

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI  
ANDIJON MASHINASOZLIK INSTITUTI**

**MASHINASOZLIK  
ILMIY-TEXNIKA JURNALI**

\*\*\*

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ИННОВАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
АНДИЖАНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

\*\*\*

**MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE AND INNOVATIONS REPUBLIC  
OF UZBEKISTAN  
ANDIJAN MACHINE-BUILDING INSTITUTE  
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL  
MACHINE BUILDING**

*O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi (OAK) Rayosatining 2021-yil 30-dekabrda 310/10-son qarori bilan Andijon mashinasozlik institutining “Maashinasozlik” ilmiy-texnika jurnali “TEXNIKA” va “IQTISODIYOT” fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro‘yhatiga kiritilgan.*

Ushbu jurnalda chop etilgan materiallar tahririyatning yozma ruxsatisiz to‘liq yoki qisman chop etilishi mumkin emas. Tahririyatning fikri mualliflar fikri bilan har doim mos tushmasligi mumkin. Ilmiy-texnika jurnalida yozilgan materiallarning haqqoniyligi uchun maqolaning mualliflari mas‘uldirlar.

Transport	
Статические характеристики оптоэлектронных дискретных преобразователей перемещений с полыми и волоконными световодами <i>Холматов У.С.</i>	128
Use of the expert assessment method in technological equipment of automobile enterprises <i>Islomov Sh.E.</i>	136
Метод восстановления поверхности катания цельнокатных колес пассажирских вагонов <i>Зайнитдинов О.И., Абдуллаев Б.А., Галимова Ф.С., Гайинов А.Б.</i>	144
Karter moyining tarkibiy tahlili yordamida avtomobil dvigatellarini diagnostikalash usuli tahlili <i>Umirov I.I.</i>	155
Yuk vagon g'ildiraklariga kuch ta'sir qilganda, diskdan obodga o'tish qismida hosil bo'ladigan kuchlanishlarni solidworks dasturida aniqlash <i>Шоқучқоров Қ.С., Абдуллаев Б.А., Гайинов А.Б., Джаббаров Ш.Б., Хикматов Ф.Ф.</i>	161
Основные тенденции цифровизации транспортно-логистических провайдеров <i>Илхомов С.С.</i>	166
Avtomobil old oynasini avtomatik tozalash qurilmalarining tahlili <i>Saydaliyev I.N.</i>	173
Оценка устойчивости грузового вагона при движении на кривых участках пути <i>Намозов С.Б., Рахматов Х.А., Джаббаров Ш.Б.</i>	179
Iqtisodiyot	
Развитие системы менеджмента качества предприятий лёгкой промышленности и совершенствование методов её оценки в условиях цифровизации <i>Сафина Н.Т.</i>	186
Зарубежный опыт цифровой трансформации экономики <i>Сотволдиев А.А.</i>	200
“O‘zbekiston – 2030” strategiyasi: sanoat mahsulotlari eksportining istiqbollari <i>Pyosov A.A.</i>	209
Agroklastlar faoliyatini rivojlantirishda mehnat resurslaridan samarali foydalanish <i>Qobulova M.Y.</i>	216
Цифровая экономика в эпоху глобализации <i>Халилов Н.Х.</i>	224
Issiq iqlimli mintaqalarda foydalanishi mo'ljallangan avtomobillarini yonaki to'qnashuvda himoyalash tizimi sinov usullari <i>Qayumov B.A.</i>	232

УДК 629.24

Намозов Сохиб Баходирович ассистент кафедры  
“Вагоны и вагонное хозяйство”  
Ташкентский государственный транспортный университет  
[Sohibnamozov956@gmail.com](mailto:Sohibnamozov956@gmail.com) +998909444388  
Рахматов Хамза Абдулхакимович ассистент кафедры  
“Вагоны и вагонное хозяйство”  
Ташкентский государственный транспортный университет  
[x.rahmatov90@gmail.com](mailto:x.rahmatov90@gmail.com) +998911323770  
Джаббаров Шухрат Батирович PhD, доцент кафедры  
“Вагоны и вагонное хозяйство”  
Ташкентский государственный транспортный университет  
[shuhratassistant@gmail.com](mailto:shuhratassistant@gmail.com) +998935357227

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА ПРИ ДВИЖЕНИИ НА КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ

### YUK VAGONLARINING EGRI YO'LLARDA HARAKAT VAQTIDA BARQORLIGINI BAHOLASH

#### EVALUATION OF THE STABILITY OF A FREIGHT CAR WHEN DRIVING ON CURVED TRACK SECTIONS

**Аннотация.** В данной работе представлены результаты анализа движения вагона производства ДП «Литейно-механический завод» модели 12-9922 на участках, имеющих кривизну различного радиуса. Для предотвращения опрокидывания вагона в этих кривых были проведены необходимые расчёты. Возвышение одного рельса над другим – одно из решений рассматриваемой нами проблемы. Также в работе приведены расчеты по ограничению скорости при движении вагона в разных радиусах кривого участка

**Аннотасија.** Ushbu maqolada 12-9922 rusumli "Quyma-mexanika zavodi" SE tomonidan ishlab chiqarilgan avtomobilning turli radiusli egrilikli uchastkalarda harakatlanishini tahlil qilish natijalari keltirilgan. Vagonning ag'darilishiga yo'l qo'ymaslik uchun ushbu egri chiziqlarda kerakli hisob-kitoblar amalga oshirildi. Bir relsni boshqasining ustiga ko'tarish biz ko'rib chiqayotgan muammoning echimlaridan biridir. Qog'oz, shuningdek, avtomobil egri uchastkaning turli radiuslarida harakat qilganda tezlik chegarasi uchun hisob-kitoblarni taqdim etadi

**Abstract:** This paper presents the results of the analysis of the movement of the car produced by DP "Foundry-Mechanical Plant" model 12-9922 in sections with curvature of different radii. To prevent the car from overturning in these curves, the necessary calculations were carried out. The elevation of one rail above another is one of the solutions to the problem we are considering.

**Ключевые слова:** железная дорога, полувагон, опрокидывание, центробежная сила, коэффициент устойчивости.

**Kalit so'zlar:** temir yo'l, gondol, ag'darish, markazdan qochma kuch, barqarorlik koeffitsienti.

**Keywords:** gondola, rollover, centrifugal force, stability coefficient.



Железнодорожный путь состоит из чередующихся прямых и кривых участков. При движении вагона по кривому участку пути, на него действует центробежная сила, которая при неблагоприятном сочетании с ветровой нагрузкой и поперечными инерционными силами от боковых колебаний кузова на рессорах создает момент, опрокидывающий вагон наружу кривой и разгружающий колёса с внутренней стороны кривой [8-10].

Для компенсации действия центробежной силы в кривой радиусом  $R$  наружный рельс укладывают выше внутреннего. Максимально допустимое возвышение наружного рельса на кривом участке согласно [1] составляет 150 мм.

Величину возвышения  $h$  наружного рельса обычно определяют из условия, чтобы вертикальные нагрузки колес на головки обоих рельсов были одинаковыми (рис. 1). Следовательно, данное условие выражается следующим образом:

$$\frac{H_{\text{цк.порож}}}{mg} = \text{tg} \alpha \approx \frac{h}{2s}$$

где  $H_{\text{цк.порож}}$  – центробежная сила;  $m$  – масса вагона;  $2s$  – ширина колеи;  $\alpha$  – угол возвышения рельса.

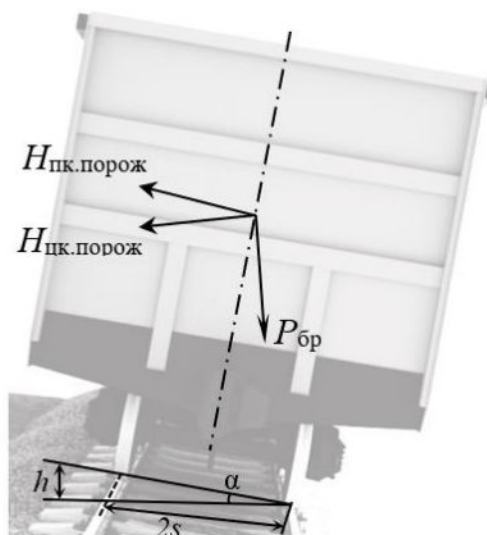


Рисунок 1 – Силы, возникающие при движении в кривых участках пути.

Технические характеристики четырехосного универсального полувагона представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики полувагонов

Параметры	4-х осный универсальный полувагон производства Республики Узбекистан
Грузоподъемность, $t$	70
Тара, $t$	23,5
Объём кузова, $m^2$	92
База вагона, $m$	8,65
Максимальная расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, $kH$	230,5
Конструкционная скорость, $км/ч$	120
Боковая проекция кузова, $m$	31,5

Устойчивость вагона от опрокидывания оценивают при его проектировании расчетным путем по условному критерию, исходя из соотношения сил взаимодействия колес с рельсами [8-10].

Для того, чтобы проверить условие устойчивости от опрокидывания вагона наружу кривой необходимо определить центробежную силу и коэффициент устойчивости вагона. Расчет производится для порожнего режима, так как порожний вагон менее устойчив [2].

Последовательность расчета коэффициента устойчивости от опрокидывания наружу кривой представлен ниже.

Определение центробежной силы, приложенной к кузову вагона порожнего режима, определяется по формуле 2.

$$H_{\text{цк.порож}}(v) = \frac{T_k}{g} \times \frac{v^2}{R} - \frac{h}{2s} \times g \frac{\ddot{\phi}}{\phi}$$

где  $v = (15 - 33)$  м/с – скорость движения вагона;  $h = 0,15$  м – возвышение наружного рельса в кривой.

Определение ветровой нагрузки, приложенной к кузову,  $H$ .

Определение высоты точки приложения равнодействующей ветровой и центробежной нагрузки над уровнем головки рельса, для порожнего режима,  $m$

$$h_{\text{рд.порож}}(v) = \frac{H_{\text{цк.порож}}(v) \times h_{\text{ц.порож}} + H_{\text{ВК}} \times h_{\text{В}}}{H_{\text{цк.порож}}(v) + H_{\text{ВК}}},$$

где  $h_{\text{рд.порож}} = 1,8$  м – высота точки приложения центробежной нагрузки над уровнем головки рельса, для порожнего режима;  $h_{\text{В}} = 1,98$  м высота точки приложения ветровой нагрузки над уровнем головки рельса [3].

Определим ветровую нагрузку, приложенную к кузову:

$$H_{\text{ВК}} = F \times \omega,$$

где  $F$  - площадь боковой проекции кузова,  $\omega = 500$  Па - удельное ветровое давление.

Определение отношения боковых сил к весу кузова для порожнего режима:

$$\gamma_{\text{порож}}(v) = \frac{H_{\text{цк.порож}}(v) + H_{\text{ВК}}}{T_k},$$

Определение поперечного смещения центра масс вагона под действием боковых сил, для порожнего режима:

$$\delta_{\text{порож}} = \frac{\gamma_{\text{порож}}(v) \times h_{\text{ц.порож}}}{\frac{b_2^2}{2f_{\text{ст.порож}} \times h_{\text{рд.порож}}(v)} - 1},$$

где  $b_2 = \frac{2,036}{2}$  м половина расстояния между серединами шеек оси колесной пары [4].

$$\delta_{\text{порож}} = \frac{2 \times q_{\text{тел}}}{T_k},$$

где  $r = 0,478$  радиус колеса вагона.

Определение коэффициента устойчивости вагона от опрокидывания при движении в кривых:

$$K_{\text{ус.порож}}(v) = \frac{s \times (1 + \delta_{\phi})}{\gamma_{\text{порож}}(v) \times h_{\text{рд.порож}}(v) + r \times (1 + \delta_{\text{порож}}) + D_{\text{порож}} + D_{\text{цм}}},$$

$$K_{\text{ус.расч}}^3 K_{\text{ус.доп}}$$

$K_{\text{ус.доп}}=1,5$  – допускаемое значение коэффициента устойчивости согласно [5].

Для обеспечения устойчивости от опрокидывания расчетное значение коэффициента устойчивости не должно превышать допускаемого значения.

Расчет коэффициента устойчивости производился для универсального полувагона модели 12-9922, результаты которого представлены в соответствующих таблицах [8-10].

По результатам полученных расчетов можно построить графики зависимости коэффициента устойчивости от скорости движения вагонов, которые определяют максимально-допустимую скорость, при движении по кривой. При превышении данной скорости, теряется устойчивость вагона [6 7].

Таблица 2 – Зависимость расчетного коэффициента устойчивости от скорости движения в порожнем режиме в кривой R=800 м

Скорость движение, $v$ (м/с)	5	10	15	20	25	30	35	40
Допускаемый коэффициент устойчивости	1,5							
Расчетный коэффициент устойчивости	3,52	3,25	2,88	2,49	2,12	1,79	1,5	1,3

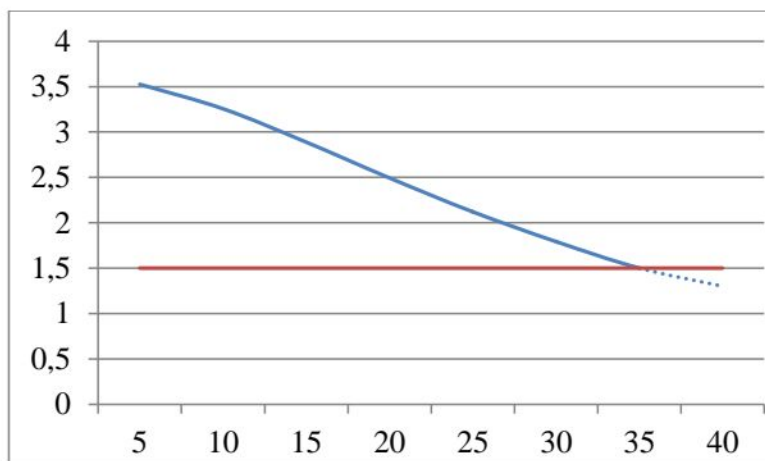


Рисунок 2 – график зависимости расчетного коэффициента устойчивости от скорости движения в порожнем режиме в кривой R=800 м

По результатам расчетов были получены результаты, показанные на рисунке 2 и таблице 2. Согласно которым коэффициент устойчивости в кривой R=800 м превышает допускаемое значение при достижении скорости 35,3 км/ч.

Таблица 3 – Зависимость расчетного коэффициента устойчивости от скорости движения в порожнем режиме в кривой R=600 м

Скорость движение, $v$ (м/с)	5	10	15	20	25	30	31,6	35
Допускаемый коэффициент устойчивости	1,5							
Расчетный коэффициент устойчивости	3,88	3,46	2,93	2,41	1,96	1,60	1,5	1,3



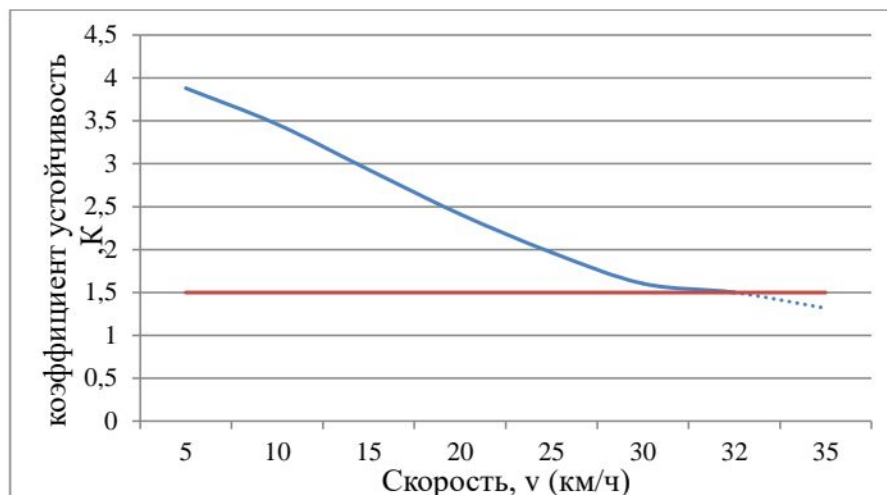


Рисунок 3 – График зависимости расчетного коэффициента устойчивости от скорости движения в порожнем режиме в кривой R=600 м

По результатам расчетов были получены результаты, показанные на рисунке 3 и таблице 3. Согласно которым коэффициент устойчивости в кривой R=600 м превышает допустимое значение при достижении скорости 31,6 км/ч.

Таблица 4 – Зависимость расчетного коэффициента устойчивости от скорости движения в порожнем режиме в кривой R=350 м

Скорость движение, $v$ (м/с)	5	10	15	20	25	30	35
Допускаемый коэффициент устойчивости	1,5						
Расчетный коэффициент устойчивости	15,1	8,36	4,78	2,99	2,01	1,502	1,08

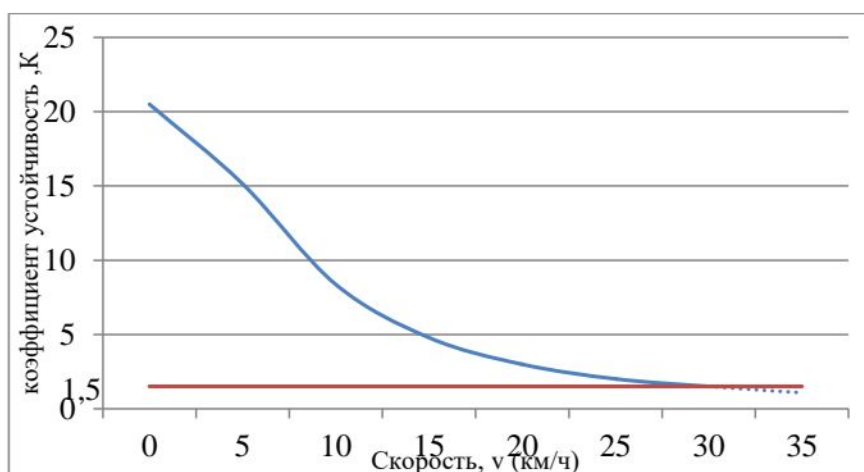


Рисунок 4 – График зависимости расчетного коэффициента устойчивости от скорости движения в порожнем режиме в кривой R=350 м

По результатам расчетов были получены результаты, показанные на рисунке 4 и таблице 4. Согласно которым коэффициент устойчивости в кривой R=350 м превышает допустимое значение при достижении скорости 29 км/ч.

Таблица 5 – Зависимость расчетного коэффициента устойчивости от скорости движения в порожнем режиме в кривой R=250 м

Скорость движение, $v$ (м/с)	5	10	15	20	25	30	35
Допускаемый коэффициент устойчивости	1,5						
Расчетный коэффициент устойчивости	13.65	6.75	3.657	2.227	1.501	1.052	0.783

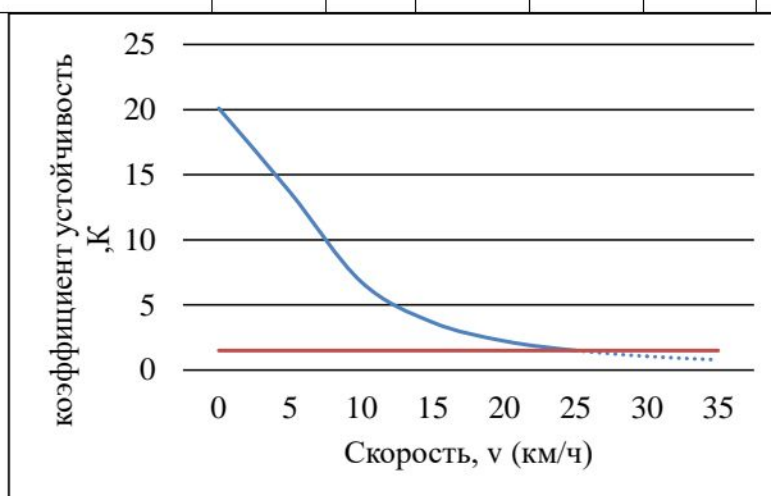


Рисунок 5 – график зависимости расчетного коэффициента устойчивости от скорости движения в порожнем режиме в кривой R=250 м

### ВЫВОДЫ

Анализ результатов исследований универсального полувагона производства Республики Узбекистан, позволил сделать выводы, что в целях предотвращения опрокидывания подвижного состава при малых радиусах до 350 м, а также для обеспечения безопасного движения нужно соблюдать ограничение скорости. Например, при радиусе кривой 250 м скорость движения не должно превышать 25 км/ч, а при радиусе 350 м 30 км/ч.

При больших радиусах кривой от 600 до 800 м необходимо обеспечить проход при скоростях, равных от 31,6 км/ч до 35,3 км/ч соответственно и исключить возможность опрокидывания подвижного состава.

### Список использованной литературы

1. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути. – М.: Транспорт, 2016. – 9 с.
2. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 317 с.
3. Рахимов Р.В. О возможности курсирования грузовых вагонов с повышенными осевыми нагрузками по железнодорожной инфраструктуре Республики Узбекистан / Р.В. Рахимов // Наука и образование транспорту. – 2020. – № 1. – С. 79 – 81.



4. «Quyuv-mexanika zavodi» ShK da ishlab chiqarilayotgan yuk vagonlarining turli radiusdagi egri uchastkalarda harakatlanayotganda ag'darilishga qarshi barqarorligini tahlil qilish / X. A. Рахматов, С. Б. Намозов, Ф. Ф. Музаффаров [и др.] // Молодой ученый. – 2022. – № 6 (401). – С. 297-301.

5. Sement tashuvchi vagon-xopporni ag'darilishga qarshi mustahkamligini aniqlash/ H.A. Rahmatov, F.F. Muzaffarov, S.B. Namozov [va b.] // Молодой ученый. – 2022. – No 1 (396). – P. 312-317.

6. Вершинский С.В. Динамика вагона / С.В. Вершинский, В.Н. Данилов, В.Д. Хусидов. – М.: Транспорт, 1991. – 360 с.

7. Рахимов Р.В. Проверка точности восстановления вертикальных нагрузок от колеса на рельс по напряжениям в двух сечениях рельса на стенде / Р.В. Рахимов, А.А. Петров // Транспорт Российской Федерации. – 2018. – № 4 (77). – с. 55-58.

8. Kinematic characteristics of the car movement from the top to the calculation point of the marshalling hump Turanov K., Gordienko A., Saidivaliev S., Djaborov S., Djalilov K. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. T. 1258. C. 322-338.23

9. Designing the height of the first profile of the marshalling hump Turanov K., Gordienko A., Saidivaliev S., Djaborov S. В сборнике: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. C. 03038.612

10. Movement of the wagon on the marshalling hump under the impact of air environment and tailwind Turanov K., Gordienko A., Saidivaliev S., Djaborov S. В сборнике: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. C. 03041.413