных в свое время ИГД УрО РАН [6 – 7], позволила установить зависимость нажатия на колодку от выхода штока тормозного цилиндра (рис. 5). Сила нажатия при среднем режиме торможения выше расчетной при выходе штока примерно до 150 мм. При дальнейшем увеличении выхода штока силы нажатия уменьшаются и при выходе штока более 175 мм резко падают, составляя от 50 до 25% расчетной величины и меньше нормативной. Таким образом, неэффективность работы тормозной рычажной передачи вызвана недостаточным тормозным нажатием, обусловленным сверхнормативным выходом штоков тормозных

цилиндров думпкаров пятого, шестого, седьмого и восьмого вагонов поезда № 63. Сопутствующие снижению эффективности и работоспособности тормозной рычажной передачи условия – низкая температура воздуха (-11°C) и снегопад.

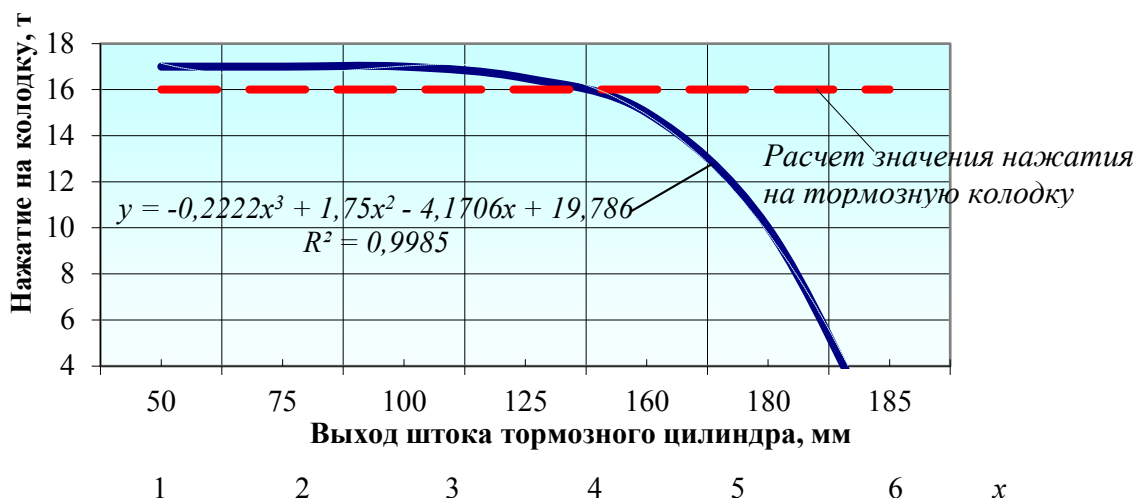


Рис. 5 – Экспериментальные средние значения нажатия на тормозную колодку

Таким образом, приведенные и ряд других не рассмотренных в статье примеров свидетельствуют о том, что накопленный в ИГД УрО РАН большой экспериментальный и методический материал в области эксплуатации карьерного железнодорожного транспорта обеспечивает точность, требуемую определенность оценок, применение надежных и взаимно признаваемых участниками работ простых измеряемых критериев при моделировании экспертных работ.

Литература

1. Покровская О.В. Моделирование экспертных работ / О. В. Покровская // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 9. – С. 38 - 41.
2. Правила технической эксплуатации промышленного железнодорожного транспорта. Утв. распоряжением министерства транспорта Российской Федерации от 29 марта 2001 г. № АН -22-Р. - М., 2001. – 113 с.
3. Временные правила тормозных расчетов для поездной работы на открытых горных разработках предприятий системы Министерства черной металлургии СССР. - М., 1972. - 27 с.
4. Методические рекомендации по тормозным расчетам для поездов карьерного транспорта. – Свердловск, 1973.
5. Бахтурин Ю.А. Экспертиза промышленной безопасности подвижного состава карьерного железнодорожного транспорта / Ю.А. Бахтурин // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2011. - ОВ № 11. - С. 309 - 325.
6. Исследование безопасности движения груженых поездов на отвальных тупиках: отчет о НИР / ИГД МЧМ СССР; рук. Фесенко С. Л. – Свердловск, 1978. – 84 с.
7. Исследование и разработка безопасных способов движения железнодорожных составов на отвалах вскрышных пород с локомотивом в голове поезда: отчет о НИР / ИГД МЧМ СССР; рук. Сушков В. И. – Свердловск, 1986. – 33 с.
8. Инструкция по эксплуатации тормозов подвижного состава на предприятиях: утв. 21.09.1998 г. ОАО «Ураласбест». – Асбест, 1998. - 40 с.