

УДК 629.463.65.027.2

ЛУХАНИН Н.И., к.т.н., начальник Одесской ж.д.;

МЯМЛИН С.В., д.т.н., профессор, проректор по научной работе (ДИИТ);

НЕДУЖАЯ Л.А., к.т.н., доцент (ДИИТ);

ШВЕЦ А.А., научный сотрудник (ДИИТ).

### Динамика грузовых вагонов с учетом поперечного смещения тележек

---

#### Введение

---

Как известно, динамическая нагруженность рельсовых экипажей во многом зависит от технического состояния их ходовых частей [1, 2]. Поэтому данное исследование посвящено изучению влияния на динамические качества грузовых вагонов различных отклонений в ходовых частях, неизбежно возникающих при их эксплуатации. Грузовой вагон выбран как наиболее многочисленный тип рельсового экипажа, а среди грузовых вагонов взят четырехосный полувагон.

В связи с этим были проведены теоретические исследования по определению влияния на основные динамические показатели (коэффициенты горизонтальной и вертикальной динамики, коэффициент устойчивости, рамные силы, ускорения в зоне пятников) различных факторов, характеризующих техническое состояние ходовых частей грузовых вагонов в прямых и кривых участках пути, а так же поперечное смещение тележки.

---

#### Основная часть

---

По данным Укрзалізниці [3] в связи с увеличением объёмов перевозок и изменением структуры перевозимых грузов увеличилась потребность в грузовых ва-

гонах в целом, а особенно в полувагонах. Большинство эксплуатируемых грузовых вагонов является морально устаревшими.

Степень износа вагонов в среднем составляет 86%, а остродефицитных полувагонов – почти 89% [3]. Это ещё раз подтверждает актуальность проведенных исследований, так как резкое обновление парка грузовых вагонов вряд ли возможно, то изучение динамической нагруженности грузовых вагонов существующих конструкций с возможными отклонениями в их техническом содержании представляет актуальную научно-прикладную задачу для железнодорожного транспорта.

Естественно, что изучение динамики грузовых вагонов – это не простая теоретическая задача. Цель исследования – определение допускаемых, или лучше, безопасных с точки зрения взаимодействия колеса и рельса, скоростей движения.

Как ранее уже отмечалось [4], установление допускаемых скоростей движения вагонов по прямым и кривым участкам пути представляет сложную инженерную задачу, требующую дифференцированного подхода и конечно же, учитывающую техническое состояние пути и подвижного состава.

В табл. 1 приведенны значения до- пускаемых скоростей движения на раз- личных участках пути из условия обеспе-

чения прочности элементов верхнего строения пути.

Таблица 1

Допускаемые скорости движения грузовых загруженных четырехосных вагонов на тележках ЦНИИ-ХЗ (18–100) по расчетам пути на прочность

Тип верхнего строения пути	Допускаемые скорости, км/ч				
	Прямая	Радиус кривых, м			
		600	400	350	300
P65(6) 1840, 2000Щ, Гр, П, и тяжелее	90	90	Н-80	Н-75	Н-70
P65(6) 1600Щ, Гр, П	80	80	80	Н-75	Н-70
P50(6) 1840, 2000Щ, Гр, П	75	75	75	65	50
P50(6) 1600Щ, Гр, П	60	60	60	60	55
P43(6) 1840, 2000Щ	65	65	50	45	35
P43(6) 1600Щ	50	50	40	30	25
P430(6) 1840, 2000 Гр	65	50	40	35	25
P43(6) 1600 Гр	60	45	30	25	15
P430(6) 1840, 2000 П	50	45	30	25	20
P43(6) 1600 П	50	35	25	20	10

Обозначение «Н» – таблице показывает, что допускаемая скорость выбрана по непогашенному ускорению.

Допускаемые скорости движения определялись по результатам сравнения динамических показателей с их нормативными значениями. Действующие в настоящее время рекомендуемые и допускаемые величины динамических показателей для грузовых вагонов приведены в табл. 2 [5].

Наибольшие горизонтальные поперечные усилия воспринимаются колесами от рельсов на криволинейных участках пути. Эти усилия, особенно в кривых малого радиуса, могут в несколько раз превосходить усилия, возникающие при ви-

лении экипажа на прямых участках. К тому же, если при извилистом движении экипажа эти силы возникают на коротких отрезках пути, где гребни колес набегают на головки рельсов, в кривых с радиусом менее 800 – 600 м гребни некоторых колес при их движении прижаты к наружному рельсу почти на всем протяжении кривой. Заметим, что основными зонами выхода из строя рельсов по дефектам контактно-усталостного происхождения являются кривые участки. Подавляющее количество аварий и крушений поездов, обусловленных недостатками прочности конструкций пути или подвижного состава, а также потерей их устойчивости, происходит на кривых участках.

Таблица 2

Допускаемые динамические показатели для грузовых вагонов

Критерий	Груженный вагон	Порожний вагон
[Кдв]	0,8	0,85
[Кдг]	0,4	0,4

[Куст]	1,3	1,3
[HP/Ро]	0,3	0,38
[jг]	0,3	0,3
[jв]	0,6	0,7

Значение величин коэффициентов горизонтальной и вертикальной динамики, коэффициента устойчивости, направляющих, боковых и рамных сил при движении экипажа в кривых необходимо для расчетов конструкции пути и подвижного состава на прочность, для определения наименьших радиусов кривых, по которым можно пропускать те или иные экипажи, а также для расчетов устойчивости вагонов.

Процесс определения горизонтальных поперечных сил, действующих на путь и вагон при движении на кривом участке пути, называют вписыванием вагона в кривую [1]. Иногда этот термин применяется и для самого процесса движения вагона в кривой.

Основными параметрами железнодорожного пути, от которых зависит вписывание, являются ширина колеи и возвышение наружного рельса в кривой, боковая жесткость рельсов.

Основные внешние силы, определяющие положение вагона в колее при его вписывании, – центробежная и центростремительная силы. Дополнительно на установку экипажа в колее в кривой могут оказывать влияние продольные силы (силы тяги или торможения), а также боковая сила ветра.

### **Анализ результатов**

В данной работе теоретические исследования проводились для случая движения полувагона в порожнем и груженом состоянии на тележках ЦНИИ-ХЗ (модели 18-100) в прямых участках пути и в кривых радиусами 350 и 600 м, с возвышениями наружного рельса 130 и 120 мм соответственно, со скоростями движения в диапазоне от 50 до 90 км/ч. Значе-

ния основных динамических показателей с учётом заданных отклонений технического состояния элементов тележек в пределах существующих допусков в эксплуатации получены методом математического моделирования пространственных колебаний грузового вагона с использованием программного комплекса DYNRAIL «Wagon Dynamics (Single Wagon)» [6] с учетом требований нормативных документов.

Рассмотрено поперечное смещение тележек  $\psi_T$  друг относительно друга (рис. 1, 2). Принято, что задняя по ходу движения тележка расположена точно по продольной оси пути, а передняя имеет поперечное смещение, что соответствует начальному углу поворота кузова в плане относительно оси пути в пределах от 0,002 до 0,008 рад со знаком «плюс», при котором увеличивается угол набегания передней колесной пары на рельс, и со знаком «минус», когда угол набегания уменьшается.

Полученные значения динамических показателей позволяют сделать следующие заключения – с увеличением положительного смещения тележек показатели резко возрастают. При небольшом увеличении отрицательного смещения (угла поворота от 0 до – 0,004 рад.) показатели не изменяются, а потом также возрастают. Следовательно, нельзя допускать поперечное смещение тележки относительно кузова, при котором угол поворота кузова в плане не должен превышать 0,001 рад. Это означает, что при базе кузова 8,66 м неточность расположения пятникового узла на надрессорной балке в поперечном направлении не должна превышать 8,5 мм, а неточность расположения розетки на концевой балке не должна превышать 14 мм.

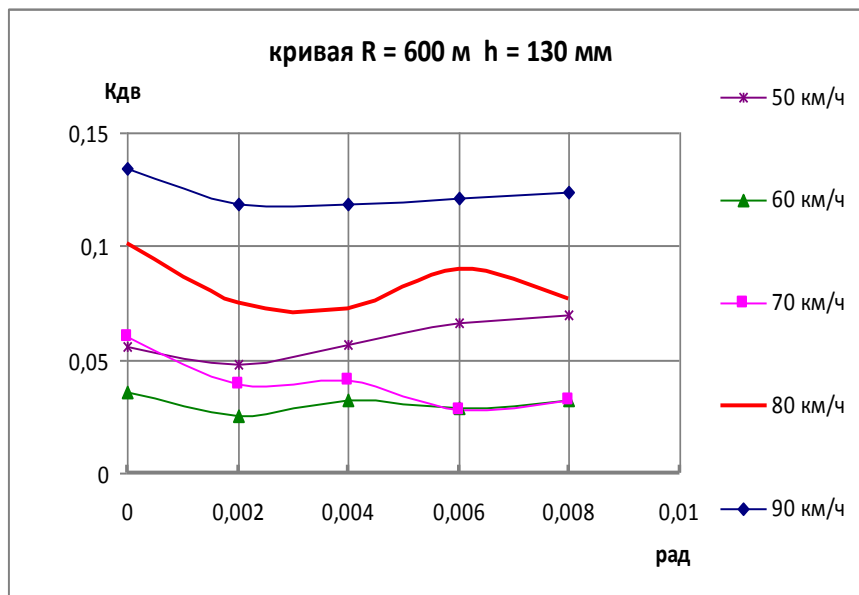


Рис. 1, а. Зависимость коэффициента вертикальной динамики груженого полувагона от зазора в кривой радиусом 600 м

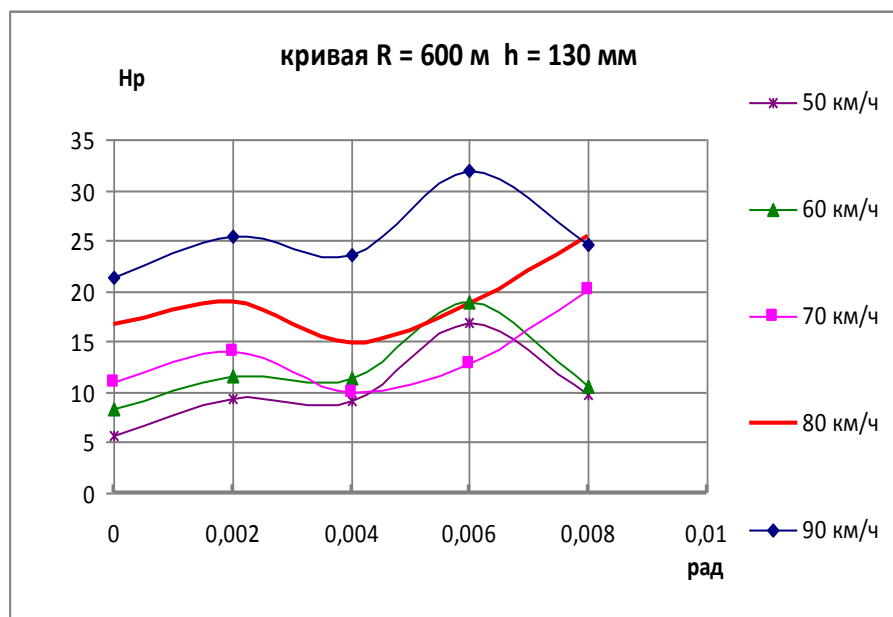


Рис. 1, б. Зависимость рамной силы груженого полувагона от зазора в кривой радиусом 600 м

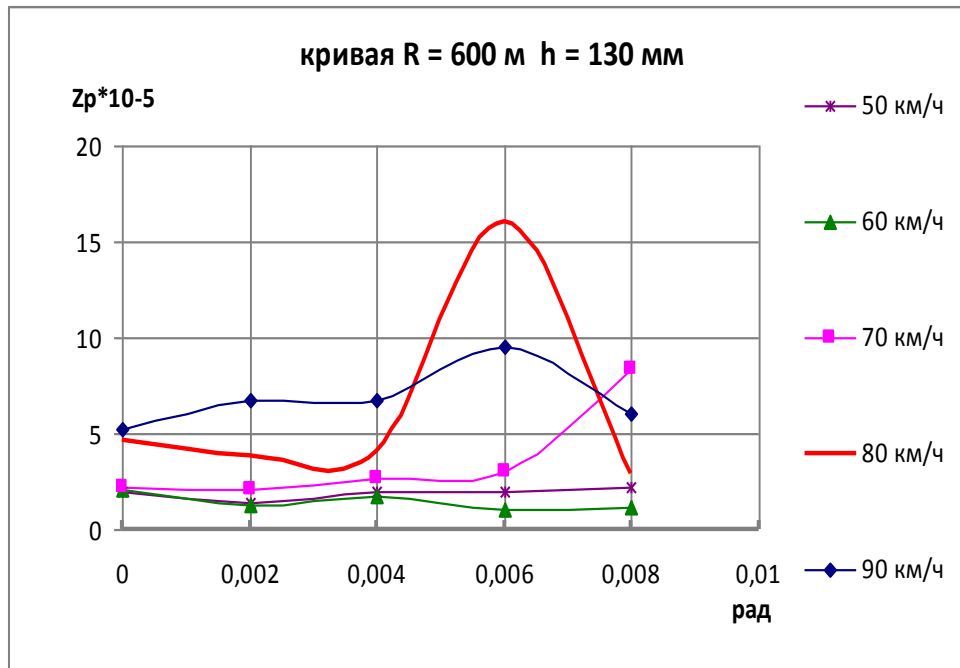


Рис. 1, в. Зависимость величины ускорения в зоне пятника груженого полувагона от зазора в кривой радиусом 600 м

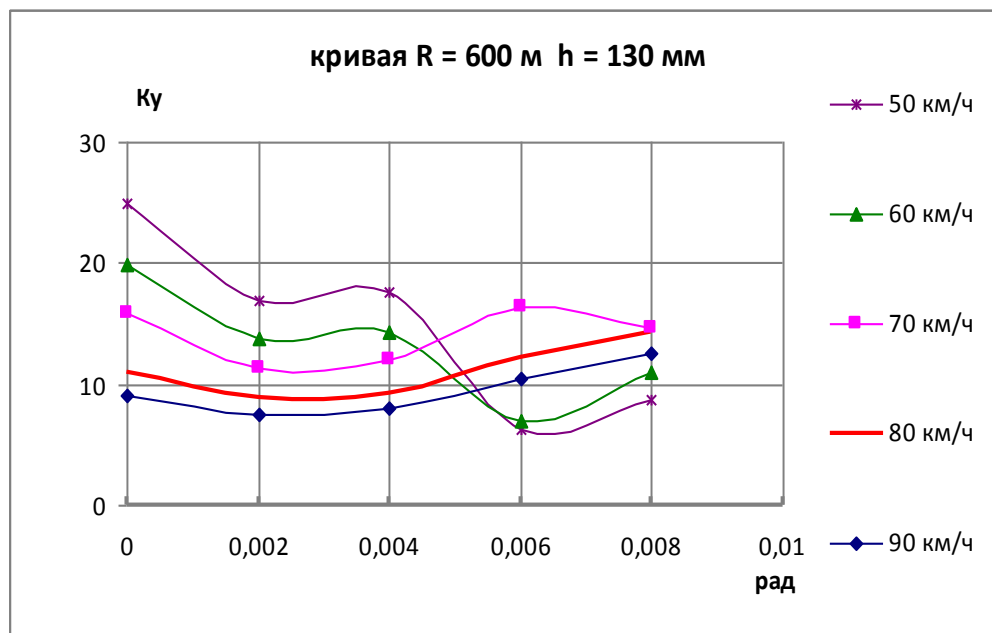


Рис. 1, г. Зависимость коэффициента устойчивости груженого полувагона от зазора в кривой радиусом 600 м

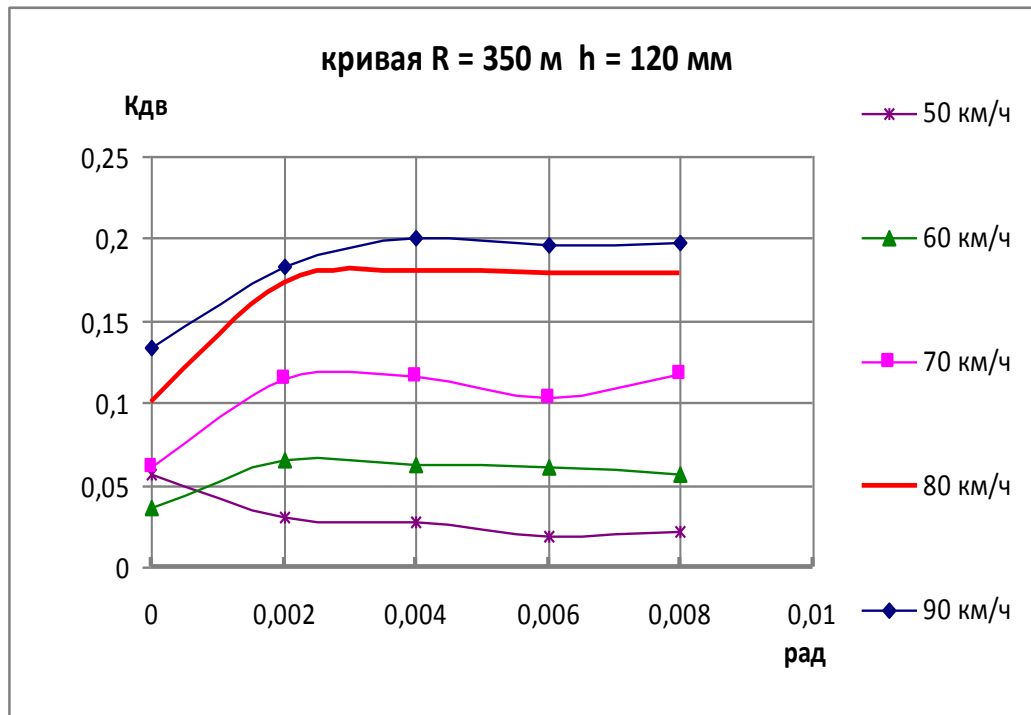


Рис. 2, а. Зависимость коэффициента вертикальной динамики груженого полувагона от зазора в кривой радиусом 350 м

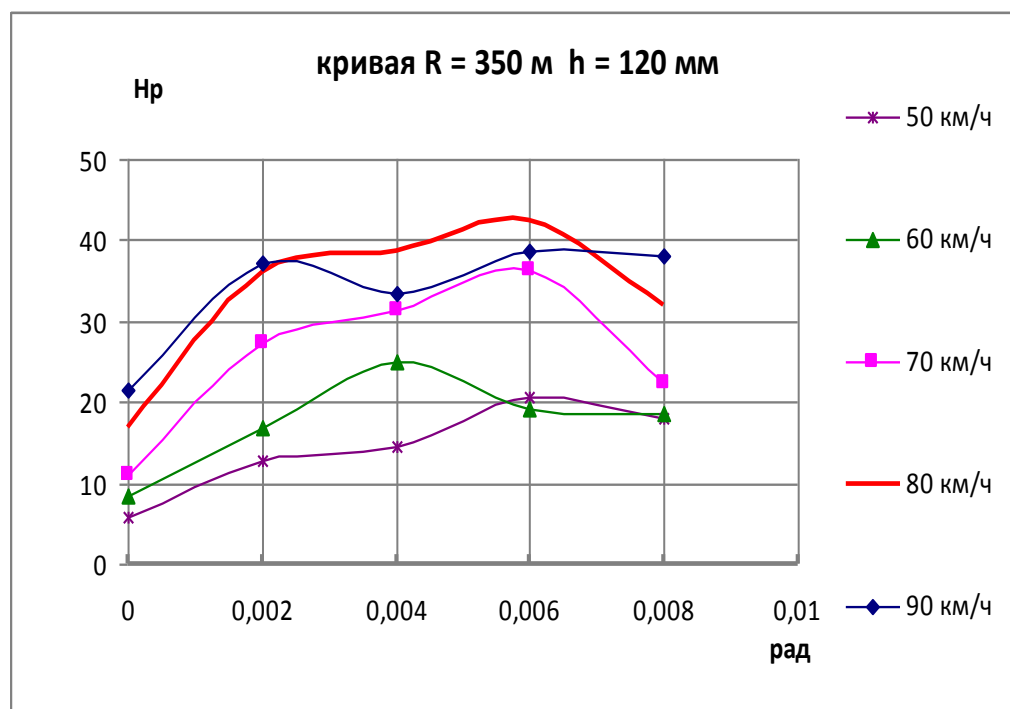


Рис. 2, б. Зависимость рамной силы груженого полувагона от зазора в кривой радиусом 350 м

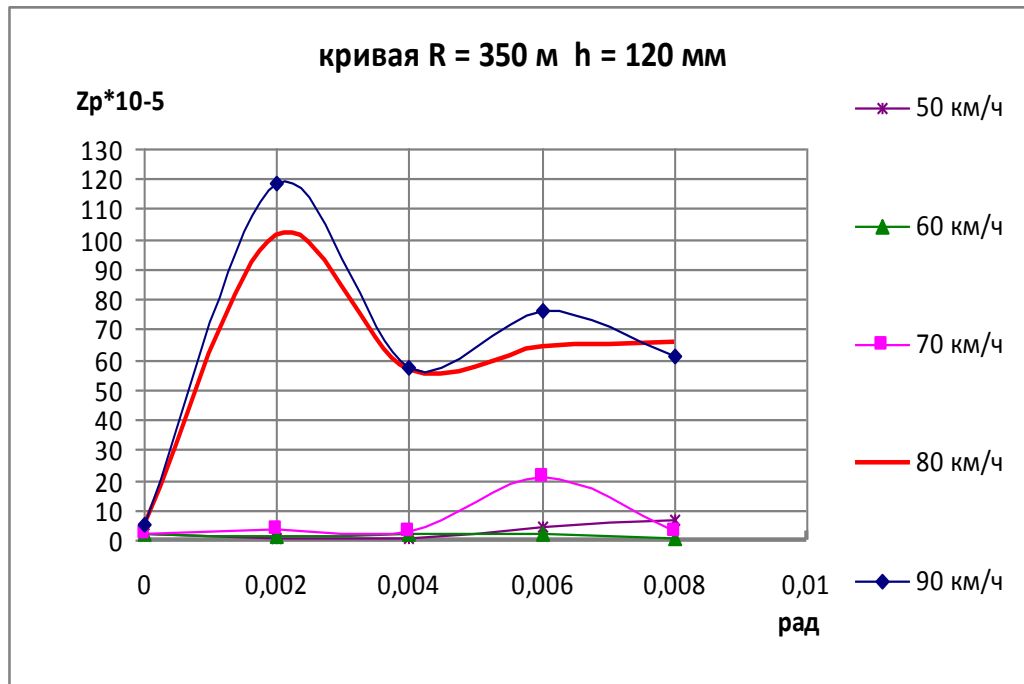


Рис. 2, в. Зависимость величины ускорения в зоне пятника груженого полувагона от зазора в кривой радиусом 350 м

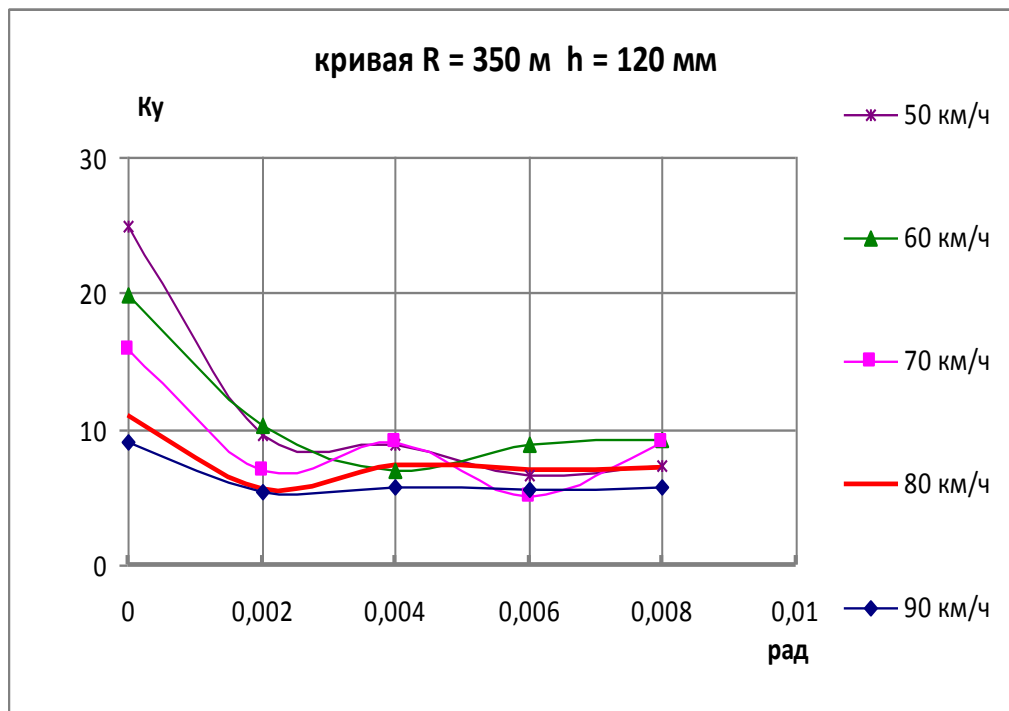


Рис. 2, г. Зависимость коэффициента устойчивости груженого полувагона от зазора в кривой радиусом 350 м

При скорости движения в 80 и 90 км/ч значения рамных сил и ускорений в зоне пятникового узла превышают допу-

стимые. Следовательно, максимальная скорость вписывания в кривые радиусом 350 и 600 м с учетом поперечного смеще-

ния тележки в плане составляет 70 км/ч для принятого уровня неровностей пути.

### Выводы

Таким образом, в результате проведенных теоретических исследований зависимости основных динамических показателей грузового полувагона от угла поворота его кузова и от скорости движения, получены данные, позволяющие объективно оценить влияние поперечного смещения тележки грузового вагона на показатели безопасности движения. Это также позволяет проанализировать возможные изменения показателей динамики при изменении параметров ходовых частей грузовых вагонов.

### Список литературы

1. Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. – М.: Транспорт, 1986. – 560 с.
2. Мямлин С.В., Вострокнутова И.В., Недужая Л.А., Швец А.А. Динамика грузовых вагонов с учетом технического состояния тележек // Тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конф. «Железнодорожный транспорт 21 века (идеи, требования, проекты)». – С–Пб. – 2009. – С. 121.
3. Состояние и перспективы развития вагонного хозяйства Укрзалізниці / Н.И. Сергиенко // Вагонный парк. – 2011. – №9. – С. 4 – 13.
4. Определение допускаемых скоростей движения грузовых вагонов по ж.д. путям колеи 1520 мм / В.Д. Данович, В.В. Рыбкин, С.В. Мямлин, А.Г. Рейдемейстер, А.Г. Трякин, Н.В. Халипова // Вісник ДНУЗТ. – 2003. – № Вип. 2. – С. 77 – 86.

5. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС 1520 мм (несамоходных) и изменения и дополнения. – М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 352 с.

6. Мямлин, С.В. Моделирование динамики рельсовых экипажей. Днепрпетровск: «Новая идеология», 2002. – 240 с.

### Аннотации:

Данная работа посвящена исследованию влияния поперечного смещения тележек грузовых вагонов на их основные динамические показатели. В результате исследований получены зависимости основных динамических показателей грузового вагона от значений угла поворота кузова в зависимости от скорости движения, а также результаты теоретических исследований, которые позволяют объективно оценить влияние технического состояния ходовых частей вагонов на показатели безопасности движения.

Дана робота присвячена дослідженню впливу поперечного зміщення візків вантажних вагонів на їх основні динамічні показники. В результаті досліджень отримано залежності основних динамічних показників вантажного вагону від значень кута повороту кузова в залежності від швидкості руху та результати теоретичних досліджень, які дозволяють об'єктивно оцінити вплив технічного стану ходових частин вагонів на показники безпеки руху.

The report is focused on investigation of the influence of lateral movement of freight car bogies on their basic dynamic performance. As a result of research, dependences of basic dynamic performance of freight cars from the values of angle of rotation of car body depending on the speed, and the results of theoretical studies have been obtained. These results allow to objectively evaluate the impact of the technical condition of cars running parts in the part of bearer parameters on the traffic safety factors.