

### **Библиографический список**

1. Бейлин М.К. и др. Экономический анализ при проектировании судов внутреннего плавания – Л.: Судостроение, 1976. – 226 с.
2. Белавин Н.И. Летающие корабли. – М.: Изд-во «ДОСААФ СССР», 1983. – 112 с.
3. Белавин Н.И. Экранопланы. – Л.: Судостроение, 1977. – 232с.
4. Драчев П.Т., Маленков А.Г. и др. Проект «Ноосферные транспортные системы Сибири и Дальнего Востока». Изд-во НГАВТ. 2000. – 962 с.
5. Драчев П.Т., Кноль В.А. Транспортная стратегия Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 2004. – 520 с.
6. Bejlin M. K. etc. The economic analysis at designing of courts of internal swimming.// L: Shipbuilding, 1976. – 226 p.

## **ОБ УВЕЛИЧЕНИИ НАДЕЖНОСТИ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СОСТАВОВ**

***К.К.Нежданов, И.Н.Гарькин***

*Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства  
440028, Пензенская обл., г.Пенза, ул.Титова 28,  
кафедра строительных конструкций*

### ***Аннотация***

Рассматривается актуальная проблема повышения скорости движения железнодорожных составов до 500 км/ч. Заостряется внимание на ряде препятствий для сооружения высокоскоростной магистрали, связанных с недостаточной надёжностью высокоскоростного движения.

### ***Актуальность работы***

Создан новый рельсоколёсный анкерный механизм, который исключает сход составов с рельсов, обеспечивает надёжное автоматическое соединение арочных рельсов с непрерывными подрельсовыми подкладками в монолитный трубчатый рельс. Гребни безопасности наклонных колёс вместе с поверхностями качения охватывают главу рельса с четырёх сторон, образуют подвижный анкер, и тем самым, исключают сход колёс с арочного рельса. Решена техническая задача – повышение надёжности пути и повышение скорости движения составов до 500 км/ч.

### ***Основные проблемы***

Выявлены основные недостатки взаимодействия пар колёс, неподвижно посаженных на общий вал, и рельсовых путей, приводящие к крушениям железнодорожных составов, происходящих во всех странах,

вызывающих проваливание колёсных пар между рельсов. Отмечается возрастание темпов износа колёс, подвижного состава и рельсов, вызывающее уменьшение допустимой величины износа колёс, их гребней, рельсов, стрелок, крестовин. Выявлена основная причина высоких темпов износа – наличие трения скольжения, приводящее к возрастанию сопротивления продольному движению примерно в два раза.

Актуальность повышения скорости движения железнодорожных составов вплоть до 500 км/ч несомненна.

Однако в настоящее время имеется ряд препятствий для сооружения высокоскоростных магистралей, связанных с недостаточной надёжностью высокоскоростного движения составов. На железнодорожном транспорте колёсная пара и рельсовый путь являются частями единого неразделимого механизма.

В этом механизме колесо с рельсом взаимодействуют посредством, что подтверждают многочисленные крушения на железнодорожном транспорте, происходящие во всех странах, вызванные проваливанием колёсных пар между рельсов. Таких аварий ежегодно происходит несколько. Часто величина опирания колёс на рельсы совершенно недостаточна.

В этом ответственном узле имеется принципиальный технический изъян – пара колёс жёстко, неподвижно посажена на общий вал и работает как единое целое. Этот технический изъян был незаметен при малых скоростях движения составов.

Во второй половине прошлого века скорости движения стали возрастать и темпы износа колёс, подвижного состава и рельсов – прогрессировать. Поэтому приходится уменьшать допустимую величину износа колёс, их гребней, рельсов, стрелок и их крестовин.

К сожалению, колёса локомотивов и вагонов, снабжённые гребнями, взаимодействуют с рельсами не только поверхностями катания, но и гребнями изнутри пути [1]. Колёса жёстко посажены на вал и соединены с ним неподвижно в единое целое. При движении состава по рельсам на кривых участках пути гребни колёс и поверхности катания вступают во взаимодействие с рельсами одновременно, а диаметры, по которым происходит контактное взаимодействие, не совпадающие и разные. Поэтому кроме трения качения неизбежно возникает трение скольжения в несколько раз большее. В результате сопротивление продольному движению возрастает примерно в два раза [2]. По данным К.С. Богинского не менее половины энергии, затрачиваемой локомотивом, расходуется на истирание и износ гребней колёс и их поверхностей катания, а также стрелок и их крестовин. Интенсивность истирания резко увеличивается.

Это провоцирует чрезмерные затраты на техническое обслуживание рельсовых путей при высокой скорости, поэтому для высокоскорост-

ных магистралей существующий механизм взаимодействия колёс с рельсами неприемлем.

Следствием изъяна является виляющее движение колёсной пары, генерирующее динамические боковые удары по рельсу, ускоряющие износ рельсов и колёс. По данным М.А. Фришмана [3] с увеличением износа гребней колёс вероятность возникновения аварии и схода колёс транспортного средства с рельсов возрастает. При увеличении скорости подвижного состава получается неприемлемый режим работы.

В узле заложены следующие технические недостатки: имеет место трение скольжения, а не качения колёс, особенно на кривых участках пути, что приводит к интенсивному износу колёс, рельсов и расстраивает рельсовый путь; к тому же сложный профиль поверхности катания быстро нарушается; из-за конусности колёс рельсы ставят не вертикально, а с уклоном внутрь, что усложняет конструкцию креплений и повышает расходы на текущее содержание пути; при виляющем движении колёсные пары проходят в единицу времени больший путь по рельсу, нежели сам экипаж, что вызывает ускоренный износ контактирующих трущихся поверхностей.

Сопротивление продольному движению уменьшают примерно в два раза, заменяя гребни колёс направляющими роликами. Износ же контактирующих поверхностей уменьшается более чем в два раза.

Следовательно, для уменьшения сопротивления продольному движению примерно в два раза, и, как следствие, уменьшения истирания и износа контактирующих поверхностей не менее чем в два раза необходимо исключить трение скольжения из контактирующих поверхностей и перейти на индивидуальную амортизирующую подвеску колёс. Также необходимо устранить контакт гребней колёс при нормальном движении состава и допускать контакт гребней с главой рельса только в аварийной ситуации.

В соответствии с этими требованиями были разработаны следующие технические решения.

Предлагаемые новые конструкции относятся к транспортным сооружениям. А именно к железнодорожным рельсовым путям при движении составов со скоростью до 500 км/час.

Известен современный железнодорожный рельсовый путь [4]. Он содержит шпалы, уложенные поперек рельсового пути, прерывистые подрельсовые подкладки и рельсовые клеммы, фиксирующие рельс на ней.

Силовые воздействия передаются на каждый из рельсов от колёсных пар. Колёса пары жёстко посажены на вал и образуют с ним единое целое. Колёса снабжены гребнями и имеют сложную поверхность каче-

ния. Колёсная пара передаёт на рельсы как вертикальные, так и горизонтальные воздействия.

Применяемое в настоящее время техническое решение имеет следующие существенные недостатки:

- существующий механизм взаимодействия колёсных пар с рельсами не обеспечивает анкеровку балансирных тележек составов на рельсах и приводит к крушениям;
- подрельсовые подкладки прерывисты, укладываются только на шпалах, поэтому не усиливают сечение рельса;
- рельсы закреплены на подкладках с возможностью проскальзывания, что осложняет эксплуатацию пути;
- подошва рельса узкая, и рельс плохо противостоит горизонтальным опрокидывающим воздействиям от колёс;
- колёса состава неизбежно проскальзывают при движении их по рельсу, ввиду жёсткой прессовой посадки колёс на вал;
- гребни на колёсах приводят к интенсивному неравномерному истиранию как рельсов, так и колёс. В результате происходит возрастание сопротивления поступательному движению составов примерно в два раза и пропорциональное увеличение затрат энергии;
- размещение шпал поперек рельсового пути осложняет их укладку и не обеспечивает непрерывной опоры для каждого из рельсов.

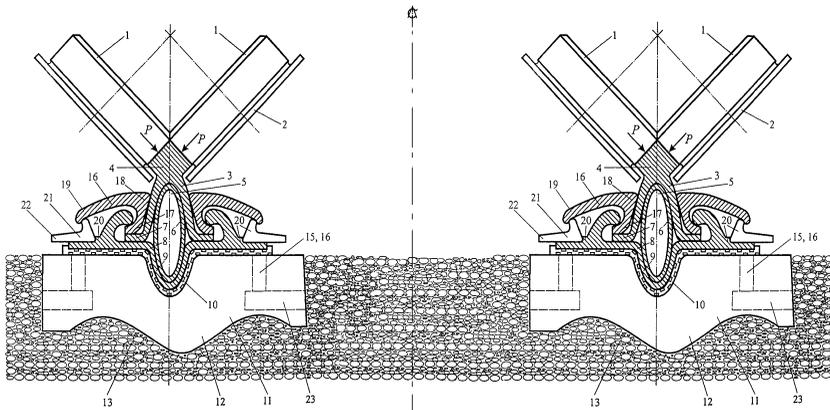
За аналоги приняты патенты России: «Рельсоколёсный механизм» RU №2194639 [5], «Тележка высокоскоростного рельсового транспорта» RU №2207271 [6], «Арочный рельс» RU №2208570 [7] и «Рельсовый путь» RU №2227188 [8].

Новый рельсоколёсный анкерный механизм исключает сход составов с рельсов, обеспечивает надёжное автоматическое соединение арочных рельсов с непрерывными подрельсовыми подкладками в монолитный рельс.

Рельсоколёсный анкерный механизм содержит арочный рельс с шейками, образующими арку с четырёхгранной главой в замке её; глава имеет две поверхности для качения колёс, наклонённые под углом  $45^0$  к вертикальной оси арочного рельса.

Колёса балансирной тележки вращаются во взаимно перпендикулярных плоскостях и опираются на две поверхности для качения. Колёса имеют внешние гребни безопасности, не соприкасающиеся с главой.

Гребни безопасности вместе с поверхностями качения колёс охватывают главу рельса с четырёх сторон, образуют подвижный анкер, и тем самым, исключают сход колёс с арочного рельса.



*Рис. 1. Рельсоколёсный анкерный механизм*

*1 – колёса; 2 – гребни безопасности; 3 – арочный рельс; 4 – четырёхгранная глава; 5 – полость; 6 – амортизатор; 7 – опорные пяты; 8 – подрельсовая подкладка; 9 – продольный гофр; 10 – диэлектрическая прокладка; 11 – шпала; 12 – продольный гофр; 13 – балласт; 15 – болты; 16 – крюкообразные клеммы; 17 – нижний крючок; 18 – упор; 19 – консольный участок; 20 – упор; 21 – эксцентрик; 22 – рукоять.*

Каждая из боковых шеек снабжена ориентированной горизонтальной пятой, которая соединена клеммами с подрельсовой подкладкой, снабжённой гребнями, нависающими над пятами арочного рельса и соединённой со шпалами, опирающимися на балласт пути.

Подрельсовая подкладка выполнена непрерывной по всей длине арочного рельса с продольным гофром, ориентированным вниз, симметричным полости под аркой рельса и образующим замкнутую овальную трубчатую полость.

По всей длине арочного рельса в трубчатую полость введён амортизатор в виде овальной трубы, копирующий внутреннюю поверхность арки рельса и продольного гофра подрельсовой подкладки. Амортизатор одновременно выполняет функции фиксатора.

Непрерывная шпала под каждым из арочных рельсов ориентирована продольно и имеет продольный гофр, соответствующий продольному гофру подрельсовой подкладки, изолированной от шпалы диэлектрической прокладкой.

Каждая шпала погружена в балласт и удерживается от поперечных сдвигов выпуклой частью гофра, погруженного в балласт пути. Арочный же рельс и непрерывная подрельсовая подкладка соединены друг с другом в единое целое упругими клеммами симметричными относительно вертикальной оси, проходящей по центру тяжести главы арочного рельса.

Каждая из упругих клемм имеет: крюк, западающий под нависающий гребень подрельсовой подкладки; упор, плотно контактирующий с внешней поверхностью арки рельса; рукоять. В зазор между нижней поверхностью рукояти и верхней поверхностью подрельсовой подкладки свободно вложен эксцентрик с ручкой, поворачивающийся на 91-93 градуса наружу автоматическим натягающим устройством, подвешенным перед локомотивом [9]. Эксцентрик натягает всю рельсовую конструкцию пути и превращает её в монолит при упоре эксцентрика в гребень подрельсовой подкладки.

Колёса 1 опираются на арочный рельс 3 в замке арки. Четырёхгранная глава 4 имеет две взаимно перпендикулярные поверхности для качения колёс 1 транспортного средства.

Под аркой рельса 3 имеется полость 5, предназначенная для амортизатора 6, выполняющего также функции фиксатора. Длина амортизатора 6 равна длине арочного рельса 3, а их стыки смещены друг относительно друга. Амортизатор 6 плотно вставлен в полость 5 под аркой рельса 3. Ветви арки рельса имеют опорные пяты 7, опирающиеся на непрерывную подрельсовую подкладку 8, имеющую продольный гофр 9 по всей длине арочного рельса 3. Стыки подрельсовой подкладки 8 и арочного рельса 3 смещены друг относительно друга.

Подрельсовая подкладка 8 изолирована диэлектрической прокладкой 10 от шпалы 11, ориентированной продольно. В шпале 11 имеется продольный гофр 12 по всей длине подрельсовой подкладки 8. Продольный гофр 12 шпалы 11 вдавлен в балласт 13 пути и чётко фиксирует шпалу 11.

Подрельсовая подкладка 8 опирается по всей её длине на продольную шпалу 11, расширяющуюся книзу, и соединена с ней болтами 15, затянутыми с гарантированным натягом, исключаящими сдвиги.

Арочного профиля рельсы 1 соединены с подрельсовой подкладкой 8 в монолитное целое посредством крюкообразных клемм 16. Каждая из этих клемм 16 имеет нижний крючок 17, упор 18 и консольный участок 19. На гребне подрельсовой подкладки 8 имеется упор 20. Под консольным участком 19 помещён эксцентрик 21 с рукоятью 22. Эксцентрик 21, при автоматическом повороте его на 91-93 градуса, взаимодействует снизу с консольным участком 19 и упирается в упор 20 на гребне подрельсовой подкладки 8.

Клеммы 16 имеют выгодное соотношение плеч и обеспечивают увеличение силы прижатия в 2-3 раза, а эксцентрик 21 в 5-6 раз, поэтому упоры 18 клемм 16 надёжно, с гарантированным натягом зажимают арочный рельс 1 в подрельсовой подкладке 8. То есть сила зажатия арочного рельса 1 увеличивается в 10-20 раз [10].

Силы трения, развивающиеся в зонах контакта, препятствуют проскальзыванию арочного рельса 1 по подрельсовой подкладке 8 и обеспечивают их совместную работу как монолитного целого.

Такое соединение арочного рельса с подрельсовой подкладкой является фрикционным [10]. Отличительная особенность этого соединения – его быстроразъёмность. Быстроразъёмность обеспечивает дополнительный эффект, так как резко снижена трудоёмкость замены арочного рельса при его износе.

Клеммы 16 имеют фрезерованные торцы и установлены непрерывно, плотно соприкасаясь торцами по всей длине арочного рельса 3. Они также входят в состав сечения всей конструкции, образующей составной быстроразъёмный рельс с заменяемой наиболее изнашиваемой частью – арочным рельсом 3.

Колёса 1 выполнены с гребнями безопасности 2. Колёса 1 передают взаимно уравновешенные силы  $P$  и автоматически центрируются на заострённой главе арочного рельса.

Гребни безопасности 2 исключают сход состава с рельсов. Между гребнями безопасности 2 и четырёхгранной главой имеется зазор  $\Delta$ , закрывающийся только в аварийной ситуации.

Железнодорожные стрелки при таком рельсовом пути имеют специальную конструкцию и в настоящее время разрабатываются.

Две параллельные друг другу шпалы рельсовых путей соединены между собой регулировочными тягами 23, обеспечивающими неизменность расстояния между рельсами. Подрельсовая подкладка изолирована от шпалы изолирующей и амортизирующей прокладкой 10, исключаящей замыкание электрической цепи.

### **Заключение**

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- гребни безопасности наклонных колёс балансирных тележек состава образуют подвижный анкер, исключают сход состава с арочных рельсов, и гибель людей;
- направляющие ролики выполняют страховочную роль и включаются в работу только в аварийной ситуации, трение скольжения гребней колёс по рельсам исключено, сопротивление продольному движению уменьшено примерно в два раза, что как следствие, уменьшило износ колёс, рельсов, стрелок не менее чем в два раза;
- каждое колесо имеет цилиндрическую форму поверхности качения, что позволяет увеличить площадь контактного взаимодействия и уменьшить износ;
- арочный рельс работает совместно с непрерывной подрельсовой подкладкой как единое целое, то есть арочный рельс и подрель-

- совая подкладка образуют составной быстроразъёмный рельс;
- исключено опрокидывание рельса, так как ширина его в несколько раз больше высоты сечения, и он надёжно соединён со шпалой;
  - подрельсовая подкладка надёжно соединена с непрерывной продольной шпалой под каждым из рельсов и усиливает составной быстроразъёмный рельс;
  - расстояние между двумя нитками арочных рельсов легко регулируется и фиксируется посредством регулировочных тяжей, соединяющих шпалы;
  - замена арочных рельсов автоматизирована и механизирована их продольным поступательным перемещением [9], [10];
  - составной быстроразъёмный рельс непрерывно по всей длине опирается на продольную шпалу, поэтому работа его облегчается;
  - облегчена укладка новых рельсовых путей и обслуживание эксплуатируемых, так как все процессы замены и рихтовки путей автоматизированы;
  - индивидуальная подрессоренная подвеска колёс позволяет им независимо друг от друга катиться по арочным рельсам и обеспечивает лёгкость вписывания состава в кривые участки пути с минимальным трением;
  - обеспечена центрация наклонных колёс на рельсе и плавность движения без виляния; центр тяжести экипажа и перевозимого груза понижен и этим повышена его устойчивость.

Следует отметить, что высокоскоростная транспортная магистраль не имеет ни одного пересечения путей на одном уровне, которые осуществляются на разных уровнях местности.

В основу прокладки магистрали положена прямолинейность рельсовых путей, а вынужденные закругления выполняются радиусом  $R = 1000-1500$  м. При грузовом выполнении предлагается контейнерная перевозка с загрузкой и разгрузкой контейнеров на специальных грузовых терминалах.

### ***Библиографический список***

1. Никифоров Б.Д. Причины и способы предупреждения износа гребней колёсных пар // Железнодорожный транспорт, 1995, №10.-С.36-40.
2. Богинский К.С. и др. Мостовые и металлургические краны.– М.: Машиностроение, 1970, – 300с. – С. 70.
- 3.Фришман М.А. Как работает путь под рельсами. – М.: Транспорт, 1983 – 168с.- С.142-143.

4. Там же. С.112.

5. №2194639, Нежданов К.К., Нежданов А.К., Туманов В.А., Майоров И.В. Рельсоколёсный механизм. Патент России. М., Кл. В 61 В 3/02, А 63 G 25/00. В 66 С 7/00, Бюл. №35. Зарег. 20.12.2002.

6. №2207271, Нежданов К.К., Нежданов А.К., Туманов В.А. Тележка высокоскоростного рельсового транспорта. Патент России RU С2. Бюл. №18, 27.06.2003.

7. №2208570, Нежданов К.К., Нежданов А.К., Туманов В.А. Арочный рельс Неждановых. Патент России. М., Кл. В 66 С 6/00, 7/08. Бюл. №20. Зарег. 20.07.2003

8. №2227188, Нежданов К.К., Нежданов А.К., Туманов В.А. Рельсовый путь. Патент России RU С2. Бюл. №11, 20.04.2004.

9. №922220, Нежданов К.К. Устройство для регулирования напряжения рельсовых креплений. Патент России RU . М. Кл. Е 01 В 9/48// Бюл. №11, 1982. Действует с 22.11.1993.

10. №2295601, Нежданов К.К., Рубликов С.Г., Нежданов А.К. Замковое соединение рельсов в блок. Патент России. М., Кл. Е01В 5/02, Е01В 9/44, В66С 7/08, В66С 6/00. Бюл. №8. Опубликовано 20.03.2007.

## **ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЮЖНОГО ХОДА ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ**

***Г.В. Еременко, А.Г. Емельянов***

*Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал  
ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения»  
672040, Забайкальский край, г. Чита, ул. Магистральная, д.11,  
кафедра электроснабжения,  
etif@zab.megalink.ru, aleksandr-emelja@mail.ru*

### ***Аннотация***

Рассмотрены вопросы интенсификации перевозочного процесса в направлении ст. Карымская – ст. Забайкальск Забайкальской железной дороги. Электрификация этой железнодорожной ветки, так называемого Южного хода, должна быть выполнена по системе тягового электроснабжения 2Х25 кВ, что налагает определенные особенности на выполнение проекта телемеханизации.

### ***Актуальность работы***

Актуальность данной работы вытекает, прежде всего, из того, что устройства телемеханики Южного хода имеют гораздо больший объем объектов телеуправления, телесигнализации и телеизмерений, за счет