

На правах рукописи



ЭРГАШЕВ УЛУГБЕК ЭРКИНЖОН УГЛИ

**ОСОБЕННОСТИ УКЛАДКИ СВАРНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ
БЕССТЫКОВОГО ПУТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ОСНАСТКИ НАВЕСНОГО ТИПА**

2.9.2. Железнодорожный путь,
изыскание и проектирование железных дорог

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2022

Диссертация выполнена в Акционерном Обществе «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»).

Научный руководитель:

Суслов Олег Александрович,
доктор технических наук

Официальные оппоненты:

Новакович Василий Иванович,
доктор технических наук, профессор,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Ростовский государственный
университет путей сообщения», кафедра
«Путь и путевое хозяйство», профессор;

Атапин Виталий Владимирович
кандидат технических наук, федеральное
государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный университет
путей сообщения», Институт автоматизации,
информационных технологий и
строительства, директор.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Иркутский государственный
университет путей сообщения».

Защита состоится 9 февраля 2023 года в 12:00 на заседании диссертационного совета 40.2.002.03 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» по адресу: 125315, г. Москва, ул. Часовая, д. 22/2, стр. 1, ауд. 329.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте РУТ (МИИТ) <https://www.rut-miit.ru/>.

Автореферат разослан « ____ » декабря 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Гринь Елена Николаевна

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. Для реализации высоких скоростей движения поездов и обеспечения гарантированной безопасности и комфортабельности необходимо широкое внедрение надежных, мало обслуживаемых и экономически эффективных конструкций верхнего строения железнодорожного пути, к которым относится прежде всего бесстыковая конструкция. В настоящее время на железных дорогах Узбекистана применяется бесстыковой путь с рельсами длиной, как правило, до 800 м. Мировой опыт внедрения скоростного и высокоскоростного движения поездов свидетельствует о том, что железнодорожная инфраструктура при повышенных скоростях движения поездов в обязательном порядке переходит на рельсовые плети повышенной длины: до длины блок-участка, длины перегона или плети бесстыкового пути бесконечной длины. Переход путевого хозяйства АО «УТЙ» на конструкцию бесстыкового пути с рельсовыми плетями повышенной длины сопряжен с решением технических и технологических проблем и должен осуществляться поэтапно по мере решения этих проблем. Одной из центральных технологических проблем перехода на плети бесстыкового пути повышенной длины является проблема укладки рельсовых плетей или замена изношенных плетей на новые. Применяемая технология производства работ по замене рельсовых плетей в путевом хозяйстве АО «УТЙ» по производительности и продолжительности «окон» для производства работ не удовлетворяет требованиям сегодняшнего дня. Это связано с тем, что в технологии производства работ предусматривается выполнение основных работ вручную. Необходима разработка эффективной технологии проведения работ по замене рельсовых плетей, обеспечивающей безопасную эксплуатацию бесстыкового пути.

Устойчивость бесстыкового пути зависит от температуры его закрепления намного больше, чем от характеристик элементов верхнего строения пути, что делает этап укладки и ввода плетей в оптимальную температуру закрепления одним из основных. Необходимую температуру закрепления рельсовых плетей можно обеспечить с применением высокопроизводительных путевых машин и прогрессивных технологий работ. На зарубежных железных дорогах при поэлементной укладке пути широко применяются экскаваторы на комбинированном ходу. Для укладки рельсовых плетей применяются экскаваторы, оборудованные навесными оснастками. Последние годы на железных дорогах Узбекистана и России начато применение такого средства техники для смены рельсовых плетей. Первые опыты показали большую эффективность применения такой технологии. Однако эту технологию можно применять только для смены рельсовых плетей. Недостатком конструкции

существующих навесных оснасток является ограниченная область применения, обусловленная наличием на рельсах стыковых накладок, которые являются препятствием для непрерывного перемещения захвата вдоль рельса. Кроме того, в научно-технической литературе отсутствуют требования для безопасного производства работ с применением данной технологии. Также не разработаны требования к навесным оснасткам.

Степень разработанности темы исследования. Технологиям укладки и ремонта бесстыкового пути посвящены работы российских и зарубежных ученых: М.С. Боченкова, В.И. Новаковича, З.Л. Крейниса, С.И. Клинова, Е.М. Бромберга, Н.Б. Зверева, В.Н. Свистунова, В.А. Грищенко, Н.П. Виногорова, В.Ф. Сушкова, В.П. Шраменко, А.А. Бондаренко, В.В. Ершова, Г.Г. Жулева, Н.Н. Лысенко, Г.В. Карпачевского, Х.Х. Дутаева, J. Theurer, P. Grim, F. Fischer и многих других.

В представленном исследовании, в отличие от известных, рассмотрены особенности замены инвентарных рельсов на плети бесстыкового пути с применением современных мобильных средств, оборудованных навесными оснастками.

Цели и задачи исследования. *Целью* диссертационной работы является разработка ресурсосберегающей технологии, обеспечивающей безопасность и технологичность производства работ по замене рельсовых плетей с применением экскаваторов на комбинированном ходу, оборудованных навесной оснасткой.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Провести анализ существующих технологий надвижки рельсовых плетей и научных работ данного направления. Определение основных направлений по модернизации существующих технологий.

2. Разработка конструкции технологической оснастки, обеспечивающей расширение сферы применения технологии укладки рельсовых плетей бесстыкового пути с применением экскаваторов на комбинированном ходу.

3. Разработка технологии производства работ по укладке рельсовых плетей бесстыкового пути с применением новой конструкции технологической оснастки для производства работ по укладке рельсовых плетей бесстыкового пути.

4. Провести расчеты экономической целесообразности применения новой технологии укладки рельсовых плетей бесстыкового пути.

Объектом исследований является технология производства работ по замене рельсовых плетей бесстыкового пути.

Предметом исследования являются технические средства, оснастка для реализации прогрессивных технологий замены рельсовых плетей бесстыкового пути.

Научная новизна.

Разработана и верифицирована модель расчета напряженно-деформированного состояния рельсовых плетей бесстыкового пути для технологического этапа их укладки взамен инвентарных рельсов.

Выявлены в ходе моделирования зависимости следующих параметров от высоты подъема и вылета стрелы экскаватора с навесным захватным устройством:

- зависимости напряженного состояния рельсовых плетей при их надвижке;
- зависимости вертикальной нагрузки в навесном устройстве.

Выявлены в ходе технико-экономического анализа зависимости эксплуатационных затрат от времени продолжительности «окна» и длины фронта производства работ.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретической значимостью работы является расчетная модель рельсовой плети для определения ее напряженно-деформированного состояния при одновременном действии сил в двух плоскостях.

Практической значимостью работы является разработанная в диссертационной работе новая технология производства работ по замене инвентарных рельсов на рельсовые плети бесстыкового пути, обеспечивающая увеличение объема выполненных работ при одновременном снижении затрат на их выполнение. Установленные основные параметры технологического процесса обеспечивают безопасность и эффективность применения предлагаемой новой технологии производства работ по замене рельсовых плетей.

Методология и методы исследования. Методы исследования основаны на использовании комплекса теоретических и экспериментальных разработок, среди которых:

- численные методы расчета конструкций верхнего строения железнодорожного пути с помощью электронно-вычислительных машин;
- современные приемы и методы разработки новой оснастки и технологии;
- современные методы планирования и организации технологических процессов;
- методы анализа и сравнения результатов исследования.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты расчета напряженно-деформированного состояния рельсовой плети;
- конструкция двойного роликового рельсового захвата, обеспечивающего расширение технологических возможностей захвата при комплексной механизации работ по замене рельсов, в том числе со стыковыми накладками, без демонтажа стыковых накладок;
- технология производства работ по замене рельсовых плетей, предусматривающая комплексную механизацию выполнения путевых работ с максимальным повышением выработки за 1 час предоставляемого «окна»;
- результаты расчета экономической эффективности применения новой технологии.

Степень достоверности и апробации результатов исследования.

Диссертационная работа выполнена на современном научно-методическом уровне. В ней использованы методики, адекватные целям и задачам. Достоверность научных положений подтверждена их верификацией с результатами, ранее полученными исследователями. Выносимые на защиту положения диссертации опубликованы в рецензируемых журналах, относящихся к списку ВАК, доложены на семинарах и конференциях.

Апробация работы. Основные результаты исследований были доложены и обсуждены: на республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте», ТашИИТ, Ташкент, 2018, 2020 гг.; на международной научно-практической конференции «Транспортная инфраструктура Сибирского региона», ИрГУПС, Иркутск, 2019 г.; на Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы развития железнодорожного транспорта», ВНИИЖТ, Москва, 2019 г.; на конкурсе научных работ аспирантов АО «ВНИИЖТ», ВНИИЖТ, Москва, 2020 г.; на Всероссийской научно-практической конференции творческой молодёжи с международным участием «Научно-техническое и социально-экономическое развитие транспорта и промышленности стран АТР», ДВГУПС, Хабаровск, 2022 г.; на международной научной конференции аспирантов и молодых учёных «Железная дорога: путь в будущее», ВНИИЖТ, Москва, 2022 г.; на Научном семинаре кафедры «Инженерия железных дорог» Ташкентского государственного транспортного университета, ТГТУ, Ташкент, 2022 г.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Диссертация изложена на 115 страницах основного текста, содержит 60 рисунка, 15 таблиц, 1 приложение, список использованных источников из 165 наименований.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы исследования, поставлена цель и определены задачи и методы, объект и предмет исследования, научная новизна, практическая и теоретическая значимость, апробация работы.

В первой главе проведен анализ исследований и публикаций, посвященных вопросу технологии укладки и ремонта бесстыкового пути, представлены существующие машины-механизмы и оборудования, применяемые для выполнения данного вида работ, а также описано текущее состояние бесстыкового пути на железных дорогах Узбекистана. Проведенный анализ позволил прийти к выводу, что в связи с переходом путевого хозяйства АО «УТЙ» на укладку плетей бесстыкового пути повышенной длины, технология замены инвентарных рельсов на плети, предусмотренная ТТП №3, по производительности и продолжительности «окон» для производства работ не удовлетворяет требованиям сегодняшнего дня. Это связано с тем, что в ТТП №3 предусматривается выполнение основных работ вручную. Необходима разработка и внедрение современных прогрессивных инновационных технологий с использованием комплексной механизации путевых работ на перегоне.

Проблема механизации работ по укладке рельсовых плетей бесстыкового пути при строительстве новых железных дорог и при выполнении ремонтов железнодорожного пути актуальна и решается на многих зарубежных железных дорогах.

Способы и технологии укладки плетей бесстыкового пути на различных дорогах мира имеют недостатки, связанные со спецификой конструкций верхнего строения железнодорожного пути (конструкция промежуточных рельсовых скреплений), и поэтому напрямую не могут быть перенесены для использования на железных дорогах Узбекистана.

Большинство зарубежных технологий механизированной укладки плетей бесстыкового пути имеют невысокую производительность. В условиях подготовки путевого хозяйства АО «УТЙ» к конструкции бесстыкового пути с плетями длиной до блок-участка и перегона необходимы технологии укладки плетей, обеспечивающие максимальную производительность в короткие технологические «окна» в графике движения поездов.

Основные тенденции совершенствования технологии укладки плетей бесстыкового пути на зарубежных железных дорогах связаны с использованием различных по конструкции рельсовых захватов, установленных на манипуляторах путевых дрезин или на стрелах экскаваторов (кранов) на совмещенном ходу.

Зарубежные конструкции рельсовых захватов не являются

универсальными и не могут применяться для снятия инвентарных рельсов со стыковыми накладками и для укладки в путь плетей бесстыкового пути.

Во второй главе разработаны основные решения по укладке рельсовых плетей бесстыкового пути и проведено исследование напряженно-деформированного состояния рельсовых плетей в процессе надвижки.

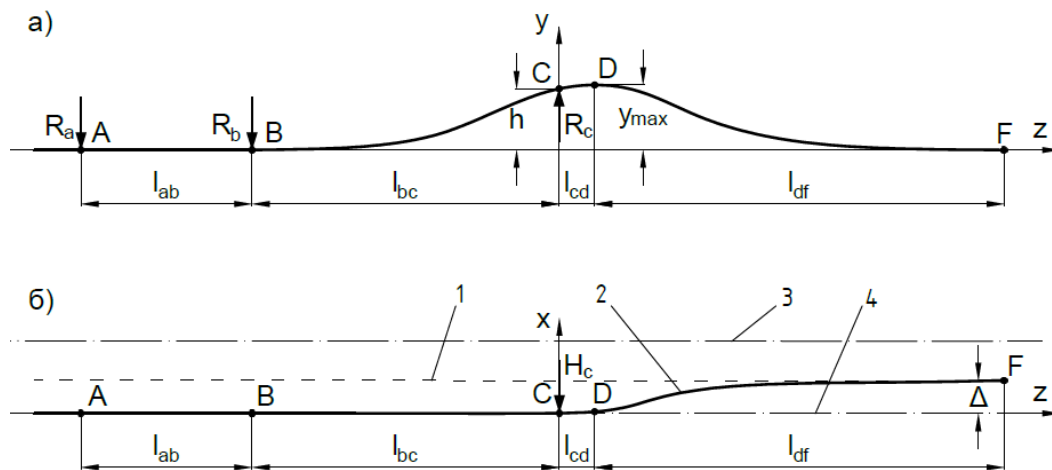
Замена инвентарных рельсов на плети бесстыкового пути по предлагаемой технологии производится с применением экскаватора-погрузчика на комбинированном ходу, оборудованного приспособлением для захвата рельсов. Технология такой замены предусматривает комплексную механизацию выполнения путевых работ с максимальным повышением выработки за 1 час предоставляемого «окна». Технология замены может быть применена как для вновь строящихся линий, так и при ремонте эксплуатируемых путей на линиях всех классов и специализаций.

Основное техническое требование к таким технологиям - при укладке и замене должны исключаться воздействия (подъемки и сдвижки), которые могут привести к появлению напряжений, приводящих к пластическим деформациям металла рельсовых плетей. Для выполнения этого условия следует определить предельные значения технологических параметров, связанных с подъемом и надвижкой плети, и следует создать условия, при которых ни в одном сечении материал рельса не должен быть пластифицирован. Необходимо уточнить, какие предельные напряжения должны выдерживать рельсовые плети, чтобы в них возникали только упругие деформации.

Возможный вариант изгиба рельсовой плети в процессе замены представлен на рисунке 1. Сущность расчетной схемы следующая: в точках A и B передается нагрузки (R_A и R_B) от колесных пар экскаватора-погрузчика на рельсовую плеть. В точке C осуществляется подъем на высоту h и сдвиг на величину Δ рельсовой плети, при этом максимальное значение изгиба в вертикальной плоскости наблюдается в точке D при подъеме рельсовой плети на высоту h . В точке F рельсовая плеть касается основания.

Чтобы создать безопасные условия производства работ по замене рельсовых плетей с применением экскаватора-погрузчика, оборудованного приспособлением для захвата рельсов, необходимо определить нормальные напряжения и силы реакции в точке приложения усилия, возникающие в рельсовой плети при производстве работ.

Расчет изгибающих напряжений и предельных деформаций в рельсовых плетях является технической задачей расчета балки на изгиб. Обычное решение здесь невозможно, так как положение точки опоры рельсовой плети неизвестно и должно быть найдено через условия контакта.



а – изгиб рельсовой плиты в вертикальной плоскости;
 б – изгиб рельсовой плиты в горизонтальной плоскости;
 1 – положение рельсовой плиты до надвигки; 2 – положение рельсовой плиты после надвигки; 3 – ось пути; 4 – ось рельсовой нити;
 Рисунок 1 – Схема для расчета

Для решения перечисленных задач смоделирована конечно-элементная модель рельсовой плиты в программном комплексе Femap with NX Nastran.

При моделировании рельсовой плиты в программном комплексе Femap with NX Nastran выбран тип конечного элемента Beam. Длина модели составляла 147,4 м. В поперечном сечении модели рельса указаны точки цифрами 1 (в левой кромке подошвы), 2 (в правой кромке подошвы) и 3 (на головке рельса), для которых в результате расчета будут представлены значения нормальных напряжений.

В модели контакт между рельсовой плитой и шпалой осуществлялся с помощью элемента Spring/Damper, отличительной особенностью которого является возможность задания нелинейных функциональных зависимостей перемещений от приложенных усилий по шести степеням свободы: три направления вдоль осей и три зависимости угловых перемещений относительно осей.

На рисунке 2 представлен фрагмент конечно-элементной модели рельсовой плиты в программном комплексе Femap with NX Nastran.

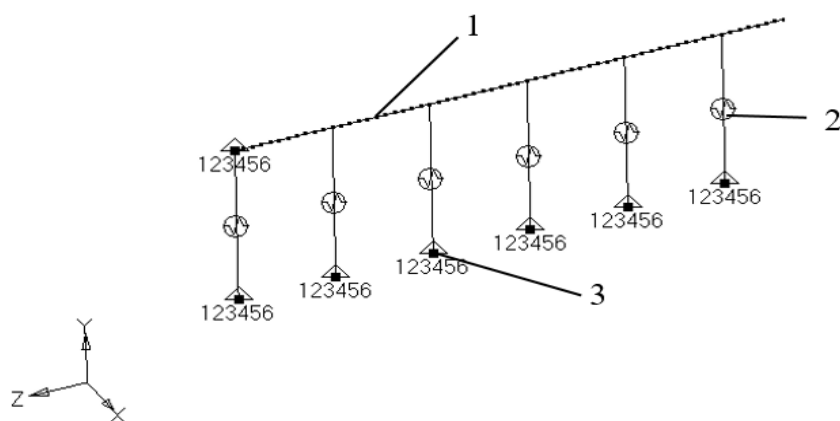
Нагрузки передавались к узлам модели в виде сил и в виде заданного перемещения.

Для расчета принят метод – нелинейный статический анализ (Nonlinear Static).

В качестве исходных данных были приняты:

- 1) высота подъема: 0,1; 0,15; 0,2 и 0,25 м;
- 2) вылет стрелы: 5,32; 5,82; 6,32 и 6,82 м;
- 3) величина надвигки $\Delta = 0,57$ м.

V: 12
L: 2
C: 1



1 – элемент типа Beam, моделирующий рельс; 2 – элемент типа Spring/Damper, моделирующий контакт между рельсом и шпалой;
3 – закрепление степеней свободы;

Рисунок 2 – Фрагмент конечно-элементной модели рельсовой плети

Максимальные значения нормальных напряжений в рельсовой плети от разных конфигураций нагружения, полученные в результате расчета, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения нормальных напряжений

Место	Вылет стрелы, м	Напряжения, МПа, при высоте подъема, м			
		0,10	0,15	0,20	0,25
1 / В	5,3	126	157	176	193
	5,8	119	153	175	192
	6,3	112	147	173	192
	6,8	104	142	168	191
2 / С	5,3	-196	-228	-255	-287
	5,8	-190	-220	-251	-282
	6,3	-183	-214	-242	-270
	6,8	-178	-207	-234	-261
3 / В	5,3	-173	-209	-233	-254
	5,8	-165	-203	-230	-253
	6,3	-154	-195	-225	-248
	6,8	-145	-186	-217	-243

Анализ таблицы 1 показывает, что с увеличением высоты подъема значения нормальных напряжений увеличиваются, а с увеличением вылета стрелы наоборот уменьшаются. Во всех расчетных случаях максимальное значение нормальных напряжений возникает: в кромке подошвы рельсовой плети под колесом экскаватора-погрузчика (точка 1); в кромке подошвы рельсовой плети в точке приложения нагрузки (точка 2); на головке рельсовой плети под колесом экскаватора-погрузчика (точка 3). По данным таблицы 1 построен график (рисунок 3).

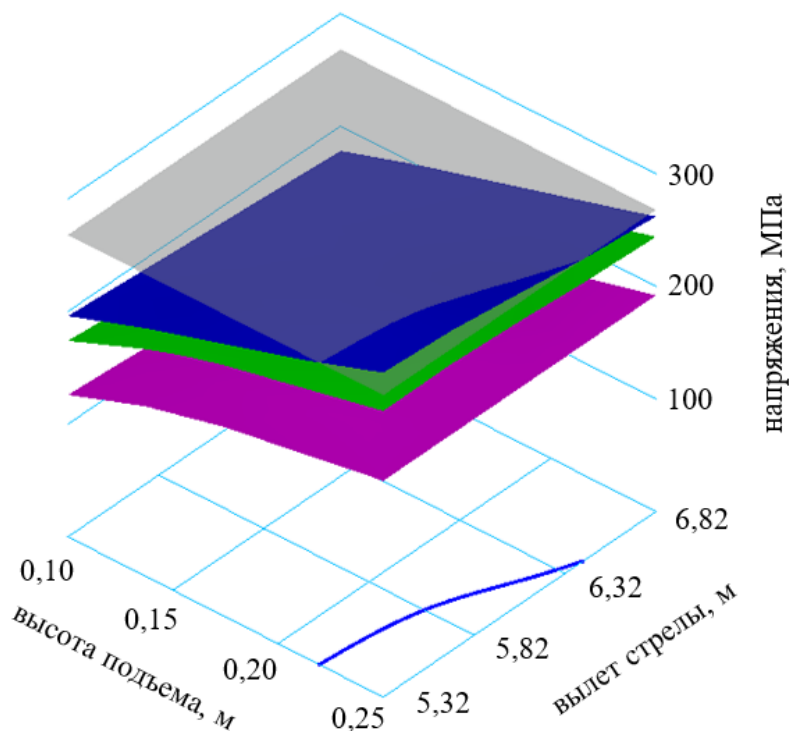


Рисунок 3 – График нормальных напряжений в рельсовой плети (фиолетовая – точка 1; зеленая – точка 3; синяя – точка 2; прозрачная – предельно допустимая)

На рисунке 3 представлены нормальные напряжения в рельсовой плети и предел нормальных напряжений. По требованию нормативных документов предельно допустимые значения нормальных напряжений в рельсовых плетях во время ремонтных работ не должны превышать 400 МПа. В данной работе предел нормальных напряжений был принят 267 МПа с учетом коэффициента запаса 1,5. Из графика видно, что значения нормальных напряжений в точках 1 и 3 допустимы во всех расчетных конфигурациях. А значения нормальных напряжений в точке 2 при вылете стрелы 5,32; 5,82 и 6,32 м с увеличения высоты подъема более 0,2 м превышают предел допустимого. На основании графика спроецирована линия пересечения двух поверхностей.

Силы реакции в точке приложения нагрузки, полученные в результате

расчета, представлены в таблице 2. По данным таблицы 2 построен график (рисунок 4).

Таблица 2 – Силы реакции в точке приложения нагрузки

Вылет стрелы, м	Силы реакции, кгс, при высоте подъема, м			
	0,10	0,15	0,20	0,25
5,32	3280	3859	4324	4711
5,82	2992	3552	3988	4362
6,32	2744	3287	3713	4061
6,82	2549	3052	3457	3798

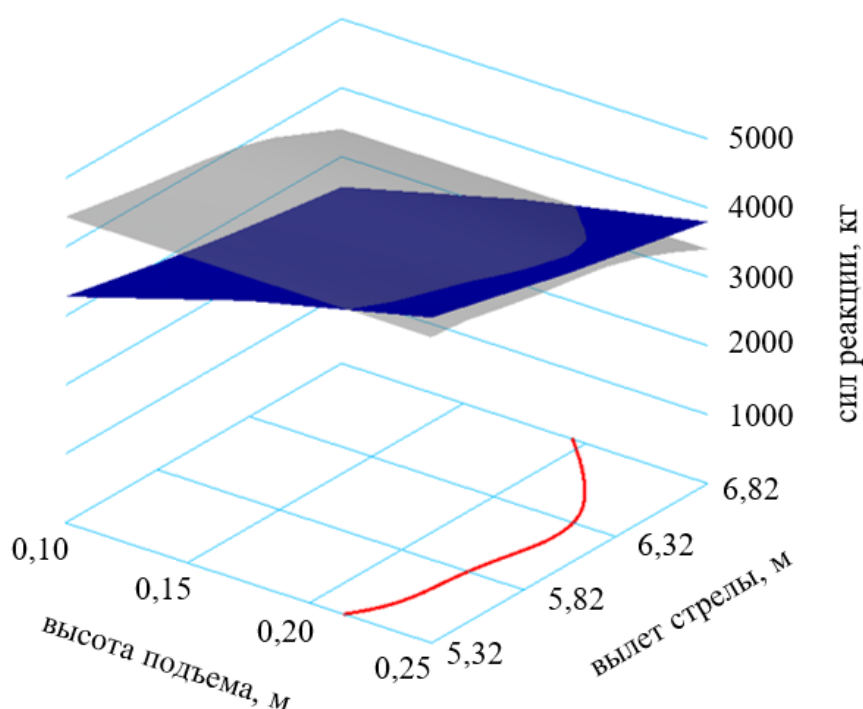


Рисунок 4 – График сил реакции в точке приложения нагрузки (синяя – силы реакции, прозрачная – грузоподъемность)

На рисунке 4 представлены силы реакции в точке приложения нагрузки и грузоподъемность экскаватора с учетом коэффициента запаса 1,15. Из графика видно, что при вылете стрелы 5,32, 5,82 и 6,32 м с увеличением высоты подъема более 0,2 м, при вылете 6,82 м и при высоте подъема 0,2 м значения сил реакции превышают грузоподъемность экскаватора. На основании графика спроецирована линия пересечения двух поверхностей.

На рисунке 5 представлены пределы по напряжениям и по грузоподъемности. График дает возможность определить номинальные значения высоты подъема и вылета стрелы, все возможные конфигурации (высота подъема – вылет стрелы), находящиеся на заштрихованной области,

обеспечивают безопасное производство работ по замене рельсовых плетей. Из графика видно, что наибольший запас по грузоподъемности при высоте подъема 0,20 м наблюдается при вылете стрелы 6,20 м. Исходя из этого, номинальные значения высоты подъема и вылета стрелы принимаем соответственно 0,20 и 6,20 м.

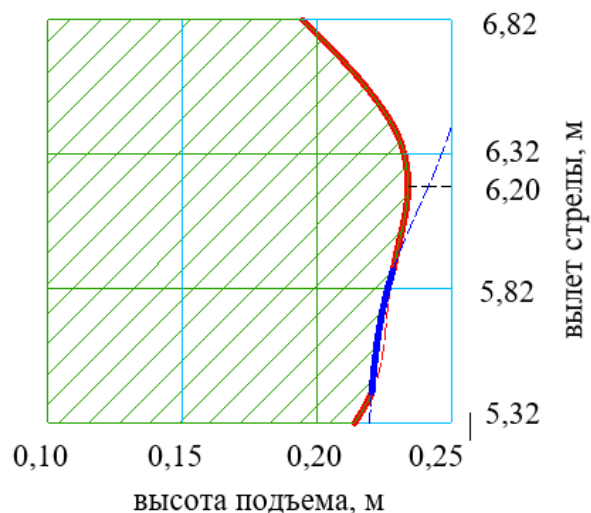


Рисунок 5 – График для определения номинальных значений высоты подъема и вылета стрелы (красная – предел по грузоподъемности экскаватора-погрузчика, синяя – предел по напряжениям)

Зная номинальные значения высоты подъема, определяем грузоподъемность и массу навесной оснастки. Из графика, представленного на рисунке 5, видно, что при высоте подъема 0,2 м наименьший запас по грузоподъемности наблюдается при вылете стрелы 5,32 м. Соответственно при этой конфигурации сила реакции равна 4324 кгс, таблица 2. С учетом коэффициента надежности, равного 1,34, для грузоподъемных механизмов грузоподъемность навесной оснастки должна быть не менее 5794 кг. С учетом требований стандартов, номинальное значение грузоподъемности навесной оснастки принято 6300 кг. Для этой же конфигурации разница между силами реакции и грузоподъемностью экскаватора-погрузчика, с учетом коэффициента запаса 1,15, составляет 130 кг, исходя из этого масса навесной оснастки не должна превышать 130 кг.

Для апробации модели, а также проверки результатов расчета, разработанная модель рельсовой плети была нагружена данными В.П. Шраменко и Н.И. Лысенко, полученными при расчете напряженно-деформированного состояния рельсовых плетей во время разгрузки их с подвижного состава. Результаты расчета представлены в таблице 3.

Сравнение значений погрешностей (таблица 3), полученных при верификации разработанной модели, показывает, что значения нормальных

напряжений, полученных ранее, и расчетные данные сопоставимы друг с другом. Максимальное отклонение между значениями напряжений не превышает 8,6%.

Таблица 3 – Сравнение результатов расчета

№	Этапы нагружения	Нормальные напряжения, МПа		Разница, %
		ранее полученные	расчетные	
1	2.12	354,7	368,6	3,9
2	2.13	382,9	392,5	2,5
3	2.14	221	240	8,6

На основании выполненных расчетов были установлены номинальные значения высоты подъема и вылета стрелы для безопасного производства работ по замене рельсовых плетей с применением экскаватора-погрузчика, оборудованного приспособлением для захвата рельсов, а также установлены технические требования к конструкции навесной оснастки.

Проведенный сравнительный анализ результатов, полученных в среде конечно-элементного моделирования, показал хорошую сходимость результатов, что говорит о достаточной адекватности разработанной модели и возможности расширения сферы ее применения.

В третьей главе разработана конструкция двойного роликового рельсового захвата. Недостатком существующих конструкций роликовых захватов является ограниченная область применения, обусловленная наличием на рельсах стыковых накладок, которые являются препятствием для непрерывного перемещения захвата вдоль рельса. Для преодоления зоны стыковых накладок, рельс с захватом должен быть опущен в крайнее нижнее положение и захват перемещен вдоль рельса за пределы стыковой накладки. Это снижает производительность комплекса работ, что будет приводить к увеличению продолжительности «окон» при производстве путевых работ.

Для устранения этих недостатков предложена конструкция двойного роликового рельсового захвата.

Указанная задача решается за счет того, что в предлагаемом техническом решении рельсового захвата имеется две системы фиксации рельса:

первая система фиксации предназначена для удержания рельса за головку; вторая, дополнительная, система фиксации рельса предназначена для удержания рельса за его подошву.

При этом для возможности обеспечения подведения роликов второй системы фиксации рельса под подошву рельса, лежащего на шпалах, необходимо приподнять рельс на достаточную высоту, при которой ролики могут быть

беспрепятственно помещены под подошву рельса. Для первичного подъема рельсов применяется механизм захвата и удержания рельса за его головку.

Конструкция предлагаемого двойного роликового рельсового захвата поясняется рисунком 6.

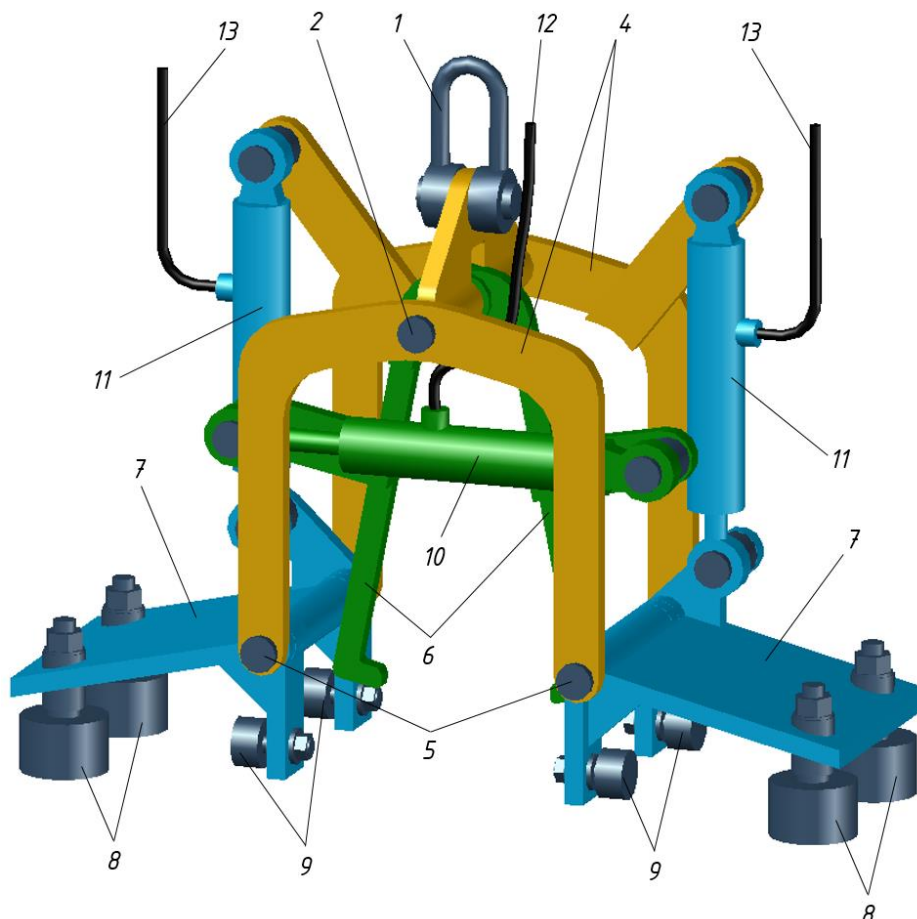


Рисунок 6 – 3D вид двойного роликового рельсового захвата

Двойной роликовый рельсовый захват содержит вертлюг 1 для закрепления захвата на стреле (манипуляторе) грузоподъемного механизма. Вертлюг 1 сочленен с жесткой продольной основной осью 2 захвата, на которой шарнирно размещены первая система фиксации поднимаемого рельса 3 и П-образные скобы 4 второй системы захвата рельсов. В нижней части П-образных скоб 4 установлены оси 5 для шарнирного крепления второй системы фиксации рельса 3. Первая система фиксации предназначена для удержания рельса за его головку и имеет два рычага 6 с выступами в нижней их части для размещения выступов под нижней частью головки рельса и гидроцилиндр 10; вторая система фиксации рельса, предназначенная для удержания рельса в поднятом состоянии за счет фиксации рельса за его подошву, имеет два рычага 7, на которых находится по два опорных ролика 8 для удержания рельса в поднятом состоянии за подошву. Кроме того, вторая система фиксации рельсов имеет группу противокантовочных роликов 9 для предотвращения раскантовки рельса

(поворота рельса вокруг его продольной оси). Для перевода первой и второй систем фиксации рельса из нерабочего положения в рабочее и обратно на рычагах 6 и 7 установлены гидроцилиндры 10 и 11 (в случае применения грузоподъемных механизмов с пневматической системой рабочих органов гидроцилиндры заменяют на пневмоцилиндры). Для работы гидроцилиндров 10 и 11 (пневмоцилиндров) захват с помощью шлангов 12 и 13 подключается к гидросистеме (пневмосистеме) грузоподъемного механизма.

Предложенное техническое решение двойного роликового рельсового захвата состоит из деталей несложных в изготовлении или хорошо освоенных промышленностью. Захват просто монтируется на грузоподъемном механизме и прост в эксплуатации. Применение захвата обеспечит повышение производительности труда при значительном сокращении доли ручного труда при выполнении путевых работ по замене и укладке рельсовых плетей.

В четвертой главе представлены результаты экспериментов по апробации технологии надвигки рельсовых плетей, разработаны технологические приемы производства работ по укладке бесстыкового пути с применением двойного роликового рельсового захвата и выполнен технико-экономический анализ применения данной технологии.

Для определения скорости движения при надвигке рельсовых плетей, времени зарядки (разрядки) навесной оснастки, а также для подтверждения работоспособности опытного образца роликового рельсового захвата, были проведены испытания на действующих путях АО «УТЙ». Опыты производились на перегоне Назарбек-Далагузар с применением дрезины МПТ-4, рисунок 7, и на станции Рахимова с применением экскаватора на комбинированном ходу, рисунок 8.



Рисунок 7 – Процесс надвигки рельсовой плети на перегоне Назарбек-Далагузар

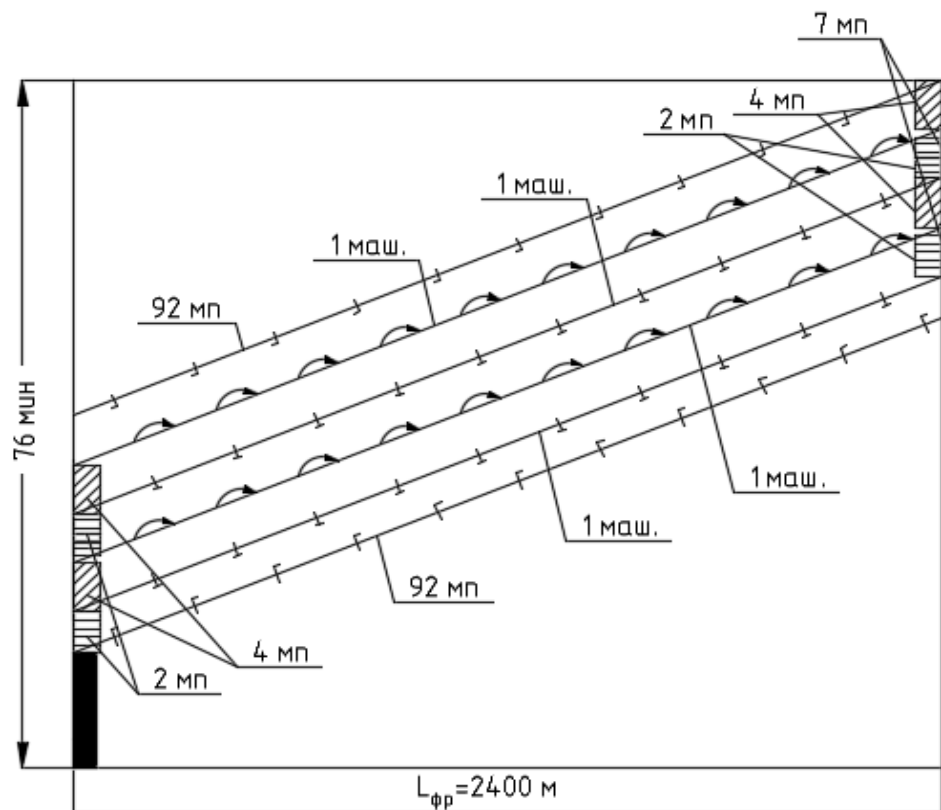


Рисунок 8 – Процесс надвигки рельсовой плети на станции Рахимова

В результате испытаний установлены скорость движения машин при производстве работ по надвигке плетей и время зарядки (разрядки) навесной оснастки, соответственно эти показатели составили 4-5 км/ч и 2-3 мин.

Зная основные показатели производства работ по укладке рельсовых плетей с применением экскаваторов, оборудованных навесными оснастками, разработана технология производства работ по замене рельсовых плетей. Работы по замене рельсовых плетей по предлагаемой технологии можно производить с применением одного, двух и четырех экскаваторов. Максимальный эффект достигается при применении четырех экскаваторов. График основных работ в «окно» по замене инвентарных рельсов на рельсовые плети с применением четырех экскаваторов представлен на рисунке 8. Согласно графику, первый и третий экскаваторы, двигаясь стрелой назад, убирают правые и левые рельсовые нити с инвентарными рельсами, а второй и четвертый экскаваторы, двигаясь стрелой вперед, надвигают рельсовые плети в их рабочее положение. Работы по замене производятся при вылете стрелы 6,2 м и высоте подъема не менее 0,1 м и не более 0,2 м.

Как мы видим из графика производства работ, продолжительность «окна» равна 76 мин. для фронта работ 2400 м. При этом в работах, связанных с заменой, участвует 4 машиниста и 8 монтеров пути. Общее число монтеров пути, участвующих в работах в «окно» – 195 чел. Большая часть монтеров пути вовлечена на работы, связанные со снятием и установкой клемм креплений Pandrol Fastclip. Это число можно сократить до минимума внедрением механизированных комплексов по снятию и установке клемм креплений.



Условные обозначения

- Установка клемм скрепления PF из положения "ожидание" в рабочее положение (50%)
- Надвигка плетей в их рабочее положение
- Надвигка рельсовой нити с инвентарными рельсами на плечо балластной призмы
- Заготовка и укладка рельсовых рубок в конце участка
- Сболчивание начальных (концевых) стыков рельсовых плетей со стыками уравнительных рельсов; зарядка (разрядка) экскаватор-погрузчика надвигающий рельсовой плет
- Разболчивание стыков со снятием накладок; зарядка (разрядка) экскаватор- погрузчика надвигающий рельсовой нит с инвентарными рельсами
- Установка клемм скрепления PF из рабочего положения в положения "ожидание" (50%)
- Оформление закрытия перегона, пробег машин к месту работ и снятие напряжения с контактной сети

Рисунок 8 – График производства работ в «окно»

Эффективность внедрения новой технологии определена на основе сравнения эксплуатационных затрат в конкретной эксплуатационной ситуации при использовании новой и конкурентоспособной технологии. Показателем

сравнительной эффективности затрат являются приведенные эксплуатационные расходы ($\mathcal{E}_{np}$).

Приведенные эксплуатационные расходы ($\mathcal{E}_{np}$) используются как показатель сравнения вариантов, имеющих одинаковые результаты:

$$\mathcal{E}_{np} = C_t + C_{nb} + C_{zn} + C_{mn} + C_p, \quad (1)$$

где C_t – себестоимость машины за единицы работы;

C_{nb} – затраты на перебазировку машины;

C_{zn} – затраты на задержки поездов;

C_{mn} – затраты на заработную плату монтеров пути;

C_p – затраты на разрядку рельсовых плетей.

Каждый из перечисленных в первой главе способов имеет свои преимущества и недостатки. Широко распространенным последние годы на железных дорогах ОАО «РЖД» является способ замены инвентарных рельсов на сварные рельсовые плети с применением тележек конструкции МИИТа и ПТКБ. В качестве конкурентоспособной технологии для проведения расчетов по экономической эффективности принята технология замены инвентарных рельсов на сварные рельсовые плети с использованием пары тележек. Основные технико-экономические показатели конкурентоспособной и предлагаемой технологии представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Техничко-экономические показатели сравниваемых технологий

№	Основные параметры	Единица измерения	Количество	
			T ¹	HO ²
1	Скорость движения при производстве работ	км/ч	3	5
2	Время зарядки-разрядки	мин.	15	3
3	Число рабочих:			
	монтеры пути	чел.	6	4
	машинист	чел.	1	4
4	Экскаватор-погрузчик	шт.	1	4
5	Тележки для надвигки рельсовых нитей	комплект	1	–
6	Двойной роликовый рельсовый захват	шт.	–	4

Примечание: 1 – технология с применением тележек; 2 – технология с применением навесной оснастки

Результаты расчетов сравнительной экономической эффективности представлены в таблице 5. По данным таблицы построен график зависимости себестоимости и продолжительности работ по замене рельсовых плетей от объема выполняемых работ, рисунок 9.

Таблица 5 – Приведенные эксплуатационные расходы

Фронт работ, км	Количество «окон» в год, шт.	Продолжительность работ в час.		Приведенные эксплуатационные расходы, тыс. руб. в год	
		T ¹	HO ²	T	HO
1	2	3	4	5	6
1	280,0	0,88	0,73	1551	2875
2	140,0	1,27	0,96	1138	1679
3	93,3	1,65	1,19	1053	1299
4	70,0	2,03	1,42	1050	1123
5	56,0	2,42	1,65	1079	1029
6	46,7	2,80	1,88	1126	976
7	40,0	3,18	2,11	1388	946
8	35,0	3,57	2,34	1656	930
9	31,1	3,95	2,57	1928	925
10	28,0	4,33	2,8	2202	926
11	25,5	4,72	3,03	2479	1139
12	23,3	5,10	3,26	2757	1355
13	21,5	5,48	3,49	3036	1574
14	20,0	5,87	3,72	3317	1796
15	18,7	6,25	3,95	3598	2019

Анализ результатов расчета показал, что в условиях жаркого климата Узбекистана при внедрении технологии замены рельсовых плетей с применением пары тележек высокая эффективность достигается при фронте работ 4 км. При этом эксплуатационные расходы на заданный объем работ составляют 1050 тыс. руб. С увеличением фронта работ более 4 км наблюдается увеличение эксплуатационных расходов, обусловленное ростом затрат на задержки поездов, а с увеличением фронта работ более 6 км рост эксплуатационных расходов увеличивается значительно. Это связано с тем, что при увеличении фронта работ более 6 км продолжительность «окон»

увеличивается более трех часов и потребуются дополнительные ресурсы, связанные с разрядкой рельсовых плетей.

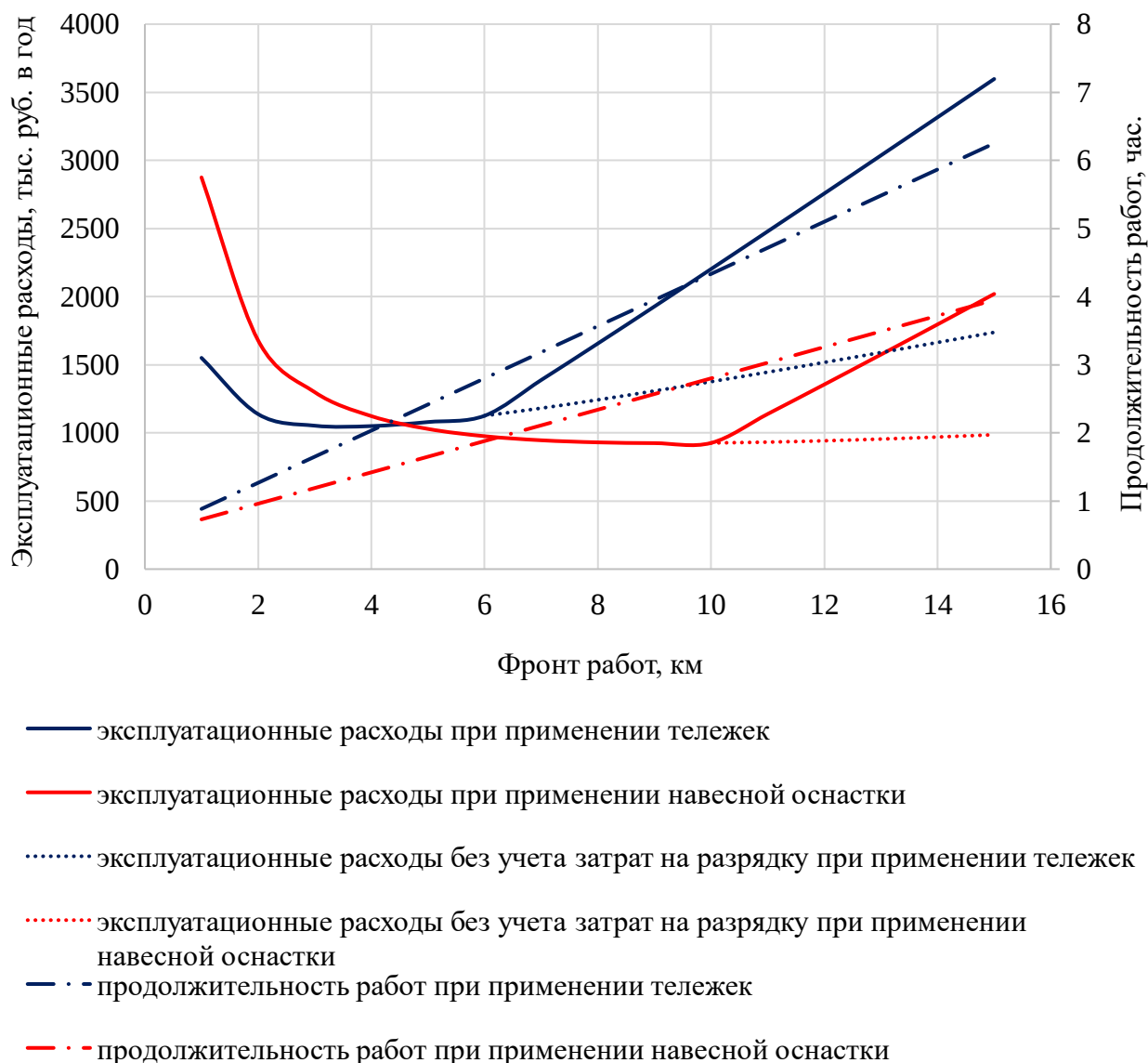


Рисунок 9 – Зависимости эксплуатационных расходов и продолжительности работ по замене рельсовых плетей от объема выполняемых работ при применении тележек и навесной оснастки

Из графика на рисунке 10 видно, что эксплуатационные расходы при использовании технологии с применением навесной оснастки с увеличением объема работ в «окно» уменьшаются. Это связано с сокращением количества «окон» при заданном годовом объеме, что приводит к уменьшению затрат на перебазировку путевых машин на место производства работ. Максимальный экономический эффект при использовании технологии с применением навесной оснастки достигается при фронте работ 10 км. При этом для выполнения заданного объема работ по такой технологии потребуется 926 тыс. руб. С увеличением фронта работ более 10 км продолжительность «окон» превышает

трехчасовую отметку и начинается рост затрат, связанных с разрядкой рельсовых плетей.

Сравнивая результаты двух технологий, можно сказать, что при трехчасовом «окне» объем выполняемых работ по технологии с применением навесной оснастки в 1,7 раза превышает объем работ, выполняемых по технологии с применением тележек. При этом эксплуатационные расходы при использовании технологии с применением навесной оснастки меньше эксплуатационных расходов при использовании технологии с применением тележек на 200 тыс. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Произведен анализ существующих технологий и оборудования по замене рельсовых плетей.

2. Создана конечно-элементная модель рельсовой плети. С помощью разработанной модели выполнен расчет напряженно-деформированного состояния рельсовой плети при одновременном действии сил в двух направлениях. Установлены номинальные значения высоты подъема и вылета стрелы для безопасного производства работ по замене рельсовых плетей.

3. Установлены технические требования к конструкции навесной оснастки. Грузоподъемность навесной оснастки принята 6300 кг, а масса оснастки не должна превышать 130 кг. При разработке конструкции навесной оснастки должны учитываться горизонтальные нагрузки, величиной не менее 550 кгс.

4. Предложена конструкция двойного роликового рельсового захвата, обеспечивающего расширение сфер применения технологии замены рельсовых плетей с применением экскаваторов на комбинированном ходу.

5. Разработаны и апробированы в эксплуатации технологические приемы производства работ по замене рельсовых плетей с применением экскаваторов на комбинированном ходу, оборудованных двойным роликовым рельсовым захватом. Дополнительно к существующим технологиям разработана технология замены рельсовых плетей с применением четырех экскаваторов, обеспечивающая:

- сокращение затрат труда и продолжительности выполнения работ, в том числе продолжительности «окон» на выполнение путевых работ;
- улучшение условий производства путевых работ за счет значительного уменьшения доли ручного труда, что особенно важно в условиях жаркого климата Узбекистана;
- исключение поломки анкеров промежуточного скрепления Pandrol Fastclip, в результате чего в настоящее время приходится полностью заменять

железобетонную шпалу типа BF70;

– укладку бесстыкового пути с рельсами длиной до блок-участка или перегона.

6. Выполнен сравнительный анализ экономической эффективности внедрения предлагаемой технологии в условиях Узбекистана. Результаты расчетов показали, что при трехчасовом «окне» объем работ, выполняемых по технологии с применением навесной оснастки, в 1,7 раза превышает объем работ, выполняемых по технологии с применением тележек. При этом эксплуатационные расходы при использовании технологии с применением навесной оснастки меньше эксплуатационных расходов при использовании технологии с применением тележек на 200 тыс. руб.

7. Рекомендованы рациональные длины фронта выполняемых работ в «окно» по замене рельсовых плетей с применением экскаваторов на комбинированном ходу, оборудованных навесной оснасткой, который составляют 4 - 10 км.

8. Перспективой дальнейшей разработки темы является создание на основе применённых в работе методик и подходов технологических оснасток и технологий укладки навесным оборудованием для путевых машин тяжелого типа – УК, ЕДК, а также доработка технологических оснасток и технологий с применением прицепных тележек.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

а) в рецензируемых научных изданиях:

1. Эргашев, У.Э. Двойной роликовый рельсовый захват / У.Э. Эргашев // Путь и путевое хозяйство. – 2021. – № 3. – С. 37-39.

2. Суслов, О.А. Моделирование надвигки плети экскаватором-погрузчиком / О.А. Суслов, У.Э. Эргашев // Путь и путевое хозяйство. – 2022. – № 8. – С. 26-28.

3. Суслов, О.А. Технология производства работ по замене инвентарных рельсов плетями с применением навесного оборудования для экскаваторов на комбинированном ходу / О.А. Суслов, У.Э. Эргашев // Вестник транспорта Поволжья. – 2022. – № 3. – С. 28-32.

б) в других научных изданиях и материалах конференции:

4. Расулев, А.Ф. Рельсовый роликовый захват для укладки плетей бесстыкового пути / А.Ф. Расулев, И.И. Кузнецов, У.Э. Эргашев // Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте. – Ташкент. – 2018. С. 127-130.

5. Суслов, О.А. Применение экскаваторов на комбинированном ходу при укладке плетей бесстыкового пути / О.А. Суслов, У.Э. Эргашев // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – Иркутск. – 2019. – Т. 1. – С. 390-394.

6. Суслов, О.А. Роликовые рельсовые захваты для укладки рельсовых плетей бесстыкового пути / О.А. Суслов, У.Э. Эргашев, Н. И. Бегматов // Актуальные вопросы развития железнодорожного транспорта. – М. – 2019. – С. 239-244.

7. Суслов, О.А. Технология замены инвентарных рельсов на плети бесстыкового пути / О.А. Суслов, У.Э. Эргашев // Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте. – Ташкент. – 2020. – С. 99-101.

8. Суслов, О.А. Зарубежный опыт механизированной укладки плетей бесстыкового пути / О.А. Суслов, У.Э. Эргашев // Научно-техническое и социально-экономическое развитие транспорта и промышленности стран АТР. – Хабаровск. – 2022. – С. 501-506.

9. Суслов, О.А. Требования к навесным оснасткам для надвигки рельсовых плетей бесстыкового пути / О.А. Суслов, У.Э. Эргашев // Железная дорога: путь в будущее. – М. – 2022. – С. 54-60.

ЭРГАШЕВ УЛУГБЕК ЭРКИНЖОН УГЛИ

ОСОБЕННОСТИ УКЛАДКИ СВАРНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ НАВЕСНОГО ТИПА

2.9.2. Железнодорожный путь,
изыскание и проектирование железных дорог

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать « ____ » _____ 2022г.	Заказ № _____	Формат 60х90/16
Объем 1,5 усл. п.л.		Тираж 80 экз.

129626, Россия, г. Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, АО «ВНИИЖТ»