

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

УДК 656.212.6.073.22.002.5

В. И. СЕНЬКО, доктор технических наук, А. Д. ЖЕЛЕЗНЯКОВ, кандидат технических наук, С. М. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ПОДВИЖНЫХ ТУРНИКЕТНО-КРЕПЁЖНЫХ УСТРОЙСТВ

Снижение уровня динамических воздействий на длинномерный груз и опорные вагоны сцепа при ударном взаимодействии на него другими единицами подвижного состава и повышение сохранности вагонов и грузов привело к созданию подвижных турникетно-крепёжных устройств (ТКУ). Проанализированы количественные зависимости между основными параметрами подвижных ТКУ и продольными ускорениями, действующими на груз, закреплённый на вагонах посредством данных устройств. С учётом выявленных закономерностей рассмотрены направления совершенствования конструкций подвижных ТКУ для снижения повреждаемости грузов и вагонов в процессе транспортировки.

Максимальная сила, возникающая при соударении твёрдых тел, находится в прямой зависимости от начальной скорости соударения, массы соударяющихся тел и контактной жесткости связи между ними. Поэтому для смягчения удара при некоторой скорости соударения целесообразно снижение массы, жесткости устройств, воспринимающих и передающих удар.

Большинство традиционных схем крепления груза на подвижном составе предусматривает жесткую связь груза с опорным вагоном. При этом, если длинномерный груз опирается на два вагона сцепа, то такая связь реализуется на одном из опорных вагонов.

Общим недостатком таких схем крепления является увеличение ударной массы вагона, которое особенно проявляется при размещении груза на сцепе вагонов. При соударениях продольная нагрузка в этом случае воспринимается практически только одним вагоном.

Следовательно необходимость исключения или уменьшения этих недостатков требует создания подвижных крепёжных устройств. При сравнительном анализе известных в настоящее время типов подвижных опор, а именно упругих, гравитационных и комбинированных, можно установить, что упругие устройства обладают одним несомненным достоинством – одноосностью действия; в этом случае продольные нагрузки не сопровождаются возникновением вертикальных или боковых сил значительной величины. Однако практически осуществимые конструкции таких устройств, предназначенных для реализации более или менее значительных перемещений (0,5–1,0 м), чрезвычайно сложны, дороги, громоздки и металлоёмки. Эти же недостатки в той или иной мере присущи и комбинированным устройствам. На основании этого указанные виды устройств широкого распространения не получили.

Известна большая группа гравитационных устройств: клиновые, маятниковые, колесные, полозковые, секторные и катковые, работоспособность которых обеспечивается за счет использования собственного веса перевозимого груза. Возвращающая сила в таких устройствах образу-

ется за счет повышения уровня центра опирающихся на них масс, обеспечивающегося кинематическим путем при их горизонтальном отклонении из равновесного положения.

Клиновые устройства обладают и возвращающими, и демпфирующими качествами, обеспечивая подъем груза при его относительных продольных перемещениях и торможение этих перемещений за счет скольжения наклонных опорных поверхностей. Однако такие устройства имеют чрезмерно большое количество сухого трения, при неизбежных изменениях которого в эксплуатационных условиях и износах трущихся поверхностей надежность работы устройства по возвращению груза в исходное положение снижается. Это приводит к необходимости заведомого завышения угла заострения клиньев, что вызывает существенное увеличение продольных нагрузок, жестко передающихся грузу при движении поезда, и снижает эффективность работы устройства. Кроме этого, клиновые устройства должны включать в себя сложные и громоздкие узлы со сферическими пятниками, позволяющими компенсировать перекосы длинномерного груза относительно опорных вагонов при вписывании сцепа в кривые участки пути, прохождении горба сортировочной горки и при всех относительных перемещениях вагонов сцепа.

Маятниковые устройства обладают весьма ограниченной возможностью реализации значительных относительных перемещений груза, определяемой практически приемлемой длиной маятниковых подвесок, габаритами и металлоемкостью самих устройств. Для предотвращения постоянного раскачивания груза такие устройства должны включать в себя специальные демпфирующие элементы (гасители колебаний), существенно усложняющие конструкцию опоры.

Колесные устройства обладают достаточной способностью обеспечивать требуемые возвращающие качества, однако их конструкция весьма громоздка и металлоёмка. Продольные габариты устройства должны более чем в два раза превышать его ход, а подшипниковые узлы, воспринимающие значительные вертикальные и боковые нагруз-

ки, должны к тому же эффективно обеспечивать демпфирование продольных перемещений, что существенно уложняет конструкцию указанных узлов.

Ползковые устройства можно считать разновидностью колесных, когда верхний опорный элемент выполнен в виде застопоренного колеса. Эти устройства сохраняют в себе недостатки колесных: увеличенные габариты в продольном направлении и ограниченные возможности по обеспечению оптимального демпфирования продольных перемещений.

Секторные устройства вряд ли могут претендовать на широкое распространение, так как трудно представить себе приемлемую конструкцию натурной опоры такого типа, у которой размеры секторов превышают удвоенный ход устройства.

Несомненным достоинством катковых устройств является возможность реализации в них практически любых заранее заданных качеств путем соответствующего подбора форм профилей катков и взаимодействующих с ними опорных поверхностей. При одинаковой величине предельно допускаемых перемещений груза относительно опорных вагонов опоры такого устройства имеют примерно в два раза меньшие габариты в продольном направлении по сравнению со всеми другими видами опор подвижных ТКУ. Катковые устройства не требуют включения в себя дополнительных пятниковых устройств, а демпфирование относительных перемещений груза может быть осуществлено достаточно легко за счет торможения перекачивания катка путем расклинивания между направляющими его торцевых поверхностей или искусственного увеличения трения качения на цилиндрических поверхностях.

Во всех перечисленных схемах в процессе соударения исходное положение груза относительно опорных вагонов восстанавливается за счет действия на него возвращающей силы, функционально зависящей в общем случае от относительных перемещений груза и опорных вагонов.

Влияние параметров подвижных ТКУ на продольное ускорение груза. Исследованию динамических свойств подвижных ТКУ посвящён ряд работ Е. П. Блохина, А. Д. Железнякова, В. А. Каблукова, В. А. Калашника, Б. Г. Кеглина, Г. В. Костина, Г. Б. Крайзгура, В. А. Лазаряна, А. Д. Малова, Л. А. Манашкина, И. К. Мороза, Б. К. Спиридонова, Е. Ф. Стуся, А. В. Шатунова и др. [3–14].

В работах зарубежных авторов не просматриваются достаточно обобщающие исследования по вопросам использования подвижных ТКУ. Это объясняется тем, что широкое применение вагонов с подвижными хребтовыми балками и менее жёсткие условия эксплуатации подвижного состава не вызывают необходимости дополнительно амортизирования грузов.

Следует указать на недостаточность исследований динамики систем «вагон – груз» с подвижными ТКУ, поскольку при рассмотрении подобных задач прибегали к значительному упрощению расчетных схем. Современный уровень развития вычислительной техники позволяет решать сложные механические системы и получить адекватное представление о влиянии параметров ТКУ на сохранность грузов [1].

В настоящее время наиболее распространенным подходом является сравнение тех или иных принципиальных схем крепления грузов по величинам продольных сил и ускорений, воспринимаемых ими при

ударных взаимодействиях вагонов с другими единицами подвижного состава.

В результате моделирования [1] получены графики зависимостей максимального ускорения груза от основных параметров катковых ТКУ (рисунки 1–4) [1].

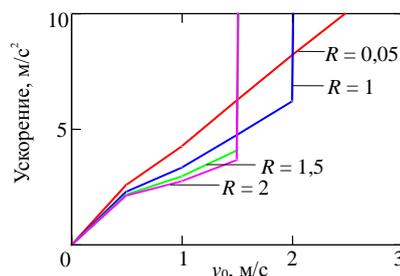


Рисунок 1 – Зависимость максимального ускорения груза от начальной скорости соударения v_0 при: $r = 0,1 \text{ м}$, $\mu = 0,1$, $m_g = 60000 \text{ кг}$

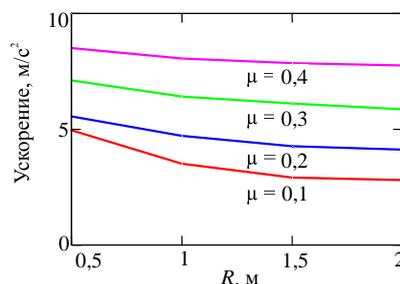


Рисунок 2 – Зависимость максимального ускорения груза от радиуса опорных поверхностей R при: $v_0 = 1,39 \text{ м/с}$, $r = 0,1 \text{ м}$, $m_g = 60000 \text{ кг}$

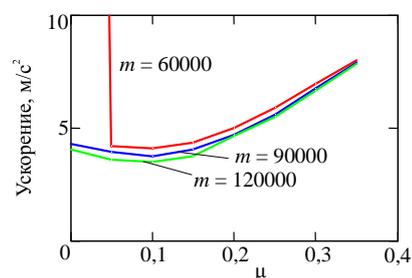


Рисунок 3 – Зависимость максимального ускорения груза от коэффициента трения μ при: $v_0 = 1,39 \text{ м/с}$, $R = 1 \text{ м}$, $r = 0,1 \text{ м}$

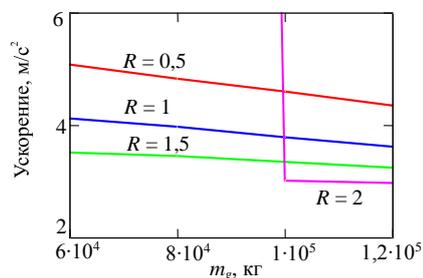


Рисунок 4 – Зависимость максимального ускорения груза от массы груза m_g при: $v_0 = 1,39 \text{ м/с}$, $r = 0,1 \text{ м}$, $\mu = 0,05$

Из полученных графиков видно, что для ТКУ каткового типа характерно, что чем больше радиус рабочих поверхностей ТКУ и чем меньше коэффициент трения, тем меньше ускорение груза в пределах рабочего хода ТКУ, однако тем быстрее (при меньшей начальной скорости соударения) заканчивается рабочий ход ТКУ и

наступает удар об ограничителя, сопровождающийся значительным ускорением.

В реализуемых на практике конкретных конструкциях катковых ТКУ радиус рабочих поверхностей, как правило, не поддаётся изменению (регулировке), а имеется возможность отрегулировать силы трения. Поэтому для катковых ТКУ для множества комбинаций значений радиуса опорных поверхностей и начальной скорости соударения определены значения коэффициента трения, при котором достигается минимальное ускорение груза при ударе и работа ТКУ в пределах рабочего хода (таблица 1).

Таблица 1 – Оптимальные значения коэффициента трения при заданных радиусе рабочих поверхностей и начальной скорости соударения

R	v = 2 км/ч		v = 4 км/ч		v = 6 км/ч		v = 8 км/ч	
	μ	a	μ	a	μ	a	μ	a
0,50	0,05	2,079	0,05	4,114	0,1	5,96	0,15	7,674
0,75	0,05	1,832	0,05	3,634	0,1	5,181	0,15	6,703
1,00	0,05	1,705	0,10	3,317	0,1	4,783	0,15	6,206
1,25	0,05	1,608	0,10	3,133	0,1	4,456	0,15	5,826
1,50	0,05	1,534	0,10	2,994	0,1	4,210	0,15	5,544
1,75	0,05	1,473	0,05	2,660	0,1	3,978	0,20	5,576
2,00	0,05	1,429	0,10	2,800	0,1	3,815	0,20	5,418

Для ТКУ каткового типа характерно, что по мере увеличения коэффициента трения максимальное ускорение груза сначала уменьшается, а затем при дальнейшем увеличении коэффициента трения ускорение увеличивается, т. е. на графике зависимости ускорения от коэффициента трения (см. рисунок 3) виден минимум функции. Это объясняется тем, что на ускорение груза влияет как коэффициент трения, так и радиусы опорных поверхностей.

В процессе проектирования катковых ТКУ можно задавать не только коэффициент трения, но и радиус рабочих поверхностей. Поэтому для катковых ТКУ определены такие сочетания значений коэффициента трения и радиуса опорных поверхностей, при которых продольное ускорение груза минимальное (таблица 2).

Таблица 2 – Оптимальные сочетания радиуса рабочих поверхностей и коэффициента трения, при которых обеспечивается минимальное продольное ускорение груза при соударении

R	v = 2 км/ч		v = 4 км/ч		v = 6 км/ч		v = 8 км/ч	
	μ	a	μ	a	μ	a	μ	a
0,50	0,05	2,079	0,10	4,085	0,15	5,959	0,15	7,674
0,75	0,05	1,832	0,10	3,577	0,10	5,181	0,15	6,703
1,00	0,05	1,705	0,05	3,304	0,10	4,783	0,15	6,206
1,25	0,00	1,592	0,05	3,039	0,10*	4,456	0,15*	5,826
1,50	0,00	1,466	0,05*	2,830	0,10*	4,210	0,15*	5,544
1,75	0,00	1,366	0,05*	2,660	0,10*	3,978	0,20*	5,576
2,00	0,00	1,275	0,05*	2,519	0,10*	3,815	0,20*	5,418

Следует отметить, что во многих из рассмотренных комбинаций значений радиуса опорных поверхностей и коэффициента трения минимальное продольное ускорение достигается при полном использовании рабочего хода ТКУ. Такие сочетания отмечены в таблице 2 звёз-

дочкой (*). Если бы не было ограничения длины рабочего хода ТКУ, после которого происходит удар об ограничителя, то минимум ускорения в этих случаях достигался бы при другом значении коэффициента трения, и значение ускорения было бы меньше.

Ползковые ТКУ по своим геометрическим свойствам схожи с катковыми. Поэтому для ползковых ТКУ характерны те же закономерности, что и для катковых, различие лишь в численных значениях.

Для клиновых ТКУ характерным является то, что на длине их рабочего хода ускорение груза как на одной платформе, так и на сцепе из двух или трёх платформ практически не зависит от начальной скорости соударения и от массы груза, а зависит только от угла наклона опорных поверхностей к горизонту и величины коэффициента трения на этих поверхностях. Чем больше угол наклона рабочих поверхностей и чем больше коэффициент трения, тем больше ускорение груза.

Соответственно сила, действующая на груз, не зависит от скорости соударения и возрастает с увеличением массы груза, коэффициента трения и угла наклона рабочих поверхностей ТКУ, оставаясь постоянной в течение всего перемещения груза.

Анализ зависимости максимального ускорения груза от начальной скорости соударения показывает, что при превышении определённой начальной скорости соударения рабочий ход ТКУ используется полностью и происходит удар об ограничителя (аналогично, как и в катковых и ползковых ТКУ).

Чем меньше угол наклона рабочих поверхностей ТКУ, и чем меньше коэффициент трения, тем меньше ускорение груза в пределах рабочего хода ТКУ, однако тем быстрее (при меньшей начальной скорости соударения) заканчивается рабочий ход ТКУ и наступает удар об ограничителя.

Исходя из ожидаемой на пути транспортировки груза максимальной скорости соударения, можно подобрать угол наклона рабочих поверхностей и коэффициент трения, при которых будет обеспечено минимальное ускорение груза при ударе и работа ТКУ в пределах рабочего хода.

Определение рациональных параметров ТКУ на основе обобщённого технико-экономического критерия. Для более полной оценки свойств турникетно-крепёжного устройства предлагается обобщенный технико-экономический критерий (ОТЭК). ОТЭК формируется с учетом выводов, полученных в работах Л. Н. Никольского, Б. Г. Кеглина, А. Д. Железнякова, А. П. Болдырева, которые использовали данный критерий для оценки эффективности межвагонных амортизаторов. С учётом специфики рассматриваемой в данной работе механической системы для сцепа из двух опорных вагонов ОТЭК рассчитывается следующим образом:

$$u = \alpha_{уст} J_{уст} + \alpha_{пв} J_{пв} + \alpha_{пгр} J_{пгр},$$

где $\alpha_{уст}$ – коэффициент пропорциональности, связывающий условную усталостную повреждаемость с экономическим ущербом, условных денежных единиц, (Н)^m; $\alpha_{пв}$ – коэффициент пропорциональности, связывающий условную повреждаемость вагонов сцепа от единичных

перегрузок с экономическим ущербом, условных денежных единиц, H^2 ; $\alpha_{\text{пгр}}$ – коэффициент пропорциональности, связывающий условную повреждаемость груза от единичных перегрузок с экономическим ущербом, условных денежных единиц, H^2 .

В настоящее время вследствие отсутствия достаточного статистического материала не представляется возможным уточнить значения коэффициентов α . Поэтому для вычисления ОТЭК приняты гипотетические значения коэффициентов;

$J_{\text{уст}} = J_{\text{уст}}^1 + J_{\text{уст}}^2$ – условная усталостная повреждаемость вагонов сцепа. Для каждого из вагонов определяется по формуле

$$J_{\text{уст}}^{1,2} = \sum_{i=1}^k P_i^m n_i,$$

n_i – число нагружений вагона продольными силами P_i , Н; m – параметр кривой усталости. Величина $J_{\text{уст}}$ измеряется в $(H)^m$;

$J_{\text{пв}} = J_{\text{пв}}^1 + J_{\text{пв}}^2$ – условная повреждаемость вагонов сцепа от единичных перегрузок. Для каждого из вагонов определяется по формуле

$$J_{\text{пв}}^{1,2} = \sum (P_j - P_{\text{п}})^2 n_j \Phi(P_j - P_{\text{п}}),$$

n_j – число нагружений вагона силой P_j ; $P_{\text{п}}$ – пороговая сила удара, превышение которой приводит к деформации вагона, Н; Φ – единичная функция Хевисайда. Величина $J_{\text{пв}}$ измеряется в H^2 ;

$$J_{\text{пгр}} = \sum_{j=1}^r (N_j - N_{\text{п}})^2 n_j \Phi(N_j - N_{\text{п}}) \quad - \quad \text{условная}$$

повреждаемость груза от отдельных перегрузок; n_j – число нагружений груза силой N_j ; $N_{\text{п}}$ – пороговая сила, превышение которой приводит к деформации груза, Н. Величина $J_{\text{пгр}}$ измеряется в H^2 .

Для катковых ТКУ определены рациональные значения параметров на основе обобщённого технико-экономического критерия. Минимальное значение ОТЭК для катковых ТКУ достигается при параметрах: радиусе опорных поверхностей равном 0,5 м и коэффициенте трения равном 0,1.

Направления совершенствования подвижных ТКУ. Из рассмотренных выше свойств гравитационных ТКУ вытекают возможные направления совершенствования их конструкций:

1 Оптимизация параметров ТКУ на стадии проектирования и изготовления. В данном случае параметры ТКУ оптимизируются с учётом вероятности наступления различных скоростей соударения. В качестве критерия для оптимизации в данном случае может быть использован ОТЭК.

2 Создание ТКУ, конструкция которых позволяет регулировать основные параметры в процессе эксплуатации в зависимости от ожидаемых условий перевозки, например, в зависимости от массы перевозимого груза и от ожидаемых на пути конкретной транспортировки груза максимальных скоростей соударения.

В данном случае в конструкции ТКУ должны быть предусмотрены возможности регулирования сил трения и возможности регулирования формы опорных поверхностей.

Для катковых ТКУ, в частности, одной из возмож-

ностей введения в опору дополнительных сил трения является реализация регулируемых сил кулонова трения на боковых фрикционных поверхностях нижнего и верхнего элементов опоры и торцах катков при их перекатывании.

Изменение величины трения возможно также за счет реализации в опоре сил вязкого (линейного) сопротивления. Это может быть достигнуто применением покрытия катка или опорных поверхностей материалами, сминаемыми при перекатывании катка. Также можно использовать в зоне взаимодействия катка с опорными поверхностями оболочки с вязкой жидкостью. Регулирование силы сопротивления может осуществляться изменением числа таких оболочек и их параметров, а также изменением параметров покрытия.

3 Создание ТКУ, конструкцией которых предусмотрено саморегулирование сил трения и формы опорных поверхностей при каждом конкретном случае соударения в зависимости от условий соударения, в частности в зависимости от начальной скорости соударения и от величины массы груза и вагонов, участвующих в соударении. При реализации на практике такого подхода можно добиться, чтобы при любых условиях соударения рабочий ход ТКУ использовался полностью, и таким образом ускорение груза при ударе было минимально возможным.

В данном случае в конструкции ТКУ должны быть предусмотрены механизмы саморегулирования сил трения и формы опорных поверхностей.

Современный уровень развития вычислительной техники позволяет совершенствовать научные основы проектирования подвижных ТКУ за счёт реализации более адекватных математических моделей и изучения закономерностей, характерных для динамики данных устройств, что в конечном итоге позволяет создавать более совершенные конструкции ТКУ, отвечающие требованиям сохранности груза и подвижного состава и безопасности перевозочного процесса.

С учётом выявленных на основе моделирования закономерностей работы гравитационных ТКУ возможны следующие направления совершенствования конструкций данного типа устройств:

1 Определение и реализация рациональных параметров ТКУ на стадии проектирования с учётом вероятности наступления различных скоростей соударения. В качестве критерия для определения рациональных параметров в данном случае может быть использован ОТЭК.

2 Создание ТКУ, конструкция которых позволяет регулировать основные параметры в процессе эксплуатации в зависимости от ожидаемых условий перевозки.

3 Создание ТКУ, конструкцией которых предусмотрено саморегулирование сил трения и формы опорных поверхностей при каждом конкретном случае в зависимости от условий соударения, в частности в зависимости от начальной скорости соударения и величины массы груза и вагонов.

Наиболее простыми для реализации и дешёвыми для изготовления и эксплуатации являются ТКУ, конструкция которых соответствует первому из предложенных направлений. Конструкции, соответствующие третьему направлению, являются наиболее дорогостоящими в изготовлении, однако обеспечивают наибольшую сохранность груза и подвижного состава.

Список литературы

1 **Васильев, С. М.** Параметры подвижных турникетно-крепёжных устройств для перевозки длинномерных грузов на железнодорожном подвижном составе: дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / С. М. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2011.

2 **Васильев, С. М.** Влияние параметров гравитационных турникетно-крепёжных устройств на повреждаемость длинномерных грузов / С. М. Васильев // Технические, экономические и экологические проблемы транспорта : материалы междунар. науч. конф., посвящённой 170-летию железных дорог России ; 10–12 января 2008 г. / под общ. ред. А. П. Ковалёва, Н. Л. Кочегаровой. – Брянск : РГОТУПС (Брянский филиал), 2008. – С. 29–39.

3 **Каблуков, В. А.** Исследование продольной устойчивости металлопродукции при соударении вагонов / В. А. Каблуков, И. К. Мороз, А. В. Шатунов: сб. науч. тр. / ДИИТ. – Днепропетровск, 1982. – Вып. 221/7: Вопросы улучшения технического содержания вагонов и совершенствования ходовых частей. – С. 52–56.

4 **Калашник, В. А.** К вопросу оценки инерционных сил при перевозке металлопродукции на открытом подвижном составе / В. А. Калашник, И. К. Мороз, И. В. Шатунов // Вопросы улучшения технического содержания вагонов и совершенствования ходовых частей: сб. науч. тр. / ДИИТ. – Днепропетровск, 1984. – С. 73–77.

5 **Кеглин, Б. Г.** Динамика соударения платформ, нагруженных длинномерными незакрепленными грузами / Б. Г. Кеглин, Е. Ф. Стусь: тр. БИТМ. – М., 1974.

6 **Крайзгур, Г. Б.** О средствах продольной амортизации контейнерных платформ / Г. Б. Крайзгур, А. С. Лебедев, В. И. Угаров: тр. ВНИИЖТ. – М., 1980. – Вып. 40. – С. 22–25.

7 **Малов, А. Д.** Крепление грузов на открытом подвижном

составе для перевозки при высоких скоростях движения / А. Д. Малов: тр. ВНИИЖТ. – М., 1965. – Вып. 294. – 166 с.

8 Размещение и крепление грузов в вагонах / А. Д. Малов [и др.]. – М., 1980. – 328 с.

9 Исследование с помощью ЦВМ нагрузок, действующих на вагоны и амортизированные грузы при соударении сцепов и пуске в ход грузовых поездов / Л. А. Манашкин [и др.]: тр. ДИИТ. – Днепропетровск, 1978. – Вып. 199/25: Проблемы механики наземного транспорта. – С. 87–93.

10 **Никольский, Л. Н.** Амортизаторы удара подвижного состава / Л. Н. Никольский, Б. Г. Кеглин. – М. : Машиностроение, 1986. – 144 с.

11 Совершенствование способов размещения и крепления грузов в вагонах / под ред. А. Д. Малова. – М., 1970. – 136 с.

12 **Спиридонов, Б. К.** Аналитическое определение динамических силовых характеристик катковых опор турникетно-крепёжных устройств / Б. К. Спиридонов, А. Д. Железняков; БелИИЖТ. – Гомель, 1982. – Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 1982, № 2094. – 14 с.

13 **Спиридонов, Б. К.** Применение подвижных турникетно-крепёжных устройств для перевозки длинномерных строительных конструкций железнодорожным транспортом / Б. К. Спиридонов, А. Д. Железняков, Л. П. Целковицова; БелИИЖТ. – Гомель, 1982. – Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 1982, № 2093. – 13 с.

14 **Спиридонов, Б. К.** Определение оптимальных характеристик противоударных катковых устройств, используемых для перевозки длинномерных грузов на сцепе платформ / Б. К. Спиридонов, А. Д. Железняков, Л. П. Целковицова // Пути повышения эффективности использования подвижного состава: тез. докл. науч.-техн. конф. БелИИЖТа. – Гомель, 1983. – С. 87–88.

Получено 16.06.2012

V. I. Senko, A. D. Zheleznyakov, S. M. Vasilyev. Areas of improvement of the construction of mobile turnstile-fastening devices for reduction of the damage of cargos and cars during transportation.

The desire to reduce the level of dynamic effects on long cargo and supporting adhesion and thereby improve the safety of cars and cargos led to the creation mobile turnstile-fastening devices (TFD). The quantitative relationship analyzed between the basic parameters of TFD and longitudinal acceleration acting on the cargo, fortified with their use on rolling stock. In view of the identified patterns the ways of improving designs of TFD are considered to reduce damage to cargo and railcars during transportation.