

ется с использованием зависимости, учитывающей отношение грузоподъемности к массе вагона. Этому режиму соответствует сочетание сил, действующих на вагон при роспуске с сортировочной горки, осаживании состава вагонов и т.д.

Конструкция рассматриваемого полувагона имеет объем кузова 95 м^3 , грузоподъемность 77 т и массу тары 23 т. Конструкция торцевой стены в первом варианте конструктивного исполнения состояла из гладкой металлической обшивки толщиной 5 мм, подкрепленной каркасом. Каркас включает три поперечных пояса жесткости из Ω -образного профиля размером $250 \times 102 \times 9$ мм, верхнюю обвязку замкнутого сечения, сваренную из двух швеллеров № 12, вертикальные угловые стойки из такого же швеллера и полустоек, расположенных в средней части. Полустойки из гнутого швеллера $150 \times 100 \times 8$ мм расположены между концевой балкой и поперечными усиливающими поясами. Соединение верхних обвязок торцевой и боковой стен усилено накладкой.

Для оценки прочности конструкции методом конечных элементов был использован пакет прикладных программ DSMFem. Расчетная модель разрабатывалась стандартными приемами метода конечных элементов. При моделировании использовались два типа конечных элементов – плоские пластинчатые 3- и 4-узловые.

Кинематические граничные условия включают в себя ограничение степеней свободы в местах крепления упоров автосцепного устройства и пятников.

При действии ударной нагрузки учитывались, согласно [1], продольная сила 3,5 МН, сила инерции сыпучего груза, приходящаяся на торцевую стену ($N_{и} = 902.212 \text{ кН}$ или 92 тс), сила тяжести груза, вертикальная составляющая силы инерции и силы, вызванные распором груза.

Выполненный прочностной расчет показал, что в большинстве конструктивных элементов торцевой стены уровень эквивалентных напряжений превышает допускаемые. В остальных конструктивных элементах несущего кузова уровень напряжений находится в пределах нормы.

Для усиления конструкции торцевой стены был рассмотрен вариант, дополнительно включающий полустойку, расположенную посередине между верхним усиливающим поясом и верхней обвязкой торцевой стены, выполненной из гнутого швеллера $250 \times 100 \times 8$ мм.

Расчет с учетом внесенного изменения показал, что данного усиления недостаточно, и позволил снизить уровень напряжений в верхней обвязке и обшивке, но они все равно превышали допускаемые.

Анализ напряженно-деформированного состояния конструкции на втором этапе позволил выработать конструктивные изменения для увеличения прочности торцевых стен. На этом этапе изменению подверглись усиливающие пояса и полустойки. Полустойки были заменены стойками такого же сечения, а горизонтальные усиливающие пояса стали не из цельных балок, а из трех участков. Также были изменены расстояния между стойками и горизонтальными поясами жесткости. Дополнительно были введены усиливающие накладки в средней части между стойками на верхнюю обвязку и следующими за ними двумя поперечными поясами.

Проведенный прочностной расчет показал, что данные конструктивные изменения позволили усилить торцевую стену, и уровень эквивалентных напряжений по всем элементам не превышает допускаемых.

Список литературы

1 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам : межгос. стандарт. – Введ. 2016–17–01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 31 с.

УДК 631.372: 629.488.27

МЕТОДИКА АНАЛИЗА НАГРУЖЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ СТЕНДА, ИМИТИРУЮЩЕГО РАБОТУ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

В. Б. ПОПОВ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, г. Гомель

Комплектация стенда, имитирующего работу подъемно-навесного устройства (ПНУ) УЭС-350, состоящего из гидропривода и механизма навески (МН), связанного в трех точках с имитатором

(грузом) навесной машины представлена на рисунке 1. Источник энергии для привода гидронасоса в стационарных условиях – электродвигатель, потребляемая мощность которого за время подъема НМ существенно меняется. При эксплуатации стенда в производственных условиях силы полезного сопротивления могут изменяться в значительных пределах, что должно учитываться во избежание нарушения режима функционирования ПНУ.

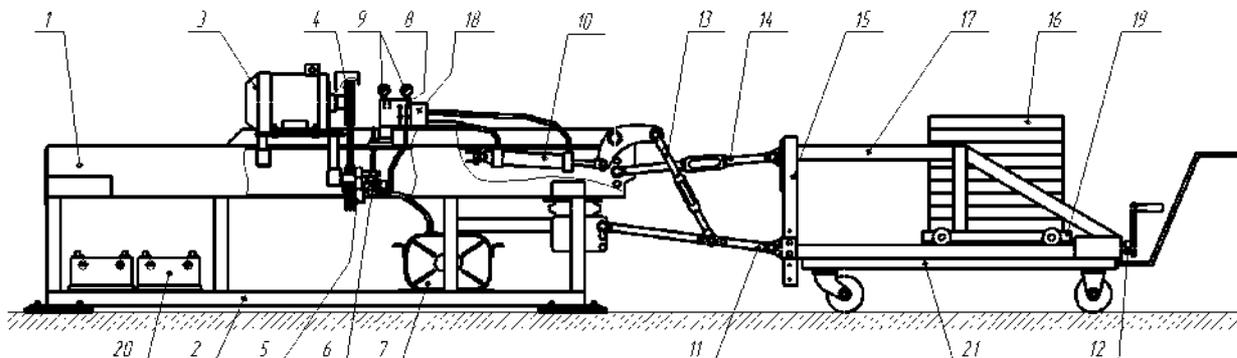


Рисунок 1 – Общий вид стенда, имитирующего работу подъемно-навесного устройства универсального энергетического средства УЭС-350 «Полесье»:

- 1 – рама УЭС-350; 2 – рама опорная; 3 – электродвигатель; 4 – клиноременная передача; 5 – ролик натяжной; 6 – насос шестеренный; 7 – бак; 8 – пульт управления; 9 – манометры; 10 – гидроцилиндр; 11 – рычаг нижний; 12 – рукоять; 13 – раскос; 14 – верхняя тяга; 15 – стойка; 16 – груз; 17 – направляющая; 18 – гидрораспределитель; 19 – тележка; 20 – аккумулятор; 21 – тележка грузовая

Для выбора электродвигателя необходимо определить режим его нагружения, задавшись весом груза 16 (см. рисунок 1) и выполнив расчет выходных параметров ПНУ. Следует определить максимальное давление на поршень гидроцилиндра и сравнить его с максимальным давлением, создаваемым гидронасосом. Используя установленные параметры гидронасоса, определяют крутящий момент на его валу. По вычисленному крутящему моменту и соотношению оборотов электродвигателя и гидронасоса определяется мощность электродвигателя, вал которого соединен с валом гидронасоса через клиноременную передачу. Геометрические, кинематические и силовые выходные параметры МН рассчитываются на математической модели, сформированной для плоской схемы аналога МН (рисунок 2).

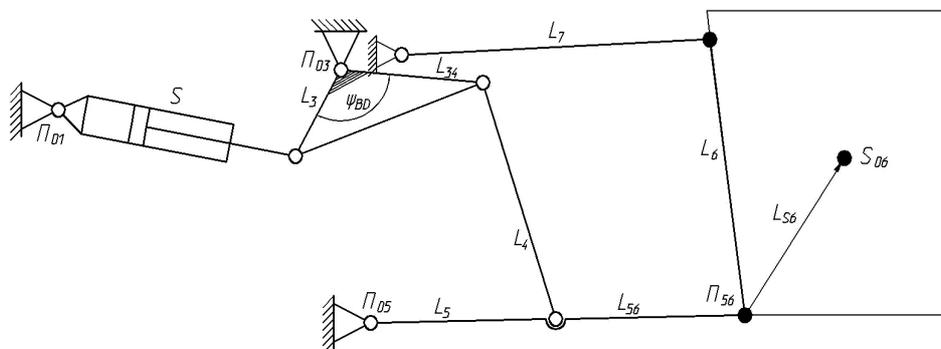


Рисунок 2 – Схема кинематическая механизма навески УЭС-350

Приведенная к поршню гидроцилиндра (ГЦ) нагрузка $F_{np}(S)$ состоит из полезной составляющей $F(S)$, а также приведенных сил трения ($F_{тр}^{np}$) и инерции ($F_{ин}^{np}$), причем полезная нагрузка пропорциональна передаточному числу МН $I_{S6}(S)$:

$$F_{np}(S) = F(S) + F_{ин}^{np}(S) + F_{тр}^{np}(S), \quad F(S) = P_6 I_{S6}(S), \quad (1)$$

где S – обобщенная координата МН; P_6 – вес груза.

Максимальная движущая сила, развиваемая на штоке ГЦ для преодоления приведенной к ГЦ нагрузки, определяется по выражению

$$F_{шт}^{max} = p_{гц}^{max} F_c, \quad p_{гц}^{max} = p_{пк} - (\Delta p_{др} + \Delta p_{гм}), \quad (2)$$

где F_c – площадь поршня ГЦ; $p_{гц}^{\max}$ – максимальное давление в ГЦ; $p_{пк}$ – давление настройки предохранительного клапана гидропривода; $\Delta p_{др}$ – потери давления на дросселе в магистрали слива; $\Delta p_{гм}$ – потери давления в магистрали.

Максимальное давление в ГЦ ограничено настройкой предохранительного клапана и потерями давления в гидроприводе. Грузоподъемность ПНУ определяется по формуле

$$G_S = \frac{p_2^{\max} F_H - [F_{ин}^{np} + F_{тр}^{np}]}{I_S^{\max}}, \quad (3)$$

где $G_{S6}(S)$ – грузоподъемность ПНУ, соответствующая расположению центра тяжести веса груза; p_2^{\max} – максимально возможное давление в гидроцилиндре МН, $F_{ин}^{np}$, $F_{тр}^{np}$ – соответственно приведенные силы инерции и трения; F_H – суммарная площадь поршней рабочих гидроцилиндров.

Как следует из выражения (3), грузоподъемность ПНУ – это интегральный показатель, зависящий одновременно от параметров гидропривода, механизма навески, веса груза и его расположения относительно оси подвеса.

Результаты расчета выходных параметров ПНУ УЭС-350, агрегируемого с имитатором комбайна КНК-500, выполненные на сформированной функциональной математической модели, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Выходные параметры ПНУ УЭС-350

S	$Y_{56}(S)$	$X_{56}(S)$	$Y_{56}(S)$	$\varphi_6(S)$	$\varphi_3'(S)$	$I_S(S)$	$R_{34}(S)$	$F(S)$	$p_2(S)$	$G_{56}(S)$
	м			град	1/м	–	кН		МПа	кН
0,571	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,596	0,320	2,447	0,571	90,019	4,844	3,291	52,798	157,931	14,313	62,05
0,621	0,404	2,468	0,652	89,869	4,425	3,210	52,019	154,092	13,963	63,597
0,646	0,486	2,480	0,732	89,780	4,175	3,164	51,349	151,849	13,760	64,536
0,671	0,566	2,486	0,810	89,741	4,022	3,135	50,754	150,490	13,637	65,118
0,696	0,644	2,485	0,889	89,746	3,935	3,118	50,214	149,658	13,561	65,480
0,721	0,720	2,478	0,966	89,794	3,896	3,107	49,720	149,159	13,516	65,699
0,746	0,796	2,466	1,044	89,884	3,896	3,102	49,270	148,884	13,491	65,821
0,771	0,870	2,447	1,121	90,021	3,932	3,100	48,866	148,779	13,482	65,867
0,796	0,944	2,423	1,199	90,209	4,003	3,101	48,518	148,833	13,487	65,843
0,821	1,016	2,392	1,277	90,459	4,112	3,106	48,245	149,086	13,509	65,732

Подсоединение навесного кормоуборочного комбайна КНК-500 выполняется, когда высота оси подвеса (Y_{56}) составляет 0,33 м, что соответствует $S = 0,599$ м.

Заложенные в проекте стенда параметры ПНУ УЭС-350 позволяют проводить исследования для всех навесных машин, включая наиболее энергоёмкий процесс перевода из рабочего в транспортное положение комбайна КНК-500.

Представленная методика анализа процесса подъема НМ и определения грузоподъемности ПНУ УЭС-350 позволяет оценить характеристики нагружения электродвигателя и для других навесных машин с УЭС, имеющими идентичные по структуре подъемно-навесные устройства.

УДК 539.231, 620.179.112

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНОГО ПОКРЫТИЯ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ О-ОБРАЗНЫХ КОЛЕЦ ГИДРОСИСТЕМ НА ТРАНСПОРТЕ

М. А. ПОПОВА, В. Ю. ГАЛАСЬ, А. Н. ПОПОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время одной из основных проблем в развитии уплотнительной техники является повышение ресурса работы уплотнений и улучшение их эксплуатационных характеристик. Распространенной причиной потери работоспособности гидро- и пневмосистем машин и механизмов является выход из строя уплотнительных элементов герметизирующих устройств.