

**Т.С. Мусаев<sup>1</sup>, М.Я. Квашнин<sup>1</sup>, Г.С. Бихожаева<sup>1</sup>, З.К. Битилеуова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казахская академия транспорта и коммуникаций (КазАТК), г. Алматы, Республика Казахстан

### **ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РЕЛЬС В ХОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**Аннотация.** Представлены результаты измерений кромочных напряжений и напряжений в шейке рельса в кривой радиусом  $R=380$  м, полученные при испытаниях по воздействию на путь тепловоза СКД6е-2108 (Китай), грузовых полувагонов 12-9941 (Казахстан) и 12-9920 (Китай), на участке железнодорожной линии Алматы-Чу. Получены зависимости напряжений в кромках подошвы и шейке рельса от скорости испытываемого подвижного состава. Рассмотрена возможность перехода от напряжений к боковым силам.

**Аңдатпа.** Локомотив СКД6е-2108 (Қытай) жолында әсері туралы сынақтар алынған радиусы  $R = 380$  м, бір қисық темір жол, жүк үсті ашық 12-9941 (Қазақстан) және 12-9920 (Қытай) мойын шектік кернеу рельсі мен өлшеу нәтижелері бойынша темір жол желісі Алматы-Шу. Тест көлік құралдарын жылдамдығына табанына және мойын темір жол жиектеріне кернеулер тәуелділіктері. Қарастырылатын күштерінің жанына көшу мүмкіндігі.

**Abstract.** The results of edge stresses and stress measurements in the neck of the rail in a curve of radius  $R = 380$  m, obtained in the tests on the effects on the way the locomotive СКД6е-2108 (China), freight gondola 12-9941 (Kazakhstan) and 12-9920 (China), on railway line Almaty-Chu. The dependences of the stresses in the edges of the soles and neck rail on the speed of the test vehicles. The possibility of a transition from stress to lateral forces.

**Ключевые слова:** железнодорожный путь, рельс, кромочные напряжения, напряжения в шейке рельса, боковые силы, испытываемый подвижной состав, кривая малого радиуса.

**Түйінді сөздер:** темір жол, рельс, шектік кернеу, темір жол мойнына кернеу, шағын радиусты жылжымалы қисық бастан жанынан күші.

**Keywords:** railway track, rail edge voltage, the voltage at the neck of the rail, the lateral force experienced by rolling, a small radius curve.

В связи с постоянно растущей потребностью увеличения пропускной способности существующей сети железных дорог Республики Казахстан (особенно районов, граничащих с Китаем и Россией), актуальным является вопрос повышения безопасности эксплуатации грузовых поездов повышенной массы и длины.

Кроме того, увеличение скоростей движения поездов при возрастающей грузонапряженности дорог требует повышения прочности и устойчивости пути. Применение железобетонных шпал и рельсов тяжелых типов вызывает наряду с усилением пути повышение его жесткости. Увеличением жесткости пути усиливается влияние неровностей на рельсах и колесах подвижного состава на деформации и силы взаимодействия его элементов. Установлено, что расстройства существующего пути с железобетонными шпалами накапливаются интенсивнее, чем пути с деревянными шпалами, особенно при наличии неровностей на рельсах.

Усиление верхнего строения пути – укладка рельсов тяжелых типов, щебеночного балласта, железобетонных шпал – связано с увеличением его жесткости. Если бы колеса подвижного состава и путь не имели неровностей, то более жесткий путь обладал бы в основном положительными качествами (вызывал бы меньшее сопротивление движению поездов, меньшие изгибные напряжения в рельсах и т.п.). Но наличие неравномерного проката, наваров, ползунов на колесах, неровностей в стыках и местах сварки рельсов, а

также седловин, волнообразного износа и других неровностей на рельсах значительно ухудшает взаимодействие элементов пути и подвижного состава.

Точность и корректность принятых экспериментальных методов оценки силовых воздействий колес на рельсовый путь имеет первостепенное значение для анализа безопасности применения грузовых составных поездов. Кромочные напряжения являются основными параметрами, по которым определяется прочность рельса. Они характеризуют воздействие вертикальных и боковых сил, а также моментов от приложения боковых нагрузок и смещения положения условного центра пятна контакта колеса и головки рельса.

В настоящей работе представлены результаты измерений кромочных напряжений (сечение в межшпальном ящике) и напряжений в шейке рельса (сечение над шпалой) в наружной рельсовой нити кривой радиусом  $R = 380$  м, полученные при проведении испытаний грузовых вагонов и тепловоза на участке железнодорожной линии Алматы-Чу. Перед испытаниями по участку проходил путеизмерительный вагон. По результатам замеров службой, ответственной за состоянием пути, выдавался акт о готовности пути к испытаниям и допустимых скоростях движения на участке.

Опытный поезд состоял из тепловоза СКД6е-2108 (максимальная статическая нагрузка 23тс на ось), грузовых полувагонов 12-9941 (статическая осевая нагрузка 23,5тс) и 19-9920 (статическая осевая нагрузка 25,0тс), электровоза ВЛ80 (статическая осевая нагрузка 24,0тс).

Заезды по измерительному участку пути производились «челночным» способом с управлением из кабин тепловоза и электровоза в светлое время суток. Прямым ходом принято движение состава из Чу в Алматы, обратным – из Алматы в Чу. При движении прямым ходом подвижные единицы опытного поезда располагались следующим образом: 6-осный тепловоз СКД6е-2108, порожний полувагон 12-9920 (Китай), груженный полувагон 12-9920 (Китай), груженный полувагон 12-9941 (Казахстан), порожний полувагон 12-9941 (Казахстан), 8-осный электровоз ВЛ80с. При движении обратным ходом, подвижные единицы располагались, соответственно, наоборот, то есть без переформирования подвижного состава.

На рис.1 представлены графики максимальных наблюдаемых кромочных напряжений при воздействии груженого полувагона 12-9920 (Китай). На наружной кромке подошвы рельса наибольшее значение (106 МПа) зафиксировано при проходе состава со скоростью 40 км/ч из Алматы в Чу (обратный ход), наименьшее – 63 МПа, при той же скорости, но состав проходил из Чу в Алматы. На внутренней кромке подошвы рельса наибольшее значение (75 МПа) наблюдалось также на скорости 40 км/ч при обратном ходе (Алматы-Чу), но наименьшее (55 МПа) зафиксировано на скорости 80 км/ч, как при прямом, так и при обратном ходе.

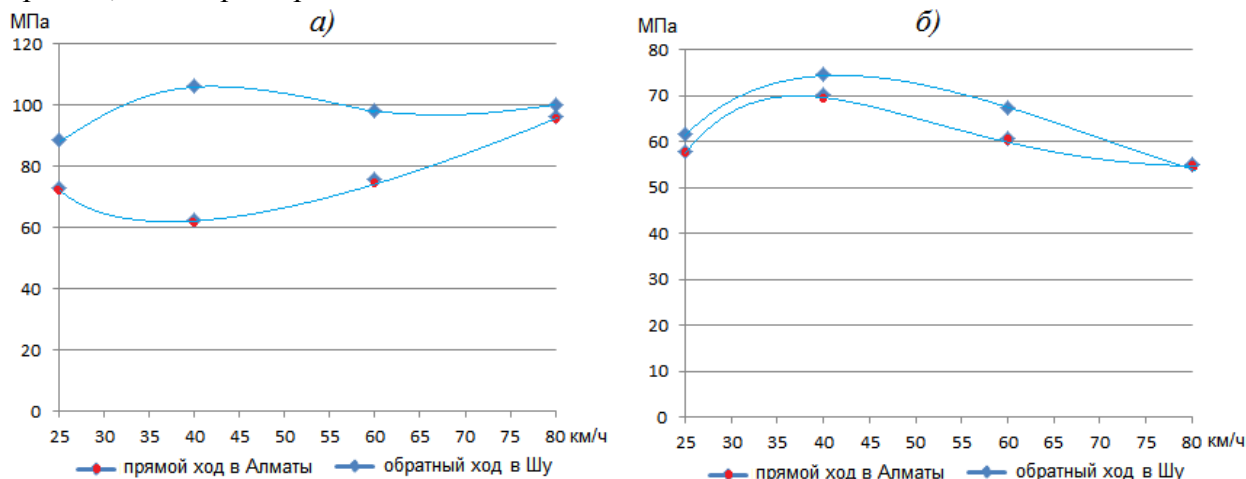


Рисунок 1 – Максимальные кромочные напряжения от воздействия полувагона КНР+75  
а) – наружная кромка подошвы рельса, б) - внутренняя кромка подошвы рельса

Следует отметить, что при скорости 25 км/ч, на внутренней кромке подошвы рельса, количественные величины напряжений при прямом (58 МПа) и при обратном (62 МПа) проходе опытного состава хоть незначительно, но превышали зафиксированный минимум максимальных наблюдаемых напряжений при скорости 80 км/ч.

Несколько отличаются, как по количественным величинам напряжений, так и по характеру кривых, графики, полученные при проходе груженого полувагона 12-9941 (Казахстан) (рис. 2). Максимальное значение напряжения в наружной кромке подошвы рельса (103 МПа) наблюдалось также при скорости экипажа 40 км/ч во время обратного прохода. Учитывая, что разница между осевыми нагрузками составляет 6%, а разница между величинами напряжений (106 и 103 МПа) всего лишь 2,8%, можно сделать вывод, что полувагон КНР+75 (Китай) оказывает на путь меньшее воздействие, чем полувагон 12-9941 (Казахстан).

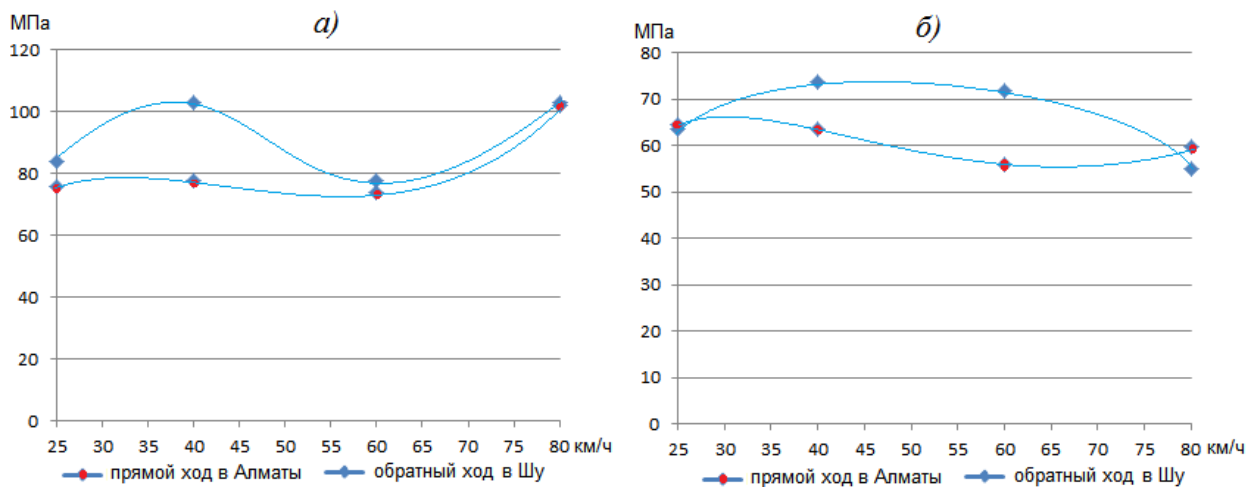


Рисунок 2 – Максимальные кромочные напряжения от воздействия полувагона KZ+70  
а) – наружная кромка подошвы рельса, б) - внутренняя кромка подошвы рельса

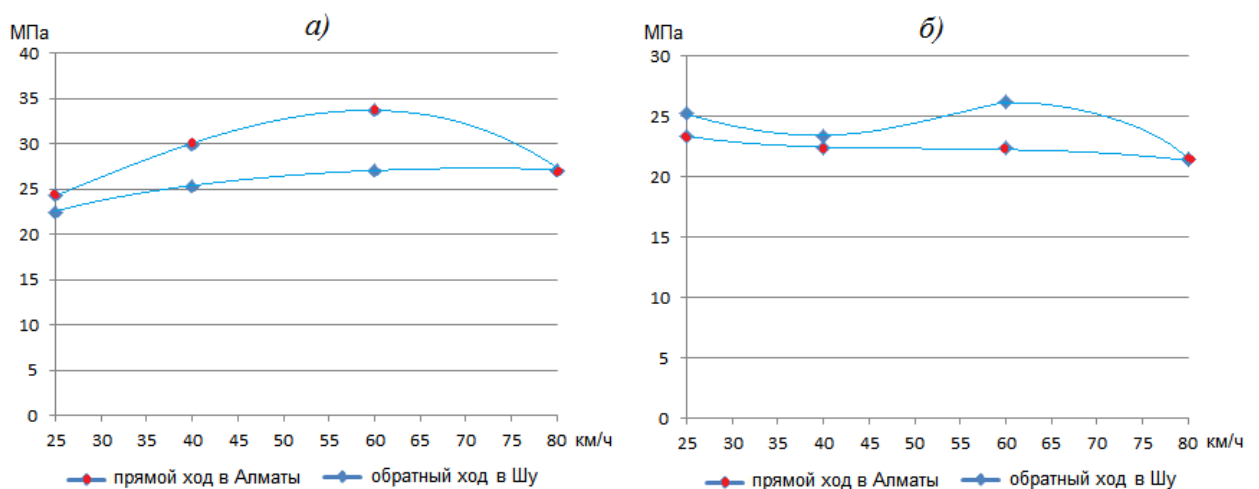


Рис. 3 – полувагон КНР порожний  
а) – наружная кромка подошвы рельса, б) - внутренняя кромка подошвы рельса

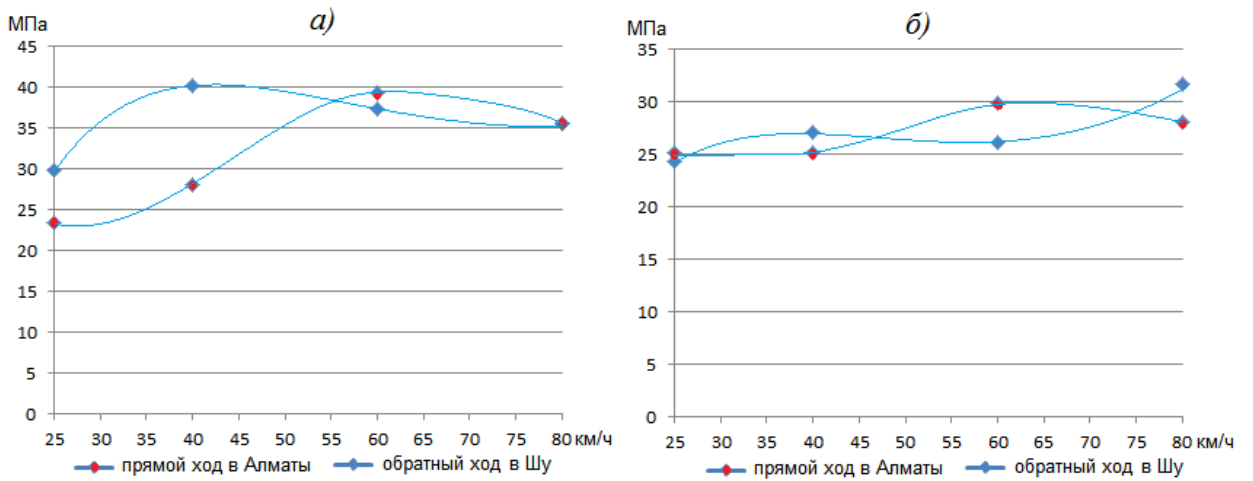


Рис. 4 – полувагон КZ порожний  
а) – наружная кромка подошвы рельса, б) - внутренняя кромка подошвы рельса

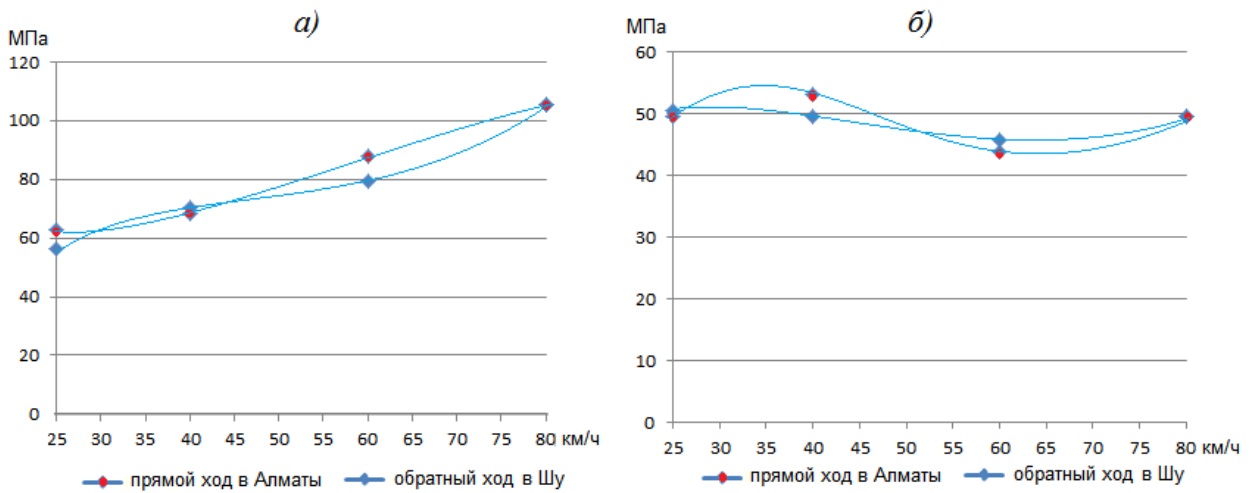


Рис. 5 – Тепловоз СКD-6е  
а) – наружная кромка подошвы рельса, б) - внутренняя кромка подошвы рельса

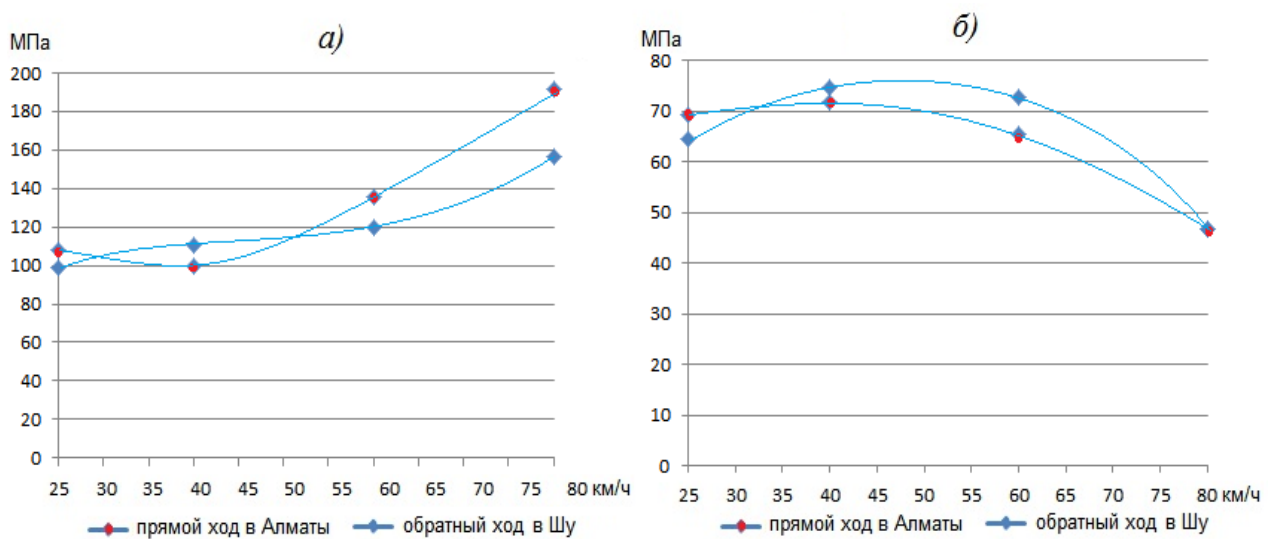


Рис. 6 – ВЛ-80 а) – наружная кромка подошвы рельса, б) - внутренняя кромка подошвы рельса

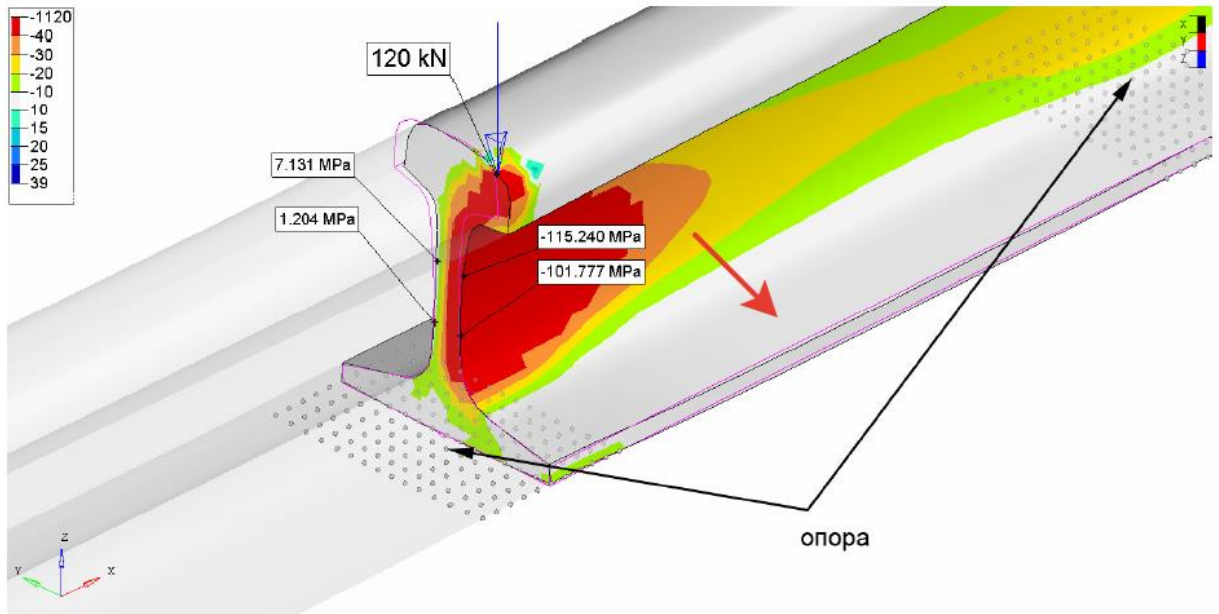


Рис.7 – Пример записи

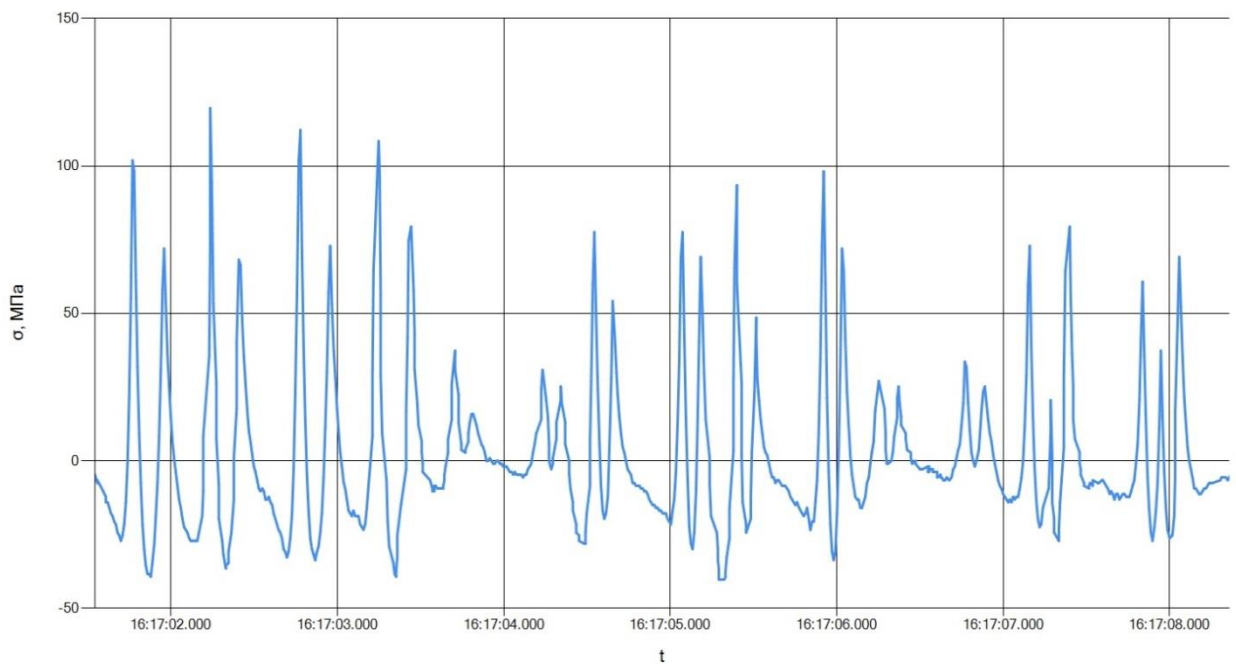


Рис. 8 – Пример записи и краткий анализ

**Выводы:** Судить о воздействии на путь по измеренным кромочным напряжениям и напряжениям в шейке рельса всего лишь в одном сечении конечно недостаточно, тем не менее, полувагоны *12-9941* производства «*12-9920*» в данном случае выглядят предпочтительнее.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] ГОСТ Р 55050-2012. Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы испытаний.
- [2] СТ РК 1846-2008 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества.

[3] ГОСТ Р 55514-2013 Локомотивы. Методика динамико-прочностных испытаний.

[4] ПН-0118-2016 Рабочая программа комплексных динамических испытаний и по воздействию на путь и стрелочные переводы маневрового тепловоза СКД6е и полувагонов моделей 12-9920 и 12-9941