

## **ПРОЕКТИРАНЕ И МОДЕЛИРАНЕ НА СТОМАНЕНА ВЕЛОСИПЕДНА РАМКА ЗА ПЛАНИНСКО КОЛОЕЗДЕНЕ**

**Николай Георгиев Николов, Петър Александров Несторов**  
[gl\\_ares@abv.bg](mailto:gl_ares@abv.bg) ; [nestorov\\_90@abv.bg](mailto:nestorov_90@abv.bg)

*ТУ-София, Машинно-технологичен факултет,  
Булевард Св. Климент Охридски 8  
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** Велосипед, виртуален прототип, МКЕ, якостно-деформационен анализ, анализ на дебелините*

***Резюме:** Проектирана е велосипедна рамка за „freestyle” стил на каране. Направен е якостен и деформационен анализ чрез МКЕ по стандарт БДС EN 14766:2006, верифициран е модела на анализа.*

### **НАИМЕНОВАНИЕ НА РАЗДЕЛА**

#### **1. УВОД**

Велосипедът е най-многобройното превозно средство в света. Екологично чист и безплатен транспорт. Основна част от велосипеда е неговата рамка. Спрямо него се конструира всяка една друга част. В настоящето велосипедните рамки се проектират в САД платформа, изготвя се виртуален прототип, който дава предпоставка за различни видове анализи, които гарантират качеството на продукта.

#### **2. ПРОЕКТИРАНЕ**

##### **2.1 ОСНОВНА ГЕОМЕТРИЯ**

Създаване на първоначалните основни размери на рамките е направена на базата на вече доказал се рамка, с някои уточнени по долу промени. На фиг.1а е показана реалната велосипедна рамка “Drag C2”, а на фиг.1б виртуалния и модел. Геометрията е изяснена в таблица 1.

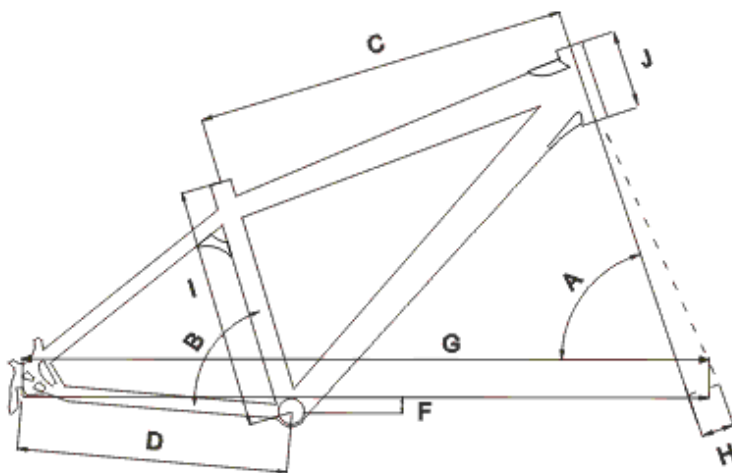
Рамката е създадена за велосипед с преден амортизатор. При проектирането и е съобразено изискването вилоката да е с ход 160мм, като общата дължина на вилоката е 545мм, за да не се вдигне прекалено много общата височина на рамката и за да може при по голям скок на велосипедиста да се изпълни целия амортизатор.



Фиг.1 а) Реална велосипедна рамка от фирма Drag б) Виртуален модел на рамката

Таблица 1 Основни геометрични размери на рамката

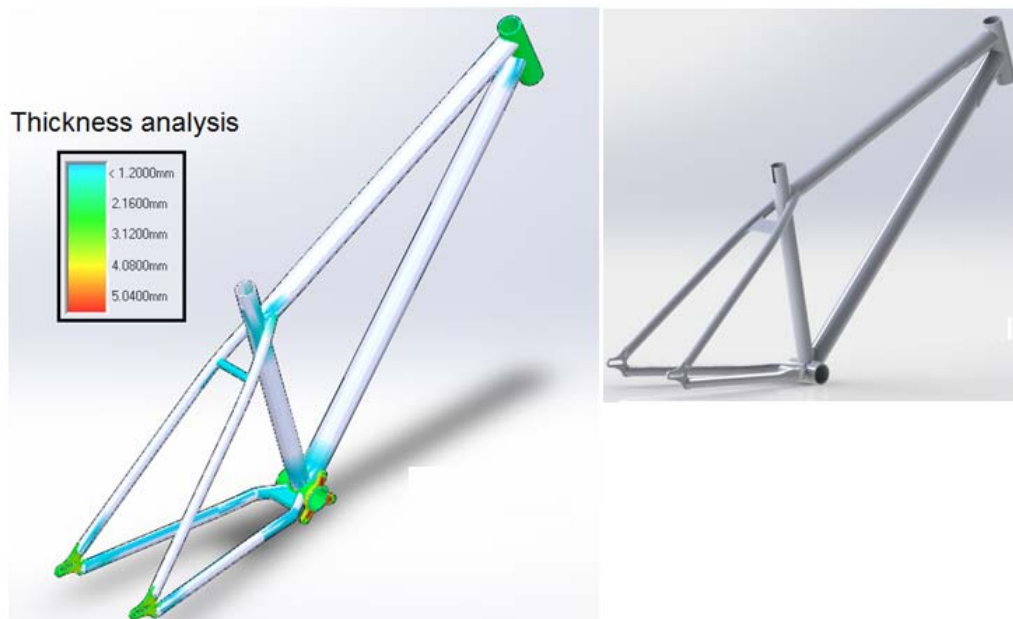
Размер	Геометрия	L	L
A	Челен ъгъл	69	<b>68</b>
B	Ъгъл на седалковата тръба	72	<b>73</b>
C	Ефективна дължина на горната тръба	597	<b>592.5</b>
D	Дължина на линията на веригата	410	<b>413</b>
F	Изместване на средното движение	15	<b>10</b>
G	Междусово разстояние	1076.2	<b>1126.7</b>
H	Изместване на вилката	38	<b>40</b>
I	Размер на рамката	420	<b>430</b>
J	Дължина на челната тръба	120	<b>120</b>



Фиг.2 Означения на основните геометрични размери на рамката

## 2.2 КОНЦЕПТУАЛНИ МОДЕЛИ НА РАМКАТА

Създадени са различни варианти на рамка чрез множество различни признака чрез софтуерния продукт Solidworks. След съпоставка на предимствата и недостатъците им по различни критерии, като: тегло; начин на монтиране на рамката към задната гума; различни стандартизирани изделия, анализ на дебелините фиг.3а, якостен анализ, деформационен анализ е получено изделието на фиг.3б



Фиг.3 а) Анализ на дебелините б)Проектирана рамка

Анализа на дебелините показва къде предварително е подсилена рамката. Където очакваме по високи напрежения сме добавили материал, за да я подсилим. За да сме сигурни, че рамката ще издържи на допустимите напрежения на материала е направен якостно-деформационен анализ. За велосипедите има установен стандарт, по които те се изпитват, а именно *БДС EN 14766:2006*.<sup>[1]</sup>

### 3. МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА СИМУЛАЦИЯТА

Необходимостта от структурен анализ възниква от появата на напрежения поради екстремността на вида каране. Трябва да се провери дали конструираните рамки издържат на напреженията и появата на деформации дали са под допустимите. За целта използваме няколко софтуерни пакета – Solidworks за изграждане на модела и ANSYS Workbench за извършване на симулацията.

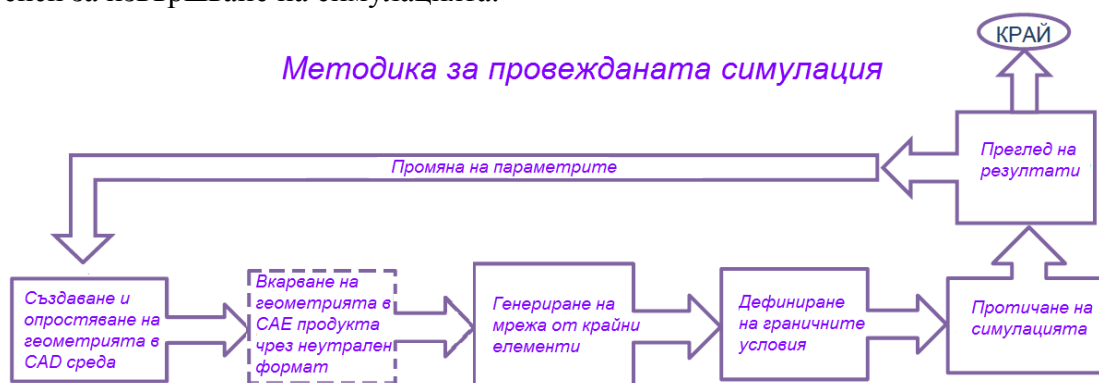


Схема 1 Подход за симулация чрез МКЕ

#### 3.1 ПЪТЯТ НА РАБОТА ПРОТИЧА ПО СЛЕДНИЯ НАЧИН

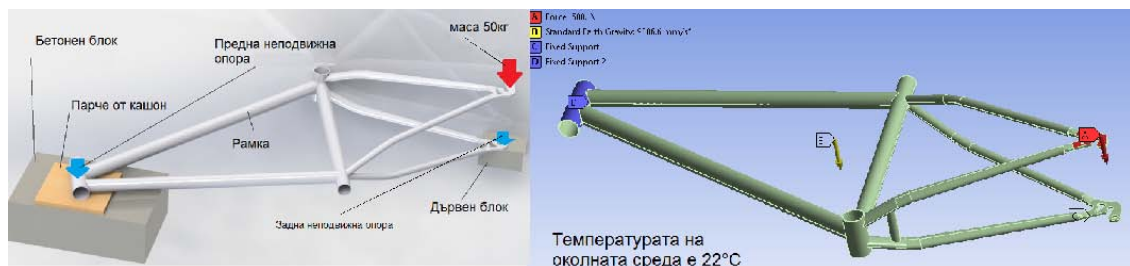
Геометрията на създаденият CAD модел се опростява и вкарва в програмата за структурен анализ. Генерира се мрежата от крайни елементи и се проверява за дефекти. Дефинират се граничните условия, параметрите на системата и методите за изчисление. След протичане на статичната симулация се извършва преглед на резултатите и ако е

необходимо се прави допълнително подобряване на модела. Процесът продължава до получаване на необходимите резултати.<sup>[2]</sup>

### 3.2 ВЕРИФИКАЦИИ И ВАЛИДАЦИЯ

Верификациите за структурната симулации са следните: конструктора знае как да възпроизведе симулация, заради неговата квалификации и опит, ANSYS гарантира при правилно създадена симулация с нейното си име. Истинността на резултати е около 90%, защото това все пак е виртуално и работи по МКЕ, което означава, че работи с елементарни обеми в дадена форма и пресмятанията стават във възли.

Валидация е направена като е сравнена реална с виртуална симулация. *Реален опит* фиг.4а и *симулация с Ansys* фиг.4б

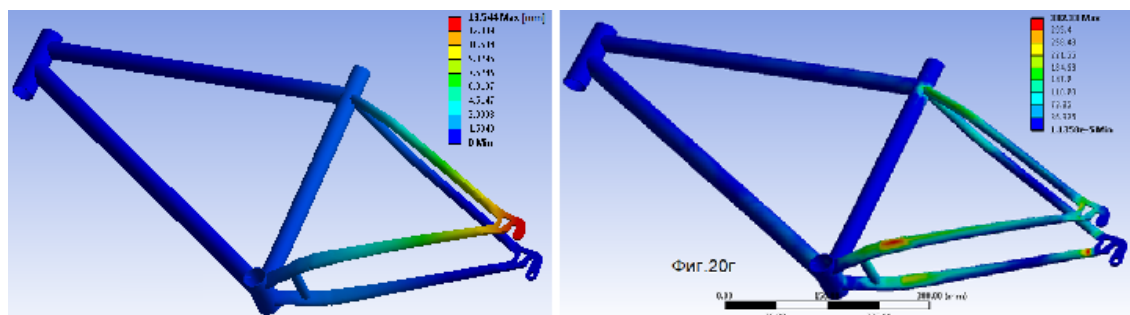


Фиг.4 а) Реално б) Виртуално

Резултатите от физическите изпитания анализ са дадени в таблица 2. А от виртуалната на фиг.5а и фиг.5б.

Таблица 2 Резултата от физическия анализ

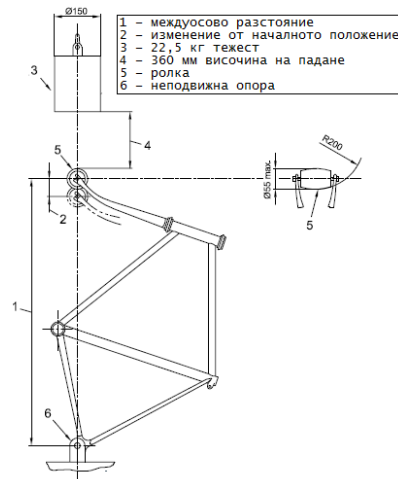
Брой опити	Опит 1	Опит 2	Опит 3	Опит 4	Опит 5	$\Sigma/бр$
Измерено с шублер	121.6мм	122.2мм	122.4мм	122.2мм	122.6мм	-
Резултат	13,3мм	12,8мм	12,6мм	12,8мм	12,4мм	<b>12,78</b>



Фиг.5 а) Пълна деформация б) Получени напрежения

Двете симулации имат известна доза разминаване около 0,76 мм или 5,66%, което най-вероятно се дължи от температурна грешка, защото при реалния опит не е отчетена точно температурата 20-30°C. Доказателство, че рамката издържа е на фиг.20г, допустимите напрежения са 600 МПа за този материал. За по точно сравнение между реалния опит и виртуалната симулация е необходими да се изготви допълнителна измервателна постановка, в нея могат да се добавят тензори или други вид измервателни уреди, но за тази цел трябва допълнителни финанси. Крайните резултати са надеждни, влизат в първоначалните предвидени 10% на грешка. Сравнението е ВАЛИДНО и дава предпоставки за провеждане на симулацията.

#### 4. СТАТИЧЕН СТРУКТУРЕН АНАЛИЗ



Фиг.6 БДС EN 14766:2006 “Планински велосипеди.Изисквания за безопасност и методи за изпитване”

Върху тествания обект е пуснато тяло с маса 22,5 кг от височина 0,36м, ударната сила приложена върху ролката натоварва рамката. На фиг.6 е дадена схемата за изпълнение на теста. Подходът, който е използван се основава на предположението, че кинетичната енергия се предава в потенциална енергия, по време на удара. Кинетичната енергия може да се изрази от масата и височината:

$$(1) \quad E_k = \frac{m \cdot V^2}{2} = m \cdot g \cdot d$$

$$E_k = 22,5 \cdot 9,81 \cdot 0,36 = 79,461 \text{ [J]}$$

Потенциалната енергия може да се изчисли, така:

$$(2) \quad E_p = F \cdot \Delta$$

Като цяло посоката на коравината е постоянна и по този начин:

$$(3) \quad E_p = F^2 / c$$

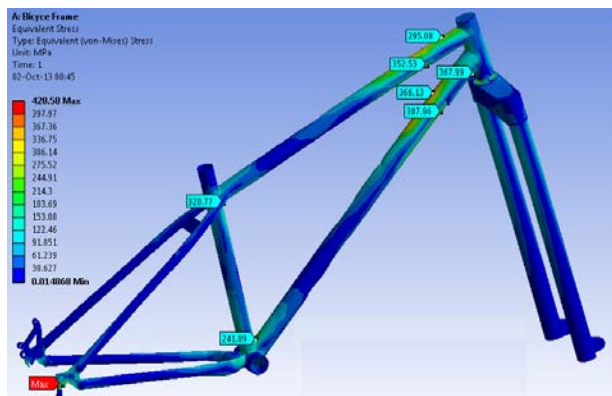
където:  $c = F_{\text{първоначална}} / \Delta_{\text{първоначална}} = 1200 / 0,01257 = 95465 \text{ [N/m]} \text{ [3]}$

От което следва:

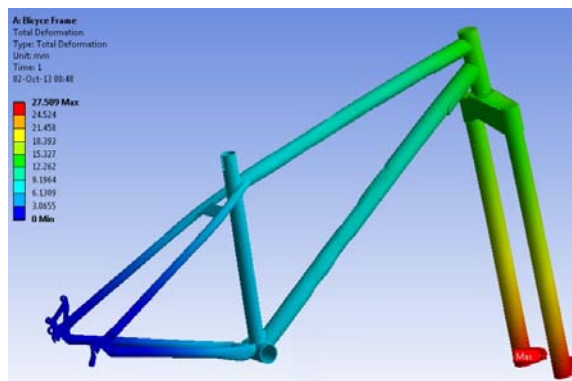
$$(4) \quad F = \sqrt{E_p \cdot c};$$

$$F = \sqrt{79,461 \cdot 95465} = \sqrt{7585744} = 2754 \text{ N}$$

Следвайки методиката за провеждане на анализа след създаването на модела в триизмерна среда и неговото опростяване, но добавяне и на плътна вилка с цел тя да не влияе на симулацията, чрез неутралния формат вкарваме модела в нея.



Фиг.7 Напряжения по вон Мизес



Фиг.8 Пълна деформация

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получените напряжения са по-малки от допустимите за материала 428 МПа < 435 МПа. Максималната деформация е по-малка от допустимата по стандарт 27,59мм < 30мм. Софтуерните програми за статични симулации намаляват броя на физическите прототипи до минимум и ускоряват времето за разработка на продукта.

## ЛИТЕРАТУРА:

- [1] БДС EN 14766:2006, Mountain-bicycles - Safety requirements and test methods, Str.45 [http://www.bds-bg.org/bg/standard/?natstandard\\_document\\_id=48816](http://www.bds-bg.org/bg/standard/?natstandard_document_id=48816)
- [2] Ангелов.П, Термо-флуиден анализ на електронен захранващ блок“, ТУ-София, стр.37-39 (Angelov.P, “Termo-fluiden analiz na elektronen zhranvash blok”, TU-Sofia, str. 37-39.
- [3] Prof. Todorov G. and Etc. “Drop test of electronic device by virtual prototype simulation”, Proceedings in Manufacturing Systems, Volume 7, Issue 3, 2012, ISSN 2067-9238

## DESIGN AND MODELLING OF STEEL BICYCLE FRAME FOR MOUNTAIN BIKING

Eng. Nikolay Georgiev Nikolov, Eng. Petar Alexandrov Nestorov  
[gl\\_ares@abv.bg](mailto:gl_ares@abv.bg) ; [nestorov\\_90@abv.bg](mailto:nestorov_90@abv.bg)

*TU-Sofia, Faculty of Industrial Technology, 8 St. Kliment Ohridski Blvd.  
 BULGARIA*

*Key words: Bicycle, virtual prototype, FEM, strength and deformation analysis, thickness analysis*

*Abstract: A bicycle frame for freestyle is designed. Strength and deformation analysis by using FEM under BS EN 14766:2006 standard is made. The model of the analysis is verified.*