

УДК 621.88.084

**ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ С ГАРАНТИРОВАННЫМ НАТЯГОМ КОЛЕСА С ОСЬЮ, ПОДСТУПИЧНАЯ ЧАСТЬ КОТОРОЙ С АНТИКОРРОЗИОННЫМ ПОКРЫТИЕМ, ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**©Малицкий И. Ф.<sup>1</sup>, Чернятина Е. В.<sup>2</sup>*Українська інженерно-педагогічна академія<sup>1</sup>**ДП «Український науково-технічний центр металургійної промисловості «ЕНЕРГОСТАЛЬ»<sup>2</sup>***Інформація про авторів:**

**Малицький Ігор Федорович:** ORCID: 0000-0003-0026-2791; malickiy1925@mail.ru; кандидат технічних наук; доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

**Чернятіна Олена Вікторівна:** ORCID: 0000-0001-5448-2963; gev130489@mail.ru; інженер I категорії Державного підприємства «Український науково-технічний центр металургійної промисловості «ЕНЕРГОСТАЛЬ»; пр. Леніна, 9, м. Харків, 61166, Україна.

Рассматриваются варианты применения различных промежуточных покрытий подступичной части оси для предохранения от фреттинг-коррозии при сборке путем термовоздействия (нагревом) ступицы колеса, а так же прочность сопряжения при разной температуре окружающей среды.

На основании проведенных исследований толщина покрытия должна перекрывать высоту профиля шероховатости Rz, и после обжата охватываемой поверхностью охватываемую, обеспечит отсутствие контакта металлов двух поверхностей.

Предпочтительна толщина пленки рекомендуется 15-20 мкм, при этой толщине пленке в сопровождении с гарантированным натягом пленкой ГЭН-150В обеспечивается прочное соединение деталей, гарантирующее надежность и долговечность в эксплуатации.

**Ключевые слова:** ось; ступица; лаки; прочность; фреттинг-коррозия; натяг.

**Малицький І. Ф., Чернятіна О. В.** «Міцність сполучення з гарантованим натягом колеса з віссю, підматочинна частка якої с антикорозійним покриттям при різних температурах навколишнього середовища».

Розглядаються варіанти застосування різних проміжних покриттів підматочинної частини осі для запобігання від фреттинг-корозії при складанні шляхом термовпливу (нагріванням) маточини колеса, а так само міцність сполучення при різній температурі навколишнього середовища.

На підставі проведених досліджень товщина покриття повинна перекривати висоту профілю шорсткості Rz, і після обтиску охоплює поверхню охоплюватися, забезпечить відсутність контакту металів двох поверхонь.

Краща товщина плівки рекомендується 15-20 мкм, при цій товщині плівці в супроводі з гарантованим натягом плівкою ГЕН-150В забезпечується міцне з'єднання деталей, що гарантує надійність і довговічність в експлуатації.

**Ключові слова:** вісь; маточина; лаки; міцність; фреттинг-коррозія; натяг.

*Malicky I., Chernyatina E.* “The strength of connections with guaranteed tension wheel to the axle, which wheel seat share with corrosion-resistant coating at different ambient temperatures”.

The variants use different intermediate coating of wheel seat axis to prevent fretting corrosion of the preparation by thermal influence (heating) wheel hub, as well as the strength of connections at different ambient temperatures.

On the basis of these studies should cover coating thickness profile height roughness Rz, and then crimp covers a surface covered, ensure no metal contact of two surfaces.

The best recommended film thickness of 15-20 microns in thickness of this film, accompanied with a certified film tension GEN-150V provided strong connection details that ensure durability and reliability in operation.

**Keywords:** axle; hub; varnishes; durability; fretting corrosion; tension.

## 1. Введение

Перед машиностроением поставлена задача всякого внедрения новых прогрессивных технологических методов обработки, которые могли бы уменьшить стоимость машины, повысить ее эксплуатационные качества. Одним из актуальных вопросов является увеличение скоростей движения подвижного состава железнодорожного транспорта.

## 2. Основной материал

В свою очередь, увеличение скорости движения требует надежной осевой и окружной прочности сопряжения колеса со ступицей оси. Одним из способов увеличения прочности является применение покрытий подступичной части оси в сочетании с применением термовоздействия (нагрева ступицы колеса) [1, 2] для осуществления соединения с зазором и последующим охлаждением (естественным или принудительным) Соединения с гарантированным натягом, сборка которых осуществлялась путем термовоздействия, увеличивают прочность сопряжения в 2,5 раза и больше [3].

Натяги для сопряжений осуществленных с термовоздействием и запрессовкой принимались в пределах:

$$N = \frac{0,6 - 1,3}{1000} D \text{ мкм,}$$

где  $D$  – номинальный диаметр сопряжения.

Во всех испытываемых сериях натяги принималось три размера натягов: минимальный, средний, максимальный [4]. Для осуществления сборки с термовоздействием, втулки нагревались до 300 °С. Через трое суток образцы испытывались на прочность сопряжения. Все образцы (рис. 1) были распределены на три серии: первая серия испытывалась при температуре 20 °С, вторая при температуре +50 °С (эта серия выдерживалась в термостате 7 часов, до выравнивания температуры всей массы образца), третья серия загружалась в холодильную камеру и охлаждались жидкой углекислотой до температуры –50 °С с той же выдержкой 7 часов. Температура в обоих случаях контролировалась в установке термометром, а самих образцов термометрами.

### 3. Результаты исследований

По полученным результатам испытаний построены графики (рис. 2 и рис. 3) зависимости прочности сопряжения (усилие распрессовке) от натяга, способа сопряжения (с термовоздействием и запрессовкой) от вида покрытия подступичной части оси, температуры окружающей среды [5].

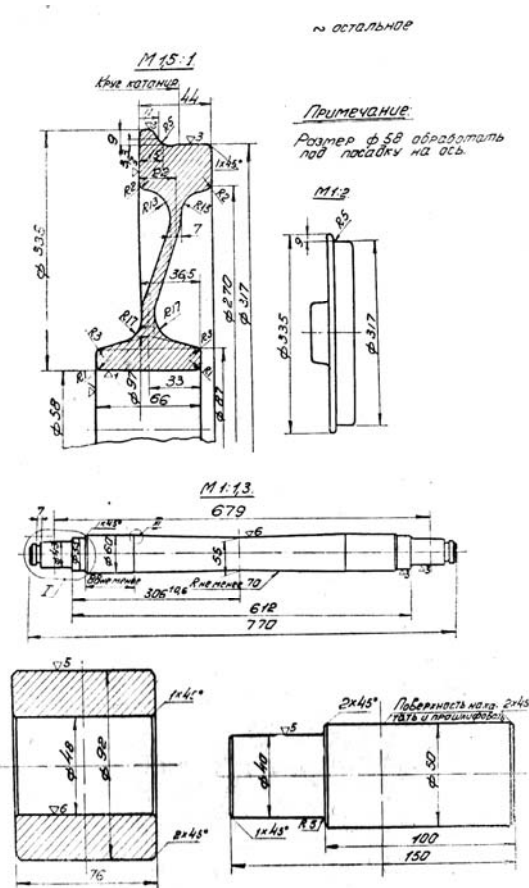


Рис. 1 – Образцы для исследований

соединениями запрессовкой, при которой подступичная часть оси покрывается олифой.

➤ Температура окружающей среды существенно влияет на прочность сопряжения соединений с лаковым покрытием эластомером ГЭН-150В.

Увеличение прочности при пониженных температурах объясняются тем, что эластомер ГЭН-150В имеет в своем составе бутадием нитрильного каучука СКН-40 в сочетании со смолой ВДУ-3, которые при температуре  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  затвердевают [6, 7]. При посадке горячей охватывающей детали возникает слипание (склеивание), так как эластомер имеет хорошую адгезию к стальным поверхностям. Затвердевший эластомер имеет большую прочность и поэтому нужно приложить большую силу на разрушение промежуточного слоя эластомера. При температуре  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  прочность снижается так, как слой эластомера размягчается и уменьшает коэффициент трения, но остаётся выше прочности соединения без покрытия эластомером и, тем более, прессового сопряжения.

Анализируя графики можно сделать выводы:

➤ Прочность соединений запрессовкой и с термовоздействием без покрытий подступичной части оси, в интервале  $\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$  не изменяется.

➤ Прочность сопряжения с термовоздействием выше прочности запрессовкой в 3 раза.

➤ Прочность сопряжения с термовоздействием с лаковым покрытием при температуре окружающей среды  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше в 1,8 раза, при температуре  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше в 2,9 раза, а при температуре  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  в 1,55 раза, по сравнению с сопряжениями с термовоздействием без покрытий.

➤ Прочность сопряжения с термовоздействием с лаковым покрытием при температуре окружающей среды  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше в 5,2 раза, при температуре  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше в 8,3 раза, а при температуре  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  в 2,7 раза, по сравнению с

## Технологія машинобудування

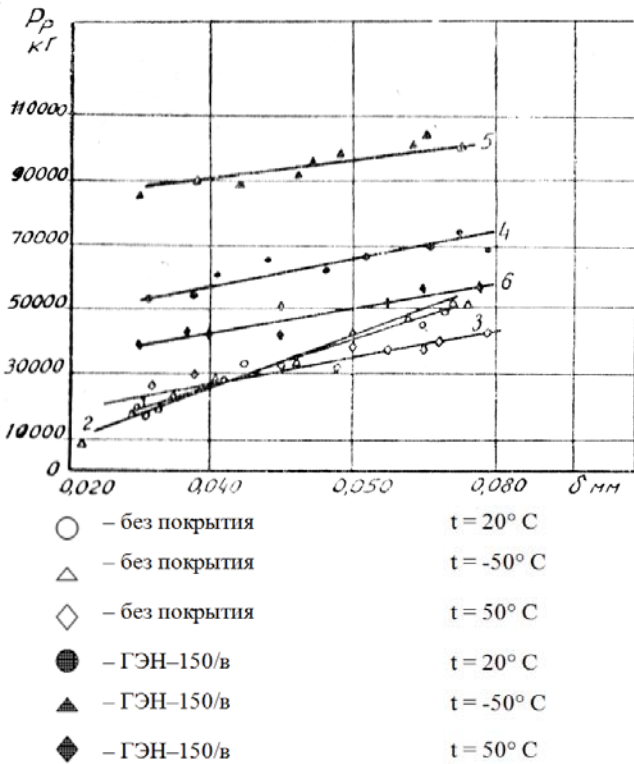


Рис. 2 – Зависимость усилий распрессовки (прочности)  $P$  от натяга  $\delta$  сопряжений с термовоздействием при разных температурах

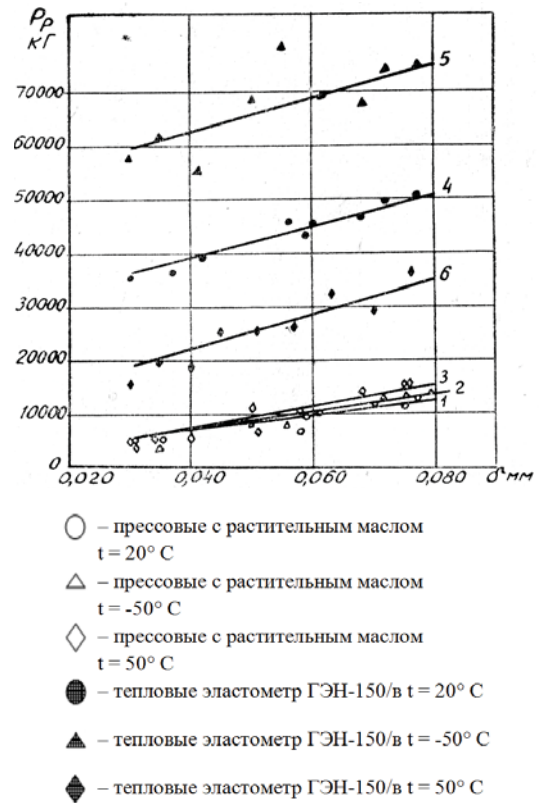


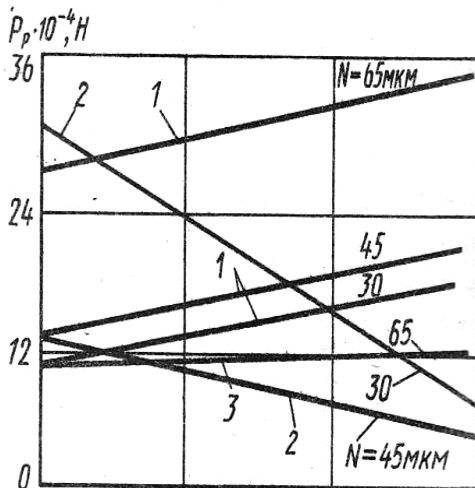
Рис. 3 – Зависимость силы распрессовки сопряжений пресовых и с термовоздействием (прочности)  $P$  от натяга  $\delta$

Повышение прочности сопряжений с термовоздействием объясняется тем, что при сборке не нарушается шероховатость, и увеличивается фактическая площадь контакта сопрягаемых поверхностей. Таким образом, применение лаковой пленки в значительной мере увеличивает прочность сопряжения при температуре окружающей среды  $\pm 50^{\circ}\text{C}$ .

При распрессовке прессом соединений с термовоздействием с лаковым покрытием не имели повреждений на посадочных поверхностях, а на осях, сформированных запрессовкой, после распрессовки имели повреждения в виде рисок и задиров. Таким образом, лаковые покрытия не только увеличивают прочность сопряжения и предохраняют от фреттинг коррозии, но и сохраняют не поврежденной посадочные поверхности.

Кроме вышеуказанных лаковых покрытий исследовались клей сополимер-2, кремнийорганическая жидкость ПМС-60, льняное масло [8].

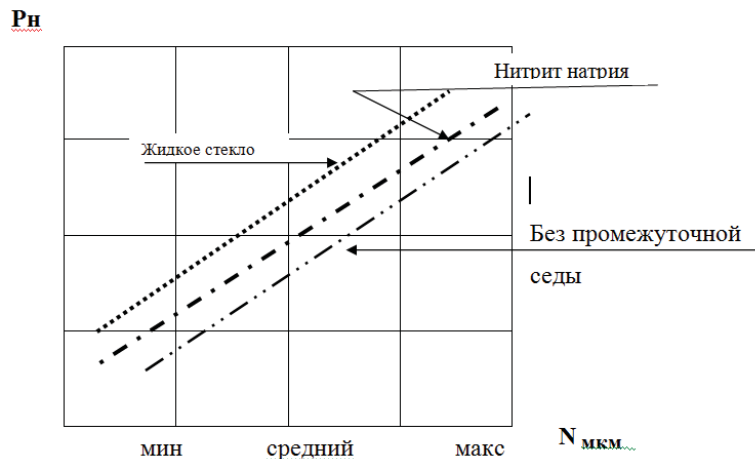
При выборе лаковых покрытий учитывалось то, что при сборке с термовоздействием охватываемая деталь (втулка, колесо). При нагреве достигала  $250\text{--}300^{\circ}\text{C}$ , обеспечивая свободную сборку колеса с осью с зазором. В процессе остывания колеса обеспечивается не только прочность сопряжения, но и полимеризация лаковой пленки. Результаты исследований, приведенные на рис. 4 показали, что применение термореактивного клея ПМС-60 в качестве антикоррозийного покрытия снижает прочность сопряжения при увеличении натяга  $N$  и повышения температуры окружающей среды, льняное масло не снижает прочности сопряжения при повышенных температурах, не теряет свои физико-механические свойства. Масло после сборки с термовоздействием образует пленку с недостаточной адгезией и не может служить как ингибитор коррозии [9].



**Рис. 4** – Зависимость прочности сопряжения от покрытий и натяга:  
1 – Жидкость АС-60; 2 – Клей сополимер; 3 – Льняное масло

промышленные испытания соединений с малой жесткостью, собранные с термовоздействием и покрытые жидким стеклом либо обработанные пассивированием нитритом натрия (рис.5), позволило обеспечить требуемую прочность. При применении жидкого стекла на 35-40 %, при пассивировании на 25-30 %.

Изменение температуры в пределах  $-50^{\circ} - +50^{\circ} \text{C}$  не влияет на прочность сопряжения.



**Рис. 5** – Зависимость прочности сопряжения от натяга  $N$  и вида промежуточной среды

### Выводы

На основании проведенных исследований толщина покрытия должна перекрывать высоту профиля шероховатости  $R_{z\text{..}}$  и после обжатия охватываемой поверхностью охватываемую, обеспечит отсутствие контакта металлов двух поверхностей. Для того чтобы пленка была не нарушена, минимальная толщина ее должна быть  $\Delta \geq R_{z\text{..}}$ . А так, как из условий прочности толщина пленки не должна превышать  $20 \text{ мкм}$ , то растачиваемое отверстие должно быть  $R_{z\text{..}} = 10 \text{ мкм}$ , шероховатость вала  $R_{z\text{..}} = 7 \text{ мкм}$ . Таким образом, толщина пленки:

$$\Delta_{\text{пленки мин.}} \geq R_{z\text{..}} ; \quad \Delta_{\text{пленки макс.}} \leq R_{z\text{..}}$$

**Технологія машинобудування**

Предпочтительная толщина пленки рекомендуется 15-20мм, При этой толщине пленки в сопряжении с гарантированным натягом пленкой ГЭН-150-В обеспечивается прочное соединение деталей, гарантирующее надежность и долговечность в эксплуатации.

**Список использованных источников:**

1. Андреев Г.Я Тепловая сборка колесных пар / Г. Я. Андреев.- Харьков, ХГУ 1965. - 226 с.
2. Андреев Г.Я. Повышение несущей способности соединений с натягом электрофизическими методами обработки посадочной поверхности / Г. Я. Андреев, В. Ф. Тихонов, Б. М. Арпентьев // Проблемы прочности. – 1977. – № 6. – С. 103–106.
3. Лукашевич Г. И. Прочность прессовых соединений с гальваническим покрытием / Г. И. Лукашевич. – Киев : Гостехиздат УССР, 1961. – 61 с.
4. Андреев Г. Я. Опыт формирования вагонных колесных пар с пустотелыми осями / Г. Я. Андреев, А. М. Хорхордин, И. Ф. Малицкий // Технология и организация производства. – 1967. – № 4. – С. 73-75.
5. Кравцов М. К. Промежуточные среды в соединениях с натягом : монография / М. К. Кравцов, А. А. Святуха, В. В. Чернов. – Харьков : Штрих, 2001. – 200 с.
6. Попов В. М. Теплообмен через соединения на клеях / В. М. Попов. – М. : Энергия, 1974. – 302 с.
7. Прочность тепловых соединений с антикоррозийной пленкой полимера ГЭН – 150/В / Г. Я. Андреев, И. Ф. Малицкий, Б. С. Остренко [и др.] // Технология и автоматизация машиностроения : респ. межвед. науч.-техн. сб. – Киев, 1974. – Вып. 14. – С. 3–7.
8. Прочность неподвижных соединений узлов шахтных конвейеров, собранных тепловым способом с применением промежуточных сред / А. А. Святуха, В. О. Галета, М. К. Кравцов, В. А. Белостоцкий // Прочность и долговечность горных машин: сб. / Укр. заоч. политехн. ин-т. – М. : Недра, 1984. – Вып. 6. – С. 126–130.
9. Андреев Г. Я. Прочность тепловых посадок с воздействием тлеющего разряда / Г. Я. Андреев, В. Ф. Тихонов, Б. М. Арпентьев // Известия вузов. Машиностроение. – 1976. – № 3. – С. 41–45.

**References**

1. Andreev, G 1965, *Teplovaya sborka kolesnykh par*, KhGU, Kharkiv.
2. Andreev, G, Tikhonov, V & Arpentev, B 'Povyshenie nesushchey sposobnosti soedineniy s natyagom elektrofizicheskimi metodami obrabotki posadochnoy poverkhnosti', *Problemy prochnosti*, 1977, no. 6, pp.103-106.
3. Lukashevich, G 1961, *Prochnost pressovykh soedineniy s galvanicheskim pokrytiem*, Gostekhizdat USSR, Kiev.
4. Andreev, G, Khorkhordin, A & Malitskiy, I 1967, 'Opyt formirovaniya vagonnykh kolesnykh par s pustotelymi osyami', *Tekhnologiya i organizatsiya proizvodstva*, no. 4, pp. 73-75.
5. Kravtsov, M, Svyatukha, A & Chernov, V 2001, *Promezhtochnyye sredy v soedineniyakh s natyagom*, Shtrikh, Kharkiv.
6. Popov, V 1974, *Teploobmen cherez soedineniya na kleyakh*, Energiya, Moskva.
7. Andreev, G, Malitskiy, I & Ostrenko, B 1974, 'Prochnost teplovykh soedineniy s antikorroziynoy plenкой polimera GEN-150/V', *Tekhnologiya i organizatsiya proizvodstva*, no. 14, Tekhnika, Kyiv.
8. Svyatukha, A, Galeta, V, Kravtsov, M & Belostotskiy, V 1984 'Prochnost nepodvizhnykh soedineniy uzlov shakhtnykh konveyerov, sobrannykh teplovym sposobom s primeneniem promezhtochnykh sred', *Prochnost i dolgovechnost gornykh mashin*, no. 6, pp. 126-130.
9. Andreev, G, Tikhonov, V & Arpentev, B 1976, 'Prochnost teplovykh posadok s vozdeystviem tleyushchego razryada', *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie*, no. 3, pp. 41-45.

Стаття надійшла до редакції 2 грудня 2014 р.