

## МЕХАНІЗМ ЗНОШЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОЗЧЕПНОГО ПРИСТРОЮ РУХОМОГО СКЛАДУ

Артемчук Віктор Васильович

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, (ДІПТ)

Вступ, постановка проблеми. Раціональний підбір матеріалів, методів і технологій відновлення, зокрема, наплавлення зношених деталей можливе лише визначивши умови експлуатації та механізми зношування при взаємодії деталей досліджуваних вузлів.

Виходячи з умов експлуатації, характеру та величини зносу, одними з найбільш зношуваних деталей є деталі автозчепного пристрою, які й були обрані для подальшого розгляду. Актуальність проблеми підвищення зносостійкості деталей, зокрема, автозчепного пристрою викликана необхідністю збільшення терміну експлуатації (ресурсу). Відомо, що на ремонтні операції при поточному та капітальному ремонтах витрачаються значні кошти, які в сумі можуть перевищувати вартість самої рухомої одиниці. Також відомо, що значна частина розходів припадає на ремонт механічної частини рухомого складу, а основна доля відмов або несправностей її елементів виникає в наслідок зносу деталей. Тому, очевидно, що для зменшення витрат на ремонт механічного обладнання зі збереженням закладеного рівня надійності, необхідно збільшувати міжремонтні пробіги рухомого складу. Останнє можливо, застосовуючи більш зносостійкі матеріали. У той же час, замінювати технологічний і відносно дешевий матеріал всієї деталі на новий, більш дорогий не має сенсу; найчастіше достатньо нанести на основу зносостійкий матеріал на певних ділянках деталі. Технології відновлення деталей автозчепів, що застосовують на даний час, не забезпечують високого ресурсу вказаних деталей, отже, вивчення проблеми зношування і відновлення ударно-тягових пристроїв є актуальним і потребує глибокого вивчення. Таким чином, зношувана деталь потребує досліджень механізмів зношування та визначення раціональних режимів та матеріалів при її відновленні.

Аналіз досліджень та публікацій з розглядуваних питань показує, що даний напрям перспективний і потребує уваги. В роботах [1-4] представлені результати досліджень триботехнічних властивостей наплавочного матеріалу, який автор пропонує для використання. Безумовно, роботи [1-4] заслуговують увагу, проте механізм зношення деталей розкритий не повністю та, на наш погляд, потребує більш досконалого вивчення.

Метою даної роботи є дослідження механізму зношення елементів автозчепного пристрою рухомого складу, що дозволить в подальшому більш точно підібрати зносостійкий наплавочний матеріал.

Величина зносу при терті металу по металу визначається, перш за все, такими факторами [5-7]: початковим станом поверхонь; родом і характером тертя; питомим тиском тертьових поверхонь і характером прикладання навантаження; швидкістю переміщення тертьових поверхонь і її зміною в часу; способом підвода, кількістю і якістю змащення (в'язкістю, адсорбційною здатністю і характером зміни цих властивостей при різних температурах, тисках та ін); температурними умовами; властивостями утворених поверхневих плівок; присутністю абразиву і його властивостями; можливостями видалення продуктів зносу; формою і розміром тертьових поверхонь, що визначають умови тертя, охолодження, підведення мастила і т.д.

В роботі [8] проведено статистичний аналіз зносу елементів автозчепних пристроїв. На підставі отриманих результатів статистичного аналізу приходимо до висновку, що різні ділянки корпусу автозчеплення мають різний по величині знос, що очевидно, пов'язано з різними чинниками, які впливають на корпус автозчеплення, наприклад, питомими навантаженнями, наявністю абразиву в контактуючих тілах, температури та ін. На рис. 1 показані виникаючі під час експлуатації дефекти та ділянки зношування. Також вимірювання елементів автозчепного пристрою локомотивів і вагонів показали, що найбільше зношуються торцева частина хвостовика корпусу автозчеплення 1, отвір під клин 15, малий зуб 10 (рис. 1) і упорна плита.

Зупинимося на ділянці 1 корпусу автозчепи (рис. 1) і ударної поверхні упорної плити, які найбільше зношуються (рис. 2). Для визначення причин, що приводять до значного зносу торцевої частини хвостовика та упорної плити, проаналізуємо механізм зношування вказаних ділянок.

В процесі експлуатації автозчепний пристрій безперервно піддається ударним навантаженням.

Основними відмовами автозчепного пристрою є [9]:

- порушення висоти автозчеплення від головки рейки;
- вигин хвостовика автозчеплення, деталей механізму;
- тріщини в корпусі автозчеплення: у кутках ударної стінки і в з'єднанні зіву з бічною стінкою, по кутах вікон для замку і замкотримача, у хвостовику;
- знос робочих поверхонь корпусу, ударної плити і тягового хомута;
- знос робочих поверхонь деталей механізму.

У момент зчепу вагонів, руху та гальмування рухомого складу хвостовик автозчепу вдаряє по упорній плиті, після чого вони разом переміщуються, долаючи протидію поглинаючого апарату. Зазор між хвостовиком автозчеплення і упорної плитою в момент руху становить у середньому 5...7 мм, але може досягати 10...12 мм. Граничне відхилення корпусу автозчеплення від поздовжньої осі в горизонтальній площині при русі – 17° в кожену зі сторін. Можливий також зсув корпусів автозчепів сусідніх вагонів відносно один одного у вертикальній площині.

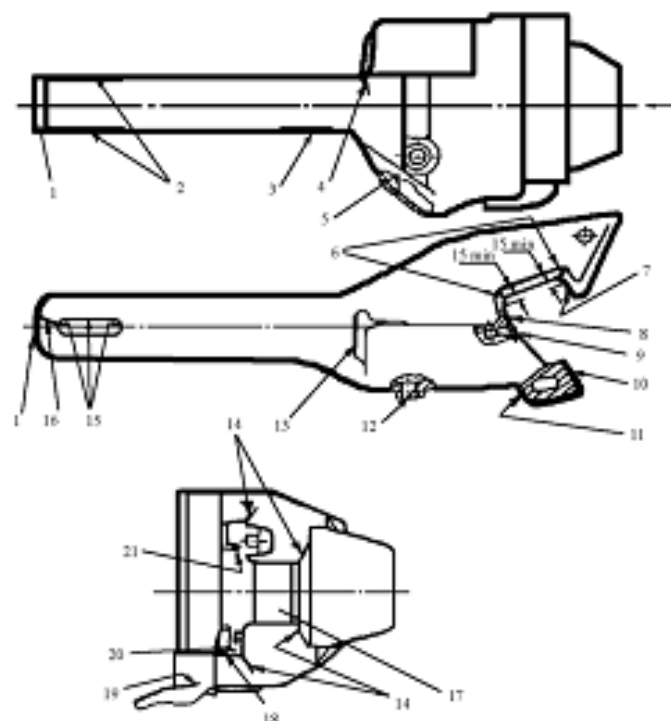


Рисунок 1 – Корпус автозчеплення [9]

Хімічний склад сталей, які допускаються ГОСТ 22703-91 для виготовлення деталей автозчепів, наведено в табл. 1. Упорні плити виготовляють зі сталі 20Л, сталі 45, допускається застосування сталі 38ХС. Твердість 255...321 НВ. Хімічний склад сталі 45 (мас. частка,%): 0,42...0,50 вуглецю; 0,17...0,37 кремнію; 0,5...0,8 марганцю. Хімічний склад сталі 38ХС (мас. частка,%): 0,34...0,42 вуглецю; 1,0...1,4 кремнію; 0,3...0,6 марганцю; 1,3...1,6 хрому. Обидві сталі відносяться до важкозварювальних.

Таблиця 1 - Хімічний склад вказаних сталей для деталей автозчепу

Марка сталі	Вміст елементів у відсотках за масовою долею							
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	V	Ti
20ГЛ	0,17-0,25	1,10-1,40	0,30-0,50	0,30	0,30	0,30	-	-
20ФЛ	0,17-0,25	0,80-1,20	0,30-0,50	0,30	0,30	0,30	0,06-0,13	-
20ГТЛ	0,17-0,25	1,00-1,30	0,30-0,50	0,30	0,30	0,30	-	0,01-0,03
20ФТЛ	0,17-0,25	0,70-1,20	0,30-0,50	0,30	0,30	0,60	0,01-0,06	0,005-0,025
20Г1ФЛ	0,17-0,25	1,00-1,30	0,30-0,50	0,30-0,50	0,30	0,30	0,04-0,07	0,01-0,02
20СФТЛ	0,17-0,25	0,90-1,40	0,30-0,50	0,30	0,30	0,30	0,06-0,13	-
20ГСФТЛ	0,17-0,25	0,90-1,40	0,30-0,60	0,30-0,60	0,60	0,60	0,01-0,06	0,006-0,025
20ХГСФАЛ	0,17-0,25	1,10-1,40	0,40-0,70	0,30-0,60	0,30	0,30	0,07-0,11	-
20ХГСФТАЛ	0,17-0,25	1,10-1,40	0,40-0,70	0,30-0,60	0,30	0,30	0,04-0,08	0,01-0,025
20ХГ2СЛ	0,17-0,22	1,50-1,70	0,30-0,60	0,30-0,60	0,30	0,30	-	-



Рисунок 2 – Визначення зносу шаблоном корпусу автозв'язу електровозу ЧС 2

Торцева частина хвостовика має квадратний перетин  $130 \times 130$  мм, радіус закруглення –  $R = 130$  мм. Закруглення упорної плити, з яким контактує торцева частина хвостовика, має радіус  $150$  мм. Заміри плями контакту при ударі дозволяють визначити фактичну площу контакту, яка становить приблизно  $17688/2 = 8844$  мм<sup>2</sup>, тобто близько половини номінальної площі ударної частини хвостовика. Один з отриманих відбитків плями контакту при ударі хвостовика об упорну плиту показано на рис. 3, а фіксація сили удару на рис. 4.



Рисунок 3 – Відбиток плями контакту при ударі хвостовика об упорну плиту вантажного вагону (напіввагону)

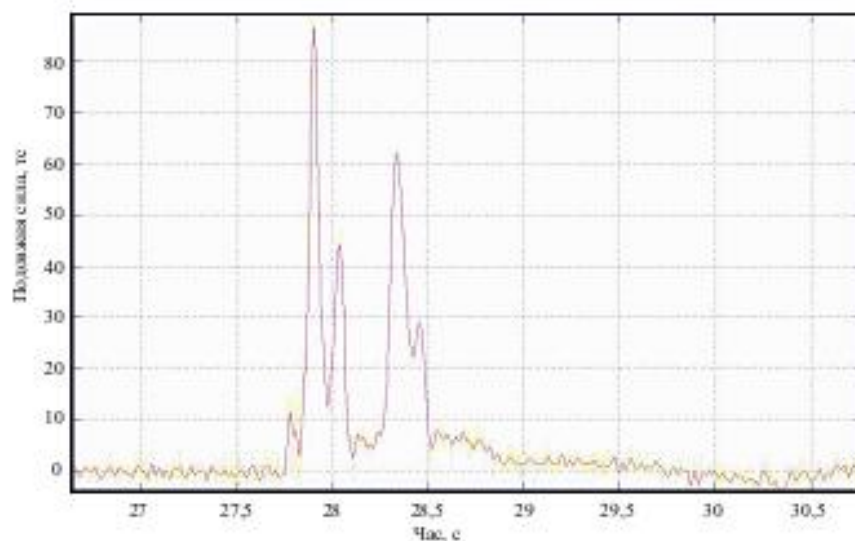


Рисунок 4 – Залежність сили подовжнього навантаження напіввагону при швидкості зіткнення  $3,8$  км/год

Другий контрольний показник – товщина перемички між торцевою поверхнею хвостовика і отвором під клин. Мінімально допустима товщина перемички 40 мм.

В процесі експлуатації ударні поверхні піддаються багатократній пружно-пластичній деформації, на поверхні і у приповерхневому шарі виникають напруження, які можуть в десятки разів перевищувати межу текучості матеріалу. У теорії міцності [10] приводиться, що крихке руйнування відбувається під дією нормальних, а в'язке руйнування під дією дотичних напружень. Дія цього напруження супроводжується відривом частинок металу або крихким викришуванням поверхні. Крім того, при зіткненні автозчепних пристроїв виникає ударна хвиля, частина якої гаситься в поглинаючому апараті, частина в матеріалі автозчепного пристрою; в той же час виникає зворотна хвиля; дія цих хвиль також приводить до виникнення напружень в п'ятні контакту ударних поверхонь.

На даний час існує наступна класифікація видів зношування при ударі: ударно-абразивне, ударно-гідроабразивне, ударно-втомлене і ударно-теплове [11]. Під дією різних чинників на поверхні, що зношуються, формується рельєф, розглядаючи який на макро- і мікрорівні можна визначити вид ударного зношування.

Перед детальним розглядом даного питання зробимо деякі зауваження. Згідно з зазначеною класифікацією [11] ударно-абразивне зношення відбувається внаслідок ударів часток абразиву по металу або навпаки. Наприклад, дія абразивних часток (корунду) при піскоструминній обробці деталі перед газотермічним напильням; зворотний приклад – подрібнення породи молотами або білами. В нашому випадку, розглядаючи ударні взаємодії тіл, ми будемо розуміти, що в результаті ударних навантажень відбувається змінання деталей. Тобто такий вид зношення, як змінання (зміна геометричних розмірів без втрати маси) будемо умовно називати ударним зношенням, тобто зношенням в наслідок дії ударних навантажень, а розгалуження на ударно-абразивне та ударно-втомлене конкретизує характер контактної взаємодії контактуючих поверхонь.

При детальному розгляді рельєфу поверхні торцевої частини хвостовика корпусу автозчеплення і ударної плити, що контактує з нею, визначити вид зносу однозначно не можна. Вивчаючи конструктивні особливості автозчепного пристрою, умови експлуатації і рельєф ударних поверхонь (рис. 5, 6), можна припустити, що на вказані поверхні діє складна комбінація видів зношування: змінання з абразивним (умовно ударно-абразивне) з прослизанням та змінання з втомленим (умовно ударно-втомлене) з прослизанням. Розглянемо їх детальніше.

При чисто ударно-абразивному зношуванні контактні поверхні піддаються дії з боку твердих частинок, твердість яких може бути більше твердості поверхонь. Частинки втискуються в метал, деформують його, після багатократної дії виникає втома мікрооб'ємів металу, унаслідок чого, відбувається їх відділення від основи. У свою чергу, частинки зносу, що утворилися, самі стають додатковим джерелом зносу, якщо вони залишаються між контактуючими поверхнями. Про ударно-абразивне зношування можна судити по рівномірно розподіленій, не направлений шорсткості, без рисок і подрятин [11].

При чисто ударно-втомленому зношуванні контактуючі поверхні мають рівномірну, слабковиражену шорсткість, без характерних для ударно-абразивного зношування лунок. Багатократні динамічні дії приводять до деформацій поверхневого шару, наклепу, підвищення твердості, появи мікротріщин, крихкому викришуванню [11].



Рисунок 5 – Ударна поверхня хвостовика корпусу автозчепу:  
а) електровоза ЧС7; б) вантажного вагону

В процесі експлуатації деталі рухомого складу, зокрема, автозчепного пристрою безперервно знаходяться під впливом різних чинників, хвостовик автозчепи співударяється з упорною плитою під різними кутами,

удар може здійснюватися з прослизанням і без нього, також може бути тертя ковзання без удару і т.д. Крім того, в зазор між хвостовиком автозчепи та упорною плитою потрапляють різні абразивні частинки.



Рисунок 6 – Упорні плити

Відмітимо, що при русі залізничного складу сила і швидкість удару, а також час дії ударного імпульсу є випадковими, а їх величина залежить від безлічі чинників (маси потягу, швидкості руху, профілю шляху, режиму ведення потягу і т.д.).

Для класифікації видів зношування автозчепного пристрою, перш за все, вивчали рельєф поверхні тертя, оскільки стан поверхні дозволяє в першому наближенні дати якісну оцінку виду зношування. На рис. 5, 6 показані типові рельєфи ударних поверхонь автозчепу та ударної плити. Абсолютна більшість досліджених ударних поверхонь хвостовиків автозчепів має більш менш виражену пляму в середній частині з відносно рівномірною шорсткістю, проте з віддаленням від середньої частини до периферії можна спостерігати подряпани, риски завдовжки до 10 мм і більше. Також можна відмітити, що риски мають певний напрям – від центральної точки ударної поверхні до периферії або від центральної вертикальної осі і мають в основному горизонтальний напрямок. Відмінність в спрямованості слідів зносу, очевидно, пов'язана з експлуатаційними і технологічними особливостями і для досліджень у даному контексті цікавості не представляє. Проте важливим моментом вивчення даного питання є з'ясування механізму формування спостережуваного рельєфу. Як видно, не під один з перерахованих видів зношування (умовно ударно-абразивний і ударно-втомлений) у чистому вигляді досліджуване зношування віднести не можна.

Для з'ясування механізмів формування пластичних деформацій та рельєфу поверхонь, що співударюються були проведені моделювання ударів (рис. 7...9), лабораторні та натурні дослідження. Моделювання ударів дозволило оцінити напружено-деформований стан досліджуваних поверхонь Автозчепи різних локомотивів і вагонів, які мали нові та відновлені до креслярських розмірів поверхні, піддавали періодичному огляду. Таким чином, визначали формування рельєфу поверхні залежно від пробігу.

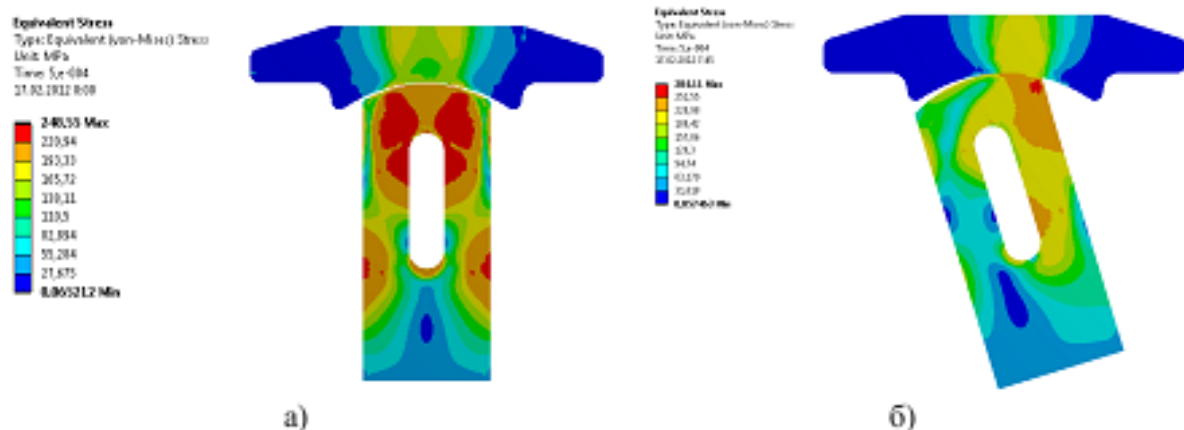


Рисунок 7 – Розподіл напружень у хвостовику корпусу автозчепу в момент дії навантаження (1 МН): а) при прямому ударі; б) при ударі під кутом

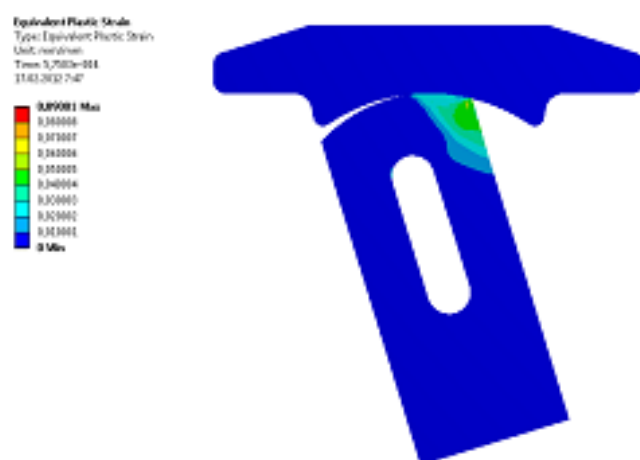


Рисунок 8 – Утворення пластичних деформацій у хвостовику корпусу автозчепу в момент дії максимального навантаження (1 МН) при ударі під кутом

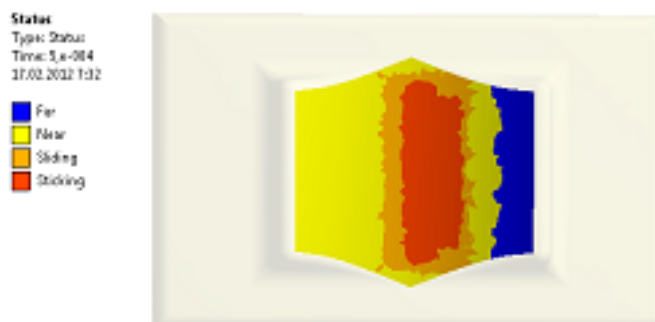


Рисунок 9 – Розподіл напружень в упорній плиті в момент дії навантаження (1 МН) при ударі автозчепу під кутом

В результаті виявлене наступне. Приблизно до 25 тис. км пробігу формується поверхня зношування з рівномірною, слабковираженою шорсткістю без характерних рисок і лунок. По краях ударної поверхні розклев не спостерігався. Потім до 50...100 тис. км поверхня зношування набуває великої шорсткості, по периферії з'являється розклев, на поверхні можна побачити появу подрятин і рисок. Таким чином, можна зауважити, що до 100 тис. км переважно діє змінання та втомлене з прослизанням зношування. Знос в даний період пробігу відбувається за рахунок багатократної деформації поверхневого шару, внаслідок чого частинки стають крихкими та відділяються від основного металу. При цьому унаслідок наклепу збільшується твердість ударної поверхні, тобто відбувається її зміцнення. Глибина наклепу за цей період досягає 10...12 мкм. По краях знос вищий, ніж в середній частині поверхні. Можна припустити також, що у момент зіткнення з

прослизанням виникає локальне розігрівання точок контакту ударних поверхонь автотчепу і ударної плити, їх мікрозварювання (схоплювання) і подальший вириг.

Починаючи приблизно з 100 тис. км пробігу і далі, на зношування ударних поверхонь більшою мірою діє зминання та абразивне з прослизанням зношування. Цей вид зношування також представляє складність, оскільки діє сукупність чинників, притаманних зносу від тертя ковзання і від дії удару. У період, коли в основному діє вид зношування зминання з втомленням з прослизанням, з контактних поверхонь відділялися частинки; крім того, під час руху в зазор між хвостовиком автотчепу та ударною плитою потрапляють різні абразивні частинки, твердість яких може бути вища за твердість металу.

Про наявність абразивного виду зношування свідчить наявність лунок, що створюють відносно рівномірну шорсткість, особливо в середній частині ударної поверхні хвостовика автотчепу. Проте головною відмінністю від ударно-абразивного зношування в чистому вигляді є наявність подряпин і ризок, направлених від центральної частини до периферії. Дане спостереження однозначно говорить про взаємні переміщення контактних поверхонь автотчепу і ударної плити та абразивні частинки, що є між ними. Дійсно, корпус автотчепи в процесі руху може відхилитися на кут  $17^\circ$  в горизонтальній площині в одну сторону, що необхідно для проходження кривих. При цьому відхилення автотчепи може супроводжуватися ударом; таким чином, відбувається накладення ударного імпульсу з прослизанням. В результаті на ударній поверхні утворюються ризки, як правило, розташовані горизонтально і ближче до периферійної частини ударної поверхні.

Суттєво впливає на зношення ударних поверхонь пластична деформація основного металу. До моменту постановки локомотива на ремонт об'єму ПРЗ або КР знос ударних поверхонь автотчепу і упорної плити досягає максимальних значень, по краях поверхні автотчепу, що зношується, спостерігається розклев (рис. 10), що досягає 7 мм, краї нерівні, є сліди крихкого викришування.



Рисунок 10 – Залишки розклепу ударної поверхні хвостовика корпусу автотчепу

Висновки та перспективи подальших досліджень. Підводячи підсумок зазначимо, що в процесі експлуатації рухомого складу на ударні поверхні одночасно впливають різні види зношування, а саме зминання, втомлене та абразивне. Поверхневі шари деталей автотчеплення повинні володіти високим опором проти визначених вище видів зношування. З іншого боку, враховуючи високі механічні навантаження на ці деталі в експлуатації, вони повинні володіти високою конструктивною міцністю і пластичністю, які не завжди можуть забезпечити матеріали з високою зносостійкістю або іншими особливими властивостями. Можливим поєднанням таких властивостей володіють багатопшарові конструкції, в яких міцнісні властивості забезпечуються основним матеріалом деталі, а її особливі зносостійкі властивості – поверхневими наплавленими шарами.

Проведені дослідження дозволяють звузити можливий набір наплавочних матеріалів, заощадивши час на проведення експериментів, а також обрати найбільш прийнятні та раціональні варіанти наплавочних матеріалів.

#### Література

1. Абраменко Д.Н., Павлов Н.В. Триботехнические свойства комплексно-легированного наплавленного металла со структурой игольчатого феррита. Вестник ВНИИЖТа, № 4, 2008. С. 31-37
2. Абраменко Д.Н. Микроструктура металла износостойкой наплавки деталей грузовых вагонов. Железнодорожный транспорт на современном этапе. Задачи и пути их решения: Сб. науч. тр. ОАО «ВНИИЖТ» Под ред. А.Е. Семечкина. – М.: Интекст, 2008. – С. 185 – 189

3. Павлов Н.В. и др. Высокопроизводительная износостойкая наплавка литых деталей тележек грузовых вагонов / Н.В. Павлов, В.К. Струнец, Д.Н. Абраменко // Развитие железнодорожного транспорта в условиях реформирования: Сб. науч. тр. / Под ред. Ю.М. Черкашина, Г.В. Гогричвани. – М.: Интекст, 2006. – С. 175 – 183
4. Синельников Н.Г., Абраменко Д.Н. Специализированное сварочно-наплавочное оборудование грузовых вагоноремонтных предприятий России (Обзор)// Сварщик профессионал. – 2006 г. – № 1(20). – С. 14-16
5. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
6. Костецкий Б.И. Надежность и долговечность машин. – Киев: Техника, 1975. – 404 с.
7. Трение, изнашивание и смазка. Справочник. В 2 т./под ред. И.В.Крагельского и В.В.Аликина. М.: Машиностроение, 1978. – т. 1. – 399 с. – Т.2. – 357 с
8. Артемчук В.В., Мухіна Н.А., Грічаній М.А., Статистичний аналіз зносу елементів автосцепних пристроїв. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, Україна, 2009/ Випуск 26. - С. 7 – 10
9. Інструкція по ремонту і обслуговуванню автосцепного пристрою рухомого складу залізниць України ЦВ-ЦЛ-Цт-0014. / Київ, 2006.
10. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. М.: Машиностроение, 1974, т. 1. 472 с.
11. Виноградов В.Н. и др. Изнашивание при ударе / В.Н. Виноградов, Г.М. Сорокин, А.Ю. Албагачев. – М.: Машиностроение, 1982. – 192 с.

#### Реферат

к статье «Механизм изнашивания элементов автосцепного устройства подвижного состава»

В статье представлены результаты исследований механизма изнашивания элементов автосцепного устройства подвижного состава. Показано, что на элементы автосцепки действует несколько видов изнашивания, а также их комбинация. Ударные поверхности корпуса автосцепки в наибольшей степени подвержены действию смятия, усталостного и абразивного изнашивания, причем, зачастую с одновременным их действием. Проведенные исследования позволяют обозначить направление поиска износостойких материалов, которые позволят повысить межремонтный пробег локомотивов и вагонов.