

Наим Муханнад

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТУРНИКА,  
УСТАНОВЛЕННОГО В НАЧАЛЕ НА ВИБРИРУЮЩЕЙ ЖЕСТКОЙ  
ПЛАТФОРМЕ**

*Краеугольным камнем статьи является изучение возможности управлять комплексной схемой управления, основанной на специализированной гидравлической помощи, в системы вооружения с целью сведения к минимуму возмущений в сопле оружия для точного метания снаряда. Моделирование турбулентности в запальном сопле во время обжига, которое установлено на тележке, выполняется различными расчетными методами: с использованием жестких и гибких элементов. Различные типы элементов используются для построения*

*наилучшего варианта гибкой модели для конкретной расчетной схемы. Перед началом динамического моделирования выполняется анализ, основанный на методе конечных элементов. Это делается для сверки численных результатов расчета модели с экспериментальными данными. Имитация турбулентности пускового сопла продемонстрирована как по периоду, так и по частоте. Наконец, в будущем ожидается полный контроль над дульными отклонениями такого оружия.*

*Системы метательного оружия, грузовики, возмущения стреляющего сопла, динамика стрельбы из оружия, конечно-элементная модель, ограничения и граничные условия, анализ модели, упругая многочастица.*

Naim Muhammad

## **MODELING AND DYNAMIC ANALYSIS OF A HORIZONTAL BAR INSTALLED AT THE BEGINNING ON A VIBRATING RIGID PLATFORM**

*The cornerstone of the article is the study of the possibility of controlling an integrated control scheme based on specialized hydraulic assistance in weapons systems in order to minimize disturbances in the nozzle of the weapon for accurate projectile throwing. Turbulence modeling in the ignition nozzle during firing, which is mounted on a trolley, is performed using various computational methods: using rigid and flexible elements. Different types of elements are used to build the best variant of a flexible model for a specific calculation scheme. Before starting dynamic modeling, an analysis based on the finite element method is performed. This is done to verify the numerical results of the model calculation with experimental data. Simulation of the turbulence of the starting nozzle has been demonstrated both in period and frequency. Finally, full control over the muzzle deflections of such weapons is expected in the future.*

*Propellant weapon systems, trucks, firing nozzle disturbances, weapon firing dynamics, finite element model, constraints and boundary conditions, model analysis, elastic multiparticle.*

### **Введение**

Такая система вооружения сильно различается по размеру, мощности и конфигурации. Основные компоненты системы орудия часто встречаются в большинстве типов, таких как дульный тормоз, ствол, затвор пистолета, механизмы отдачи и обратного хода, спуск, подъемный механизм, втулка, уравновешиватель, револьвер, механизм перемещения, шасси, торсионная балка, колено баланса, амортизатор и т. д. Здесь, в этой статье, интересуется

самоходная 122 мм, которая загружается на тяжелый военный грузовик специального назначения из-за высокой частоты его использования в современной военной тактике.

**Создание полной динамической модели системы.** Для создания точной мульти-тело динамической модели МДМ, адекватно отражающей реальность и гарантирующей точность результата, требуется тщательный подход к трем этапам, относящимся как к заданию входных параметров, так и к способу реализации. Эти этапы следующие: задание внешней нагрузки, условий соединения различных компонентов, особенно в контактных зонах между ними, перемещения каждого компонента. Такие ограничения, которые могут быть явно определены в выбранной системе отсчета.

**Измерение и определение огневых сил (возбуждений).** Центральная точка кольца верхней части шасси, окружающего основание орудия, выбрана в качестве точки приложения сил и начала глобальной системы отсчета. По этой причине все вычисления всех величин производятся относительно этой точки. На Рис.1 пунктирной линией представлены результаты измерений возбуждающих сил в выбранной системе координат. Для того чтобы получить истинные значения этих сил, избежав при этом влияния колебательных процессов, измерения проводились на специальном укрепленном тестовом орудии по показаниям тензодатчиков в течение 0,1 с. Силовые факторы не исчезают полностью спустя 0,1с, однако стремительно уменьшаются после завершения выброса газов в конце второй десятой секунды. Таким образом, часть огневой нагрузки будет игнорироваться. Отметим, что нагрузки рассчитываются при нулевом угле ствола к горизонту, так как в этом случае значение нагрузки в продольном направлении максимально. Прежде чем приступить к изучению модального анализа построенного МКЭ, отметим, что наиболее важным фактором, влияющим на точность стрельбы, является продольный изгиб. На рис(2) показано, что первой преобладающей собственной частотой ( $\omega$ ) является продольный изгиб - около 4,9 Гц, он оказывает большое влияние на возмущение передней части платформы (ВМ).

### **Выводы**

*Результаты моделирования.* Представлены результаты динамического моделирования выстрела для тематического исследования WS. Изучая эти цифры, необходимо пояснить некоторые результаты следующим образом:  
1- Общее время ответа для всех МТДМ составляет около 150 миллисекунд.  
2- Кривые моделирования совпадают в случае временной истории для

величины смещения контрольной точки стрельбы грузового автомобиля. Это связано с тем, что гибкость шасси грузового автомобиля не приводит к значительному изменению эталонных направлений смещения. 3- Максимальное задание смещения составляет около 27.19 мм во всех случаях МТДМ (Рис. 3), в то время как максимальное изменение угла места составляет около  $0.15^\circ$  в случае совершенно жесткого шасси (Рис. 3).

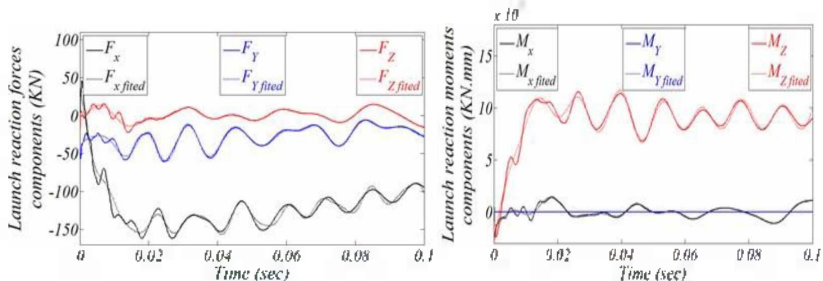


Рис. 1 (а,б)

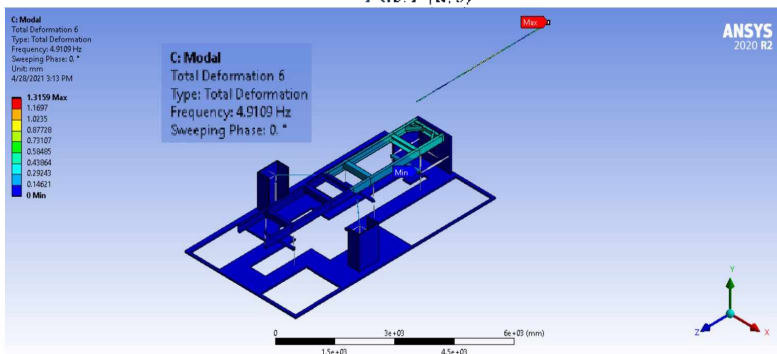


Рис. 2

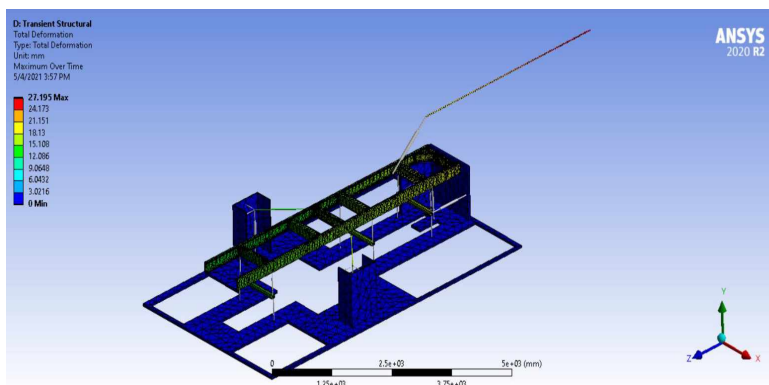


Рис. 3

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Рахман Рослан Або, Тамин Моход Насир, Курди Оджо* (Rahman Roslan Abd, Tamir Mohd Nasir, Kurdi Ojo) Анализ напряжений большегрузного грузовика chassis в качестве предварительных данных для прогнозирования его усталостного ресурса с использованием МКЭ. *Jurnal Mekanikal*, Том 26, выпуск 1, 2008, с. 76-85.
2. *Раоджаттан Р., Вивеканандхан М.* Статический и модальный анализ шасси с использованием FEA. *Международный журнал инженерии и науки*, том 2, 2013, с. 63-73.
3. *Тео Хан Фуй* "Статический и динамический анализ конструкции шасси грузового автомобиля весом 4,5 тонны". *Журнал механики*, том 24, 2007, с. 56-67.
4. *Цзя Цзинь, Чжэн Чанчжи* (Jia Jian, Zheng Changzhi), моделирование влияния конструктивных параметров на дульную вибрацию оружия и оптимизация с помощью метода SQP. *Китайский журнал машиностроения*, том 9, 2006.
5. *Раган А. Рател, Ян Гуолай, Ге Цзяньле* Анализ пространственных колебаний гаубицы, устанавливаемой на грузовом автомобиле. *Международный журнал моделирования и оптимизации*, том 6, Выпуск 2. 2016.
6. *Виттброт Эдмунд, Адамец-Войчик Ивона, Войцех Станислав* Динамика гибких многотельных систем: метод жестких конечных элементов. Springer, 2007.

7. *Рахли А. Ратеб, Ян Гулай, Ге Цзяньли* Провели модальный анализ сложной конструкции вездеходных грузовиков. Журнал виброинженерии, том 17, выпуск 2, 2015, стр. 3147-3159.
8. *Ши Юэ-Донг, Ван Дэ-ин* Анализ вибрации морского орудия, основанный на теории минимальных ограничений Гаусса. Журнал военно-морского инженерного университета, том 5, 2009.
9. *Чжун С., Чжао Д., Сунь Ю., Вэй К.* Моделирование и модальный анализ шасси грузовых автомобилей на основе МКЭ. Журнал проектирования и производства машин, том 6, 2008.
10. Википедия, свободная энциклопедия, [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_howitzers](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_howitzers), 2015.

**Наим Мухаммад** – аспирант в Национальном исследовательском университете «МЭИ», Москва, номер телефона +7 (906) 709 32 65, Энергетическая ул., д. 8к3, Москва, Россия.

**Naim Muhammad Muhammad** is a postgraduate student at the National Research University "MPEI", Moscow, tel. +7 (906) 709 32 65, Energeticheskaya str., 8 k 3, Moscow, Russia.