

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН УГОНА ПУТИ НА СТАНЦИИ БЕЛАЯ ВСЖД**

**Аннотация.** В результате компьютерного моделирования было проведено исследование величины и характера продольных сил при разных скоростях движения подвижного состава. Исследование проводилось при фактической скорости движения подвижного состава 45 км/ч и установленной скорости 70 км/ч. Расчеты проводились с помощью программного комплекса «Универсальный механизм». При исследовании величины и характера продольных сил и перемещений рельсов при разных скоростях движения подвижного состава рассматривался путь с рельсами длиной 251 м при наличии зазоров в стыках уравнительных пролетов. Результаты расчета показали, что снижение скорости с 70 км/ч до 45 км/ч приводит к росту суммарной силы в продольном направлении перед круговой кривой исследуемого участка в 7,4 раза. Такой рост продольных сил является одной из причин смещение рельсовой плети вместе со шпалами вперед по ходу движения на участке 5099 км II главного пути Восточно-Сибирской железной дороги. Таким образом, чтобы эффективно управлять значениями продольных сил на данном участке, необходимо привести скорости движения поездов в соответствие с установленными скоростями. Это позволит значительно снизить продольные силы и избежать угона пути.

**Ключевые слова:** продольное смещение пути, перекош шпал, сила трения, скорость движения

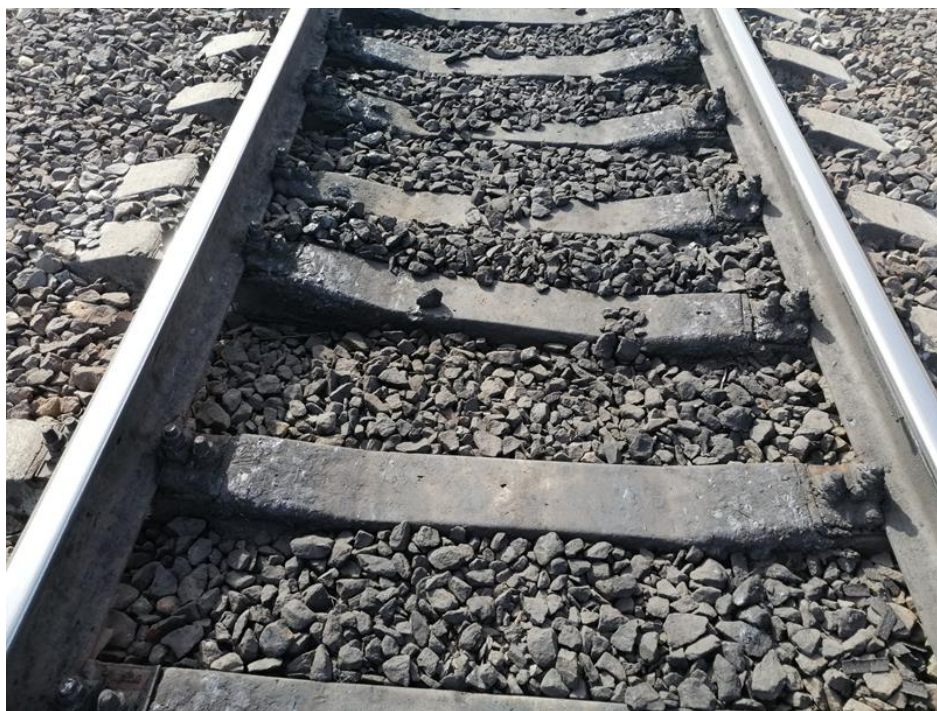
## **INVESTIGATION OF THE CAUSES OF THE LONGITUDINAL MOVEMENT OF THE TRACK AT THE BELAYA VSZHD STATION**

**Abstract.** As a result of computer modeling, a study of the magnitude and nature of longitudinal forces at different speeds of rolling stock movement was carried out. The study was conducted at the actual speed of the rolling stock 45 km/h and the set speed of 70 km/h. Calculations were carried out using the "Universal Mechanism" software package. When studying the magnitude and nature of the longitudinal forces and movements of the rails at different speeds of the rolling stock, a track with rails 251 m long was considered in the presence of gaps in the joints of the equalizing spans. The calculation results showed that a decrease in speed from 70 km/h to 45 km/h leads to an increase in the total force in the longitudinal direction in front of the circular curve of the studied area by 7.4 times. Such an increase in longitudinal forces is one of the reasons for the displacement of the rail lash along with the sleepers forward along the course of movement on the 5099 km section of the II main track of the East Siberian Railway. Thus, in order to effectively manage the values of the longitudinal forces on this section, it is necessary to bring the train speeds in line with the established speeds. This will significantly reduce the longitudinal forces and avoid longitudinal movement of the path.

**Keywords:** longitudinal displacement of the track, sleeper misalignment, friction force, speed of movement

### **Введение**

Взаимодействие пути и подвижного состава, связанное с продольными перемещениями рельсов, достаточно сложный физический процесс. Исследованием причин продольного перемещения рельсов занимались многие отечественные и зарубежные ученые и производственники. Вопросам угона пути и борьбы с ним посвящено много работ, некоторые из них представлены в списке используемой литературы /1-10/. Анализ изученных работ по проблемам угона пути показывает, что еще не все причины этого явления исследованы. В частности, очень интересное явление происходит на участке Восточно-Сибирской железной дороге по станции Белая по II главному пути 5099 км пк 6-9. Так, на данном участке по внутренней рельсовой нити кривой, наблюдается угон пути. Происходит смещение рельсовой плети вместе со шпалами вперед по ходу движения. Также можно увидеть следы отдельного смещения рельсовой нити относительно шпал. Это выражается разной шириной шпальных ящиков, а также расположением шпал под разными углами к рельсам, то есть шпалы перекошены (Рисунок 1).



**Рис. 1. Смещение шпал относительно рельсов, перекося шпал**

Исходя из вышеизложенного основная цель данной работы заключается в следующем: вскрытие особенностей угона пути на данном участке и предложение мероприятий по его предотвращению. Для достижения этой цели в работе решаются следующие задачи:

- исследование величины и характера продольных сил при разных скоростях движения подвижного состава;
- разработка предложений по стабилизации пути в продольном направлении.

В ходе исследований проводились расчеты для определения характера действия максимальных продольных сил, а также работы сил трения на контакте колеса и рельса.

Анализ проводился с помощью программного комплекса «Универсальный механизм» (UM) при использовании модуля Um Loco, позволяющего рассчитывать динамику рельсового экипажа в полной пространственной постановке.

#### **Исходные данные для расчета**

Участок железнодорожного пути имеет следующие характеристики:

- Класс пути – 1/О/3;
- Установленная скорость (пасс/груз/порожние) – 70/70/70км/час;
- Грузонапряженность участка: 169,7 млн.тн. брутто/ км в год;
- План участка: кривая радиусом R-635 м, расчетное возвышение наружного рельса h-85 мм;
- Профиль участка по ходу километра: спуск 2,8‰;
- Рельсы – тип Р65, ДТ350, длина рельсовой плети 251 м;
- Материал шпал – железобетонные, тип шпал Ш-1;
- Крепление – КБ-65;
- Балласт – щебень, загрязненность не более 30%.

Параметры плана и продольного профиля пути создавались с помощью специальных инструментов в программном комплексе «Универсальный механизм». Исходные данные для построения геометрии железнодорожного пути принимались с открытых источников, предоставленных техническим отделом службы пути Восточно-Сибирской железной дороги.

Модель плана и продольного профиля пути представлены на рисунке 2.

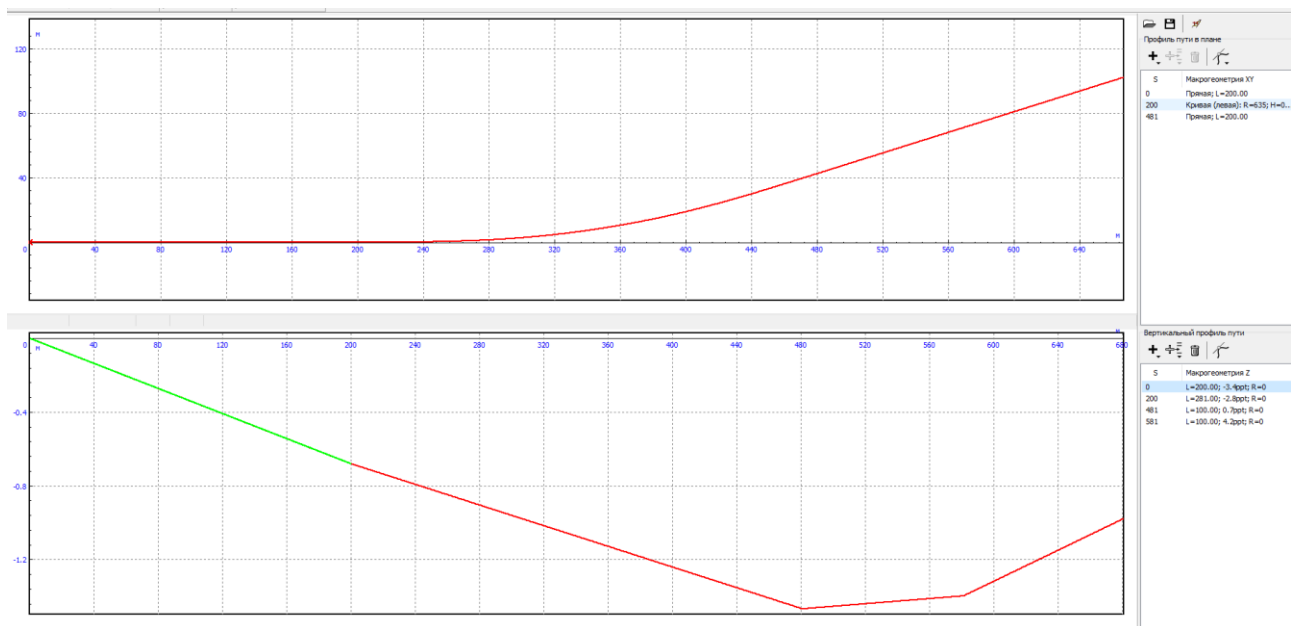


Рис. 2. Модель плана и продольного профиля пути

Для проведения расчетов были приняты следующие характеристики грузового вагона: 4-осный полувагон модели 12-127, грузоподъемностью 70 т; нагрузка ось – 23,5 т/ось; длина вагона по осям автосцепок 13,92 м.

### Выбор расчетной схемы

При исследовании величины и характера продольных сил и перемещений рельсов при разных скоростях движения подвижного состава в данном конкретном случае рассмотрим путь с рельсами длиной 251 м при наличии зазоров в стыках уравнительных пролетов. В таком случае можно будет пренебречь местными продольными деформациями рельса. В рассматриваемом случае продольные перемещения любой точки нейтральной оси рельса зависят только от времени  $w = w(t)$ , температурные перемещения сечений рельса будем считать нулевыми.

Если пренебречь продольными деформациями рельсов и возникающими продольными силами инерции, на единицу длины рельса в кривых участках пути будут действовать следующие силы рисунок 3:

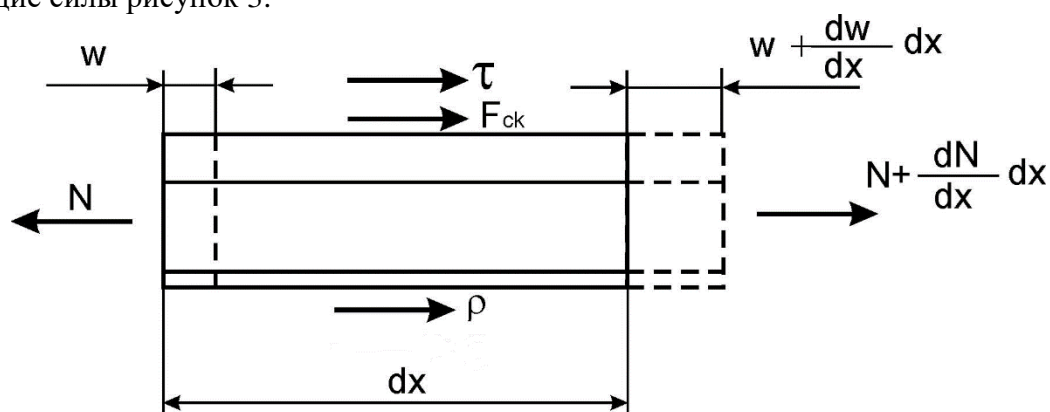


Рис. 3. Схема продольных сил, действующих на элемент рельса

- средняя погонная угоняющая сила  $\langle \rho \rangle$ , прикладываемая к поверхности соприкосновения подошвы рельса и основания;
- средняя погонная сила от торможения  $\langle \tau \rangle$ , прикладываемая на уровне поверхности катания рельса;

– средняя погонная сила от скольжения  $\langle F_{ск} \rangle$  колес по рельсам при движении подвижного состава в кривых участках пути, обусловленная жесткой насадкой колес и разностью длин наружной и внутренней нити кривой и прикладываемая на уровне поверхности катания колес.

Таким образом можно написать

$$\langle \rho \rangle + \langle \tau \rangle + \langle F_{ск} \rangle = 0$$

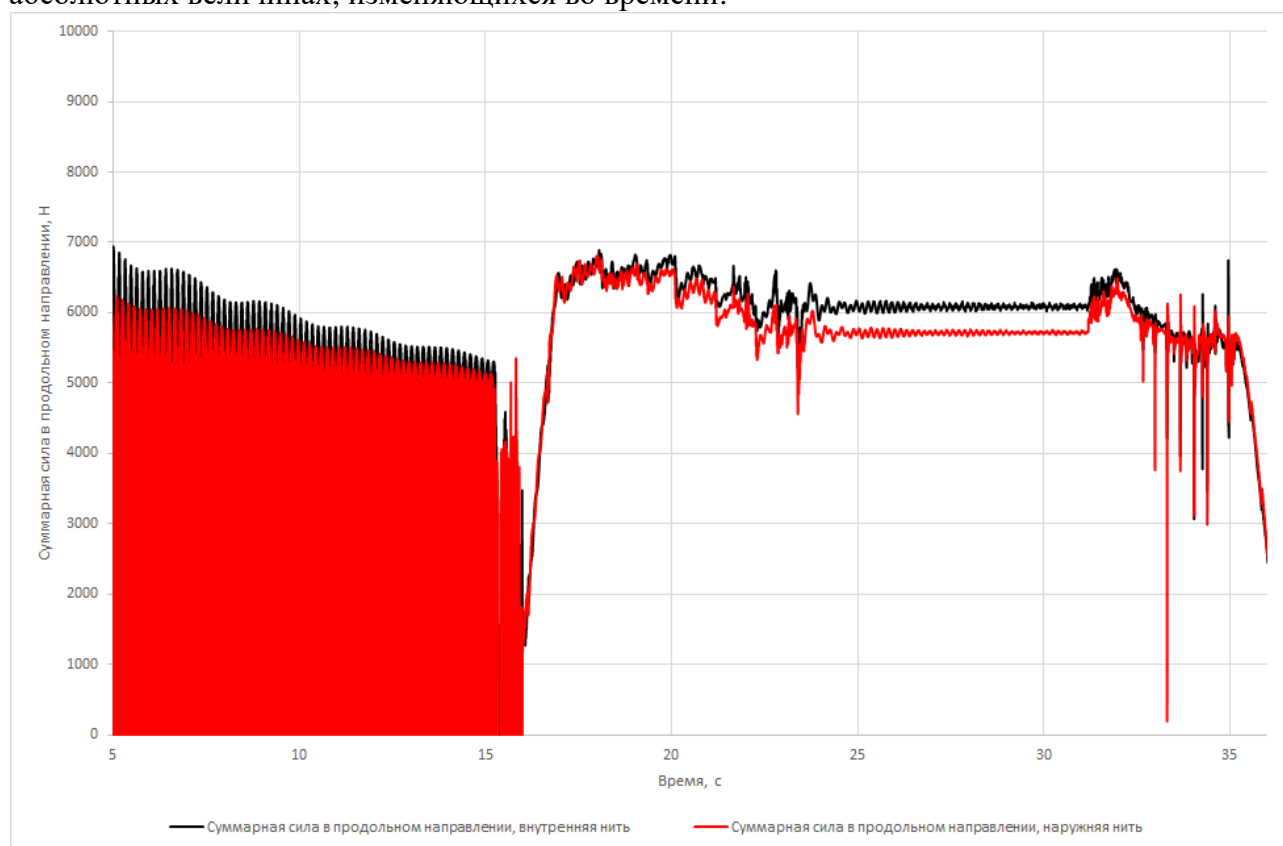
При определении угоняющих сил ограничимся рассмотрением расчетной схемы - рельс, лежащий на сплошном основании, упругом в вертикальном и продольном направлениях.

#### Результаты компьютерного моделирования

Компьютерное моделирование проводилось с использованием фактической скорости движения подвижного состава по данному участку, которая составляет 45 км/ч.

Результаты расчетов представлены в виде графических зависимостей.

На рисунке 4 показаны значения суммарных сил в продольном направлении в абсолютных величинах, изменяющихся во времени.



**Рис.4. График зависимости возникновения суммарных сил в продольном направлении, скорость движения 45 км/ч**

При проведении статистической обработки результатов расчета выявлены следующие особенности:

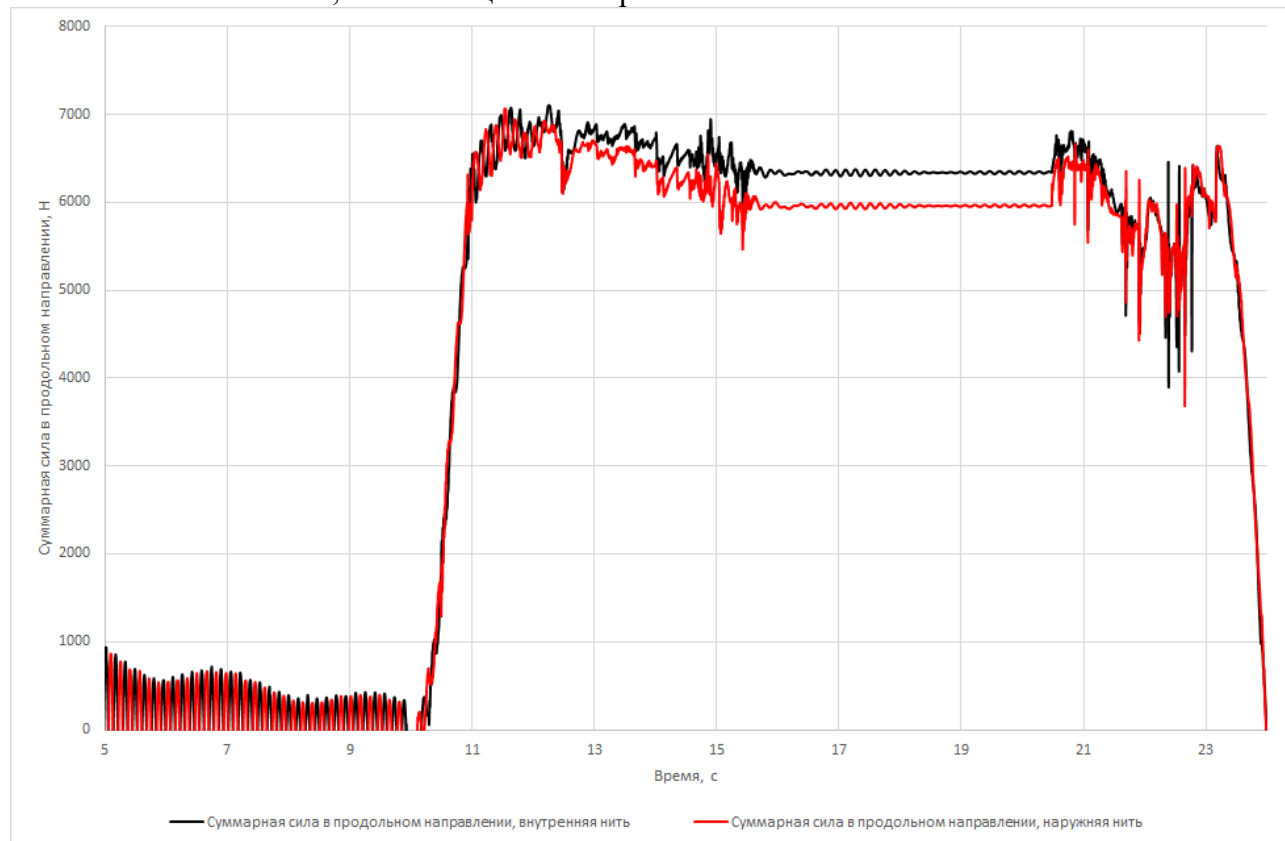
- максимальные продольные силы в продольном направлении по обеим рельсовым нитям в пределах круговой кривой примерно одинаковы и составляют по наружной нити 6812,29 Н, по внутренней нити 6890,49 Н. Отличие составляет всего лишь 1,13%;
- средние значения продольных сил также отличаются незначительно – 3,92%;
- в конце круговой кривой в некоторых местах наблюдается скачкообразное снижение продольных сил по наружной рельсовой нити. Значения продольных сил снижаются до 190,70 Н, что говорит практически об обезгруживании этой нити;
- перед кривой наблюдаются также значительные продольные силы, имеющие

максимальные значения по наружной нити 6234,77 Н, по внутренней нити 6936,86 Н. Разница между ними составляет 10,12%.

Итак, выше представлены результаты расчета при фактической скорости движения подвижного состава, которая составляет 45 км/ч. Однако установленная скорость на данном участке равна 70 км/ч. Это говорит о том, что фактические скорости движения поездов не соответствуют установленному возвышению рельсов. В связи с этим происходит перегруз внутренней рельсовой нити в кривых, который может привести к росту сил различного рода и характера, в том числе и продольных сил.

Для того чтобы проверить эту теорию, проведен был проведен аналогичный расчет, но при установленной скорости движения 70 км/ч.

На рисунке 5 показаны значения суммарных сил в продольном направлении в абсолютных величинах, изменяющихся во времени.



**Рис.5. График зависимости возникновения суммарных сил в продольном направлении, скорость движения 70 км/ч**

При проведении статистической обработки результатов расчета выявлены следующие особенности:

- максимальные продольные силы в продольном направлении по обеим рельсовым нитям в пределах круговой кривой также примерно одинаковы и составляют по наружной нити 7064,89 Н, по внутренней нити 7103,17 Н. Отличие составляет всего лишь 0,54%;
- средние значения продольных сил также отличаются незначительно – 3,81%;
- в конце круговой кривой в некоторых местах также наблюдается скачкообразное снижение продольных сил, но уже по обеим рельсовым нитям. Причем снижение это практически одновременное, силы снижаются до 3689,26 Н по наружной нити и до 3904,81 Н по внутренней;
- перед кривой продольные силы незначительны, и, составляют по наружной нити 865,69 Н, по внутренней нити 938,62 Н.

Из результатов расчета, можно сделать следующие выводы:

Снижение скорости с 70 км/ч до 45 км/ч привело к росту суммарной силы в продольном

направлении перед круговой кривой исследуемого участка с 938,62 Н до 6936,86 Н. Рост нагрузки происходит примерно в 7,4 раза.

Увеличение продольных сил перед кривой в 7,4 раза является одной из причин смещение рельсовой плети вместе со шпалами вперед по ходу движения.

Скорость движения поездов по данному участку имеет важное значение. Казалось бы, снижение скорости должно привести и к снижению нагрузок на путь, но для кривых участков пути происходит все наоборот. Дело в том, что все параметры пути проектируются и устанавливаются для установленных скоростей.

### **Заключение**

В результате компьютерного моделирования было проведено исследование величины и характера продольных сил при разных скоростях движения подвижного состава – фактической и установленной. Снижение скорости с 70 км/ч до 45 км/ч приводит к росту суммарной силы в продольном направлении перед круговой кривой исследуемого участка в 7,4 раза. Такой рост продольных сил является одной из причин смещение рельсовой плети вместе со шпалами вперед по ходу движения на участке 5099 км II главного пути Восточно-Сибирской железной дороги. Таким образом, чтобы эффективно управлять значениями продольных сил на данном участке, необходимо привести скорости движения поездов в соответствие с установленными скоростями. Это позволит значительно снизить продольные силы и избежать угона пути.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Меньшикова В.И. Динамические продольные силы и перемещения рельсов железнодорожного пути (угон рельсов) [Текст] / В.И. Меньшикова // Сб. науч. тр. / Под ред. М.Ф. Вериги. - ВНИИЖТ. - М.: Транспорт, 1972. - вып. 466. – С. 83-189.
2. Коган А.Я. Метод осреднения в решении задачи угона железнодорожного пути [Текст] / А.Я. Коган // Вестник ВНИИЖТ. – 1981. - № 3. – С. 51-57.
3. Альбрехт В.Г. О продольных силах, возникающих по поверхности соприкосновения подошвы рельса и основания при проходе колес подвижного состава [Текст] / В.Г. Альбрехт // Сб. науч. тр. / МИИТ, - М.: 1955.- вып. 80/1. - С. 5 - 111.
4. Боченков М.С. Как происходит угон пути [Текст] / М.С. Боченков // Путь и путевое хозяйство. 1968. - № 5. - С. 35-41.
5. Карпущенко Н.И. Надежность связей рельсов с основанием [Текст] / Н.И. Карпущенко // - М.: Транспорт, 1986. - 149 с.
6. Лященко В.Н. О динамических продольных горизонтальных силах в пути [Текст] / В.Н. Лященко // Вопросы пути и путевого хозяйства: Сб. науч. тр. / ХИИТ.- М.: Транспорт, 1963. - вып. 66. - С. 56-64.
7. Покацкий В.А. Угон бесстыкового пути в условиях обращения длинносоставных поездов и разработка предложений по его предотвращению: Дисс. ... канд. техн. наук. - Москва, 1990. - 197 с.
8. Филатов Е.В. Экспериментальные методы определения продольных перемещений рельсов под поездами [Текст] / Е.В. Филатов, В.А. Покацкий, О.А. Суслов // В сборнике: Проблемы путевого хозяйства Восточной Сибири. сборник научных трудов. под редакцией В.Н. Поздеева, В.А. Покацкого. Иркутск, 2003. С. 138-141.
9. Филатов Е.В. Расчет минимального уровня затяжки гаек клеммных болтов, обеспечивающих стабильность пути от угона [Текст] / Е.В. Филатов, В.А. Покацкий // В сборнике: Транспортные проблемы Сибирского региона. сборник научных трудов. Иркутск, 2001. С. 80-86.
10. Филатов Е.В. Экспериментальное определение сил давления на противоугоны при проходе поездов в кривых участках пути [Текст] / Е.В. Филатов, В.А. Покацкий, О.А. Суслов, А.В. Валуй, Д.А. Ковенькин // В сборнике: Проблемы путевого хозяйства Восточной Сибири. сб. науч. тр.. М-во путей сообщ. Рос. Федерации, Иркут. гос. ун-т путей сообщ., Каф. "Путь и

путевое хоз-во". Иркутск, 2004. С. 30-38.

### PREFERENCE

1. Menshikova V.I. Dynamic longitudinal forces and displacements of rails of a railway track [Text] / V.I. Menshikova // Sb. nauch. tr. / Edited by M.F. Verigo. - VNIIZhT. - M.: Transport, 1972. - issue 466. – pp. 83-189.
2. Kogan A.Ya. Averaging method in solving the problem of longitudinal movement of a railway track [Text] / A.Ya. Kogan // Bulletin of VNIIZhT. – 1981. - No. 3. – С. 51-57.
3. Albrecht V.G. On the longitudinal forces arising on the contact surface of the sole of the rail and the base during the passage of the wheels of rolling stock [Text] / V.G. Albrecht // Sb. nauch. tr. / МИИТ, - M.: 1955. - issue 80/1. - p. 5 - 111.
4. Bochenkov M.S. How is the longitudinal movement of the path [Text] / M.S. Bochenkov // Path and track economy. 1968. - No. 5. - pp. 35-41.
5. Karpushchenko N.I. Reliability of rail connections with the base [Text] / N.I. Karpushchenko // - M.: Transport, 1986. - 149 p.
6. Lyashchenko V.N. On dynamic longitudinal horizontal forces in the path [Text] / V.N. Lyashchenko // Questions of the way and the way economy: Collection of scientific tr. / НИИТ.- M.: Transport, 1963. - issue. 66. - pp. 56-64.
7. Pokatsky V.A. Longitudinal movement of a jointless track in the conditions of circulation of long trains and development of proposals for its prevention: Diss. ... Candidate of Technical Sciences. - Moscow, 1990. - 197 p.
8. Filatov E.V. Experimental methods for determining the longitudinal movements of rails under trains [Text] / E.V. Filatov, V.A. Pokatsky, O.A. Suslov // In the collection: Problems of the track economy of Eastern Siberia. collection of scientific papers. edited by V.N. Pozdeev, V.A. Pokatsky. Irkutsk, 2003. pp. 138-141.
9. Filatov E.V. Calculation of the minimum tightening level of the nuts of terminal bolts that ensure the stability of the path from movement [Text] / E.V. Filatov, V.A. Pokatsky // In the collection: Transport problems of the Siberian region. collection of scientific papers. Irkutsk, 2001. pp. 80-86.
10. Filatov E.V. Experimental determination of pressure forces on anti-theft during the passage of trains in curved sections of the track [Text] / E.V. Filatov, V.A. Pokatsky, O.A. Suslov, A.V. Valui, D.A. Kovenkin // In the collection: Problems of the travel economy of Eastern Siberia. sat. sci. tr.. M-in ways of communication. Grew. Of the Russian Federation, Irkut. state. un-t ways of communication, Kaf. "The way and the wayside household". Irkutsk, 2004. pp. 30-38.

### Информация об авторах

*Живин Роман Ильич* – начальник дирекции, Восточно-Сибирская дирекция инфраструктуры, г. Иркутск, e-mail: [dpmvp\\_zhivinann@esrr.ru](mailto:dpmvp_zhivinann@esrr.ru).

### Information about the author

*Zhivin Roman Ilyich* – Head of the Directorate, East Siberian Directorate of Infrastructure, Irkutsk, e-mail: [dpmvp\\_zhivinann@esrr.ru](mailto:dpmvp_zhivinann@esrr.ru).