

УДК 622.684

И. А. Паначев, Г. В. Широколов, И. В. Кузнецов

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БАЛКИ ЗАДНЕГО МОСТА АВТОСАМОСВАЛА БЕЛАЗ-75131 И РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ЦИКЛОВ НАГРУЖЕНИЯ ДО ОТКАЗА

В процессе эксплуатации автомобильного транспорта горнотехнологические факторы оказывают, как отдельное друг от друга, так и совместное влияние на величину напряжений, возникающих в металлоконструкциях самосвала.

К основным горнотехнологическим условиям транспортирования горной массы относятся длина ездки, грансостав взорванной массы, макропрофиль и уклон трассы. В процессе разработки месторождения увеличиваются глубина отработки полезных ископаемых и углы наклона дорог. Это является следствием возрастания напряжений в

реднюю и заднюю. Передняя подвеска – независимая, с каждой стороны самосвала установлены пневмогидравлический цилиндр, шкворень, поворотный кулак со ступицей переднего колеса и кронштейн шкворня. Задняя подвеска – зависимая, состоит из двух пневмогидравлических цилиндров, поперечной штанги подвески, центрального рычага заднего моста и проушины с шарниром.

В процессе диагностики металлоконструкций подвески установлены зоны концентрации трещин, образующихся во время эксплуатации автомобиля (рис. 1).



Рис. 1. Трещины сварного соединения верхнего крепления реактивной штанги на левом лонжероне (а) и основного металла верхней пластины основания крепления шаровой опоры и самой шаровой опоры (б) автосамосвала БелАЗ-75131

металлоконструкциях автосамосвалов, которые при превышении допустимых значений приводят к сокращению его ресурса [1]. Важными элементами автосамосвала, определяющими его ресурс, являются элементы подвески [2].

Подвеска автосамосвала БелАЗ делится на пе-

Для определения интенсивности суммарных деформаций и напряжений в металлоконструкциях за один цикл эксплуатации использовалось 550 точек, с помощью которых устанавливался график нагружения элементов заднего моста (рис. 2). Расчетные значения были получены с

Таблица 1. Результаты расчета суммарных деформаций и напряжений металлоконструкций балки заднего моста автосамосвала БелАЗ-75131

Точка расчета	Суммарные деформации, мм	Суммарные напряжения, МПа
Левая (правая) область установки колес (1)*	1,9	0,1
Левая (правая) стойка крепления цилиндра подвески (2)	0,2	240
Центральная область корпуса редуктора мотор-колеса (3)	0,6	38,7
Соединительная стенка корпуса редуктора мотор-колеса с картером (4)	0,4	200

* - обозначение расчетной области на рис. 3.

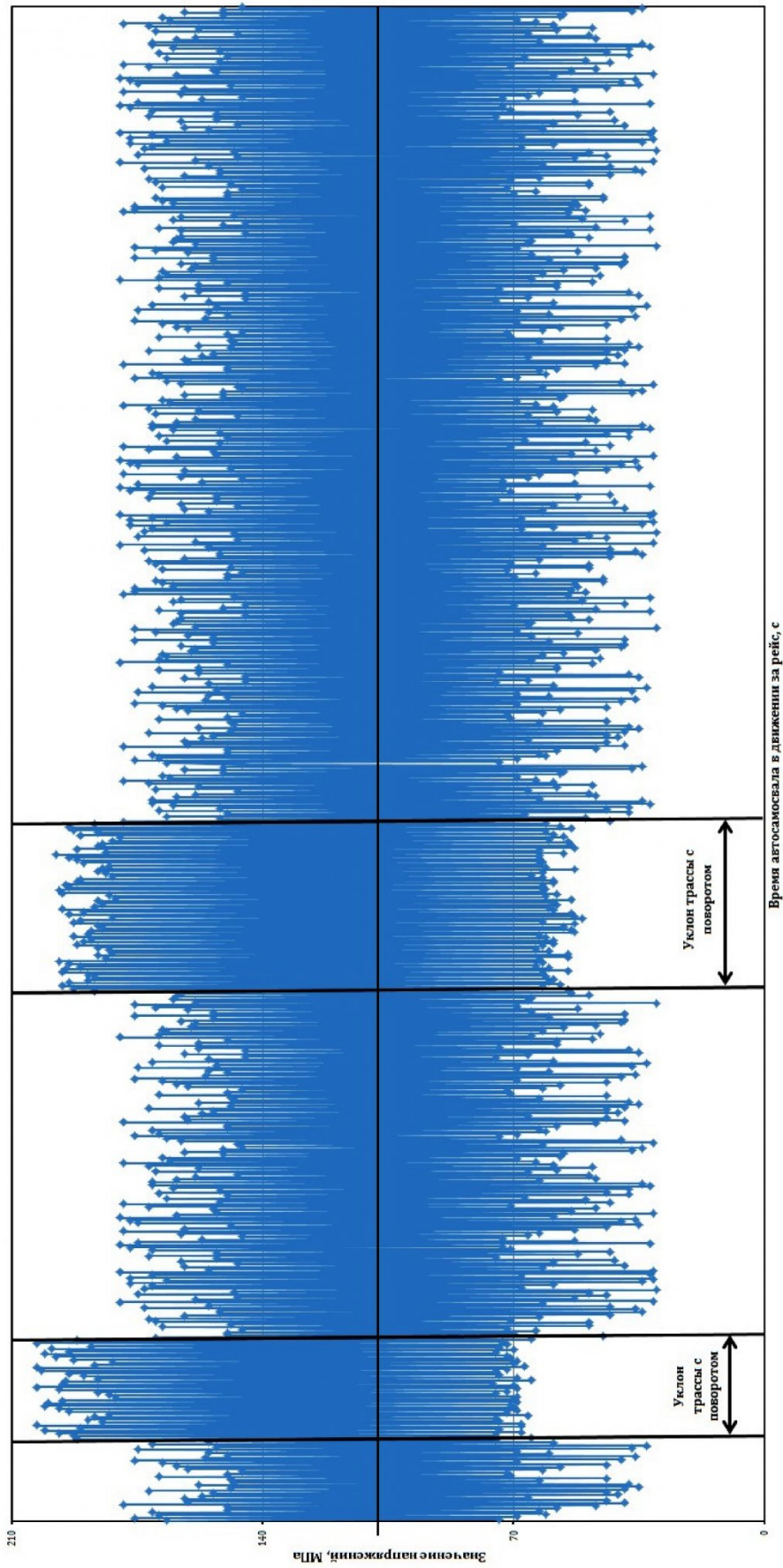
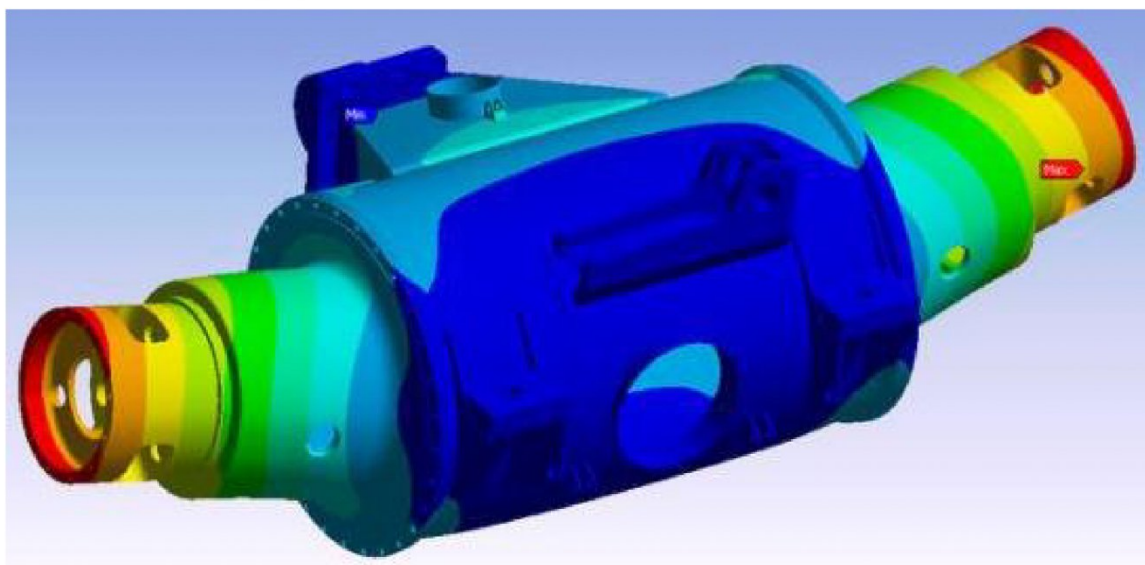
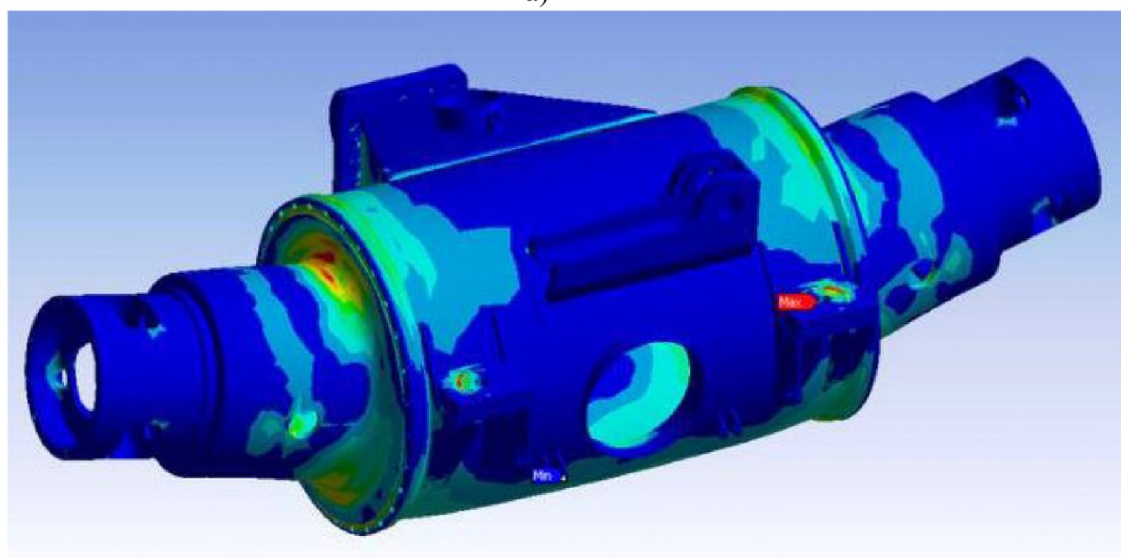


Рис. 2. График нагружения металлоконструкций балки заднего моста автосамосвала БелАЗ-75131 при движении от пункта загрузки до пункта разгрузки



а)



б)

Рис. 3 Графическое представление напряженно-деформированного состояния металлоконструкций заднего моста автосамосвала БелАЗ-7513 при нестационарном цикле нагружения в программе ANSYS 14: а) суммарные деформации; б) суммарные деформации и напряжения.

использованием экспериментально-вычислительного центра, в состав которого входили ноутбук, тензостанция А-17-18, тензорезисторы, экранизированный кабель, аккумуляторная батарея, балансирующая коробка, электромагнитный экран.

Из рис. 2 видно, что участки с наибольшими значениями напряжений характеризуют движение груженого автосамосвала на уклоне трассы с поворотом.

При прохождении первого поворота от пункта загрузки автосамосвал преодолевает уклон в 1,5–2

Таблица 2. Результаты расчета показателей долговечности

ершины трещины	Значения напряжений, МПа	Количество циклов нагружения до отказа	Коэффициент запаса прочности по долговечности	Коэффициент запаса прочности по амплитудам напряжений
Нижняя	380,55	78764	21527	0,633
Верхняя	525,74	32170	61468	0,585

раза больше, чем при последующем повороте, что является причиной возникновения более высоких рабочих напряжений в этот момент времени. Значения напряжений, возникающих в металлоконструкциях балки заднего моста при движении груженого автосамосвала по прямым забойным и технологическим дорогам, практически не различаются. Влияние неровностей микро- и макропрофиля дороги отображаются на диаграмме всплесками напряжений.

Оценка напряженно - деформированного состояния заднего моста автосамосвала БелАЗ-75131 в процессе транспортирования горной массы производилась путем динамического расчета 3D-модели в программе ANSYS 14.0 (рис. 3). Результаты расчета приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что значения суммарных деформаций кручения и изгиба не превышают 2 мм, а суммарные напряжения достигают 240 МПа. Следовательно, возникающие во время эксплуатации суммарные деформации и напряжения влияют на образование и рост трещин.

На рис. 3а графически отображены суммарные деформации балки заднего моста. Наибольшие значения деформации достигают на корпусе редуктора мотор-колеса и в местах установки колес.

На рис. 3б показаны области распределения наибольших напряжений. В отличие от расчета при статическом нагружении, когда максимальные напряжения возникают лишь в местах крепления цилиндров подвески, при динамической нагрузке наиболее опасные области образуются и в местах соединения картера заднего моста и корпуса электромотор-колеса.

В результате визуальной диагностики в производственных условиях была исследована трещина в месте соединения стойки для крепления цилиндра

подвески и картера. Для расчета параметров усталостной долговечности в металлоконструкции балки заднего моста использовалась модель установленной трещины прямоугольной формы 200x20 мм с двумя вершинами. По полученным значениям определялись такие показатели долговечности, как количество циклов нагружения до отказа, коэффициент запаса по долговечности, коэффициент запаса по амплитудам напряжений.

Коэффициент запаса по долговечности n_{SF}^N определялся из выражения

$$n_{SF}^N = N_6 / N \quad (1)$$

где N – текущая долговечность, циклов; N_6 – 10^6 , циклов

Коэффициент запаса по амплитудам напряжений рассчитывался

$$n_{SF}^\sigma = \sigma_a / \sigma_{a_{экв}}, \quad (2)$$

где σ_a – текущая амплитуда напряжений, МПа; $\sigma_{a_{экв}}$ – эквивалентная амплитуда напряжений, полученная после сведения к эквивалентному по повреждаемости симметричному циклу, МПа.

Результаты расчета показателей долговечности металлоконструкций балки заднего моста в вершинах заданной трещины представлены в табл. 2.

Из таблицы видно, что с увеличением напряжений практически в 1,5 раза количество циклов нагружения до отказа уменьшается в 2 раза, что приводит к значительному снижению ресурса металлоконструкции.

С помощью полученных показателей долговечности была построена зависимость циклов нагружения до отказа от возникающих напряжений (рис. 4).

Предел выносливости для материала, из которого изготовлены элементы корпуса заднего моста автосамосвала БелАЗ-75131, составляет 200 МПа.

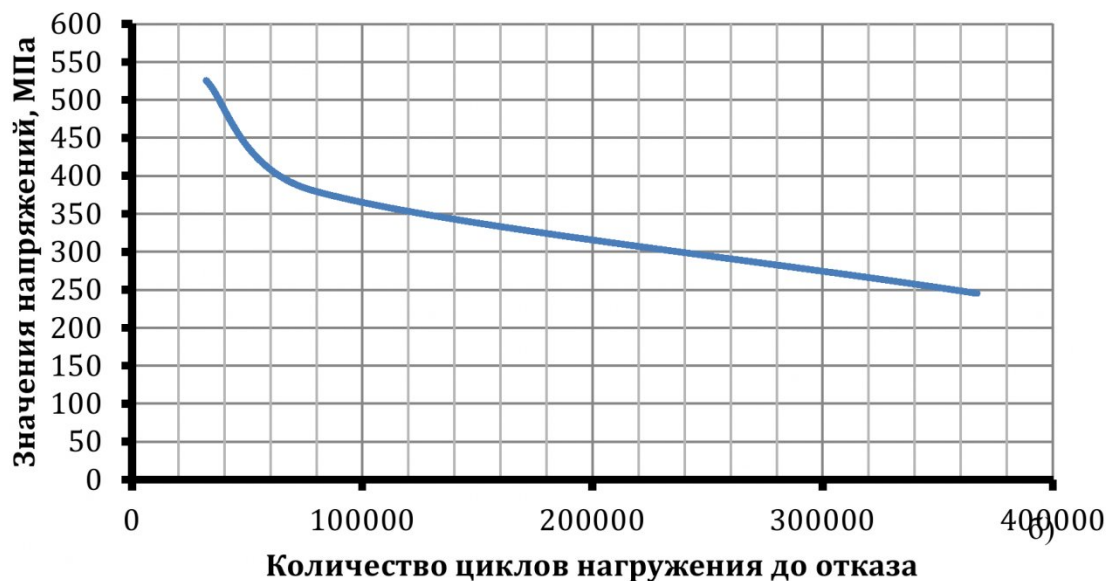


Рис. 4. Зависимость циклов нагружения до отказа от величины возникающих напряжений

Если рабочие напряжения, возникающие в металлоконструкциях во время эксплуатации, не превышают данное значение, количество циклов нагружения до отказа составляет 10^6 .

С помощью полученного графика можно определить количество циклов до отказа, зная параметры напряженного состояния металлоконструкций балки заднего моста при нестационарном режиме нагружения.

В промышленных условиях горнотехнологические параметры эксплуатации большегрузных автосамосвалов, влияющие на значения рабочих напряжений в металлоконструкциях, непостоянны [3]. Количество циклов нагружения до отказа металлоконструкций заднего моста определяется из выражения

$$N = 2E + 15M_{\sigma_a}^{-4,632}. \quad (3)$$

Коэффициент аппроксимации при этом составил 0,969, следовательно, данной зависимостью можно пользоваться при оперативном решении практических задач.

Современные приборы и приспособления не позволяют оперативно определять рабочие напряжения в металлоконструкциях большегрузных автосамосвалов при транспортировании горной массы на разрезах Кузбасса. Постоянный мониторинг параметров эксплуатации карьерного автотранспорта способствует оперативному определению удельных затрат энергии, с помощью которых рассчитываются характеристики напряженно-деформированного состояния металлоконструкций [4].

Результаты выполненных исследований позволяют сохранить ресурс автосамосвала, гарантируемый заводом - изготовителем, сократить временной фонд, затрачиваемый на внеплановые простои и ремонт, а также снизить экономические затраты на незапланированное приобретение автомобильного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хевиленд Р.* Инженерная надежность и расчет на долговечность: Пер. с англ. – М.: Выс. школа, 1965.
2. *Паначев И.А.* Анализ технического состояния технологических автомобилей БелАЗ на разрезах Кузбасса / Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2006. Материалы XI Международной научно-практической конференции, 23-24 ноября 2006 г. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2006. – С. 211-212.
3. *Паначев И.А.* Оценка остаточного ресурса горнотранспортных машин, отработавших нормативный срок эксплуатации / Паначев И.А., Насонов М.И., Моисеенко В.Д., Артамонов П.В. // Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах. Материалы VI Международной научно-практической конференции - Кемерово: КузГТУ, 2005.-С.120-123.
4. *Паначев И.А.* Оценка энергоемкости процесса транспортирования горной массы большегрузными автосамосвалами на разрезах Кузбасса / И.А. Паначев, И.В. Кузнецов //Вестник Кузбасского государственного технического университета – 2011. - №4. – С. 35-40.
5. *Паначев И.А.* Анализ влияния угла наклона трассы на энергоемкость транспортирования горной массы большегрузными автосамосвалами / И.А. Паначев, И.В. Кузнецов //Вестник Кузбасского государственного технического университета – 2013. - №6. – С. 67-70.
6. *Паначев И.А.* К методике экспериментальных исследований нагруженности элементов конструкций экскаваторов-мехлопат / И.А. Паначев, А.А. Черезов //Вестник Кузбасского государственного технического университета – 2013. - №1. – С. 19-23.
7. *Мариев П.Л., Кулешов А.А., Егоров А.Н., Зырянов И.В.* Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке. – СПб.: Наука, 2006. - 387 с.

Авторы статьи:

Паначев Иван Андреевич,
докт. техн. наук, профессор каф. сопротивления материалов КузГТУ, тел. 8-(384-2)-396326

Кузнецов Илья Витальевич,
ассистент каф. сопротивления материалов КузГТУ, e-mail: kuznetcov-ilia@yandex.ru

Ширококолов Георгий Валентинович,
канд. техн. наук, доцент каф. сопротивления материалов КузГТУ, тел. 8-(384-2)-396326

Поступило в редакцию 25.11.2014