

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный  
энергетический университет им. В. И. Ленина»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ТРАНСПОРТИРОВКИ ИЗДЕЛИЯ  
ПО АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ

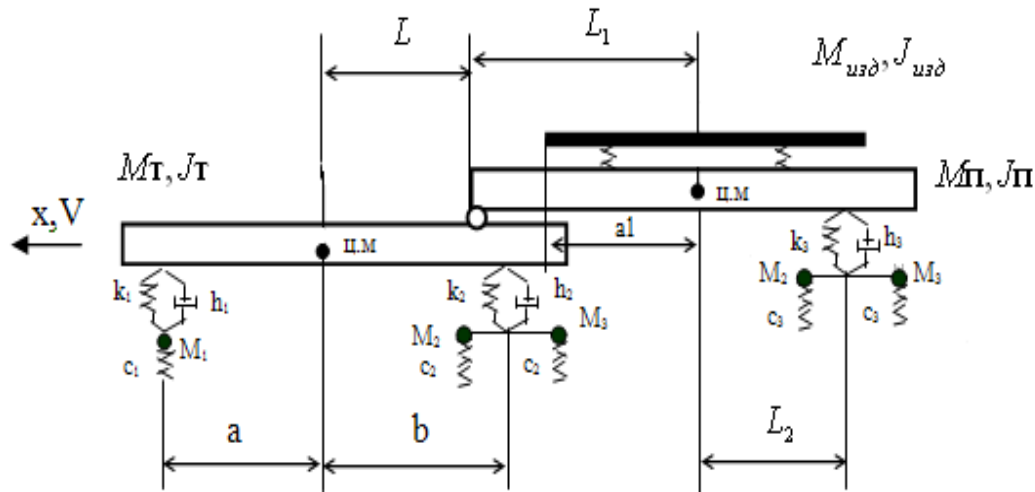
Магистрант гр. 1-33м Воробьев М. А.

Научный руководитель: к.т.н., доц. Ноздрин М. А.

# Исходная система



# Формирование исходных данных и концепции модели



параметры, не отображенные на плоской расчетной схеме:

база тележки = 1.32 м,

колея колес тягача и полуприцепа = 1.85 м,

длина платформы полуприцепа = 9.21 м,

длина тягача = 7.425 м,

расстояние между опорами контейнера = 3.342 м,

ширина профиля шины = 0.178 м,

свободный радиус колеса = 0.508 м,

посадочный радиус колеса = 0.43 м,

поперечный радиус внешнего обвода шины = 0.4 м.

$L = 2.833$  м – расстояние от центра масс тягача до переднего конца полуприцепа,

$L_1 = 4.864$  м – расстояние от переднего конца полуприцепа до центра масс полуприцепа,

$L_2 = 2.186$  м – расстояние от центра масс полуприцепа до задней подвески полуприцепа

$a = 1.267$  м – расстояние от центра масс тягача до передней подвески тягача,

$b = 2.583$  м – расстояние от центра масс тягача до задней подвески тягача,

$a_1 = 2.904$  м – расстояние от переднего конца изделия до центра масс прорессоренной части полуприцепа,

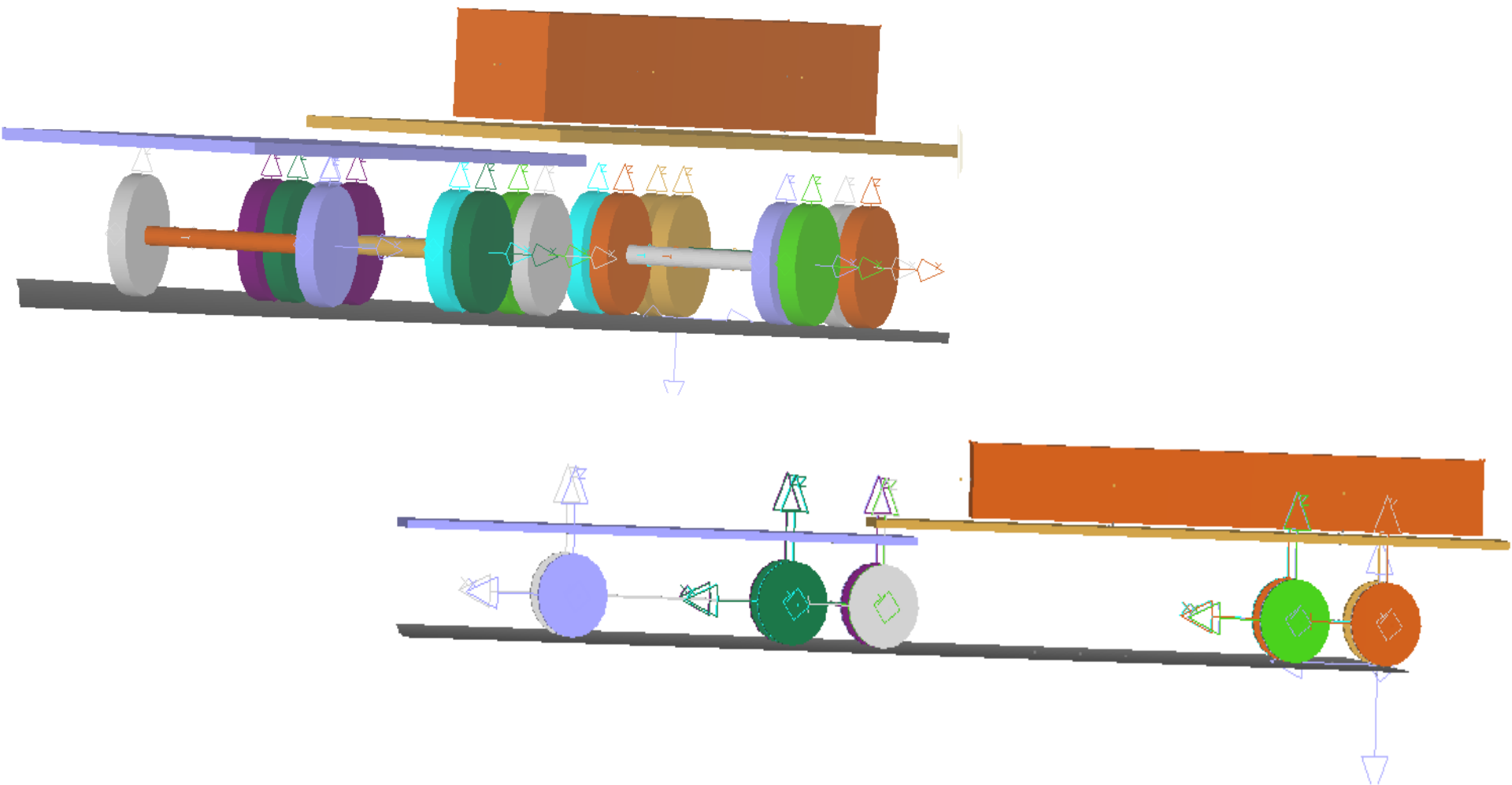
# Моделирование дорожного покрытия



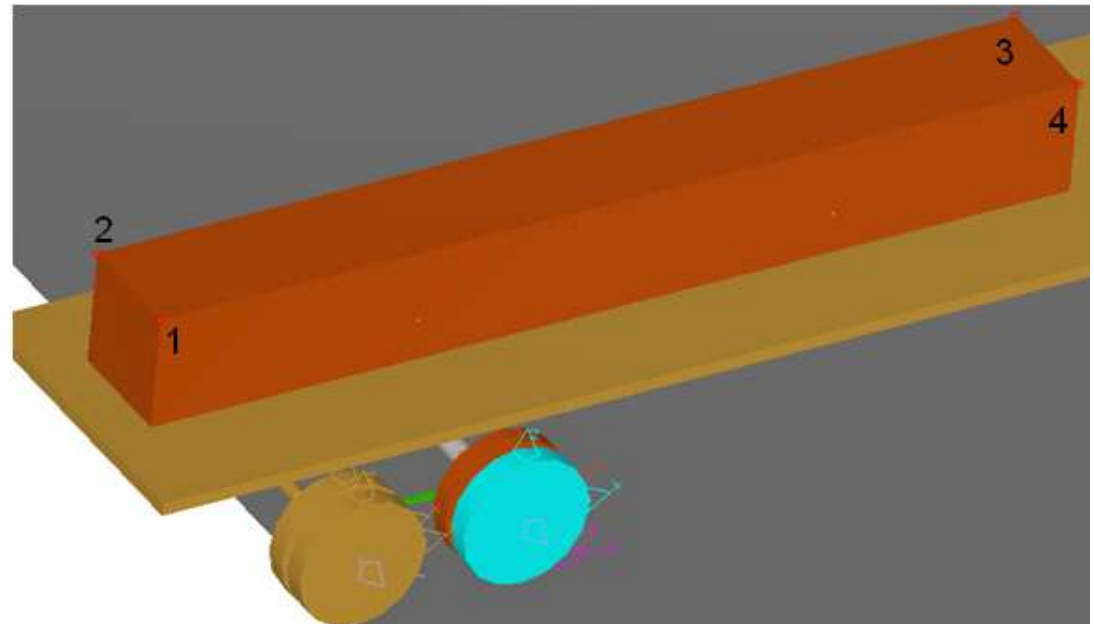
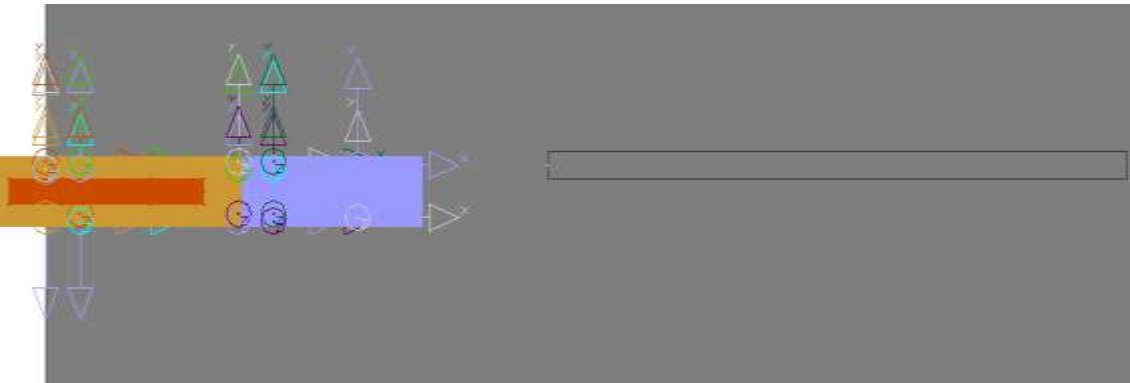
$$y = 0.5 h \sin \frac{2\pi x}{a}$$

где  $h = 0.15$  м – рекомендуемая расчетная высота препятствия для типа «грунтовая дорога»,  
 $a = 7.3$  м – расстояние между подвесками тягача и полуприцепа.

# Формирование геометрической и динамической моделей



# Формирование геометрической и динамической моделей



# Исследование системы

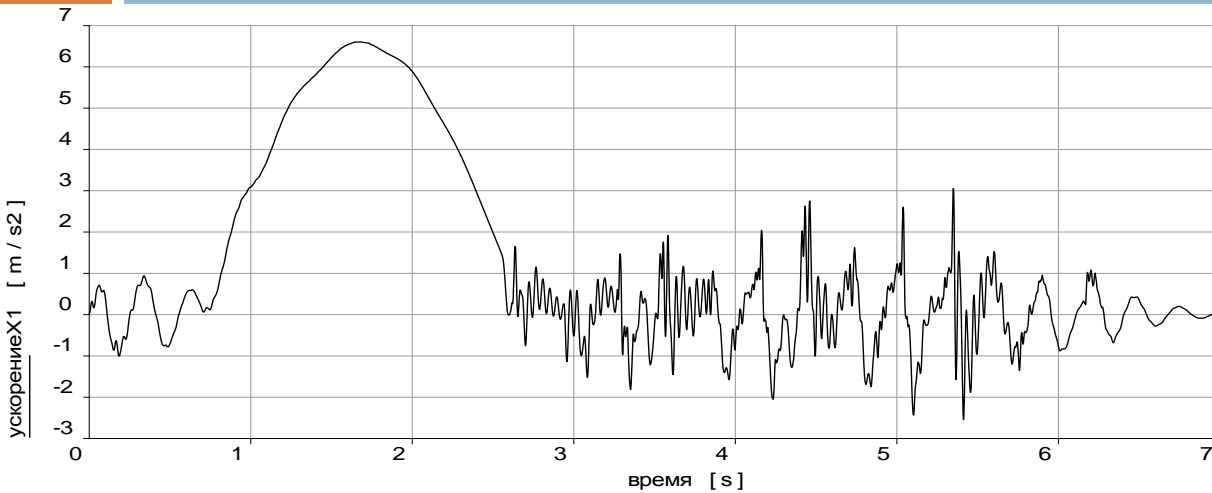


График ускорений в точке 1 в горизонтальной плоскости (по оси X)

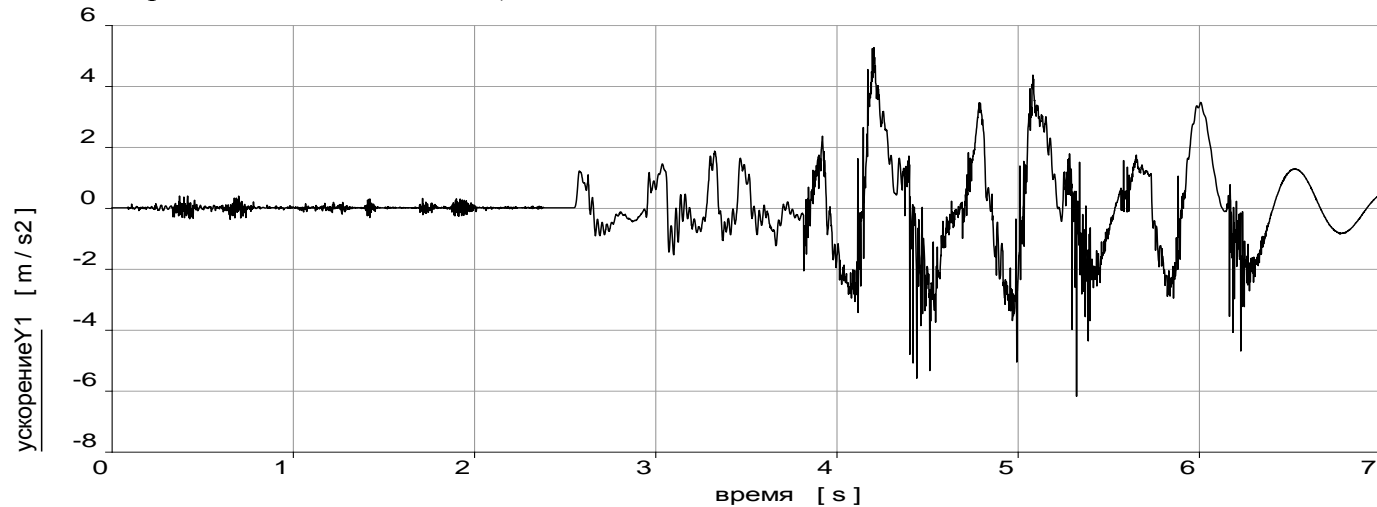


График ускорений в точке 1 в горизонтальной плоскости (по оси Y)

# Исследование системы

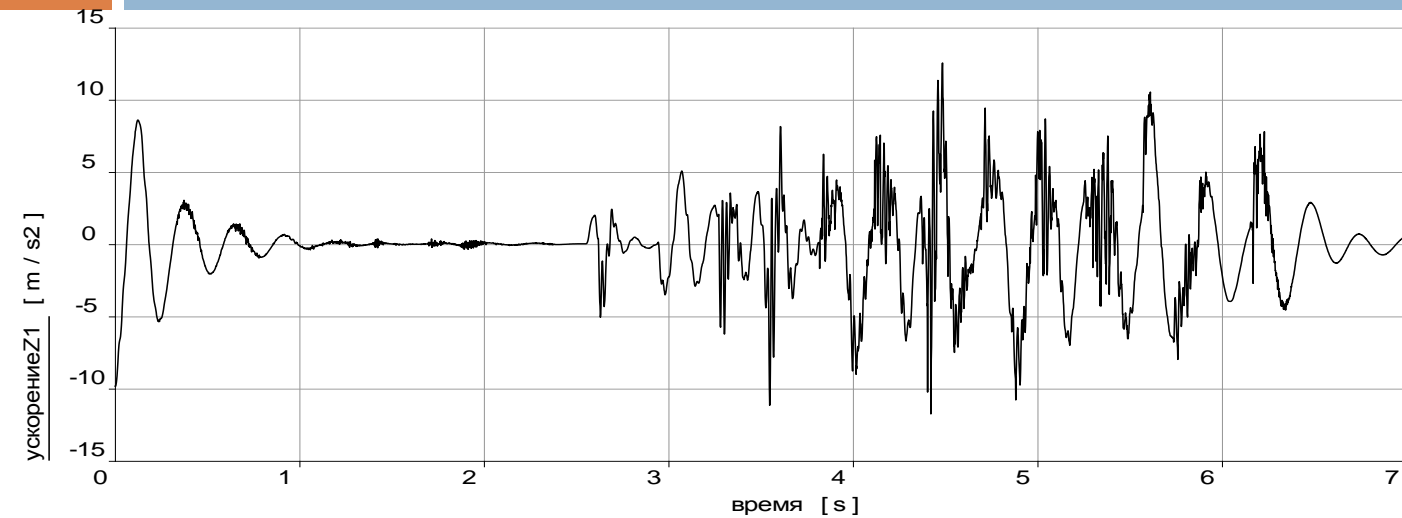


График ускорений в точке 1 в вертикальной плоскости (по оси Z)

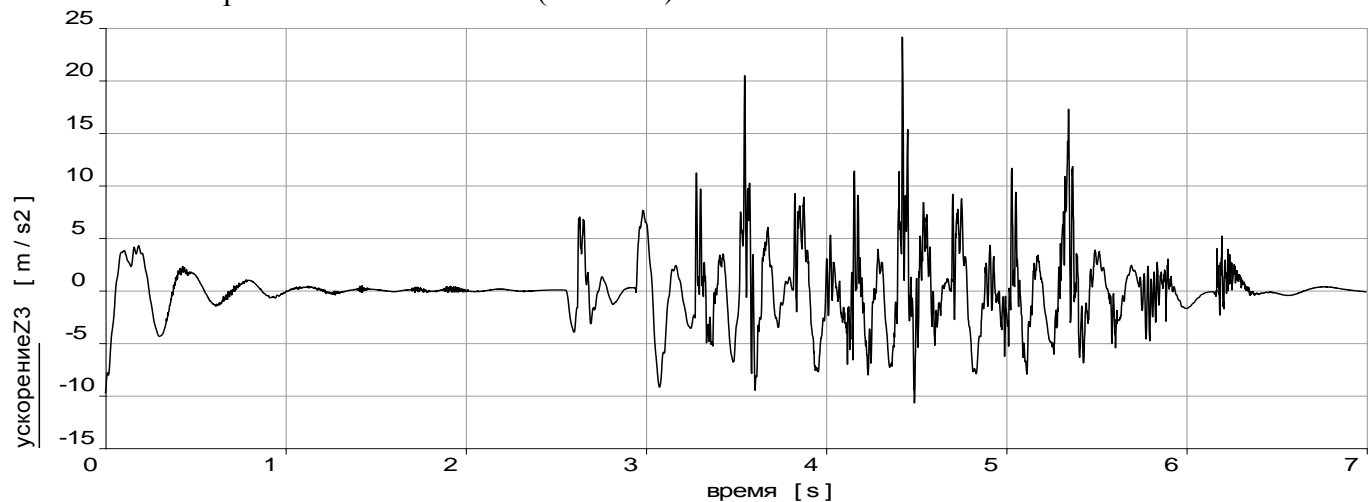
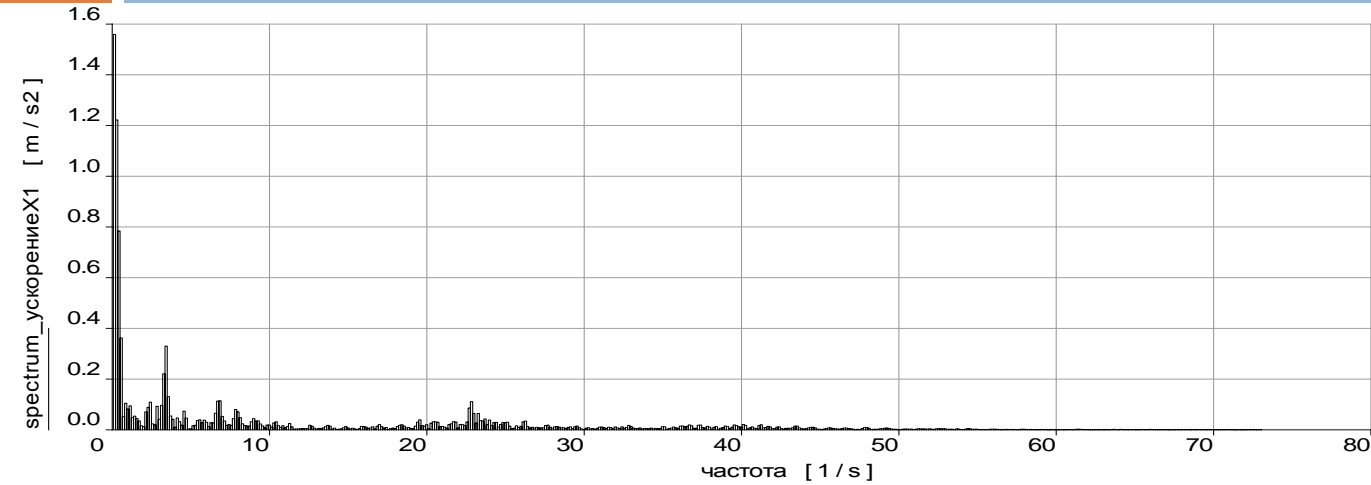


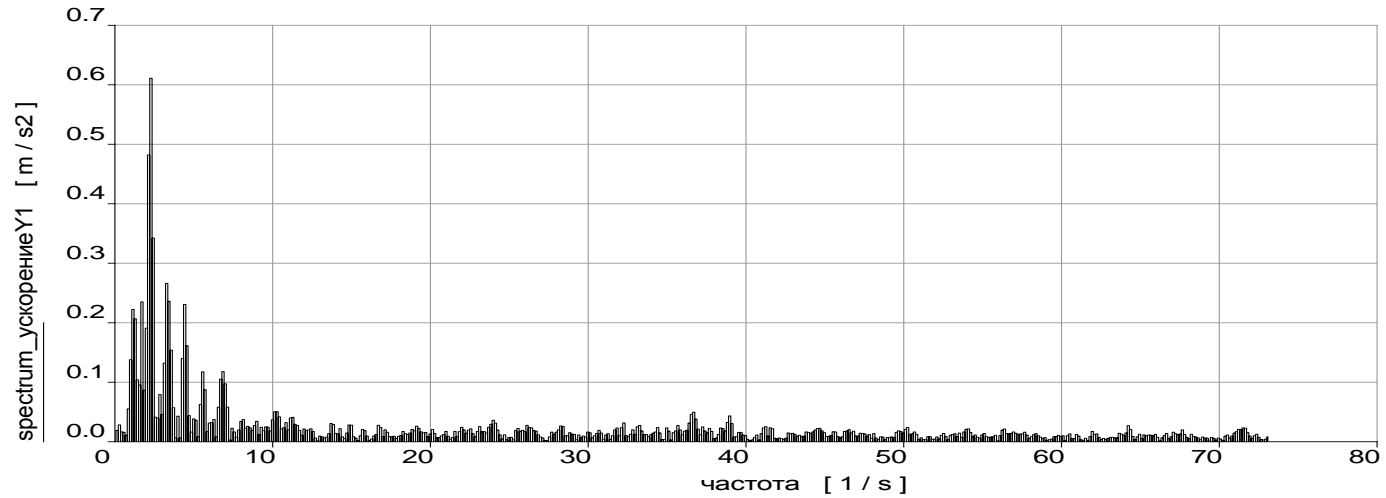
График ускорений в точке 3 в вертикальной плоскости (по оси Z)



# Исследование системы

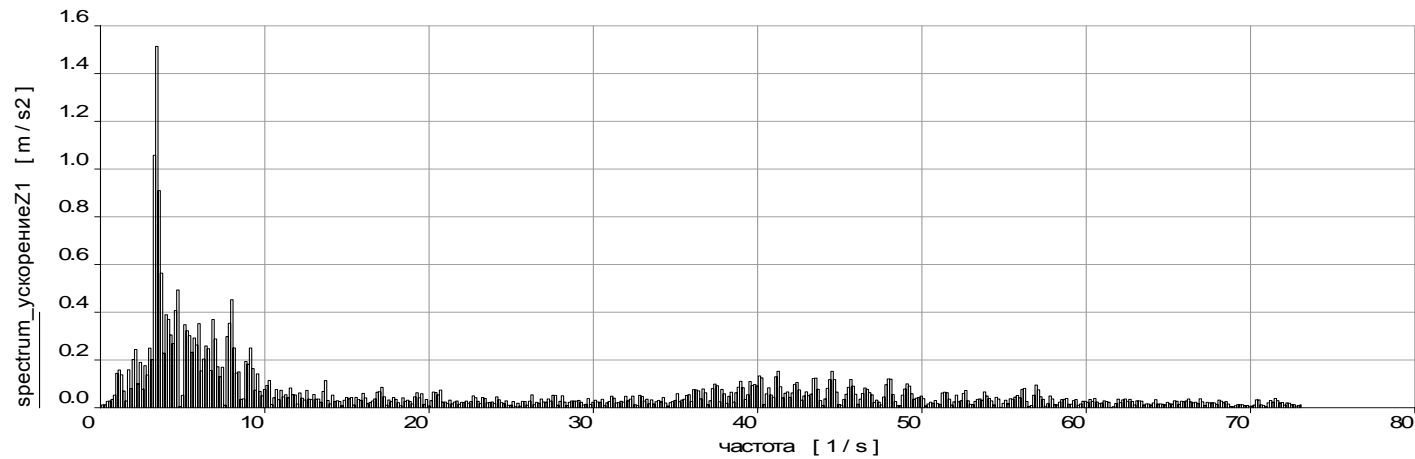


Спектр СКЗ ускорений в точке 1 в горизонтальной плоскости (по оси X)

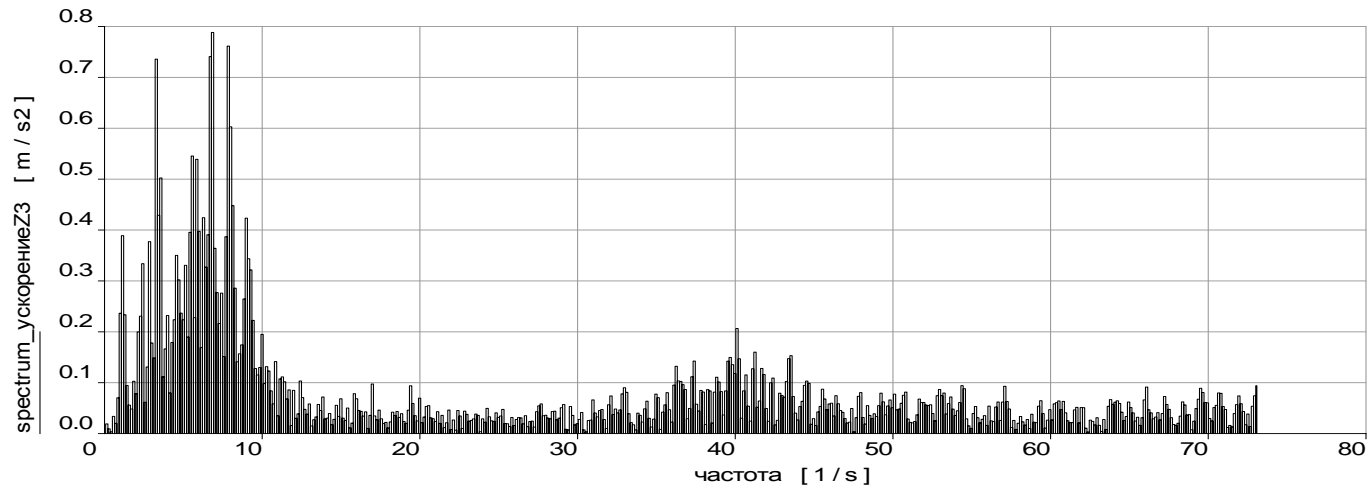


Спектр СКЗ ускорений в точке 1 в горизонтальной плоскости (по оси Y)

# Исследование системы



Спектр СКЗ ускорений в точке 1 в вертикальной плоскости (по оси Z)



Спектр СКЗ ускорений в точке 3 в вертикальной плоскости (по оси Z)

# Сравнение результатов математического моделирования с реальным поведением системы

Таблица 1. Средние квадратические значения ускорений в точках на изделии

№ записи	Нос изд.	Нос изд.
	$\sigma_{ny}, g$	$\sigma_{nz}, g$
26	0.516	0.295
27	0.407	0.244
28	0.627	0.376
29	0.382	0.226
30	0.46	0.268
31	0.416	0.24
32	0.576	0.31
33	0.467	0.286
34	0.412	0.261
35	0.05	0.067
36	0.3	0.152
37	0.377	0.215
38	0.371	0.228
39	0.344	0.248
40	0.593	0.34

# Сравнение результатов математического моделирования с реальным поведением системы

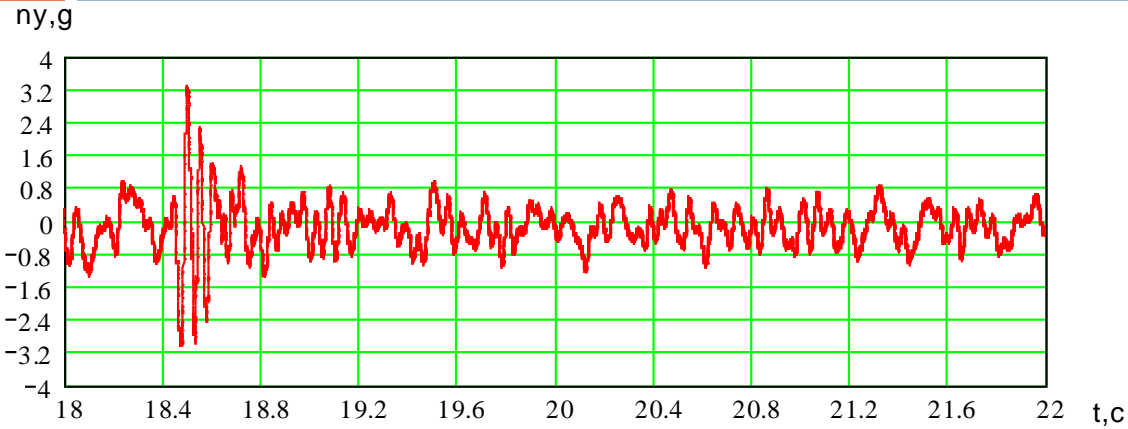


График вертикальных ускорений, полученных с датчика на носу изделия при натуральных испытаниях

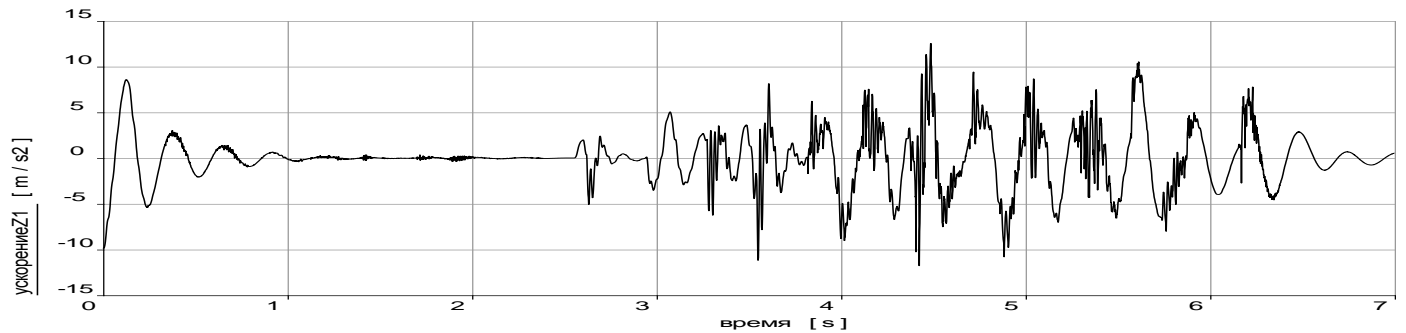


График ускорений в точке 1 в вертикальной плоскости (по оси Z)

# Заключение

- Решена задача моделирования динамики транспортирования изделия на транспортных средствах в трехмерной постановке. Сравнение результатов моделирования и натурных испытаний показало, что составленная модель адекватно описывает процесс транспортировки изделия с точки зрения отклика груза на дорожные неровности. В развитии работы планируется корректировка модели и исследование поведения модели при других типах дорожного покрытия согласно рекомендациям.