

УДК 656.225.073

Д. Н. КОЗАЧЕНКО^{1*}, С. А. ПОЖИДАЕВ^{2*}, К. И. ЖЕЛЕЗНОВ^{3*}

^{1*} Научно-исследовательская часть, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 373 15 04, эл. почта kozachenko@upr.dit.edu.ua, ORCID – 0000-0003-2611-1350

^{2*} Каф. «Транспортные узлы», Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель, Республика Беларусь, тел. (0232) 95-39-48, эл. почта pgsergey2006@yandex.by, ORCID 0000-0002-6929-1008

^{3*} СКТЬ МСУБ, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (095) 545 38 87, эл. почта constantinz@i.ua, ORCID 0000-0003-3648-1769

УСТОЙЧИВОСТЬ ВАГОНОВ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ ЗАМЕДЛИТЕЛЯМИ

Цель. Статья направлена на совершенствование методов оценки устойчивости вагонов от схода с рельсов с целью учета особенностей их движения на сортировочных горках. **Методика.** В качестве методов исследования использованы методы теоретической механики и моделирование скатывания отцепов на сортировочных горках. **Результаты.** Результаты выполненных исследований показали, что неблагоприятное расположение элементов плана путевого развития, состояние железнодорожного пути, расположение вагонов в отцепе, погодные условия вызывают дополнительные ограничения по допустимому степени торможения их замедлителями. **Научная новизна.** Научная новизна работы заключается в совершенствовании методов оценки показателей устойчивости вагонов, которые в отличие от существующих позволяют учесть особенности их движения при скатывании отцепов с горки. **Практическая значимость.** Практическая значимость исследования заключается в том, что они позволяют анализировать условия движения отцепов и предупреждать процессы выкатывания колес вагонов на рельсы и шины замедлителей при регулируемом скатывании с учетом конструктивных особенностей и технического состояния подвижного состава, пути и замедлителей.

Ключевые слова: сортировочная горка; торможение отцепов; устойчивость вагонов; безопасность движения; режим торможения.

Введение

Сортировочные горки являются одними из наиболее опасных мест на станциях, для которых характерно значительное количество случаев травматизма, сходов вагонов, их повреждений и повреждений грузов. Поэтому вопросы обеспечения безопасного скатывания отцепов при роспуске актуальны для железнодорожного транспорта.

По сравнению с условиями поездного движения для сортировочных горок характерны относительно небольшие скорости движения (до 8 м/с). В то же время, в связи с необходимостью создания благоприятных условий для разделения отцепов, сортировочные горки имеют специфическую конструкцию путевого развития, для которой характерны значительные уклоны (до 50 ‰), наличие вертикальных кривых малых радиусов, высокая плотность стрелочных переводов и кривых в плане, в том числе и s-образных, уложенных без прямых вставок и без подуклонки, наличие тормозных за-

медлителей. Необходимо отметить, что на многих сортировочных горках сохраняются радиусы кривых менее 180 м. Часть сортировочных горок, особенно горок малой мощности, была построена хозяйственным способом без проектов. Также планы и профили многих действующих горок были существенно изменены в процессе ремонтов. Такая конструкция путевого развития существенно ухудшает условия движения вагонов на горках по сравнению с движением по главным и приемоотправочным путям. Характерной особенностью сортировочных горок является высокая скорость протекания процессов и необходимость принятия решений в реальном времени за десятые доли секунды. Существенную сложность горочных процессов создает тот факт, что большую часть маршрута отцепы проходят в режиме неуправляемого скатывания и управляющие воздействия можно оказывать только в пределах тормозных позиций. При этом операторы или автоматизированные системы управления роспуском действуют в условиях неопределенно-

сти, связанной с отсутствием точной информации об условиях природной среды, состоянии пути, массе отцепов, размерах колес, коэффициенте трения колеса о шины замедлителей, а также с инертностью замедлителей [1, 2, 3]. Все это приводит к тому, что сортировочные горки являются местом повышенной опасности и вопросам обеспечения безопасных условий роспуска уделяется значительное внимание транспортной науки. В частности обеспечения безопасности процесса роспуска достигается за счет повышения надежности технических средств и персонала, совершенствования систем управления работой замедлителей, внедрением различных ограничений на условия выполнения сортировочного процесса [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Одним из опасных процессов, связанных с роспуском составов является торможение отцепов замедлителями. Статистический анализ сортировочного процесса, выполненный в [10], показывает, что 88,1 % случаев нарушения безопасности движения на горках связано с управлением скоростью скатывания отцепов. Однако разработанные в настоящее время модели процесса скачивания преимущественно решают задачи разделения отцепов на стрелках и обеспечения допустимой скорости их подхода к вагонов на сортировочных путях. Эти модели не могут использоваться для анализа устойчивости вагонов во время скатывания. В то же время методы оценки устойчивости вагонов, используемые для анализа устойчивости подвижного состава во время движения поездов [11, 12, 13] не учитывают особенности скачивания вагонов на сортировочных горках. Указанные проблемы требуют разработки методов оценки безопасности движения, которые учитывают особенности движения вагонов на сортировочных горках.

Цель

Целью исследования является совершенствование методов оценки устойчивости вагонов от схода с рельсов путем учета особенностей их движения на сортировочных горках.

Методика

Основными задачами, которые решаются во время торможения вагонов, являются обеспечение требований прицельного и интервального регулирования скорости их скатывания. На железных дорогах Украины и Беларуси преимущественно используются клещевидно-

нажимные замедлители. Управляемыми параметрами для них являются степень торможения, точка его начала и окончания.

В соответствии с [14] при выборе нужной степени торможения оператору сортировочной горки рекомендуется:

- полновесные вагоны начинать тормозить на высокой ступени торможения, а по мере снижения скорости переходить на более низкие ступени для обеспечения точности реализации скорости выхода отцепа с тормозной позиции;

- легковесные вагоны необходимо тормозить на меньшей степени нажатия, а при необходимости переходить на более высокую ступень, исключая возможность выжимания вагонов;

- при затруднениях с выбором необходимой ступени торможения рекомендуется использовать двухэтапное торможение, когда сначала применяется кратковременное торможение на низкой ступени для определения эффективности торможения, а затем основное торможение на более высокой ступени.

Приведенные в [8] рекомендации представляют собой пример нечетких формулировок. Использование подобных правил допустимо при ручном управлении операторами процессом скатывания отцепов. Однако они не гарантируют от ошибочных решений, особенно в условиях скатывания отцепов из вагонов разных весовых категорий, наличия в отцепах длиннобазных вагонов, потери замедлителями тормозной мощности. Указанные рекомендации не могут использоваться для решения задач разработки алгоритмов автоматизированных систем управления роспуском, анализа правильности действий операторов, определения соответствия технического состояния горок характеру и объемам работы. Кроме того, существующие методы не позволяют анализировать безопасность процесса регулируемого скатывания отцепов с горки при отклонении проекта от требований [14], например, в случаях, имевших место при реконструкции станций Вайдотай (Литва), Черняховск и Лужская (Российская Федерация). В этой связи, проблема торможения отцепов замедлителями требует исследований с позиции безопасности движения.

Условия скатывания отцепов могут быть охарактеризованы величинами сил, действующих между отдельными частями вагона, между отдельными вагонами отцепа и между отцепом и сортировочной горкой.

Для разработки методов оценки безопасности движения на сортировочных горках и анализа закономерностей выполнены исследования условий движения отцепов на трехпозиционный сортировочной горке. В качестве расчетных отцепов рассматривались отцепы различной длины с порожних и груженных полувагонов.

Во время движения отцепа по горочным путям возможны три варианта потери устойчивости:

- выдавливание вагона, находящегося внутри отцепа, при прохождении головными вагонами этого отцепа кривых в плане и замедлителей;

- вкатывание колес вагона на рельс;

- вкатывание колес вагона на шину замедлителя.

В рамках исследования проведен анализ состояния железнодорожного пути горловин нечетной и четной сортировочных горок станции Нижнеднепровск-Узел. При этом, по данным натурных измерений, книг форм ПУ-28 и ПУ-29 мастеров и бригадиров пути, обслуживающих горки станции Нижнеднепровск-Узел, определены отклонения от норм содержания параметров пути. Спускные участки обеих горок размещены на прямых и в кривых малых радиусов и малой длины. Кривые уложены без прямых вставок и возвышения внешнего рельса. Между кривыми участками пути размещаются стрелочные переводы марки 1/6 и 1/9, глухие пересечения марки 2/6 и тормозные позиции, на которых осуществляется торможение вагонов. В этих условиях, несмотря на низкие, сравнительно с условиями поездной работы, скорости, при скатывании вагонов имеют место постоянные возбуждающие факторы, являющиеся причиной значительных колебаний вагонов. Указанные факторы вызывают интенсивное расстройство рельсового пути и стрелочных переводов, а также повышенный износ их элементов. Неблагоприятным для условий эксплуатации пути на сортировочных горках результатом колебаний вагонов является просыпания грузов из скатывающихся вагонов. Из-за интенсивного загрязнения балластной призмы возникают выплески и разрежения балласта между шпалами и брусками, что вызывает накопление просадок и перекосов горочного пути и интенсивный угон рельсовых нитей и даже рельсошпальной решетки в целом на участках, примыкающих к тормозным позициям. Интенсивному уgonу рельсовых нитей способствует также состояние подрельсовой основы.

Так, на обеих горках станции Нижнеднепровск-Узел в качестве подрельсовой основы используются как железобетонные, так и деревянные шпалы. При этом нечетная сортировочная горка станции Нижнеднепровск-Узел уложена в основном на железобетонных шпалах и брусках, а четная – на деревянных. Вибрация вагонов при железобетонных шпалах вызывает расстройство узла скрепления, особенно закладных и клеммных болтов, а при деревянных – выдергивание костылей. Использование подрельсовой основы из различных материалов способствует возникновению дополнительных возмущающих факторов пространственных колебаний вагонов. Угон рельсовых нитей и рельсошпальной решетки на горках более 20 мм на четной горке возникает в основном в весенне-летний и осенне-зимний период, а на четной – в зимний период.

Отклонение от норм допусков при содержании пути и стрелочных переводов по направлению в плане имеют постоянный характер из-за действия продольных тормозных сил. При этом наиболее критичными являются участки путей перед тормозными замедлителями в пределах s -образных кривых. В таких кривых в месте контакта гребней колес и рельсов действуют значительные поперечные силы, вызывающие распор пути. При распоре происходит как упругое, так и остаточное уширение пути, увеличивающее зазор между гребнем и рельсом и угол набегания колеса на рельс. Существенным фактором нарушения плавности движения вагонов является отклонение от норм содержания переводных кривых стрелочных переводов по ординатам. Неравномерное движение вагонопотоков по направлениям стрелочного перевода приводит к расстройству переводных кривых. В таких условиях допуски по содержанию ординат стрелочных переводов марок 1/9 (2 и -10 мм), а симметричных переводов марок 1/9 (-2 и +10 мм) при боковом сносе рельсов не более 5 мм практически не выдерживаются. Отклонения имеют место, как в положительном, так и в отрицательном диапазоне. В целом рельсовый путь содержится на граничных плюсовых допусках по уширению.

На стрелочных переводах наибольшее расстройство рельсового пути по шаблону имеет место в переднем вылете рамных рельсов, в начале и в конце острьяков и в середине переводной кривой. В корне острьяков отклонения от максимальных допусков по уширению колеи достигает 10-11 мм, а в середине переводной кривой 9 мм. Во всех случаях превышения по-

ложительных допусков по уширению пути требует устранения в плановом порядке так, как они относятся к III и IV степени неисправности. Состояние пути на сортировочных горках других станций Украины и Беларуси является близким к описанному.

Анализ величины сил, действующих при свободном скатывании отцепов в условиях нахождения пути в пределах установленных нормативов, или в третьей и четвертой степени неисправности показал, что их недостаточно для того, чтобы вызвать потерю устойчивости вагона. Опасными случаями, которые могут иметь место на сортировочных горках при регулируемом скатывании одиночного отцепа, является вкатывание колеса на рельс и вкатывание колеса на шину замедлителя во время торможения.

Расчетная схема взаимодействия колеса и рельса представлена на рис. 1 (здесь V – вертикальная сила в точке контакта гребня колеса и рельса; H – поперечная сила в точке контакта гребня колеса и рельса; β – угол наклона гребня колеса к горизонтали; точки A, B – точки контакта колеса и рельса соответственно на поверхности катания и на боковой поверхности гребня).

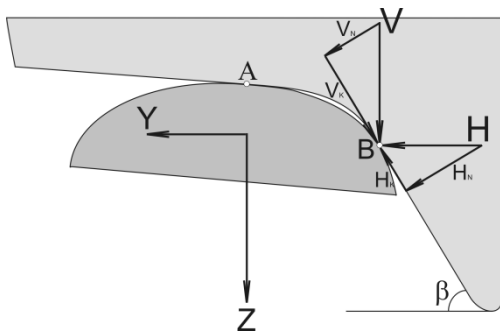


Рис. 1. Расчетная схема взаимодействия колеса и рельса

При этом процесс скачивания становится возможным, если сила трения F_t будет меньшей суммы сил, перемещающих центр вращения вниз по рельсу.

$$F_t \geq V_k - H_k.$$

Условие устойчивости колесной пары от схода с рельсов может быть оценено по коэффициенту устойчивости от схода с рельсов $K_{ст}$ в соответствии с «Нормами расчета и проектирования вагонов» [11].

$$K_{ст} = \frac{tg\beta - \mu}{1 + \mu tg\beta} \cdot \frac{V}{H} \geq K_{ст}^{доп}$$

где μ – коэффициент трения;

$K_{ст}^{доп}$ – допустимое значение коэффициента устойчивости от схода с рельса.

В случае скатывания одновагонного отцепа вертикальная сила формируется статической нагрузкой колеса на рельс G и динамической добавкой D , что появляется в процессе движения вагона. Поперечная сила в этом случае возникает в процессе поперечных колебаний и влияния колесных пар под действием поперечных сил и моментов сил инерции. В случае скатывания многовагонного отцепа на величину вертикальной силы влияют также проекции продольных сил, возникающих в автосцепках на вертикальное направление. Величина вертикальной проекции определяется разницей высот автосцепок соседних вагонов, которая возникает при расположении рядом вагонов разного технического состояния, с разной нагрузкой и из-за перемещения автосцепок в центрирующем устройстве. Продольная сила в автосцепках влияет также на формирование поперечной силы. Поперечная проекция возникает из-за расположения вагонов в плане в криволинейных участках пути и из-за поперечного перемещения автосцепок в центрирующем устройстве. Аналитические расчеты показали, что при нахождении пути и вагонов в состоянии, допускающем их эксплуатацию, вкатывание колес на рельсы возможно лишь для вагонов легкой весовой категории при торможении смешанных отцепов из вагонов легкой и тяжелой весовой категории.

Для анализа уровня опасности, имеет место при регулируемом скатывании отцепов, есть необходимость оценивать не только величину, а и длительность действия сил. Выполнить подобные расчеты аналитически невозможно, поэтому для анализа использовалась имитационная модель процесса скатывания вагона с горки в составе отцепа как динамической системы [15]. В качестве примера выполнено скатывание десятивагонного отцепа, состоящего из вагонов тяжелой, легкой и восьми вагонов тяжелой весовой категории. На рис. 2 представлено графики изменения коэффициента устойчивости $K_{ст} = f(s)$ (здесь s – расстояние скатывания от вершины горки) для второго вагона отцепа при торможении первого его вагона четвертой ступенью на второй тормозной позиции. Нулевое значение коэффициента устойчивости ука-

зывает на опасность вкатывания колес второго вагона на рельс и необходимость использования меньших степеней торможения.

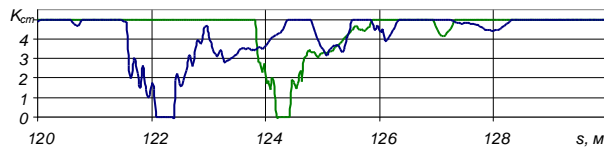


Рис. 2. График изменения коэффициента устойчивости для второго вагона отцепа

Другим случаем нарушения безопасности скатывания отцепов с горки является выкатывание колес на шину замедлителя во время торможения. Расчетная схема взаимодействия колеса и замедлителя представлена на рис. 3.

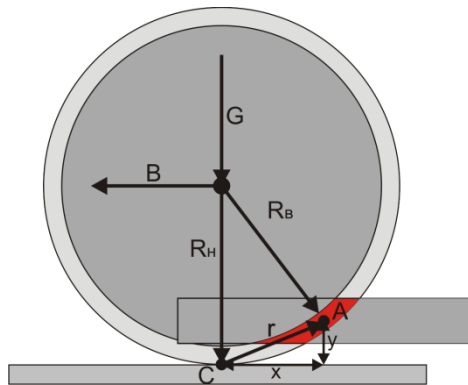


Рис. 3. Расчетная схема взаимодействия колеса и замедлителя

Современная методика определения допустимой силы давления шин замедлителя на колесо основывается на статических расчетах и устанавливает зависимость между нагрузкой от колеса на рельс и силой давления шин замедлителя. В то же время выполненные исследования показали, что на вагон могут действовать также центробежная сила (при расположении замедлителя непосредственно за кривой, см. рис. 4), ветровая нагрузка, продольные и поперечные силы, вызванные взаимодействием вагонов в отцепе, и динамические силы, возникающие из-за колебания частей вагона.

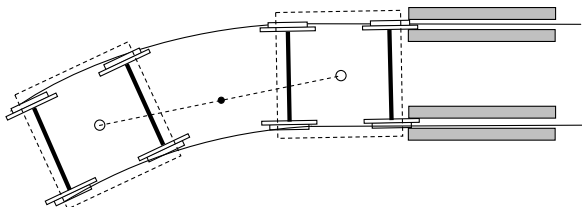


Рис. 4. Вход отцепа в замедлитель из кривой

Наличие поперечных сил вызывает перераспределение сил между различными колесами тележки. В результате для оценки допустимого

уровня давления шин замедлителя на колесо вагона предлагается использовать коэффициент устойчивости от вкатывания на шину замедлителя $K_{ш\text{у}}$ который определяется как

$$K_{ш\text{у}} = \frac{V_{\text{min}}}{P_{ш\text{к}}} \cdot \frac{R_{\text{н}} \sqrt{(R_{\text{в}} + R_{\text{н}})^2 - 4(R_{\text{н}} - y)^2}}{2\mu(R_{\text{н}} - y) \sqrt{(R_{\text{в}} + R_{\text{н}})^2 - 4R_{\text{н}}(R_{\text{н}} - 2y)}} \geq K_{ш\text{у}}^{\text{доп}},$$

где $P_{ш\text{к}}$ — сила давления шины замедлителя на колесо при выбранной ступени торможения;

$K_{ш\text{у}}^{\text{доп}}$ — допустимое значение коэффициента устойчивости от вкатывания на шину замедлителя.

Значение V_{min} определяются на основании моделирования движения отцепа. Так как величина V_{min} изменяется при скатывании отцепа, то при этом также изменяется и величина $K_{ш\text{у}}$. Анализ результатов вычислительных экспериментов показал, что для обеспечения безопасности сортировочного процесса в неблагоприятных условиях допустимую величину давления шин на колеса вагонов необходимо уменьшить для одновагонных отцепов до 10 %, для многовагонных — до 25 %.

Результаты

Результаты выполненных исследований показали, что неблагоприятное размещение элементов плана путевого развития, состояние железнодорожного пути, размещение вагонов в отцепе, погодные условия вызывают дополнительные ограничения по допустимой ступени торможения их замедлителями. Разработанные методы могут использоваться как в автоматизированных системах управления роспуском для выбора безопасных режимов торможения отцепов, так и при проектировании горок для оценки взаимного расположения элементов плана и профиля.

Научная новизна и практическая значимость

Научная новизна работы состоит в совершенствовании методов оценки показателей устойчивости вагонов, что в отличие от существующих позволяет учесть особенности их движения при скатывании отцепов с горки. Практическая значимость исследования заключается в том, что они позволяют анализировать условия движения отцепов и предупреждать

процессы вкатывания колес вагонов на рельсы и шины замедлителей во время регулируемого скатывания с учетом конструктивных особенностей и технического состояния подвижного состава, пути и замедлителей.

Выводы

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Величины сил, действующих при свободном скатывании отцепов с горки в условиях нахождения пути в пределах установленных нормативов, или в третьей и четвертой степени неисправности, недостаточно для того, чтобы привести к потере устойчивости вагона. Потеря устойчивости вагонов на сортировочных горках возможна только при их торможении тормозными замедлителями. Причиной потери устойчивости вагонов может быть вкатывание колес на рельс или шину замедлителя во время торможения.

2. В качестве показателей для оценки безопасности процесса регулируемого скатывания отцепов на сортировочных горках могут использоваться коэффициенты устойчивости вагона от вкатывания колеса на рельс и на замедлитель. В результате исследования разработаны методы оценки указанных коэффициентов на основании математического моделирования скатывания отцепов с горки.

3. Неблагоприятные погодные условия, техническое состояние железнодорожного пути, взаимное расположение элементов плана путевого развития и вагонов в отцепе могут требовать ограничения силы давления шин замедлителей на колеса до 25% по отношению к действующим нормативам. Указанные ограничения должны быть учтены в автоматизированных системах управления процессом расформирования составов на сортировочных горках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козаченко, Д. М. Дослідження впливу параметрів відчепів та умов їх скочування на величину інтервалів на розділових стрілках / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Р. Г. Коробйова // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2006. – Вип. 12. – С. 79-82.

2. Огар, О. М. Підвищення якості регулювання швидкості скочування відчепів на автоматизованих сортувальних гірках / О. М. Огар, О. С. Губачова,

Л. А. Страна // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 3(3). – С. 11-13.

3. Бессоненко, С. А. Расчет скорости отцепов и мощности тормозных позиций с использованием вероятностных показателей / С. А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2006. – № 5. – С. 11-16.

4. Иванченко, В. Н. Современные информационные технологии управления сложными процессами расформирования-формирования поездов / В. Н. Иванченко // Наука и транспорт. – 2013. – № 2(6). – С. 64-69.

5. Zarecky, S. The newest trends in marshalling yards automation / S. Zarecky, J. Grun, J. Zilka // Transport Problems. – 2008. – Tom 3. – Vol. 4. – Part 1. – P. 87-95.

6. Жуковицкий, И. В. Структурная схема цифровой системы управления торможением отцепов замедлителями тормозной позиции / И. В. Жуковицкий // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – № 4. – С. 78-81.

7. Бобровский, В. И. Оптимизация режимов регулирования скорости отцепов при роспуске составов на горках / В. И. Бобровский, Н. В. Рогов // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2004. – Вип. 4. – С. 174-182.

8. Методичні рекомендації операторам сортувальних гірок щодо управління пристроями на механізованих і автоматизованих сортувальних гірках [Електрон. ресурс] : Затв.: Наказ Укрзалізниці від 22.02.2013 р. № 042-Ц/од. – Режим доступу : http://static.scbist.com/scb/uploaded/1_1388495805.doc

9. Бобровский, В. И. Анализ эффективности режимов торможения отцепов на сортировочных горках / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Н. В. Рогов // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2006. – Вип. 11. – С. 103-111.

10. Модин, Н. К. Безопасность функционирования горочных устройств / Н. К. Модин. – Москва : Транспорт, 1995, – 173 с.

11. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – Москва : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

12. Myamlin, S. Determination of Dynamic Performance of Freight Cars Taking Into Account Technical Condition of Side Bearers / S. Myamlin, L. Neduzha, O. Ten, A. Shvets // Наука та прогрес транспорту : Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – Дніпропетровськ, 2013. – № 1 (43). – С. 162-169.

13. Bubnov, V. Dynamic performance of freight cars on bogies model 18-1711 / V. Bubnov, S. Myamlin, N. Mankevich // Наука та прогрес транспорту. – 2013. – № 32. – С. 118-126.

14. Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування. ГБН В.2.3-37472062-1:2012 : Затв. : Наказ Міністерство інфраструктури України

17.01.2013 р. № 25. – Київ : Міністерство інфраструктури України, 2012. – 112 с.

15. Козаченко, Д. М. Моделювання скочування відчепа як динамічної системи взаємопов'язаних вагонів / Д. М. Козаченко // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – 2009. – № 20. – С. 5-15.

Стаття рекомендована к публікації д.т.н., проф. Озарем А. Н. (Україна)

Поступила в редколлегию 10.11.2015.

Принята к печати 12.11.2015.

Д. М. КОЗАЧЕНКО, С.О. ПОЖИДАЄВ, К. І. ЖЕЛЄЗНОВ

СТІЙКІСТЬ ВАГОНІВ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ УПОВІЛЬНЮВАЧАМИ

Мета. Стаття спрямована на удосконалення методів оцінки стійкості вагонів від сходу з рейок з метою урахування особливостей їх руху на сортувальних гірках. **Методика.** В якості методів дослідження використані методи теоретичної механіки та моделювання кочування відчепів на сортувальних гірках. **Результати.** Результати виконаних досліджень показали, що несприятливе розташування елементів плану колійного розвитку, стан залізничної колії, розташування вагонів у відчепі, погодні умови викликають додаткові обмеження по допустимому ступеню гальмування їх уповільнювачами. **Наукова новизна.** Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні методів оцінки показників стійкості вагонів, що на відміну від існуючих дозволяє врахувати особливості їх руху при скочуванні відчепів з гірки. **Практична значимість.** Практична значимість результатів полягає у тому, що вони дозволяють аналізувати умови руху відчепів та попереджувати процеси викочування коліс вагонів на рейки і шини уповільнювачів під час регульованого скочування з урахуванням конструктивних особливостей та технічного стану рухомого складу, колії та уповільнювачів.

Ключові слова: сортувальна гірка; гальмування відчепів; стійкість вагонів; безпека руху; режим гальмування.

D. KOZACHENKO, S. POZHIDAEV, K. ZHELEZNOV

STABILITY OF THE RAIL CARS WHEN THEY BRAKING BY RETARDERS

Purpose. The improving of methods for assessing the sustainability of rail cars from the derailment with taking into account the features of their movement on sorting humps is purpose of the article. **Methodology.** As the research methods used the methods of theoretical mechanics and simulation of cuts rolling on sorting humps. **Results.** The results of the studies have shown that adverse layout of railway track elements, the condition of railway track, the location of cars in cut, weather conditions cause additional restrictions on the permissible efforts of brake retarders. **Scientific novelty.** The scientific novelty consist in improving of methods for assessing the sustainability of rail cars from the derailment with taking into account the features of their movement on sorting humps. **Practical meaningfulness.** The practical significance of the study consists in that they allow you to analyze traffic conditions of cuts and to prevent the processes of rolling out the wheels of rail cars on the rails and the tires of retarders during regulated rolling with taking in account features and technical condition of the sorting hump track, rolling stock, and retarders.

Keywords: sorting hump; breaking of cuts; cars stability; traffic safety; braking modes.