

А.В. Лизунков, доц., канд. техн. наук

Кировоградский национальный технический университет,

В.А. Шевченко, доц., канд. техн. наук, А.А. Резников, инженер

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Особенности нагружения металлоконструкции автогрейдера при выполнении различных рабочих операций.

Представлены результаты экспериментального исследования нагружения металлоконструкции автогрейдера в процессе выполнения рабочих операций. Проведен сравнительный анализ полученных экспериментальных данных с целью определения критических режимов нагружения металлоконструкции основной рамы автогрейдера. Получена эмпирическая зависимость главных напряжений в основной раме автогрейдера от скорости движения в транспортном режиме.

автогрейдер, экспериментальное исследование, рабочие операции, главные напряжения, измерительное оборудование

Опыт эксплуатации автогрейдеров различных модификаций показывает, что характерными отказами их металлоконструкций является появление усталостных трещин в одних и тех же зонах, а именно:

- в зонах изгиба хребтовой балки;
- в передней части ланжеронов подмоторной рамы;
- в зоне крепления к хребтовой балке поворотного узла гидроцилиндров подъема – опускания основного отвала.

© А.В. Лизунков, В.А. Шевченко, А.А. Резников, 2010

Рост трещин начинается от сварных швов, которые выступают в роли концентраторов напряжений. Сами трещины, в соответствии с общеизвестными теоретическими положениями, появляются вследствие воздействия на металлоконструкцию переменных нагрузок.

Для оценки характера действующих в металлоконструкции автогрейдера внутренних усилий были проведены поисковые эксперименты в условиях испытательного полигона ХНАДУ. В качестве объекта исследования был выбран автогрейдер ДЗК-251 Крюковского вагоностроительного завода.

Проблема расчета металлоконструкции основной рамы автогрейдера рассмотрена в работах Холодова А.М., Севрова К.П., Кримермана М.Н. [1], [2], [3], однако предлагаемые расчетные схемы не учитывают динамических нагрузок, действующих на основную раму автогрейдера в процессе работы. Методы, позволяющие учесть динамические нагрузки действующие на основную раму рассматриваются в публикациях [4], [5].

Цель исследования - представить и проанализировать результаты экспериментального исследования. Сравнить между собой нагружение металлоконструкции автогрейдера при выполнении различных рабочих операций.

В процессе разработки методики проведения экспериментов было принято решение рассмотреть типичные операции, выполняемые автогрейдером во время стандартного рабочего цикла. При этом наибольшее внимание было уделено рабочим операциям,

характеризующимся воздействием ярко выраженных динамических нагрузок. В частности в процессе полевых испытаний были реализованы:

- интенсивное зарезание основного отвала в грунт при угле захвата 90° ;
- интенсивное зарезание в грунт правого угла основного отвала при угле захвата 45° ;
- интенсивное зарезание в грунт левого угла основного отвала при угле захвата 45° ;
- интенсивное заглобление в грунт бульдозерного отвала;
- упор бульдозерным отвалом в непреодолимое препятствие. В качестве препятствия использовалась грунтовая стена.

– переезд в транспортном режиме через неровности опорной поверхности.

Эксперименты проводились на суглинке II – III категории. В процессе экспериментов на трех уровнях варьировались начальные скорости движения автогрейдера, соответственно: 1,5м/с, 2,4м/с и 3,3м/с. Для транспортного режима использовались искусственно изготовленные неровности полуцилиндрической формы с высотой 170мм и шириной по основанию 310мм. Расстояние между неровностями составляло 1,5м, что соответствует базе балансирующей тележки автогрейдера.

В процессе проведения экспериментов производились замеры деформаций в металлоконструкции с помощью тензодатчиков. Тензодатчики были наклеены в зонах ожидаемого появления усталостных трещин. Для получения информации о действующих главных напряжениях датчики клеились в форме прямоугольной розетки (рис. 1)

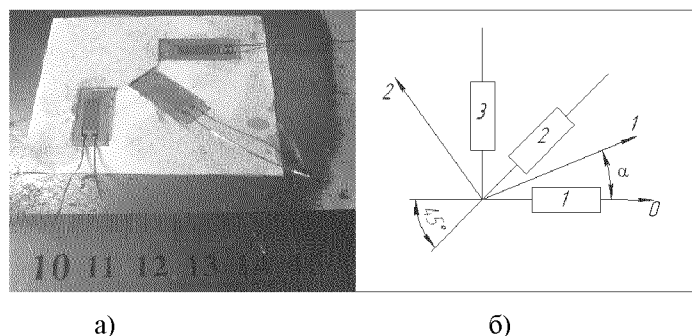


Рисунок 1 – Наклейка тензодатчиков на хребтовую балку автогрейдера

В процессе постановки опытов аналоговые сигналы с измеряемых мостовых схем тензорезисторов предварительно усиливались с помощью тензоусилителя, затем сигнал поступал для оцифровки на аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) и уже в цифровом виде записывался в память компьютера (Рис.2). Погрешность измерительного комплекса не превышала 1,32%.

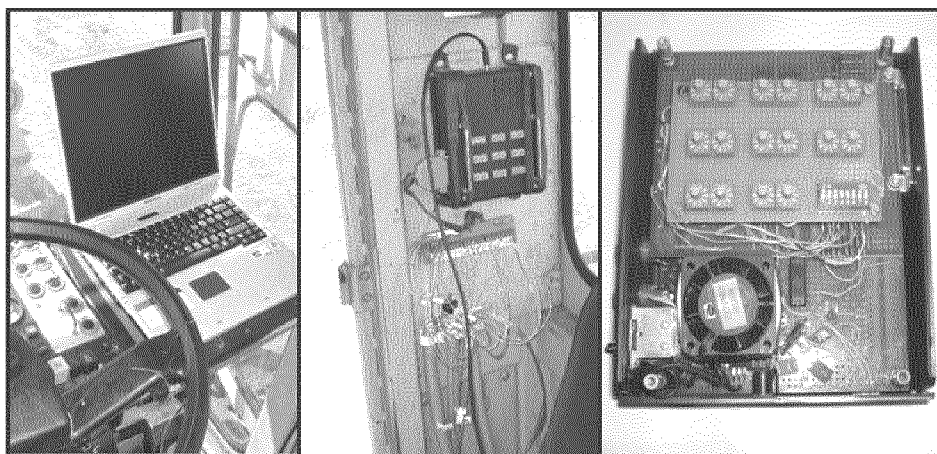


Рисунок 2 – Измерительная система

Тарировка измерительной системы проводилась стандартным способом с помощью балки равного сопротивления. Полученные результаты подтвердили линейность характеристики измерительной системы.

Главные напряжения в зоне наклейки розетки рассчитывались, как косвенные измерения, по зависимости [6]

$$\sigma_{1,2} = \frac{E}{1-\mu} \cdot \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} \pm \frac{E}{1+\mu} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2 + [2\varepsilon_2 - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)]^2}, \quad (1)$$

где E и μ - модуль Юнга и коэффициент Пуассона материала металлоконструкции;
 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ - измеряемые в результате экспериментального исследования деформации.

Типичные графики изменения во времени главных напряжений в зоне наклейки тензорозеток приведены на рисунках 3:

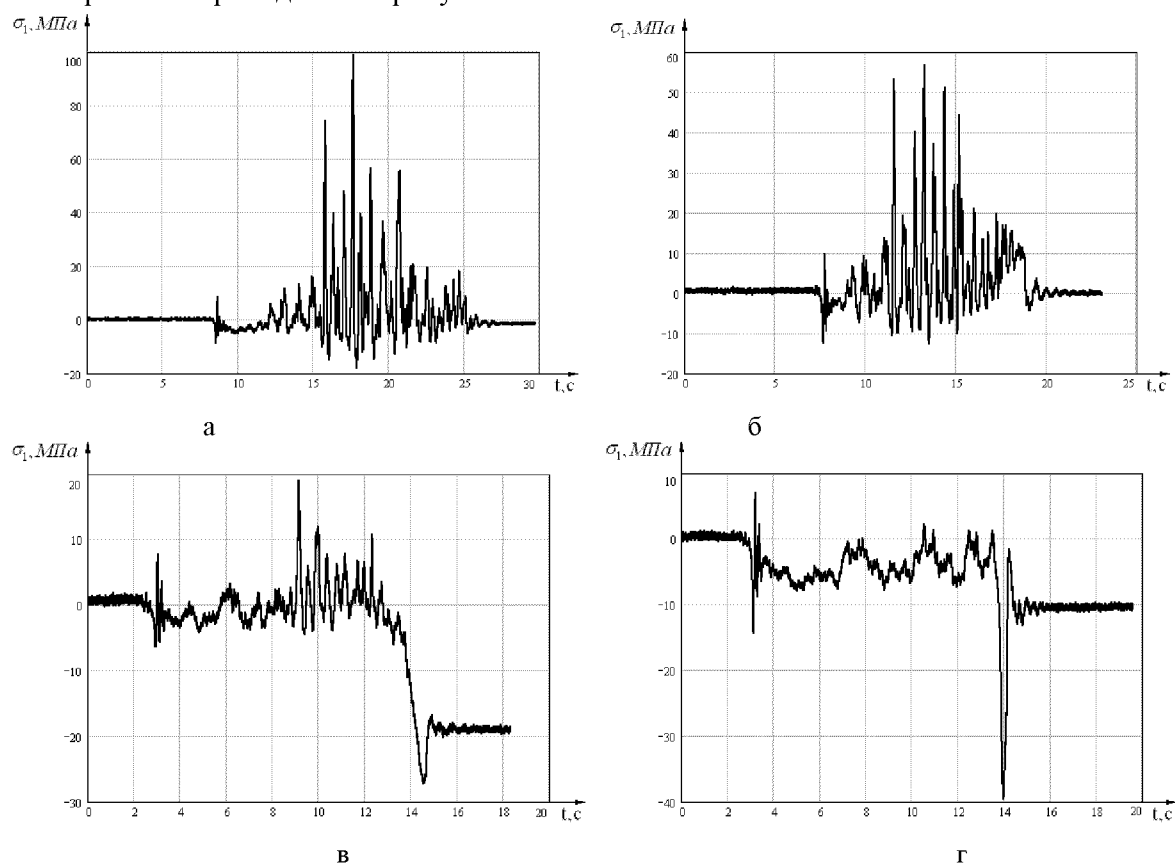


Рисунок 3 – Напряжения, возникающие в металлоконструкции автогрейдера при выполнении различных рабочих операций

а – напряжения, возникающие в металлоконструкции при переезде через неровности, расположенные в шахматном порядке;

б – напряжения, возникающие в металлоконструкции при наезде правым бортом на полуцилиндрическое препятствие;

в – напряжения, возникающие в металлоконструкции автогрейдера при интенсивном заглаблении правого края основного отвала в грунт;

г – напряжения, возникающие в металлоконструкции автогрейдера при ударе бульдозерным отвалом в грунтовую стенку.

На основании приведенных графиков можно утверждать, что при выполнении рабочих операций в металлоконструкции автогрейдера действуют переменные напряжения стохастического характера. Явно фиксируются процессы колебательного типа, что может быть объяснено упругими свойствами как самой металлоконструкции, так и опорных

пневматиков. Случайная составляющая колебаний возникает из – за неоднородности разрабатываемого грунта, неровности опорной поверхности.

Сравнение между собой экспериментальных данных показывает, что наибольшие нагрузки основная рама автогрейдера испытывает в транспортных режимах движения машины. Причем, это существенно сказывается при увеличении скорости движения машины. Так, при переезде неровностей, расположенных в шахматном порядке, увеличение скорости машины от 1.5м/с до 3.3м/с приводит практически к трехкратному росту амплитуды действующих главных напряжений (от 21.95÷29.3МПа до 88.2÷99.2МПа). Следует помнить, что поскольку отсчет динамической составляющей напряжения велся от положения статического равновесия, то реальные напряжения в металлоконструкции будет большим за счет напряжений, вызванных собственным весом самой металлоконструкции.

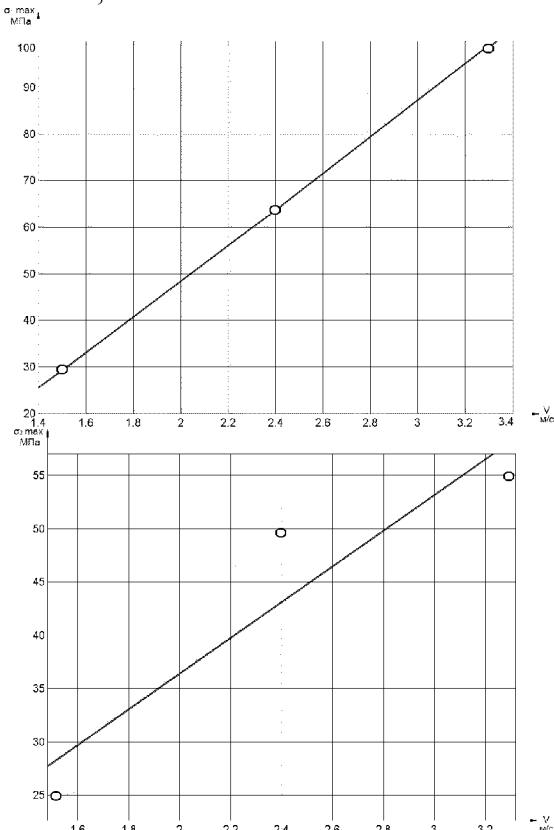


Рисунок 4 – Зависимость главных напряжений в основной раме автогрейдера от скорости движения в транспортном режиме

Высокие нагрузки зафиксированы и при упоре на скорости бульдозерного отвала в грунтовую стенку. Здесь уровень динамической составляющей главных напряжений доходил до 77.6÷115.1МПа.

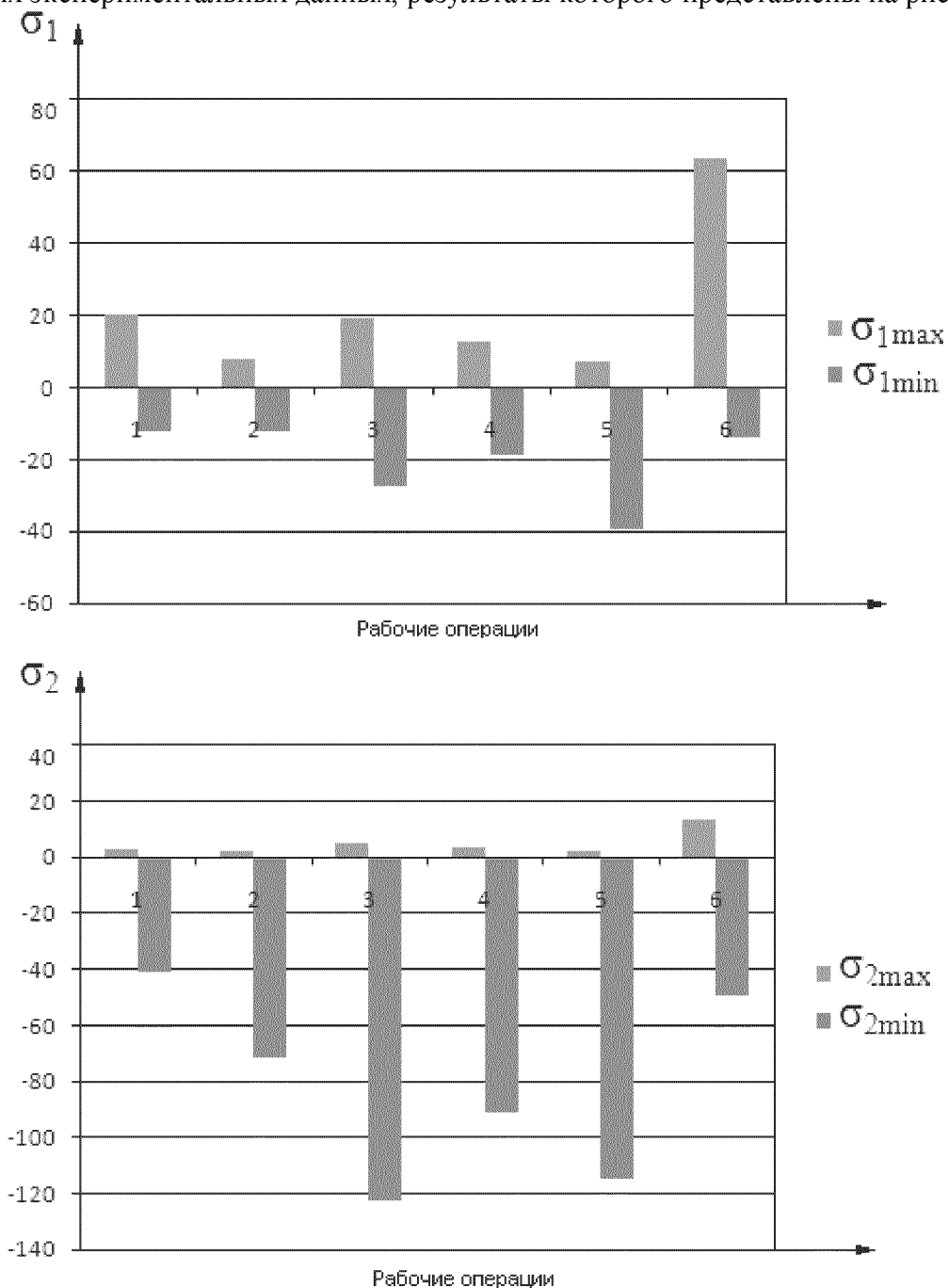
Значения динамической составляющей главных напряжений, действующих в наиболее нагруженных зонах основной рамы автогрейдера, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения главных напряжений

Выполняемая операция	Начальная скорость машины, м/с	Действующие главные напряжения, МПа			
		σ1max	σ1min	σ2max	σ2min
Интенсивное резание отвалом при угле захвата 90°	1,5	11,107	-15,96	5,76	-101,1
	2,4	12,75	-18,89	3,56	91,2
Интенсивное резание правым углом отвала при угле захвата 45°	1,5	9,6	-5,4	1,47	-51,1
	2,4	19,018	-27,3	5,276	-122,5
Интенсивное заглабление	1,5	9,291	-8,538	2,155	-24,61

бульдозерного отвала	2,4	20,26	-12,41	3,01	-40,88
Удар бульдозерным отвалом в грунтовую стенку	1,5	11,03	-12,6	4,9	-44,3
	2,4	10,5	-28,37	3,94	-77,6
Переезд через препятствие в транспортном режиме	1,5	55,43	-13,7	13,66	-56,5
	2,4	99,2	-17,9	18,7	-55,04

На основании данных приведенных в таблице 1 был проведен сравнительный анализ полученных экспериментальных данных, результаты которого представлены на рис. 5.



1 – интенсивное заглубление бульдозерного отвала; 2 – интенсивное резание левым углом отвала при угле захвата 45°; 3 – интенсивное резание правым углом отвала при угле захвата 45°; 4 – интенсивное резание отвалом при угле захвата 90°; 5 – удар бульдозерным отвалом в грунтовую стенку; 6 – переезд через неровности в транспортном режиме.

Рисунок 5 – Сравнительный анализ полученных экспериментальных данных

На основании приведенных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

– при выполнении рабочих операций металлоконструкция испытывает переменное нагружение случайного характера, это способствует появлению и последующему росту усталостных трещин;

– двукратное увеличение начальной скорости движения машины в транспортном режиме приводит как минимум к трехкратному росту амплитуд действующих напряжений;

– наиболее опасными рабочими операциями являются: интенсивное зарезание правым углом отвала при угле захвата 45°; удар бульдозерным отвалом в грунтовую стенку; переезд через неровности, расположенные в шахматном порядке;

– при разработке математической модели нагружения металлоконструкции автогрейдера необходимо учитывать упругость системы, поскольку временные зависимости носят колебательный характер.

Список литературы

1. Проектирование машин для земляных работ / Под. ред А.М. Холодова.-Харьков:- Выща школа, 1986. – 272 с. 2. Автогрейдеры. Конструкция, теория, расчет / Под. ред К.П.Севрова. - Москва:- Машиностроение, 1970. – 192с.
2. Расчет автогрейдера(методика) / Под. ред М.Н. Кримермана.- Москва:- Вниистройдормаш, 1963. – 95с.
3. Б.Ф. Зайцев, А.В. Асаенок, А.А. Резников. Расчетный анализ напряженно – деформированного состояния рамы автогрейдера / Труды 14-й международной научно – технической конференции «Физические и компьютерные технологии».-2008.-С. 457 - 459
4. А.В. Асаенок, Б.Ф. Зайцев. Анализ эффективности алгоритмов многосеточного МКЭ в задачах теории упругости для конструкций с криволинейными тонкостенными элементами / Восточно – Европейский журнал передовых технологий.-2006.-№2/3(20).-С.21-25.
5. Сухарев И.П. Экспериментальные методы исследования деформаций и прочности.-М.: Машиностроение, 1987.-216с.

О. Лизунков, В. Шевченко, О. Резников

Особливості навантаження металоконструкції автогрейдера в різних робочих операціях

Представлені результати експериментального дослідження навантаження металоконструкції автогрейдера в процесі виконання робочих операцій. Проведено порівняльний аналіз отриманих експериментальних даних з метою визначення критичних режимів навантаження металоконструкції основної рами автогрейдера. Отримано емпіричну залежність головних напружень в основній рамі автогрейдера від швидкості руху у транспортному режимі.

A. Lizunkov V. Shevchenko, A. Reznikov

Twist of loading of metal structures of motor-grader in different workings operations

The results of experimental research of loading of metal structures of motor-grader in the process of achievement of workings operations are presented. The comparative analysis of received experimental data with the purpose of determination of the critical modes of loading of metal structures of main frame of motor-grader are realized. Imperial dependence of main strain in the main frame of motor-grader from the rate of movement in a transport mode are received.

Одержано 11.05.10