

ВИРТУАЛЕН МОДЕЛ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА СИЛИТЕ В РАБОТНОТО СЪОРЪЖЕНИЕ НА ЧЕЛЕН ТОВАРАЧ

Илия Мрянков

iliamr@abv.bg

**ВТУ “Тодор Каблешков”, София, 1574, ул. “Гео Милев” 158
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: *еднокошов, товарач, виртуален, модел, 3D, изследване, сили, CAD, симулация*

Резюме: *Изграден е 3D виртуален модел в среда на програмния продукт SolidWorks. Прехвърлен в модула за симулиране на движение SolidWorksMotion, виртуалния модел може да се използва за определяне на геометричните параметри, както и силовото натоварване на работното съоръжение на челен товарач. За изследване на силите в работното съоръжение със симетрични натоварване е съставен равнинен изчислителен модел.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Развитието на CAD системите и възможностите, които те осигуряват за проектирането на машини в 3D среда получи голямо развитие в последните две десетилетия. Всяка една уважаваща се инженерингова организация, не може да не се възползва в своята конструкторска и развойна дейност от големите възможности, които предоставят тези системи. Тези възможности далеч не се свеждат само до конструктивното оформяне на елементите и възлите на едно изделие в 3D среда и извличането на необходимата конструкторска документация във вид на чертежи на всички детайли и сборни чертежи. Към тези системи се интегрират модули, с помощта на които инженерния труд се издига на качествено ново ниво. Позволява се прецизното определяне на пространствените и кинематични параметри на машините, статичните и динамични натоварвания в трансмисиите и металните им конструкции. С метода на крайните елементи се определят възникващите напрежения за всеки избран детайл, както и оптимизиране на неговите конструктивни размери по предварително избрани критерии. И за всичко това е необходимо многократно по-малко време, което ще повиши осезателно ефективността на инженерния труд. Не е тайна отлива на студенти от машинните специалности, поради наличието на сравнително трудни дисциплини, които сформират необходимия базисен фундамент на един машинен инженер. Съвременните CAD системи могат много ефективно да подпомогнат използващите ги настоящи обучаеми и бъдещи специалисти, когато изпитват трудности при прилагане на тези базисни знания, за усвояване на специализиращите дисциплини и да направят обучението по атрактивно.

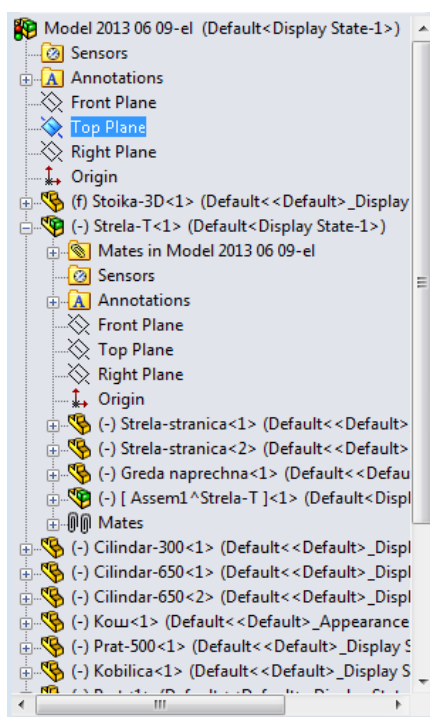
За изследване на работното съоръжение на еднокошов челен товарач е изграден виртуален модел в 3D среда на програмния продукт SolidWorks. Прехвърлянето му в

модула за симулиране на движение SolidWorksMotion, виртуалния модел може да се използва като лабораторен стенд, на който да се провеждат лабораторни упражнения по дисциплината „Строителни и пътно строителни машини” за определяне на геометричните и скоростни параметри, както и силовото натоварване на работното съоръжение на еднокошов челен товарач.

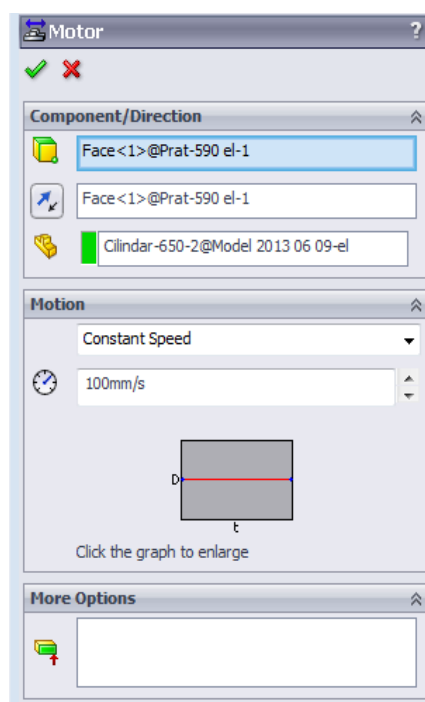
ИЗГРАЖДАНЕ НА ВИРТУАЛЕН МОДЕЛ

Изграждането на виртуален модел на работното съоръжение на еднокошов челен товарач е свързано с точното пресъздаване на изграждащите го отделните елементи в среда на програмния продукт SolidWorks. След създаването на отделните детайли, следва изграждането на самия модел. Определят се йерархическите зависимости между частите и в съответстващата последователност се присъединяват към модела. Използват се подходящи всеки за един детайл връзки, отговарящи на неговата роля в механизма, така че да се осигури функционална годност на модела като цяло. Тази дейност се извършва във фичър мениджъра показан на фиг.1. Така създадения пространствен модел осигурява ротационно движение на стрелата около шарнирите на окачването ѝ към основната рама и задвижвана от два хидравлични цилиндъра. За коша също е осигурена ротационно движение около шарнирните връзки на окачването му към стрелата. Задвижването му е осигурено от един хидравличен цилиндър чрез едностъпален лостов механизъм.

Така изградения 3D виртуален модел прехвърлен в среда на SolidWorksMotion ще може да извършва всички движения, както един реален модел. Движенията на стрелата и коша ще зависят от закона на движение на буталата в съответните хидравлични цилиндри. Използвания програмен модул дава богати възможности за задаване на закона на движение на съответното бутало. Прозорецът, в който се задават параметрите на закона за движение е показан на фиг. 2.



Фиг.1 Фичър мениджъра

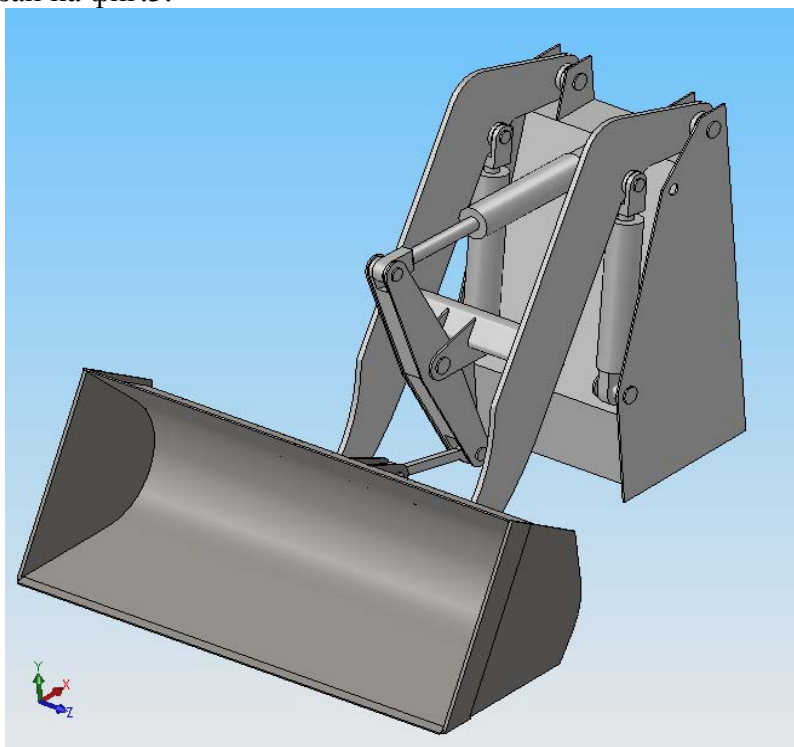


Фиг.2 Въвеждане на параметри от закона за движение

Върху виртуалния модел може да бъдат приложени различни външни натоварващи го сили. Силите се прилагат в конкретни точки като се определят големината, характера им на действие, времетраенето на действие, направление и посока [4].

Теглото на детайлите изграждащи модела на работното съоръжение на еднокосов челен товарач също следва да бъдат отчетени. За всеки детайл се задава вида на материала от който ще бъде изработен. Задава се и стойността на земното ускорение, както и оста от основната координатна система по направлението на която ще действа.

Готовият виртуален модел на работното съоръжение на еднокосов челен товарач е показан на фиг.3.



Фиг.3 Виртуален модел

Не на последно място е изборът на типа на алгоритъма на интегриране на диференциалните функции. В настоящият модел е избран интегратор GSTIFF, който осигурява максимална скорост и е избран номинален брой итерации на всеки интервал от време 25. Диапазона на изменение на времевата стъпка е от $1e-3$ до $1e-6$.

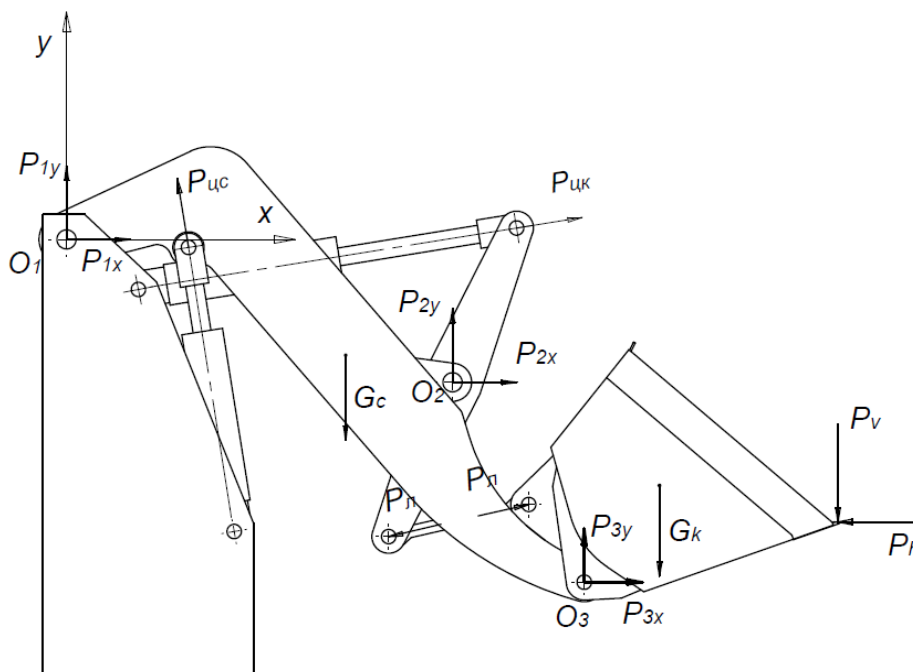
АНАЛИТИЧНИ ИЗЧИСЛЕНИЯ

По време на работа еднокосовият челен товарач влиза във взаимодействие с насипния материал, чрез коша. Силите, които възникват при врязване на коша, може да се представят като две сили: вертикална P_V и хоризонтална P_H , приложени в режещия нож на коша [1]. При незамръзнал насипен материал, без едри включения и равна площадка се наблюдава равномерно натоварване по целия фронт на врязване и резултантните сили може да се поставят в средата на режещия нож. Това води до симетрично натоварване на работното съоръжение, от което следва, че в симетрични разположените шарнири от двете страни на стрелата ще възникват еднакви по големина и посока сили. Моделът е статически определен и от пространствен може да бъде сведен до равнинен.

При несиметрични натоварване от работните съпротивления, моделът с който се определят силите в шарнирите, остава пространствен и освен това осем пъти статически неопределен [2]. В този случай се изисква един изключително голям обем от изчислителни операции, с които обучаемите не биха могли да се справят.

За изследване на силите в работното съоръжение на еднокосов челен товарач със симетрични натоварване е съставен равнинен изчислителен модел, схемата на който е показан на фиг.4.

Натоварващи модела са силите P_V , P_H , G_K и G_C . Силата в лоста от механизма за движение на коша се определя от условието за равновесие на моментите от силите натоварващи коша



Фиг.4 Схема на равнинен изчислителен модел

$$(1) \quad \sum_{i=1}^n M_{O_3} = 0 \quad \text{или} \quad P_l(P_V, P_H, G_K, l_i) = 0.$$

Силите в шарнира на окачване на коша се определят от две проекционни уравнения:

$$(2) \quad \sum_{i=1}^n x_i = 0 \quad \text{или} \quad P_{3x}(P_{3x}, P_{lx}) = 0 \quad \text{и}$$

$$(3) \quad \sum_{i=1}^n y_i = 0 \quad \text{или} \quad P_{3y}(P_{3y}, P_{ly}, G_K, G_M) = 0.$$

За определяне на силите в едностъпалния лостов механизъм, от условието за равновесие, са изведени моментно и две проекционни уравнения:

$$(4) \quad \sum_{i=1}^n M_{O_2} = 0 \quad \text{или} \quad P_{цк}(P_l, l_i) = 0;$$

$$(5) \quad \sum_{i=1}^n x_i = 0 \quad \text{или} \quad P_{2x}(P_{lx}, P_{цкx}) = 0;$$

$$(6) \quad \sum_{i=1}^n y_i = 0 \quad \text{или} \quad P_{2y}(P_{ly}, P_{lcy}) = 0.$$

Силите в хидравличните цилиндри за издигане и спускане на стрелата, следва да бъдат определени от условията за равновесие, чрез едно моментово и две проекционни уравнения:

$$(7) \quad \sum_{i=1}^n M_{O_i} = 0 \quad \text{или} \quad P_{uc}(P_{2x}, P_{2y}, P_{3x}, P_{3y}, G_c, l_i) = 0;$$

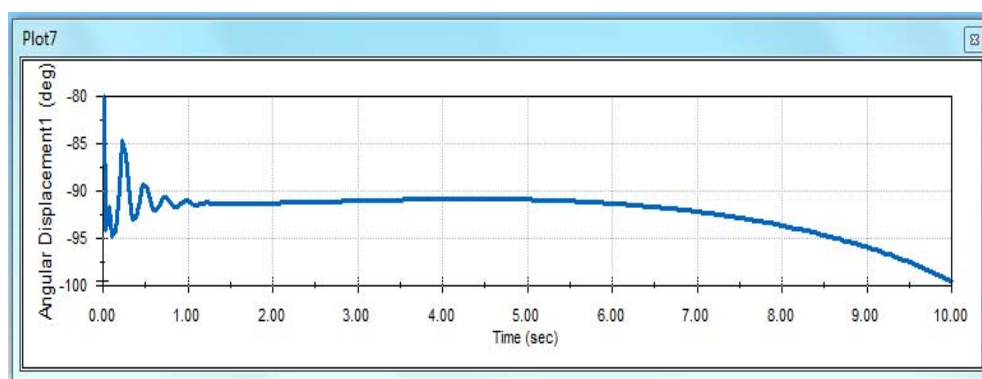
$$(8) \quad \sum_{i=1}^n x_i = 0 \quad \text{или} \quad P_{1x}(P_{2x}, P_{3x}, P_{lcy}) = 0;$$

$$(9) \quad \sum_{i=1}^n y_i = 0 \quad \text{или} \quad P_{1y}(P_{2y}, P_{3y}, P_{lcy}) = 0.$$

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО

Бяха проведени различни стимулационни изследвания за определяне на геометрични и силови параметри на виртуалния модел.

На фиг.5 е показана промяната на ъгъла на коша от хоризонталното си положение при издигане на стрелата.

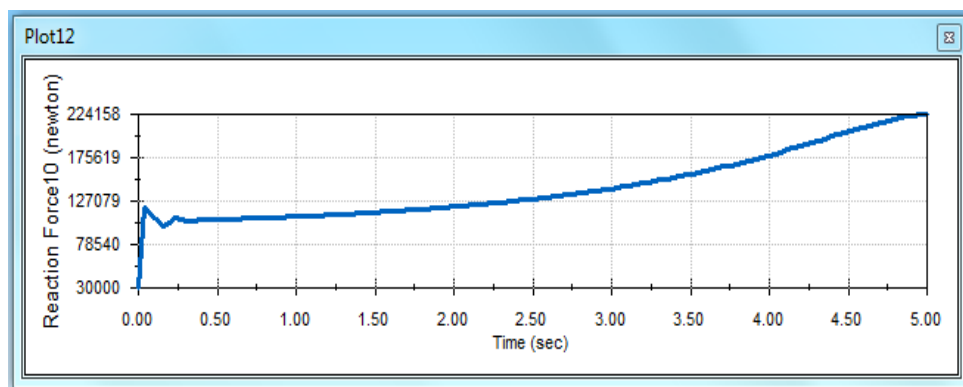


Фиг.5 Изменение на ъгъла на коша при издигане на стрелата

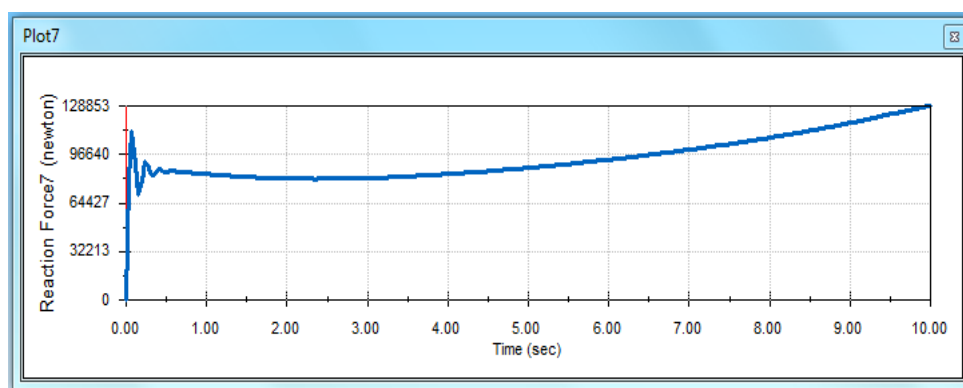
При силовото изследване е наблегнато на основни движения, свързани с работата на подобен вид строителни машини:

- загребване на насипен товар при завъртане на коша със сила $P_v = 40kN$, приложена в ръба на коша и получена зависимост, представена в графичен вид на силата в хидравличния цилиндър от механизма за въртене на коша фиг.6;

- издигане на стрелата със загребан материал в коша с тегло $G_M = 30kN$ приложено в геометричния център на коша и получена зависимост на силата в хидравличния цилиндър за движение на стрелата фиг.7.



Фиг.6 Сила в хидравличния цилиндър от механизма за въртене на коша



Фиг.7 Сила в хидравличния цилиндър за движение на стрелата

Виртуалният модел позволява, за всеки един от обучаемите да бъде зададена индивидуална схема. Тя ще отговаря на конкретно положение на работното съоръжение и отпечатана в подходящ мащаб, откъдето да бъдат снети необходимите за изчисленията данни и съпоставени с тези от виртуалния модел.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработен е виртуален модел, който да се използва като стенд за изследване на геометрични и силови параметри в работното съоръжение на челен товарач.

С виртуалния модел се онагледяват движенията на съставляващите го елементи, с приложените към него сили представени във вид на вектори и непосредствено показване на резултатите на изчисленията от програмата силите от избрани шарнири, показани в графичен вид.

За изследване на силите в работното съоръжение на челен товарач със симетрични натоварване е съставен равнинен изчислителен модел.

Осигурена е възможността за задаване на индивидуална задача с конкретни изходни данни за всеки от обучаемите.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Данчев Д. Христов Д., “Основи на пътни и строителни машини“, Техника, София, 1990
- [2] Данчев Д. Мрянков И., “Метод и програма за ЕИМ за пресмятане на силовото натоварване на работното съоръжение на челен товарач“, Машиностроене, кн. 7-8, София, 1995
- [3] Алямовский А., “Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation“, ДМК Пресс, Москва, 2010
- [4] SolidWorks Simulation 2009 Online User’s Guide, SolidWorks Corp., 2012

VIRTUAL MODEL FOR THE STUDY OF FORCES INTO WORK GEAR WHEEL LOADER

Iliya Mryankov
iliamr@abv.bg

*Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Street, Sofia 1574,
BULGARIA*

Key words: *bucket, loader, virtual, model, 3D, study, forces, CAD, simulation*

Abstract: *It was built 3D virtual model in an environment of the software SolidWorks. Transferred to the module for simulating the movement SolidWorksMotion, the virtual model can be used to determine the geometrical parameters and the power load of work equipment wheel loader. Research of power in the work equipment wheel loader with symmetrical load up plain model calculation.*