

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**
Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

16-iyun, 2025



engineer.tstu.uz

**“QURILISHDA YASHIL IQTISODIYOT, SUV VA ATROF-MUHITNI ASRASH
TENDENSIYALARI, EKOLOGIK MUAMMOLAR VA INNOVATSION
YECHIMLAR” MAVZUSIDAGI RESPUBLIKA MIQYOSIDAGI
ILMIY-AMALIY KONFERENSIYA
TASHKILIY QO‘MITASI**

1. Abdurahmonov O.K. – O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi ijtimoiy rivojlantirish departamenti rahbari, Toshkent davlat transport universiteti rektori
2. Gulamov A.A – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
3. Shaumarov S.S – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
4. Suvonqulov A.X. – O‘zsuvta’minoti AJ raisi
5. Xamzayev A.X. – O‘zbekiston ekologik partiyasi raisi
6. Maksumov N.E. – O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi sohasida nazorat qilish inspeksiysi boshlig‘i o‘rinbosari
7. Baratov D.X. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
8. Turayev B. X – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
9. Norkulov S.T. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
10. Adilxodjayev A.E. – Universitedagi istiqbolli va strategik vazifalarini amalga oshirish masalalari bo‘yicha rektor maslahatchisi
11. Negmatov S.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK ilmiy rahbari, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Akademigi
12. Abed N.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK raisi
13. Merganov A.M – Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo‘limi boshlig‘i
14. Ibadullayev A. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi professori
15. Rizayev A. N. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi professori
16. Xalilova R.X. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi professori
17. Babayev A.R. – “Qurilish muhandisligi” fakulteti dekani
18. Boboxodjayev R.X – Tahririy nashriyot va poligrafiya bo‘limi boshlig‘i
19. Talipov M.M – Ilmiy nashrlar bilan ishslash bo‘limi boshlig‘i
20. Maxamadjonova Sh.I. - Matbuot xizmati kontent-menedjeri
21. Umarov U.V. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi mudiri
22. Eshmamatova D.B. – Oliy matematika kafedrasi mudiri
23. Muxammadiyev N.R. – Bino va sanoat inshootlari qurilishi kafedrasi mudiri
24. Tursunov N.Q. – Materialshunoslik va mashinasozlik kafedrasi mudiri
25. Sherluxamedov U.Z. – Ko‘priklar va tonnellar kafedrasi mudiri
26. Lesov Q.S. – Temir yo‘l muhandisligi kafedrasi mudiri
27. Pirnazarov G‘.F. – Amaliy mehanika kafedrasi mudiri
28. Teshabayeva E.U. – Tabiiy fanlar kafedrasi professori
29. Chorshanbiyev Umar Ravshan o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi dotsent v.b.
30. Obidjonov Axror Jo‘raboy o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi assistenti

Investigation of the conditions forming the operational characteristics of the friction wedge of the vibration damper

M.R. Turakulov¹, N.K. Tursunov¹

¹Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

The article explores the prospects of using new materials for the production of friction wedges in vibration dampers for freight car bogies, taking into account the design requirements. Research has been conducted on reducing harmful impurities in the composition of cast iron and improving its strength characteristics. The article considers various options for the mass fraction of elements in the cast iron composition, depending on the type of cast iron, and provides approximate data on hardness (HV) on the walls of castings with different cross-sections. The reliability of the friction wedge vibration damper (FWVD) has a significant impact on the service life of rolling stock, as the friction force created to dampen vertical and horizontal oscillations of the wagon body decreases over time due to the wear of the working surfaces of the friction wedge. The friction wedge is a rapidly wearing component: the average mileage of grey cast iron friction wedges before replacement is about 100,000 kilometers. The annual demand for FWVDs, solely for depot repairs, exceeds 100,000 units. During the wear process, approximately 0.3 thousand tons of cast iron are irreversibly lost. Key research areas include optimizing the chemical composition, enhancing the physicomechanical and tribological properties, as well as mathematical modeling of FWVD performance under various operating conditions and predicting their behavior in service.

Keywords:

Friction wedge, vibration damper, intensive wear, wear resistance, friction strip, technical parameters, friction surface.

Исследование условий, формирующих эксплуатационные характеристики фрикционного клина гасителя колебаний

Туракулов М.Р¹, Турсунов Н.К¹

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация:

В статье рассматривается перспектива использования новых материалов, для производства фрикционного клина гасителя колебаний, для тележек грузовых вагонов, с учётом предъявляемых к ним конструктивных требований, при этом проведено исследования по снижению вредных примесей в составе чугуна и повышение его прочностных характеристик. Рассмотрены варианты массовой доли элементов в составе чугуна и зависимости от марки чугуна и определены ориентировочные данные по твёрдости (HV) на стенках отливок различного сечения. Надёжность работы фрикционного клинового гасителя колебаний (ФКГК) оказывает большое влияние на долговечность подвижного состава, поскольку сила трения, созданная для гашения вертикальных и горизонтальных колебаний кузова вагона, со временем снижается из-за износа рабочих поверхностей фрикционного клина. Фрикционный клин представляет собой быстро изнашивающуюся деталь: средний пробег фрикционных клиньев из серого чугуна до их замены составляет около 100 тыс. км. Ежегодная потребность в ФКГК, исключительно для деповских ремонтов, превышает 100 тыс. единиц. В процессе износа фрикционного клина теряется около 0,3 тыс. тонн чугуна. Важными направлениями являются оптимизация химического состава, улучшение физико-механических и трибологических свойств, а также математическое моделирование работы ФКГК в различных режимах эксплуатации и прогнозирование их поведения в условиях эксплуатации.

Ключевые слова:

Фрикционный клин, гаситель колебаний, интенсивный износ, износостойкость, фрикционная планка, технические параметры, поверхность трения

1. Введение

Развитие технологий в литейной отрасли обусловило активное использование синтетического чугуна, получаемого путём переплавки металлических отходов. Этот материал значительно отличается от ваграночного чугуна, как по прочностным характеристикам, так и по технологии производства. Основным источником синтетического чугуна служат стальной лом, листовая обрезь, стружка и другие отходы. Современные индукционные печи обладают высокой технологической гибкостью, позволяя производить сплавы различного состава, поддерживать температуру и обеспечивать равномерность свойств расплава. Важным преимуществом индукционного метода является способность проводить рафинирование и модификацию расплава, что снижает содержание неметаллических включений и улучшает литейные свойства. Получаемый синтетический чугун отличается стабильной структурой и высоким качеством. Это позволяет использовать его для ответственных отливок, таких как тормозные колодки, фрикционные клинья, блоки цилиндров и другие детали, работающие в тяжёлых условиях. Фрикционные клинья относятся к элементам, испытывающим значительные нагрузки и работающим в условиях интенсивного износа. Поэтому выбор материала и его характеристики играют ключевую роль в обеспечении долговечности и надёжности узлов гашения колебаний. Стандартный ресурс клина из серого чугуна составляет около 100 тыс. км, что требует частой замены и значительных затрат. С учётом потребности в более 100 тыс. единиц ФКГК ежегодно (только на деповские ремонты) и объёма безвозвратно утраченного чугуна, оцениваемого в 300 тонн в год, актуальной становится задача повышения ресурса и совершенствования свойств материала.

2. Материалы и методы

Основные используемые материалы для изготовления фрикционных клиньев — это сталь 20ГЛ, а также серые чугуны марок СЧ20, СЧ25 и другие. Рабочие пары трущихся элементов подвергаются абразивному и фрикционному воздействию при возвратно-поступательных движениях в условиях воздействия влаги, пыли и песка. В случае использования стали происходит схватывание и абразивный износ, что может вызвать зависание клина. В случае применения чугуна — наблюдаются отслаивание слоёв и захваты металла, также наблюдается абразивный износ. При лабораторных исследованиях отмечается, что окончательный механизм износа в условиях эксплуатации трудно установить из-за множества влияющих факторов: конструктивные особенности, технология изготовления, осевые нагрузки, режимы движения и качество материалов.

3. Требования и материалы

Конструкция тележек грузовых вагонов регламентируется ГОСТ 9246-2013. На клиньях

устанавливаются индикаторы предельного износа. В производстве используются:

сталь по ГОСТ 977: 20Л, 25Л, 20ГЛ, 20ФЛ и 30ГСЛ;
чугун по ГОСТ 1412: СЧ30, СЧ35;

высокопрочный чугун по ГОСТ 7293: ВЧ60, ВЧ70.

Чугун представляет собой сплав железа с углеродом (не менее 2,14%) и включает кремний, марганец, фосфор, серу и другие элементы. В таблице 1 приведены массовые доли элементов для различных марок чугуна, а в таблице 2 — значения твёрдости на стенках отливок различной толщины. Фрикционный клин гасителя колебаний (ФКГК) относится нагруженным деталям пар трения тележек грузовых вагонов, работающих в зоне интенсивного износа. Поэтому, для этого необходимо проанализировать влияние свойств материала фрикционного клина на износостойкость, прочностные характеристики и трибологические свойства трущихся поверхностей. Поэтому прочностные характеристики не только определяют качество, надежность и работоспособность фрикционных клиньев (ФКГК), но и позволяют определить критерии и совершенствование (ФКГК) при их разработке и производстве. Основными базовыми материалами при изготовлении фрикционных клиньев являются сталь 20ГЛ, серый чугун марки СЧ20 и СЧ25, поэтому определим влияние свойств этих материалов на эксплуатационные и технические параметры фрикционных клиньев. Фрикционный клин и фрикционная планка совершают возвратно-поступательные движения в вертикальной плоскости в условиях эксплуатации абразивного действия рабочей среды (песок, пыль и др.) а также воздействия влаги (периодического смачивания поверхностей трения во время движения) от дождя и снега. При работе узлы гашения стальных фрикционных клиньев, со стальными фрикционными планками наблюдается абразивный износ и схватывание. Такие пары трения работают не удовлетворительно и приводят к зависанию фрикционного клина, а затем дальнейшему резкому перемещению его вниз. Во время работы фрикционных клиньев из серого чугуна, со стальными фрикционными планками основным видом износа является отделение пластически деформированных слоев металла с трущихся поверхностей трения. Также наблюдается схватывание металла с рабочей поверхностью трения фрикционного клина и абразивный износ. Поэтому определить механизм износа установленных на вагонах фрикционных клиньев и фрикционных планок, за всё время их работы не представляется возможным вследствие влияния многочисленных факторов: технологии изготовления, осевая нагрузка, скорость движения вагонов, свойства материала фрикционных клиньев и фрикционных планок, при этом установленные при лабораторных исследованиях, критерии сохраняются. Предъявляемые требования документов конструкции к двухосным трехэлементным тележкам грузовых вагонов строго применяются по ГОСТу 9246 [1]. На рабочей вертикальной поверхности фрикционных клиньев устанавливаются визуальные



индикаторы для определения предельного состояния по износу трущихся поверхностей клина, конкретное место расположения которых указываются в конструкторских документациях. Фрикционный клин изготавливается методом литья или другими способами. На сегодняшний день в базовый фрикционный клин гасителя колебаний изготавливают из:

стали марок по ГОСТу 977 20Л К20, 25Л К20, 20ГЛ К25, 20ФЛ К30 и 30ГСЛ К35.

марки чугуна ВЧ60 и ВЧ70 по ГОСТу 7293, а также из СЧ30 и СЧ35 по ГОСТу 1412.

Таблица 1
Соотношение массовой доли элементов в составе чугуна в зависимости от марки чугуна

Наименование чугуна (марка)	Массовая доля элементов в процентах				
	C (углерод)	Si (кремний)	Mn (марганец)	P (фосфор)	S (серебро)
	Не более %				
СЧ10	3,5÷3,7	2,2÷2,6	0,5÷0,8	0,3 %	0,15
СЧ15	3,5÷3,7	2,0÷2,4	0,5÷0,8	0,2 %	0,15
СЧ20	3,3÷3,5	1,4÷2,4	0,7÷1,0	0,2 %	0,15
СЧ25	3,2÷3,4	1,4÷2,2	0,7÷1,0	0,2 %	0,15
СЧ30	3,0÷3,2	1,3÷1,9	0,7÷1,0	0,2 %	0,12
СЧ35	2,9÷3,0	1,2÷1,5	0,7÷1,1	0,2 %	0,12

Чугун - называется сплав железа и углерода, количество углерода должно составлять не менее 2,14% и может представлять цементит или графит. Также в составе чугуна присутствуют примеси та: Si, Mn, S, P и другие легирующие компоненты. При этом здесь массовая доля элементов в составе чугуна, в зависимости от марки чугуна указана в 1 -таблице, а в 2 - таблице указываются данные по твёрдости (НВ) на стенках отливок различного сечения [2].

Таблица 2
Данные по твёрдости (ориентировочные) в стенках отливки различного сечения

Наименование чугуна (марка)	Толщина стенок отливки, в мм						
	4	5	15	30	50	80	150
Твёрдость, не более							
СЧ10	206	200	192	185	158	150	122
СЧ15	242	225	212	202	165	157	131
СЧ20	256	242	230	216	172	165	143
СЧ25	262	255	247	239	188	172	157
СЧ30	-	271	264	252	198	188	164
СЧ35	-	293	276	272	230	202	180

При условии для выполнения конструктивных требований для (ФКГК) допускается использование других материалов, где при помощи конструкторских документов предъявляют: основные требования к материалам; обязательные и строгие требования к микроструктуре материалов для отливок из чугуна, требования к допускам формы и массы, формовочным формам уклонам и к удалению прибылей и питателей.

Если все выше перечисленные требования строго соблюдаются при проведении контрольных операций для фрикционных клиньев и они не влияют на качество сборки по конструктивным требованиям, то можно допустить небольшое количество наличия пригара и окалины в труднодоступных местах для очистки [3,4].

Не в каких случаях не допускаются и не подлежат исправлению такие дефекты на всех рабочих

поверхностях фрикционного клина гасителей колебаний как:

- горячие и холодные трещины;
- сквозные и литейные дефекты;
- не сваренные с основным компонентом металла холодильники и жеребейки.

Фрикционные виброгасители узла гашения колебаний введены в рессорную подвеску грузовых вагонов для обеспечения сил оказания сопротивления всему колебательному процессу у подпрессоренных масс грузовых вагонов и уменьшения амплитуды при резонансах. Работа всех деталей, входящих в основной узел гашения колебаний, является основной составляющей для определения надежности, ресурса межремонтного пробега тележек грузовых вагонов [5,6]. В фрикционных узлах гасителя колебаний для тележек грузовых вагонов создается силы трения необходимые для сопротивление возникшим колебаниям и вибрациям обрессоренных частей грузовых вагонов, возникающими в узлах гашения колебаний, при относительном смещении трущихся рабочих поверхностей деталей у фрикционного клина и фрикционной планки. Такие передаваемые усилия могут быть постоянными или переменными за один цикл, в зависимости от конструктивных характеристик гасителей колебаний [7]. Важным преимуществом фрикционных узлов виброгасителей колебаний является их надежность и долговечность в процессе эксплуатации. Поэтому они нашли широкое применение при эксплуатации в рессорной подвеске тележек грузовых вагонов и буксовом подвешивании тележек для грузовых вагонов. К основным недостаткам таких гасителей колебаний можно отнести: недостаточную стабильность работы узла гашения, а также изменение характеристик гасителя колебаний. Фрикционные клинья обеспечивают силу трения, необходимую для подавления колебаний и вибраций. Их действие происходит при относительном смещении поверхностей, и создаваемые усилия могут быть переменными или постоянными. Их надёжность и срок службы критичны для эффективности работы подвески грузового вагона. Среди недостатков таких узлов — нестабильность параметров при эксплуатации и невозможность регулирования силы трения.

4. Заключение

Анализ показал, что выбор материала оказывает значительное влияние на эксплуатационные свойства фрикционного клина. Наилучшие показатели наблюдаются при оптимальном соотношении химических элементов и соответствующем подборе марки чугуна. Учитывая воздействие рабочей среды, важными становятся свойства износостойкости и сопротивления схватыванию. Повышение ресурса клина может быть достигнуто за счёт совершенствования технологии изготовления, внедрения новых марок чугуна и контроля всех стадий производственного процесса.

Использованная литература / References

- [1] ГОСТ 9246- 2013 Межгосударственный стандарт тележки двухосные трехэлементные грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм
- [2] ГОСТ1412-85 Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Flake graphite iron for casting. Grades.
- [3] Челноков И.И., Вишняков Б.И., Гарбузов В.М., Эстлинг А.А. / Гасители колебаний вагонов. // М.: Трансжелдориздат, 1963.- 176 с.
- [4] Вершинский С.В., Данилов В.Н., Челноков И.И. Динамика вагона, м.: Транспорт, 1972. - 304 с.
- [5] Глушко М.И., Антропов А.Н. Работа пружинно-фрикционного комплекта тележки грузового вагона // Вестник ВНИИЖТ. 2004. №5. с. 41-44.
- [6] Шадур Л.А., Челноков И.И., Никольский Л.Н. 3-е изд. переработанный и дополненный. Вагоны: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / М.: Транспорт, 1980 - 439 с.
- [7] Туракулов М.Р., [Турсунов Н.К.](#), [Алимухамедов Ш.П.](#), [Тоиров О.Т.](#), / Разработка эффективной технологии получения синтетического чугуна в индукционной тигельной печи // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2022. 6(99).

Информация об авторах/ Information about the authors

- Туракулов М.Р.** Ташкентский государственный транспортный университет, Узбекистан
m.r.turakulov1982@gmail.com
- Турсунов Н.К.** Ташкентский государственный транспортный университет, Узбекистан
m.r.turakulov1982@gmail.com

U. Rakhmanova, Z. Mirzayeva, G. Ismailova, A. Abdusattorov	
<i>Equations of motion of a polymer pipeline interacting with the ground under seismic influences.....</i>	186
Z. Sattorov , N. Madraymov	
<i>Prospects for the use of ash and rock waste as a secondary resource in the energy industry.....</i>	189
Z. Sattorov , I. Ganiev	
<i>Improving the properties of high-strength fibrobetones with local mineral filler and complex chemical additive.....</i>	193
U. Abdullaev	
<i>Optimization of concrete mixture compositions with a superplastifier additive as well as a binary microwave.....</i>	198
S. Yunusov, Sh. Mahmudova, M. Husainov, D. Muminov	
<i>Stress state analysis in belt drive systems and determination of their optimal operating modes.....</i>	202
Sh. Turdieu, U. Ziyamukhamedova	
<i>A literature review on the recycling of waste from medium-alloy high-speed steel using green technologies for the environmentally sustainable manufacturing of milling cutters.....</i>	207
M. Turakulov, N. Tursunov	
<i>Development and implementation of synthetic cast iron casting technology for the manufacture of a friction wedge.....</i>	212
M. Turakulov, N. Tursunov	
<i>Investigation of the conditions forming the operational characteristics of the friction wedge of the vibration damper.....</i>	215
H. Samandarov, J. Sobirov, A. Ibadullaev, E. Teshabaeva, N. Sipatdinov	
<i>Development of rubber compounds for machine-building purposes</i>	219
D. Khodzhikoriev, M. Khamrakov, Z. Sayfullaeva, G. Khamrakov	
<i>Classification characteristics of furniture products</i>	224
D. Khodzhikoriev, M. Khamrakov, Z. Sayfullaeva, G. Khamrakov	
<i>Commodity research of furniture products.....</i>	227