

УДК 656.136:669.015

Жилинков А.А.¹, Парунакян В.Э.²

**МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМАЦИИ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ АВТОПОЕЗДОВ
ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ**

Разработаны методические положения и проведены экспериментальные исследования по определению величин деформаций и напряжений системы автопоездов в местах концентрации отказов, получены экспериментальные данные для проведения следующего этапа исследований

В последний период в связи с благоприятными экономическими показателями возрос объём внешних автомобильных перевозок экспортной металлопродукции. Эти перевозки осуществляются большегрузными седельными автопоездами, которые эксплуатируются при повышенных нагрузках, с высокой интенсивностью в городских условиях улично-дорожной сети [1].

Техническое обслуживание и ремонт автопоездов уже в настоящее время требует существенных материальных затрат, достигающих 17 % издержек на автоперевозки. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта связано с необходимостью приобретения дорогостоящего технологического оборудования, увеличением численности ремонтно-обслуживающего персонала и повышением его квалификации. Указанное повлечёт за собой значительное снижение рентабельности перевозок металлопродукции [2].

В настоящее время наиболее приемлемым и первоочередным путём решения рассматриваемой проблемы, требующим минимум материальных затрат и времени, является проведение мероприятий по разработке эффективных режимов эксплуатации автопоездов.

Для осуществления указанных мероприятий одной из первых задач является определение величин деформаций элементов рам, нагрузок на подвижной состав при движении с грузом и определение их зависимости от дорожных условий.

Используя прикладную теорию движения автопоезда, определить эти величины на конкретных участках несущей системы движущегося автопоезда при воздействии внешних факторов, весьма сложно. Теоретически возможно выполнить приближённые расчёты сил и моментов сил, действующих на движущийся автопоезд, и приложенных к центрам инерции (см. рис. 1) [3].

По схемам действия различных внешних сил, показанных на рис. 1 можно установить связь между нагрузками на подвижной состав и некоторыми показателями эксплуатационных условий, используя зависимости [3]:

$$M_{T_i} = P_{T_i} \cdot h_i = m_i \cdot j_T \cdot h_i, \quad (1)$$

$$M_{P_i} = P_{P_i} \cdot h_i = m_i \cdot j_P \cdot h_i, \quad (2)$$

$$M_{Ц_i} = P_{Ц_i} \cdot h_i = m_i \cdot \omega_i^2 \cdot r_i \cdot h_i = m_i \cdot \frac{v_i^2}{r_i} \cdot h_i, \quad (3)$$

где m_i – масса i -го груза, т;

j_T – отрицательное ускорение при торможении (замедление), м/с^2 ;

j_P – ускорение при разгоне, м/с^2 ;

v_i – линейная скорость груза, м/с .

¹ПГТУ, ст. преп.

²ПГТУ, д-р техн. наук, проф.

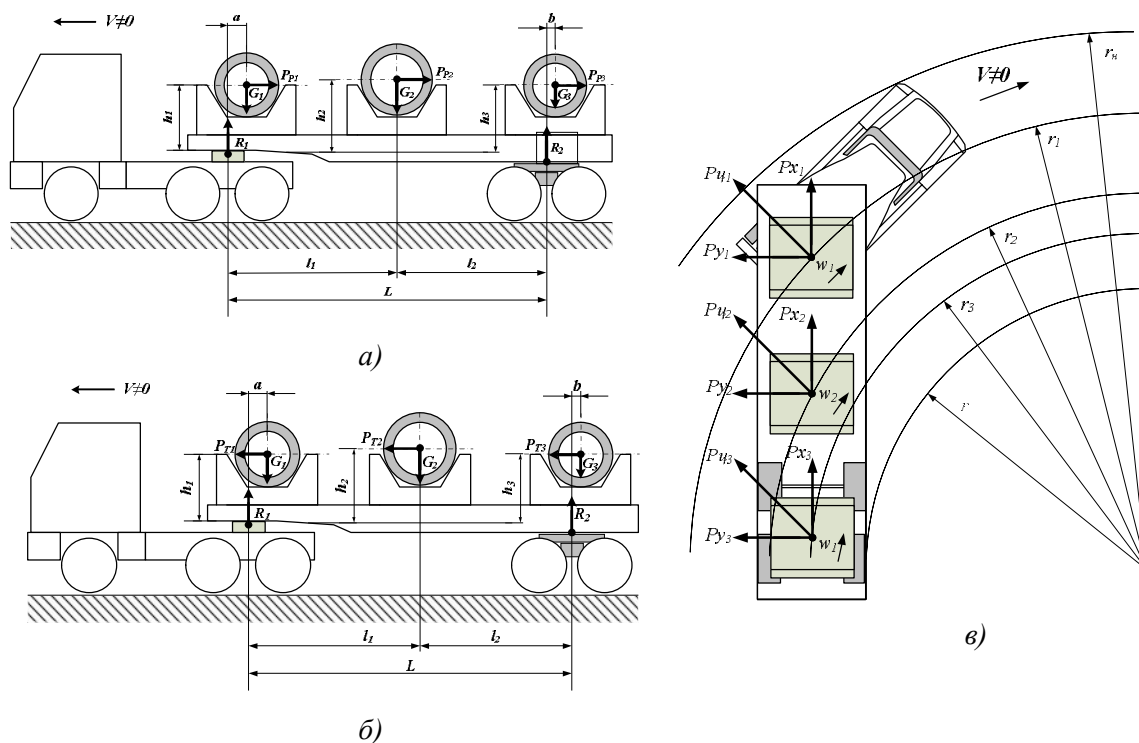


Рис. 1 – Схема нагрузок, действующих на автопоезд при движении:
 а) – разгон; б) – торможение; в) – прохождение кривых; L – расстояние от оси седельно-сцепного устройства тягача до оси тележки полуприцепа, м; l_1, l_2 – расстояния между грузом, м; a, b – соответственно расстояние от оси седельно-сцепного устройства и тележки до центра тяжести груза, м; h_1, h_2, h_3 – высоты центров тяжести груза, м; R_1, R_2 – реакции опор на оси седельно-сцепного устройства тягача и оси тележки полуприцепа, кН; $P_{T_1}, P_{T_2}, P_{T_3}$ – силы инерции, действующие на раму от груза при торможении автопоезда, кН; $P_{p_1}, P_{p_2}, P_{p_3}$ – силы инерции, действующие на раму от груза при разгоне автопоезда, кН; $M_{T_1}, M_{T_2}, M_{T_3}$ – моменты инерции груза при торможении автопоезда, кН·м; $M_{p_1}, M_{p_2}, M_{p_3}$ – моменты инерции груза при разгоне автопоезда, кН·м; $P_{c_1}, P_{c_2}, P_{c_3}$ – центробежные силы, действующие на раму от груза при прохождении поворотов автопоездом, кН; $P_{x_1}, P_{x_2}, P_{x_3}$ – продольные составляющие центробежных сил, действующих на раму, кН; $P_{y_1}, P_{y_2}, P_{y_3}$ – поперечные составляющие центробежных сил, действующих на раму, кН; w_1, w_2, w_3 – угловые скорости груза, рад/с; r_n, r_v – габаритный наружный и внутренний радиус автопоезда при движении по кривой соответственно, м; r_1, r_2, r_3 – радиусы кривых, описываемых центрами масс соответствующего груза, м

Как показывают формулы (1 – 3) величины нагрузок, действующих на автопоезд при движении, зависят от множества эксплуатационных факторов, которые можно разделить на три группы:

- дорожные условия: радиусы и углы закруглений, длина кривых, величины уклонов, состояние дорожного покрытия, уровень организации дорожного движения, частота изменения дорожной обстановки и др.;
- транспортные условия: масса и координаты расположения груза, способ погрузки-выгрузки, степень использования грузоподъемности;
- режим движения: скорость движения, ускорение при разгоне или торможении.

Как показывает анализ, при воздействии столь значительного числа различного по характеру факторов, разработка теоретической модели расчёта является весьма

затруднительным, а его результаты будут недостаточно достоверными. Поэтому, наиболее рациональным путём нахождения значений деформаций (напряжений) является проведение экспериментальных исследований непосредственно на автопоездах, осуществляющих перевозки металлопродукции.

В литературе методика экспериментальных исследований процессов деформации несущей системы большегрузных магистральных автопоездов при перевозке металлопродукции в сложных дорожных условиях практически не рассматривалась и не освещена.

В этой связи, целью настоящей статьи является разработка основных методических положений для проведения экспериментальных исследований процессов деформации несущей системы автопоезда в наиболее нагруженном месте для анализа внешних факторов, действующих на подвижной состав и последующей разработкой эффективных режимов движения.

Комплексная задача экспериментальных исследований включает оценку напряженно-деформированного состояния элементов и деталей рам автопоездов при перевозке металлопродукции в специфических городских условиях для установления фактических внешних нагрузок и закономерностей их появления.

Первый этап экспериментальных исследований включает следующие вопросы:

- выбор типа автопоезда, как объекта исследования;
- разработка методики проведения экспериментальных исследований;
- замер деформаций на опытном автопоезде в реальных условиях перевозки металлопродукции в местах концентрации отказов;
- определение значения напряжений.

По результатам анализа для проведения экспериментальных исследований выбран автопоезд-«металловоз» в составе седельного тягача SCANIA P380LA6x4HHZ и специализированного полуприцепа ВАРЗ-9996 [1].

Важным вопросом экспериментальных исследований явилось определение наиболее нагруженных элементов рамы и мест концентрации напряжений. Эти данные были получены на основе предварительного анализа отказов различного характера за 5-и летний период эксплуатации автопоездов на перевозках металлопродукции. При этом были определены места концентрации отказов для установки измерительных датчиков на раме полуприцепа ВАРЗ-9996, которые будут сосредоточены в зоне седельно-сцепного устройства (см. рис. 2) [2].

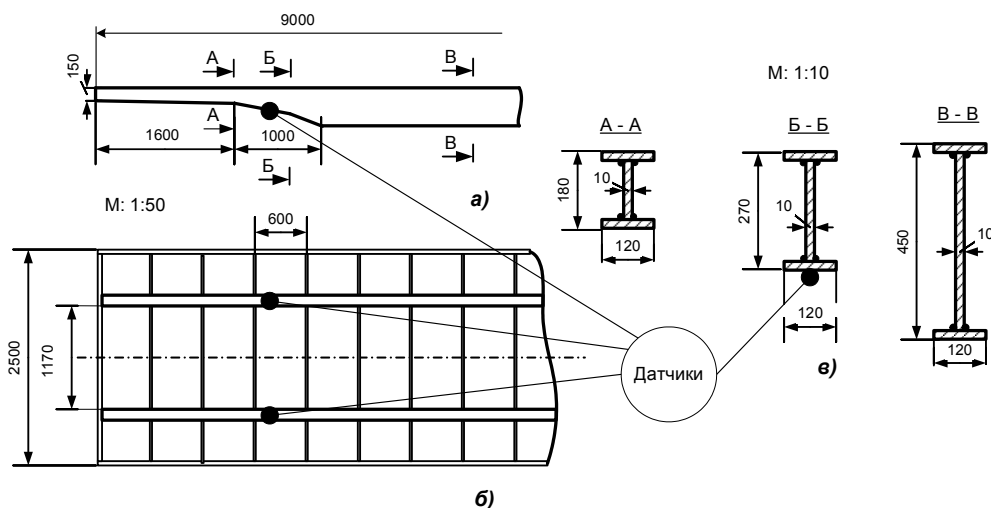
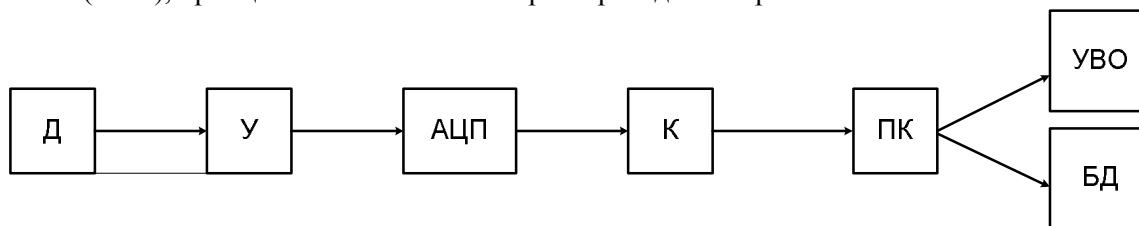


Рис. 2 – Места установки датчиков-тензорезисторов на раме полуприцепа ВАРЗ-9996 в зоне седельно-сцепного устройства: *а* – лонжерон; *б* – рама; *в* – сечения лонжерона

Проведение измерений величин деформаций несущей системы автопоезда, при движении в сложных дорожных условиях, является весьма сложным с технической точки зрения мероприятием. Измерительная аппаратура, размещённая на подвижном составе, должна снимать показания в процессе движения, трансформировать и фиксировать их в условиях воздействия множества внешних факторов. Поэтому, для проведения экспериментальных

исследований выбран метод, основанный на электротензометрии – измерении деформаций с помощью датчиков-тензорезисторов [4].

Для реализации данного метода создана специальная информационно-измерительная система (ИИС), принципиальная схема которой приведена на рис. 3.



Условные обозначения:
 Д – датчики (тензорезисторы); У – усилитель аналогового сигнала; АЦП – аналогово-цифровой преобразователь; К – контроллер; ПК – персональный компьютер; УВО – устройство визуального отображения; БД – база данных

Рис. 3 – Принципиальная схема информационно-измерительной системы (ИИС)

Все приборы и устройства системы размещаются непосредственно на автопоезде и подключены последовательно. Датчик-тензорезистор (Д), установленный на участке рамы, измеряет величину деформации. Полученный аналоговый сигнал преобразуется по величине усилителем (У). Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) изменяет тип сигнала. Далее информация уже в цифровом представлении фиксируется контроллером (К) и с помощью персонального компьютера (ПК) записывается в базу данных (БД) с последующим выводом на устройство визуального отображения (УВО).

С использованием данной ИИС были проведены предварительные исследования, в процессе которых проверена её работоспособность и произведены необходимые настройки. Полученные данные (см. рис. 4) подтвердили адекватность результатов процессам деформации, характерных для движущегося автопоезда. На диаграммах (рис. 4а – 4д) показано изменение величин деформации соответствующих изменению дорожных условий, режима движения на маршруте перевозки и выполнению технологических операций при погрузке-выгрузке металлопродукции.

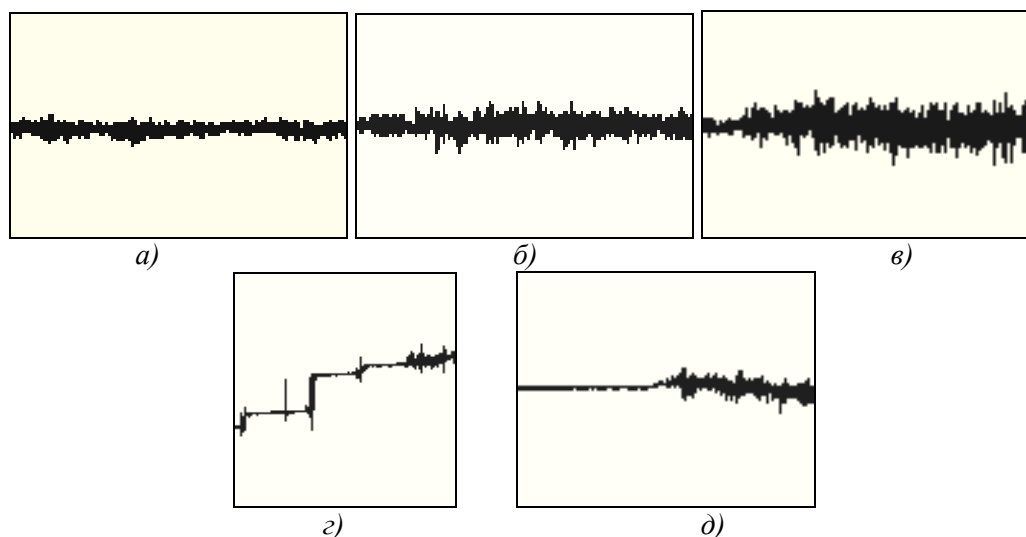


Рис. 4 – Диаграммы деформаций на участке рамы движущегося автопоезда:
 а – установившееся движение на прямом участке дороги при скорости 40 км/ч;
 б – торможение на горизонтальном участке с замедлением $1,5 \text{ м/с}^2$;
 в – движение по кривой радиусом 120 м;
 г – погрузка металлопродукции на автопоезд;
 д – начало движения и разгон автопоезда на горизонтальном участке с ускорением $1,7 \text{ м/с}^2$

Результаты исследований создали надёжную основу для проведения второго этапа эксперимента по определению величин деформаций (напряжений) наиболее нагруженного участка несущей системы и получения данных для решения инженерных задач по совершенствованию конструкции автомобильных поездов и разработки эффективных режимов эксплуатации.

Выводы

1. Сложность теоретических расчётов для определения величин деформаций (напряжений) в несущей системе движущегося автопоезда показала необходимость проведения экспериментальных исследований. С этой целью разработана методика экспериментальных исследований, создана информационно-измерительная система и определены места установки измерительных устройств.
2. Данные проведенной верификации указывают на адекватность полученных результатов процессам деформации, характерных для движущегося автопоезда при перевозке металлопродукции. Создана надёжная основа для проведения второго этапа экспериментальных исследований.

Перечень ссылок

1. *Парунакян В.Э.* Оценка работоспособности серийных автопоездов на внешних перевозках металлопродукции / *В.Э. Парунакян, А.А. Жилинков* // Защита металлургических машин от поломок – Мариуполь, 2007. – Вып. № 10. – С. 220 – 226.
2. *Жилинков А.А.* Анализ отказов автопоездов на внешних перевозках металлопродукции / *А.А. Жилинков* // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: Зб. наук. пр. – Мариуполь, 2008. – Вып. № 18. Ч. 1. – С. 241 – 243.
3. Основы теории и конструкции автомобиля / *М. Д. Артамонов, В. А. Иларионов, М.М. Морин и др.* – М.: Машиностроение, 1979. – 368 с.
4. Тензометрия в машиностроении: Справочное пособие / *Р.А. Макаров, А.Б. Ренский, Г.Х. Боркунский и др.* – М.: Машиностроение, 1975. – 288 с.

Рецензент: В.К. Губенко
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 08.04.2009