

В. В. Чернышев, К.Е. Кузнецов, Д.В. Сальникова, А.П. Куцый

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ И ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ ВСЖД НА УЧАСТКЕ ЛЕНА-ВОСТОЧНАЯ-НОВЫЙ УОЯН В СВЕТЕ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДАННОГО УЧАСТКА БАМ В 2019-2023 ГОДАХ

Аннотация. В данной работе рассматривается проблема повышения пропускной способности на участке Лена-Восточная-Новый Уоян Байкало-Амурской магистрали, которая является одним из важнейших транспортных коридоров России. Анализируется возможность увеличения объема движения тяжеловесных поездов. Для повышения эффективности работы электрооборудования, снижения потерь электроэнергии и увеличения пропускной способности железнодорожного транспорта необходимо улучшение системы тягового электроснабжения. Для достижения этой цели используются различные технические решения, направленные на увеличение пропускной и провозной способности.

В статье проведен анализ текущего состояния системы электроснабжения, произведено моделирование участка железной дороги и выполнен тяговый расчет. Выявлены проблемные места на данном участке и исследованы причины проблем в движении поездов в этих местах. Также создан график движения поездов. Рассмотрены некоторые способы усиления участка и получены их характеристики. Произведены сравнения перечисленных способов усиления между собой и до внедрения их. Построены графики изменения напряжения на проблемных участках для анализа полученной величины напряжения при использовании различных технических решений.

Исходя из полученных данных и параметров, сделан вывод о необходимости усиления данного участка и о выборе наиболее эффективного решения проблемы на этом участке.

Ключевые слова: Повышение пропускной способности, моделирование участка, пакетное движение, система тягового электроснабжения, БАМ, параллельная работа трансформаторов, изменение параметров контактной сети.

V. V. Chernyshev¹, K.E. Kuznetsov¹, D.V. Salnikova¹, A.P. Kutsyi¹

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

AN INCREASE IN THE CAPACITY AND CARRYING CAPACITY OF THE VSZHD ON THE LENA-VOSTOCHNAYA-NOVY UOYAN SECTION IN THE LIGHT OF THE DEVELOPMENT OF THE EXTERNAL POWER SUPPLY SYSTEM FOR THIS SECTION OF THE BAM IN 2019-2023

Annotation. This paper considers the problem of increasing capacity on the Lena-Vostochnaya-Novy Uoyan section of the Baikal-Amur mainline, which is one of the most important transport corridors in Russia. The possibility of increasing the volume of heavy trains is analyzed. To improve the efficiency of electrical equipment, reduce power losses and increase the capacity of railway transport, it is necessary to improve the traction power supply system. To achieve this goal, various technical solutions are used to increase throughput and carrying capacity.

The article analyzes the current state of the power supply system, simulates the railway section and performs a traction calculation. The problem areas on this section have been identified and the causes of problems in the movement of trains in these places have been investigated. A train timetable has also been created. Some ways of strengthening the site are considered and their characteristics are obtained. Comparisons of the listed reinforcement methods have been made with each other and before their implementation. Graphs of voltage changes in problem areas are constructed to analyze the resulting voltage value using various technical solutions.

Based on the data and parameters obtained, it is concluded that it is necessary to strengthen this site and choose the most effective solution to the problem in this area.

Keywords: Increasing throughput, site modeling, batch movement, traction power supply system, BAM, parallel operation of transformers, changing the parameters of the contact network.

Введение

Максимальное количество поездов или пар поездов определенной массы и длины, которые могут проехать по железнодорожной линии за определенный период времени (сутки, час), называется пропускной способностью линии. Она зависит от технического оборудования линии, типа графика движения и числа поездов. Провозная способность линии - это максимальный объем грузов и пассажиров, который может быть перевезен при данной пропускной способности.

Повышение пропускной способности железнодорожного участка Лена-Кунерма является актуальной задачей для обеспечения более эффективного движения поездов. В данной работе рассматривается необходимость повышения пропускной способности, а также предлагаются возможные меры для ее реализации [1-3]:

- Изменение параметров контактной сети [4,5]:

Изменение параметров контактной сети будет являться одним из способов повышения пропускной способности. К таким параметрам относятся сечение контактной сети и материал проводников.

При увеличении сечения контактного провода происходит уменьшение падения напряжения на контактной сети, что позволяет увеличить пропускную способность системы.

- Включение в параллельную работу трансформаторов на тяговых подстанциях [6];

Включение трансформаторов в параллельную работу на тяговых подстанциях обеспечивает уменьшение их суммарного сопротивления, что приводит к уменьшению падения напряжения в системе тягового электроснабжения.

- Установка устройств продольной и поперечной компенсации [7,8]:

Установки поперечной (КУ) и продольной (УПК) емкостной компенсации в системе тягового электроснабжения решают многие задачи: повышают пропускную способность, снижают потери электроэнергии, обеспечивая энергосбережение, улучшают качество электроэнергии. Необходимо оснащать тяговое электроснабжение регулируемыми установками КУ и УПК для более эффективной компенсации реактивной мощности.

Проект будет реализован в соответствии с определенными этапами, ресурсами и сроками работ. Проект направлен на повышение эффективности грузоперевозок на железнодорожном транспорте.

Описание проблемной ситуации и постановка задачи

С каждым годом экономика страны растет, соответственно это приводит к увеличению объемов грузоперевозок. Однако, участок железной дороги не может обеспечить транспортировку большого объема грузов ещё и за короткий промежуток времени из-за разных проблем, включая низкую пропускную способность системы тягового электроснабжения. Одним из проблемных участков с низкой пропускной способностью является участок ЛН-НУ. Профиль участка представлен на рисунке 1-3.

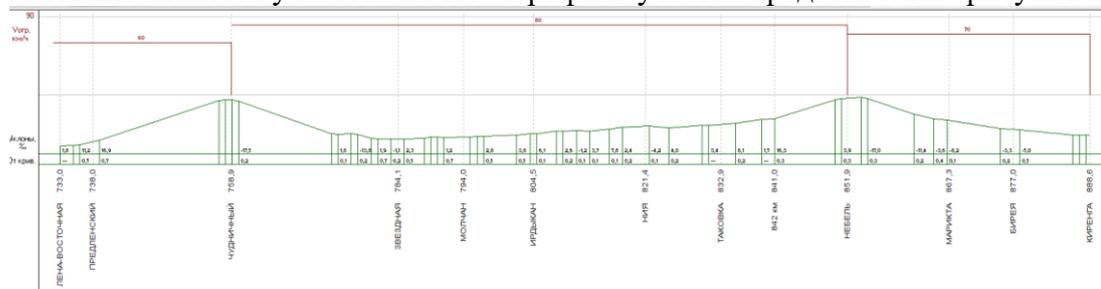


Рис. 1. Профиль пути участка Лена-Восточная-Киренга

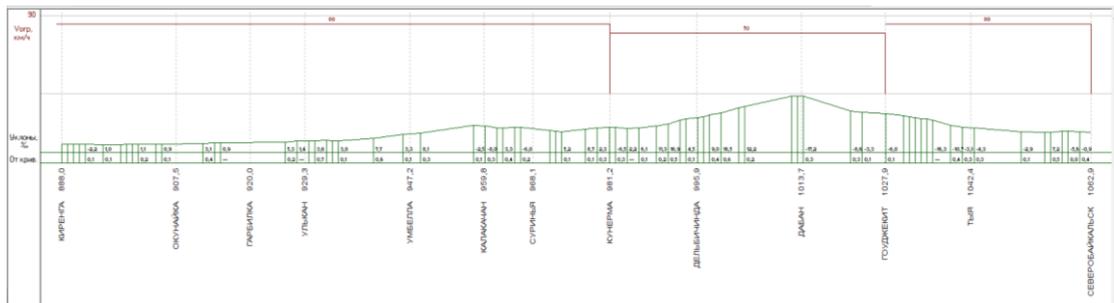


Рис. 2. Профиль пути участка Киренга-Северобайкальск

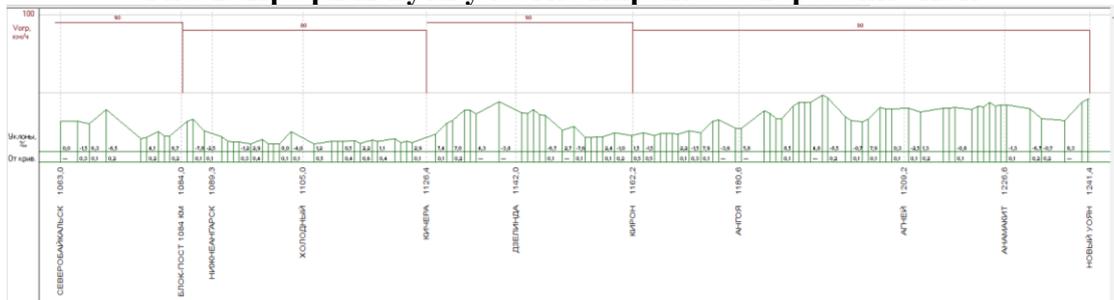


Рис. 3. Профиль участка пути Северобайкальск-Новый Уоян

На схеме участка (Рис.4.) рекомендуется пропускать поезда следующей массы:
 – с учетом системы пакет, состоящий из шести поездов весом 3000 тонн с межпоездным интервалом 6 минут в нечетном направлении, в четном два поезда весом 6000 тонн, далее два поезда массой 7000 тонн и два поезда 6000 тонн с межпоездным интервалом 8 минут (Рис. 3).

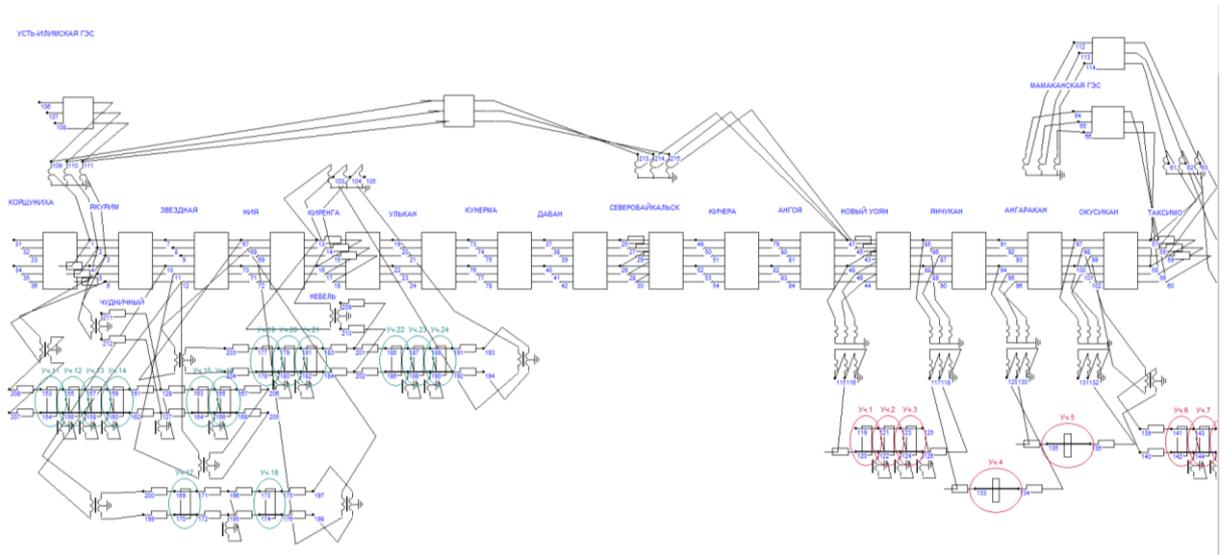


Рис. 4. Схема участка Лена-Восточная-Новый-Уоян

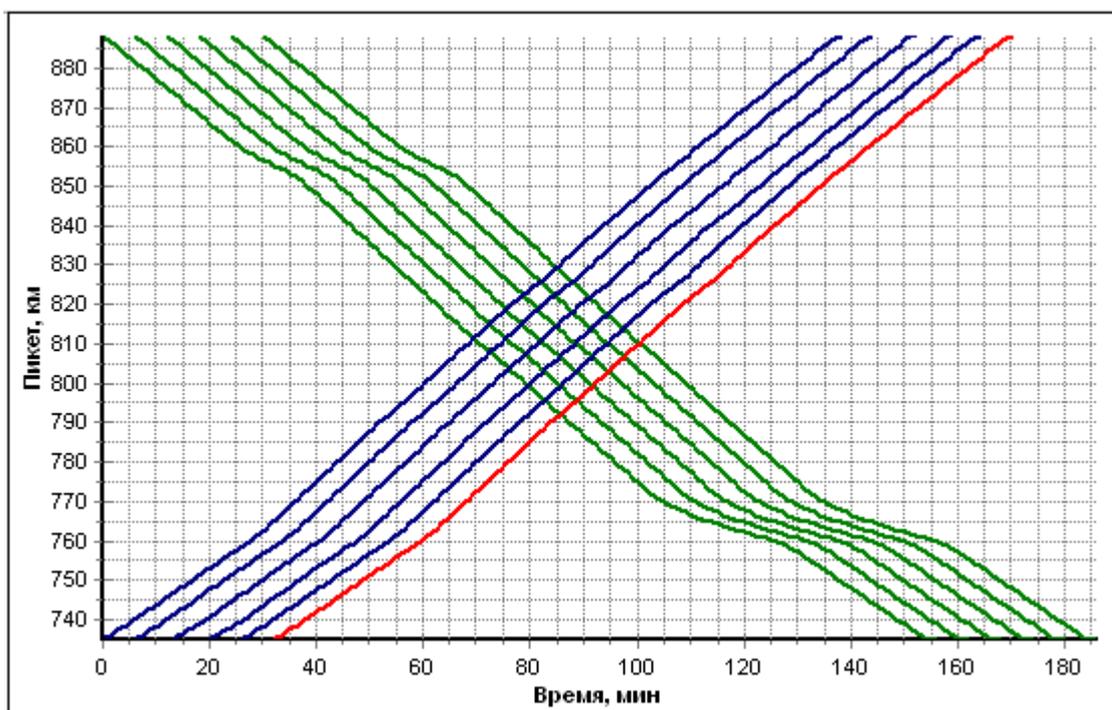


Рис. 5. График движения поездов на участке Лена-Восточная-Новый-Уоян

После проведения расчетов в программном комплексе Fazonord выявлены 3 проблемных места на участках, изображенных на Рисунках 6-8. Минимальные значения напряжения на участке в проблемных местах представлены в таблице 1.

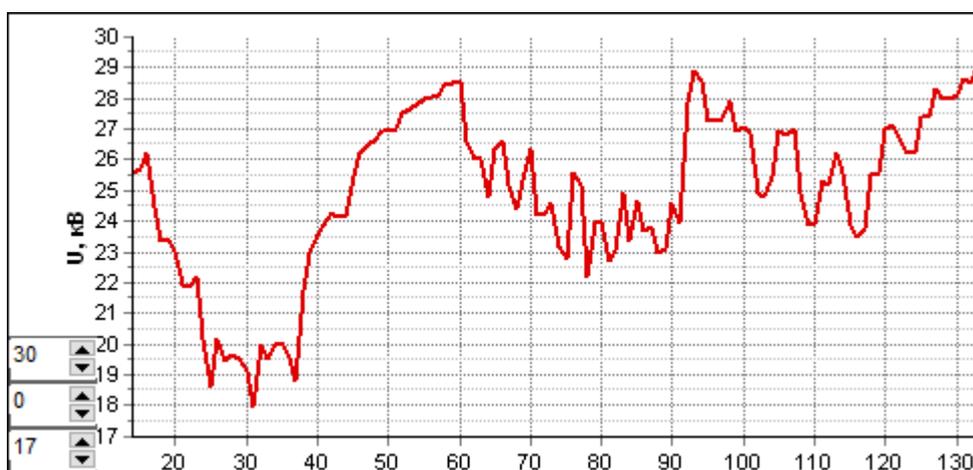


Рис. 6. График изменения напряжения до усиления на участке Лена-Восточная – Киренга

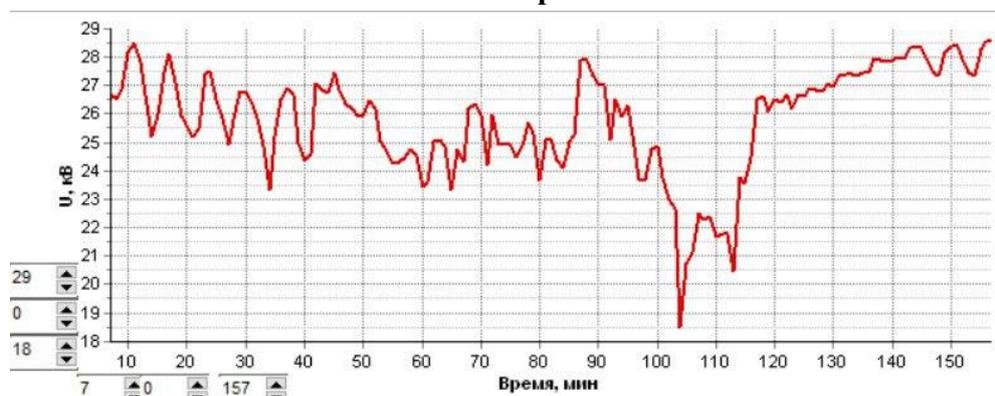


Рис. 7. График изменения напряжения до усиления на участке Киренга – Северобайкальск

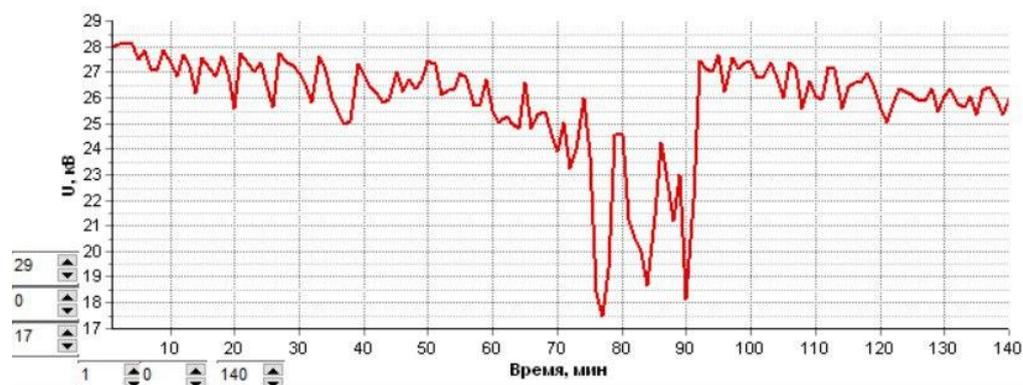


Рис. 8. График изменения напряжения до усиления на участке Северобайкальск – Новый Уоян

Таблица 1 – Полученные значения напряжения на проблемных участках

Название участка	U _{min.кв} , кВ
Предленский - Чудничный	17,95
Дельбичинда - Дабан	18,5
Кичера - Кирон	17,5

Анализируя таблицу 1, можно сделать вывод о том, что система тягового электроснабжения на данных перегонах нуждается в усилении. Поэтому необходимо разработать предложения по техническому перевооружению системы электроснабжения данного участка для повышения уровня напряжения до минимально допустимого значения в 21 кВ.

Предложения практического решения поставленной задачи

На первом этапе усиления было решено изменить параметры контактной сети на перегонах, которые мы выявили ранее (табл. 1). На всех проблемных участках установлена контактная сеть с несущим тросом марки ПБСМ-95 и контактным проводом МФ-85. Было предложено применение усиления контактной подвески путем увеличения сечения контактного провода марки МФ с 85 мм² до 100 мм² на указанных станциях и перегонах, что позволило уменьшить ее сопротивление и понизить падение напряжение в контактной сети. А также был изменен несущий трос марки ПБСМ-95 на трос марки М-120. После проведения данного мероприятия получены следующие результаты (Рис.9-11).

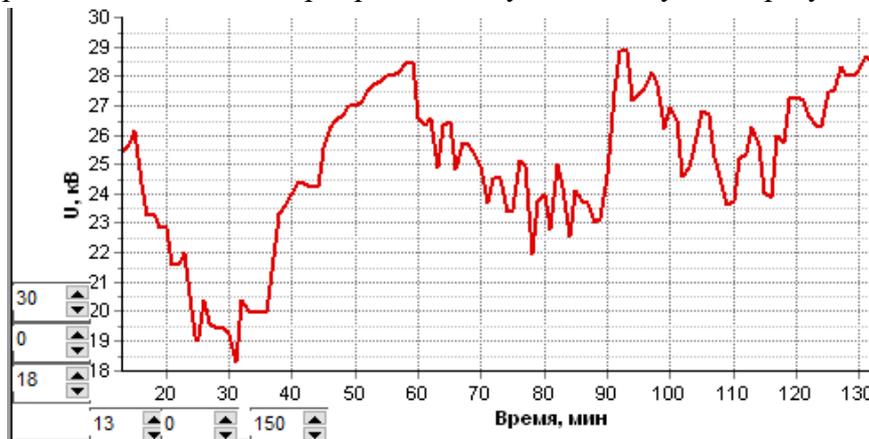


Рис. 9. Результат проведения расчетов после изменения параметров контактной сети на участке Предленский – Чудничный

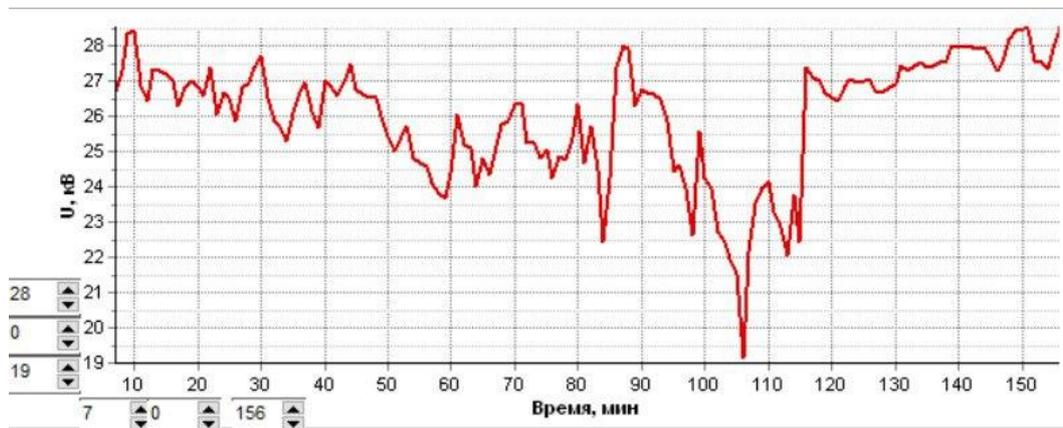


Рис. 10. Результат проведения расчетов после изменения параметров контактной сети на участке Дельбичинда - Дабан

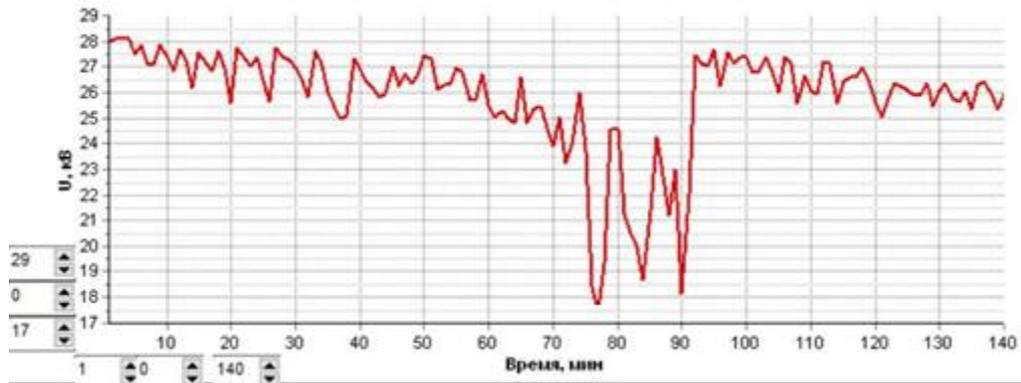


Рис. 11. Результат проведения расчетов после изменения параметров контактной сети на участке Кичера - Кирон

На рисунках 9-11 видно, что изменение параметров контактной сети позволило увеличить напряжение, но достигнутое значение не входит в пределы допустимых. Проведение данного мероприятия позволило увеличить значения напряжения на всех участках в среднем на 0,7 кВ. Поэтому можно сделать вывод, что данный способ усиления не удовлетворяет условиям, так как значения не достигают минимально допустимых.

Следующей мерой повышения уровня напряжения стало включение трансформаторов на тяговых подстанциях Якурим, Киренга, в параллельную работу.

После проведения данного мероприятия получены следующие результаты на проблемных участках (Рис.12-14).

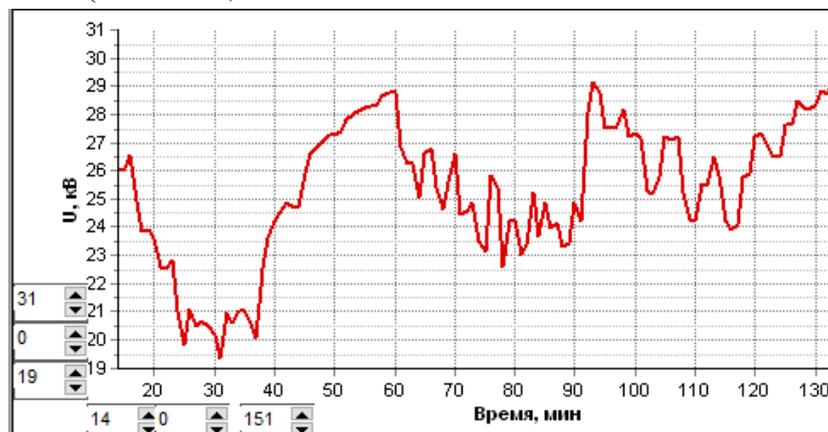


Рис. 12. График изменения напряжения после введения трансформаторов в параллельную работу на участке Предленский – Чудничный

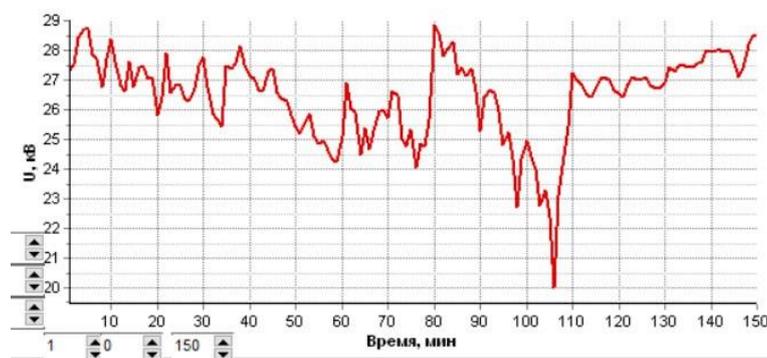


Рис. 13. График изменения напряжения после введения трансформаторов в параллельную работу на участке Дельбичинда - Дабан

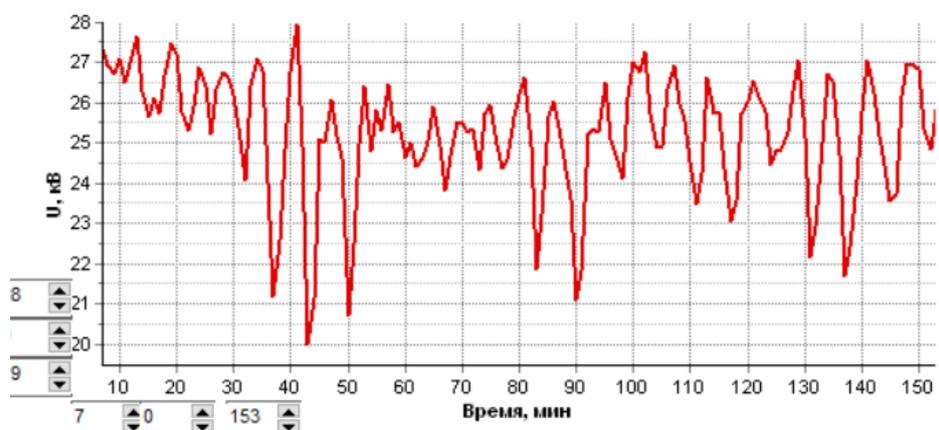


Рис. 14. График изменения напряжения после введения трансформаторов в параллельную работу на участке Кичера - Кирон

После проведения данного мероприятия из графиков напряжения видно, что на всех перегонах, кроме Сл-Ут, значение напряжения вошло в пределы допустимых значений.

Третьим способом усиления стала установка УПК мощностью 9,2 МВАр на тяговых подстанциях проблемных участков.

На каждом проблемном участке УПК будет включаться в отсос. Получены следующие значения напряжений на проблемных участках (Рис.15-17).

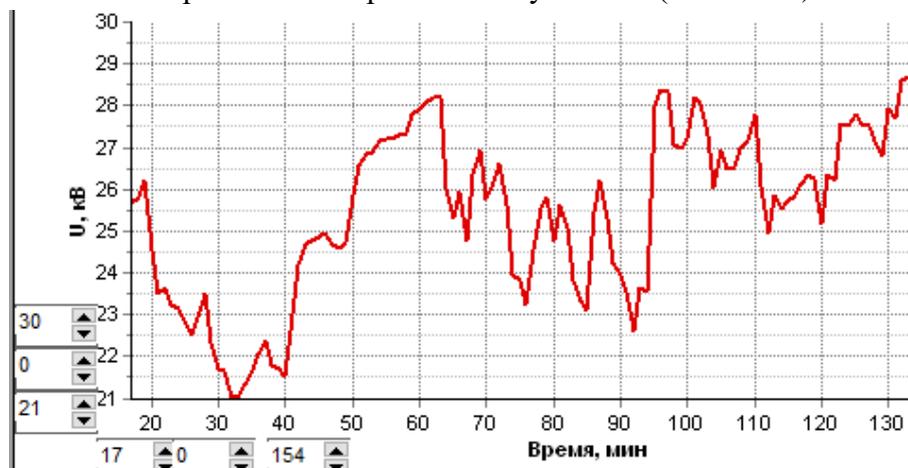


Рис. 15. Результаты расчета после установки УПК на участке Предленский – Чудничный

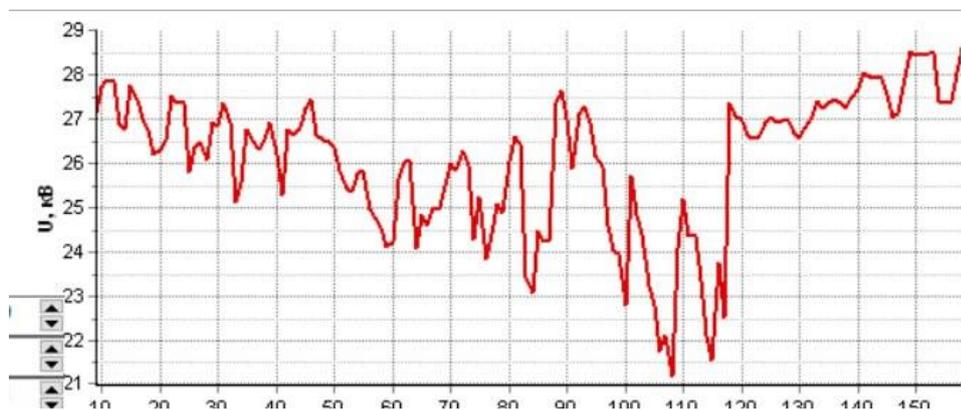


Рис. 16. Результаты расчета после установки УПК на участке Дельбичинда - Дабан

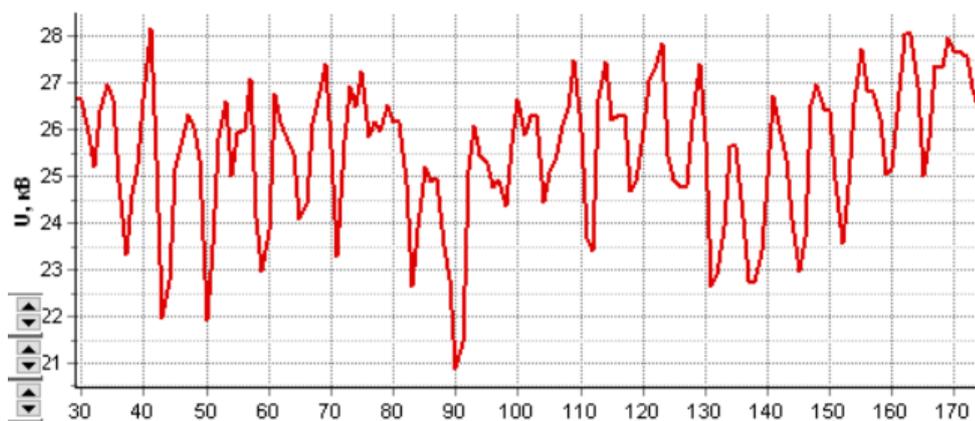


Рис. 17. Результаты расчета после установки УПК на участке Кичера - Кирон

Как видно из графика, установка УПК позволила повысить напряжение до допустимых значений. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что данный способ является самым эффективным из всех предложенных ранее.

В таблице 3 представлены все полученные значения напряжений при каждом способе усиления.

Таблица 3 – Результаты расчетов при различных способах усиления

Участок	Способы усиления			
	Исходные	Контактная сеть	Включение трансформаторов в параллель	УПК
	U _{min.кв} , кВ			
Предленский-Чудничный	17,95	18,34	19,43	21,05
Дельбичинда-Дабан	18,5	19,26	20,08	21,22
Кичера - Кирон	17,02	17,8	20,01	21,92

При построении гистограммы (Рис. 18), можно сделать вывод о том, что самым эффективным способом усиления участка является установка УПК.

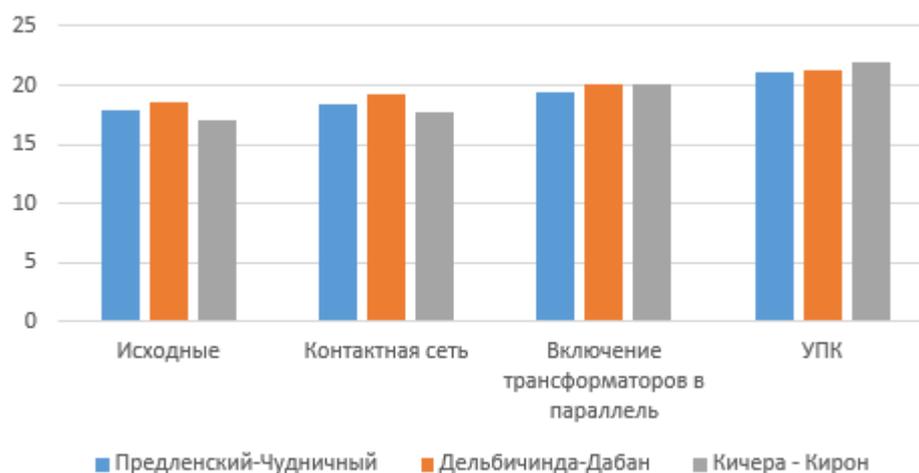


Рис.18. Гистограмма напряжения на проблемных участках

Заключение

В результате анализа пропускной способности участка, учитывая пропуск поездов было выявлено, что требуется усиление данного участка. Это обусловлено проблемами в системе электроснабжения, которые возникают при пропуске пакета тяжеловесных поездов с интервалом в 8-10 минут, в частности – низким напряжением в контактной сети.

После проведения всех мероприятий сделан вывод о том, что самый эффективный из всех способов повышения напряжения, которые входят в предел допустимого значения, это использование УПК. Этот способ усиления СТЭ является технически выгодным и эффективным среди всех предложенных выше.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пузина Е.Ю. Оборудование и аппаратура электроустановок: практикум - Иркутск: ИрГУПС, 2017. – 124с.
2. Пузина Е.Ю. Аппаратура тяговых и трансформаторных подстанций: учеб. пособие – Иркутск: ИрГУПС, 2017.- 180с.
3. Почапаевец В.С. Электрические подстанции: Учеб. Для техникумов и колледжей ж.-д. транспорту – М.: Желдориздат, 2001. – 512 с.
4. Капранов П.А.. Реконструкция районов электрических сетей с целью снижения потерь мощности. / П.А. Капранов, Е.Ю. Пузина. / Изд.: Ростовский государственный университет путей сообщения (Ростов-на-Дону). 2020. - 113-116 с.
5. Анализ мероприятий по уменьшению потерь электрической энергии в системе тягового электроснабжения // Куцый А.П., Сальникова Д.В., Кузнецов К.Е. Молодая наука Сибири. 2022. № 3 (17). С. 112-118.
6. Куцый А.П., Овечкин И.С., Галков А.А. Повышение пропускной способности участка Якурим – Киренга для обеспечения тяги сдвоенных электроподвижных составов массой 14200 тонн. Электронный научный журнал// Молодая наука Сибири. 2022, № 2(16).
7. Пузина Е.Ю. Усиление системы тягового электроснабжения участка Ния-Киренга ВСЖД/ Электрификация и развитие инфраструктуры энергообеспечения тяги поездов на железнодорожном транспорте. материалы Шестого Международного симпозиума "Элтранс-2011". 2013. С. 464-468.

8. Анализ эффективности применения организационных и технических способов повышения пропускной способности тяговой сети двухпутного горно-перевального участка // Куцый А.П., Овечкин И.С., Галков А.А. Молодая наука Сибири. 2022. № 3 (17). С. 56-63.

REFERENCES

1. Puzina E.Yu. Equipment and equipment of electrical installations: practicum -Irkutsk: IrGUPS, 2017. – 124s.

2. Puzina E.Yu. Apparatus of Traction and transformer substations: textbook. manual – Irkutsk: IrGUPS, 2017.- 180с.

3. By chapaevets V.S. Electrical substations: Textbook. For technical schools and colleges zh.-D. transpyu – М.: Zheldorizdat, 2001. – 512 p.

4. Капранов Р.А. Reconstruction of areas of electric networks in order to reduce power losses. / Р.А. Капранов, Е.Ю. Пузина. / Ed.: Rostov State University of Railways (Rostov-on-Don). 2020. - 113-116 p

5. Analysis of measures to reduce losses of electric energy in the traction power supply system // Kutsyi A.P., Salnikova D.V., Kuznetsov K.E. Young Science of Siberia. 2022. No. 3 (17). pp. 112-118.

6. Kutsyi A.P., Ovechkin I.S., Galkov A.A. Increasing the throughput capacity of the Yakurim – Kirenga section to provide traction for twin electric rolling stock weighing 14200 tons. Electronic scientific journal // Young Science of Siberia. 2022, № 2(16).

7. Puzina E.Yu. Strengthening of the traction power supply system of the Nia-Kirenga section of the VSZHD/ Electrification and development of the infrastructure for power supply of train traction on railway transport. Proceedings of the Sixth International Symposium "Eltrans-2011". 2013. pp. 464-468.

8. Analysis of the effectiveness of the application of organizational and technical methods for increasing the capacity of the traction network of a double-track mining and transshipment section // Kutsyi A.P., Ovechkin I.S., Galkov A.A. Young Science of Siberia. 2022. No. 3 (17). pp. 56-63.

Информация об авторах

Чернышев Владислав Вячеславович – студент 5 курса специальности «Электроснабжение железных дорог», Иркутский Государственный Университет Путей Сообщения, г. Иркутск, email: vladchernyshev6703@gmail.com

Кузнецов Кирилл Евгеньевич – студент 5 курса специальности «Электроснабжение железных дорог», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, email: 2001kuznetsov@gmail.com

Сальникова Дарья Викторовна – студент 5 курса специальности «Электроснабжение железных дорог», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, email: ds_vo@mail.ru

Куцый Антон Павлович – начальник МНЦ УНИР, старший преподаватель кафедры ЭТ, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск e-mail: kutsyi_ap@irgups.ru

Authors

Vladislav Vyacheslavovich Chernyshev – 5rd year student of the specialty "Electric power supply of railways", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, email: vladchernyshev6703@gmail.com

Kuznetsov Kirill Evgenievich – 5rd year student of the specialty "Electric power supply of railways", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, email: 2001kuznetsov@gmail.com

Salnikova Darya Viktorovna – 5rd year student of the specialty "Electric power supply of railways", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, email: ds_vo@mail.ru

Kutsyi Anton Pavlovich – Head of the UNIR Research Center, senior lecturer of the Faculty. ET, Irkutsk State Transport University, Irkutsk e-mail: kutsyi_ap@irgups.ru