

УДК629.4.028

# Исследование влияния энергоемкости поглощающих аппаратов на продольные усилия в наливном поезде

Д. А. СТУПИН, В. И. БЕЛЯЕВ

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

**Аннотация.** Рассмотрено влияние увеличения энергоемкости поглощающих аппаратов автосцепки на изменение продольных сил при движении поезда. Показано, что при оборудовании цистерн поглощающими аппаратами повышенной энергоемкости (классов Т2 и Т3) уровень сил значительно снижается.

Приведены методика и результаты поездных испытаний при движении наливного поезда из вагонов, оборудованных поглощающими аппаратами классов Т2 и Т3, и такого же поезда в тех же режимах с аппаратами классов Т0 и Т1. На основании результатов сравнительных испытаний выполнена не только качественная, но и количественная оценка влияния поглощающих аппаратов высоких классов на продольную динамику поезда.

Приведен анализ нормативов американских, европейских и российских железных дорог в данной области, также подтверждающий обоснованность действующих требований к поглощающим аппаратам автосцепки для вагонов железных дорог колеи 1520 мм.

На основании проведенного комплекса испытаний, включая поездные и ударные испытания [1], подтвержден вывод о большом положительном эффекте применения аппаратов высоких классов.

**Ключевые слова:** поглощающие аппараты автосцепки; силы при движении поезда; методика и результаты испытаний; анализ нормативов американских и европейских железных дорог

**Введение.** В журнале «Вестник ВНИИЖТ» уже публиковалась статья с результатами проведенных АО «ВНИИЖТ» натурных испытаний на соударение вагонов, которые показали большое положительное влияние применения поглощающих аппаратов классов Т2 и Т3 на безопасность движения за счет уменьшения вероятности возникновения нештатных и аварийных ситуаций, а также снижения степени повреждающего воздействия при их возникновении [1]. В этой работе были рассмотрены результаты исследований, на основании которых была получена не только качественная, но и количественная оценка эффекта применения поглощающих аппаратов классов Т2 и Т3 при наиболее тяжелых режимах работы — соударении вагонов. Было показано, что безопасная скорость соударения вагонов-цистерн повышается не менее чем на 65%, а

остаточный ресурс несущих элементов конструкции кузова, воспринимающих продольные нагрузки, — не менее чем в 3,8 раза.

Результаты этих испытаний и исследований подтвердили обоснованность требований нормативных документов МПС РФ и ОАО «РЖД» в отношении применения поглощающих аппаратов классов Т2 и Т3 на вагонах для перевозки опасных грузов. Однако в связи с разделением сферы интересов и ответственности в данной области между компаниями — владельцами вагонов и владельцем инфраструктуры, что было отмечено в [1], данных исследований оказалось недостаточно для введения в действие решения 61-го заседания Совета по железнодорожному транспорту государств — участников Содружества об обязательной установке с 1 июля 2015 г. на вагоны-цистерны для перевозки опасных грузов поглощающих аппаратов классов Т2 и Т3 при деповском ремонте (Протокол от 21 – 22 октября 2014 г.).

В дополнение к проведенным ранее испытаниям по влиянию поглощающих аппаратов с повышенной энергоемкостью (классов Т2 и Т3) на динамико-прочностные характеристики и повышение безопасности движения вагонов при наиболее тяжелых режимах их эксплуатации (при маневровых и аварийных соударениях) была отмечена необходимость проведения сравнительных испытаний для определения влияния энергоемкости поглощающих аппаратов на продольную динамику поезда в режиме движения, а также выполнения анализа действующих нормативов американских и европейских железных дорог в данной области.

Теоретические исследования и натурные испытания по данной теме широко проводились во время бурного роста грузоперевозок, их результаты подробно изложены в работах [2–5]. В последние десятилетия, особенно после ликвидации МПС России и появления частных перевозчиков, возможности и потребности в проведении поездных испытаний резко сократились, и исследования влияния отдельных параметров на уровни сил в поезде ограничили теоретическими исследованиями [6, 7].

■ E-mail: vibelyaev@list.ru (В. И. Беляев)

**Поездные испытания.** Для выполнения данной работы АО «ВНИИЖТ» была разработана и согласована с ОАО «РЖД» Программа и методика поездных испытаний по оценке влияния энергоемкости поглощающих аппаратов на динамические показатели подвижного состава, на основании которых проведены сравнительные ходовые испытания в одинаковых условиях наливных поездов массой 6300 т, составленных из 72 вагонов-цистерн, один из которых сформирован из вагонов, оборудованных поглощающими аппаратами классов Т0 и Т1, а другой — классов Т2 и Т3.

Испытания проводили представители АО «ВНИИЖТ», АО «ВНИКТИ» и ПКБ ЦТ на участке Ноябрьск — Сургут Свердловской железной дороги. В состав каждого поезда с тепловозом 2ТЭ116 были включены два вагона-лаборатории, оборудованных автосцепками-динамометрами — в середину (после 34-го вагона-цистерны) и во вторую треть по ходу движения (после 51-го вагона-цистерны). Испытания обоих поездов проводились на одних и тех же участках пути, с одним и тем же локомотивом и машинистом.

С каждым поездом проводились по три опыта: трогание на прямой, экстренное торможение на прямом участке пути и на круговой кривой радиусом 800 м с длиной круговой части 490 м. Экстренное торможение

на прямом участке пути осуществлялось на уклоне 0,004 со скорости 30 км/ч до полной остановки поезда. Экстренное торможение на кривой осуществлялось на уклоне 0,003 со скорости 40 км/ч до полной остановки поезда.

В каждом опыте синхронно регистрировались продольные силы на четырех автосцепках-динамометрах двух вагонов-лабораторий. Диаграммы  $P(t)$  на участках возникновения максимальных сил в исследуемых режимах представлены на рис. 1 – 3. Максимальные значения сил, отмеченные на этих участках, указаны в табл. 1. Регистрация действующих сил проводилась в течение всей поездки с частотой оцифровки 1 Гц. Поэтому на представленных графиках не видны скачкообразные изменения силы, характерные для фрикционных поглощающих аппаратов классов Т0 и Т1. Однако вследствие очень краткого времени их действия (сотые доли секунды) эти скачки сил, возникающие в поглощающих аппаратах, не влияют на процесс выжигания вагонов, в связи с чем они не учитывались для целей данных испытаний.

Из табл. 1 следует, что применение поглощающих аппаратов классов Т2/Т3 вместо Т0/Т1 обеспечивает снижение уровня сил, действующих при одинаковых режимах движения наливного поезда, в 1,9–2,2

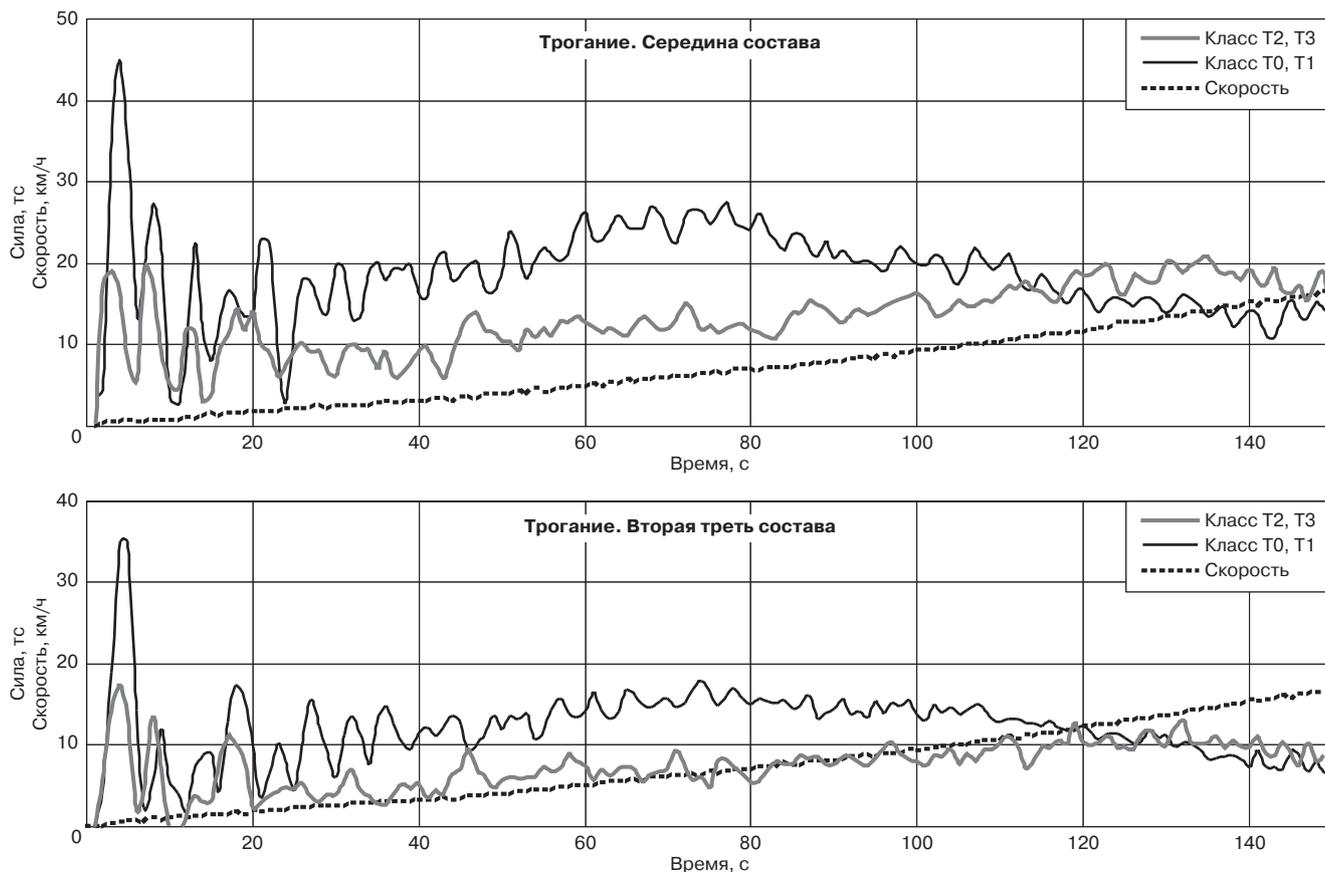


Рис. 1. Диаграмма изменения сил при движении поезда в режиме трогания  
Fig. 1. Diagram of changing forces when the train moving in the starting mode

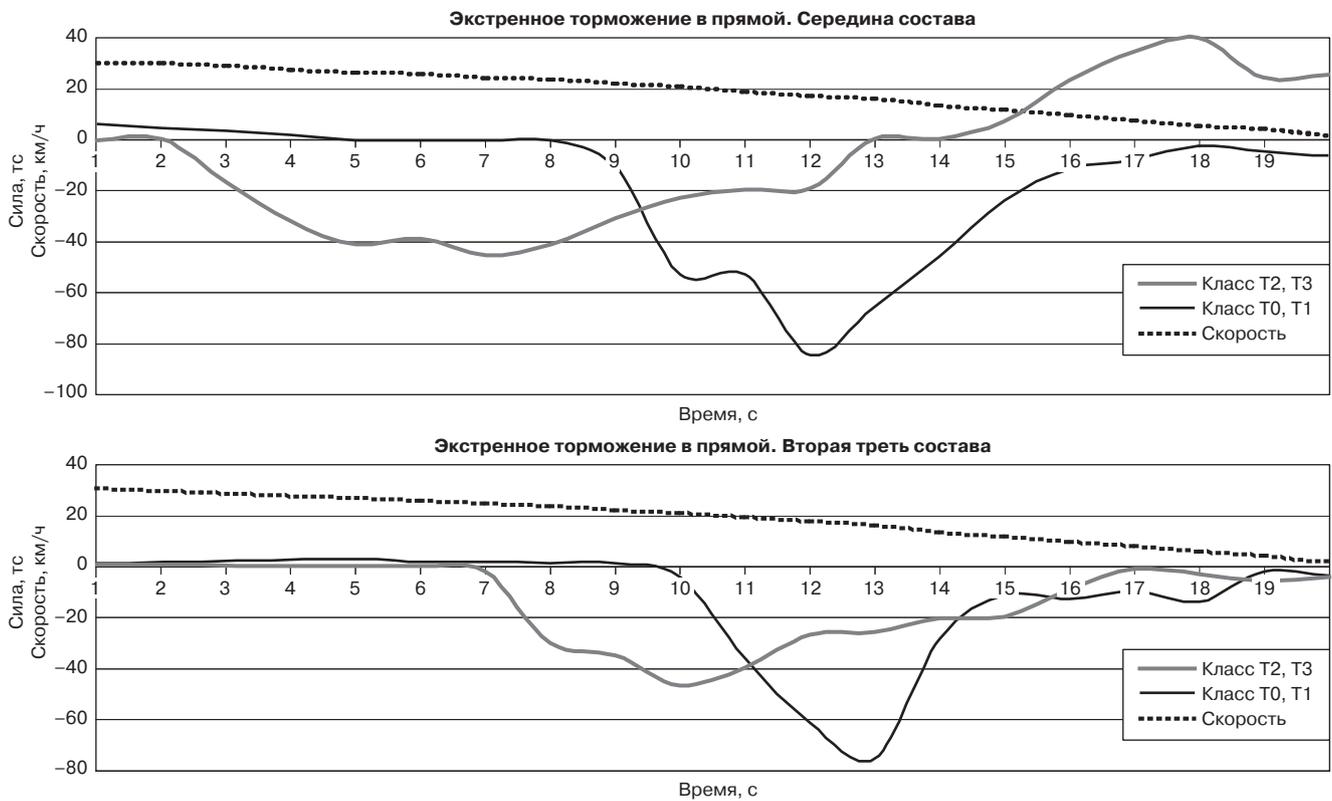


Рис. 2. Диаграмма изменения сил при экстренном торможении на прямой  
Fig. 2. Diagram of change of forces during emergency braking on a straight section

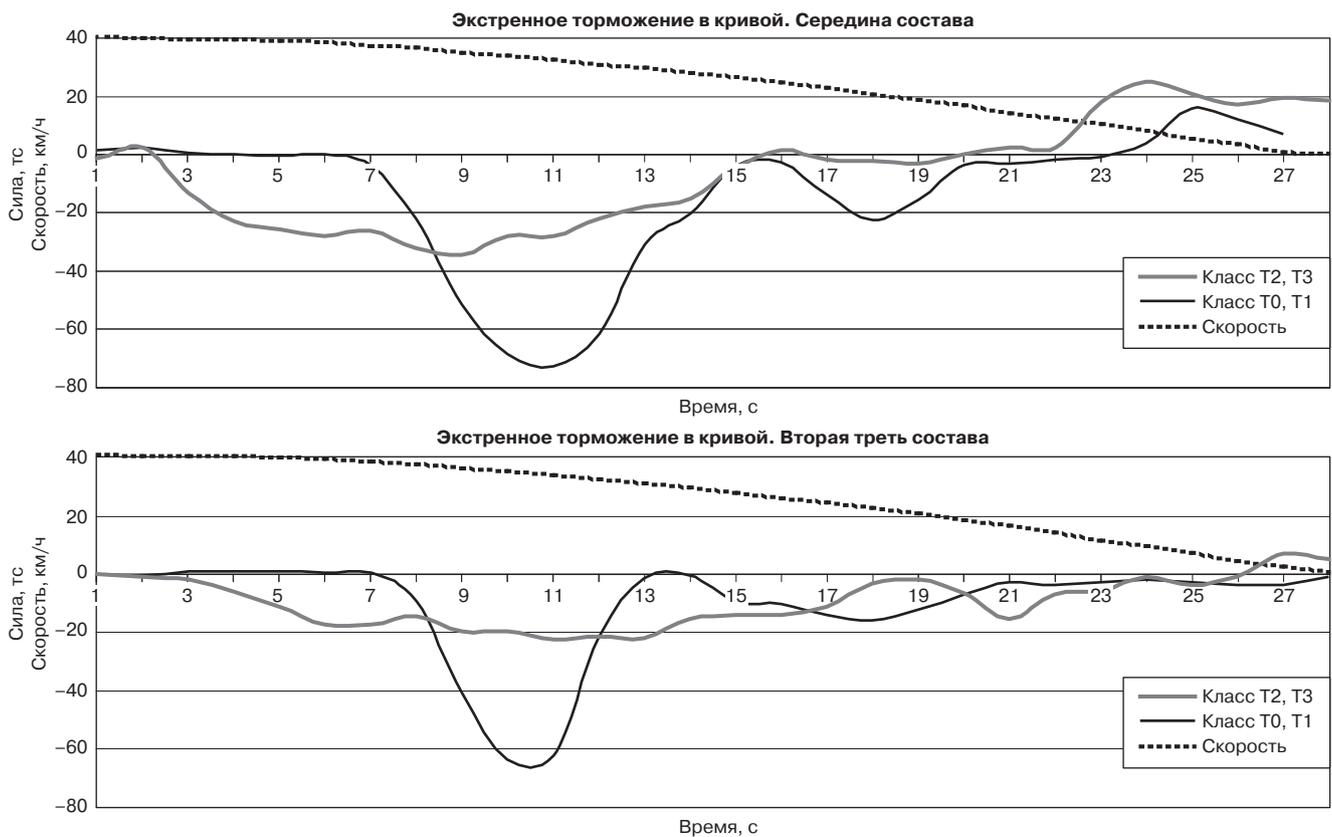


Рис. 3. Диаграмма изменения сил при экстренном торможении в кривой  
Fig. 3. Diagram of change of forces during emergency braking in curve

Таблица 1

Максимальные уровни продольных сил в поездах, сформированных из вагонов, оборудованных поглощающими аппаратами классов Т0/Т1 и Т2/Т3

Table 1

Maximum levels of longitudinal forces in trains consisted of cars equipped with draft gears of classes T0/T1 and T2/T3

Режим движения	Максимальное усилие, тс				Норматив по СТО ОАО «РЖД» 1.07.002, не более
	Середина состава		Вторая треть состава		
	Класс аппарата				
	Т0 и Т1	Т2 и Т3	Т0 и Т1	Т2 и Т3	
Трогание	44,9	20,5	35,0	17,4	95,0
Экстренное торможение на прямой	-84,2	-45,2	-75,0	-46,9	-95,0
Экстренное торможение в кривой	-73,2	-34,4	-63,5	-33,0	-95,0

раза для вагонов в средней части поезда и в 1,6–2,0 раза для вагонов во второй трети поезда. Таким образом, снижение уровня продольных сил в случае замены поглощающих аппаратов классов Т0/Т1 на Т2/Т3 в поездном режиме даже более заметно, чем при соударении вагонов, где было отмечено снижение уровня сил в 1,4 раза для вагонов-цистерн [1]. Однако вследствие влияния на продольную динамику поезда характеристик аппаратов всех вагонов поезда снижение эквивалентных нагрузок в поездных режимах и соответствующее значительное увеличение остаточного ресурса элементов конструкции вагона, воспринимающих продольные силы, в полной мере проявятся после насыщения парка вагонов аппаратами классов Т2 и Т3 (соотношение между изменением эквивалентной амплитуды сил, действующих на вагон, и остаточным ресурсом подробно рассмотрено в [1]).

**Мировой опыт.** В отношении действующих нормативов американских и европейских железных дорог в данной области при аргументации против применения поглощающих аппаратов большой энергоемкости в ряде случаев приводится неполная информация, на основании которой можно сделать ошибочные выводы. Например, в Международном железнодорожном информационно-аналитическом обозрении «Евразия Вести» в статье, представляющей позицию компаний — владельцев вагонов [8], указано, что «минимальная энергоемкость поглощающих аппаратов грузовых вагонов Ассоциации американских железных дорог (AAR) в соответствии со стандартом М-901 В составляет 48,8 кДж, что несколько выше, чем для отечественных аппаратов класса Т0 (40 кДж), но существенно ниже, чем для аппаратов класса Т1 (70 кДж)». Там же отмечено, что «поглощающие аппараты модели TwinPack применяются членами AAR под всеми видами подвижного состава, включая грузы повышенной опасности. При этом нагрузка на ось на американских железных дорогах составляет 30–36 тс, в отличие от российских — 23,5 тс».

Неточность заключается в том, что в упомянутой Спецификации М-901В (устанавливающей требования к эксплуатируемым и отремонтированным поглощающим аппаратам для допуска к дальнейшей эксплуатации) не упомянуты требования к прочности вагонов, оборудуемых такими аппаратами. А концепция этих нормативов коренным образом отличается от принятых на железных дорогах колеи 1520 мм.

Так, в соответствии со Спецификацией AAR М-1001 (устанавливающей требования к проектированию, изготовлению и сборке грузовых вагонов) действуют следующие правила комплектации вагонов различными энергопоглощающими устройствами:

- при установке стандартного фрикционного поглощающего аппарата с ходом менее 152 мм вагон должен быть рассчитан на продольную нагрузку 5,6 МН;
- при комплектации вагона специальными энергопоглощающими устройствами с ходом от 152 до 229 мм расчетная сила для этого вагона может быть снижена до 4,4 МН;
- при установке специального энергопоглощающего устройства с ходом от 229 до 355 мм расчетная сила для вагона составляет 3,3 МН;
- при установке специального энергопоглощающего устройства с ходом свыше 355 мм прочность вагона может быть снижена до 2,7 МН.

В этих нормативах установлены требования не к энергоемкости, а к рабочему ходу, но оценить энергоемкость этих устройств, соответствующих приведенным выше требованиям по ходу, можно по параметрам серийно выпускаемых и эксплуатируемых в США моделей поглощающих аппаратов и других энергопоглощающих устройств (например, подвижных хребтовых балок), приведенным в табл. 2.

Таким образом, упомянутые нормативы делают экономически привлекательным применение высокоэнергоемких поглощающих устройств, позволяя снизить требования к прочности и, соответственно,

Таблица 2  
Основные параметры энергопоглощающих устройств США  
для грузовых вагонов

The main parameters of capacity devices for the US freight cars

Модель энергопоглощающего устройства	Ход, мм	Энергоемкость, кДж	Расчетная продольная нагрузка, МН
Mark-50	83	74	5,6
TF-880	83	74	
SP-E	178	375	4,4
EC-10-RE	254	525	3,3
E10VMC	254	525	
E-12-2	305	640	

Таблица 3

Требования к энергоемкости буферов грузовых вагонов железных дорог колеи 1435 мм

Requirements for the capacity of buffers of freight cars in 1435 mm gauge railways

Категория буфера	Энергоемкость, кДж
A	30
B	50
C	70

уменьшить массу тары, стоимость вагона и затраты на его движение (за счет снижения массы тары).

В России в настоящее время все грузовые вагоны проектируются на продольную ударную нагрузку 3,5 МН, а рабочий ход поглощающих аппаратов, исходя из установочных размеров на подвижном составе в комплекте автосцепного устройства, не может превышать 120 мм. Как видно из табл. 2, на американских железных дорогах на вагонах, рассчитанных на такие продольные усилия, применяются только энергопоглощающие устройства энергоемкостью более 500 кДж, что многократно превышает требования, установленные на железных дорогах колеи 1520 мм к поглощающим аппаратам классов Т2 и Т3 (100 и 140 кДж соответственно). Кроме того, в пока не вступившем в действие стандарте, устанавливающим требования к прочностным и динамическим качествам грузовых вагонов [9], предусмотрена возможность снижения расчетной ударной нагрузки до 2,5 МН в случае использования поглощающих аппаратов классов Т2 и Т3. Никаких планов по повышению расчетной нагрузки до 5,6 МН (что по нормативам ААР требуется для применения поглощающих аппаратов с низкой энергоемкостью, например, 74 кДж) на железных дорогах колеи 1520 мм нет, особенно с учетом отмеченных в [8] значительно меньших осевых нагрузок.

На европейских железных дорогах (масса вагонов и поездов на которых значительно ниже аналогичных показателей железных дорог США и колеи 1520 мм) в

комплекте со стандартной винтовой сцепкой для поглощения энергии соударения применяют боковые буфера. Требования к ним установлены стандартом EN 15551:2009 и памяткой ОСЖД О 529/1. Ими установлена следующая классификация буферов с соответствующими требованиями к энергоемкости, представленными в табл. 3.

Таким образом, несмотря на значительно меньшие массы поездов, суммарная энергоемкость пары буферов (с каждого конца вагона) составляет 60, 100 и 140 кДж для категорий А (для массовых грузов), В, С (для опасных грузов), что примерно соответствует требованиям к поглощающим аппаратам классов Т1, Т2 и Т3 (70, 100 и 140 кДж). Для вагонов, перевозящих особо опасные грузы, стандарт EN 15551 предусматривает необходимость наличия буферов с крэш-модулями энергоемкостью 400 кДж на каждый буфер. Здесь необходимо отметить еще один положительный эффект применения поглощающих аппаратов высоких классов: в соответствии с п. 6.8.4 ТЕ 22 Правил перевозок опасных грузов (Приложение 2 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении — СМГС) при наличии на вагонах-цистернах с автосцепкой поглощающих аппаратов энергоемкостью не менее 130 кДж наличие таких крэш-модулей не требуется.

Исходя из приведенных нормативов, ни европейский, ни американский опыт не дают оснований для снижения требований железных дорог колеи 1520 мм к энергоемкости поглощающих аппаратов автосцепки, в первую очередь для вагонов, перевозящих опасные грузы (особенно с учетом того, что в России безопасность движения не является экономической категорией, а составляет абсолютный приоритет [10]).

**Выводы.** Таким образом, представленные в данной статье результаты проведенных исследований показали, что применение поглощающих аппаратов повышенной энергоемкости (классов Т2 и Т3) обеспечивает не только отмеченное ранее увеличение безопасных скоростей соударения вагонов и повышение остаточного ресурса несущих конструкций вагонов при воздействии продольных сил, что было подробно рассмотрено в [1], но и значительное (вплоть до двукратного) снижение уровня сил, действующих при движении наливного поезда.

Приведенные результаты сравнительных испытаний вагонов с поглощающими аппаратами разных классов при соударении и движении в составе поезда и анализ зарубежного опыта полностью подтверждают положительный эффект применения поглощающих аппаратов с высокой энергоемкостью в части как обеспечения безопасности движения, так и технико-экономической эффективности эксплуатации вагонов с высокоэнергоемкими поглощающими аппаратами, получаемой в конечном итоге как владельцем инфраструктуры, так и собственником вагона.



Рис. 4. Изменение количества инцидентов с вагонами для перевозки опасных грузов  
 Fig. 4. Changing the number of incidents with wagons for transportation of dangerous goods

Статистические данные, показывающие большое положительное влияние увеличения количества вагонов с эластомерными поглощающими аппаратами классов Т2 и Т3 на уменьшение количества инцидентов с перевозимыми опасными грузами вагонами, связанных с повреждением котла и возгоранием груза, представлены в [11]. Как видно из приведенного графика (рис. 4), за 12 лет, когда эластомерными поглощающими аппаратами классов Т2 и Т3 была оборудована примерно половина парка цистерн, общее количество инцидентов с опасными грузами сократилось на 44%, а самых опасных — с повреждением котла цистерны — на 52%.

Однако в связи с заметным сокращением строительства новых вагонов-цистерн скорость насыщения рабочего парка поглощающими аппаратами классов Т2 и Т3 (появляющимися в парке преимущественно с новыми вагонами) в последние годы стала снижаться, что, соответственно, не позволяет в полной мере получать указанные преимущества. Поэтому в нынешних условиях введение в действие решения об установке на вагоны-цистерны для перевозки опасных грузов поглощающих аппаратов классов Т2 и Т3 при деповском ремонте становится особенно актуальным и целесообразным.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование влияния энергоемкости поглощающих аппаратов на динамико-прочностные характеристики несущих конструкций вагонов / В. И. Беляев [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2015. № 4. С. 25 – 32.

2. Блохин Е. П., Манашкин Л. А. Динамика поезда (нестационарные продольные колебания) М.: Транспорт, 1982. 222 с.
3. Черкашин Ю. М. Динамика наливного поезда // Труды ВНИИЖТ. Вып. 543. М.: Транспорт, 1975. 136 с.
4. Гребенюк П. Т. Динамика торможения тяжеловесных поездов // Труды ВНИИЖТ. Вып. 585. М.: Транспорт, 1977. 152 с.
5. Расчет и испытания тяжеловесных поездов / Блохин Е. П. [и др.]. М.: Транспорт, 1986. 263 с.
6. Лысюк В. С. Причины и механизм схода колеса с рельса. Проблемы износа колес и рельсов. М.: Транспорт, 2002. 216 с.
7. Болдырев А. П., Гуров А. М., Фатьков Э. А. Характеристики перспективных поглощающих аппаратов в поездных условиях эксплуатации // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна. 2007. № 15. С. 146 – 153.
8. Безопасный переход // Евразия Вести. 2013. № XI. С. 31.
9. ГОСТ 33211 – 2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. М.: Росстандарт, 2016. 92 с.
10. Красковский А. Е., Яковлев П. Б. Преобразование системы управления — цель или средство реформирования железнодорожного транспорта // Вектор транспорта. 2015. № 3. С. 30 – 35.
11. Риски, связанные с нарушением правил безопасности при перевозке опасных грузов // Евразия Вести. 2013. № XI. С. 25 – 26.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**СТУПИН Дмитрий Алексеевич**,  
канд. техн. наук, заведующий лабораторией, АО «ВНИИЖТ»

**БЕЛЯЕВ Владимир Игоревич**,  
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 25.01.2016 г., принята к публикации 5.04.2016 г.

## Research of influence of energy consumption of draft gears on longitudinal forces in the tank car train

D.A. STUPIN, V.I. BELYAEV

Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

**Abstract.** The influence of increasing energy consumption of center coupler draft gear on changing longitudinal forces during the motion of the train was studied. It was shown that the level of force is greatly reduced when equipping tank cars with draft gears of increased energy consumption (class T2 and T3).

Article provides technique and results of train tests obtained during the run of the tank car train equipped with draft gears of T2 and T3 classes, and the same train in the same modes with draft gears of the T0 and T1 classes. On the basis of results of comparison tests not only qualitative, but also quantitative impact assessment of high class draft gears was performed on longitudinal dynamics of the train.

The analysis of standards of American, European and Russian Railways in this field is provided, also confirming validity of the existing requirements to the draft gears of automatic couplers for cars of the 1520 mm gauge tracks.

On the basis of performed complex of tests, including train and impact tests [1], a conclusion about a big positive effect of use of draft gears of high classes is confirmed.

**Keywords:** automatic coupler draft gear; forces during train motion; test technique and results; standards analysis of American, European and Russian railways

### REFERENCES

1. Belyaev V. I., Stupin D. A., Plotkin V. S., Stepanov A. N. *Issledovanie vliyaniya energoemkosti pogloshchayushchikh apparatov na dinamiko-prochnostnye kharakteristiki nesushchikh konstruktivnykh vagonov* [Research of influence of energy consumption of draft gears on the dynamic-strength characteristics of the supporting structures of cars]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2015, no.4, pp.25 – 32.
2. Blokhin E. P., Manashkin L. A. *Dinamika poezda. Nestatsionarnye prodol'nyye kolebaniya* [Train dynamics. Transient longitudinal oscillations]. Moscow, Transport Publ., 1982, 222p.
3. Cherkashin Yu. M. *Dinamika nalivnogo poezda* [Dynamics of tank car train], *Trudy VNIIZhT*, vyp. 543 [Works of VNIIZhT (Railway Research Institute), is. 543]. Moscow, Transport Publ., 1975, 136p.
4. Grebenyuk P. T. *Dinamika tormozheniya tyazhelovesnykh poezdov* [Dynamic braking of heavy haul trains]. *Trudy VNIIZhT*,

vyp. 585 [Works of VNIIZhT (Railway Research Institute), is. 585]. Moscow, Transport Publ., 1977, 152p.

5. Blokhin E. P., Manashkin L. A., Stambler E. L., Masleeva L. G., Mikhaylenko V. M., Granovskaya N. I. *Raschet i ispytaniya tyazhelovesnykh poezdov* [Calculation and testing of heavy haul trains]. Moscow, Transport Publ., 1986, 263 p.

6. Lysyuk V. S. *Prichiny i mekhanizm skhoda koleza s rel'sa. Problemy iznosa kolez i rel'sov* [The causes and mechanism of wheel derailment. Problems of wear of wheels and rails]. Moscow, Transport Publ., 2002, 216p.

7. Boldyrev A. P., Gurov A. M., Fat'kov E. A. *Kharakteristiki perspektivnykh pogloshchayushchikh apparatov v poezdnykh usloviyakh ekspluatatsii* [Characteristics of prospective draft gear devices in train operation conditions]. *Vestnik dnepropetrovskogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta imeni akademika V. Lazaryana* [Vestnik of the Dnipropetrovsk National University of railway transport named after Academician V. Lazaryan], Dnepropetrovsk, 2007, no.15, pp. 146 – 153.

8. *Bezopasnyi perekhod* [Safe shift]. *Eurasia Vesti* [Eurasia Vesti], 2013, no. 11, p.31.

9. *GOST 33211 – 2014 Freight car. Requirements for strength and dynamic qualities*. Moscow, Rosstandart Publ., 2016, 92 p. (in Russ.).

10. Kraskovskiy A. E., Yakovlev P. B. *Preobrazovanie sistemy upravleniya — tsel' ili sredstvo reformirovaniya zheleznodorozhnogo transporta* [Converting control system — a goal or a means of reforming the railway transport]. *Vektor transporta* [Vector of transport], 2015, no.3, pp. 30 – 35.

11. *Riski, svyazannye s narusheniem pravil bezopasnosti pri perevozke opasnykh gruzov* [Risks associated with the violation of safety rules during transportation of dangerous goods]. *Eurasia Vesti* [Eurasia Vesti], 2013, no. 11, pp. 25 – 26.

### ABOUT THE AUTHORS

**STUPIN Dmitriy Alekseyevich**,  
Cand. Sci. (Eng.), Head of Laboratory, JSC "VNIIZhT"

**BELYAEV Vladimir Igorevich**,  
Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher, JSC "VNIIZhT"

Received 25.01.2016

Accepted 5.04.2016

E-mail: vibelyaev@list.ru (V.I. Belyaev)

## ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

Тюрнин П. Г., Тибилов А. Т., Мирносов Н. В. Токоосъем: надежность, экономичность и пути совершенствования. М.: ВМГ-Принт, 2015. 166 с.

В книге рассмотрены наиболее важные вопросы токоосъема с учетом требований и методов проверки отдельных элементов контактной сети и токоприемников, эксплуатируемых при высокоскоростном движении. Подробно изложены отдельные решения экономичности и надежности устройств.

Книга рассчитана на широкий круг читателей: железнодорожников, уже имеющих общую подготовку и практический опыт работы на контактной сети и в локомотивном хозяйстве, работников предприятий — изготовителей электроподвижного состава, а также преподавателей и студентов транспортных вузов, техникумов и колледжей.

По вопросам предварительного заказа на приобретение книги обращайтесь в редакционно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ», тел. (499) 260-43-20.