

Отчет № 6 от 3.05.2008 г.

***Дополнительные исследования плавности хода
высокоскоростного юнибуса массой 10000 кг***

1. Введение

В дополнение к исследованиям, изложенным в отчете № 5 «Исследования плавности хода высокоскоростного юнибуса массой 10000 кг при движении по ферме-струне», произведены исследования плавности хода для двух других вариантов жесткой подвески, а также влияние коэффициента сопротивления амортизаторов на плавность хода юнибуса с базовым вариантом жесткой подвески (т.е. при статическом прогибе упругих элементов подвески 24 мм).

Исследован случай воздействия профиля путевой структуры только на задние колеса.

2. Исходные данные

Подрессоренная масса юнибуса, кг	9600
Момент инерции подрессоренной части, кг·м ²	252965
Расстояние от центра масс до оси передних колес, м	7,45
Расстояние от центра масс до оси задних колес, м	5,0
Расстояние от центра масс до сидения водителя, м	7,99
Расстояние от центра масс до заднего сидения, м	3,21
Статический прогиб упругих элементов подвески, мм	см. табл. 1
Коэффициент гидравлического сопротивления амортизаторов, Н·с/м	см. табл. 1
Расстояние между опорами (1 пролет), м	40
Амплитуда профиля, мм	±4

2.1. Объем исследований

2.1. Исследования произведены для:

- величин статического прогиба упругих элементов подвески: 12 мм, 24 мм, 36 мм при воздействии профиля фермы-струны на задние колеса с амплитудой профиля ±4 мм;
- четырех вариантов значений коэффициентов гидравлических сопротивлений амортизаторов.

2.2. Оценка плавности хода юнибуса

Основным параметром оценки плавности хода юнибуса принят универсальный комплексный параметр, в частности, на ж/д транспорте показатель W , который учитывает как ускорения колебаний, так и их частоту:

$$W = 0.9 \cdot k \cdot \sqrt[10]{\frac{z''^3}{n}},$$

где k – коэффициент пропорциональности, зависящий от частоты вертикальных колебаний (см. рисунок 1);

n – частота вертикальных колебаний кузова, Гц;

z'' – вертикальное ускорение кузова, см/с².

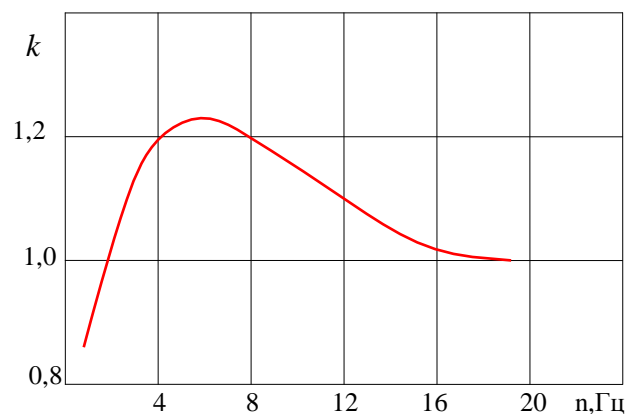


Рисунок 1. Зависимость коэффициента k от частоты вертикальных колебаний

Плавность хода транспортного средства тем лучше, чем меньше величина показателя W . В таблице 1 приведены рекомендуемые и предельные значения параметра W .

Таблица 1

Значения параметра W , используемого для оценки плавности хода	
Очень хороший	2
Хороший	2- 2,5
Достаточный для пассажирских вагонов	2,5- 3
Предельный для пассажирских вагонов	3- 3,25
Достаточный для локомотива	3,25- 3,5
Предельный для локомотива	3,5- 3,75
Достаточный для грузовых вагонов	3,6- 4
Предельный для грузовых вагонов	4- 4,25
Предельный для человека с физиологической точки зрения	4,5

Согласно ГОСТ 12406 допустимым пределом величины параметра плавности хода для пассажирских вагонов является $W = 3,25$.

Кроме того, учитывая то, что утомляемость пассажиров зависит не только от режима колебаний кузова транспортного средства (ускорения и частоты), но от длительности воздействия ускорения t_d (см. табл.2), плавность хода оценивалась и с этой точки зрения.

Таблица 2

Допустимая длительность воздействия вибраций на организм t_d			
z'' , м/с ²	t_d , мин		Допуск, %
	Стандарт ISO	Стандарт PN	
0,12	1 440	1 516	5,3
0,18	960	941	2
0,27	600	586	2,3
0,315	480	469	2,3
0,38	378	372	1,6
0,53	240	225	4,6
0,71	150	148	1,3
0,95	96	93,6	2,5
1,18	60	64,5	7
1,5	40	40	0
1,8	25	25,4	1,6
2,13	16	14,8	7,5
2,36	10	9,91	0,9
2,65	6,3	5,9	6,8

3. Результаты расчета плавности хода

Результаты расчета представлены в таблице 1 и в приложении А.

Таблица 1. Параметры плавности хода юнибуса при скорости $V=95$ м/с (342 км/ч) при различных статических прогибах упругих элементов (зависимости параметров плавности хода от скорости представлены в приложении А).

Статический прогиб, мм	Коэффициенты гидравлического сопротивления амортизаторов, Н·с/м		W_B	$W_{ц.м.}$	$W_{з.п.}$	$a_B, \text{ м/с}^2$	$a_{ц.м.}, \text{ м/с}^2$	$a_{з.п.}, \text{ м/с}^2$	$z, \text{ мм}$
	Ксж1,2	Котб1,2							
12	2000	7000	1,05	3,0	3,4	0,017	0,6	0,85	0,62
24	2000	7000	1,05	3,2	3,5	0,019	0,7	1,0	1,4
36	2000	7000	1,65	3,4	3,7	0,08	0,85	1,2	2,4
24	0	0	4,8	4,4	4,8	3,0	2,2	3,0	3,5
24	3000	9000	1,09	3,2	3,5	0,02	0,71	1,0	1,5
24	4000	11000	1,09	3,2	3,5	0,02	0,71	1,0	1,5
24	6000	19000	1,12	3,2	3,5	0,022	0,71	1,0	1,75

Где (и далее):

- W_B - параметр плавности хода на месте водителя;
- $W_{ц.м.}$ - параметр плавности хода центра масс юнибуса;
- $W_{з.п.}$ - параметр плавности хода на месте заднего пассажира;
- a_B - ускорение на месте водителя;
- $a_{ц.м.}$ - ускорение центра масс юнибуса;
- $a_{з.п.}$ - ускорение на месте заднего пассажира;
- z - амплитуда колебаний задней группы колес относительно корпуса при данной скорости.

- Ксж- коэффициент гидравлического сопротивления амортизаторов на ходе сжатия;
- Котб- коэффициент гидравлического сопротивления амортизаторов на ходе отбоя.
- индекс 1 относится к передним колесам, индекс 2 относится к задним колесам.

4. Выводы

4.1. Результаты расчетов показывают, что комплексный параметр плавности хода W для всех вариантов «жесткой подвески» при воздействии профиля фермы-струны на задние колеса с амплитудой ± 4 мм и при движении со скоростью 342 км/ч превышает допустимый предел $W = 3,25$.

4.2. Вариант статического прогиба упругих элементов подвески 12 мм более предпочтителен: данный вариант обеспечивает в пределах допускаемой плавности хода скорость до 330 км/ч, при этом допустимая продолжительность движения юнибуса с установившейся максимальной скоростью будет не менее 100 мин.

4.3. Наиболее оптимальный вариант гидравлического амортизатора: $Ксж_{1,2} = 2000$ Н·с/м, $Котб = 7000$ Н·с/м.

Приложение А

1. $h_{CT}=12$ мм;

$C1=3347$ Н/мм;

$K_{сж1}=2000$ Н*с/м

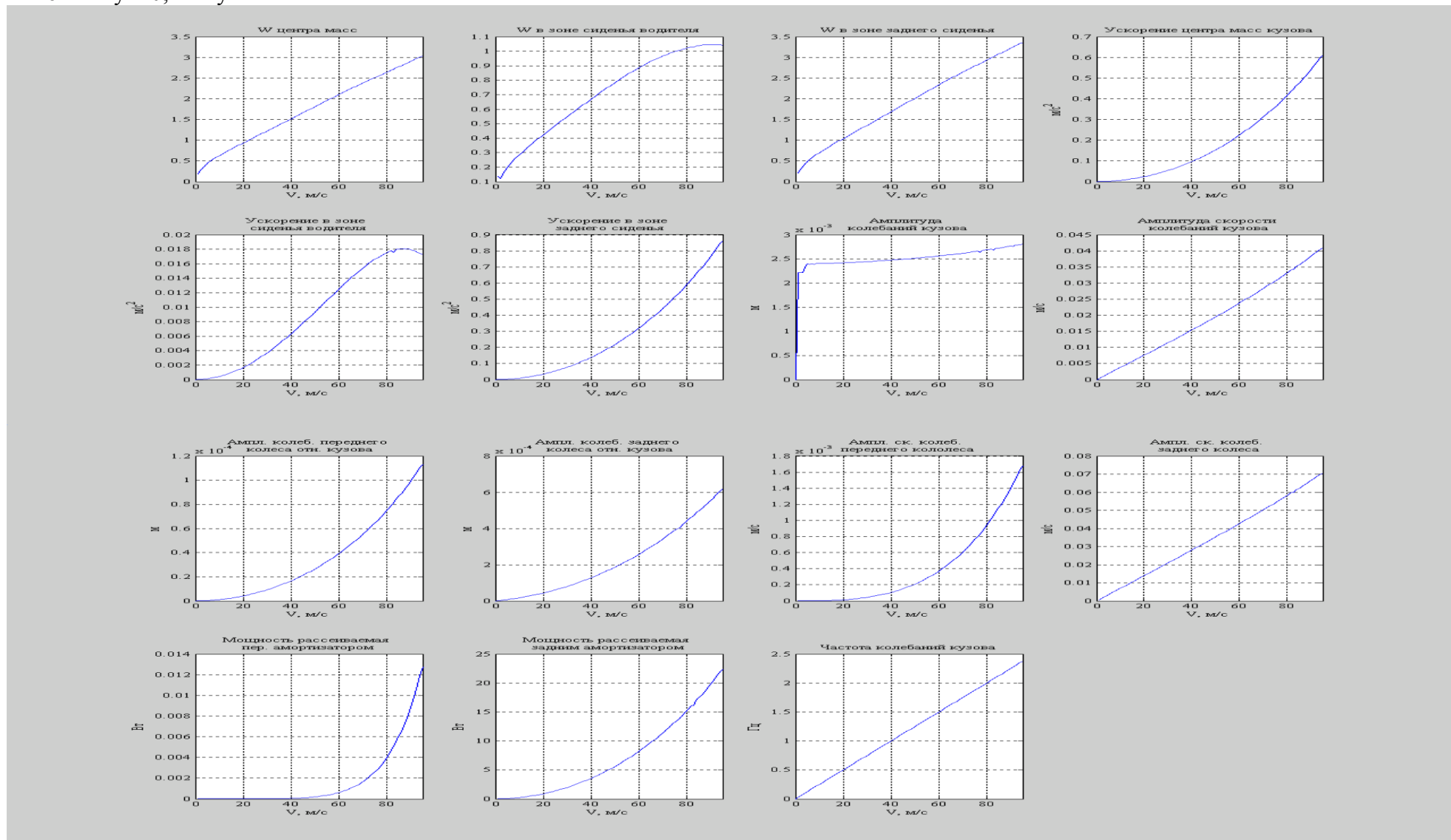
$K_{отб1}=7000$ Н*с/м;

$C2=4987$ Н/мм;

$K_{сж2}=2000$ Н*с/м

$K_{отб2}=7000$ Н*с/м

$L=40$ м $y1=0$; $y2=\pm 4$ мм



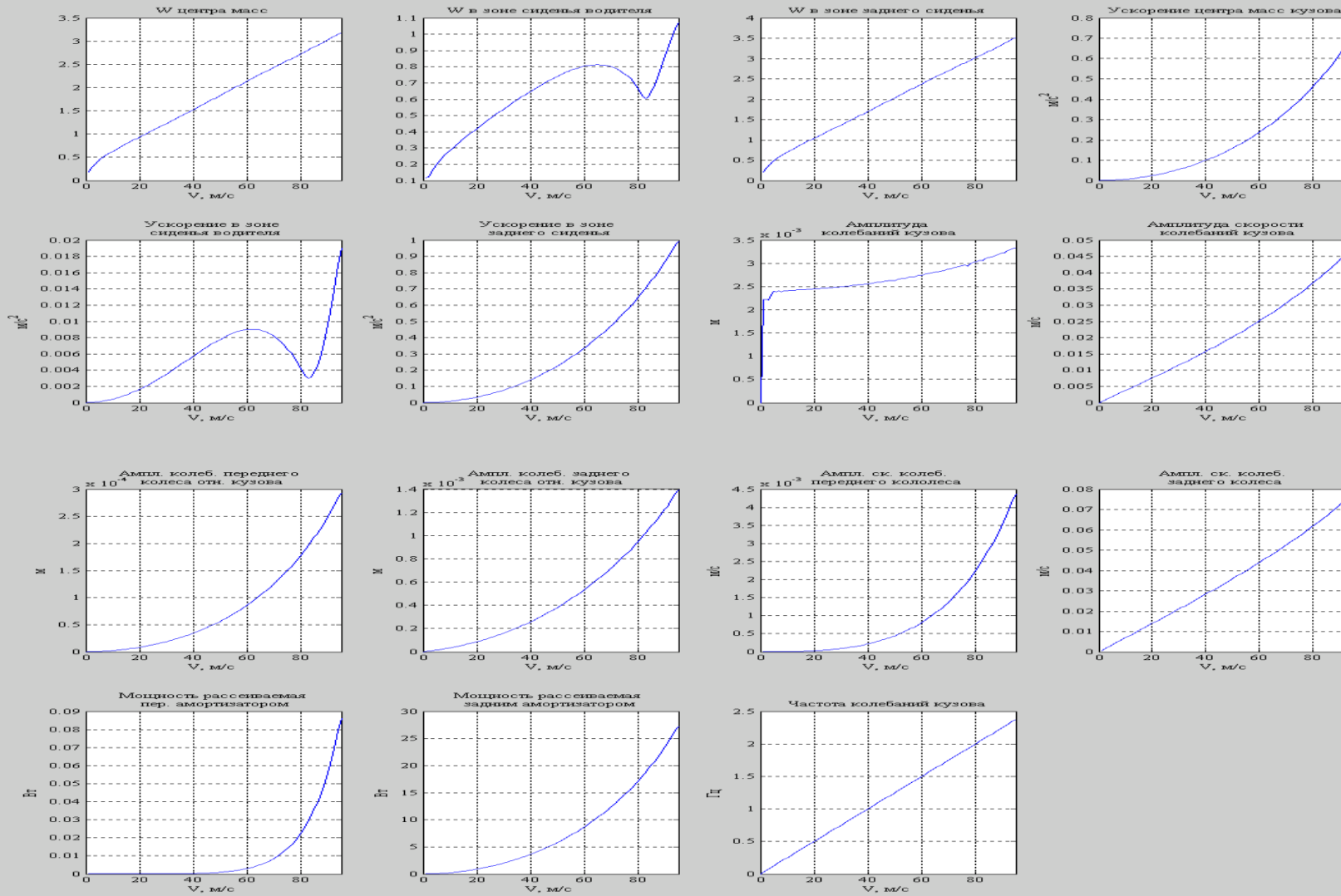
2. $h_{CT}=24$ мм;

$C_1=1673$ Н/мм;
 $C_2=2490$ Н/мм;

$K_{сж1}=2000$ Н*с/м
 $K_{сж2}=2000$ Н*с/м

$K_{отб1}=7000$ Н*с/м;
 $K_{отб2}=7000$ Н*с/м

$L=40$ м $y_1=0$; $y_2=\pm 4$ мм



3. $h_{CT}=36$ мм;

$C1=1116$ Н/мм;

$C2=1662$ Н/мм;

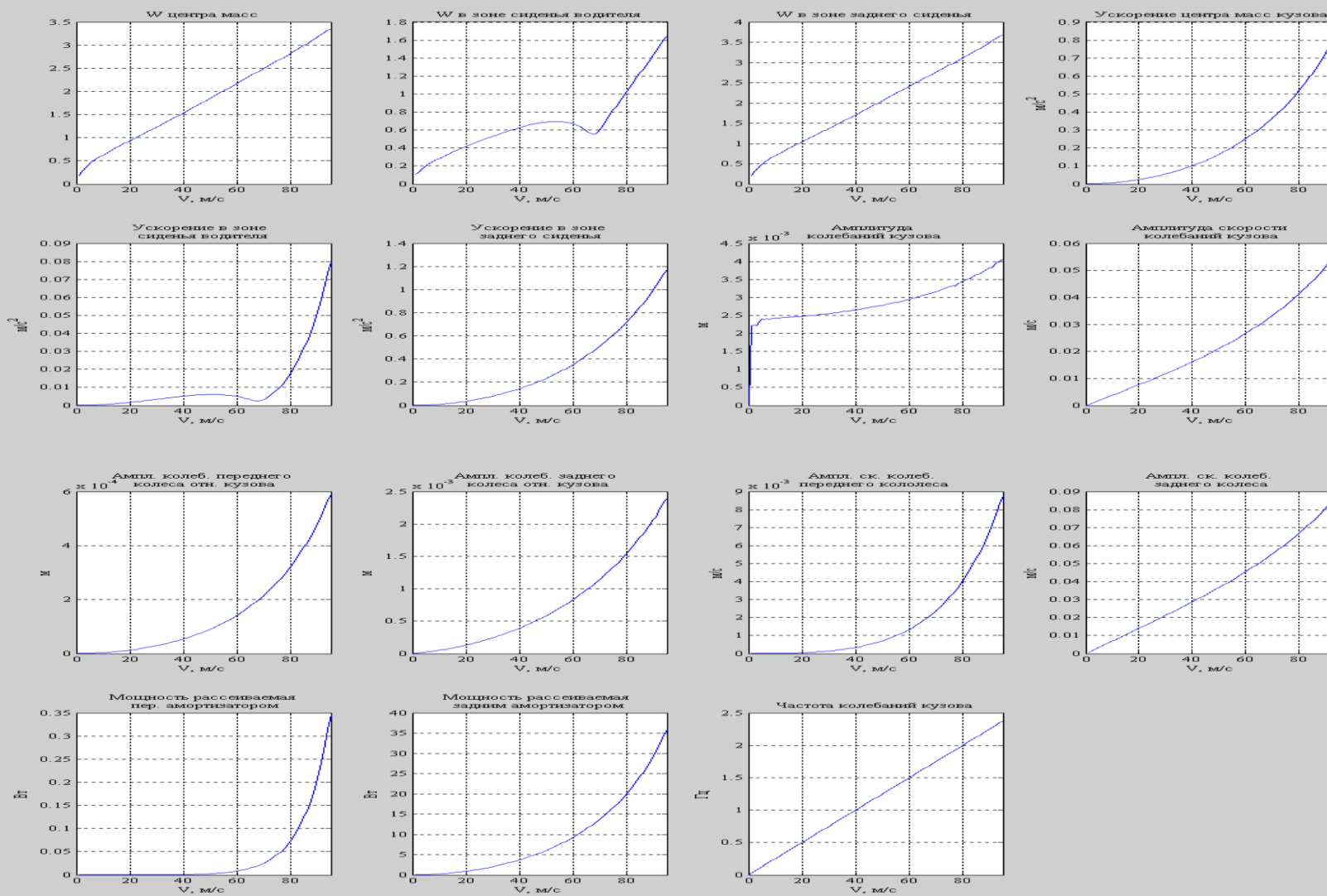
$K_{сж1}=2000$ Н*с/м

$K_{отб1}=7000$ Н*с/м;

$K_{сж2}=2000$ Н*с/м

$K_{отб2}=7000$ Н*с/м

$L=40$ м $y1=0$; $y2=\pm 4$ мм



4. $h_{CT}=24$ мм;

$C1=1673$ Н/мм;

$C2=2490$ Н/мм;

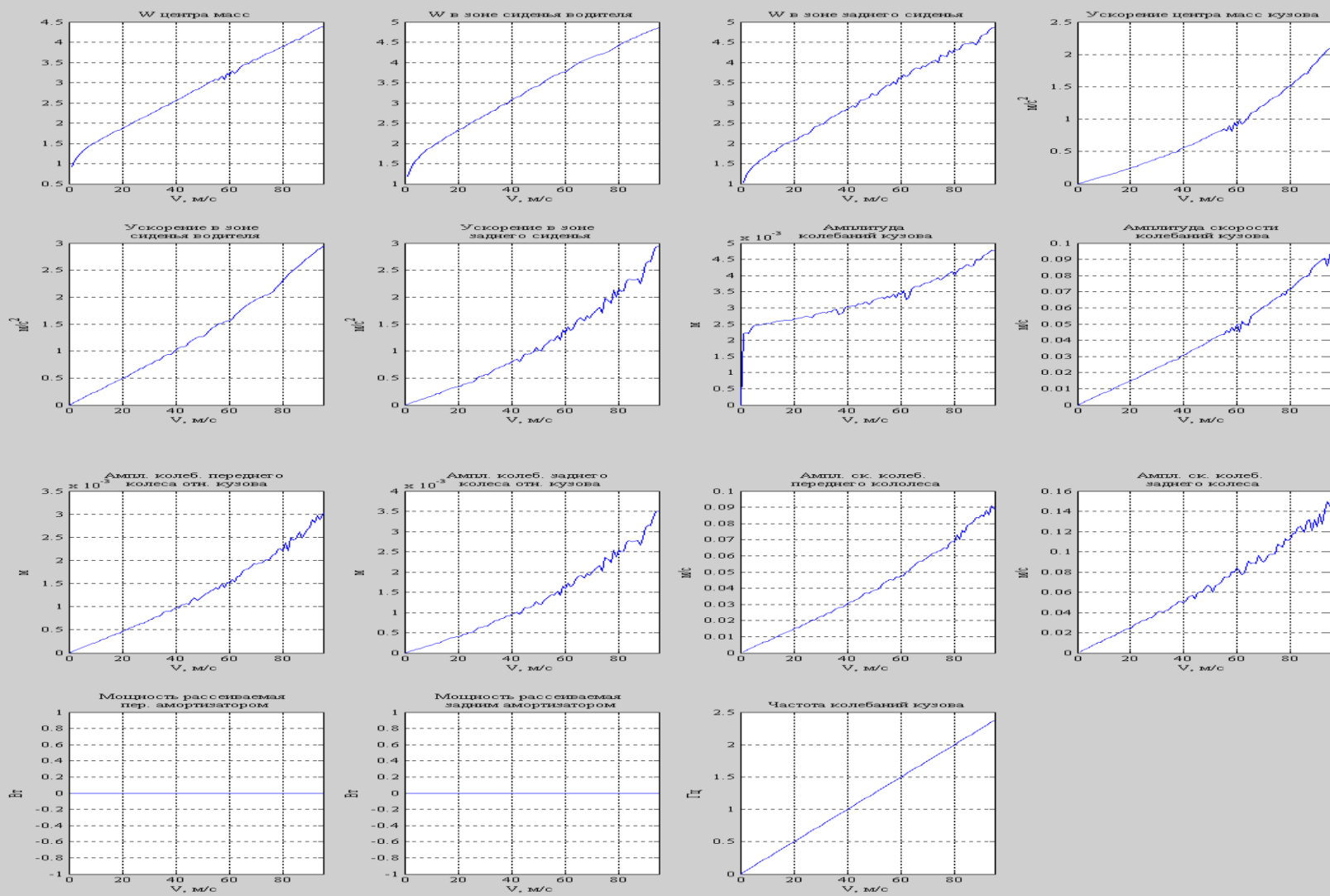
$K_{сж1}=0$ Н*с/м

$K_{сж2}=0$ Н*с/м

$K_{отб1}=0$ Н*с/м;

$K_{отб2}=0$ Н*с/м

$L=40$ м $y1=0$; $y2=\pm 4$ мм



5. $h_{CT}=24$ мм;

$C_1=1673$ Н/мм;

$C_2=2490$ Н/мм;

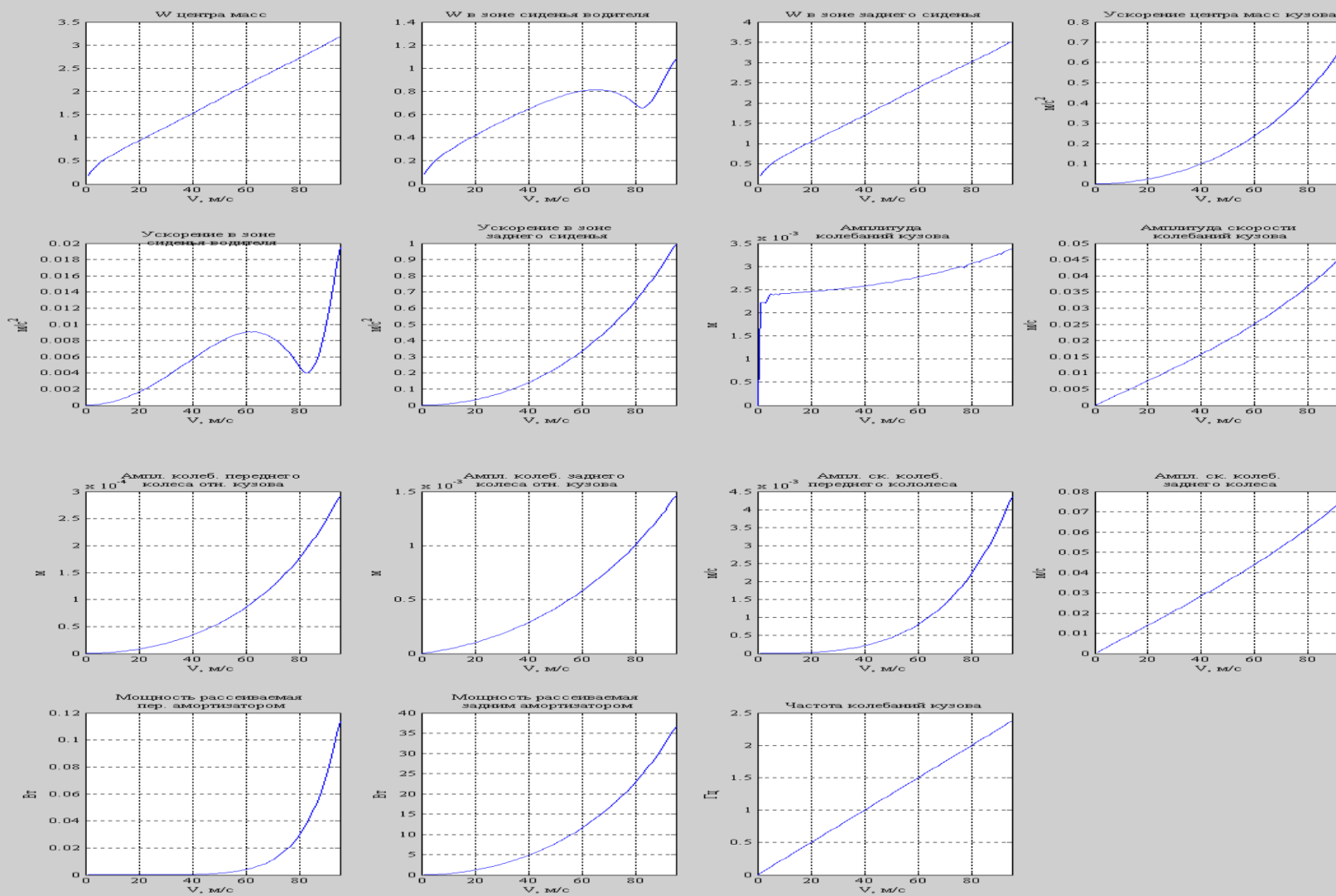
$K_{сж1}=3000$ Н*с/м

$K_{отб1}=9000$ Н*с/м;

$K_{сж2}=3000$ Н*с/м

$K_{отб2}=9000$ Н*с/м

$L=40$ м $y_1=0$; $y_2=\pm 4$ мм



6. $h_{CT}=24$ мм;

$C1=1673$ Н/мм;

$C2=2490$ Н/мм;

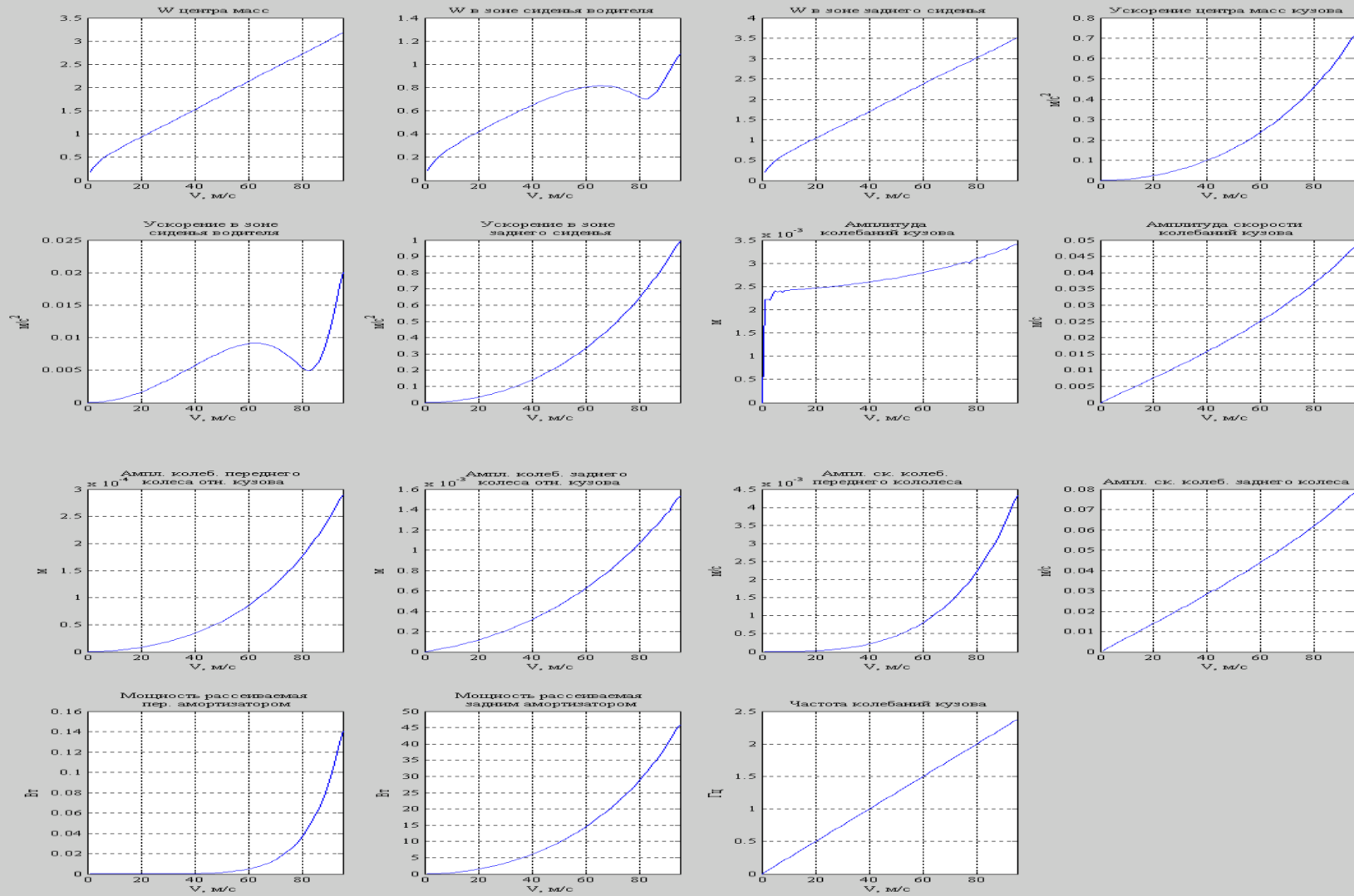
$K_{сж1}=4000$ Н*с/м

$K_{отб1}=11000$ Н*с/м;

$K_{сж2}=4000$ Н*с/м

$K_{отб2}=11000$ Н*с/м

$L=40$ м $y1=0$; $y2=\pm 4$ мм



7. $h_{CT}=24$ мм;

$C1=1673$ Н/мм;

$C2=2490$ Н/мм;

$K_{сж1}=6000$ Н*с/м

$K_{отб1}=19000$ Н*с/м;

$K_{сж2}=6000$ Н*с/м

$K_{отб2}=19000$ Н*с/м

$L=40$ м $y1=0$; $y2=\pm 4$ мм

