



КОМПЮТЪРНО МОДЕЛИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВАГОНЕТКА НА ВИСЯЩА ВЪЖЕНА ЛИНИЯ

д-р Живко Илиев

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, E-mail: halkopirit@mail.bg

COMPUTER DESIGN AND RESEARCH OF A WAGON OF A HANGING ROPEWAY

Dr. Eng. Zhivko Iliev

ABSTRACT

The structure of a wagon of a hanging ropeway computer has been designed. The causes for unsound resonance processes have been investigated by the use of a computer-aided modal analysis. The final part offers conclusions which refer to the possibilities for optimising the components studied.

Key words: hanging ropeway, open pit.

1. Увод

Висящите въжени линии от съвременен тип са се появили към края на 19 век след започване на промишленото производство на телени въжета. Въпреки сравнително късното появяване на линиите бързо се утвърждават като незаменими средства за транспортиране на товари и хора при трудни планински условия, но могат да намерят приложение и при равнинни терени. [1,2,3,4,5,6,7,8,9].

Голямото им приложение се дължи на следните предимства:

- независимост на трасето(план и профил) от релефа на местността, тъй като въжената линия позволява да се свързват крайните станции по най-близкото разстояние и да се преодоляват големи наклони до 45° ;
- непрекъсната експлоатация, независимо от времето и климата;
- добра възможност за механизирани и автоматизирани на товаренето, разтоварването и придвижването на вагонетките в станциите;
- икономичност и сигурност в работата(зависи основно от качеството на проектирането);
- относителен малък разход на енергия и малък брой обслужващ персонал;

Трябва да се споменат и недостатъците на въжените линии:

- ограничена производителност, което се дължи на ограниченията на товароподемността на подвижният състав и на скоростта на движение на вагонетките.

Кошовете на вагонетките са устройства върху, които директно се поставя товара и тяхното оформление зависи от транспортирания материал. За насипни товари се използват кошове с трапецовидно сечение, които са самообръщащи се. Центъра на тежестта на обърнатия и празен кош трябва да се намира под точката на окачване на носача, така пълният кош се изсипва автоматично, а празният се връща в нормално положение.

На фигура 1 е даден чертеж на общ вид на вагонетка за висяща въжена линия с обем на коша $1,6 \text{ m}^3$ тип ВДНА - 416[5]. Основните габаритни размери на коша на вагонетката са показани на фигура 2.

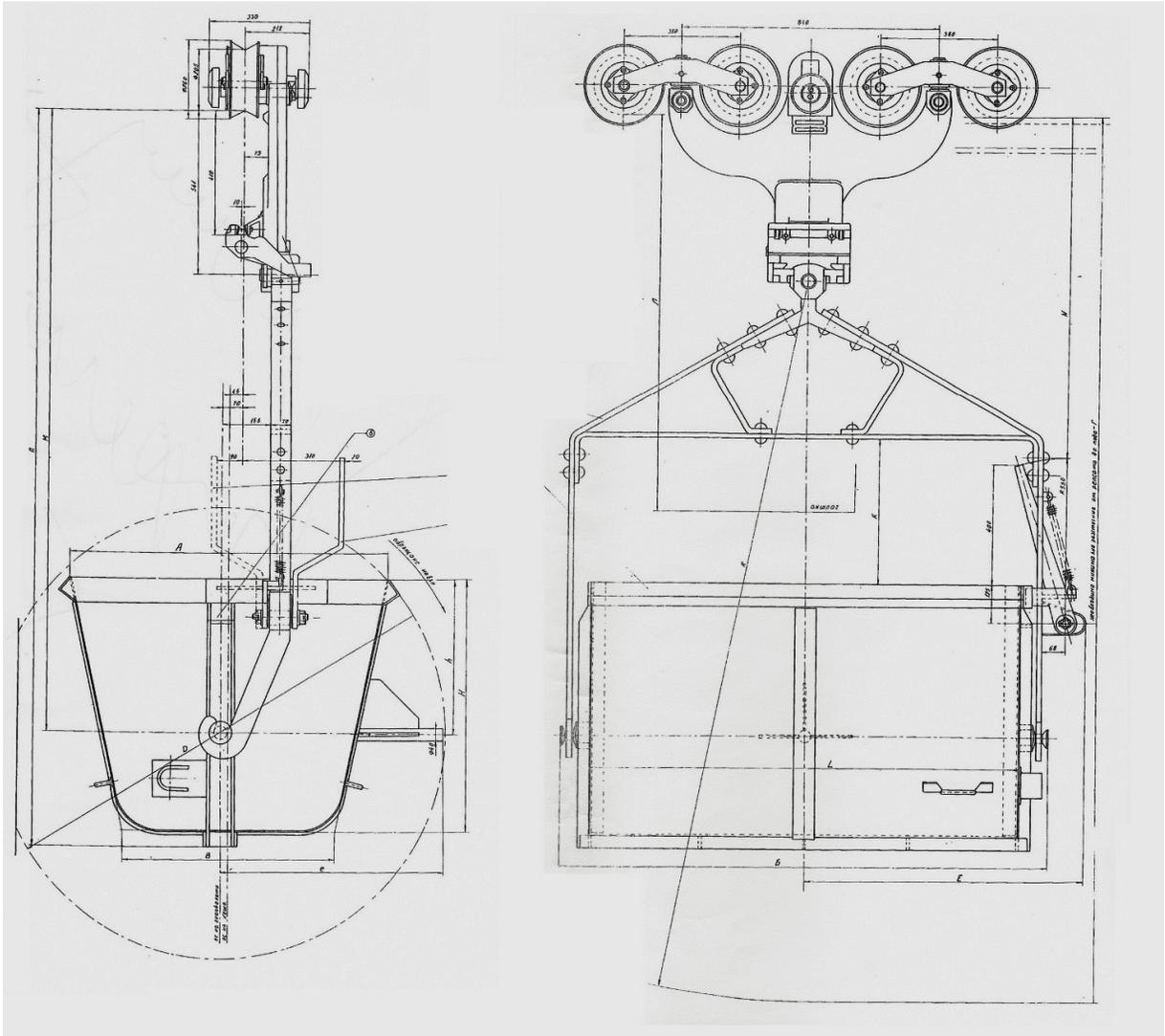
2. Компютърно моделиране и изследване на вагонетка чрез метода на крайните елементи [3,7].

Основни причини за колебанията на големината на теглещата сила по време на установеното движението са:

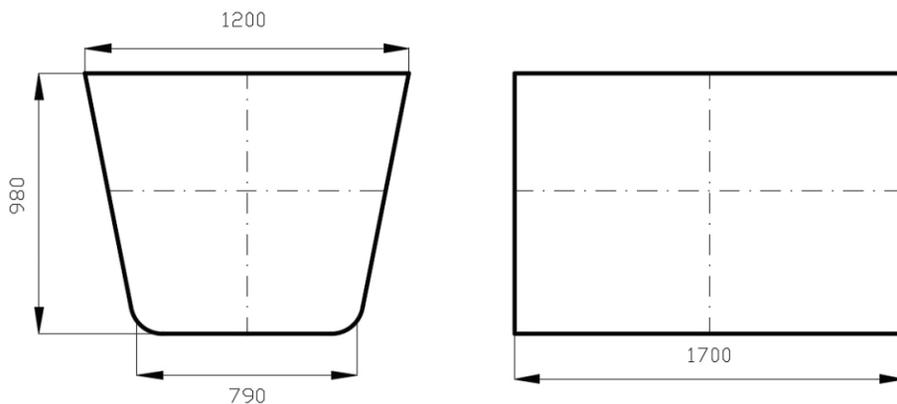
- положението на вагонетката спрямо стълбовете;
- големината на ъгъла на прегъване на носещото въже и профилът на линията определени от теренните условия.



Както показват изследванията, колебанието на теглещата сила от влиянието на профила при определени условия може да се окаже значително по-голямо от влиянието на преминаващите вагонетки през стълбовете.[1,6]



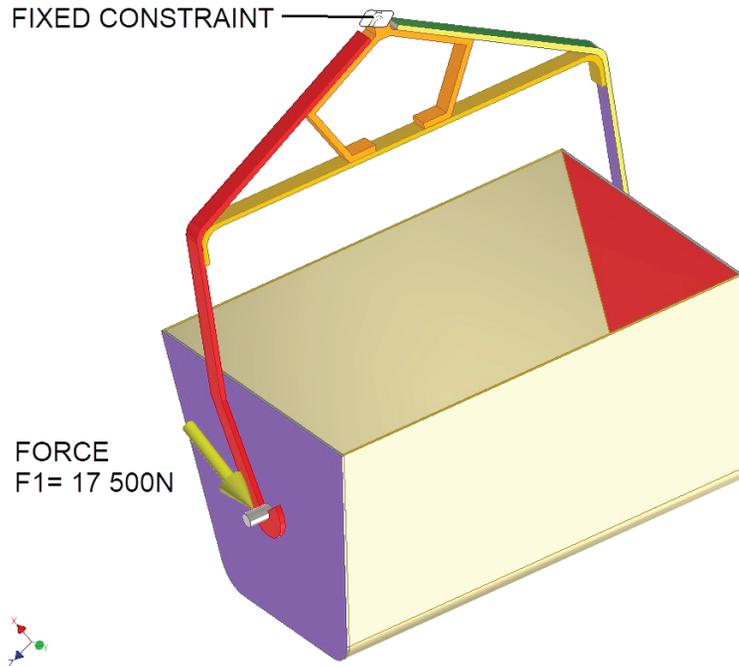
Фигура 1. Общ вид на вагонетка за висяща въжана линия с обем на коша 1,6 м³



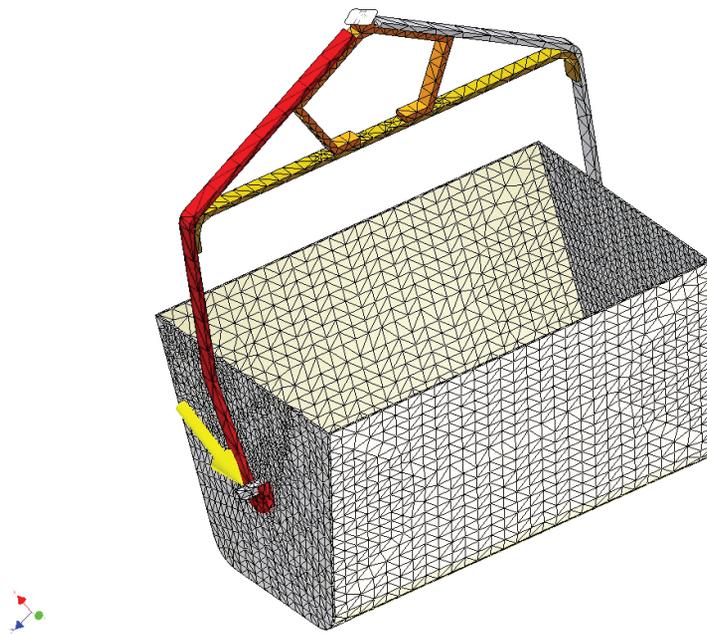
Фигура 2. Основни габаритни размери на коша на вагонетката



Особено неблагоприятно за работата на висящата въжена линия е, ако вагонетките изпаднат в резонансно състояние. Ето защо избягването на това състояние е важен въпрос при конструирането на вагонетките. За целта честотите на външните сили не трябва да съвпадат със собствените честоти на вагонетките.



Фигура 3. Разработен 3 D модел на сглобената единица вагонетка



Фигура 4. Дискретизацията на модела и неговото замреждане

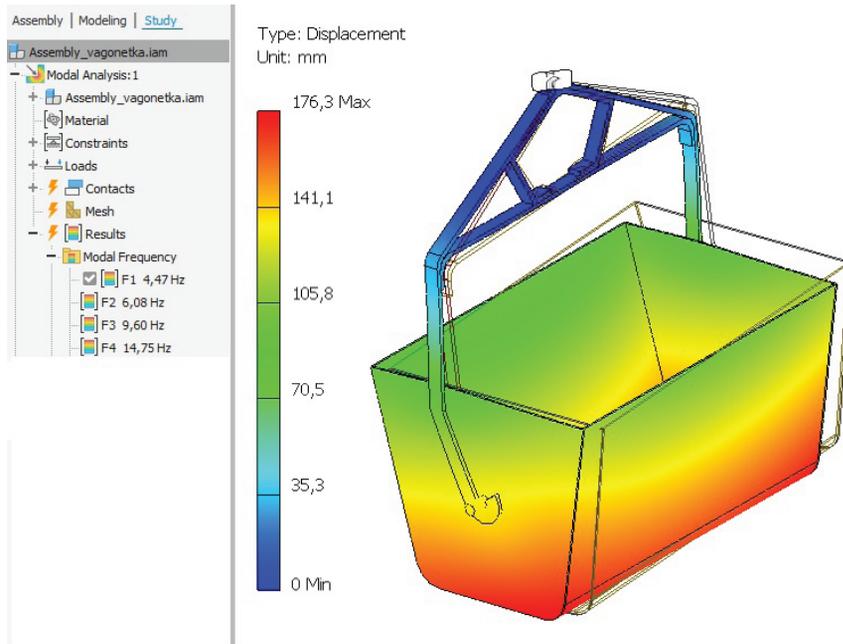
За провеждане на компютърното модално изследване е необходимо създаването на 3D CAD модел на дадената сглобена единица. Компютърният модел (фиг. 3) е направен в среда на софтуерния продукт Autodesk Inventor. Горният край в мястото, където става захващането на вагонетката към рамата на количката е зададен да бъде неподвижен чрез опцията „Fixed constrain“. Това е



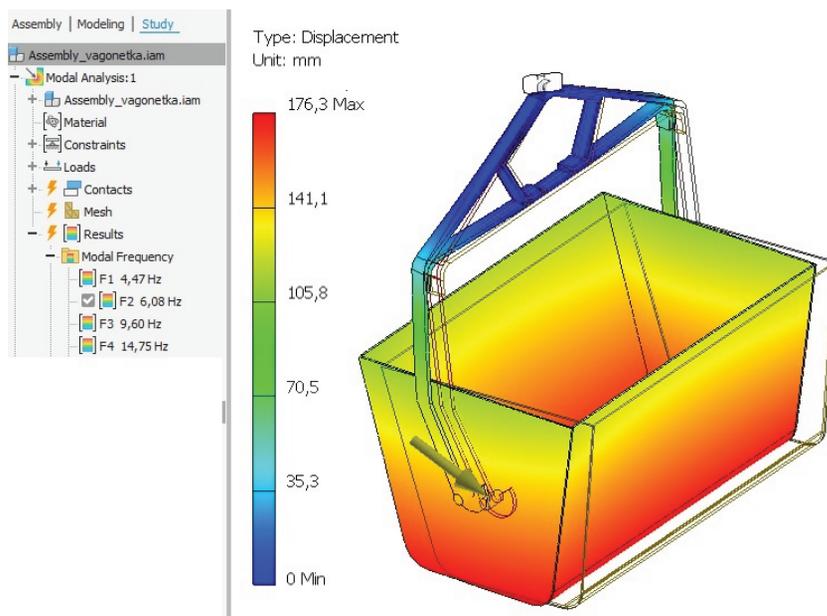
задължително за изследването, тъй като за модалният анализ трябва област с нулеви премествания. Върху оста, където се осъществява захващането на куките на окачването към коша с опцията „Force“ са показани силите, които действат на сглобената единица. Те са резултат от собственото тегло на вагонетката и полезния товар. За използван материал, от който е изработена вагонетката се залага стомана марка S235 J203 БДС EN 1025, при която допустимите напрежения са $[\sigma] = 160 \text{ MPa}$.

Замреждането (дискретизацията) на модела е една от най-важните стъпки при изследването чрез Метода на крайните елементи(МКЕ), което е показано на *фиг. 4*.

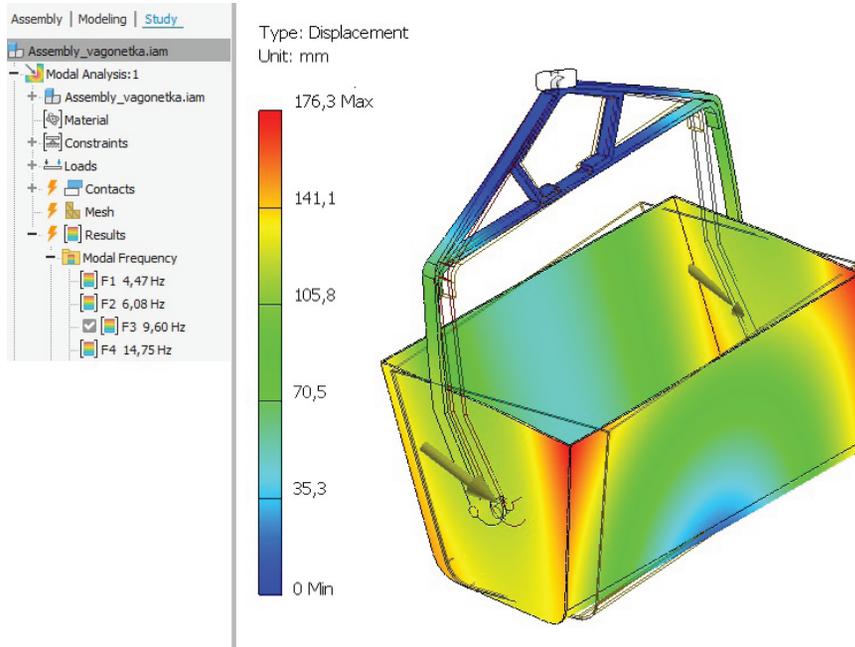
3. Резултати и изводи.



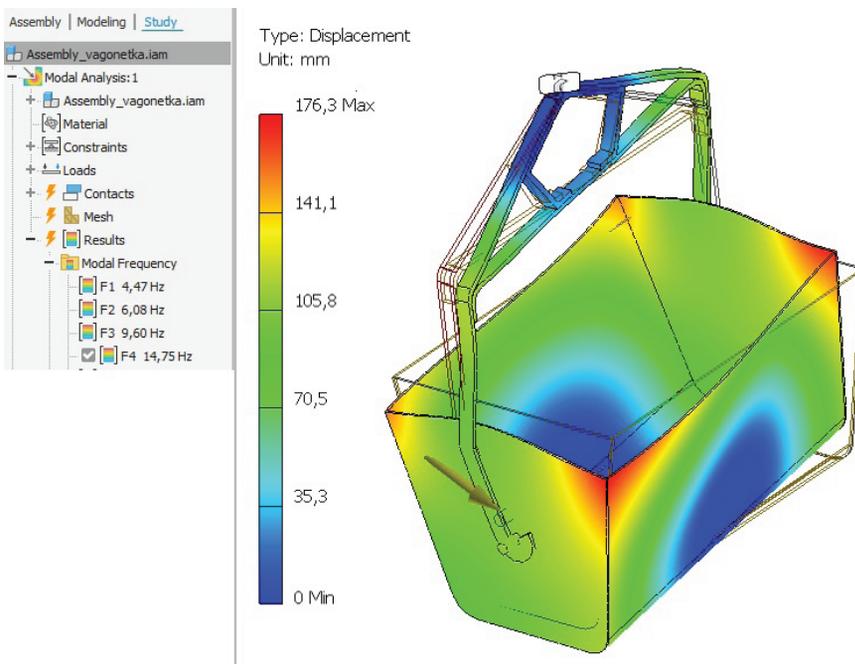
Фигура 5. Получени резултати за първа собствена форма на вагонетката при 4,47Hz



Фигура 6. Получени резултати за втора собствена форма на вагонетката при 6,08Hz



Фигура 7. Получени резултати за трета собствена форма на вагонетката при 9,6Hz



Фигура 8. Получени резултати за четвърта собствена форма на вагонетката при 14,75Hz

Модалният анализ на дадена сглобена единица се основава на получаването на нейните собствени честоти и собствени форми на трептене. Идеята на тази задача е намирането на свободните трептения на модела. При модален анализ интерес представляват само първите няколко собствени честоти на трептене, т.е. най-ниските честоти. На *фигура 5* е представена първа хармонична честота на вагонетката, която представлява първа честота на огъване на конструкцията $f_1 = 4,47Hz$. На *фигура 6* е изобразена втора хармонична честота на разглежданата система, която представлява втора честота на огъване $f_2 = 6,08Hz$. На *фигура 7* е дадена трета хармонична честота на изследваната система, която представлява трета честота на огъване $f_3 = 9,6Hz$. На *фигура 8* са



показани резултатите за четвъртата хармонична честота на сглобената единица, която е четвърта честота на огъване $f_4 = 14,75 Hz$. Така получените честоти от направения компютърен модален анализ са от значение при появата на външни механични трептения с честота близка до собствената. Показаните резултати създават предпоставки за научно-изследователска работа по отношение изследването на натоварванията на отделните сглобени единици на висящите въжени линии при стационарни и преходни режими на работа.

4. Литература

1. Пенев А. С. Деевски А Кузманов, "Ръководство за упражнения по рудничен транспорт" София, 1973г.
2. Спиваковский А., Бржезовский С., Дьячков В., и др. "Транспортирующие Машины- Атлас Конструкций", "Машиностроение", Москва, 1969 г.
3. Илиев Ж., Г. Динев., „Подобряване на експлоатационните показатели на задвижващата шайба за висяща въжена линия“, Пета международна научна конференция "Техника, технологии и системи", гр. Пловдив, 2016г.
4. Кузманов А., „Ръководство за упражнения по рудничен транспорт“, Москва, 1989г.
5. Дивизиев В., К. Д. Петков "Въжени линии и кабелни кранове", Ръководство Атлас. София, 1975г.
6. Кузманов А., Транспорт в обогатителните фабрики, Изд. „Техника“ 1986 г.
7. Илиев Ж., "Руднични транспортни машини – Атлас с конструкции", Издателство „Пропелер“, София, 2020г.
8. Dzhustrov K., I. Stoilov, Defining the specific losses of active power in synchronous electric motors for the generation of reactive power, Journal of mining and geological sciences, Vol. 60, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2017, pp: 55-58 2.
9. Dzhustrov, K. Influence of the ball load on the specific power consumption of ball mills, Journal of mining and geological sciences, Vol. 62, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2019, pp: 77-81.