

Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: **Индустријско инжењерство - ПИС**

Ниво студија: **Мастер академске студије**

Предмет: **Компјутерске симулације и оптимизација процеса**

Број индекса: **2036/2018**

Лазар Ј. Ивановић

**Техно-економска анализа израде справе за
вежбање**

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Горан Бошковић, доцент - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да обради тему пројектовања помоћу рачунара, као основног дела процеса управљања животним циклусом производа, прикаже практични поступак развоја геометријског модела справе за вежбање по избору. Пожељно је да се за потребе развоја геометријског модела примени програмски пакет *CATIA V5*. Такође, потребно је да се прикажу даље могућности употребе геометријског модела са издвојеним примером економске анализе. Посебан осврт у раду треба дати на сам процес развоја геометријског модела и његову примену.

Препоручена литература:

- [1] Горан Девеџић, „CAD/CAM“ технологије, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2006.
- [2] Fred Karam, Charles Kleismit, CATIA V5 – Ауторизовани превод са енглеског језика једиције у издању „Thompson Learning“, Компјутер Библиотека, Чачак 2004.
- [3] Јовичић, С., Марјановић, М., *Основи конструисања*, друго издање, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, CAD Лабораторија, Крагујевац, 2018.

У Крагујевцу,
2019. година

Ментор: др Горан Бошковић, доцент

Резиме

Рад за циљ има примену савремених CAD софтвера за потребе пројектовања, односно за креирање геометријског модела као основе за спровођење техно-економске анализе. Такође, рад има за циљ приказ употребе CAD софтвера за даљи развој производа и остале могуће употребе истог. Рад се састоји из шест целина. Прве две целине су теоријског типа. У њима су коришћењем препоручене и доступне литературе, изнете основе процеса пројектовања помоћу рачунара, као етапе процеса конструисања, односно развоја производа. Такође, теоријским делом је обухваћен животни циклус производа као група којој развој производа, односно CAD системи припадају. Приказане су врсте модела и поступци моделирања, као и могуће примене геометријских модела. У трећем, практичном делу рада, начин креирања геометријског модела приказан је кроз пример пројектовања справе за вежбање - гладијатора. У четвртој целини су приказане могућности даље примене геометријског модела док су у петом изнете основе економске анализе са финансијском проценом трошкова израде пројектованог производа. Такође су На крају су изнети закључци са предностима и недостацима креираног геометријског модела, односно конципираног решења конструкције.

Кључне речи: геометријски модел, гладијатор - справа за вежбање, моделирање, CATIA V5

Abstract

The purpose of this paper is to apply modern CAD software for design purposes, or to create a geometric model as the basis for the implementation of techno-economic analysis. Also, the paper aims to illustrate the use of US software for further product development and other possible uses of the software. The work consists of six continents. The first two continents are of theoretical type. They use the recommended and accessible literature, the basics of the design process with the computer, as a stage of the process of designing and developing the product. Also, theoretical part includes the life cycle of the product as a group to which product development, that is, CAD systems belong. Types of models and modeling procedures are presented, as well as possible applications of geometric models. In the third, practical part of the work, the way of creating a geometric model is illustrated by the example of the design of a gym equipment - a gladiator. In the fourth whole, the possibilities of further application of the geometric model are presented, while the fifth is the basis of the economic analysis with the financial estimation of the cost of manufacturing the projected product. In the end, conclusions are drawn with the advantages and disadvantages of the created geometric model, or the conceptual design of the construction.

Key words: geometric model, gladiator - exercise device, modeling, CATIA V5

Садржај

1. Увод.....	6
2. Пројектовање помоћу рачунара.....	8
2.1 Креирање и врсте модела	9
2.2 Моделирање	10
3. Развој геометријског модела справе за вежбање употребом CAD софтвера CATIA..	13
3.1 Моделирање основе склопа гладијатора.....	17
3.2 Развој модела система за вођење тегова	25
3.3 Развој модела склопа котура	28
3.4 Развој модела справе за веслање.....	29
3.5 Развој модела шут машине.....	32
3.6 Развој модела пратећих елемената	36
4.Геометријски модел справе "Гладијатор" и могућности његове примене	42
4.1 Примена геометријског модела за потребе маркетинга	44
4.2 Примена геометријског модела за потребе нумеричких анализа.....	47
4.3 Примена геометријског модела за потребе пројектовања алата	49
4.5 Остале примене геометријског модела	50
5. Економска анализа.....	51
6. Закључак	55
Литература.....	56

1. Увод

Употреба CAD (енгл. *Computer Aided Design* - CAD) софтвера за потребе конструисања је постала свакодневни процес. Заправо, при развоју производа, CAD софтвери су основни и неизоставни алат који читавом процесу даје флексибилност. Коришћењем CAD софтвера остварује се велики број предности. Једна од њих је повећана продуктивност тј. брзина. Она обухвата аутоматизацију рутинских послова ради повећања креативности, коришћење већ постојећих модела стандардних делова и облика. Још једна од предности је подршка изменама на конструкцији. Нема потребе за поновним моделирањем свих делова после сваке измене, као и чување предходних конструкционих интеракција. У предности спада и комуникација са другим тимовима инжењера, са другим софтверима, као и са маркетингом [1].

Развој геометријског модела употребом CAD софтвера представља једну од основних етапа при конструисању. Конструисање је према [2] најважнија фаза у стварању и развоју производа или машинског система. Не може се дати једна јединствена систематизација процеса конструисања са строго детаљно разрађеним појединачним корацима, којих би се сваки конструктор држао при истом. Међутим, могуће је дати један глобални, флексибилни приступ повезаности главних етапа конструисања са потребним активностима да се дође до правог решења конструкције.

Указујући на вишеструку повезаност како етапа конструисања са потребним активностима тако и активности међу собом, на **слици 1.1** је приказан глобални блок дијаграм процеса конструисања. На овом дијаграму приказан је улаз у процес конструисања, две основне етапе конструисања и излаз из процеса конструисања, као и најважније активности за правилно формирање конструкције.



Слика 1.1 Блок дијаграм процеса конструисања [2]

Као улаз у процес конструисања сматра се технички задатак, док су основне етапе процеса конструисања - конципирање и разрада конструкције, а као излаз узима се сама конструкција представљена у облику пројекта, тј. потпуне конструкционе документације, која омогућава даљу технолошку разраду. Основне активности потребне да се дође до што бољег решења су истраживања, скицирања, стварање идеје, анализа и синтеза (прорачуни), цртање и испитивања и провере.

На основу наведеног, процес конструисања справе за вежбање - гладијатора, почиње након формирања техничког задатка на основу истраживања тржишта [3].

Справа за вежбање звана "Гладијатор" се убраја у најпрестижније справе за вежбање у савременим фитнес центрима. Ова справа је једна од омиљенијих међу вежбачима због своје функционалности, изгледа и перформанси. На основу спроведеног истраживања, по квалитету и цени битно се разликују две врсте гладијатора:

- гладијатор за потребе великих фитнес центара (слика 1.2) и
- гладијатор за потребе појединаца (слика 1.3) [4,5].



Слика 1.2 Петострани гладијатор



Слика 1.3 Тространи гладијатор

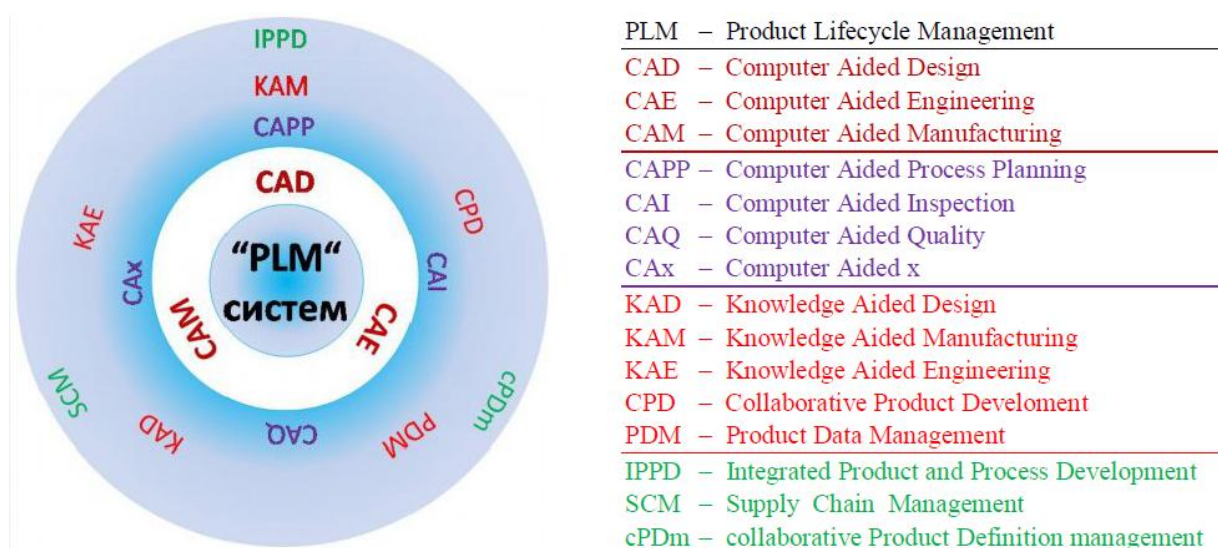
Постоје разне варијације у погледу избора мишићних група које се могу тренирати на њој. Најучесталија варијација у пракси је она која омогућује тренирање мишића ногу, леђа и руку. Дакле, саставни део гладијатора би биле лат машина, машина за предњу и задњу ложу, машина за веслање, машина за бицепс и трицепс.

Циљ рада се огледа у примени CAD софтверских алата при процесу конструисања за развој геометријског модела као основе за даљи развој производа, анализу, синтезу и све остале могуће употребе истог. Кроз њега, у контексту примене савремених метода и софтверских алата, приказан је принцип креирања геометријског модела справе за вежбање (гладијатора), применом једног од најзаступљенијих програмских пакета за 3Д моделирање CATIA V5. Мотивација за настанак овог рада лежи у намери да се креира нови производ који је по квалитету исти/бољи од конкуренције на тржишту, а ценовно приступачнији.

2. Пројектовање помоћу рачунара

Управљање и континуална подршка свим подацима о производу, процесима и активностима током целокупног животног века неког производа се дефинише као управљање животним циклусом производа - *PLM* (енгл. *Product Lifecycle Management*).

Данашњи *PLM* системи поседују мноштво разнородних модула који функционишу као целина на јединственој програмској платформи (слика 2.1) [1]. Међутим, конкретни инжењерски проблеми не захтевају употребу свих расположивих модула, већ само смислено одређену комбинацију једног броја тих модула. Сваки такав скуп модула *PLM* система назива се *PLM* решење [6,7].



Слика 2.1 Софтверски алати, концепти и стратегије *PLM* система

Окосницу *PLM* система чини интеграција софтверских алата који се везују за поједине фазе развојног циклуса:

- пројектовање помоћу рачунара (енгл. *Computer Aided Design - CAD*)
- рачунаром подржан инжењеринг (енгл. *Computer Aided Engineering – CAE*)
- рачунаром подржана производња (енгл. *Computer Aided Manufacturing – CAM*)

Интеграција наведених софтверских алата, скраћено се назива *CAD/CAE/CAM* системи. Са друге стране, рачунаром подржан инжењеринг, иако јасно дефинисана научно-техничка дисциплина, често се сматра за једну од етапа у пројектовању производа, па се стога софтверски системи који обједињавају наведене технологије и алате, уобичајено називају *CAD/CAM* системи.

Системи за пројектовање помоћу рачунара или *CAD* системи (енгл. *CAD – Computer Aided Design*) представљају скуп софтверских алата и технологија који инжењерима пружа низ погодности током радана развоју конструкције производа. Те се погодности огледају у аутоматском извођењу конструкторских операција, као што су исцртавање линија, формирање тела, модификације, рад са базама стандардних елемената, размена цртежа и просторних модела и сл. Данашњи *CAD* системи за пројектовање машинских конструкција махом су засновани на тродимензионалном моделирању, пружајући конструкторима пуну природност и флексибилност у раду. Ефекти примене ових система огледају се, пре свега, у повећању ефективности, креативности и квалитета.

2.1 Креирање и врсте модела

Код савремених начина пројектовања помоћу рачунара полази се од раванске пројекције основног тродимензионалног облика производа који се моделира. У даљем поступку стварања модела додају се остали геометријско-технолошки ентитети којима се постиже крајња форма производа [1].

Савремени *CAD/CAM* програмски пакети поседују посебне модуле за скицирање основних идеја конструктора, које се током рада могу лако мењати и дорађивати. То значи да пројектант није од самог почетка оптерећен димензијама производа, већ стварањем његовог облика, а тек након тога уводи димензионална и остала функционална ограничења која одликују дати производ.

Овакав приступ суштински мења приступ пројектовању кроз:

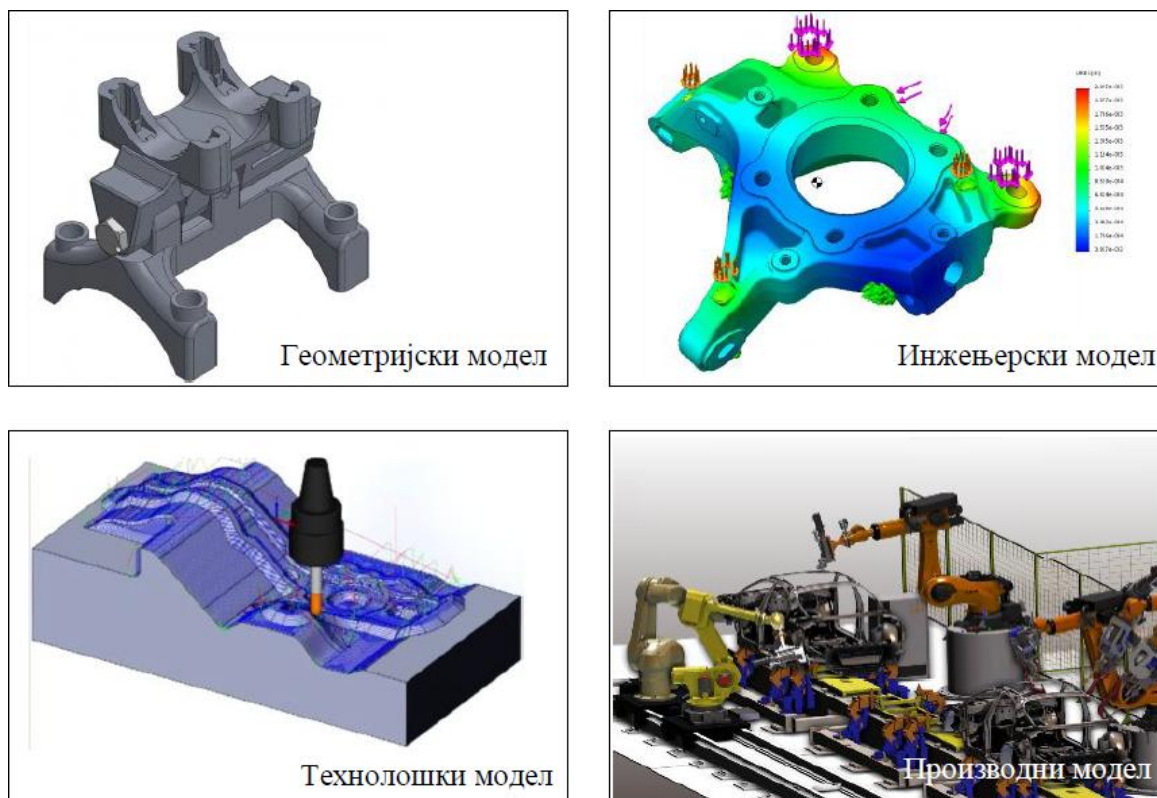
- олакшавање извођења активности везаних за стварање модела производа,
- већу флексибилност у раду,
- подизање нивоа креативности,
- подизање нивоа ефективности,
- смањење трошкова развоја производа,
- већу природност при раду,
- примену кључних принципа модерног инжењерства, и тд.

Суштина савременог приступа и поступака развоја производа и процеса помоћу рачунара огледа се у стварању модела. У различитим фазама развоја, модел има различито специфично значење. Оно је повезано са карактеристикама и потребама активности које се спроводе у циљу стварања готовог производа. У том контексту може се навести следећа генеричка дефиниција модела:

- **Модел** је рачунарска представа (репрезентација) реалног производа или процеса. Ова дефиниција је општег карактера и има за циљ да укаже, како на нематеријалну страну модела, тако и на настојање постизања што реалније представе будућег производа или процеса. Тиме се истичу претпоставке везане за имплементацију концепата модерног инжењерства и испуњење захтева тржишта, у смислу брзе, ефикасне и свеобухватне реализације пројекта. Као што је већ наведено, свака фаза развоја производа и процеса има своје специфичности, које на посебан начин истичу карактеристике модела који током њих настаје. Основни модел који се користи током свих фаза развоја производа и процеса, и шире, током читавог животног циклуса производа, јесте геометријски модел.
- **Геометријски модел** је рачунарска представа геометријских, димензионих и тополошких карактеристика производа. Стварањем геометријског модела обезбеђују се услови за читав низ анализа и провера. Њима се симулирају експлоатационе карактеристике производа, кроз задавање реалних ограничења. Тиме се отклањају могућности превиђања недовољно добрих решења, односно постиже се формирање оптималне конструкције, уз задовољење захтева сигурности коришћења производа у реалним условима. Такав модел, настао на основу геометријског, назива се *инжењерски модел*.
- **Инжењерски модел** је рачунарска представа кинематских, структурних, термичких и функционалних карактеристика производа. Кроз пројектовање технолошких поступака обраде помоћу рачунара, могу се у највећој мери симулирати стварни услови израде производа. То се пре свега, односи на путање алата, режиме обраде и спречавање могућности интерференце алата са

осталим елементима обрадног система. Сем тога, омогућена је провера и оптимизација програма за нумерички управљане машине алатке, који се аутоматски генеришу и чине део технолошког модела.

- **Технолошки модел** је рачунарска престава карактеристика технолошких поступака израде производа. Коначно, за симулацију и проверу читаве производње, неопходан је производни модел који садржи све релевантне карактеристике неопходне за управљање производном опремом и процесима.
- **Производни модел** је рачунарска представа производних и управљачких карактеристика поступака производње.



Слика 2.2 Врсте модела

2.2 Моделирање

Моделирање је процес стварања модела кроз дефинисање његових геометријских, димензионих, тополошких, инжењерских, технолошких и производних карактеристика.

До сада изнете основне карактеристике *PLM* и *CAD/CAM* система указују да је развојног производа, процеса израде и пратећих процеса занован на стварању компонентних рачунарских модела, као организованих скупова релевантних података и информација. Може се приметити да је овако дефинисан модел знатно различит од класичних цртежа и остале техничко-технолошке документације која у традиционалним приступима прати и дефинише развој и реализацију производа и процеса.

CAD системи који омогућавају запреминско моделирање суштински се разликују од система за цртање. Код цртања конструктор је од самог почетка стварања конструкције усредсређен на поштовање исправних димензија, немајући, при том, потпуни увид у њену просторну представу. Може се рећи да је конструктор оптерећен линијама и котама, губећи понекад нит производних, технолошких, естетских и других ограничења. У оваквом приступу конструкција се моделира на основу цртежа, односно, модел реалног објекта се изводи из цртежа.



Слика 2.3 Класични приступ пројектовања производа у „PLM“ програмским пакетима

Основна карактеристика класичног поступка развоја конструкције, без обзира да ли се тај поступак изводи ручно или уз помоћ одговарајућег CAD пакета, кроз стварање техничких цртежа склопа и свих саставних елемената, садржана је у детаљној и прецизној разради сваког елемента и конструкције у целини, готово од самог почетка, односно рађања идеје. Наиме, идеја о конструкцији се најчешће иницијално забележи као низ скица, али се одмах потом прелази на стварање детаљних техничких цртежа, којима се пре свега, прецизно дефинишу геометријске и димензионе карактеристике производа. Сама фаза скицирања може се изоставити, што је на **слици 2.3** назначено испрекиданим линијама.

Овако формиран модел производа је дводимензионалне природе. Кориснику се, с тога, не пружа могућност лаког и брзог разумевања стварног, просторног, изгледа производа, нарочито ако се ради о недовољно технички образованој особи. То тим пре што технички цртежи садрже и мноштво помоћних линија, ознака и других техничких елемената који додатно могу отежати разумевање просторног изгледа производа. Технички цртежи, свакако, не искључују примену изометријских или триметријских погледа, али се они у пракси веома ретко користе. Зато се јаснија представа о просторном изгледу производа стиче, заправо, тек након његове израде.

Применом модерних приступа пројектовању производа у CAD програмским пакетима заснованих на примени концепата и методологија просторног моделирања, наведени проблеми и недостаци су отклоњени у највећој мери. Полазећи од скица, које се такође формирају помоћу рачунара, најпре се генеришу основни просторни геометријски облици, чијом се даљом манипулацијом ствара коначни тродимензионални облик производа.

Дакле, за разлику од цртања, моделирање се заснива на формирању коначног облика конструкције од тзв „чврстих запремина материјала“. Такав приступ је ближи реалности и природнији је са становишта практичне примене. Сем тога, он конструкторима, а посебно пројектантима, дозвољава велику флексибилност у раду. Суштина се огледа у дефинисању неопходних правила и ограничења која конструкција мора поштовати да би се задовољили постављени захтеви. Током скицирања пројектант може, али не мора, да уноси одговарајуће димензије елемената скице. При томе није оптерећен јасним постављањем кота и прецизним задавањем котних вредности, с обзиром да их током развоја конструкције може модификовати у било ком тренутку. У поступку моделирања геометријски модел представља основу за даљу примену, употребу и манипулације. Сам геометријски модел настаје од елементарних геометријских тела и ентитета, односно од тзв. геометријских форми (енгл. „features“). Заправо, геометријске форме формирају појединачне делове конструкције, тј машинске елементе.

Њиховим спајањем у мање целине – подсклопове или у целе производе, склопове, настаје коначни облик конструкције. Тако креиран модел назива се виртуелни или дигитални производ.



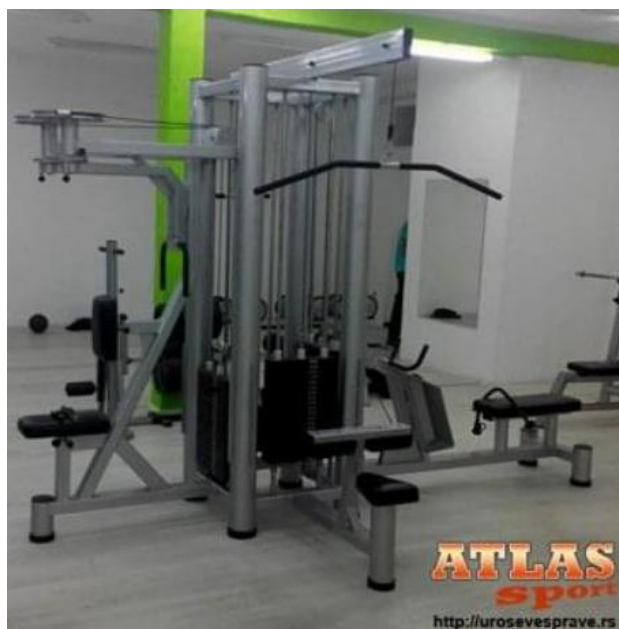
Слика 2.4 Савремени приступ пројектовања производа у „PLM“ програмским пакетима

Примена и употреба модела започиње још у фази концептуалног развоја. Наиме, карактеристике *PLM* система омогућавају паралелан развој различитих врста модела у оквиру укупне дефиниције производа и процеса. Зато се одмах након формирања иницијалних геометријских карактеристика виртуелног производа приступа развоју осталих конструкционо-производних ентитета. То се посебно односи на структурну и друге анализе производа, пројектовање алата неопходних за производњу производа, пројектовање и симулацију технолошких поступака израде, израду Интернет презентација, генерисање техничке и производне документације и др. (слика 2.4).

3. Развој геометријског модела справе за вежбање употребом CAD софтвера CATIA

Да би се започело са моделирањем, потребно је дефинисати елементе склопа гладијатора и њихове димензије. Како би квалитет производа био што већи, пожељно је прикупити што више информација о њему, како са становништа изведених решења, тако и са становништва њиховог понашања у току експлоатације, одржавања и ремонта.

На основу анализе тржишта а путем техничког задатка произашла је одлука о моделирању геометријског модела склопа петостраног гладијатора за потребе фитнес центара. Постоји велики број произвођача овог типа справе за вежбање. Најзаступљенији на домаћем тржишту је произвођач "Monster Gym" који нуди у својој палети петострани гладијатор већ приказан на **слици 1.2**. Осим њега, произвођач фитнес опреме "Atlas sport" такође је у свом асортману уврстио справу гладијатор **слика 3.1** [8]. Инострани произвођач фитнес опреме „Panatta“ нуди најквалитетнији, уједно и најскупљи модел справе гладијатор [9].



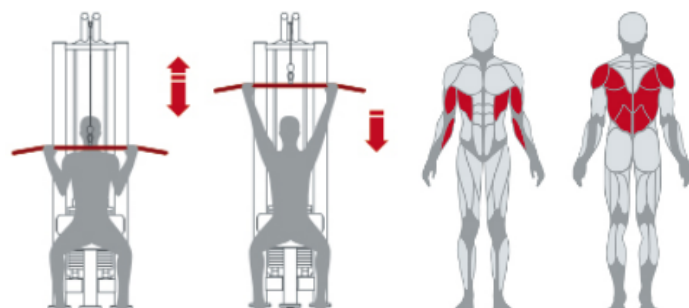
Слика 3.1 Гладјатор произвођача Атлас спорт



Слика 3.2 Гладјатор произвођача „Panatta“

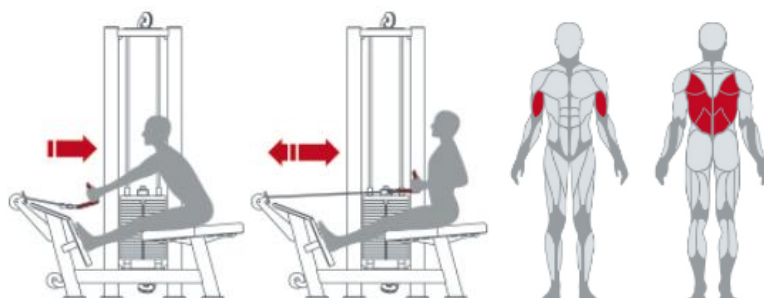
Постоје разне варијације у погледу избора мишићних група које се могу тренирати на њој. Скице поменутих справа заједно са приказом мишићне групе коју свака активира при вежбању приказане су на **сликама 3.3 - 3.7** респективно.

При дефинисању геометрије лат справе (**слика 3.3**), битан је положај рукохвата за лат (закривљене шипке коју вежбач вуче), као и положај држача за ноге који служи да спречи одвајање тела вежбача од седишта на којем седи приликом вежбања. Услед различитих дебљина ногу вежбача, како би се ноге заглавиле под држач потребно је да он буде подесив. Димензије рукохвата за лат су такође веома битне. Са одговарајућом дебљином цеви/шипке подешава се одговарајуће оптерећење зглоба. Распон лат рукохвата диктира коју групу мишића вежбач у највећој мери користи при раду на справи. Распон масе на овој справи најчешће се креће до 100 kg. Масе најчешће може смањивати и повећавати са по 5kg, односно маса појединачног тега износи 5kg.



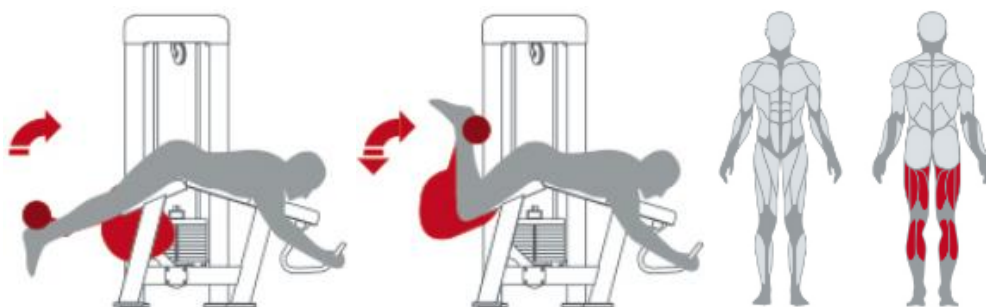
Слика 3.3 Принцип вежбања на лат справи и група мишића коју вежбачи користе при употреби [10]

При дефинисању геометрије справе за веслање (слика 3.4) положај тела вежбача, димензије и облик рукохвата, као и ослонац за ноге имају пресудан утицај на квалитет "погађања" жељене групе мишића. Седиште мора бити дугачко због различитих дужина ногу вежбача. Ослонац за ноге је пожељно да буде такав да ноге не могу да склизну. Његов положај диктира степен оптерећења доњег дела леђа. Распон рукохвата за справу за веслање је битан са аспекта оптерећења групе мишића *Latissimus dors-a*, такозваних "лепеза". Распон маса на овој справи је начешће исти као и код лат справе.



Слика 3.4 Принцип вежбања на справи за веслање и група мишића коју вежбачи користе при употреби [10]

Справа за вежбање предње и справа за вежбање задње ложе се најчешће једна иста справа са две могућности вежбања. На слици 3.5 и слици 3.6 дат је пример такве справе. Чест је случај, да се седиште може користити као наслон. Рукохвати за испомоћ при вежбању морају бити позиционирани тако да у што мањој мери оптерећују зглобове вежбача. У складу са различитошћу габарита вежбача и ова справа мора бити ергономски прилагодљива. Према томе, наслони и седишта су подесиви. Распон масе на овој справи је начешће мањи у односу на лат справу и справу за веслање, и креће се до 60kg са кораком по 10kg.

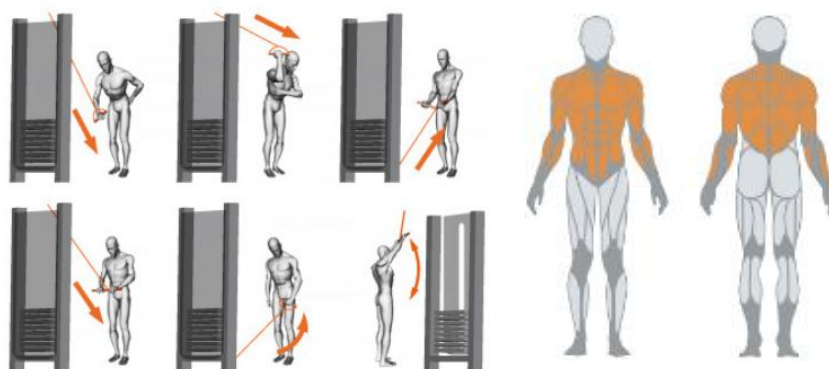


Слика 3.5 Принцип вежбања на справиза задњу ложу и група мишића коју вежбачи користе при употреби [10]



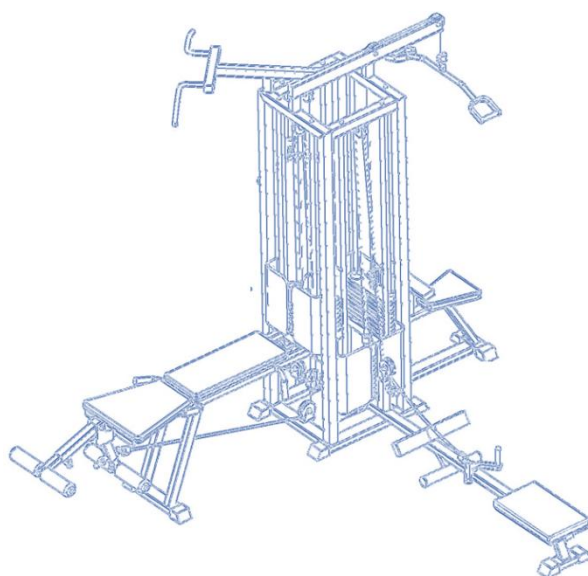
Слика 3.6 Принцип вежбања на справи за предњу ложу и група мишића коју вежбачи користе при употреби [10]

Справа за вежбање мишића руку (најчешће бицепс и трицепс) је најједноставније конструкције. На њој корисник вежба стојећи те није потребно седиште. Једино што је потребно су тегови, са одговарајућом сајлом. Постоје два положаја котура за сајлу - горњи и доњи. На сајлу се каче одговарајући рукохвати у зависности од врсте вежбе коју корисник спроводи. Распон масе на овој справи је најчешће мањи у односу на лат справу и справу за веслање, и креће се до 60kg са кораком по 2,5 kg.

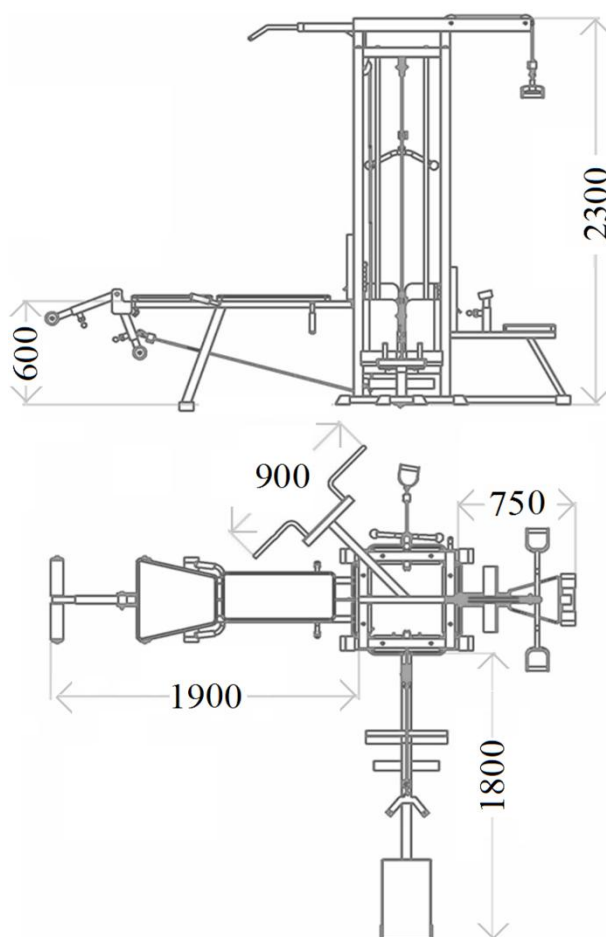


Слика 3.7 Принцип вежбања на справи за бицепс/трицепс и група мишића коју вежбачи користе при употреби [10]

Пре започињања креирања геометријског модела справе у софтверу САТИА, потребно је дефинисати одређене габаритне мере и скицирати изглед справе. На **слици 3.8** приказана је скица справе у изометрији. На **слици 3.11** су дате оквирне димензије справе.



Слика 3.8 Скица справе "Гладијатор"



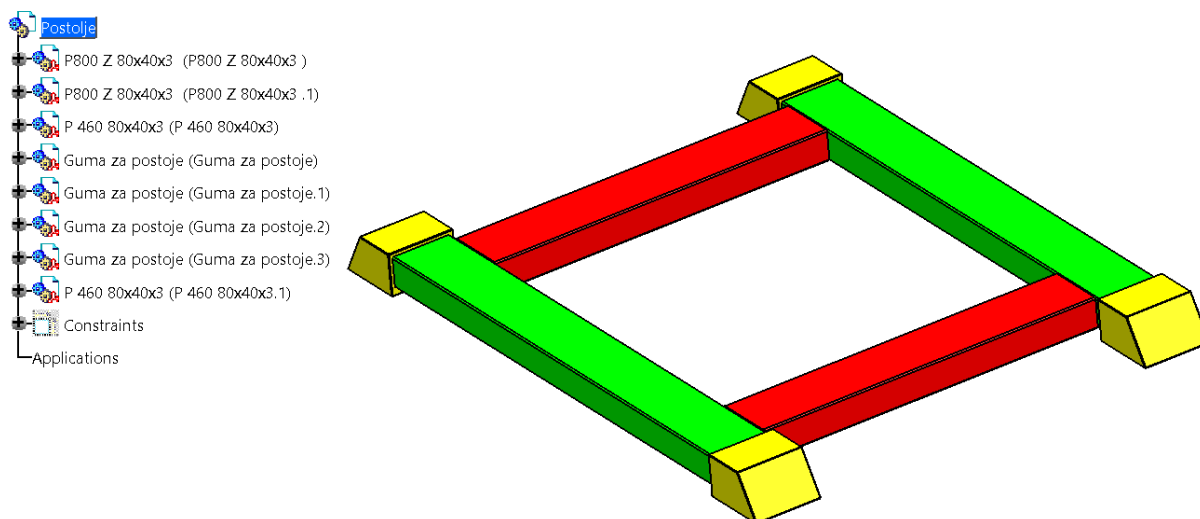
Слика 3.9 Оквирне мере справе "Гладијатор"

Изабране димензије и облици справа су део спроведене анализе и вишегодишњег искуства при производњи справа за вежбање, као и при њиховом коришћењу. Моделирање се започиње од основе склопа гладијатора, односно носећег елемента читаве конструкције.

3.1 Моделирање основе склопа гладијатора

Основа склопа гладијатора, или носећи део читаве конструкције осмишљен је слично као код решења "Monster Gym-a" [4], у облику кутијасте решетки конструкције са челичним цевима правоугаоног или квадратног профила. На носећи део читаве конструкције, монтирају се сви тегови са вођицама, подсклоп за предњу и задњу ложу, подсклоп за веслање и подсклоп за бицепс и трицепс. На њега се такође заварују делови лат машине, носачи котура, део за згибове и носачи тегова.

Моделирање и у овом случају, као и производња, носеће конструкције започиње од елемената који су у додиру са патосом, односно постоља носача. Постоље (слика 3.11) чине две засечене цеви дужине 800mm (означене зеленом бојом), две поречне цеви дужине 460mm (означене црвеном бојом) и четири гумена носача цеви (означена жутом бојом). који се навлаче на засечене цеви. Све цеви постоља су правоугаоног попречног пресека, димензија 80x40x3mm. Оне су изабране на основу спроведеног истраживања и упоредне анализе.

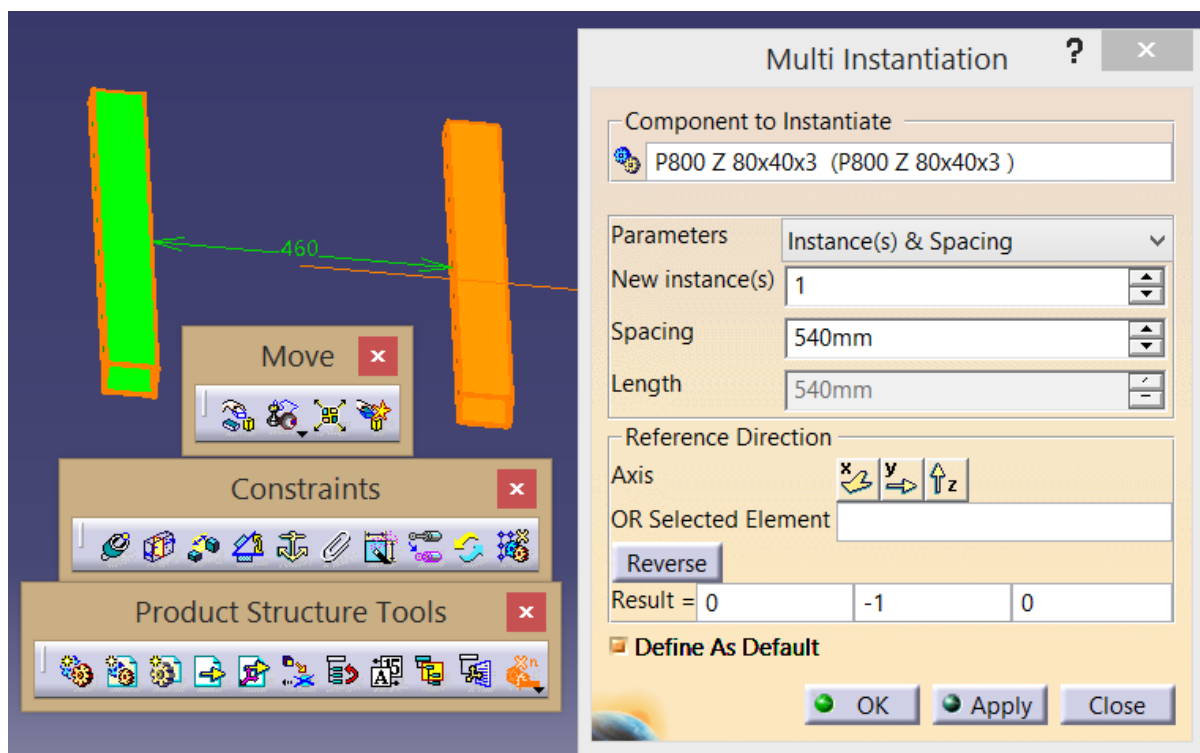


Слика 3.11 Постоље основе конструкције

Цеви се добијају сечењем из полуфабриката димензија 6m тако да искоришћење истих буде што веће. Међусобно се спајају заваривањем у контакту по обиму. Моделирање цеви врши се у модулу за креирање елемената *Part Design* при чему се називи елемената генеришу према усвојеном систему. Тако се модели цеви постоља означавају латиничним словом П након којег следи максимална дужина цеви и ознака димензија профила. На пример ознака (име) елемента "P800 80x40x3" би представљала цев максималне дужине 800mm правоугаоног попречног пресека 80x40x3 mm.

Пошто постоји велики број истих цеви, оне се могу у склопу умножити већи број пута. Приказани начин за креирање цеви се може аналогно применити на остале.

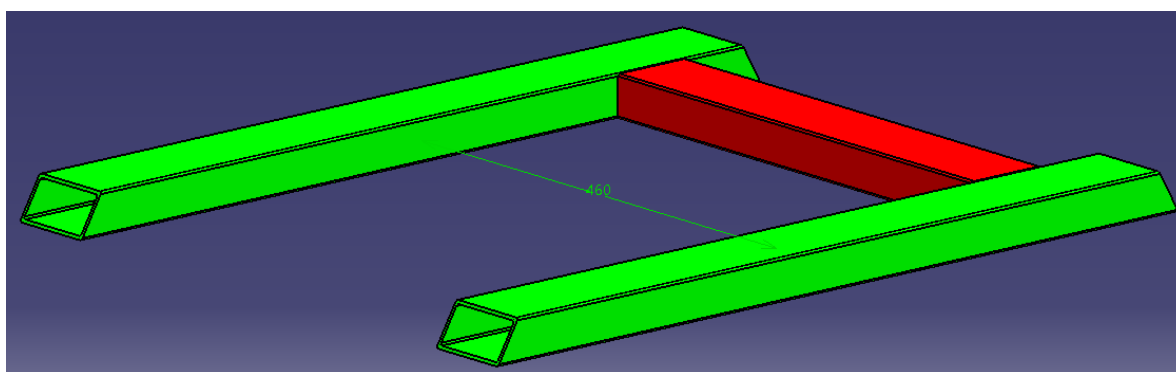
Покретањем модула *Start/Mechanical Design/Assembly Design* започиње се креирање склопа. У исти се командом *Existing Component* са палете *Product Structure Tools* импортује цев. Она се може импортовати истом командом још једном, или се командом *Define Multi Instantiation* са палете *Product Structure Tools* умножити жељени број пута у жељеном правцу. На слици 3.12 је приказан поступак умножавања цеви у жељеном правцу на жељену даљину.



Слика 3.12 Умножавање цеви командом *Multi Instantiation*

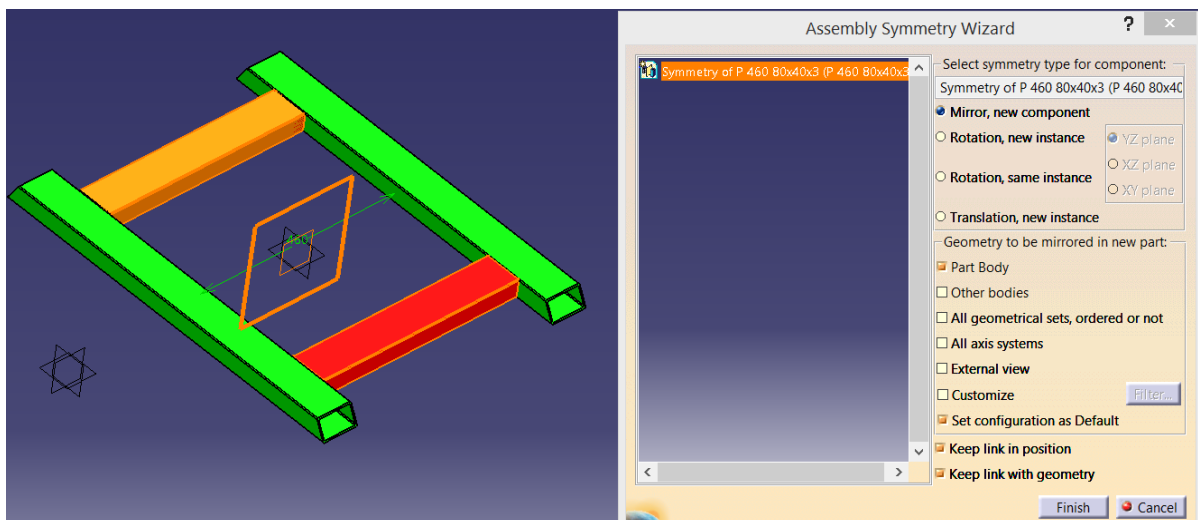
Након умножавања цеви, исте се фиксирају командом *Fix* из палете *Constraints* и селектовања цеви у стаблу или геометрије директно. Након тога потребно је креирати попречне цеви. Њих је могуће креирати као већ показане цеви или директно у склопу. При креирању у склопу, неопходно је двапут кликнути на име склопа (најчешће *Product1*) и потом поново ићи на *Start/Mechanical Design/Part Design*. Након тога селекује се жељена раван или површина на којој се скицира контура попречног пресека.

Аналогно са процесом креирања цеви који је већ приказан, креира се цев P480 80x40x3 из скице, док се не добије склоп као на слици 3.13.



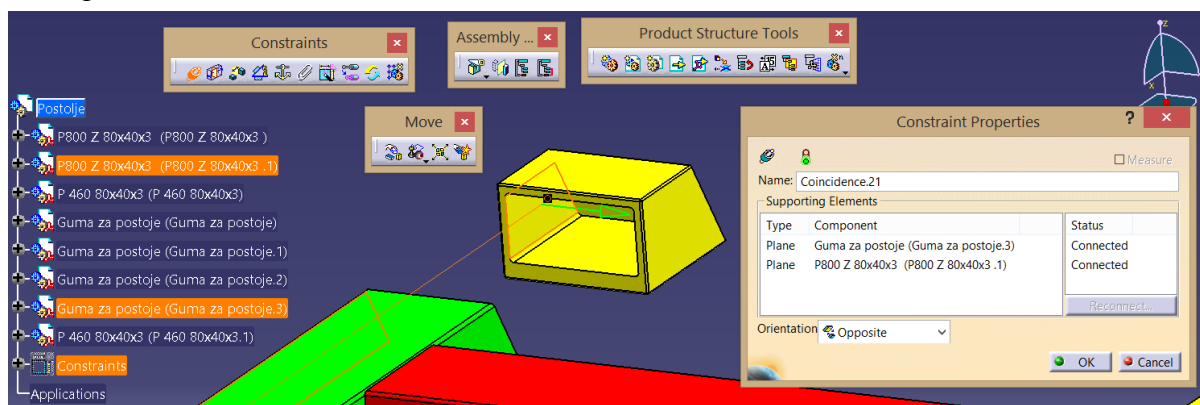
Слика 3.13 Креирана попречна цев P480 80x40x3

Пошто се попречна цев P480 80x40x3 користи и симетрично у односу на раван приказану на слици 3.14 пожељно је употребити опцију *Symmetry* из палете *Assembly Features*.



Слика 3.14 Креирање модела опцијом *Symetry*

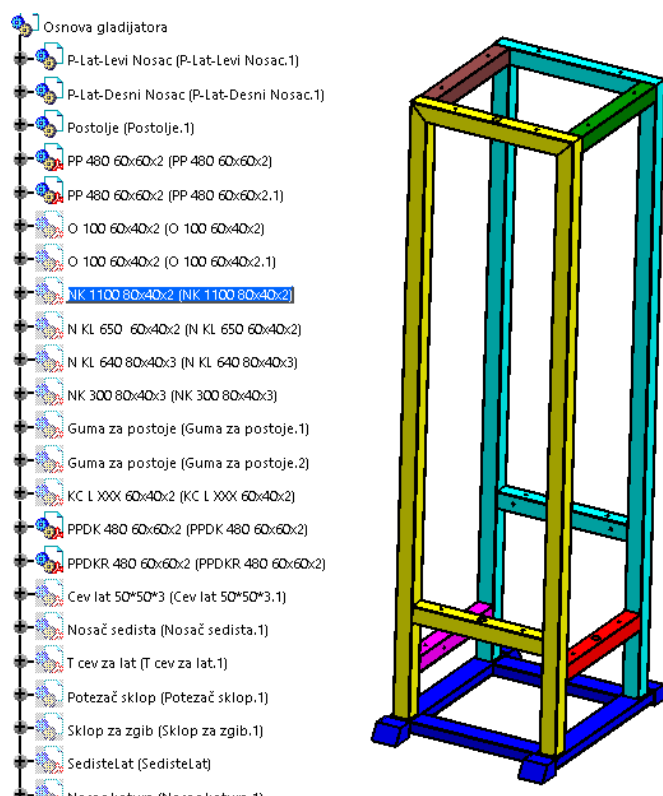
Креиране цеви је пожељно фиксирати. Гума за постоље се моделира креирањем скица у равни по жељи и има димензије такве да облаже цев са свих страна. Дебљина са доње стране је 10mm а са осталих 5mm. Убацавањем 3Д модела гуме у склоп и коришћењем опције *Coincedence Constraint* са палете *Constraints* могуће је подесити гуму у жељени положај. Поменутом опцијом је могуће "поклапати" одговарајуће површи једног елемента са површима другог. Битна напомена при поклапању површи је избор оријентације. На слици 3.15 је дат пример поклапања унутрашње површи гуме и спољашње површи цеви. Ту је битно да оријентација површи буде супротна (*енгл. Opposite*). Сва ограничења након постављања се појављују у стаблу. Њих је могуће изменити или избрисати. Добра провера посатвљених ограничења је команда *Manipulation* из палете *Move* у којој је могуће изабрати правац транслације или ротације елемената. Чекирањем опције *With respect to constraints* постављени део не би смео да се помера ни ротира. Сваки од елемената је могуће позиционирати и ограничити са више различитих алата.



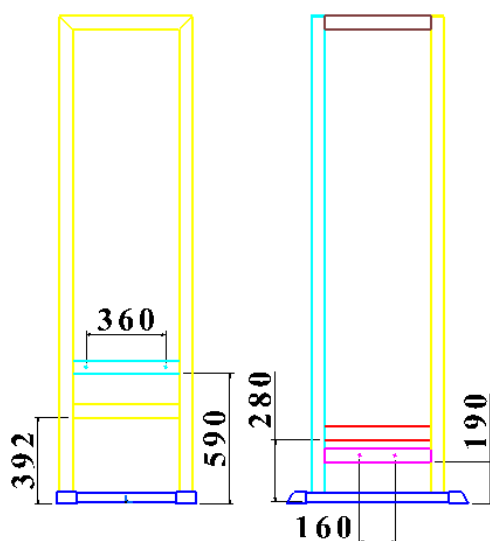
Слика 3.15 Пример ограничења кретања елемената склопа коришћењем опције *Coincedence Constraint*

Склоп постоља је потребно снимити у жељеном фолдеру. Након тога се крирају нови склопови у облику слова "П" од цеви правоугаоног попречног пресека димензија 60x40x2mm које је неопходно поставити и заварити за основу као на слици 3.16. Жутим и светло плаво бојом су означени склопови у облику слова "П". Између њих се постављају попречне цеви и исте се заварују РЕЛ методом.

Поједине цеви са слике је потребно обрадити пре заваривања, избушити их и просећи како би одговарајући носачи тегова били касније намонтирани. Попречне цеви се налазе на различитим висинама што је приказано на **слици 3.17**. Свака од њих служи за повезивање носећег склопа са осталим машинама, односно њихово обједињавање и за ношење тегова. Једино је лат машина везана нераздвојивим типом споја (заваривањем). Све остале су монтажне, повезане преко завртњева. На свакој су у вертикалној равни направљени симетрични отвори $\varnothing 10$ за вођице тегова на међусобној удаљености од 300mm. Такође је направљен један централни отвор димензије $\varnothing 30$ за централну вођицу тегова.

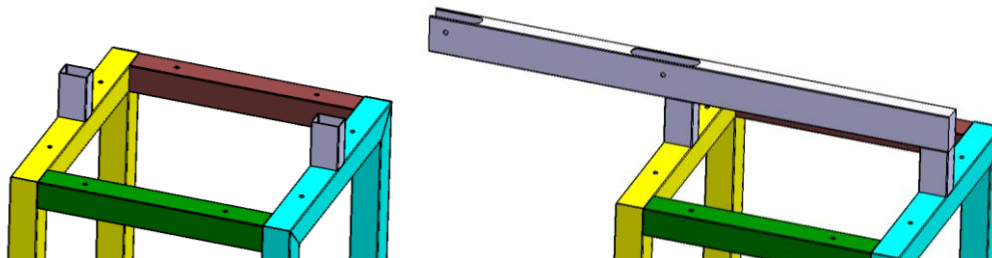


Слика 3.16 Основа носеће конструкције склопа гладијатора



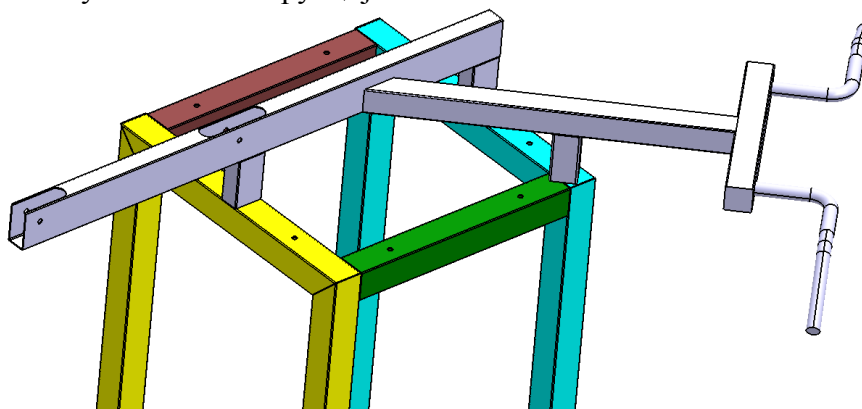
Слика 3.17 Положај попречних цеви за везу

Додатно је непоходно измоделирати и придодати елементе за везу са котуровима, носаче котурова, носаче вратила за згибове итд. Цев која носи котуре (ознака: NK 1100 80x40x3) за лат машину мора бити претходно машински обрађена на појединим местима где се котурови монтирају и потим заварена. На **слици 3.18** приказан је положај и изглед цеви која носи котурове за лат машину.



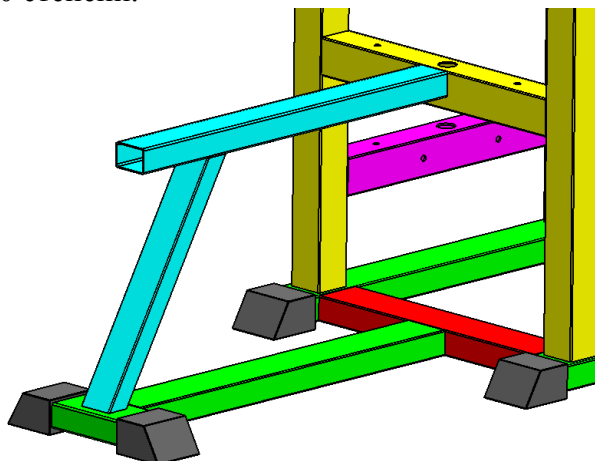
Слика 3.18 Носећа цев котурова лат машине

На носећу цев се заварује носач вратила за згибове под углом од 45 степени. Заваривање се врши за основу носеће конструкције и тиме се постиже неопходна стабилност вратила за згибове. На **слици 3.19** је приказан изглед носача вратила завареног за основу носеће конструкције.



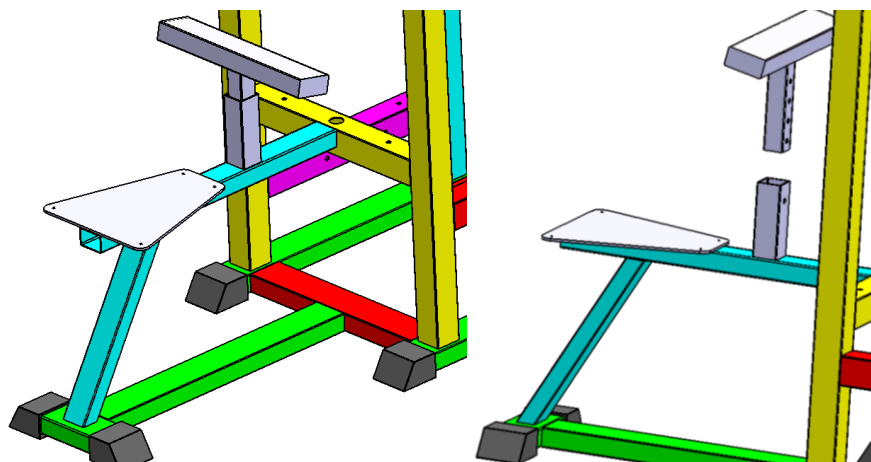
Слика 3.19 Носач вратила за згибове заварен за основу носеће конструкције

На "П" профил и постолје се заварују цеви које служе као конструкција за постављање носача седишта лат машине (**слика 3.20**). Цеви се међусобно повезују поменутом техником заваривања. Поједине цеви је неопходно засећи на крајевима како би боље налегале једна на другу. Такође, цев на коју се навлаче гуме је засечена са обе стране под углом од 30 степени.



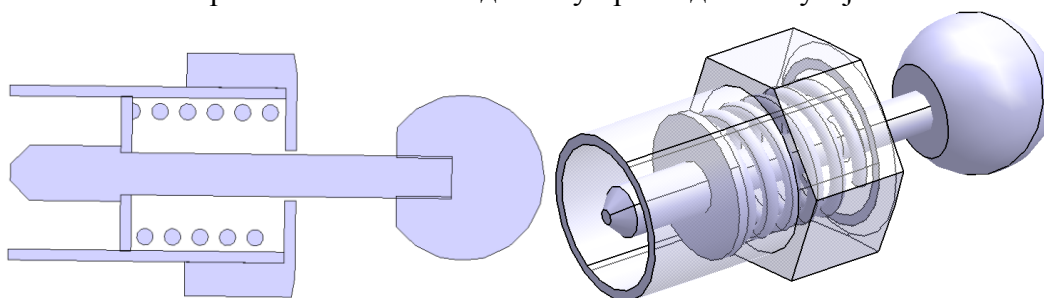
Слика 3.20 Конструкција за носач седишта лат машине заварена за основу носеће конструкције

На приказану конструкцију се заварују носач седишта и цев која служи за позиционирање Т цеви која омогућава вежбачима да заглаве ноге (слика 3.21). Цев се претходно буши како би се на њу поставио потезач који пролази кроз неку од рупа на Т цеви (слика 3.21).



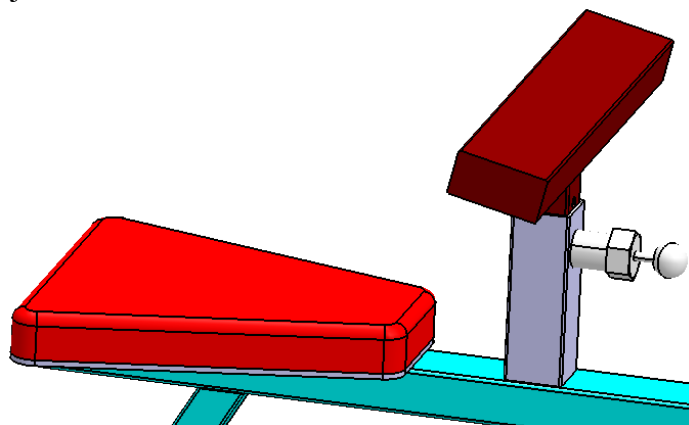
Слика 3.21 Носач седишта за лат машину заварен за основу носеће конструкције

Потезач, односно његов склоп (слика 3.22) се повезује са цеви на којој је изушена рупа за везу са Т цеви. Потезач се позиционира као на слици 3.23. При позиционирању елемената склопа користе се исте команде као у претходним случајевима.



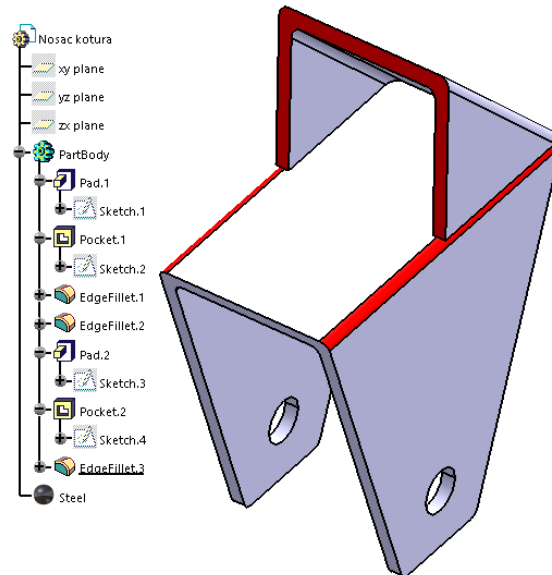
Слика 3.22 Пресек склопа (лево) и транспарентни приказ склопа потезача (десно)

Седиште се израђује комбиновањем дрвета, сунђера и коже и холшрафима везује за претходно постављени носач седишта (слика 3.23). Моделира се коришћењем већ поменутих операција.

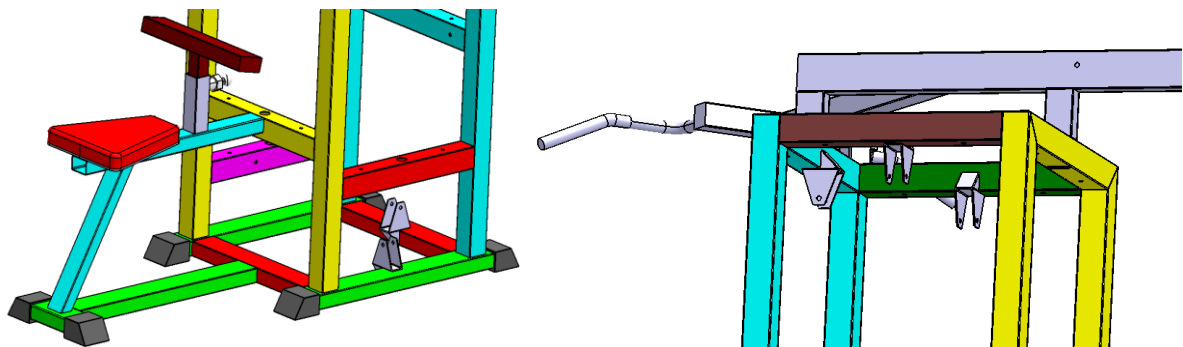


Слика 3.23 Пресек склопа (лево) и транспарентни приказ склопа потезача (десно)

Носачи котура (слика 3.24) се заварују по обиму (означене површи црвеном бојом на слици 3.24) на постоље и на врх носача (слика 3.25). Носач се израђује из цеви правоугаоног попречног пресека димензија 80x40x3 mm. Позиција носача котура је симетрична у односу на средње равни основе склопа гладијатора. Сви носачи се заварују са унутрашње стране.

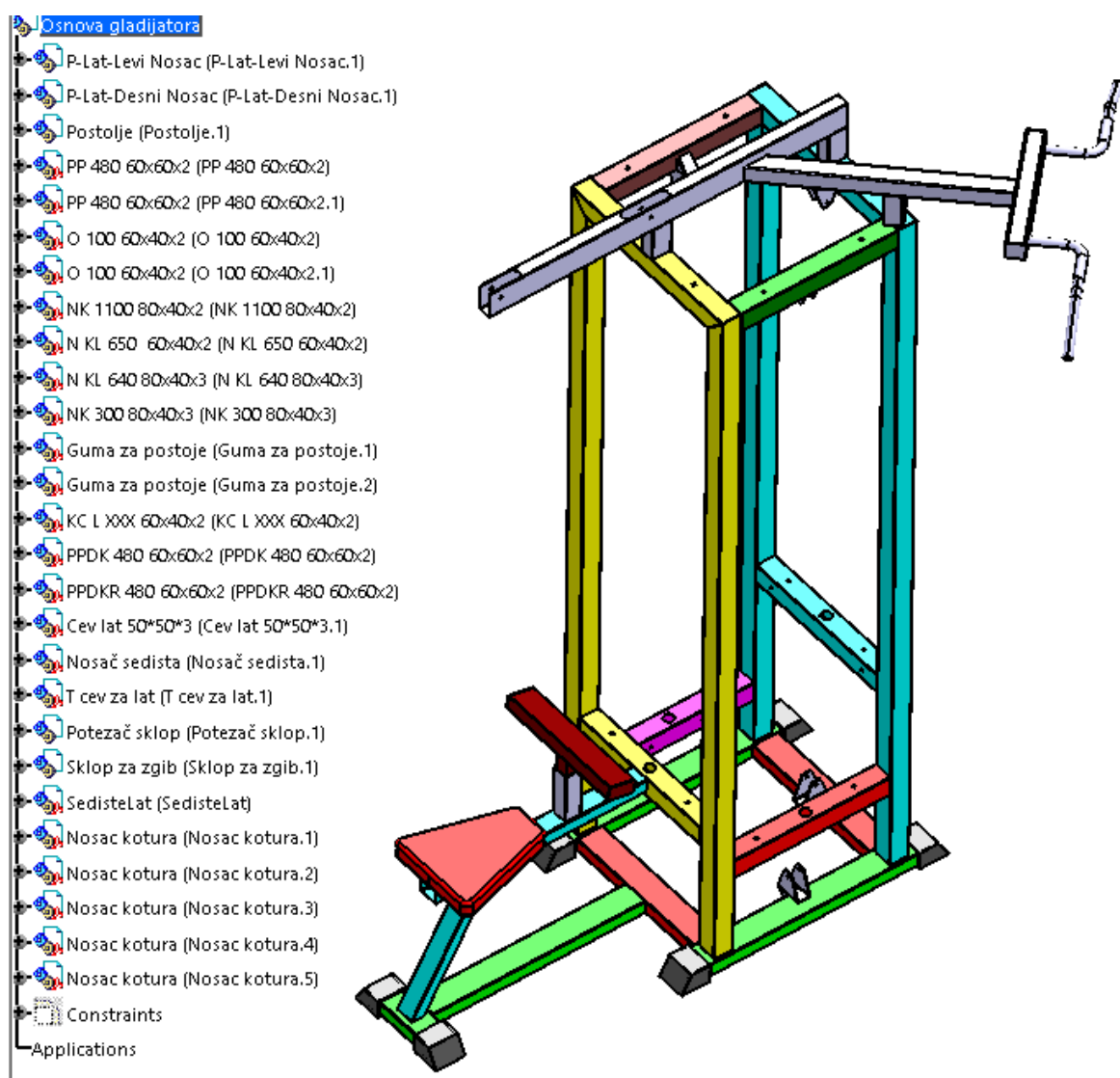


Слика 3.24 Носач котура



Слика 3.25 Позиција носача котура

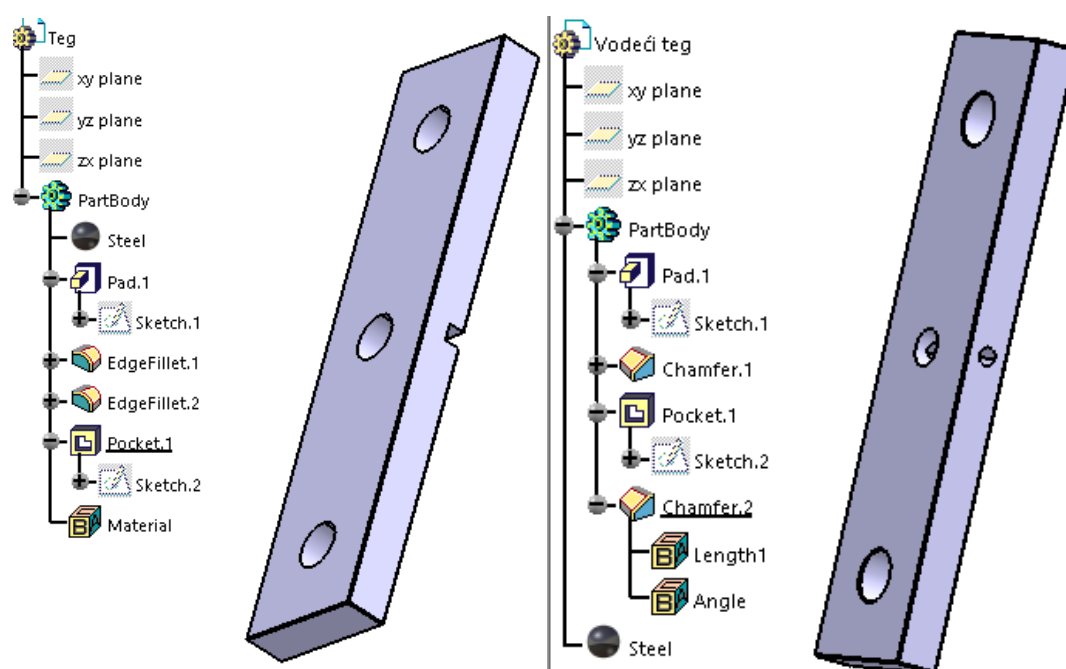
На слици 3.26 приказан је коначан изглед склопа основе гладијатора.



Слика 3.26 Основа гладијатора

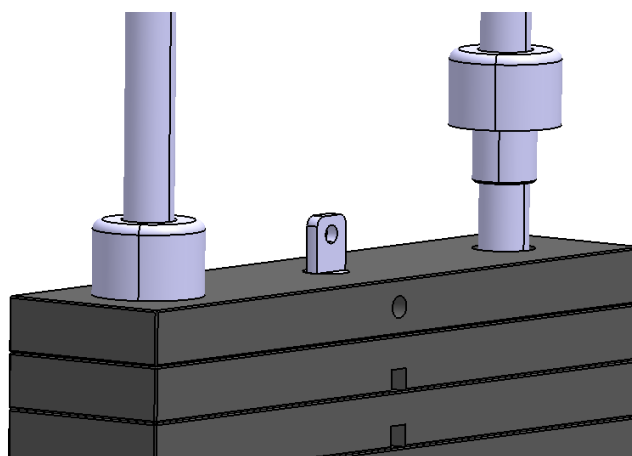
3.2 Развој модела система за вођење тегова

Оптерећење које је неопходно у извођењу покрета при тренирању на справи гладијатор се добија уз помоћ тегова којима је омогућено кретање у одређеном правцу одговарајућим системом вођења. У склопу гладијатора се налази мноштво тегова од којих су четири тега водећа као на **слици 3.27 - десно**. Тегови се израђују из челичних шипки правоугаоног попречног пресека димензија 100x30mm. Димензије тегова су 410x100x30mm пошто такве одговарају маси тег од ~10kg. Сваки тег садржи три отвора. Централни отвор је пречника 25mm. Бочни отвори се налазе на међусобном растојању од 300mm и пречник истих износи 34mm.



Слика 3.27 Геометријски модели тегова

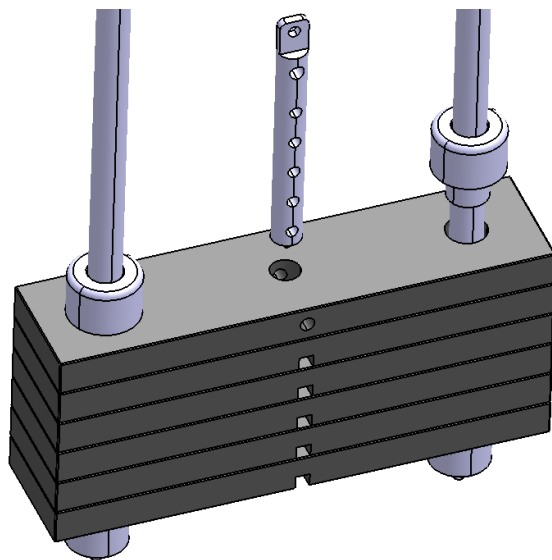
С обзиром да тегови своју основну сврху остварују клизањем дуж хромираних вођица постављених вертикално, како би се спречило хабање, између тегова и њих се поставља пластична чаура. Због тога, пречник бочних отвора је увећан на пречник чаура које се убацују утискивањем и остварују чврст склоп заједно са отвором тег. На **слици 3.28** је приказана пластична чаура у склопу (извучена и увучена).



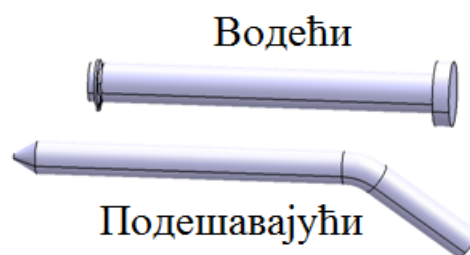
Слика 3.28 Пластична чаура (извучена и увучена)

На дну пластичне чауре је оборена унутрашња ивица под углом од 45 степени на дужини од 2mm како би се спречило "лепљење" тегова посредством лубриканта. У пракси се показало да може приликом кретања тегова доћи до таложења мазива између тегова и слепљивања истих у раду.

Централна вођица (слика 3.29) је перфорирана тако да се кроз неки од отвора може провући закривљени клин (слика 3.30) и на тај начин вршити избор жељеног броја тегова за вежбање. У водећи тег се поставља клин са зегер прстеном (слика 3.30). На врху централне вођице направљена је ушица где се провлачи сајла.

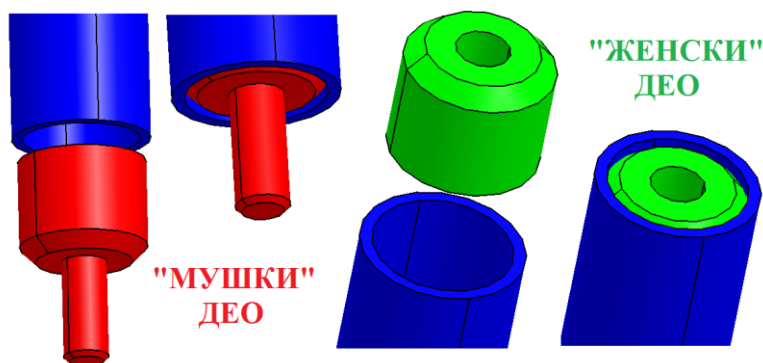


Слика 3.29 Централна вођица



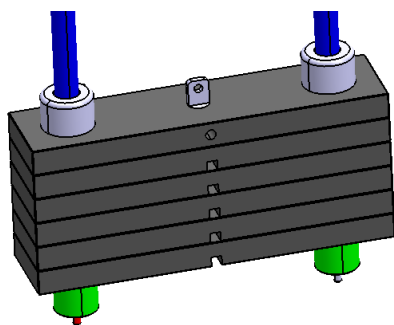
Слика 3.30 Подешавајући и водећи клин

Бочне водеће цеви се купују исечене на тачну димензију. На обе стране се постављају и заварују елементи за везу са носећом конструкцијом гладијатора **слика 3.31**. На горњи део се поставља "женски" елемент за везу (зеленом бојом означен на слици), а на доњи "мушки" (црвеном бојом означен на слици). Оба дела се израђују на стругу од челика. У "женски" део за везу се урезује навој, на мушки се нарезује. На њима се обарају ивице како би се техником заваривања по обиму спојили са бочним вођицама.



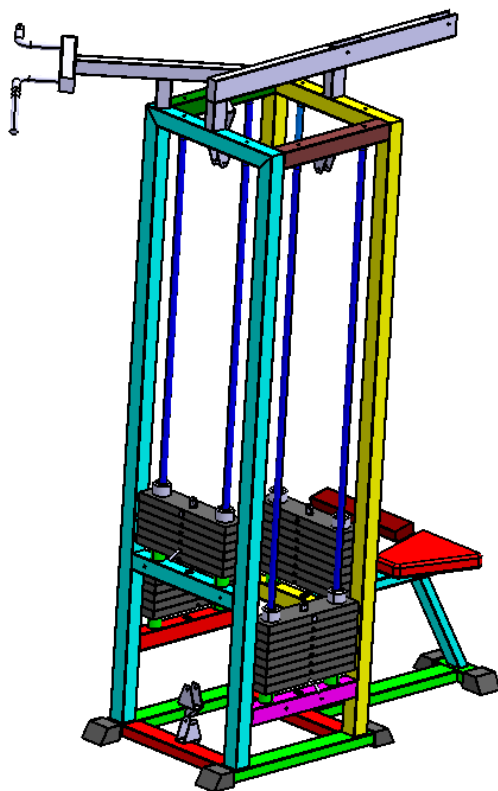
Слика 3.31 Постављање елемената на везу

Како се не би оштетио носећа цев тегова, између њега и тегова се постављају апсорбционе чауре. На **слици 3.32** приказан је изглед чаура (означене су зеленом бојом).

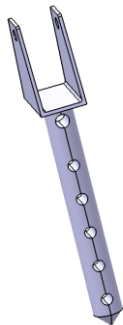


Слика 3.32 Апсорбциона чаура

Убацивањем подсклопова тегова у склоп гладијатора добија се приказ као на **слици 3.33**. Сви склопови система тегова се ограничавају у склопу на исти начин. Разлика између склопова је у дужини бочних вођица тегова, броју тегова и дужини централне вођице. Код система за вођење тегова намењених за вежбање бицепса и трицепса, разликује се централна вођица (**слика 3.34**) јер се на везује сајла директно, већ преко котура.



Слика 3.33 Склоп носеће конструкције и система тегова

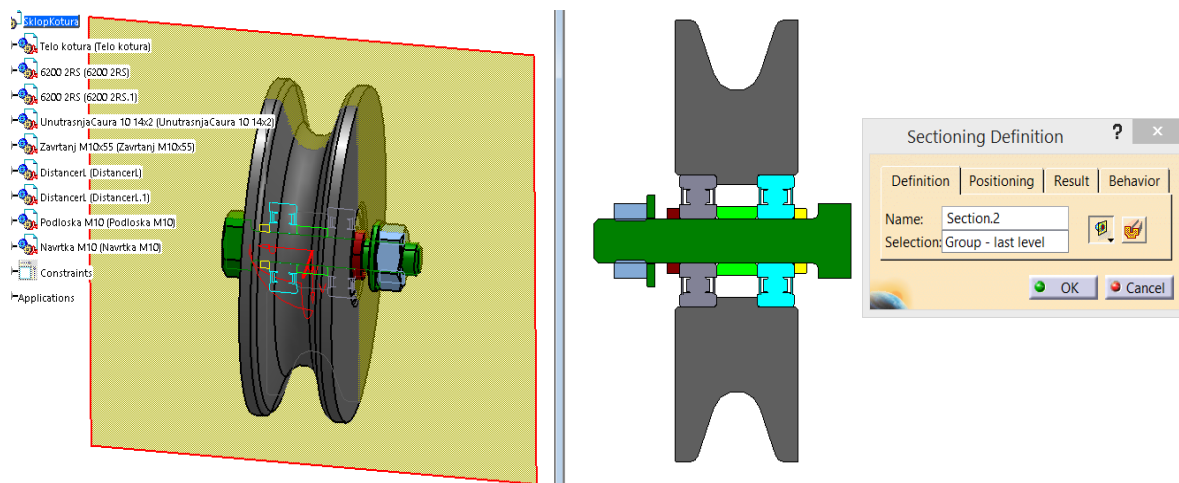


Слика 3.34 Централна вођица за тегове намењене за вежбу бицепса и трицепса

3.3 Развој модела склопа котура

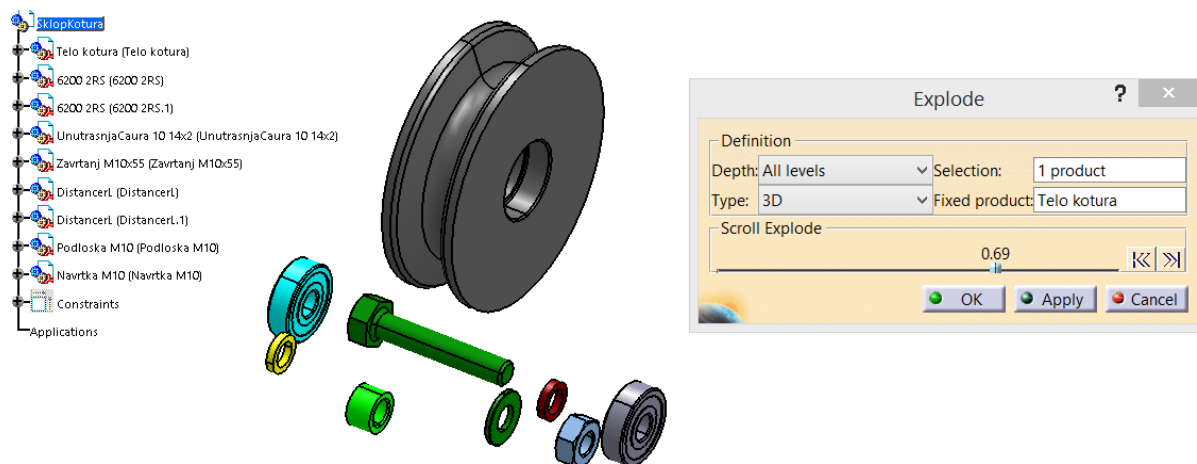
Тело котура се добија обрадом пластичног ваљка на стругу. Он је унифициран и употребљава се код свих машина у склопу гледијатора. Тиме је омогућена израда специјалних алата и смањеног времена рада на стругу, односно укупне цене готовог производа. По телу котура је усечен жљеб такав да обезбеђује оптимално налагање сајле пречника 10mm. У тело котура се уграђују куглични лежајеви ознаке 6200 2RS. Толеранције мера уградње су усвојене на основу препоруке произвођача лежаја. Како би се спречило померање лежаја по аксијалном правцу на подешени завртањ M10 (око којег се котур ротира) навлаче се одговарајући метални дистанцери, такође израђени на стругу. Они налажу на унутрашње прстенове лежаја.

Моделирање овог склопа започиње од лежајева. Димензије лежаја се могу наћи у каталогу. Могуће га је измоделирати или као step тип фајла га скинути са сајта произвођача [11]. Познавањем димензија носача котура, као и геометрије осталих склопова, димензионишу се тело котура, дистанцери и сви остали елементи. Склоп котура у пресеку изгледа као на **слици 3.35**.



Слика 3.35 Склоп котура

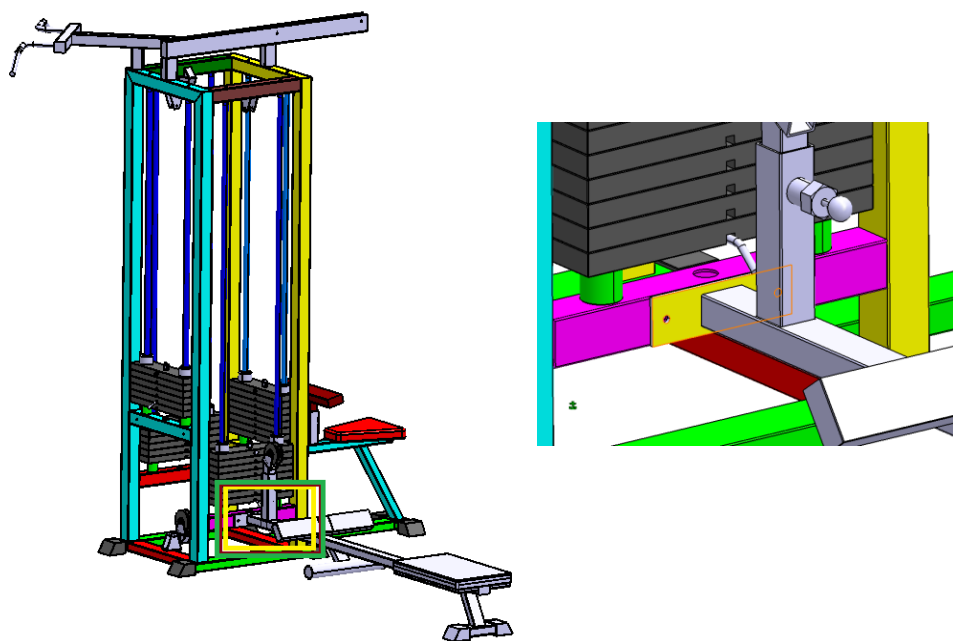
На **слици 3.36** су приказани делови склопа носача котура



Слика 3.36 Елементи склопа котура

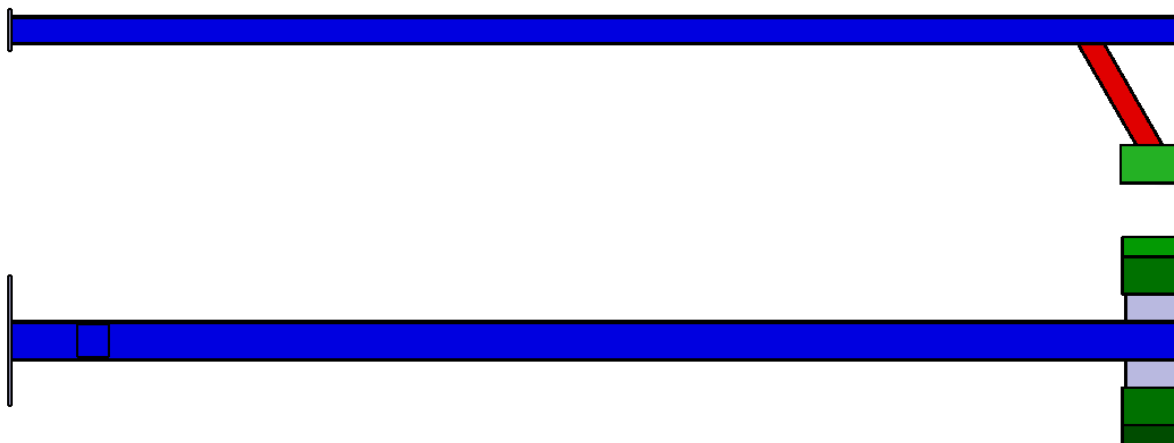
3.4 Развој модела справе за веслање

Склоп справе за веслање, у процесу производње познат и као доњи котур, омогућује тренирање леђних мишића. Склоп за веслање је монтажног карактера и повезује се са централним склопом уз помоћ плоче за везу, завртњева и навртки. Плоча за везу се добија сечењем пуног материјала попречног пресека 60x5mmи бушењем два отвора чије се димензије и позиције морају поклапати са димензијама и позицијама отвора на носећој структури (слика 3.38).



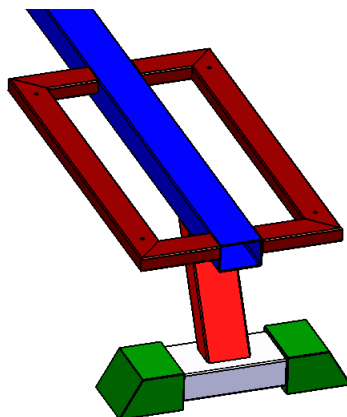
Слика 3.38 Плоча за везу

Носећа структура справе за веслање је приказана на слици 3.39. Њу чине три цеви правоугаоног профила. Главна носећа цев (плава на слици 3.39) има ознаку "NC SZV 1800 60x40x2" што значи да је дужина цеви 1800mm а димензије профила 60x40x2mm. Дужина ове цеви је одређена на основу постојећих машина за веслање. На њој се пре заваривања, односно склапања у склоп конструкције, просеца квадратни отвор за носећу цев подешавајућег носача котура.



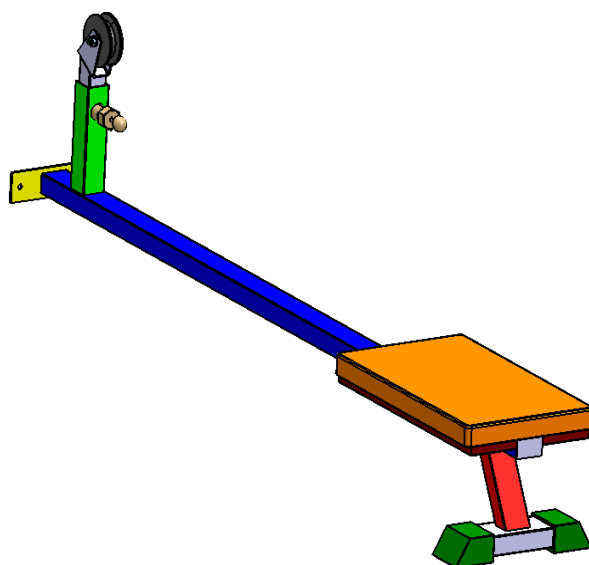
Слика 3.39 Носећа структура справе за веслање

На носећу структуру се заварује носач за седиште у позицији као на **слици 3.40**, израђен од цеви правоугаоног попречног пресека димензија 40x20x2mm. Кроз најдуже цеви се буши отвор пречника 5mm за пролаз холшрафа за дрво (седиште има дрвену основу). Поступак моделирања носача седишта је аналоган поступку моделирања основе гладијатора.



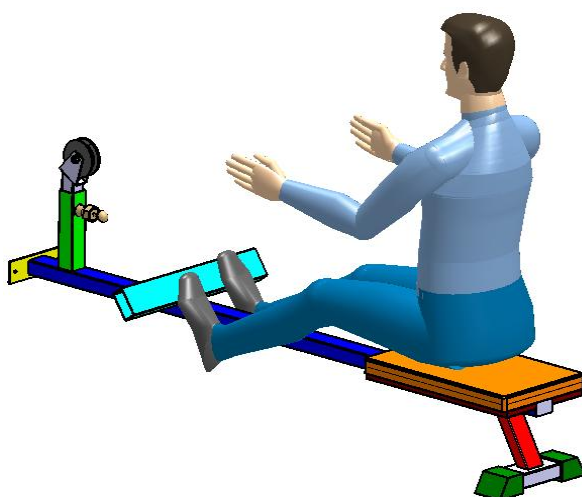
Слика 3.40 Носач седишта

Седиште (означено жутом бојом на **слици 3.41**) се моделира као склоп дрвета, сунђера и коже и поставља се на носач са **слике 3.40**. Након постављања седишта, у отвор на носећој цеви (означеној плавом бојом) поставља се цев за носач котура и заварује. За њега се заварује потезач и убацује се носач котура са монтираним котуром (**слика 3.42**) котур је могуће померати по висини померајући његов носач и фиксирајући га потезачем.



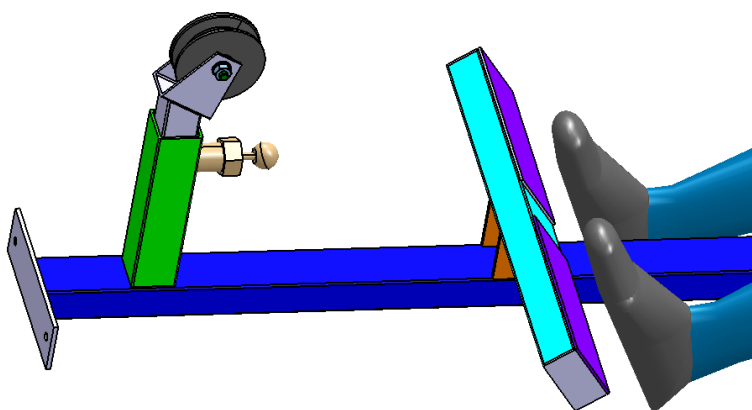
Слика 3.41 Склоп носеће конструкције, седишта и склопа носача котура

Котур за пренос оптерећења је подесив по висини и разлога потребе за тренирањем различитих делова леђа, ову подесивост омогућује унифициран склоп „потезач“ и цев мањих димензија са завареним носачем котура избушеним отворима која улази у већу цев на којој је заварен потезач. Да не би дошло до хабања фарбе услед дејства клина потезача при висинском подешавању, мања цев са избушеним отворима и носачем котура се цинкује или хромира у зависности од жеље купца. Овакво решење је врло примењивано у модерним фитнес центрима. Ослонац за ноге се вари на дефинисаној дистанци.



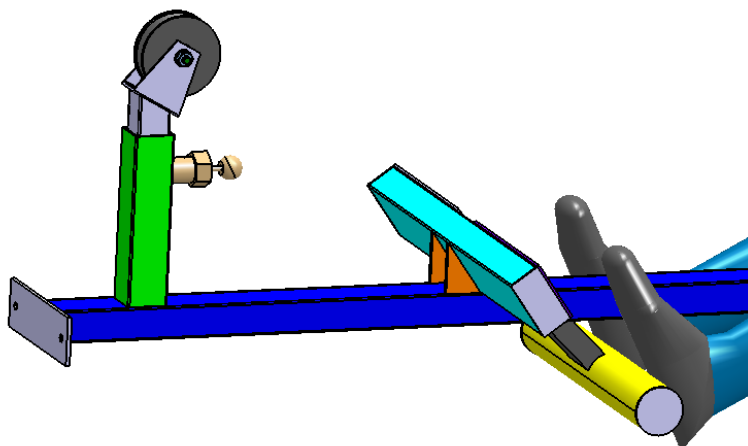
Слика 3.42 Позиционирање горњег ослонаца за ноге

Горњи ослонац се затвара плочицама са стране и вари за носећу цев преко додатних лимова. Како не би дошло до проклизавања ногу, на горњи ослонац се поп нитнама везују два профилисана алуминијумска лима (означена љубичастом бојом) (слика 3.43).

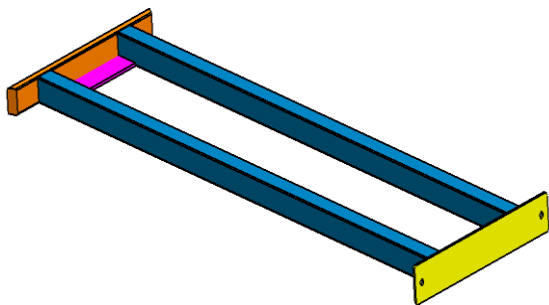


Слика 3.43 Горњи ослонац са алуминијумским лимовима

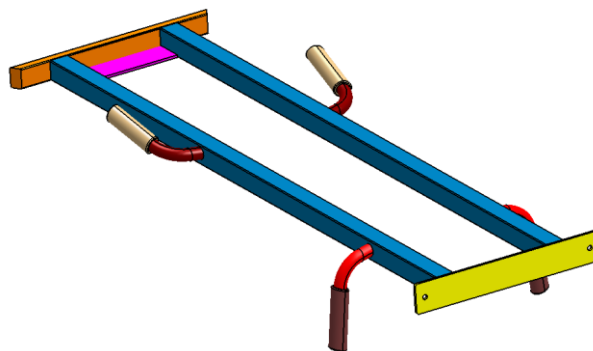
Склоп справе за веслање има опцију за поставање доњег ослонаца. Доњи ослонац нуди поједине предности при вежбању доњег дела леђа. На слици 3.44 приказана је позиција и изглед доњег ослонаца.



Слика 3.44 Доњи ослонац са алуминијумским лимовима

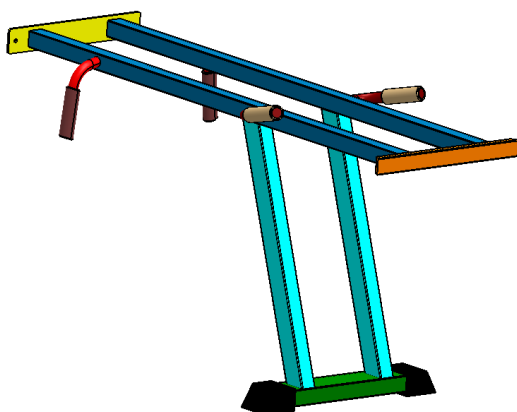


Слика 3.48 Носач седишта шут машине

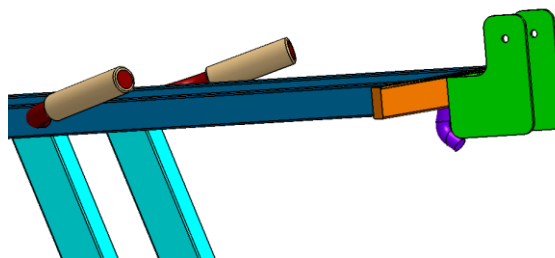


Слика 3.49 Носач седишта шут машине са постављеним ручкама

На склоп са **слике 3.49** заварују се цеви (под углом од 20 степени) које га повезују са постољном цеви на коју се постављају гуме за постоље (**слика 3.50**). Након тога, да би се добио коначан облик рама шут машине са пропратним елементима, на рам се заварују носач ротирајућег подсклопа (лим означен зеленом бојом на **слици 3.51**) и граничник (закривљена шипка означена љубичастом бојом на **слици 3.51**).



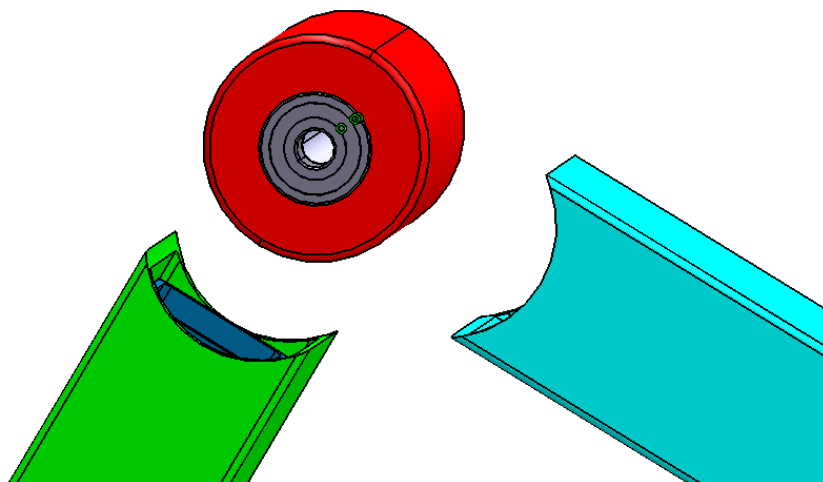
Слика 3.50 Повезивање постоља са носачем седишта



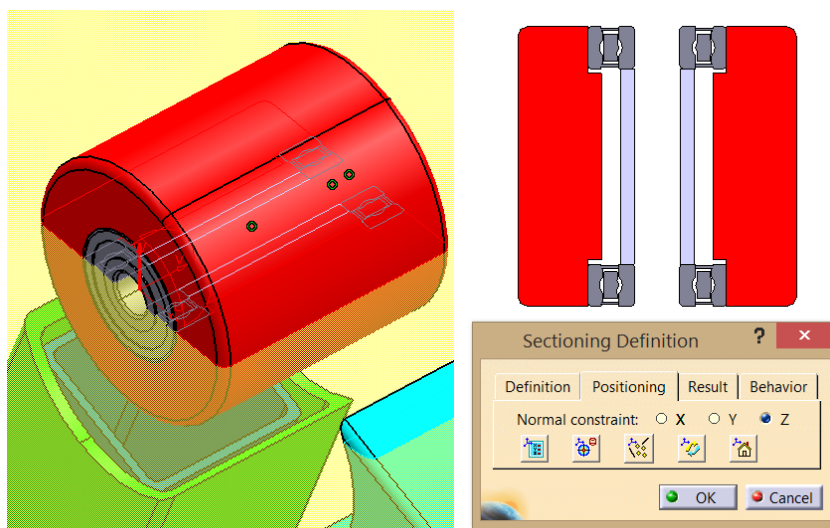
Слика 3.51 Носач и граничник ротирајућег подсклопа

Ротирајући подсклоп са ваљцима подесивим по дужини се састоји из кућишта са лежајевима на које се варе цеви са потезачима у које улазе цинковане цеви са кожним ваљцима испуњеним сунђером. Прецизност израде овог склопа обезбеђују специјализовани алати за заваривање који смањују деформације до којих може доћи током заваривања, тако што фиксирају све компоненте склопа.

Моделирање ротирајућег подсклопа започиње од кућишта са лежајима (**слика 3.52**). На **слици 3.53** приказан је пресек кућишта лежаја без завртња. Оно се израђује на стругу од челика. Толеранције мера унутрашњих отвора у кућишту усвојене су на основу препорука произвођача лежаја. Лежаји су унифицирани, те се користе исти као и код котура - 6200 2RS. Унутар кућишта се налази дистанциона чаура која належе на доње пресенове лежаја.

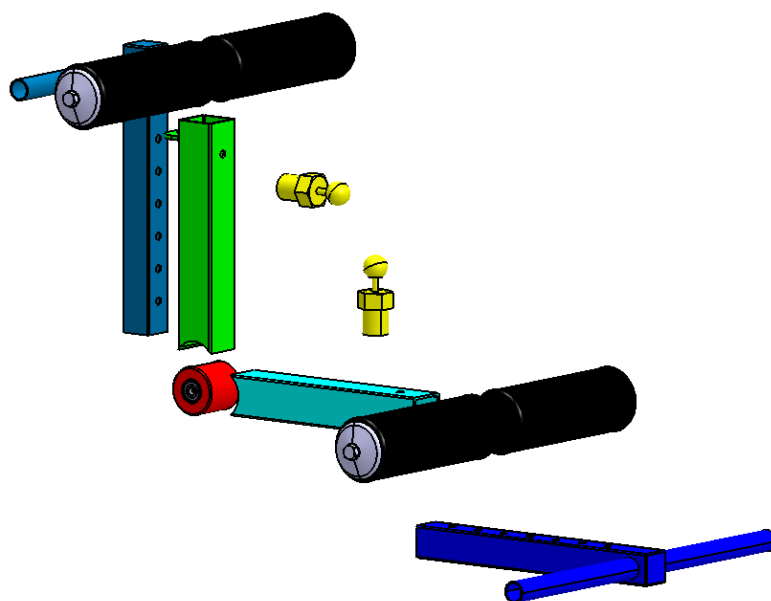


Слика 3.52 Кућиште лежаја



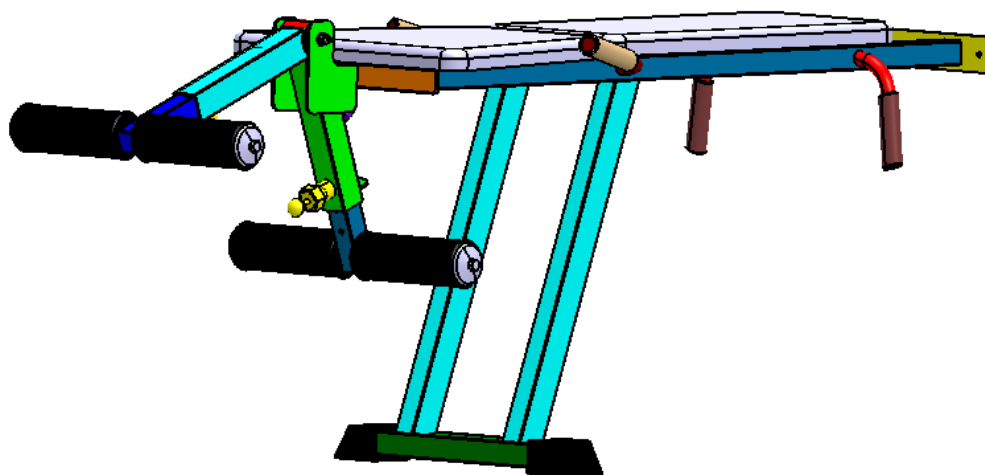
Слика 3.53 Приказ попречног пресека склопа кућишта лежаја

Моделирање осталих елемената попут, сунђера, засечених цеви и завртњева се спроводи на исти начин као код претходно измоделираних елемената. На **слици 3.54** су приказани елементи који се моделирају и потом склапају у ротирајући подсклоп (**слика 3.47**). Димензије елемената су засноване на основу упоредне анализе и дугогодишњег искуства при изради справа вежбање.



Слика 3.54 Елементи ротирајућег подсклопа

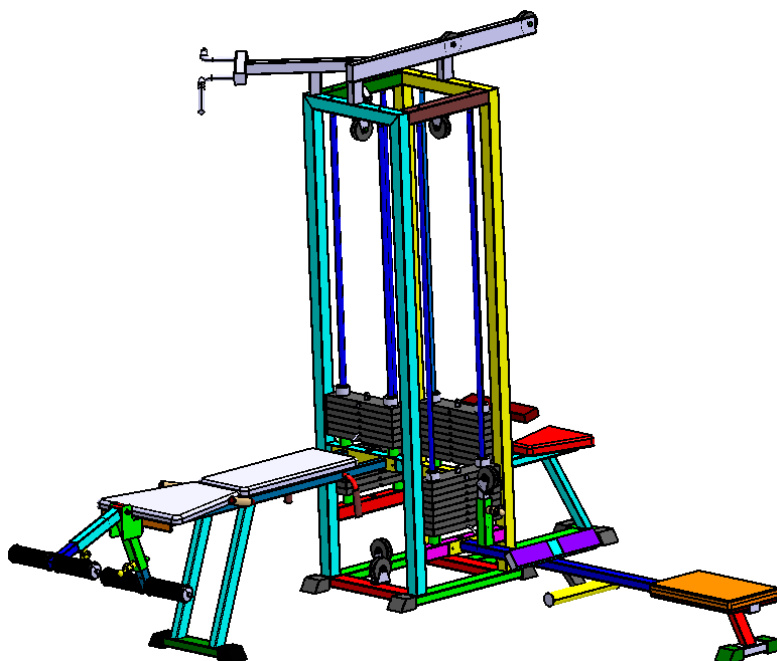
Након моделирања ротирајућег склопа и основне конструкције шут машине све елементе, укључујући и седишта монтирају се у склоп шут машине (слика 3.55). Тиме су измоделирани сви основни елементи. Потребно је направити пропратне елементе и убацити их у финални склоп. Под пропратне елементе спадају сајле, ручке, завртњеве, заштитни лимови, поркетни котури за машину за бицепс и трицепс, подлошке и навртке.



Слика 3.55 Склоп шут машине

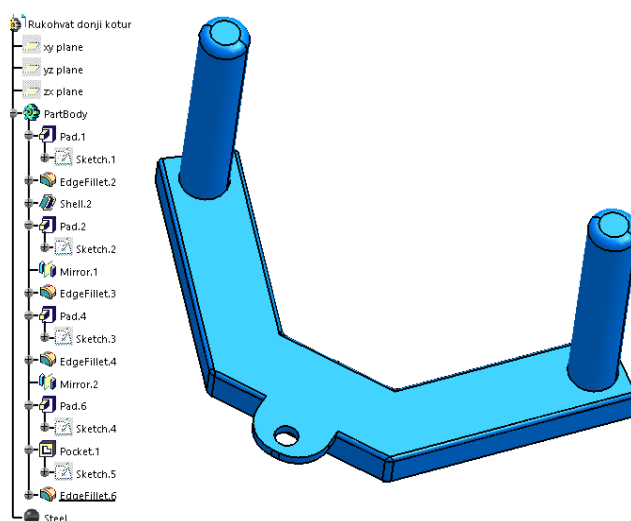
3.6 Развој модела пратећих елемената

Пратеће елементе представљају рукохвати за бицепс, трицепс, справу за веслање, држачи за бицепс, покретни котур за бицепс и трицепс, сајле и шелне за сајле. Како би се олакшао процес моделирања пратећих елемената, најпре је пожељно формирати финални склоп гладијатора са свим до сада измоделираним елементима. Као основни склоп користи се основа склопа гладијатора. Она се фиксира и на њу се одговарајућим командама додају справа за веслање и шут машина. Такође се додају котурови на предвиђена места.



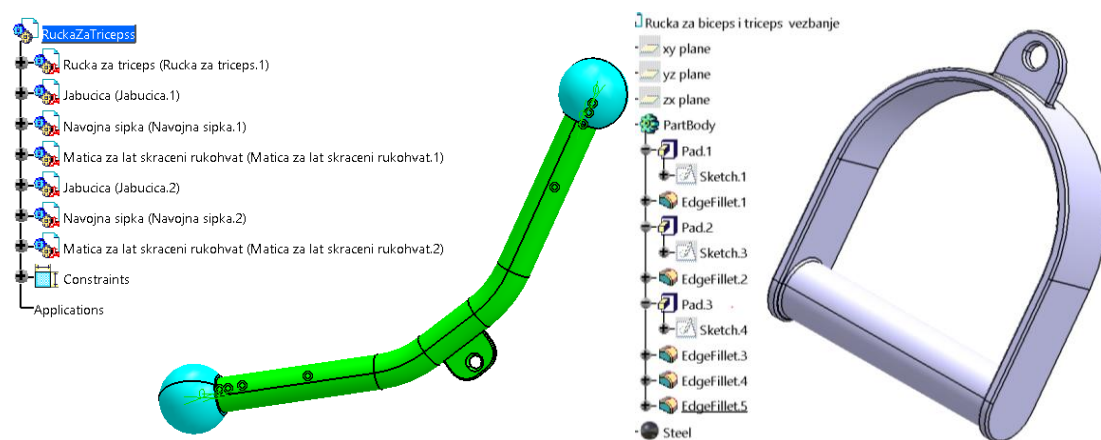
Слика 3.56 Повезивање елемената у финалном склопу

Због своје трајности, рукохвати се израђују од челика. Добијају се међусобним заваривањем шипки димензија 40x20 под углом. На њих се накнадно заварују две цеви кружног попречног пресека и ушица за прихват сајле (слика 3.57). Коначан изглед приказан је на слици 3.57.



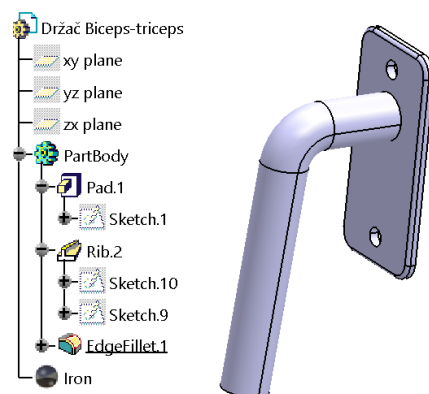
Слика 3.57 Рукохват за веслање

Аналогно рукохвату за веслање, креирају се рукохвати за бицепс и трицепс (слика 3.58). Ова два елемента у комбинацији са теговима чине склоп за тренирање руку. Склоп за тренирање руку омогућује тренирање мишићних партија бицепс и трицепс једноручно и дворучно зависно од додатног рукохвата који вежбач може да одабере. Код овог склопа не постоји додатна констукција, основу овог склопа чини затворени систем сајле за подизање оптерећења који је је тако конципиран да се са једним склопом тегова сајла може повлачити са два различита места одозго и одоздо па се тако могу тренирати ове две мишићне партије бицепс и трицепс. Додатни фиксирани рукохват (држач за бицепс и трицепс) у виду искривљене цеви заварене на монтажну плочу (слика 3.59) пружа вежбачу могућност држања и повећања сопствене стабилности приликом извођења вежбе. Затворен систем сајле завршава се ротирајућим носачима котура који покривају угао повлачења сајле до 140° и жабицама за затезање сајле са урезаним навојем и два завртња.



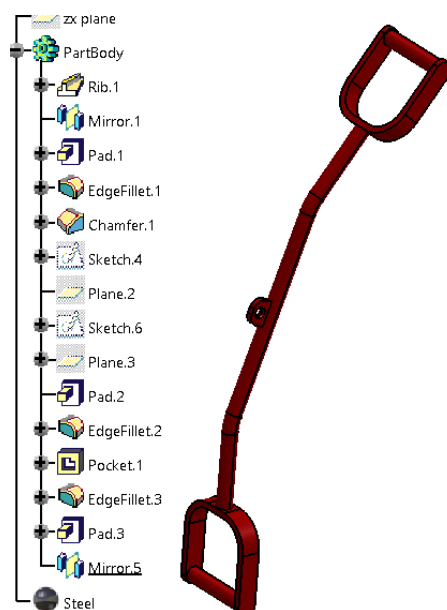
Слика 3.58 Рукохват за трицепс (лево) и бицепс (десно)

Рукохват за трицепс се користи за тренирање мишићних партија бицепс и трицепс. Повећање мишићне масе и снаге је основна сврха тренирања вежбача која често захтева рад са већим тежинама, самим тим „скраћени лат рукохват“ (слика 3.58 - лево) мора бити анатомски прилагођен зглобовима шака који су извођењем ове вежбе посебно оптерећени. Смањење оптерећења зглобова и већа пријатност у раду се остварује угловима савијања од по 30° са обе стране рукохвата. Производни процес рукохвата за трицепс почиње сечењем цеви пречника 26.9 на жељену димензију, потом обарањем унутрашњих ивица и кривљењем цеви. Кривљење цеви се врши на алату са полугом и угломером или на машини за кривљење са електричним погоном. Држач за бицепс-трицепс (слика 3.59) се повезује у главни склоп завртњевима или поп нитнама.



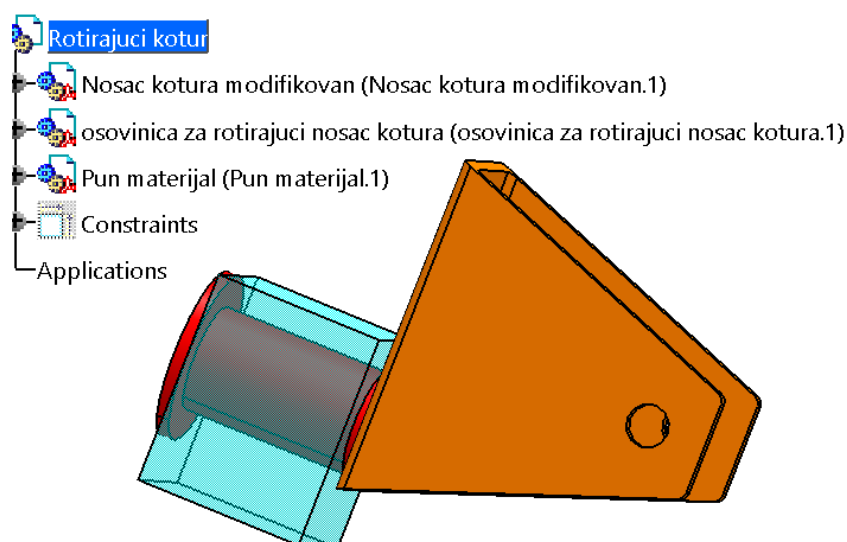
Слика 3.59 Држач бицепс-трицепс

Лат рукохват се изражује од закривљених цеви и лимова. На **слици 3.60** приказан је изглед лат рукохвата. Димензије, односно распон рукохвата, степен закривљености и ручица су усвојени на основу упоредне анализе справа различитих произвођача.



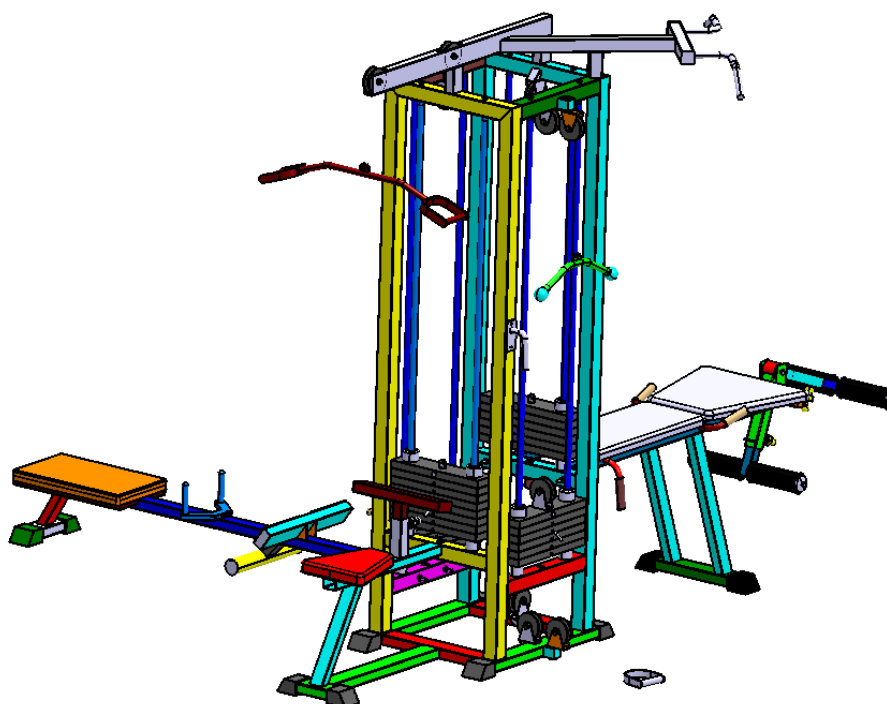
Слика 3.60 Лат рукохват

При вежбању руку, односно рада на машини за бицепс и трицепс услед извођења одређених покрета руком, сајла се увија и ствара се могућност за њено испадање са котура. Због тога је уведен систем са ротирајућим котуром који има задатак да испрати кретање руку у што већој мери и спречи "ломљење", односно испадање сајле. На **слици 3.61** је дат приказ ротирајућег котура који служи као носач ротирајуће осовинице и као елеменат за везу са носећом конструкцијом склопа гладијатора.



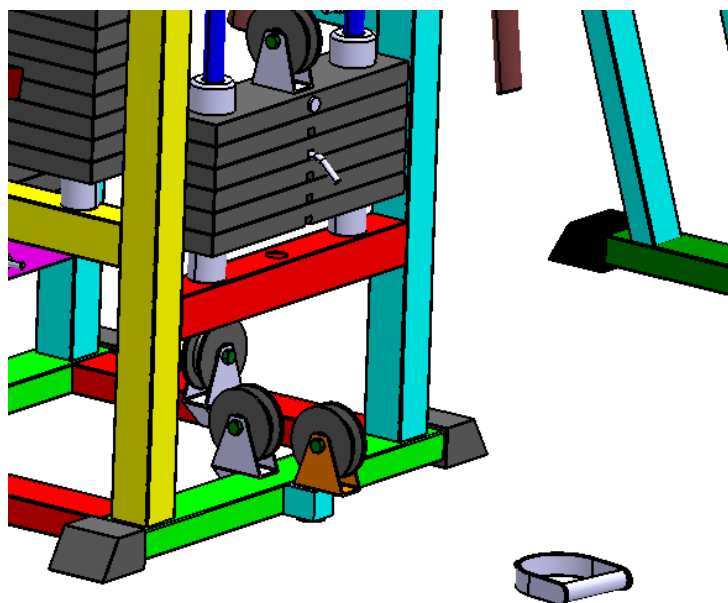
Слика 3.61 Ротирајући котур

Позиционирањем измоделираних делова у склоп гладијатора добија се приказ као на **слици 3.62**.



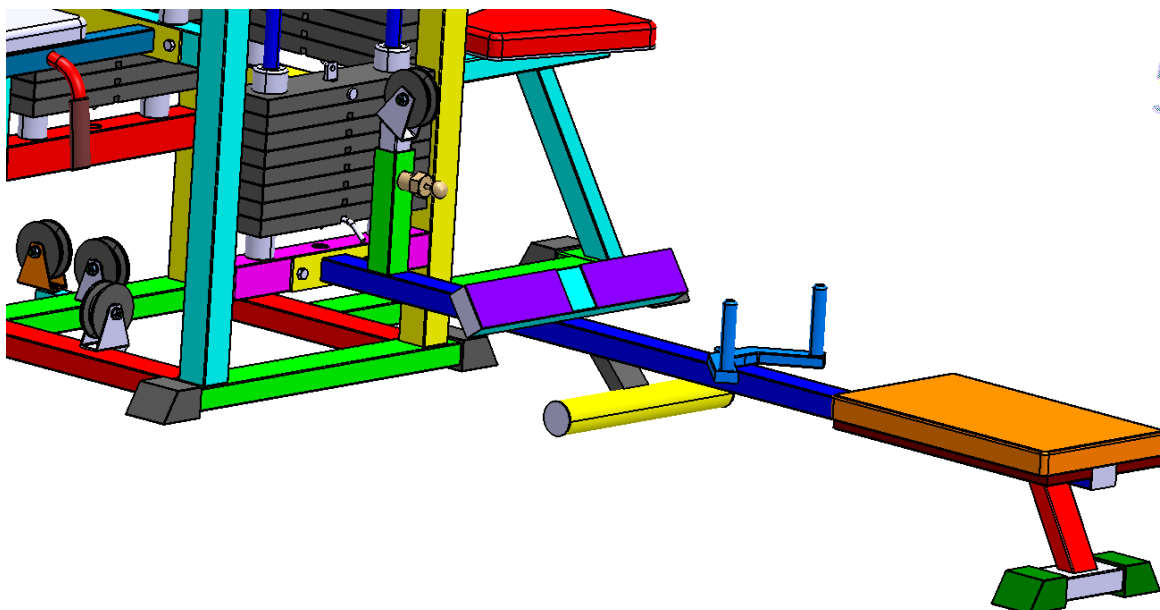
Слика 3.62 Постављање пропратних елемената

Рукохват за бицепс се поставља као на **слици 3.63**. Његова позиција диктира дужину сајле. Осим рукохвата за бицепс, на слици се јасно може видети позиција ротирајућег котура.



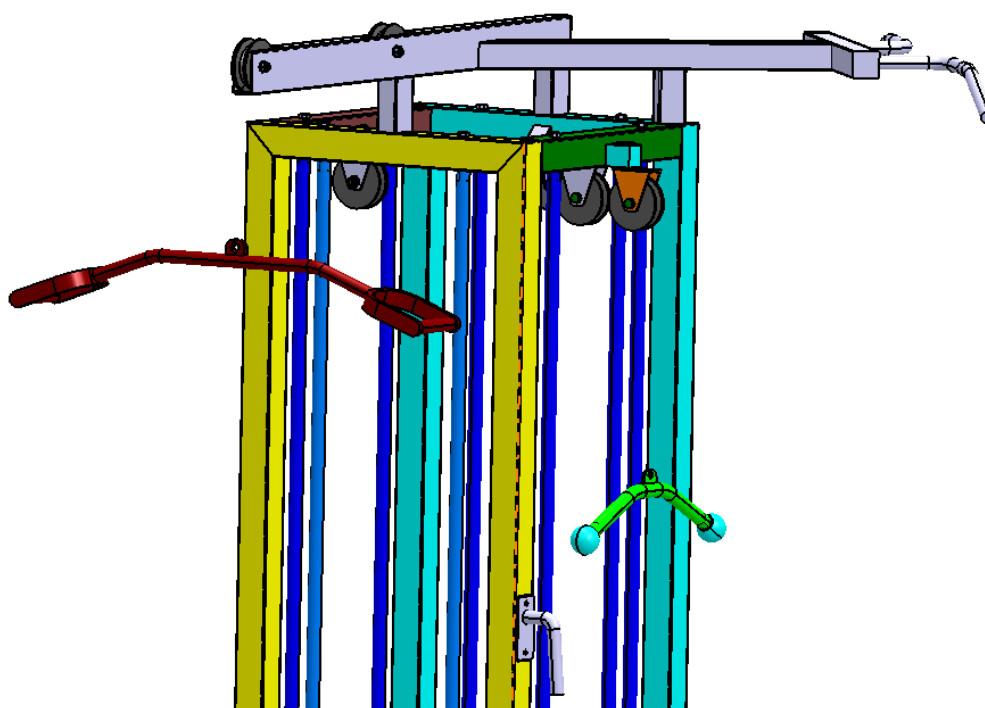
Слика 3.63 Позиција рукохвата за бицепс

Позиција рукохвата за веслање је приказана на **слици 6.64**. Аналогно као и код предходног случаја, позиција рукохвата за веслање диктира дужину сајле за веслање у 3Д моделу.



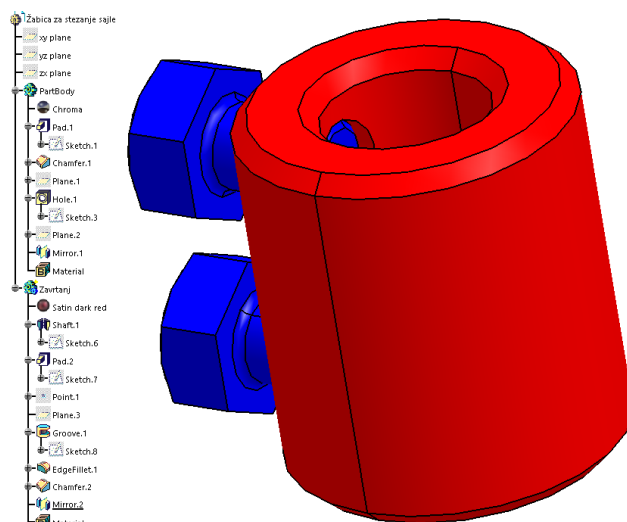
Слика 3.64 Позиција рукохвата за веслање

Позиција лат рукохвата и рукохвата за трицепс је приказана на **слици 3.65**. Она је пре свега прилагођена висини просечног човека и свакако је прилагодљива по потреби. Жабице које фиксирају "омчу" сајле пружају могућност подешавања.

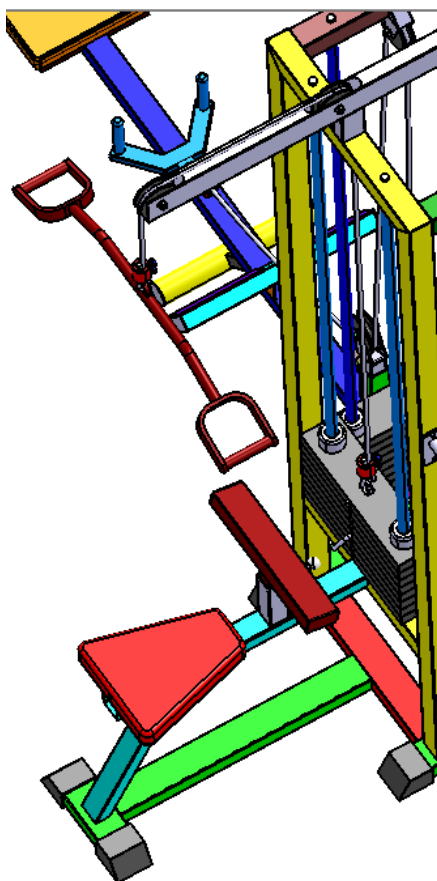


Слика 3.65 Позиције лат рукохвата и рукохвата за трицепс

Након подешавања позиција рукохвата, започиње се моделирање сајли. Сајли се након тога додаје материјал на начин на који је приказано у претходном делу рада. Након моделирања сајле, неопходно је измоделирати и елеменат за притезање - цилиндричну челичну шелну или другим речима "жабицу". На **слици 3.66** је приказан модел шелне. Након моделирања шелне могуће је склопити целу лат машину (**слика 3.67**).



Слика 3.66 Модел шелне за стезање сајле ("Жабице")

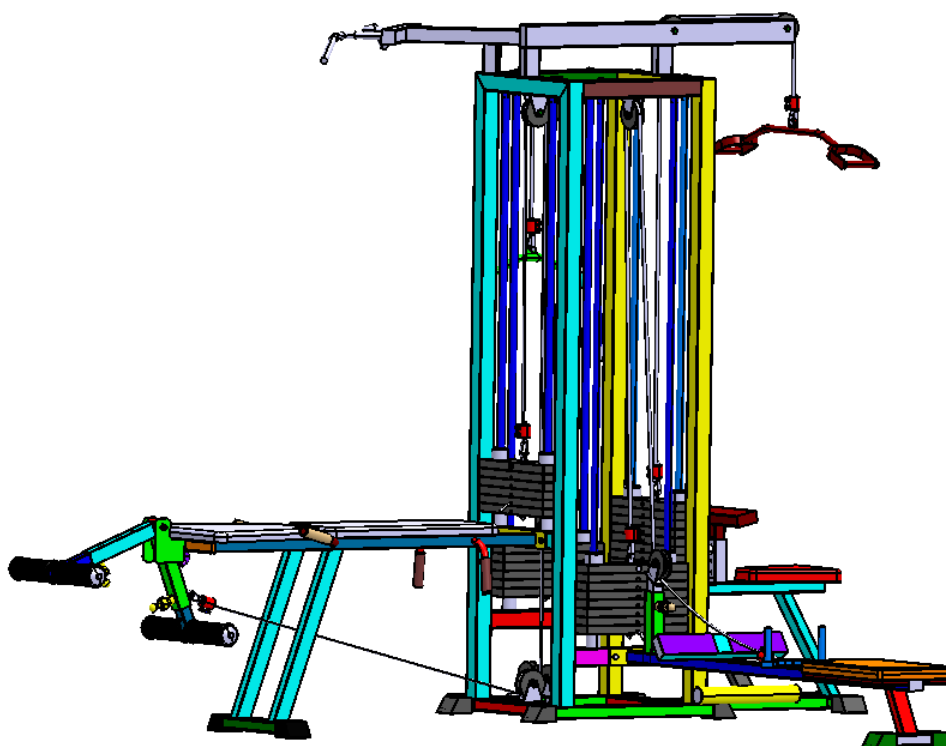


Слика 3.67 Склоп лат машине

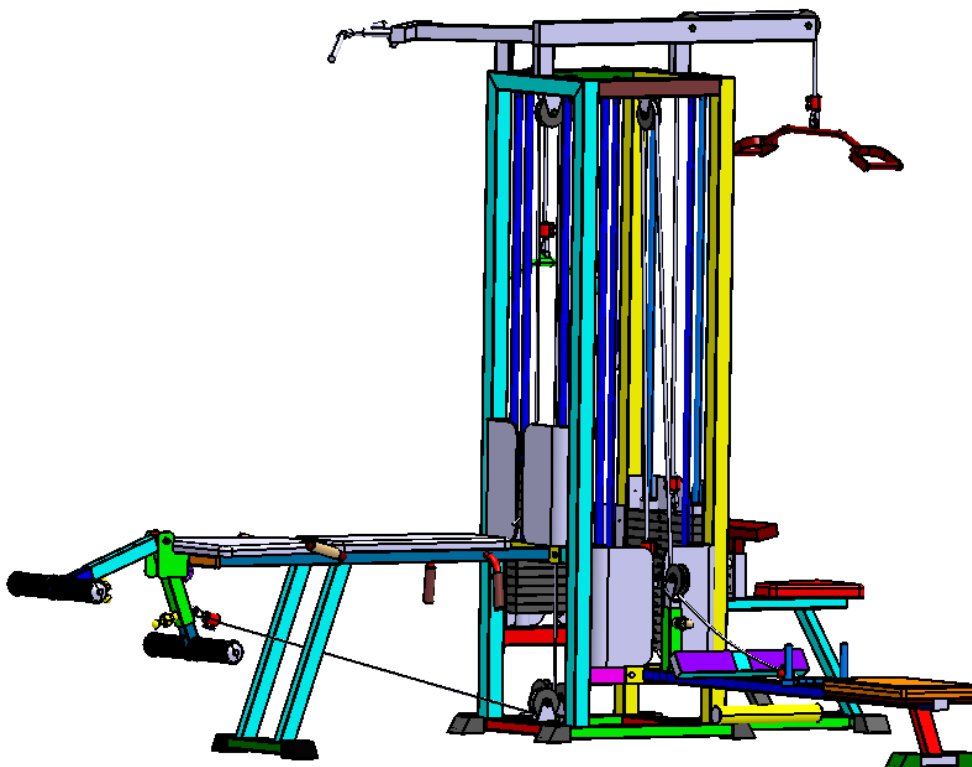
По узору на процес моделирања сајле за лат, моделирају се и остале сајле и убацују у финални склоп. Све сајле се савијају у једној равни што олакшава њихово моделирање. Након тога се врши провера да ли су сви елементи на свом месту и да ли им је додељен одговарајући материјал.

4. Геометријски модел справе "Гладијатор" и могућности његове примене

Креирањем свих потребних елемената, сачињен је склоп гладијатора (слика 4.1). Као додатни елементи, по жељи будућих купаца би се могле користити заштитне облоге за тегове од плексигласа. Њихова намена је да смање могућност повређивања вежбача при померању тегова. На слици 4.2 је приказан је склоп гладијатора који садржи заштитне облоге. Реалистични приказ тродимензионалног модела склопа гладијатора је врло пожељан за потребе анимација, рекламирања производа на интернету, креирање 3Д слика, односно при стварању виртуалне реалности итд. За такве потребе, постоје специјалне врсте софтвера (нпр. *KeyShot*) из којих се могу добити слике и снимци високих резолуција са врло реалистичном сликом жељеног производа. На слици 4.3 приказан је рендер добијен употребом софтвера CATIA.



Слика 4.1 Склоп гладијатора без заштитних облога



Слика 4.2Склоп гладијатора са заштитним облогама



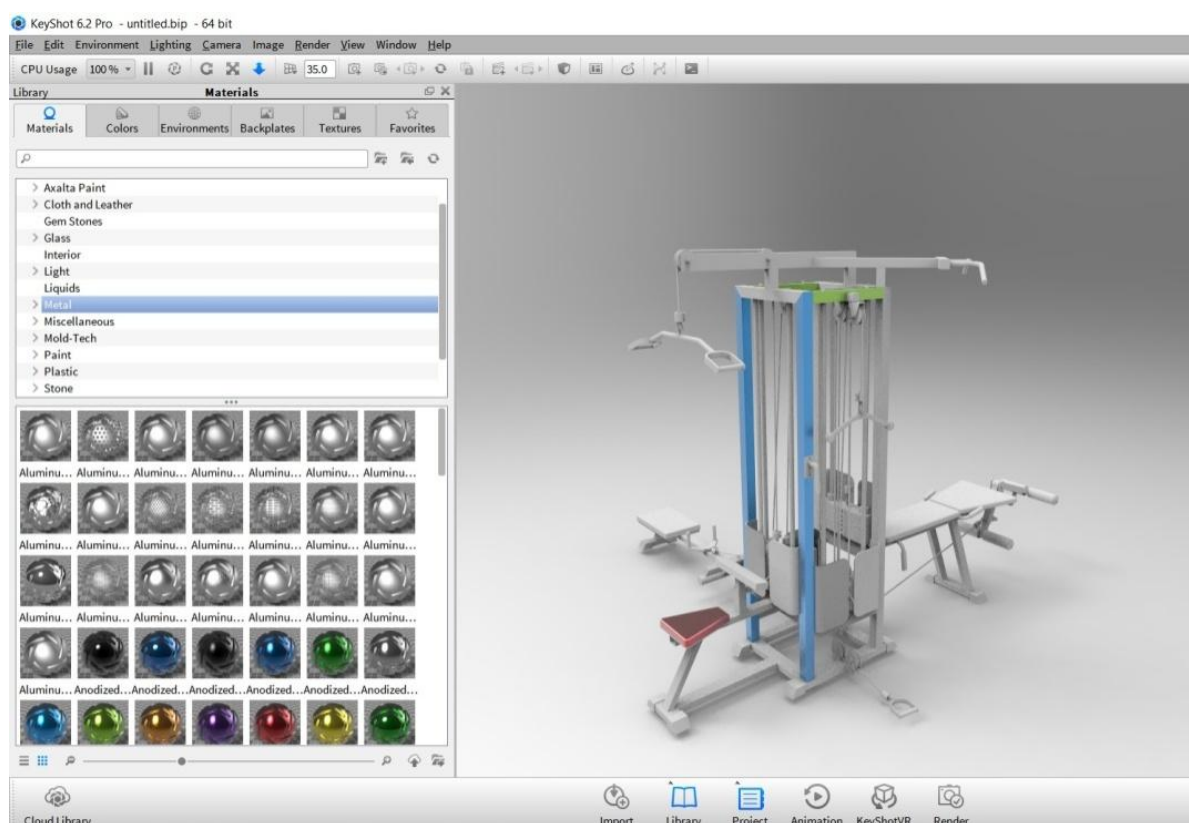
Слика 4.3 Реалистичан приказ склопа гладијатора добијен употребом софтвера CATIA V5

4.1 Примена геометријског модела за потребе маркетинга

Геометријски модел се може искористити за потребе маркетинга на велики број начина. Један од основних су креирање слика високе резолуције са врло реалистичним приказом производа. Реалистичан приказ геометријског модела употребом софтвера *KeyShot* се остварује следећим поступком:

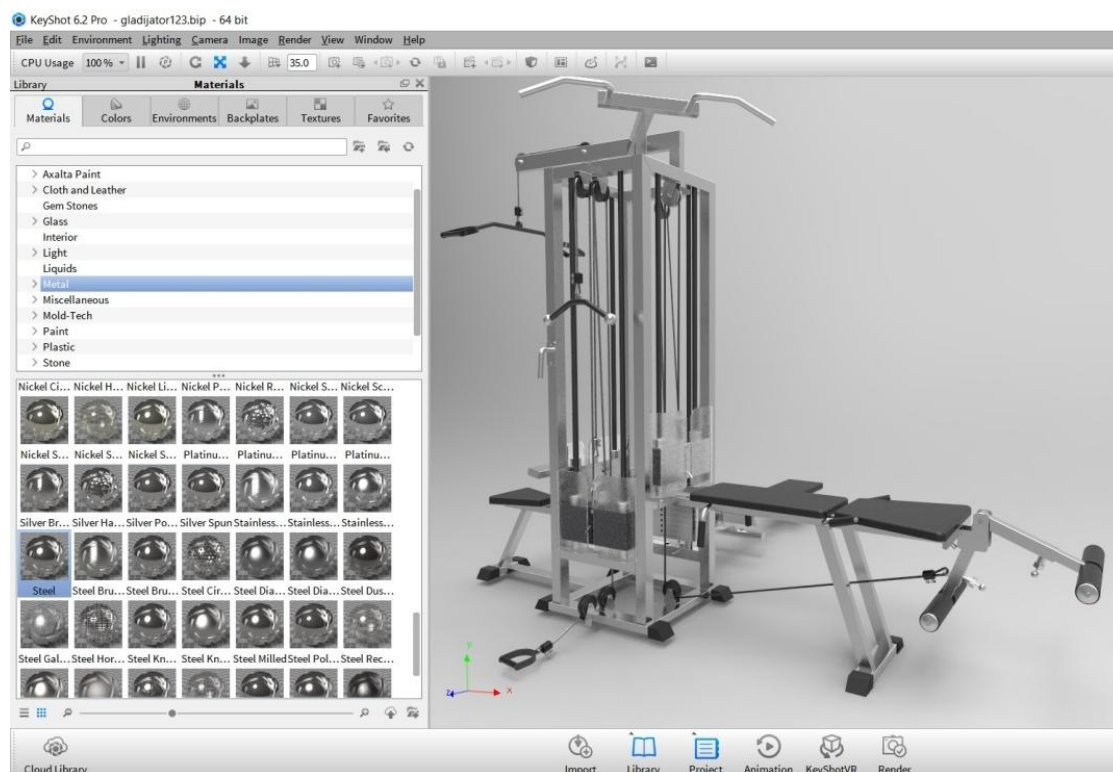
1. У софтверу САТИА (или било ком другом CAD софтверу) изради се геометријски модел и сними са екстензијом *stp*.
2. Одговарајући фајл се "импортује" у софтвер *KeyShot*
3. Свим потребним елементима додељује се одређени материјал из каталога материјала
4. Подешава се осветљење, бира се позадина и дефинише се њен тип
5. Подешавају се параметри "рендеровања" (по жељи анимације, виртуалне реалности итд) и започиње се креирање реалистичног приказа - рендера (анимације, виртуалне реалности итс)

Материјал се додељује превлачењем материјала на жељени део у моделу (слика 4.4).



Слика 4.4 Додељивање материјала деловима склопа Гладијатора

Додељивање материјала се врши док се не добије жељени изглед конструкције (слика 4.5). Након тога се врши рендеровање.



Слика 4.5 Доделивање материјала деловима склопа Гладијатора

При подешавању рендера (анимације, виртуалне реалности) могуће је изабрати тип жељеног фајла који се рендером добија. У случају класичног рендера, то су екстензије везане за слике - TIFF, JPEG, JPG и њима сличне. Могуће је изабрати резолуцију и величину слике, изабрати име добијене слике и фолдер у коме ће бити сачувана. На **слици 4.6** је приказан рендер "Гладијатора" добијен употребом софтвера *KeyShot*.



Слика 4.6 Рендер геометријског модела "Гладијатора"

За потребе купаца, могуће је променити врсту материјала и боје елемената гладијатора. На **сликама 4.7 и 4.8** приказане су варијанте гладијатора у различитом дезену (црно-црвена и сиво-црвена). Добијене слике се могу поставити у каталогу, на интернет страницама и слично, иако производ није направљен. Тиме се може обухватити цео асортиман потенцијалних производа без производње.



Слика 4.7 Црно - црвена варијанта гладијатора



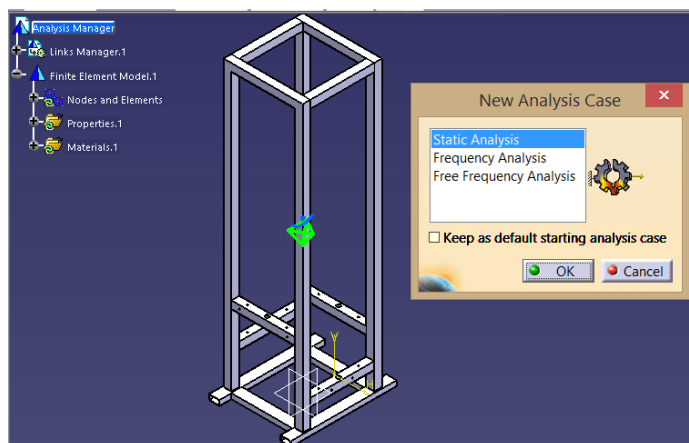
Слика 4.8 Сиво - црвена варијанта гладијатора

Да би корисник могао квалитетно да сагледа све детаље справе путем интернета, потребно је на исти поставити велики број слика из различитих углова. Креирањем виртуалне реалности (3Д слике) у софтверу *KeyShot* могуће је то остварити.

4.2 Примена геометријског модела за потребе нумеричких анализа

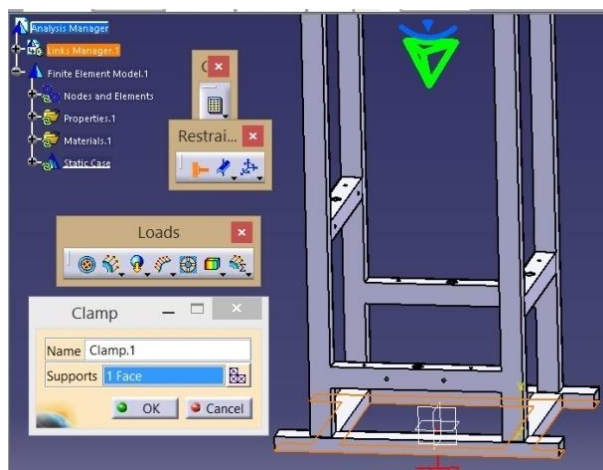
Анализе су саставни део процеса конструисања. Постоји велики број софтвера намењених за нумеричке анализе конструкција који се масовно користе у процесу пројектовања истих. Неки од њих су Femap, Ansys, LsDyna, Nastran итд. Чест је случај да се модули за нумеричку анализу постоје у CAD софтверима. Пример за то су CATIA, Solid, Inventor итд. Квалитет и тачност резултата је неминовно боља у софтверима креираним искључиво за нумеричку симулацију.

На основу наведеног, за потребе нумеричке провере посматране конструкције могуће је користити софтвер CATIA. Креирана конструкција је оптерећена статички и динамички. Носећи део трпи ударна оптерећења услед пада тегова. Завртањске везе које носе котуре су такође оптерећене динамички услед промене оптерећења приликом подизања и спуштања тегова итд. Нумеричка анализа основних цеви носеће конструкције на статичко оптерећење је узета као пример. Иако су елементи оптерећени динамичком силом, за потребе ове симулације усвојена је дупло већа статичка сила на месту где су постављени тегови. Усвојено је да се на сва четири места налазе по 200kg тегова, односно 2000N оптерећење.



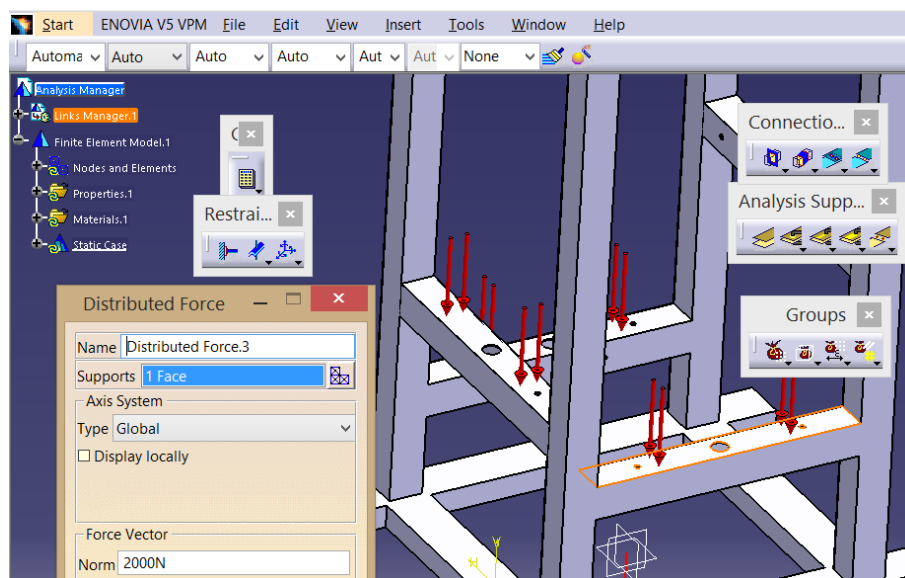
Слика 4.9 Покретање статичке анализе

Да би се извршила статичка анализа потребно је поставити гранична ограничења, задати оптерећења и креирати мрежу. Додирне површине носача са подлогом је потребно фиксирати (слика 4.10).



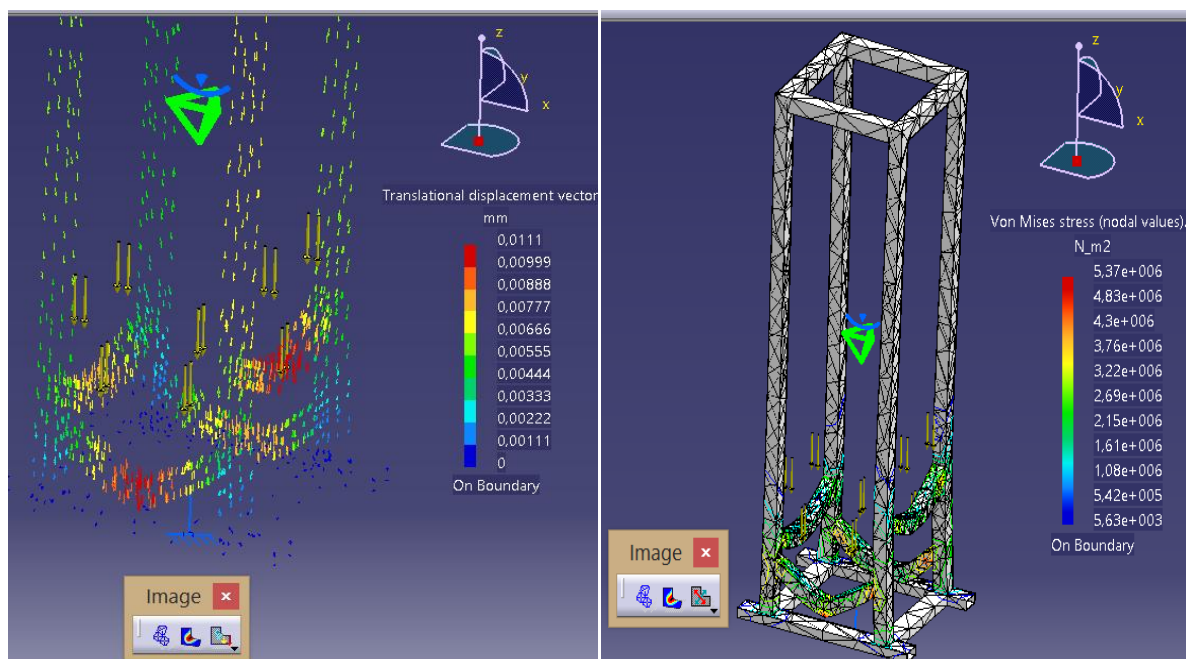
Слика 4.10 Постављање ограничења

Након постављања ограничења, на места где су предвиђени носачи тегова, односно амортизационе чауре, поставља се оптерећење у облику две концентрисане силе укупне вредности 2000N. Силе је потребно поставити на сва четири носача тегова. Пре покретања симулације потребно је дефинисати мрежу.



Слика 4.11 Постављање оптерећења

На слици 4.12 су приказани резултати - деформација и напони. Са њих се може закључити да је конструкција предимензионисана. Целокупно померање конструкције при дупло већем статичком оптерећењу од реалног износи 0,01mm. Напони су мали. Вишеструко мањи од напона на течење просечног конструкционог челика.

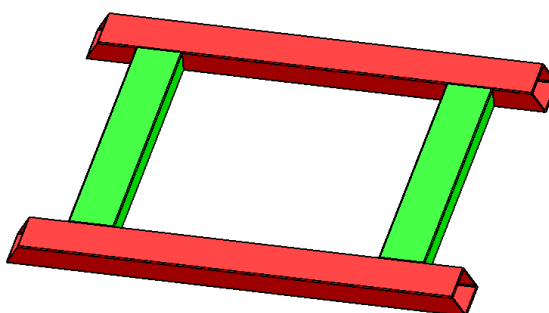


Слика 4.12 Добијени резултати нумеричком анализом

4.3 Примена геометријског модела за потребе пројектовања алата

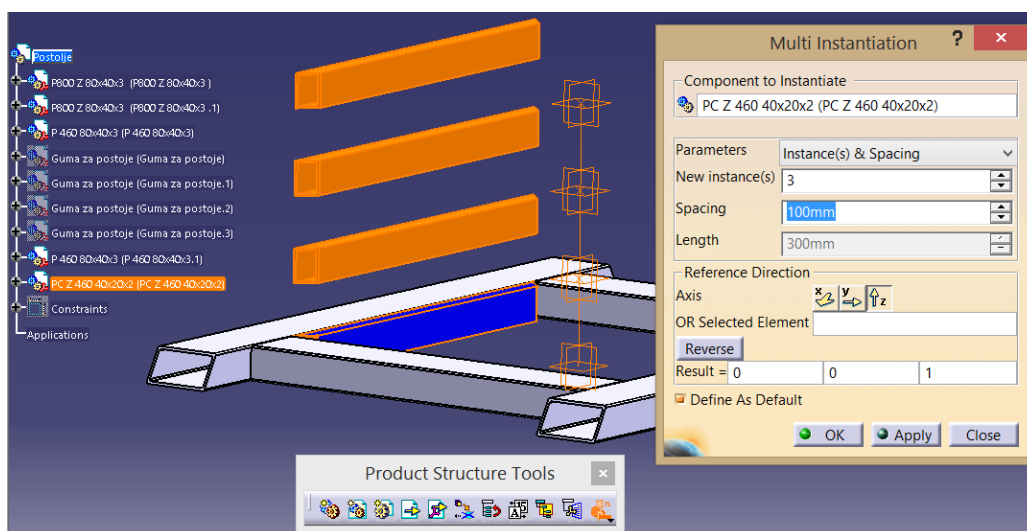
При производњи заварених конструкција, чест је случај употребе алата за позиционрање и стезање елемената који се заварују. Геометријски модел је добра основа за пројектовање таквих алата.

На пример, како би се олакшало позиционирање цеви постоља (слика 4.13) основе гладијатора, пожељно је направити одговарајући алат за позиционирање. Употребом већ постојећег геометријског модела склопа гладијатора, односно у овом случају постоља основе, помоћни алат се може испројектовати великом брзином.



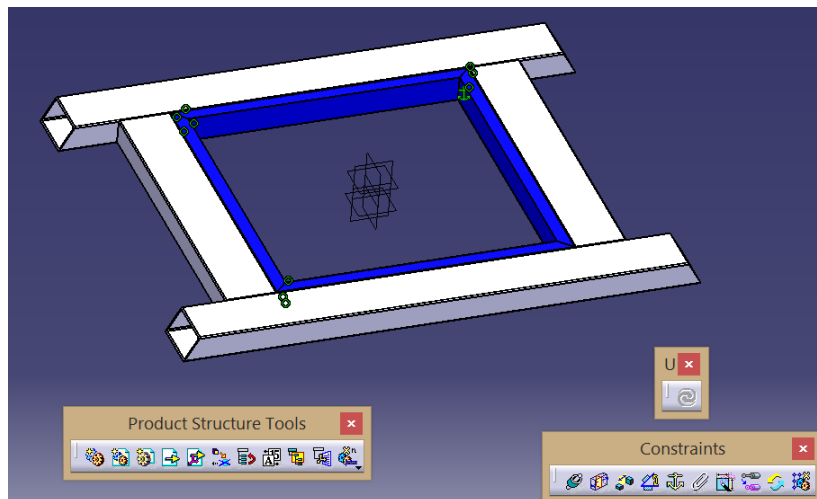
Слика 4.13 Цеви постоља основе гладијатора

Као елементаран пример, приказан је поступак пројектовања алата за позиционирање цеви са слике 4.13. Циљ пројектовања овог алата је омогућавање брзог позиционирања и спречавања савијања цеви током заваривања. Унутарашњи део постоља основе гладијатора је квадрат. Према томе, потребно је креирати такав алат, који ће спречити могућност настанка грешке при заваривању. Пожељно је искоришћење већ постојећих цеви. Цеви које су се користиле за носач седишта справе за веслање имају правоугаони попречни пресек димензија 40x20x2. Оне су подобне за креирање помоћног алата. Потребно је измоделирати једну засечену цев (под углом од 45 степени), дужине 460mm. Увожењем цеви у склоп постоља и њеним мултиплицирањем добија се приказ као на слици 4.14.



Слика 4.14 Мултиплицирање цеви

Након постављања цеви на одговарајуће позиције добија се приказ као на **слици 4.15**. Тиме је направљен склоп елементарног помоћног алата за позиционирање. Овакав алат је у исто време и контролник. У малосеријској производњи је увек могуће појављивање грешака. На пример, при постављању цеви у позицију као са **слике 4.15** услед неслагања дужина цеви (означених зеленом бојом на **слици 4.13**) и дужина алата јасно је да је настала грешка при сечењу истих.



Слика 4.25 Алат за позиционирање цеви постоља

4.4 Остале примене геометријског модела

Геометријски модел, осим поменутих, могуће је искористити у разне сврхе. На основу њега, могуће је пројектовати и симулирати технолошке процесе (нпр. симулација обраде на CNC обрадним центрима), креирати виртуелне производне системе итд.

Сечење цеви на CNC ласерима је саставни део масовне производње конструкција овог типа. Потом, израда свих цилиндричних елемената (котурова, дистанцера лежајева, мушких и женских додатака за везу, чаура итд.) је могућа на CNC струговима. Симулирањем тих производних процеса, креирањем CNC кода на основу геометријских модела, убрзава се процес производње.

Виртуелни производни системи представљају врло широку област. Спектар пројектантских активности приликом пројектовања нових производних погона је изузетно широк. Углавном је за такав подухват потребан пројектантски тим који сачињава већи број стручњака различитих профила.

За процес производње, од велике помоћи може бити сам систем означавања елемената геометријског модела. На пример, читањем ознака цеви из стабла склопа справе за вежбање - "Гладијатора", могуће је одредити минималну потребну количину цеви. Другим речима, могуће је максимално искоришћење полуфабриката.

Можда и најбитнија примена геометријског модела (уопштено CAD софтвера) су брзе и једноставне преправке и модификације истог услед не задовољавања естетских, технолошких, функционалних, ергономских и економских услова.

5. Економска анализа

Економска анализа се израђује како на самом уводу у пројектовање производа тако и на самом крају, са обзиром на трајање процеса пројектовања а по могућству и у циљу дораде и подешавања одговарајућих финансијских трошкова и даље саме профитабилности производње.

Са обзиром на тренд „вођења здравог живота“, све већег броја вежбача како у затвореним тако и на отвореним теретанама, производња справа за вежбање је доживела нагли раст у протеклих пар година. Понуда и потражња на постојећем тржишту су тренутно у балансу, међутим, услед експанзије поменутог тренда, прилагођавање цене производа домаћем тржишту може донети профит и самим тим, са финансијске стране гледишта, оправдана је потреба за пројектовањем поменуте справе.

Приликом анализе тржишта, међу многим произвођачима издвојила су се три која имају највећи удео на тржишту те ће се на њима у даљем тексту задржати главни акценат.

Домаћи произвођач „Monster Gym“ [4] нуди у својој палети производа гладијатор који је по својим перформансама сличан пројектованом. На овом гладијатору могу се тренирати исте мишићне групе, међутим овај производ има једноставнију геометрију заварених спојева што га чини једноставнијим за производњу али такође и мање естетски привлачним потенцијалним корисницима. Такође техничка решења која су усвојена пружају вежбачу веће могућности. На примердоњи котур на пројектном моделу је подесив по висини што омогућује вежбачу тренирање различитих делова леђа. Додатно постоје два положаја за држање ногу током вежбања чиме је справа прилагођена вишим и нижим вежбачима.

Домаћи произвођач Фитнес опреме „Atlas sport“ такође је у свом асортиману уврстио справу гладијатор која се разликује од пројектоване по мишићним групама које се могу тренирати. Код њихове справе један подсклоп је намењен за тренирање грудних мишића. Са друге стране, при пројектовању анализираних справе, дошло се до закључка да је боље да две стране буду намењене тренирању различитих делова леђних мишића тако да вежбач који тренира леђа буде концентрисан на једној справи. Познати режим тренирања у виду супер сетова омогућује вежбачу да не губи време при мењању справе.

Геометрија гладијатора „Atlas sport“ је комплекснија јер често су у завареном споју правоугаони и округли профили што отежава процес производње почев од припреме и сечења цеви па до мерења и заваривања спојева, што генерално чини финални производ скупљим.

Инострани произвођач фитнес опреме „Panatta“ нуди најатрактивнији модел справе гладијатор. Њихов модел је израђен од профила елипсастог попречног пресека који не постоји у понуди домаћих произвођача металних цеви, чак је и у иностранству потребна израда алата за производњу металних цеви оваквог нестандардног попречног пресека, па произвођачи фитнес опреме вероватно имају уговоре за дугорочну

сарадњу. Поред очигледних предности у виду естетике ова справа је веома скупа за домаће тржиште.

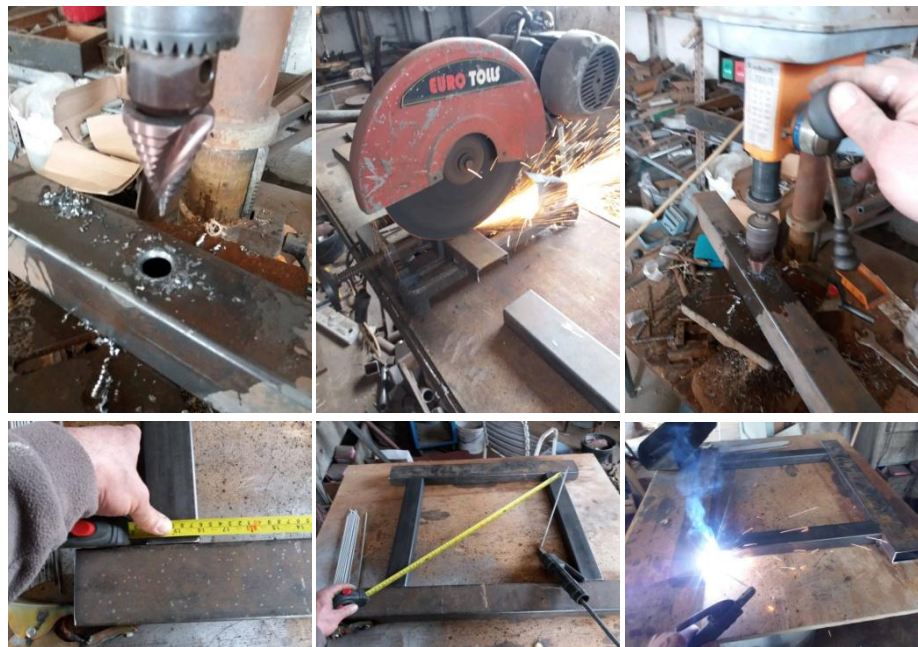
Како би се извршило поређење у финансијском смислу, неопходно је искористити геометријски модел за формирање кројних листа и даље требовање материјала. У **табели 5.1** приказане су цене материјала потребних за израду елемената пројектованог гладијатора формиране на основу геометријског модела.

Табела 5.1 Цене материјала потребних за израду елемената гладијатора

	Назив елемента	Количина	Јединица мере	Цена
1	Цев 80x40x3	7,5	m	3625 РСД
2	Цев 60x60x2	10,5	m	3290 РСД
3	Цев 50x50x3	3	m	1250 РСД
4	Цев 60x40x2	2	m	550 РСД
5	Цева 40x40x2	7	m	1466 РСД
6	Прохромска цев Ø30	13	m	8320 РСД
7	Осовина Ø25	3	m	1500 РСД
8	Амортизер гумени	10	ком	2800 РСД
9	Колутови са лежајевима и дистанцерима	10	ком	3000 РСД
10	Тегови	280	kg	33600 РСД
11	Чауре за тегове (мале)	60	ком	1500 РСД
12	Чауре за тегове (водеће)	8	ком	400 РСД
13	Чауре за тегове (носеће)	8	ком	360 РСД
14	Тапацир	4	ком	400 РСД
15	Потезач	4	ком	2000 РСД
16	Жабице за сајлу	4	ком	1400 РСД
17	Лежај са кућиштем за предњу-задњу ложу	1	ком	700 РСД
18	Елементи за везу вођица	16	ком	1600 РСД
19	Сајла	19	m	950 РСД
20	Нитро фарба основна	8	l	1200 РСД
21	Нитро фарба завршна	8	l	1500 РСД
22	Нитро разређивач	2	l	260 РСД
23	Завртањска роба	1	/	1000 РСД
24	Потрошни материјал (електроде, струја, брусне плоче...)	1	/	3000 РСД
ПРИМАРНА СУМА				75671 РСД
<i>СА ДОДАТНИХ 10%НА ОСТАЛЕ ТРОШКОВЕ И ПДВ-ом</i>			УКУПНО	~100000 РСД

Укупна цена за производњу пројектованог гладијатора са зарадом од 30000 РСД се може проценити на 150000 РСД где су у производњу укључени један варилац и помоћни радник што је и до 30% јефтиније у односу на постојеће производе. Услед велике разлике а према потребама тржишта цену је могуће кориговати.

Коришћени алати у процесу производње су обични браварски алати попут тоцила, стубних бушилица, винкли и др. Коришћен је РЕЛ апарат за заваривање. За потребе мерења коришћен је столарски мерни прибор (тракасти метар) и помично кљунасто мерило. На **слици 5.1** дати су примери појединих алата и операција у процесу производње.



Слика 5.1 Коришћени алати у процесу производње

На **слици 5.2** приказан је готов производ монтиран у теретани као и у току вежбања вежбача.



Слика 5.2 Готов производ у току употребе од стране вежбача

Осим за потребе пројектованог производа, који је универзалан, могуће је извршити анализу и за „неконвенционалне“ производе попут ових са **слике 5.3 и 5.4**. Међутим, за исте би било потребно вршење анкети и доста веће улагање у маркетинг како би пронашле своје место на тржишту.



Слика 5.3 Неконвенционална справа за вежбање леђних мишића



Слика 5.4 Неконвенционална справа за вежбање мишића руку

6. Закључак

У садашњости, процес пројектовања је интегрисан са употребом рачунара. CAD софтвери су неизоставни алат који омогућава целокупном производу велику флексибилност. На примеру развоја геометријског модела справе за вежбање - "Гладијатора", приказан је приступ пројектовању и начин моделирања, односно употребе CAD софтвера.

Како би се проценио квалитет пројектованог модела (будућег производа), исти је поређен са производима разних брендова. На пример, домаћи произвођач „Monster Gum“ нуди у својој палети производа гладијатор који је по својим перформансама сличан развијеном моделу. На њему се могу тренирати исте мишићне групе као и на пројектованом. Предност пројектованог гладијатора у односу на гладијатор из "Monster Gum"-а, се огледа у мобилности котура код справе за веслање. Он омогућује вежбачима тренирање различитих делова леђа. Такође, два положаја за држање ногу током вежбања омогућавају трансфер оптерећења са доњег дела латисимуса на горњи и обрнуто. Вишљим вежбачима је нарочито погодан доњи држач за ноге. Недостатак пројектованог гладијатора у односу на постојећи је цена. Пројектовани гладијатор је компликованији, са већим бројем елемената што би узроковало већу цену производа на тржишту. Геометрија гладијатора фирме "Atlas sport", је комплекснија јер често су у завареном споју правоугаони и округли профили што отежава процес производње почев од припреме и сечења цеви па до мерења и заваривања спојева. Инострани произвођач фитнес опреме „Panatta“ нуди најатрактивнији модел справе гладијатор. Њихов модел је израђен од профила елипсастог попречног пресека који не постоји у понуди домаћих произвођача металних цеви. Поред очигледних предности у виду естетике ова справа је веома скупа за домаће тржиште. Погодности пројектоване справе су мимо наведених се огледају и у могућности постављања до 200 kg тегова на свакој од страна, могућност спровођења преко више од 20 вежби, ручке за држање при извођењу вежби и равна клупа при вежбању предње и задње ложе. Остали недостаци пројектоване справе су велика прогресија масе (од 10kg) при вежбању руку и ногу. То се релативно лако може исправити, коришћењем тањих челичних шипки или сечењем истих на мању меру.

Након спроведеног процеса развоја геометријског модела, исти је могуће употребити на разне начине за даљи ток развоја производа, менаџмент и управљање, и друго. Све наведено је уско повезано и често међусобно зависно. Некада је та зависност врло негативно утицала на дужину процеса пројектовања. Данас је тај утицај сведен на минимум. Суштинска предност при употреби геометријског модела је заправо у добијеној флексибилности читавог процеса конструисања. Употребом CAD софтвера, модификације су врло брзе и једноставне и услед тога често је могуће наћи оптимум између естетике, технологичности и економичности.

Литература

- [1] Девеџић, Г., *CAD/CAM технологије*, Машински факултет Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2006.
- [2] Јовичић, С., Марјановић, М., *Основи конструисања*, друго издање, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, CAD Лабораторија, Крагујевац, 2018.
- [3] Вуковић, В., Вуковић, М., Кнежевић, И., Бојанић, М., *Основе машинства*, прво издање, Универзитет за пословни инжењеринг и менаџмент, Бања Лука, 2015.
- [4] Доступно на: <http://monstergym.rs/>, приступљено 12.10.2018.
- [5] Доступно на: <https://www.svezakucu.rs/www/36472/gladijator-actuell-fitness-ddm4800>, приступљено 12.10.2018.
- [6] Saaksvuori, A., Immonen, A., *Product Lifecycle Management*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
- [7] Stark, J., *Product Lifecycle Management' – 21st Century Paradigm for Product Realisation*, Springer-Verlag London Limited, 2011.
- [8] Доступно на: <http://urosevesprave.rs/sportska-oprema/>, приступљено 18.10.2018.
- [9] Доступно на: <https://www.panattasport.com/en/product/1XPL112.html>, приступљено 22.10.2018.
- [10] Доступно на: <http://www.kingofthegym.com/muscle-anatomy/> , приступљено 22.10.2018.
- [11] <https://cad.timken.com/item/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings-6000--6200--6300--6400-/6200-2rs>