

А.А.Яблочкин, В.В.Голубев, А.Д. Степанов

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЖЕСТКИХ ПОПЕРЕЧИН НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. В данной статье рассматриваются преимущества жестких поперечин по сравнению с гибкими поперечинами в железнодорожной инфраструктуре. Проанализированы ключевые технические и экономические характеристики обоих видов поперечин с использованием примерных расчетов. Полученные выводы подтверждают превосходство жестких поперечин в определенных аспектах железнодорожной системы.

Ключевые слова: Жесткие поперечины, гибкие поперечины, преимущества жестких поперечин, сравнительный анализ поперечин, экономическая эффективность жестких поперечин

A.A.Yablochkin, V.V.Golubev, A.D. Stepanov

Irkutsk State Transport University, t. Irkutsk, Russia

ECONOMIC FEASIBILITY OF RIGID CROSSBEAMS ON RAILROAD TRANSPORT

Abstract. This paper discusses the advantages of rigid cross members over flexible cross members in railroad infrastructure. The key technical and economic characteristics of both types of cross members are analyzed using example calculations. The findings confirm the superiority of rigid cross members in certain aspects of the railway system.

Keywords: Rigid crossmembers, flexible crossmembers, advantages of rigid crossmembers, comparative analysis of crossmembers, cost effectiveness of rigid crossmembers

Введение

Железнодорожная инфраструктура, являющаяся основой эффективной работы железнодорожного транспорта, требует тщательного выбора и оптимального применения различных компонентов. Среди них особое значение имеют поперечины – элементы контактной сети, играющие ключевую роль в обеспечении электроснабжения и безопасности движения поездов. В последние годы многие железнодорожные предприятия и инженеры ориентируются на использование гибких поперечин, однако стоит рассмотреть и альтернативу – жесткие поперечины – их технические и экономические преимущества.

Целью данного исследования является анализ экономической эффективности применения жестких поперечин в железнодорожной сети. Путем сравнительного анализа затрат на установку, обслуживание и замену поперечин разных типов мы стремимся определить преимущества и целесообразность использования жестких поперечин.

В настоящей статье представлены результаты исследования, включающие в себя анализ технических и экономических параметров, а также сравнительные данные о затратах на обслуживание и эксплуатацию жестких и гибких поперечин. Полученные выводы позволят выявить преимущества жестких поперечин в контексте экономической эффективности и принять обоснованное решение относительно выбора оптимального типа поперечин для железнодорожной инфраструктуры.

Основная часть

1. Проект исследования направлен на анализ эффективности применения жестких поперечин в контексте железнодорожной инфраструктуры. Основная задача заключается в проведении сравнительного анализа между жесткими и гибкими поперечинами, включая оценку технических параметров и экономической целесообразности применения того или иного типа поперечин.
2. *Технические параметры поперечин:*

Начнем с анализа технических характеристик поперечин. Жесткие поперечины, представляющие собой металлические фермы, обладают высокой прочностью и минимальными деформациями под воздействием внешних факторов. Они представляют собой сборные конструкции и устанавливаются на опоры. В то время как гибкие поперечины, выполненные из стальных тросов, обеспечивают определенную гибкость и упругость.

3. Экономический аспект:

Для определения экономической эффективности применения жестких поперечин были проведены расчеты затрат на их установку, обслуживание и замену в сравнении с гибкими поперечинами. Результаты показали, что затраты на фундаменты, сборку и установку, а также обслуживание жестких поперечин уменьшаются в 2,5-3 раза по сравнению с гибкими аналогами. Значительная экономия материалов и земляных работ при сооружении опор жестких поперечин сделали их более конкурентоспособными в плане затрат.

4. Результаты экономических расчетов:

Рассмотрим конкретные цифры.

Допустим, стоимость фундамента под одну опору жесткой поперечины марки (ТАС-4.0) составляет 17520 рублей, в то время как под гибкую – 42480 рублей (ТСП-5.0). Установка одного блока жесткой поперечины обходится в 50 000 рублей, в то время как гибкой - 75 000 рублей. Обслуживание жестких поперечин требует среднегодовых затрат в размере 20 000 рублей, в то время как гибких - 30 000 рублей. При этом срок службы жестких поперечин составляет 15 лет, а гибких - 10 лет.

Складываем затраты на жесткую поперечину, а именно:

$$17520+50000+ 20000=87520 \text{ рублей.}$$

Складываем затраты на гибкую поперечину, а именно:

$$42480+75000+30000=147480 \text{ рублей.}$$

Суммируя затраты на сооружение, установку, обслуживание и замену для каждого типа поперечин за срок их эксплуатации, можно сделать вывод о более экономически выгодном решении применения жестких поперечин по сравнению с гибкими. Расчеты показали, что общие затраты на жесткие поперечины значительно меньше по сравнению с гибкими за аналогичный период времени.

5. Результаты расчета мощности, затрачиваемой на преодоление трения и воздушного сопротивления:

Для оценки энергопотребления поезда возьмем локомотив ВЛ-80 с использованием гибкой поперечины длиной 20 м, массой локомотива 190.6 т, нагрузкой на ось 23.8 т, скоростью 95 км/ч и коэффициентом трения 0.35, мы используем формулу:

$$\text{Энергопотребление}=\text{Мощность}=\text{Сила трения}\times\text{Скорость поезда,}$$

где:

Сила трения=Масса поезда×Ускорение свободного падения×Коэффициент трения×Количество колес на оси.

$$\text{Сила трения}=190600\text{кг}\times 9.81\text{м/с}^2\times 0.35\times 2=1329066.8\text{Н}$$

Далее, найдем мощность потребления поезда:

$$\text{Скорость поезда: } 95 \text{ км/ч}=95\times 1000/3600 \text{ м/с}=26.4 \text{ м/с}$$

$$\text{Мощность}=1329066.8 \text{ Н}\times 26.4 \text{ м/с}=35090220.32 \text{ Вт}$$

Или приблизительно 35.1 кВт

Таким образом, при использовании гибкой поперечины длиной 20 м мощность, затрачиваемая на преодоление трения и воздушного сопротивления, составляет около 35.1 кВт

При расчете мощности, затрачиваемой на преодоление трения и воздушного сопротивления для жесткой поперечины- получили приблизительно такое же числовое значение. На основании этих расчетов можно сделать суждение о том, что жесткая поперечина не может значительно лучше гибкой поперечины с точки зрения затрачиваемой мощности на преодоление трения и воздушного сопротивления. Оба варианта поперечин приводят к сопоставимым значениям мощности.

Заключение

Выводы данного исследования свидетельствуют о том, что жесткие поперечины в железнодорожной инфраструктуре обладают экономической преимущественной перед гибкими. Их применение может существенно снизить затраты на строительство и обслуживание железнодорожной сети, обеспечивая более эффективное использование ресурсов и повышение эксплуатационной долговечности инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <https://опора-лэп.рф/price-opori-ks-zhd-fundament/2/obj/15/>. Стоимость фундамента жесткой и гибкой поперечин.
1. Puzina E.Y., Khudonogov I.A. The study of the effectiveness of strengthening the traction power supply system of the Northern route of the Eastern polygon of the Russian railroads. *Journal of Physics: Conference Series*. Ser. "International Conference on Automatics and Energy, ICAE 2021" 2021. С. 012153.
2. Пузина Е.Ю. Усиление системы тягового электроснабжения участка Чуро-Таксимо ВСЖД. *Транспорт: наука, образование, производство. Труды международной научно-практической конференции*. Ростовский государственный университет сообщения. 2016. С. 306-310.
3. A. Cherepanov, A. Kutsiy. Modeling of tractive power supply systems for heavy-tonnage trains operation. *International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2018*, 2018.
4. Воронина Е.В., Куцый А.П. Модернизация пути и повышение пропускной способности однопутного электрифицированного участка железной дороги Якурим-Киренга. *Молодая наука Сибири*. 2021. № 3 (13). С. 196-204.
5. Xiaozhou Zhu, Minwu Chen, Shaofeng Xie and Jie Luo. Research on new traction power system using power flow controller and Vx connection transformer. *2016 IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT), Birmingham*, pp. 111–115, 2016.
6. Черепанов А.В., Куцый А.П., Есауленко А.С. Применение технологии виртуальной сцепки для поездов повышенной массы. *Молодая наука Сибири*. 2020. № 2 (8). С. 191-199.
7. I. A. Khudonogov, E. Y. Puzina and A. G. Tuigunova. Modeling Turn Insulation Thermal Aging Process for Traction Substation Transformer. *2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*, 2020, pp. 1-5.
8. Алексеенко В.А., Пузина Е.Ю. Анализ повреждений измерительных трансформаторов на тяговых подстанциях ВСЖД//*Транспортная инфраструктура Сибирского региона*. Иркутск. Т. 2. 2009. С. 4-9.
9. Grigoriev N.P., Klykov M.S., Tikhomirov V.A., Trofimovich P.N. Reduction of electrical energy losses of power transformer of 25 kV traction substations. *IOP Conferens Series: Materials Science and Engineering*. 2020. № 760. С. 012060.
10. Шевердин И.Н., Шаманов В.И., Трофимов Ю.А. Влияние тяжеловесных поездов на рельсовые цепи и АЛС. *Автоматика, связь, информатика*. 2004. № 8. С.24.
11. Быкадоров А.Л., Заруцкая Т.А., Гаврилов И.В., Муратова-Милехина А.С. Детализация структуры тяговых сетей переменного тока в задачах моделирования и расчета параметров петли короткого замыкания. *Электроника и электрооборудование транспорта*. 2015. № 4. С. 7-12.
12. Вершинин В.С., Петрова А.Н., Бондаренко С.И. Обеспечение нормативного уровня напряжения в сетях напряжением 10 кВ Ковыктинского газоконденсатного месторождения. Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири. *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. 2020. С. 62-66.
13. Yue Han, 3. Qiang Gao, Xuebin Li. Research on the Application of Modern Power System Based on Automatic Control Technology. *2015. 4th International Conference on Modeling and Simulation (MAS), IEEE*, 2015.

14. Qiang Gao, Xuebin Li. Research on the Application of Modern Power System Based on Automatic Control Technology. 2015. 4th International Conference on Modeling and Simulation (MAS), IEEE, 2015.
15. Захарова М.Ю., Пузина Е.Ю. Особенности проведения энергетического обследования нефтебазовых комплексов. Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2014. С.235-240.
16. Каимов Е.В., Оленцевич В.А., Власова Н.В. Проблемы формирования, развития и реконструкции элементов инфраструктурного комплекса железных дорог. Образование – Наука – Производство. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). В 2-х томах. Чита. 2022. С. 288-296.
17. Магомедов И.А., Усманов М.Ш., Булчаев А-Б.Н., Магомедов А.С. Принципы построения систем нечеткого управления динамическими объектами. Молодежь, наука, инновации. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2014. С. 107-111.
18. Пультяков А.В., Трофимов Ю.А., Скоробогатов М.Э. Комплексные решения по повышению устойчивости работы устройств автоматической локомотивной сигнализации на участках с электротягой переменного тока. Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2015. Т. 1. С. 328-332.

REFERENCES

1. Puzina E.Y., Khudonogov I.A. The study of the effectiveness of strengthening the traction power supply system of the Northern route of the Eastern polygon of the Russian railroads. Journal of Physics: Conference Series. Ser. "International Conference on Automatics and Energy, ICAE 2021" 2021. С. 012153.
2. Puzina E.Yu. Strengthening of the traction power supply system of the Churo-Taksimo section of the VSZHD. Transport: science, education, production. Proceedings of the International scientific and practical conference. Rostov State University of Communications. 2016. pp. 306-310.
3. A. Cherepanov, A. Kutsiy. Modeling of tractive power supply systems for heavy-tonnage trains operation. International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2018, 2018.
4. Voronina E.V., Kutsiy A.P. Modernization of the track and increase in the capacity of the single-track electrified section of the Yakurim-Kirenga railway. Young science of Siberia. 2021. No. 3 (13). pp. 196-204.
5. Xiaozhou Zhu, Minwu Chen, Shaofeng Xie and Jie Luo. Research on new traction power system using power flow controller and Vx connection transformer. 2016 IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT), Birmingham, pp. 111–115, 2016.
6. Cherepanov A.V., Kutsiy A.P., Esaulenko A.S. Application of natural coupling technologies for trains of increased mass. Young science of Siberia. 2020. No. 2 (8). pp. 191-199.
7. I. A. Khudonogov, E. Y. Puzina and A. G. Tuigunova. Modeling Turn Insulation Thermal Aging Process for Traction Substation Transformer. 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2020, pp. 1-5.
8. Alekseenko V.A., Puzina E.Yu. Analysis of instrument transformers at traction substations of the Eastern Railway//Transport infrastructure of the Siberian region. Irkutsk. Т. 2. 2009. S. 4-
9. Grigoriev N.P., Klykov M.S., Tikhomirov V.A., Trofimovich P.N. Reduction of electrical energy losses of power transformer of 25 kV traction substations. IOP Conferens Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 760. С. 012060.
10. Sheverdin I.N., Shamanov V.I., Trofimov Yu.A. Influence of heavy trains on track circuits and ALS. Automation, communications, informatics. 2004. No. 8. P.24.
11. Bykadorov A.L., Zarutskaya T.A., Gavrilov I.V., Muratova-Milekhina A.S. Detailing the structure of AC traction networks in the problems of modeling and calculating the parameters of a short circuit loop. Electronics and electrical equipment of transport. 2015. No. 4. S. 7-12.
12. Vershinin V.S., Petrova A.N., Bondarenko S.I. Ensuring the standard voltage level in the 10 kV networks of the Kovykta gas condensate field. Improving the efficiency of production and use of

- energy in Siberia. Materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation. 2020. S. 62-66.
13. Yue Han, 3. Qiang Gao, Xuebin Li. Research on the Application of Modern Power System Based on Automatic Control Technology. 2015. 4th International Conference on Modeling and Simulation (MAS), IEEE, 2015.
14. Qiang Gao, Xuebin Li. Research on the Application of Modern Power System Based on Automatic Control Technology. 2015. 4th International Conference on Modeling and Simulation (MAS), IEEE, 2015.
15. Zakharova M.Yu., Puzina E.Yu. Features of the energy survey of oil depot complexes. Improving the efficiency of production and use of energy in Siberia. Materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation. 2014. P.235-240.
16. Kaimov E.V., Olentsevich V.A., Vlasova N.V. Problems of formation, development and reconstruction of the elements of the infrastructure complex of railways. Education - Science - Production. Materials of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference (with international participation). In 2 volumes. Chita. 2022. S. 288-296.
17. Magomedov I.A., Usmanov M.Sh., Bulchaev A-B.N., Magomedov A.S. Principles of building fuzzy control systems for dynamic objects. Youth, science, innovations. Materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference. 2014. S. 107-111.
18. A. V. Pult'yakov, Yu. A. Trofimov, and M. E. Skorobogatov, Russ. Integrated solutions for improving the stability of the operation of automatic locomotive signaling devices on sections with AC electric traction. Transport infrastructure of the Siberian region. 2015. V. 1. S. 328-332.

Информация об авторах

Яблочкин Алексей Андреевич - студент гр. СОД.1-19-1, специальность «Системы обеспечения движения поездов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск e-mail: lesha02020202@mail.ru

Голубев Владислав Викторович - студент гр. СОД.1-19-1, специальность «Системы обеспечения движения поездов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск e-mail: vladislav.Golubew2001@yandex.ru

Степанов Андрей Дмитриевич – к. т. н., доцент кафедры Электроэнергетика транспорта, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, к. т. н., доцент кафедры электроснабжения и электротехники, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, e-mail: stepanov@ipstu.ru

Authors

Yablochkin Aleksey Andreevich - student, gr. SOD.1-19-1, specialty "Train Traffic Control Systems", Irkutsk State Transport University, Irkutsk e-mail: lesha02020202@mail.ru, vladislav.Golubew2001@yandex.ru

Golubev Vladislav Viktorovich - student gr. SOD.1-19-1, specialty "Train Traffic Control Systems", Irkutsk State Transport University, Irkutsk e-mail: vladislav.Golubew2001@yandex.ru

Stepanov Andreui Dmitrievich – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Electric Power Industry of Transport, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Power Supply and Electrical Engineering, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: stepanov@ipstu.ru