

УДК 629.35-592.53

DOI: 10.35211/2500-0586-2025-4-53-54-67

М. П. Малиновский^{1, 2}, Е. С. Смолко^{1, 2}

**ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ТОРМОЗНОЙ КРАН КАК СРЕДСТВО УМЕНЬШЕНИЯ
ОСТАНОВОЧНОГО ПУТИ ПРИ ОТКАЗЕ РАБОЧИХ КОНТУРОВ**

¹ **Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ), Москва, Россия**

² **ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», Москва, Россия**

ntbmadi@gmail.com, evgeny.smolko@nami.ru

Автор, ответственный за переписку:

Михаил Павлович Малиновский, ntbmadi@gmail.com

Отказ пневматического тормозного привода за полтора века его существования многократно приводил к катастрофам с разрушительными последствиями и многочисленными жертвами, сначала на железнодорожном, а затем и на автомобильном транспорте. Несмотря на функциональную сложность, нацеленную на повышение надежности привода, подобные инциденты продолжают происходить до сих пор. Авторы детально проанализировали причины и механизм развития наиболее известных катастроф и пришли к выводу, что во всех без исключения случаях имел место также человеческий фактор. Предложены некоторые технические решения, направленные на исправление сложившейся ситуации.

Ключевые слова: пневматический тормозной привод, автомобильный транспорт, железнодорожный транспорт, концевой кран, человеческий фактор, комбинированный орган управления тормозами, функциональная безопасность

M. P. Malinovsky^{1, 2}, E. S. Smolko^{1, 2}

**INTEGRAL BRAKE VALVE AS MEANS OF REDUCING STOPPING
DISTANCE IN CASE OF ALL SERVICE CIRCUITS FAILURE**

¹ **Moscow automobile and road construction state
technical university (MADI), Moscow, Russia**

² **Federal State Unitary Enterprise “Central Scientific Research Automobile
and Automotive Engines Institute” (FSUE “NAMI”), Moscow, Russia**

Over the century and a half of its existence, failure of pneumatic brake systems has repeatedly led to devastating accidents and numerous casualties, first in rail and then in road transport. Despite the functional sophistication aimed at increasing the reliability of the system, such incidents continue to occur. The authors conducted a detailed analysis of the causes and mechanisms of the most well-known accidents and concluded that human error was present in all cases without exception. Several technical solutions aimed at rectifying this situation are proposed.

Keywords: pneumatic brake drive, automobile transport, railway transport, end crane, human factor, combined brake control, functional safety

В XIX веке на железнодорожных вагонах использовались ручные тормоза, которые по сигнальному свистку машиниста приводились в действие кондукторами, бегавшими между вагонами по узким мостикам. Профессия кондукторов была чрезвычайно опасной и нередко приводила к их гибели. Кроме того, чтобы ос-

тановить многотонный состав, требовалось значительное время, и при малейшей заминке происходила авария. Свидетелем одного из таких происшествий в 1866 г., перед которым два машиниста не смогли своевременно остановить поезда, стал Джордж Вестингауз (George Westinghouse, 06.10.1846–12.03.1914), будущий

президент Американского общества инженеров-механиков. Вдохновленный идеей сокращения потерь времени в пути, он начал продумывать возможные варианты модернизации тормозной системы поезда и вскоре сконструировал пневматический тормозной привод (ПТП), компрессор которого приводился от давления пара [1]. Ранние конструкции Вестингауза имели прямой принцип действия, то есть тормоза срабатывали при повышении давления сжатого воздуха. Первый патент US88929A от 13.04.1869 содержал однопроводный ПТП прямого действия. Конструкция имела два основных недостатка. Во-первых, время срабатывания существенно увеличивалось от локомотива к последнему вагону. Во-вторых, при обрыве сцепки состояние тормозов не менялось, поэтому, если тормоза не были активированы на момент обрыва, автоматическое торможение не происходило у задних вагонов. Тем не менее, в 1869 г. Вестингауз продемонстрировал новое приспособление на пассажирском поезде и основал компанию Westinghouse Air Brake Company (WABCO).

В патенте US124404A (от 05.03.1872) был представлен первый двухпроводный ПТП с питающей (ПМ) и управляющей (УМ) магистралями, а также автоматическим торможением при обрыве. Патент US124405A (05.03.1872) содержал двухпроводный ПТП с взаимозаменяемыми магистралями и автоматическим торможением из вспомогательного ресивера. Конструкция была усовершенствована в патенте US134177A (24.12.1872). В патенте US144006A (28.10.1873) были показаны новые варианты схем: двухпроводный ПТП с ПМ и УМ обратного действия, а также трехпроводный ПТП с двумя УМ прямого действия и ПМ обратного. Патент US134408A (31.12.1872) содержал трехпроводный ПТП с двумя взаимозаменяемыми УМ и одной вакуумной магистралью. В дальнейшем Вестингауз заметил, что при утечках или разрывах в шланговых соединениях поезд становился неуправляемым, и в 1876 г. запатентовал однопроводный ПТП обратного действия (US180179A от 25.07.1876), в котором тормозные цилиндры срабатывали при снижении давления в магистрали, поэтому при ее повреждении состав также автоматически затормаживался.

На современных локомотивах обычно используется трехпроводная схема, предусматривающая питательную магистраль (ПМ), тор-

мозную магистраль (ТМ) прямого действия и магистраль вспомогательного тормоза (МВТ), в то время как вагоны соединены по однопроводной схеме обратного действия [2]. Естественно, что ПТП предъявляет особые требования к квалификации обслуживающего персонала и оператора (то есть машиниста или водителя), особенно на железной дороге, так как органы управления ПТП локомотива сложнее, чем у грузового автопоезда. Повышенная структурная и функциональная сложность ПТП [3] обусловлена повышением его надежности [4]. ПТП вкупе с человеческим фактором, проявлением которого могут быть как элементарные ошибки, так и преступная халатность, регулярно приводят к трагическим событиям, как на железнодорожном [5], так и автомобильном транспорте [6], причем не только в нашей стране, но и за рубежом. Как правило, к катастрофе приводит цепь взаимосвязанных событий, и особенно печально, когда к ней приводит не внезапный технический отказ, а последовательное нарушение инструкций. Примеров тому множество.

22.10.1895, Париж, вокзал Монпарнас. В 8:45 из города Гранвиля отправился в Париж пассажирский поезд № 56, состоявший из паровоза, трех багажных, почтового и 8 пассажирских вагонов, в которых ехали 131 человек. Время прибытия на Западный вокзал (ныне – Монпарнас) по расписанию составляло 15:55, однако поезд **опаздывал**. За 10 минут до прибытия машинист не применил тормоза на уклоне по инструкции. Начальник поезда попытался применить экстренное торможение, однако машинист получил предписание не использовать тормоза Вестингауза и **отключил** их. За две минуты до прибытия машинист применил вспомогательный и ручной тормоза, но тормозного пути не хватило. В 16 часов паровоз на скорости 40 км/ч выбил путевой упор, проехал перрон длиной около 30 м, выбил переднюю стену вокзала толщиной 60 см и с высоты 10 м упал на улицу де Ренн, при этом пассажирские вагоны остались на перроне. Ранения получили паровозная бригада, два пассажира и пожарный. Погибла продавщица газет, на киоск которой упала стена.

12.12.1917, Сен-Мишель-де-Морьен, Франция. Военский эшелон № 612, состоявший из паровоза, двух багажных и 15 четырехосных пассажирских вагонов итальянского производства [7] с деревянными кузовами, следовал из

Италии, чтобы доставить в город Шамбери на рождественские каникулы солдат, участвовавших в битве при Капоретто. Пройдя Мон-Сенинский туннель, соединяющий Италию и Францию, эшелон прибыл в Модан, где к составу прицепили еще два двухосных пассажирских вагона. Стоянка составила час, и большинство офицеров пересели на экспресс Модан–Париж. Таким образом, число пассажиров официально достигло 982, хотя фактически солдат было еще больше. Масса поезда составляла 526 т при длине 350 м. Вести такой состав должны два паровоза, однако второй реквизиrowали для поезда с боеприпасами. Пневматическими тормозами были оборудованы только первые три вагона, остальные – лишь ручными, по которым распределили семь кондукторов (двое из них погибли). Адьютант, бывший машинистом поезда, хорошо знал предстоящий участок и сначала отказался вести перегруженный состав, однако **под угрозой трибунала** со стороны командира в чине капитана был вынужден согласиться. В 23:15 поезд № 612 отправился в сторону станции Кюло. От Модана (1040 м над уровнем моря) к Сен-Мишель-де-Морьену (710 м) шел спуск **33 %**. Сначала машинисту удавалось контролировать скорость, но после Френе уклон увеличивался, и вскоре стрелка скоростемера достигла максимальной отметки 135 км/ч. К концу спуска скорость начала снижаться, но за 1300 м до Сен-Мишель-де-Морьена после пересечения реки Арк следовал крутой изгиб, в котором допускалась скорость не более 40 км/ч. Поезд № 612 вошел в этот поворот на скорости 102 км/ч, в результате произошел обрыв сцепки между тендером и первым вагоном. Машинист, увлеченный попытками снизить скорость, не заметил этого и остановил паровоз лишь через 12 км в Сен-Жан-де-Морьен. Первый вагон сошел с рельсов, в него начали врезаться остальные. Пламя свечей для освещения перекинулось на деревянные конструкции и вызвало пожар, который продолжался около суток. По разным оценкам в крушении погибло от 700 до 800 человек.

07.08.1987, станция Каменская, Ростовская обл. В 0:55 со станции Лихая отправился пассажирский поезд № 335 Ростов-на-Дону – Москва, состоящий из электровоза и 15 вагонов, а следом в 1:02 – товарный поезд № 2035, сформированный на станции Армавир в составе трехсекционного локомотива ВЛ80с-887/842 и 55 вагонов с зерном общей массой более

5,5 тыс. т. Перепад высот на этом участке длиной 24 км составляет 200 м, то есть в среднем **8 %**. В те годы по рекомендации сотрудников ВНИИЖТ с грузовых вагонов убрали подвески соединительных рукавов, а концевые краны повернули на 60°. При движении из-за вибраций ручки срезали крепящие их шпильки и отделились от корпуса кранов. По прибытии на станцию Лихая у первого вагона поезда № 2035 не оказалось ручки **концевого крана**. Помощнику машиниста при отцепке локомотива пришлось в нарушение инструкции перекрыть концевые краны между 1-м и 2-м вагонами, не забыв оповестить по парковой сети о выполненном действии [8]. Перед отправкой поезда № 2035 бригада осмотрщиков на станции Лихая не заметила, что **концевой кран** между 1-м и 2-м вагонами перекрыт. С места поезд двинулся с трудом, однако машинист впервые вел тяжеловесный поезд и посчитал, что это нормально. При пробе тормозов в условленном месте тормозной путь составил около 700 м вместо 300 по нормативам, однако мер к экстренной остановке машинист не принял. Через 8 км начался затяжной спуск в долину реки Северский Донец. Машинист применил несколько ступеней служебного торможения, но скорость возрастала. За 10 км до станции Каменская машинист доложил диспетчеру о приближении с неисправными тормозами на большой скорости. Все пути на станции были заняты различными составами, в том числе с опасными грузами, и блокировка стрелок не позволяла подготовить другой маршрут. Диспетчер принял решение пропустить поезд № 335 без остановки, но не мог связаться с локомотивной бригадой, так как помощник машиниста держал нажатой тангенту микрофона. Машинист дождался разрешающего сигнала на входном светофоре, и в 1:28 состав прибыл на 5-й путь станции Каменская. Помощник машиниста вышел из кабины, выложив из рук микрофон, благодаря чему диспетчер связался с машинистом и приказал немедленно отправляться. В 1:29 поезд № 335 тронулся, однако проводник вагона № 10 сорвал стоп-кран согласно должностной инструкции с целью произвести должным образом посадку пассажиров. В 1:30 на станцию Каменская на скорости около 140 км/ч (вместо 25 км/ч) влетел грузовой поезд № 2035. На стрелочном переводе в 1:31 произошел разрыв автосцепки между 1-м и 2-м вагонами. Второй вагон сошел с рельсов, а остальные налетели

друг на друга, накренившись на левый борт, образовали завал, что спасло пассажирский поезд от полного уничтожения. Электровоз с одним вагоном-зерновозом суммарной массой 288 т проследовал на 5-й путь и через 464 м в 1:32 догнал поезд № 335, полностью разрушив вагоны № 15 и № 14, а № 13 – наполовину. Мгновенно погибли 106 человек (в последних двух вагонах выжили только девять). Позже при ликвидации последствий смертельный удар током получил электромонтер. Ранеными оказались 114 человек.

27.06.1988, Париж, Лионский вокзал.

В вечерний час пик пригородный поезд № 153944, состоящий из восьми вагонов (сдвоенный Z 5300), следовал в Париж из города Мелен, что расположен у северной окраины леса Фонтенбло в 45 км от столицы. При проезде станции Вер-де-Мезон в 18:36 молодая женщина во втором вагоне сорвала стоп-кран, что привело к остановке поезда. Для снятия блокировки тормозов необходимо повернуть специальную рукоятку на переднем торце второго вагона. Пытаясь дотянуться до нее, машинист оперся на ручку **концевого крана** и, сам того не заметив, повернул его. Вернувшись в кабину, машинист обнаружил, что тормоза на семи вагонах из восьми по-прежнему заблокированы. Решив, что причиной является воздушная пробка, он с помощью кондуктора вручную выпустил воздух из тормозных цилиндров на каждом вагоне, после чего вернулся в кабину и в 19:02 отправил поезд. Опоздание составляло уже 26 минут, и в спешке машинист не заметил некорректное показание манометра тормозной магистрали. Ввиду **опоздания**, поездной диспетчер дал команду машинисту проехать платформу Мезон-Альфор без остановки и следовать сразу до конечной станции – Лионского вокзала. Около 19:06 машинист задействовал тормоза для снижения скорости до разрешенных на подъезде к вокзалу 60 км/ч. В этот момент он осознал, что на следующем со скоростью 96 км/ч поезде практически не работают тормоза, а до вокзала остается чуть больше двух километров. Тогда он отправил кондуктора включить в одном из вагонов ручной тормоз. Электropоезд Z 5300 оснащен реостатными тормозами, однако если использовать их совместно с пневматическими, это может привести к заклиниванию колес. Либо машинист решил не рисковать, либо в стрессе забыл о них. В 19:07 машинист доложил диспетчеру

о неисправности тормозов, но забыл назвать номер поезда. Несмотря на малый тормозной эффект, скорость поезда снизилась до 45 км/ч, когда 300-тонный поезд достиг крутого спуска **43 ‰**, ведущего к подземным платформам, и начал вновь разгоняться. Машинист повторно сообщил диспетчеру об отказе тормозов и снова забыл назвать себя. Затем по внутренней связи дал команду пассажирам перейти в хвост поезда и сам покинул кабину, в панике нажав кнопку тревоги, чем усугубил ситуацию. По всем поездным рациям начал поступать сигнал в виде зуммера, обязывающий машинистов остановить свои поезда. Эфир заполнился шквалом вызовов, и диспетчер не мог связаться с машинистами четырех прибывающих поездов, чтобы выяснить, в каком из них неисправность. Работники вокзала, согласно инструкции, отключили систему подготовки рельсовых переводов, поэтому перевести неуправляемый поезд на пустой путь было невозможно, и тот проследовал на 2-й путь вокзала, где готовился к отправлению заполненный пассажирами электропоезд Z 5300 № 15339. Из-за переполненного эфира диспетчер не смог связаться с его машинистом, чтобы передать предупреждение об опасности. В 19:10 кондуктор неуправляемого поезда нашел ручной тормоз, но время было упущено. В этот момент машинист поезда № 15339 увидел появившийся из темноты тоннеля состав, несущийся прямо на него. Несмотря на неминуемую гибель, он схватил микрофон и по внутренней связи в течение 15 секунд приказывал пассажирам покинуть вагоны – вплоть до момента, когда в его кабину на скорости 70 км/ч врезался головной вагон поезда № 153944. В стоящем поезде и на платформе рядом с ним погибло 56 человек, включая машиниста, было ранено 57 [9]. Находившиеся в неуправляемом поезде отделались царапинами, успев перейти в задние вагоны.

19.08.1992, перевал Мурурин, Забайкальский край. Перегон Новая Чара – Хани считается одним из самых сложных на Байкало-Амурской магистрали (БАМ) в плане (с кривыми радиусом до 300 м) и по профилю. Перевал Мурурин на 1820-м км – самая высокая точка на российских железных дорогах (1323 м над уровнем моря), а уклон от него составляет **18 ‰** на протяжении 32 км в четном направлении (на восток) и 42 км – в нечетном (на запад). Данный участок БАМ находится в зоне вечной мерзлоты, где регулярно происходит просадка

горной породы и рельсовой нити, которую фиксируют путеизмерительным поездом. В тот день путейцы зафиксировали просадку на 1850-м км, однако ремонт отложили до следующего утра, а на участке лишь установили временное ограничение 40 км/ч (вместо 25 км/ч). На тепловозе 3ТЭ10М, соединенном из трех секций по системе многих единиц тяги (СМЕТ), был неисправен электромагнитный клапан отпуска тормозов средней секции, что приводило к повышенному износу тормозных колодок. Многочисленные заявки машиниста на ремонт игнорировались. У тепловоза были пропущены сроки планового текущего ремонта (ТР), однако подвижного состава после развала СССР не хватало, и начальник депо «Новая Чара» **заставил** машиниста совершить еще одну поездку. Машинист принял тепловоз перед рейсом, несмотря на большое провисание автосцепок между секциями тепловоза, но ему все же удалось добиться команды на исправление проблем с тормозами. Электрик знал, что тепловозу предстоит плановый ТР, где устранят все неисправности, и вместо замены клапана зафиксировал его в открытом положении, а концы электрической цепи заизолировал, чтобы отключить сигнализацию о неисправности, при этом в журнале вместо указания об отключении тормозов средней секции записал, что все исправно. Пока средняя секция локомотива находилась в сцепке, проблема не проявлялась. На перегон со станции Новая Чара был отправлен пассажирский поезд Тынды–Тайшет, следом за ним – грузовой состав с ГСМ, ведомый неисправным 3ТЭ10М. В месте просадки на 1850-м км при скорости 40 км/ч произошел саморасцеп между второй и третьей секциями тепловоза. Тормозная система на грузовых вагонах с третьей секцией сработала на обрыв и остановила состав. Первые две секции массой 276 т начали неконтролируемый спуск, так как из-за нарушения герметичности тормозной магистрали и открытого клапана отпуска ни мощности компрессора, ни запаса в ресиверах для торможения не хватало. Вскоре скорость тепловоза превысила 130 км/ч, и он стремительно догонял пассажирский поезд. Помощник машиниста затянул ручные тормоза на обеих секциях, но, хотя стояночный тормоз надежно удерживает состав на уклоне до **30 %**, для остановки разгоняющегося под уклон локомотива его не хватало. Чтобы восстановить герметичность магистрали, помощник машиниста вылез

на автосцепку и пытался ногой перекрыть **концевой кран**, но вибрации не позволяли этого сделать. Машинист доложил диспетчеру станции Хани об отказе тормозов, и благодаря ее высокому профессионализму, железным нервам и четким действиям удалось избежать трагедии, ведь на станции находились два товарных состава с маркировкой «Опасный груз», один из которых перевозил сотни тонн промышленной взрывчатки класса 1ВМ. За 5 минут, оставшихся до подъезда неуправляемого тепловоза к станции, она дала команду машинисту пассажирского поезда увеличить скорость (что тот и сделал, несмотря на ограничение 60 км/ч), а машинисту маневрового тепловоза – немедленно освободить 2-й главный путь на проход. Перед станцией Хани профиль переходит в подъем **7...9 %** на длине несколько километров, благодаря чему скорость тепловоза снизилась до 107 км/ч. Едва пассажирский поезд заехал на 6-й боковой путь, мимо станции Хани, чудом удержавшись на стрелочном съезде (при допустимой скорости 25 км/ч), проследовали две секции 3ТЭ10М на подготовленный однопутный перегон по станции Вельбеткан. Далее уклон уменьшался, скорость начала снижаться, помощнику машиниста удалось дотянуться до концевого крана, и через несколько километров машинист смог затормозить. Впоследствии на локомотивах внедрили блокировочный клапан для автоторможения при саморасцепе секций [10].

11.08.2011, Ерал, Челябинская область. Грузовой поезд № 2707 полной массой 6 тыс. т и длиной 1 км был сформирован на станции Кемчуг (Красноярский край) из двух электровозов ВЛ10-336 и ВЛ10У-184, объединенных по СМЕТ, и 67 вагонов с углем. Ранее в составе поезда № 2961 на станции Мурсалимкино (Башкортостан) при столкновении с крупным рогатым скотом (быком) на ведущей секции ВЛ10-336 был поврежден передний **концевой кран** тормозной магистрали. Машинист заменил его из технической аптечки ВЛ10У-184 и продолжил движение, запросив у поездного диспетчера ремонт ввиду отсутствия рукава на запасном кране. В 16:11 поезд прибыл на станцию Кропачево (Челябинская обл.), но работники вагонного хозяйства его не встретили. Локомотивная бригада перекрыла **концевые краны** между электровозами, поставила на ВЛ10У-184 кран машиниста усл. № 394 в положение II, а комбинированный кран блокировочного устройства

усл. № 367 – в поездное положение, переведя управление на ведомый локомотив. Затем была произведена замена концевого крана и соединительного рукава. После ремонта производилась смена локомотивной бригады, при этом сдающая бригада не открыла концевые краны между электровозами, не перевела кран усл. № 394 в положение VI, а кран усл. № 367 – в положение «Двойная тяга», то есть не привела приборы на втором электровозе в положение для работы

по СМЕТ. Принимающая бригада, в свою очередь, не проверила состояние концевых кранов между электровозами и положение кранов в рабочих и нерабочих кабинах. В 16:34 осмотрщики вагонов фиктивно провели сокращенное опробование тормозов, не проверив срабатывание воздухораспределителей по двум хвостовым вагонам [11], о чем в 16:44 выдали машинисту справку, и в 16:47 поезд отправился с перекрытой тормозной магистралью (рис. 1).



Рис. 1. Состояние ПТП поезда № 2707 (источник: gudok.ru)

В 16:56 на 1778-м км при скорости 65 км/ч машинист произвел пробу тормозов и не получил должного эффекта, но не выполнил немедленного экстренного торможения согласно инструкции. Через 21 с при скорости 70 км/ч машинист применил вторую ступень торможения со снижением давления до 3,3 кгс/см² в уравнительном резервуаре, а еще через 15 с на 1777-м км при скорости 73 км/ч применил экстренное торможение с разрядкой до нуля, однако на спуске **10 ‰** поезд № 2707 продолжил разгоняться и в 17:03 на 1766-м км перегона Ерал–Симская на скорости 136 км/ч догнал грузовой поезд № 1933, машинист которого, почувствовав толчок, остановил состав служебным торможением. В результате три хвостовых вагона поезда № 1933 сошли с рельсов, а грузовой состав № 2707 превратился в груды металла высотой с 4-этажный дом. Шансов выжить у локомотивной бригады не было. Во избежание подобных ситуаций были предложены технические решения, такие как способ контроля состояния концевых кранов [12], система дистанционного контроля состояния тормозов поезда [13].

Сложно отрицать большую роль бюрократизированной и насквозь коррумпированной монополии ОАО «РЖД» в произошедшем. Однако трагедия, случившаяся через два года, показала, что свободный рынок на железной дороге отнюдь не гарантирует безопасность.

06.07.2013, г. Лак-Мегантик, Квебек, Канада. В отличие от России и многих европейских стран, в Канаде железные дороги распределены среди частных компаний. В 2012 году

крупная логистическая компания «World Fuel Services» для доставки сырой нефти заключила контракт с железнодорожной корпорацией «Canadian Pacific Railway», которая использовала несколько субподрядчиков, включая компанию «Montreal, Maine and Atlantic Railway» (ММА), владевшую сетью железнодорожных дорог. Утром 5 июля на станции Кот-Сен-Люк был сформирован поезд с индексом ММА 2 длиной 1433 м и массой 10287 т, состоящий из 5 тепловозов, вагона управления «VB», вагона прикрытия и 72 цистерн типа DOT-111A с нефтью. Канадское правительство давно требовало заменить устаревшие DOT-111A на новые цистерны с большей толщиной стенки. Головной дизель-электровоз GE C30-7 № 5017 в октябре 2012 года проходил внеплановый ремонт двигателя. ММА была заинтересована в его скорейшем восстановлении при максимальной **экономии**. Уже через девять месяцев в турбокомпрессор двигателя начало проникать масло. На станции Фарнем была произведена смена машиниста (транспортные регуляторы США и Канады допускали практику управления без помощника, чем пользовались компании, заинтересованные в **экономии**). Около 23:00 ММА 2 прибыл в город Нант и вынужденно остановился на главном пути, не оснащенном сбрасывающим башмаком для предотвращения самопроизвольного движения состава, так как боковой, оборудованный таким устройством, был занят под отстой пустых вагонов для местной фабрики. Машинист заглушил четыре локомотива, но оставил работающим головной тепловоз № 5017 для поддержания давления в ПТП,

после чего задействовал ручные тормоза на семи вагонах, хотя требовалось от 17 до 26. Затем он связался с диспетчером и сообщил о неполадках с дизелем. Решение проблемы отложили до утра, и машинист на такси уехал в гостиницу, расположенную в городе Лак-Мегантик. Скопившееся в турбокомпрессоре масло воспламенилось. В 23:50 огонь заметили местные жители и вызвали пожарных, которые по инструкции заглушили работающий двигатель. Станция Нант расположена на уклоне 12 ‰. В 0:56 давление в тормозных цилиндрах снизилось, ММА 2 самопроизвольно начал движение к расположенному в 11 км западнее Лак-Мегантику и в 1:14, разогнавшись до 105 км/ч, что втрое превышало допустимые 35 км/ч, достиг крутого поворота рядом с переездом через главную улицу города. 64 вагона из 79 сошли с рельсов. Сталкиваясь друг с другом, цистерны начали взрываться. Около 6 тыс. т горячей нефти вылилось наружу, разрушив более 30 зданий и проникнув в ливневую канализацию. Погибли 42 местных жителя, еще пять пропали без вести. Расследование установило 18 причин, которые в совокупности привели к трагедии.

18.12.2024, станция Княжая, Мурманская область. Грузовой поезд № 2013 полной массой 6493 т, состоящий из электровоза ЭЭС5К-855 и 69 вагонов, вынуждено остановился на 1113-м км перегона Княжая – Ковда в 14:40 с подъемом 17 ‰ вследствие излома токоприемника на задней секции локомотива. Остановив поезд с разрядкой тормозной магистрали на величину 1,1 кгс/см², машинист отпустил тормоза путем постановки крана машиниста усл. № 395 в I положение с последующим переводом во II поездное положение, а кран вспомогательного тормоза – в крайнее VI положение с созданием в тормозных цилиндрах локомотива давления 4,1 кгс/см². В 14:43 из-за неработающих компрессоров началось снижение давления в тормозной магистрали и уравнительном резервуаре, в 14:51 – также в тормозных цилиндрах. В 14:55 машинист доложил поездному диспетчеру о месте остановки и изломе токоприемника. В 15:18 запись на кассете регистрации прекратилась при давлении 1,7 кгс/см². В 15:55 поездной диспетчер дала указание машинисту о закреплении состава, в 15:56 дежурный по станции Княжая продублировал его. В 15:56 машинист доложил о закреплении поезда восемью тормозными башмаками,

а в 16:02 – о закреплении пятью тормозными башмаками. По нормативу на уклоне 17 ‰ с данным весом необходимо уложить не менее 36 тормозных башмаков, а при наличии на локомотиве 30 башмаков – дополнительно привести в действие 16 ручных тормозов. В 16:08 машинист сообщил дежурному о том, что поезд самопроизвольно пришел в движение задним ходом. В 16:09 пассажирский поезд № 11 сообщением Санкт Петербург – Мурманск, ведомый электровозом ЭП1-188, с 321 пассажиром и 27 работниками поездной бригады прибыл на станцию Княжая. В 16:12 на расстоянии 1826,7 м от места остановки на стрелочном переводе произошло столкновение хвостовой части поезда № 2013 с 10-м вагоном поезда № 11, в результате сошли с рельсов три хвостовых вагона поезда № 11 и 14 хвостовых вагонов поезда № 2013. От полученных травм скончались 2 пассажира, ранено 60 человек [14].

Многочисленные катастрофы на железной дороге показывают, что ПТП особенно опасен в купе с человеческим фактором, в том числе **организационного** характера, и даже наличие автоматизированных систем не спасает от разгильдяйства машинистов, диспетчеров, работников вагонного хозяйства и путевой службы, не говоря уже о руководящем составе различного уровня. Схемы железнодорожного ПТП с некоторыми изменениями получили в XX веке применение на грузовых автопоездах – вместе с присущими им проблемами [15]. Доля ДТП вследствие технической неисправности относительно невелика, однако их часто характеризуют особо тяжелые последствия (ОТП), при этом 50 % из них составляют отказы тормозной системы [16]. Статистика аварийности показывает, что, несмотря на существенное снижение общего числа ДТП и погибших, доля ДТП с ОТП не уменьшается (табл. 1).

Хотя доля ДТП с ОТП составляет всего 0,1 %, на них приходится 0,7 % всех раненных и 2,27 % всех погибших. Если отношение раненных и погибших к общему числу ДТП составляет 1,26 и 0,13, то для ДТП с ОТП эти показатели равны 8,61 и 2,87.

Авария автобуса или тяжелого грузовика, как правило, чревата ОТП и общественным резонансом, который, впрочем, еще не означает, что органы власти примут меры в сфере перевозок и контроля за автотранспортными предприятиями.

Таблица 1

Статистика ДТП с особо тяжелыми последствиями

Год	Общая аварийность			Особо тяжкие		
	ДТП	Погибло	Ранено	ДТП	Погибло	Ранено
2004	208558	34506	251386	153	616	856
2005	223342	33957	274864	197	757	1360
2006	229140	32724	285362	246	876	1752
2007	233809	33308	292206	210	764	1386
2008	218322	29936	270883	173	603	1140
2009	203618	27659	255484	170	547	1417
2010	199431	26567	250635	180	607	1291
2011	199868	27953	251848	189	623	1475
2012	203597	27991	258618	210	586	1720
2013	204068	27025	258437	188	532	1653
2014	199720	26963	251785	208	611	1746
2015	184000	23114	231197	228	623	2098
2016	173694	20308	221140	193	469	1730
2017	169432	19088	215374	223	552	2352
2018	168099	18214	214853	236	567	2198
2019	164358	16981	210877	201	416	2243
2020	145073	16152	183040	124	316	1111
2021	133331	14874	167856	128	306	1253
2022	126705	14172	159635	122	258	1258
2023	132466	14504	166500	143	346	1248
2024	132037	14403	164754	140	319	1553
2025 (I-III кв.)	94868	10084	117719	93	214	920

20.06.2012, Юрюзань, Челябинская область. В 21:43 (в 19:43 по Москве) на 1644-м км трассы М5 «Урал» около города Юрюзань у автопоезда «Volvo» на затяжном спуске отказали тормоза. Дорога на этом участке двухрядная и имеет крутые откосы с обеих сторон. Водитель 1981 года рождения попытался протиснуться по осевой, выехал на полосу встречного движения и на огромной скорости протаранил легковые автомобили «Kia Jess» и ВАЗ-2106, микроавтобус «Газель», автопоезд «Scania», а затем врезался в попутный КамАЗ, водитель которого услышал предупреждение по радиации и притормозил у обочины, чтобы пропустить неуправляемый автопоезд. От удара прицеп КамАЗа отлетел в кювет, а тягач перевернулся набок поперек дороги. Несколько автомобилей загорелись. В ДТП погибли 61-летний водитель «Kia Jess» и 58-летний пассажир «Газели», еще девять человек получили различные травмы, троих из них пришлось госпитализировать. Водитель «Volvo» скрылся с места происшествия,

но уже на следующее утро был задержан сотрудниками полиции в лесу недалеко от трассы. Несмотря на Федеральные целевые программы (ФЦП) по безопасности дорожного движения, никаких организационных выводов сделано так и не было.

16.06.2020, р. Сильга. Спустя восемь лет, в 13:09, в том же Катав-Ивановском районе (на 1649-м км трассы М5 «Урал») на мосту через реку Сильга произошла еще одна катастрофа. 36-летний водитель загруженного 15 т щебня самосвала «Shacman» с отказавшими тормозами не сумел снизить скорость перед сужением на мосту из-за ремонтных работ и протаранил притормозившие попутные легковые автомобили «Лада Гранта», «Audi Q7», «Renault Sandero», ВАЗ-2114 и грузовик «Hino». Водитель в последний момент мог отвернуть в карман справа, но не сделал этого. На месте погибла семейная пара – водитель и пассажир автомобиля «Лада Гранта», который оказался первым на пути неуправляемого самосвала.

Обитатели остальных автомобилей остались живы чудом. Самосвал «Shacman» принадлежал занимавшемуся эксплуатацией дорог ООО «Город», которое отвечало за предрейсовые осмотры, техническое обслуживание и ремонт. Водитель работал на этой машине около трех месяцев. 16 июня он явился на работу, прошел медосмотр, получил путевку с отметкой механика, что машина исправна, отвез мусор в Сатку и обратно в Катав-Ивановск загрузился щебнем. На затяжном уклоне под Юрюзанью, по утверждению водителя, он спускался на горном тормозе и притормаживал. После половины спуска горный тормоз перестал работать. Тогда он задействовал рабочую тормозную систему (РТС), стояночную тормозную систему (СТС), тормозил двигателем (видимо, ретардером), но сжатый воздух закончился, а сцепление и коробка передач также оснащены пневматическим приводом, поэтому переключиться на пониженную передачу не удалось (что странно, ведь дополнительное оборудование подключено к отдельному ресиверу). У водителя в стрессовой ситуации началась паника. По его словам, либо произошла утечка воздуха, либо отказал компрессор. Отвернуть он не решился, сославшись на Правила дорожного движения (ПДД), которые якобы запрещают уйти с полосы. Невразумительные объяснения еще раз подтвердили необходимость более глубокого обучения водителей [17]. Так, главная ошибка, объединяющая катастрофы на станции Каменская, перегоне Ерал–Симская и мосту через р. Сильга, заключалась в расходе сжатого воздуха на несколько служебных торможений вместо немедленной экстренной остановки. Кроме того, возможно, требования к ЗТС следует ужесточить? Достаточно ли 30 % от эффективности РТС?

13.07.2013, Ознобишино, Новая Москва, Новотроицкий округ. Самое страшное, когда на пути грузовика оказывается автобус. В 12.54 на пульт МЧС поступило сообщение, что в селе Ознобишино на перекрестке Калужского шоссе и второстепенной дороги, ведущей из поселка Щапово, перегруженный щебнем самосвал КамАЗ-65115 с отказавшими тормозами, которым управлял 46-летний гражданин Армении с водительским стажем более 20 лет, разогнавшись на крутом спуске до 70 км/ч, при попытке совершить левый поворот опрокинулся на правый борт и протаранил заднюю часть рейсового автобуса ЛиАЗ, следовавшего с 64 пассажирами по маршруту № 1033 из города Подольск в по-

селок Жохово. От удара заднюю часть кузова автобуса оторвало, а находившиеся в нем пассажиры оказались заживо погребены тоннами щебня, высыпавшимися из кузова самосвала в салон. 14 человек погибли на месте, еще 4 скончались позже в больницах. Большинство из них были задавлены грудой камней и задохнулись. Более 30 пассажиров, получив тяжелейшие сочетанные и сдавленные травмы, переломы, ушибы и сотрясения мозга, были госпитализированы (из них 16 в тяжелом состоянии). Водитель самосвала выпрыгнул из разрушенной кабины, не получив серьезных травм. В ходе следствия выяснилось, что на момент столкновения он был трезв, но только за предыдущий год девять раз привлекался к административному взысканию за нарушение ПДД, в том числе за выезд на встречную полосу движения и пересечение железнодорожного переезда на запрещающий сигнал светофора. Вопрос об учете и заочном лишении прав водителей, систематически нарушающих ПДД, поднимался неоднократно, но в данном случае это не помогло бы: водитель работал по армянскому удостоверению! Самосвал принадлежал ООО «Стройавтосервис», в апреле 2013 года был снят с регистрации, эксплуатировался с транзитными номерами и надлежащим образом не обслуживался. Статья 266 УК РФ «Недоброкачественный ремонт транспортных средств и выпуск их в эксплуатацию с техническими неисправностями» предусматривает до семи лет тюрьмы (как и за совершение ДТП), только вряд ли кто-то из юристов вспомнит, когда она применялась на практике.

При обучении машинистов на железной дороге и метрополитене имитируют различные отказы, в том числе тормозной системы, тем не менее регулярно происходят аварии. При получении категории Е ничего подобного не практикуется. Углубленной подготовкой водителей в Германии с 1996 года занималось грузовое отделение «Daimler Mercedes», в России с 2017 года – совместное предприятие «Даймлер КамАЗ Рус» и Международный институт техники, технологий и управления (МИТТУ). В настоящее время тренинги проводит ООО «Инновационный центр (ИЦ) «КамАЗ» в Сколково. ПТП считается достаточно надежным, ведь есть несколько контуров, в том числе запасная тормозная система (ЗТС). Почему же происходят подобные ДТП? Дело в том, что ЗТС – это всегда **человеческий фактор!** Водитель не успевает ее активизировать из-за неопытности или

нехватки времени. Изучение обстоятельств катастрофы в Ознобишино показало, что водитель самосвала не пытался активизировать ручной тормоз, и данная проблема носит общий характер.

Руководитель группы повышения водительского мастерства ИЦ «КамАЗ» О. В. Терехин подтвердил, что, по опыту подготовки, только один из десяти водителей в экстренной ситуа-

ции вспоминает про ЗТС, при этом время реакции возрастает минимум до трех секунд. В качестве технического решения данной проблемы авторами предложен интегральный тормозной кран (ИТК) с дополнительной секцией в двух вариантах исполнения. Пока запас сжатого воздуха в ресиверах РТС является достаточным, две основные секции ИТК осуществляют торможение в обычном режиме.

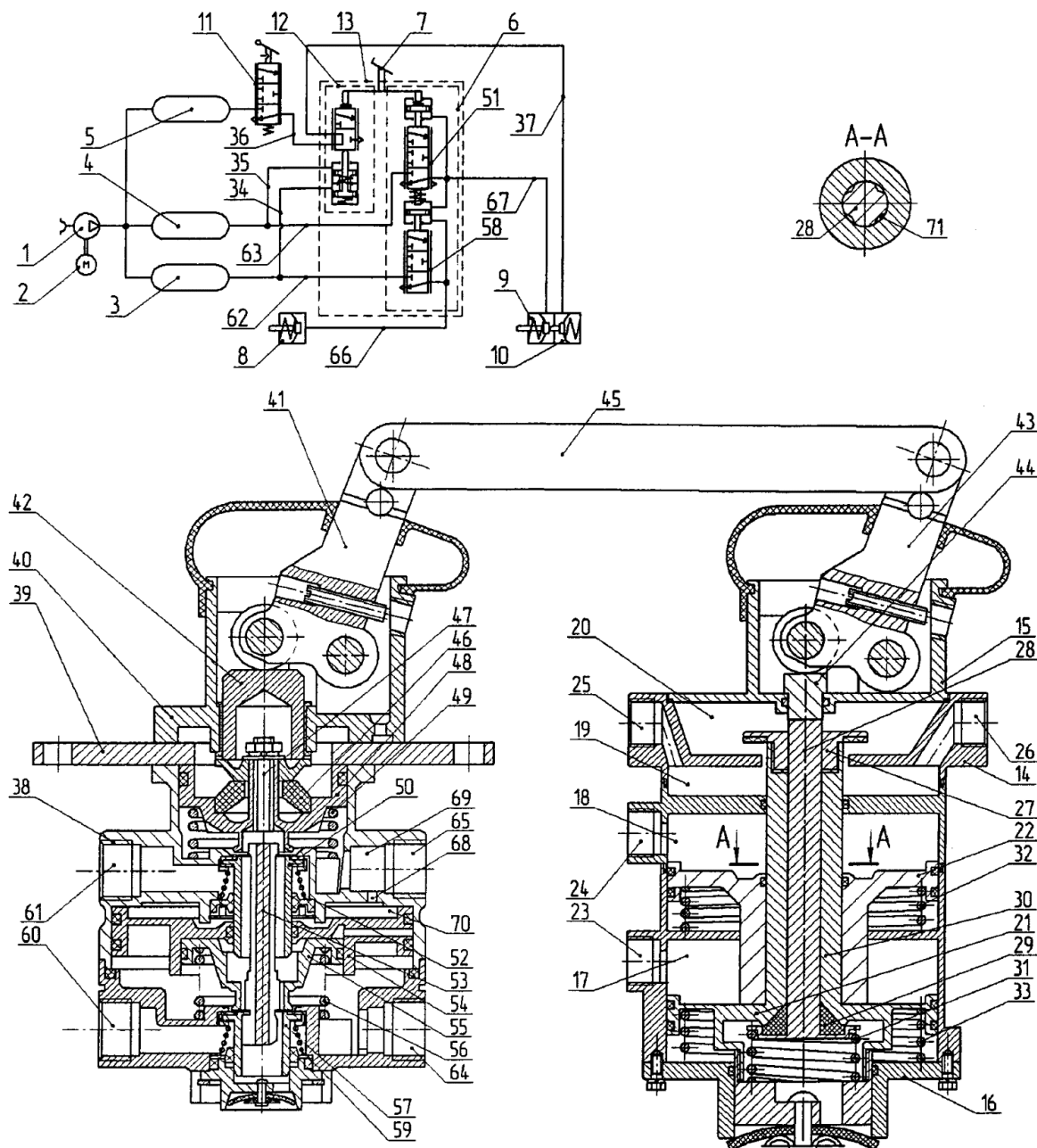


Рис. 2. Интегральный тормозной кран с параллельной дополнительной секцией:

1 – компрессор; 2 – двигатель; 3, 4, 5 – ресивер; 6 – основной двухсекционный тормозной кран; 7 – педаль тормоза; 8, 9 – тормозные камеры; 10 – пружинные энергоаккумуляторы; 11 – кран стояночного тормоза; 12 – третья секция; 13 – интегральный тормозной кран; 14, 38 – корпус; 15, 16, 39, 40 – крышка; 17, 18, 19, 20, 69, 70 – полость; 21, 22 – управляющий поршень; 23, 24, 25, 26, 60, 61, 64, 65 – отверстие; 27 – перепускной клапан; 28 – атмосферный клапан; 29 – резиновое седло; 30, 53 – полый шток; 31, 32, 33, 49, 52, 56, 59 – пружина; 34, 35, 36, 37, 62, 63, 66, 67 – трубопровод; 41, 43 – рычаг; 42, 44 – толкатель; 45 – серьга; 46 – резиновая втулка; 47 – упорный болт; 48, 55 – следящий поршень; 50, 57 – клапан; 51 – верхняя секция; 54 – поршень; 58 – нижняя секция; 68 – внутреннее отверстие; 71 – проточки

На рис. 2 изображен ИТК с **параллельной** дополнительной секцией [18]. В исходном состоянии, пока педаль отпущена и ресиверы разряжены, управляющие поршни 21 и 22 третьей секции ИТК 13 под действием пружин 32 и 33 находятся в крайнем верхнем положении, резиновое седло 29 атмосферного клапана 28 прижато к подвижному седлу в нижнем управляющем поршне 21 пружиной 31. По мере заполнения ресиверов 3 и 4 повышается давление на входных отверстиях 23 и 24 и в полостях 17 и 18 над управляющими поршнями 21 и 22 третьей секции ИТК. Когда сила от давления воздуха превышает усилие пружин 32 и 33, управляющие поршни 21 и 22 смещаются вниз, седло перепускного клапана 27 садится на неподвижное седло в корпусе 14, полость 19, соединяющая отверстия 25 и 26, изолируется от вспомогательной полости 20, а толкатель 44 и атмосферный клапан 28 опускаются. Рычаг 43 при повороте не передает усилие на толкатель 44, и ИТК не влияет на работу СТС тягача.

В ходе эксплуатации возможны случаи повреждения переднего и/или заднего контура РТС, например, при возникновении утечек в соединениях трубопроводов, а также при отказе компрессора.

Управляющие поршни 21 и 22 третьей секции ИТК работают независимо друг от друга. При падении давления воздуха в ресивере 4 заднего контура РТС давление падает также на входном отверстии 24 и в полости 18 над верхним управляющим поршнем 22, который смещается вверх под действием пружины 32. Перепускной клапан 27 по-прежнему закрыт, так как нижний управляющий поршень 21 остается внизу.

При падении давления в ресивере 3 переднего контура РТС давление падает также на входе 23 и в полости 17 над нижним управляющим поршнем 21. Однако сила от давления сжатого воздуха в полости 18 над верхним управляющим поршнем 22 превышает суммарное усилие пружин 31 и 32, управляющие поршни 21 и 22 остаются внизу, перепускной клапан 27 по-прежнему закрыт.

Если давление сжатого воздуха в ресиверах 3 и 4 одновременно упало ниже допустимого предела, управляющие поршни 21 и 22 под действием пружин 32 и 33 соответственно возвращаются в крайнее верхнее положение, при этом седло перепускного клапана 27 отрывается от неподвижного седла в корпусе 14. Атмосферный клапан 28 перемещается вверх, однако

его резиновое седло 29 остается прижатым к подвижному седлу в нижнем управляющем поршне 21 пружиной 31. Вместе с атмосферным клапаном 28 поднимается вверх также толкатель 44 до упора в ролик рычага 43.

При нажатии на педаль 7 усилие от рычага 41 через серьгу 45 передается на рычаг 43, который поворачивается и роликом перемещает толкатель 44 вниз. Нижний управляющий поршень 21 остается сверху под действием пружины 33, поэтому атмосферный клапан 28 при воздействии на него толкателя 44 перемещается вниз, преодолевая усилие пружины 31, и резиновое седло 29 отрывается от подвижного седла в нижнем управляющем поршне 21. Воздух из пружинных энергоаккумуляторов 10 через отверстие 26, открытый перепускной клапан 27 и проточки 71 выходит в атмосферу. Осуществляется торможение СТС, при этом водителю не требуется задействовать ручную стояночный кран 11.

На рис. 3 показан ИТК с **последовательной** дополнительной секцией [19]. В исходном состоянии верхний следящий поршень 31 основного двухсекционного тормозного крана 6 под действием пружины 32 и нижний следящий поршень 38 под действием пружины 39 занимают крайнее верхнее положение. Седла клапанов 33 и 40 изготовлены как одно целое с поршнями 31 и 38 соответственно, поэтому клапаны 33 и 40 открыты, тормозные камеры 8, 9 через соответствующие выходные отверстия 49, 50 и проточки в штоке 36 соединены с атмосферой через полый шток 18 в управляющем поршне 17.

Когда клапаны 33 и 40 прижаты под действием пружин 35 и 42 к неподвижным седлам, расположенным в корпусе 24, то входные отверстия 46 и 45 разобщены с выходными отверстиями 49 и 50 соответственно. Управляющий поршень 17 в дополнительной секции 12 под действием пружины 23 находится сверху и закрывает выходные отверстия 56.

Если давление сжатого воздуха в ресиверах 3 и 4 одновременно снизилось ниже допустимого предела, усилие от рычага 27 через упорный болт 30 передается на шток 36, который передает усилие на полый шток 18. Прижатый к корпусу 14 посредством пружины 23, установленной на фланце 22, полый шток 18 опускает управляющий поршень 17, и сжатый воздух из пружинных энергоаккумуляторов 10 через отверстия 56 и 57 выходит в атмосферу. Осуществляется торможение СТС, при этом не требуется активизировать ручную стояночный

кран 11. Полый шток 18 воздействует на концевой выключатель 58, от которого поступает

сигнал на пульт управления об аварийном срабатывании СТС.

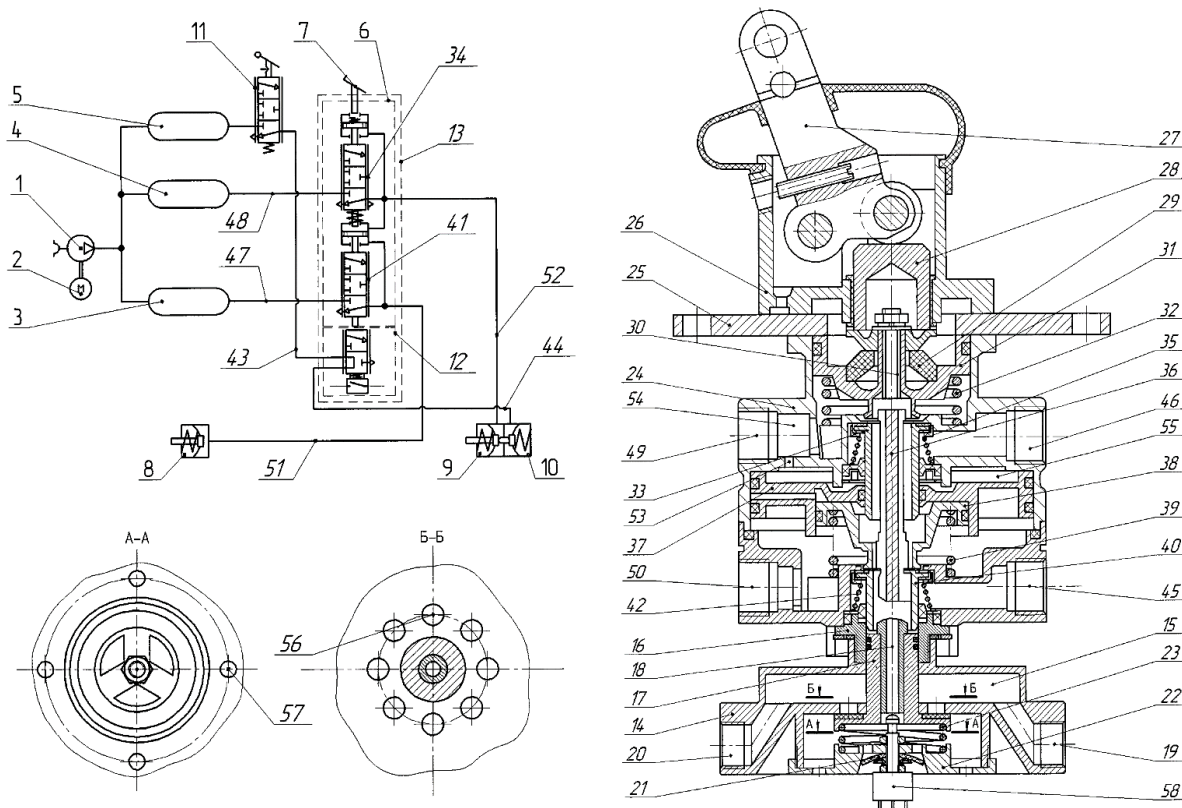


Рис. 3. Интегральный тормозной кран с последовательной дополнительной секцией:

1...13 – см. рис. 2; 14, 24 – корпус; 15, 54, 55 – полость; 16 – втулка; 17 – управляющий поршень; 18 – полый шток; 19, 20, 45, 46, 49, 50 – отверстие; 21 – атмосферный клапан; 22 – фланец; 23, 32, 35, 39, 42 – пружина; 25, 26 – крышка; 27 – рычаг; 28 – толкатель; 29 – резиновая втулка; 30 – упорный болт; 31, 38 – следающий поршень; 33, 40 – клапан; 34 – верхняя секция; 36 – шток с проточками; 37 – большой поршень; 41 – нижняя секция; 43, 44, 47, 48, 51, 52 – трубопровод; 53, 56, 57 – внутреннее отверстие; 58 – концевой выключатель

Таким образом, ИТК с дополнительной секцией позволяет сократить остановочный путь при экстренном торможении в случае падения давления в ресиверах обоих контуров РТС ниже допустимого предела путем исключения активизации ручного крана за счет совмещения органа управления РТС и контура СТС, что допускается Правилами № 13 ЕЭК ООН (п. 5.2.1.2) при условии выполнения ряда требований. Достоинством первого варианта ИТК является возможность установки с серийным тормозным краном без изменения его конструкции, зато второй вариант более компактен.

Дальнейшим развитием данной идеи представляется полноценный ступенчатый тормозной контроллер, в котором производится автоматическое замещение неисправных контуров управления запасными средствами. В табл. 2 показана возможная диаграмма режимов ступенчатого тормозного контроллера для активного автопоезда [20–22], где #1 – электродинамическое (рекуперативное) торможение; #2 – срабатыва-

ние электропневматического тормозного привода (ЭПТ) от датчика хода штока; #3 – при отказе электрической УМ срабатывание пневматической УМ (как обычный тормозной кран); #4 – при отказе обоих контуров РТС производится однократная активизация СТС, выполняющей функцию ЗТС; #5 – включение электромагнитного торможения (позволяет продолжить движение на малой скорости, а остановка осуществляется за счет жесткой магнитной рекуперации); #6 – сброс воздуха из ПМ для автоторможения прицепа (или при отсутствии моторколес, как на магистральном автопоезде). Можно реализовать активизацию аварийного контура или ЗТС прицепа (режим #7), но потребуются третья секция крана. Необходимо обеспечить сигнализацию о срабатывании аварийных ступеней, при этом требуется, как минимум, два ключа: первый отключает цепь при активизации СТС, второй замыкается при нажатии педали до упора, чтобы сигнализировать об аварийном режиме (например, кнопкой под пятой педалью).

Таблица 2

Диаграмма режимов ступенчатого тормозного контроллера

d	Условия	#1	#2	#3	#4	#5	#6
0...0,1g	Спуск	•					
0...0,3g	Служебное	•					
0,3...0,5g	Остановка		•				
0,5g...0,7g	Экстренное	•	•				
	Отказ	X	X	•			
	Отказ	X	X	X	•	•	
	Отказ	X	X	X	X	X	•

Примечание: X – отказ контура.

Приведенная схема применима для любой системы управления верхнего уровня [23], в том числе при наличии электромеханических тормозных механизмов [24–25], так как позволяет решить ряд проблем, связанных с их функциональной безопасностью [26–29].

Актуальной остается проблема остановки автомобильных и железнодорожных поездов при истощении ПТП. Один из путей решения данной проблемы заключается в **преобразовании кинетической энергии движения в тормозное усилие**. По аналогии с электродинамическим торможением на базе генераторного режима тяговых электродвигателей, при отказе традиционной тормозной системы можно активизировать пневмодинамический тормоз с приводом от колес, по сути являющийся инерционным (рекуперативным) компрессором. Во-первых, его включение создаст искусственное сопротивление на колесах. Во-вторых, через некоторое время давление в ресиверах достигнет уровня, достаточного для осуществления торможения. Правда, потребуется большой коэффициент усиления, что можно осуществить за счет передаточного числа рычажного механизма. Активизация может быть как автоматической (при падении давления в тормозной магистрали), так и дистанционной (посредством механического привода или электромагнитных клапанов).

Неоднократные попытки внедрить ИТК за прошедшие пять лет оказались тщетными, так как законодательная система очень инертна, особенно, в сфере стандартизации, а коммерческие интересы руководства автомобильных заводов расходятся с интересами общества в сфере повышения безопасности, то есть мешает **организационный** человеческий фактор. Крупнейший отечественный производитель грузовых автомобилей отвечал либо глухим мол-

чанием, либо нелепыми отговорками: очевидно, отсутствует мотивация разбираться в данном решении. Правящие элиты в последние годы решают диаметрально противоположные задачи и, наконец, перестали лицемерить, свернув ФЦП по безопасности дорожного движения. Впрочем, с позиции социологии [30] все логично: регулятор заинтересован в максимизации налогов и штрафов, бизнес – в выживании на рынке, а безопасность нужна только пользователям – водителям, пассажирам, пешеходам. Кстати, и водителям – не всем [31]. Поэтому резонансные ДТП с ОТП продолжают происходить, и самое ужасное, что невинными жертвами становятся пассажиры, не являющиеся активными участниками движения и не способные повлиять на ход катастрофы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малиновский, М. П. Динамический расчет контура пневматической антиблокировочной системы / М. П. Малиновский, Е. С. Смолко // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2025. – № 2(81). – С. 20–33. – EDN SZCFZG.
2. Афонин, Г. С. Устройство и эксплуатация тормозного оборудования подвижного состава: учебник для образовательных учреждений начального профессионального образования / Г. С. Афонин, В. Н. Барценков, Н. В. Кондратьев. – 3-е изд., стер. – М.: Академия, 2007. – (Начальное профессиональное образование. Железнодорожный транспорт). – ISBN 978-5-7695-4363-0. – EDN QNUHIP.
3. Malinovsky, M. P. Comparison of brake drives with different energy carriers in terms of mass, cost and gain factor / M. P. Malinovsky, A. K. Chikina // Science Journal of Transportation. – 2024. – No. 2(18). – P. 57–68. – EDN IQYTAS.
4. Малиновский, М. П. Сравнительный анализ тормозных систем / М. П. Малиновский, А. К. Чикина // Автомобильная промышленность. – 2025. – № 1. – С. 16–21. – EDN GENNAE.
5. Глушко, М. И. Роль человеческого фактора в условиях нарушения безопасности движения / М. И. Глушко,

Е. В. Федоров // Инновационный транспорт. – 2014. – № 2(12). – С. 31–34. – EDN SBNZBV.

6. *Malinovsky, M. P.* Scientometric analysis of the human factor concept in transport / M. P. Malinovsky // Science Journal of Transportation. – 2025. – No. 1(21). – P. 47–63. – EDN CYPVDN.

7. Повышение скорости движения поездов в Италии // Железные дороги мира. – 2017. – № 12. – С. 17–23. – EDN ZVFOYF.

8. Глушко, М. И. Можно ли было избежать крушения? И снова... тормоза / М. И. Глушко // Локомотив. – 2011. – № 10(658). – С. 14–15. – EDN OFWKLR.

9. Магдич, И. А. Анализ санитарных и безвозвратных потерь в зависимости от характера и условий чрезвычайных ситуаций на железной дороге / И. А. Магдич, В. П. Петров, А. О. Пятибрат // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2019. – № 1. – С. 72–80. – DOI 10.25016/2541-7487-2019-0-1-72-80. – EDN POWYUE.

10. Лисица, С. А. Расчет весовой нормы участков обслуживания тепловозом 3ТЭ25К 2М станция Волоцкая-2 до станции Советская Гавань. Блокировочный клапан / С. А. Лисица, Ю. В. Никулин // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2022. – Т. 1. – С. 85–90. – EDN ARUPRS.

11. Рудаков, Л. Е. Цена безответственности / Л. Е. Рудаков, В. А. Ермишин // Локомотив. – 2011. – № 9(657). – С. 15–16. – EDN OBGDPZ.

12. Глушко, М. И. Контроль перекрытия концевых кранов в поезде / М. И. Глушко, Е. В. Федоров // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 1. – С. 151–154. – EDN PVKKMB.

13. Глушко, М. И. Контроль состояния тормозов моторвагонного подвижного состава / М. И. Глушко, Н. Г. Фетисова, А. Р. Галиуллин // Транспорт Урала. – 2016. – № 1(48). – С. 86–87. – DOI 10.20291/1815-9400-2016-1-86-87. – EDN VRDJXB.

14. Шайдуллин, Ш. Н. О реализации функциональной стратегии обеспечения гарантированной безопасности / Ш. Н. Шайдуллин // Железнодорожный транспорт. – 2025. – № 3. – С. 25–28. – EDN SDPMBU.

15. Лапенков, Р. А. Перспективы применения приводов пневматического и гидравлического типа на автомобильном транспорте / Р. А. Лапенков, А. М. Щербин, М. П. Малиновский // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2024. – № 4(49). – С. 92–96. – DOI 10.35211/2500-0586-2024-4-49-92-96. – EDN XSTKQO.

16. Байбакова, А. А. Техническая неисправность автомобиля как причина ДТП / А. А. Байбакова // Автомобильная промышленность. – 2019. – № 10. – С. 32–33. – EDN XRHSBY.

17. *Malinovsky, M. P.* Reducing human factor influence on the road safety by drivers training and monitoring / M. P. Malinovsky // Science Journal of Transportation. – 2025. – No. 2(22). – P. 27–40. – EDN CUGHIC.

18. Патент № 2724944 С1 Российская Федерация, МПК В60Т 13/26. Пневматический тормозной привод транспортного средства: № 2019120673; заявл. 03.07.2019; опубл. 26.06.2020 / М. П. Малиновский, Е. С. Смолко, Д. В. Лукьянов; заявитель МАДИ. – EDN GDHLVD.

19. Патент № 2753483 С1 Российская Федерация, МПК В60Т 13/26. Пневматический тормозной привод транспортного средства: № 2020138101; заявл. 20.11.2020; опубл. 17.08.2021 / М. П. Малиновский, Е. С. Смолко; заявитель МАДИ. – EDN SHZGLE.

20. Лапенков, Р. А. К вопросу расчета характеристик тягового привода колес активного полуприцепа для использования в составе автопоезда / Р. А. Лапенков, М. П. Малиновский, Е. Ю. Мушкарин [и др.] // Труды НАМИ. – 2025. – № 3(302). – С. 84–95. – EDN VGQBKT.

21. Мушкарин, Е. Ю. Синергетический подход к повышению динамической устойчивости активного автопоезда / Е. Ю. Мушкарин, М. П. Малиновский // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2025. – № 3(82). – С. 49–59. – EDN AQMFXL.

22. Стариков, А. Ф. Особенности математического моделирования криволинейного движения активного автопоезда с управляемыми колесами / А. Ф. Стариков, Н. В. Христофоров, М. П. Малиновский, Е. Ю. Мушкарин // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2025. – № 3(45). – EDN OIDYHC.

23. Лапенков, Р. А. Анализ архитектуры и топологии электромеханической тормозной системы для колесных транспортных средств / Р. А. Лапенков, М. П. Малиновский, М. В. Григорьев [и др.] // Автомобильная промышленность. – 2025. – № 6. – С. 7–14. – EDN CWQAFA.

24. Patent search results for the design of electromechanical brakes / B. N. Belousov, A. M. Shcherbin, M. P. Malinovsky [et al.] // Science Journal of Transportation. – 2024. – No. 4(20). – P. 24–35. – EDN HSOPJK.

25. Белоусов, Б. Н. Краткий анализ конструкций электромеханического тормоза для колесных машин / Б. Н. Белоусов, Р. А. Лапенков, А. М. Щербин, М. П. Малиновский // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2025. – № 3(52). – С. 44–55. – DOI 10.35211/2500-0586-2025-3-52-44-55. – EDN XLBQVT.

26. Колесниченко, Д. А. Комплексное исследование безопасности архитектуры электронных систем автомобиля / Д. А. Колесниченко, П. С. Рогов, Н. А. Ивашкин, А. В. Тумасов // Транспортные системы. – 2022. – № 3(25). – С. 4–11. – DOI 10.46960/2782-5477_2022_3_4. – EDN GQCFEK.

27. Колин, А. А. Оценка функциональной безопасности системы предупреждения о выходе из полосы движения / А. А. Колин, П. С. Рогов, А. А. Родин [и др.] // Грузовик. – 2023. – № 2. – С. 33–38. – DOI 10.36652/1684-1298-2023-2-33-38. – EDN RXPNXZ.

28. Лепеева, И. Б. Синтез методов ISO 26262 и ISO 21448 для повышения достоверности анализа опасностей и оценки рисков эксплуатации интеллектуальных систем помощи водителю / И. Б. Лепеева, П. С. Рогов // Труды НАМИ. – 2024. – № 1(296). – С. 83–93. – DOI 10.51187/0135-3152-2024-1-83-93. – EDN OZTGER.

29. Лепеева, И. Б. Применение STPA в анализе функциональной безопасности систем автомобиля / И. Б. Лепеева, П. С. Рогов // Труды НАМИ. – 2025. – № 3(302). – С. 73–83. – EDN IWQARR.

30. Вражнова, М. Н. Социально-транспортное рейтингование сервисов ИТС / М. Н. Вражнова, М. Г. Плетнев, А. А. Пахомова // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 2(81). – С. 104–111. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-2(81)-104-111. – EDN PCXJPQ.

31. Абдулгизис, А. У. Потребительская оценка интеллектуальных систем помощи водителю автомобиля / А. У. Абдулгизис, С. Э. Менасанова, У. А. Абдулгизис // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2023. – № 4(82). – С. 207–213. – DOI 10.34771/UZCEPU.2023.82.4.040. – EDN QELGIX.