

Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу



Завршни рад:

**Израда 3Д модела справе за вежбање употребом
инжењерских алата**

Ментор:
Др Владимир Вукашиновић, доцент

Студент:
Лазар Ивановић
Бр.индекса: 706/2015

Крагујевац, 2018.

Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: **Производно инжењерство**

Ниво студија: **Основне академске студије**

Предмет: **Инжењерски алати 1**

Број индекса: **706/2015**

Лазар Ј. Ивановић

**Израда 3Д модела справе за вежбање употребом
инжењерских алата**

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Владимир Вукашиновић, доцент - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат би требало да обради тему израде 3Д модела помоћу рачунара, као основног дела процеса пројектовања производа и да 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. Посебан осврт у раду треба дати на сам процес развоја основе гладијатора као и на техничку документацију исте.

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,
2018. година

Ментор: Др Владимир Вукашиновић, доцент

Резиме

Рад као циљ има објашњење примене савремених CAD софтвера за потребе пројектовања, односно за креирање геометријског модела као основе за даљи развој производа и израде техничке документације као основне инжењерске комуникације. Тема рада обрађена је кроз четири поглавља. Прва два поглавља су теоријског типа. У њима су коришћењем препоручене и доступне литературе, изнете основе процеса пројектовања помоћу рачунара, као етапе процеса конструисања, односно развоја производа. У трећем, практичном делу рада, начин креирања геометријског модела приказан је кроз пример пројектовања справе за вежбање - гладијатора са посебним освртом на основу гладијатора. У четвртм поглављу је дат пример употребе геометријског модела за генерисање техничке документације док су у петом изнети закључци са предностима и манама креираног геометријског модела. У прилогу, као један од основних циљева овог рада, налази се техничка документација основе гладијатора.

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

Abstract

This work as an objective has an explanation of the application of modern CAD software for design purposes, or for creating a geometric model as a basis for further product development and development of technical documentation as basic engineering communications. The theme of the paper is dealt with through four chapters. The first two chapters are of theoretical type. They use the recommended and accessible literature, the basics of the computer design process, as a stage in the process of designing and developing the product. In the third, practical part of the work, the way of creating a geometric model is illustrated by an example of designing a training device - a gladiator with a special emphasis on the basis of a gladiator. The fourth chapter provides an example of the use of a geometric model for generating technical documentation, while in the fifth it summarizes the advantages and disadvantages of the created geometric model. In the attachment, as one of the basic goals of this paper, there is technical documentation of the gladiator base.

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

Садржај

1. Увод.....	6
2. Пројектовање помоћу рачунара.....	8
2.1 Моделирање	8
3. Развој геометријског модела справе за вежбање употребом CAD софтвера CATIA..	11
3.1 Моделирање основе склопа гладијатора.....	15
3.2 Моделирање система за вођење тегова	25
3.3 Моделирање склопа котура.....	28
3.4 Моделирање пратећих елемената	29
4. Техничка документација	38
4.1 Пример поступка израде техничке документације употребом CAD софтвера CATIA.....	38
4.2 Формирање техничке документације основе справе "Гладијатор"	41
5. Закључак	42
Литература.....	43
Прилог: Техничка документација основе справе "Гладијатор"	44

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 цртањем 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 једану 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].

На основу истраживања, нацрти формираног техничког задатка намењени конструктору би гласили:

- направити тродимензионални модел и конструкциону документацију справе "Гладијатор" неопходну за производњу исте за потребе фитнес центара,
- справу је неопходно осмислити тако да је могу користити више корисника при тренирању мишићних група ногу, леђа и руку.
- габаритне мере, масу и функционалне карактеристике прилагодити просечним постојећим справама те врсте тако да конструкција:
 - ✓ има што мањи број елемената рама и што мања сложеност,
 - ✓ буде што једноставнија и бржа њена израда,
 - ✓ има што мању цену (материјала и израде),
 - ✓ има што већу прилагодљивост облика својих делова процесу производње.

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 појединача (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 (што је такође тражено у техничком задатку). Дакле, саставни део гладијатора би биле лат машина, машина за предњу и задњу лажу, машина за веслање, машина за бицепс и трицепс.

Циљ овог 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. Такође, на основу тродимензионалног модела, а у складу са техничким задатком, употребом истог софтвера генерисана је техничка документација главног подсклопа - основе гладијатора. Документација осталих елемената није приказана јер би се тиме превазишао дозвољени обим рада.

2. Пројектовање помоћу рачунара

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:

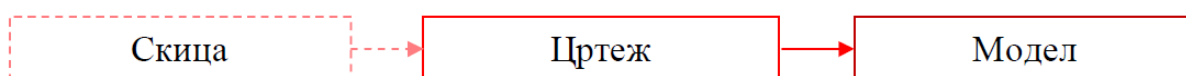
- **Модел** је рачунарска представа (репрезентација) реалног производа или процеса. Ова дефиниција је општег карактера и има за циљ да укаже, како на нематеријалну страну модела, тако и на настојање постизања што реалније представе будућег производа или процеса. Тиме се истичу претпоставке везане за 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 особености 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 управљање машине алатке, који се аутоматски генеришу и чине део технолошког модела.
- **Технолошки модел** је рачунарска представа 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.

2.1 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 развој новог 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 почетака 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 тригонометријских 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.

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 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].



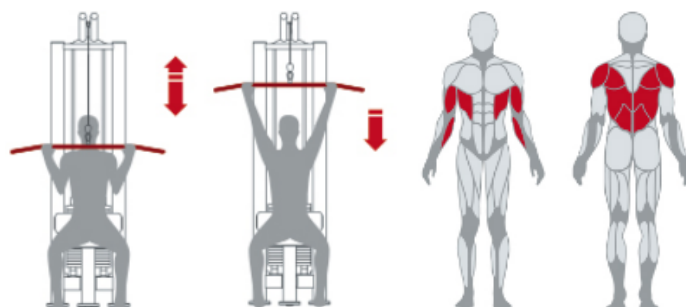
Слика 3.1 Гладијатор произвођача Атлас спорт



Слика 3.2 Гладијатор произвођача „Panatta“

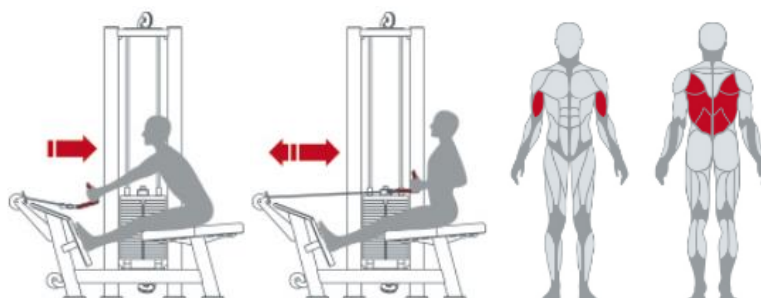
Постоје разне варијације у погледу избора мишићних група које се могу тренирати на њој. Најучесталија варијација у пракси је она која омогућује тренирање мишића ногу, леђа и руку чиме се скоро читав тренинг леђа-ноге-трицепс(бицепс) спроводи у дело. Дакле, саставни део гладијатора би биле лат справа, справа за веслање, справа за предњу и задњу ложу, справа за бицепс и трицепс. 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. Усед 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 тежина на овој справи најчешће се креће до 100 kg. Тежине је најчешће могуће смањивати и повећавати са по 5kg, односно маса појединачног тега износи 5kg.



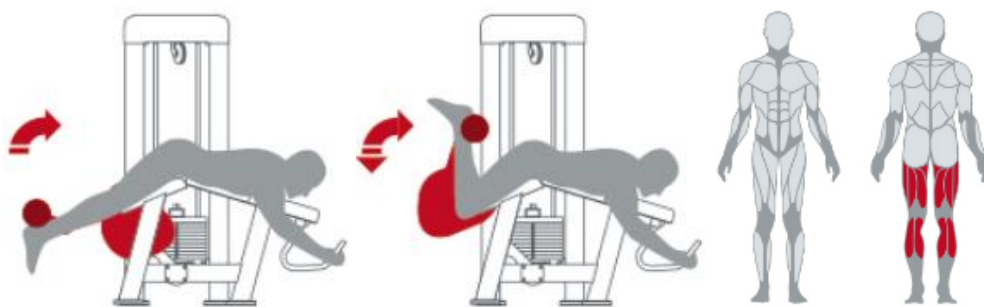
Слика 3.3 Принцип вежбања на лат справи и група мишића коју вежбачи користе при употреби [10]

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 пожељан бити 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 тежина 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 тежина на овој справи је начешће мањи у односу на лат справу и справу за веслање, и креће се до 60kg са кораком по 10kg.

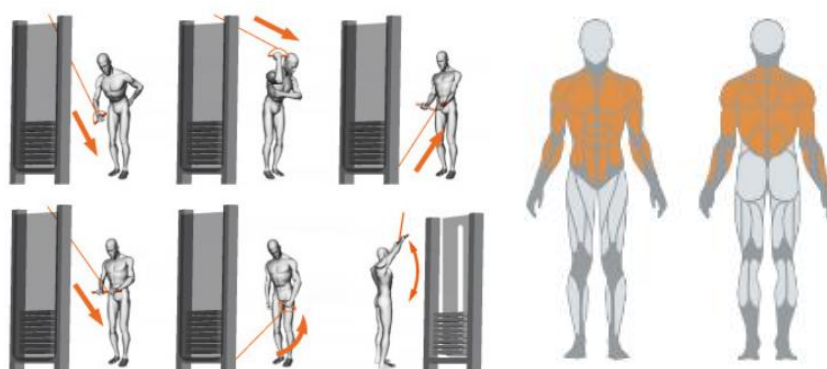


Слика 3.5 Принцип вежбања на справи за задњу ложу и група мишића коју вежбачи користе при употреби [10]



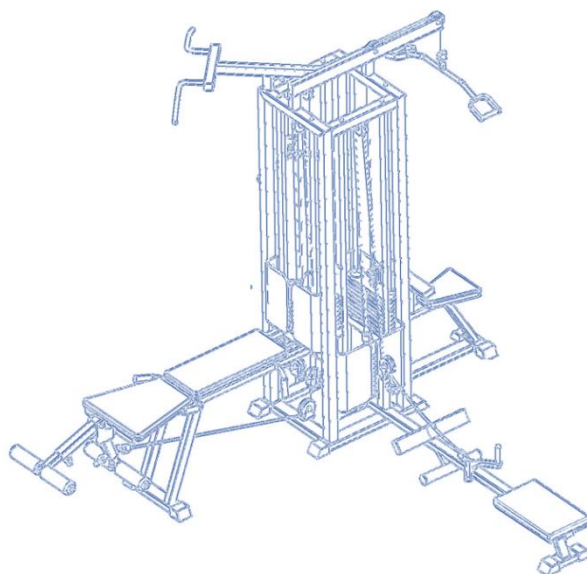
Слика 3.6 Принцип вежбања на справи за предњу ложу и група мишића коју вежбачи користе при употреби [10]

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 одређеном 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 тежина 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.

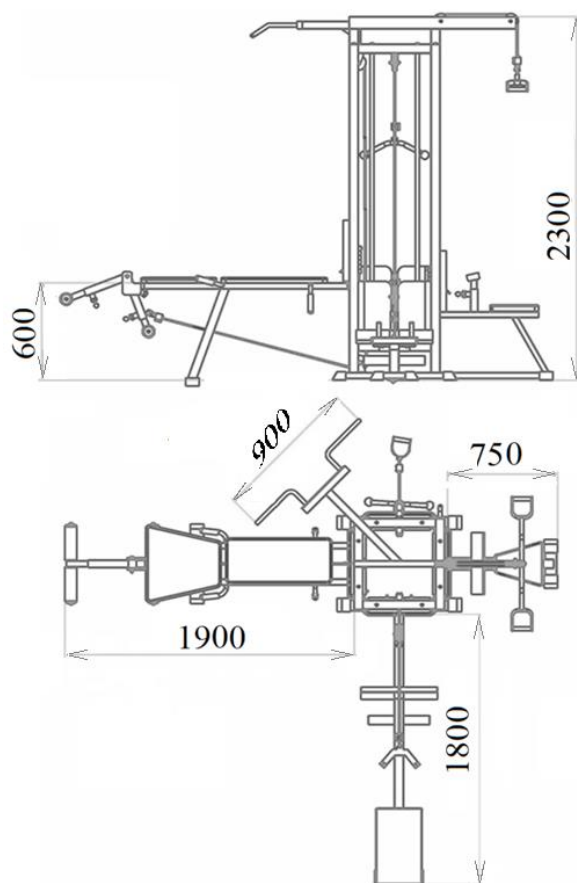


Слика 3.7 Принцип вежбања на справи за бицепс/трицепс и група мишића коју вежбачи користе при употреби [10]

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"



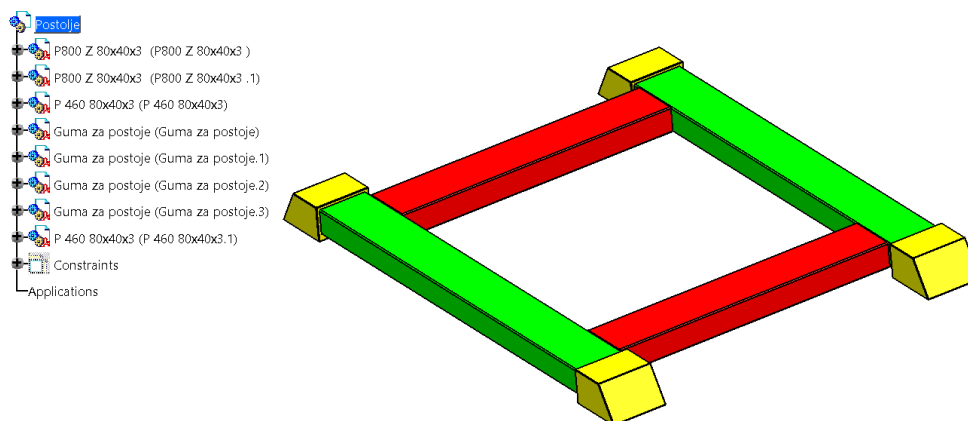
Слика 3.9 Оквирне мере справе "Гладијатор"

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 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 решеткасте конструкције са челичним цевима правоугаоног и 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.

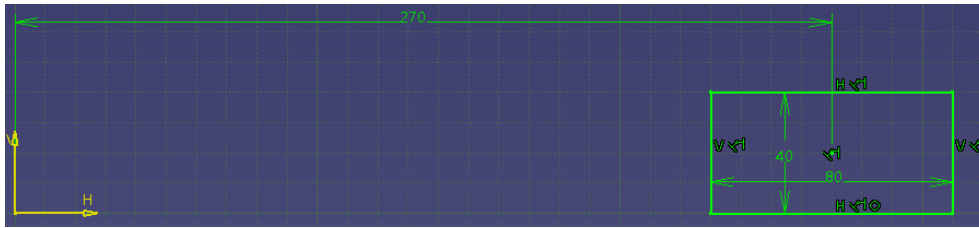
Моделирање и у овом случају, као и производња, носеће конструкције започиње од елемената који су у додиру са патосом, односно постоља носача. Постоље (слика 3.10) чине две засечене цеви дужине 800mm (означене зеленом бојом), две поречне цеви дужине 460mm (означене црвеном бојом) и четири гумена носача 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 3.10 Постоље основе конструкције

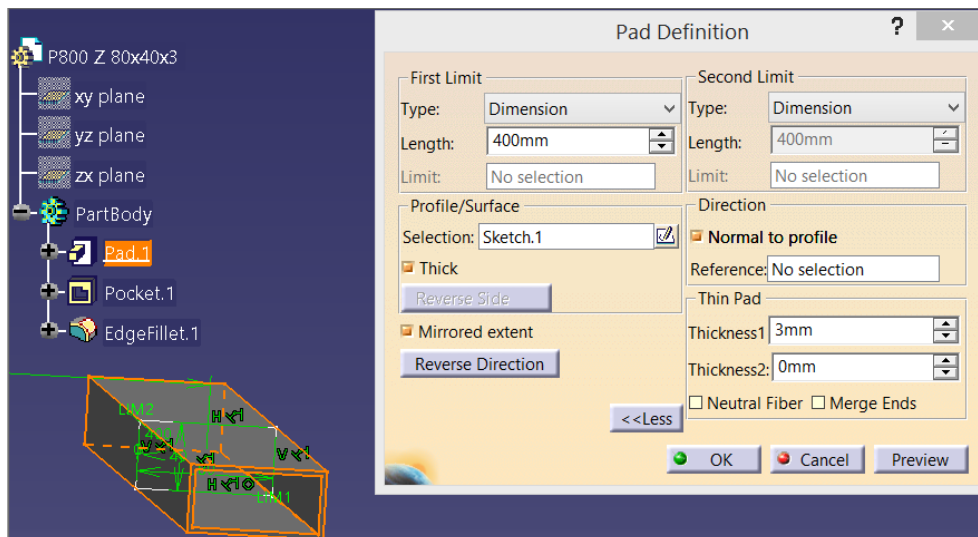
Цеви се добијају сечењем из полуфабриката димензија 6m тако да искоришћење истог буде што веће. Међусобно се спајају заваривањем у контакту по обиму. Моделирање цеви се врши у модулу за креирање елемената *Part Design*, при чему се називи елемената, у циљу њихове лакше класификације, генеришу према усвојеном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

Након избора модула и дефинисања имена елемента, покретање модула за креирање скице у некој од равни декартовог координатног система врши се селектовањем жељене равни и командом *Sketch* из истоимене палете. Цртање спољне контуре попречног пресека цеви врши се употребом *Centered Rectangle* из палете *Profile* димензија 80x40 mm као на слици 3.11. Пожељно је још током скицирања дефинисати положај цеви у простору. Због тога је центар правоугаоника измештен од центра координатног система за 270 mm. Скица би по неписаном правилу требала бити ограничена опцијом *Constraint* из истоимене палете. Такође, када је скица у потпуности дефинисана, односно потпуно зелена тек тада се може користити за даљи рад.



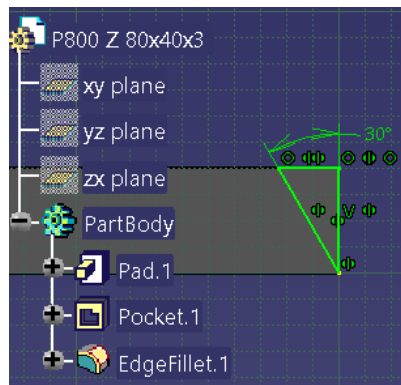
Слика 3.11 Полазна скица при моделирању цеви

Након дефинисања скице потребно је вратити се у претходни прозор употребом команде *Exit workbench* и изабрати опцију *Pad* из палете *Sketch-Based Features*. Потребно је у прозору *Pad Definition* приказаном на слици 3.12 унети жељене димензије цеви. На слици 3.12 приказани су подаци цеви постоља "P800 Z 80x40x3". Додатна ознака у називу цеви "Z" означава да је цев засечена на крајевима. Чекирањем опције *Mirrored extent* у прозору *Pad Definition* скица добија трећу димензију у оба смера. Тиме је унета дужина 400mm у прозору *Length* заправо половина укупне дужине цеви. Чекирањем опције *Thick* и уношењем дебљине зида 3mm у пољу *Thickness1* од поменуте скице правоугаоника добија се цев, у противном, била би добијена шипка димензија попречног пресека 80x40mm и дужине 800mm.



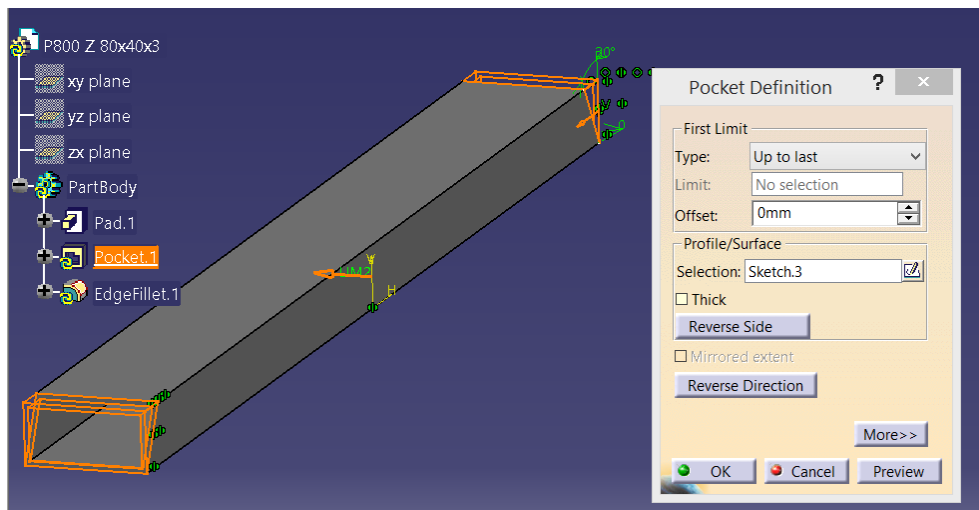
Слика 3.12 Добијање 3Д модела цеви из 2Д скице опцијом *Pad*

Након добијања 3Д модела цеви опцијом *Pad* у случају када је цев потребно засећи, на њеним боковима се креирају скице као на слици 3.13. Цев се засеца под углом на оба краја како би на њих у што већој мери налегле гуме за постоље. Гуме за постоља су одливци који се наручују готови те је угао засецања дефиниан њиховом геометријом и износи 30 степени. Скица која служи за засецање се креира уз помоћ линија. У палети *Constraint*, користе се опције *Constraint* и *Constraint Definition* за ограничавање кретања скице. Њима су "поклопљене" линије са потребним контурама профила. Опцијом *Mirror* из палете *Operation* троугао са слике 3.13 се пресликава и на други крај.



Слика 3.13 Скица за засецање краја цеви

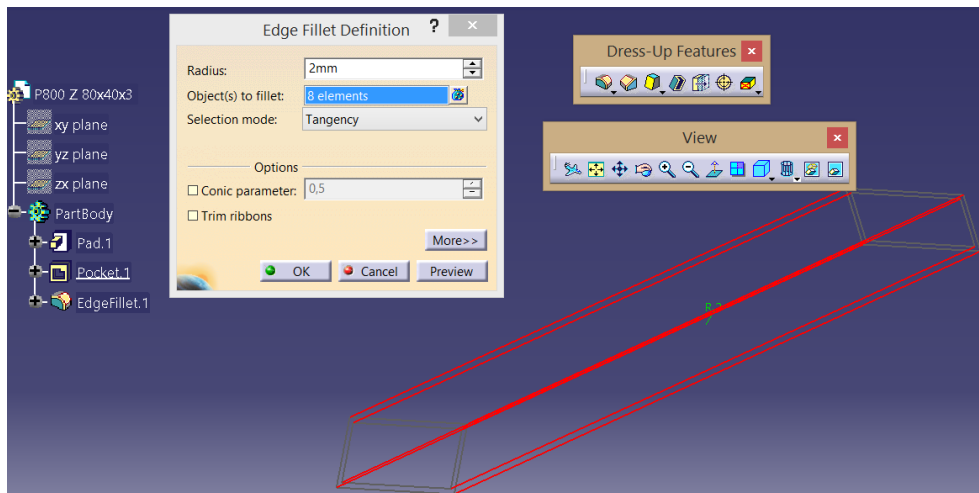
Након потпуног дефинисања скице, и изласка из мода за скицирање, користи се опција *Pocket* из палете *Sketch-Based Features* (слика 3.14). Пошто се материјал у потпуности треба одстранити бира се опција *Up to last*. у прозору *Type*.



Слика 3.14 Засецање краја цеви опцијом *Pocket*

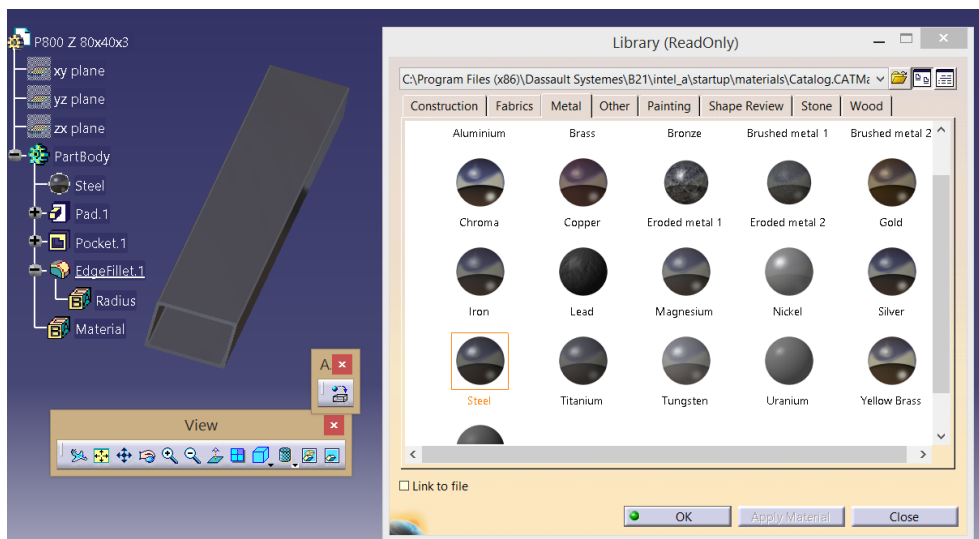
Пошто профил цеви не садржи оштре ивице, заобљење добијених ивица се врши командом *Edge Fillet Definition* из палете *Dress-Up Features*. Након покретања потребно је селектовати ивице које се заобљавају. Погодни приказ геометрије (слика 3.15) се остварује посредством команде *Wireframe* у палети *View*.

Након дефинисања геометрије цеви потребно је доделити јој материјал. Опцијом *Apply material*, избором челика и селектовањем модела (најбоље у стаблу) добија се приказ као на слици 3.16. Пре избора материјала пожељно је променити приказ посредством команде *Shading with Material* у палети *View* како би се видео додељени материјал.



Слика 3.15 Заобљавање ивица цеви

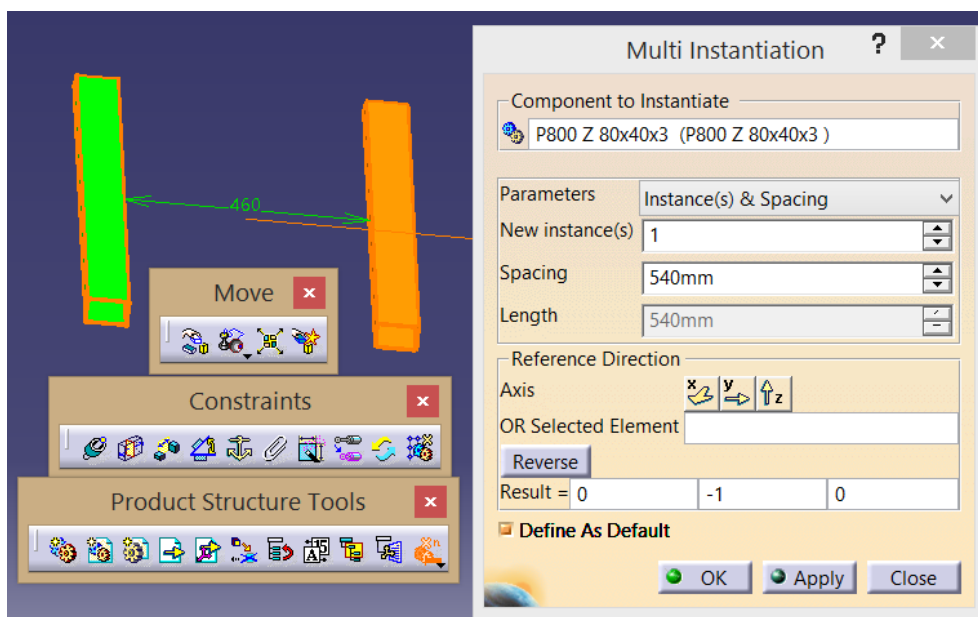
Селектовањем команде *Apply Material* у истоименој палети отвара се библиотека материјала. У картици *Metal* налази се жељени материјал - челик (енгл. *Steel*).



Слика 3.16 Дodeljивање материјала геометрији

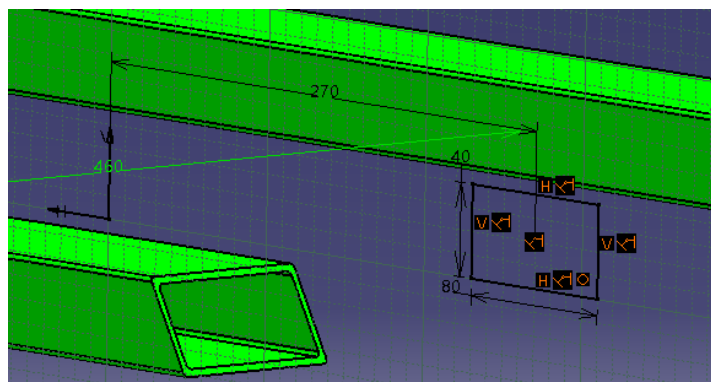
На овај начин је креиран модел цеви са ознаком: "P800 Z 80x40x3". Пошто постоји велики број истих цеви, оне се могу у склопу умножити већи број пута. Приказани начин за креирање цеви се може аналогно применити на остале.

Покретањем модула *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 3.17 је приказан поступак умножавања цеви у жељеном правцу на жељену даљину.



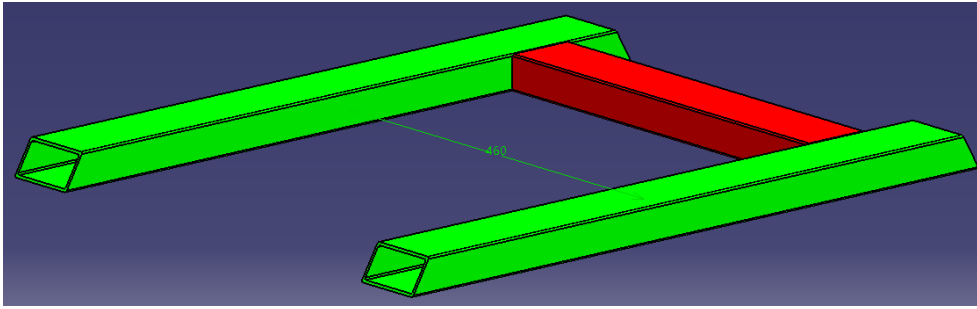
Слика 3.17 Умножавање цеви командом *Multi Instantiation*

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 као на слици 3.18.



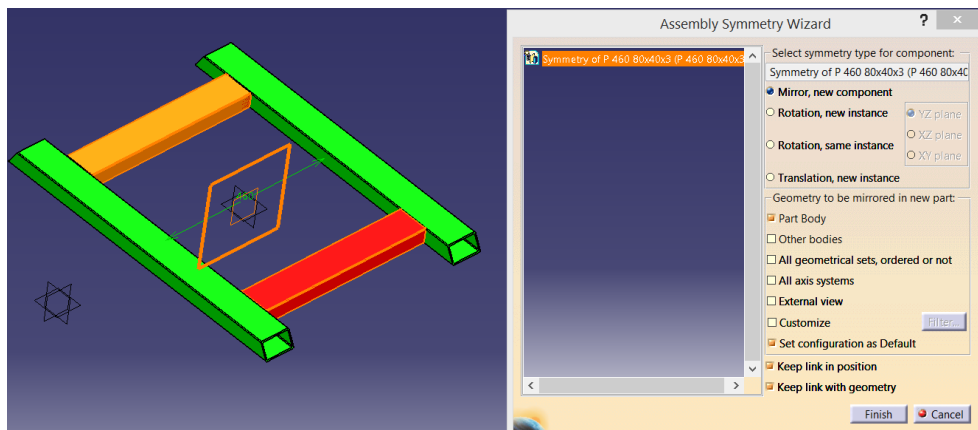
Слика 3.18 Креирање скице за попречне цеви

Аналогно са процесом креирања цеви који је већ приказан, креира се цев P480 80x40x3 из скице приказане на слици 3.18, док се не добије склоп као на слици 3.19.



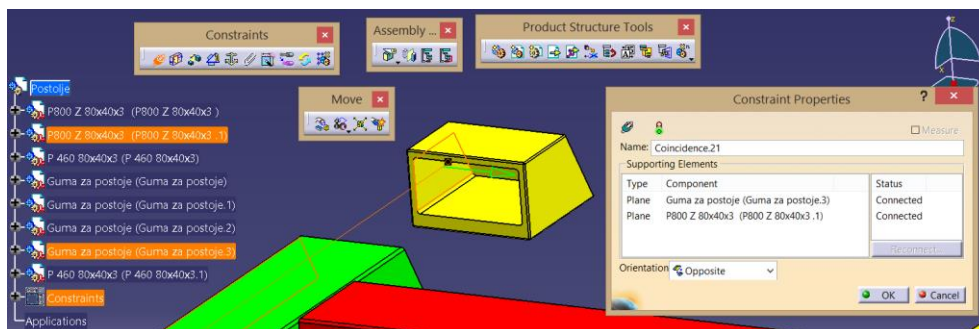
Слика 3.19 Креирана попречна цев P480 80x40x3

Пошто се попречна цев P480 80x40x3 користи и симетрично у односу на раван приказану на слици 3.20 пожељно је употребити опцију *Symmetry* из палете *Assembly Features*.



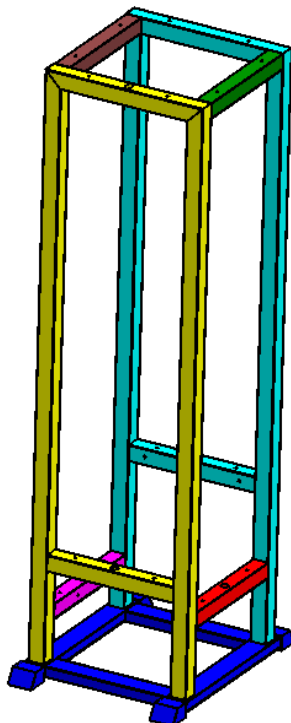
Слика 3.20 Креирање модела опцијом *Symetry*

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. Осим површи, могуће је поклапати и линије и тачке. Битна напомена при поклапању површи је избор оријентације. На слици 3.21 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. Искуство стечено радом у софтверу CATIA указује на то да су ограничења опцијом *Coincedence Constraint* најпоузданија у случају измене елемената склопа.

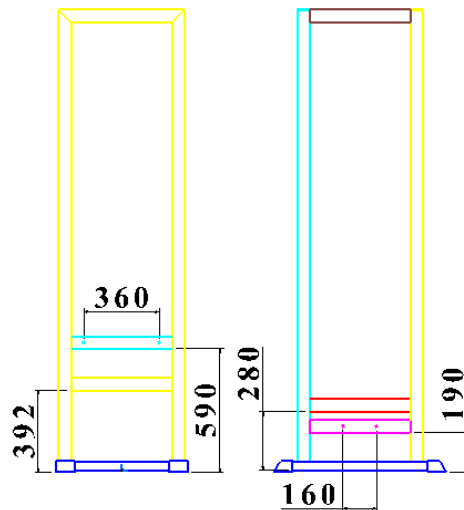


Слика 3.21 Пример ограничења кретања елемената склопа коришћењем опције *Coincidence Constraint*

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 3.22**. Жутом и светло плаво бојом су означени склопови у облику слова "П". Између њих се постављају попречне цеви и исте се заварују. 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 3.23**. 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.

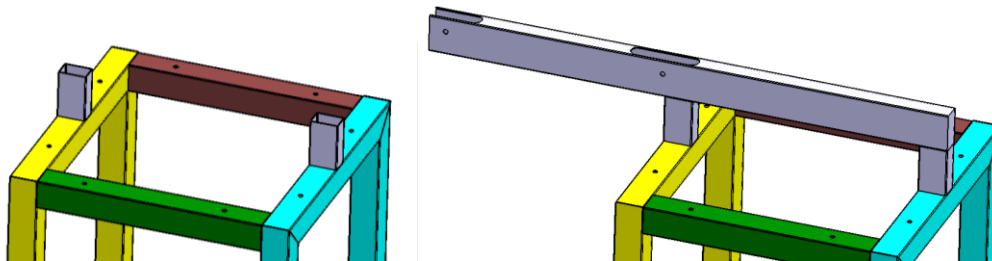


Слика 3.22 Основа носеће конструкције склопа гладнијатора



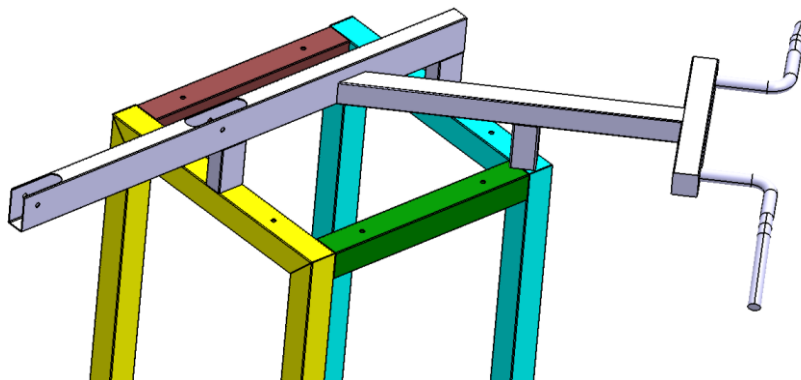
Слика 3.23 Положај попречних цеви за везу

Тиме је формирана основа носеће констукције склопа гладијатора. 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 3.24** приказан је положај и изглед цеви која носи котурове за лат машину.



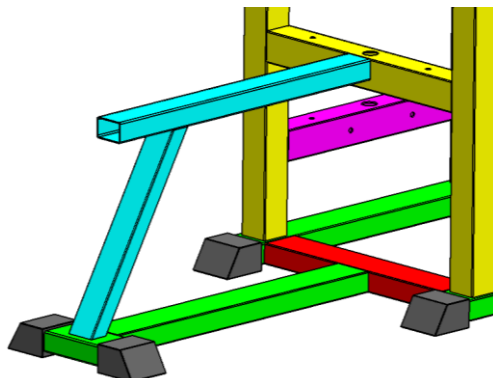
Слика 3.24 Носећа цев котурова лат машине

На носећу цев се заварује носач вратила за згибове под углом од 45 степени. Носач вратила се додатно заварује за основу носеће констукције и тиме се постиже стабилност вратила за згибове. На **слици 3.25** је приказан изглед носача вратила завареног за основу носеће констукције.



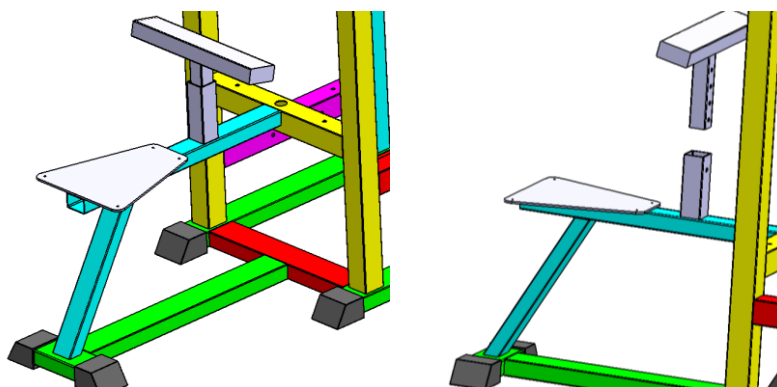
Слика 3.25 Носач вратила за згибове заварен за основу носеће констукције

На "П" профил и постоље се заварују цеви које служе као конструкција за постављање носача седишта лат машине (слика 3.26). 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.



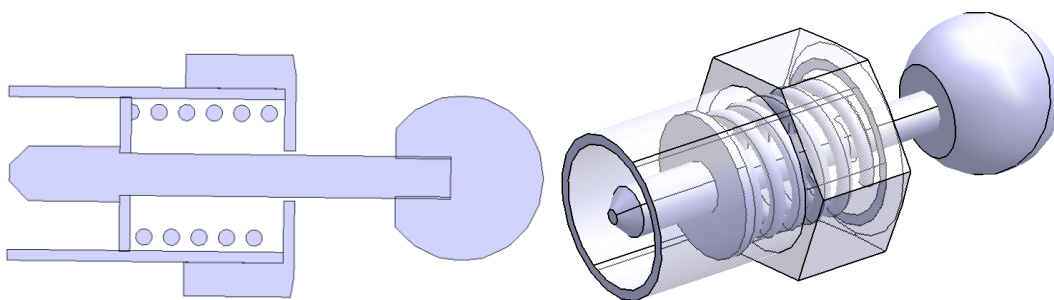
Слика 3.26 Конструкција за носач седишта лат машине заварена за основу носеће конструкције

На приказану конструкцију се заварују носач седишта и цев која служи за позиционирање Т цеви која омогућава вежбачима да заглаве ноге (слика 3.28). Цев се претходно буши како би се на њу поставио потезач који пролази кроз неки од отвора на Т цеви (слика 3.27).



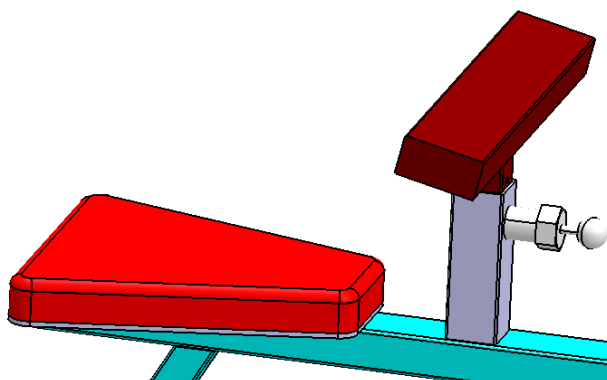
Слика 3.27 Носач седишта за лат машину заварен за основу носеће конструкције

Потезач, односно његов склоп (слика 3.28) се повезује са цеви на којој је изушена рупа за везу са Т цеви. Потезач се позиционира као на слици 3.29. Већина елемената се моделира по већ познатом шаблону. Кугла се моделира ротирањем одговарајуће скице око изабране осе уз помоћ опције *Shaft* из палете *Sketch-Based Features*. Опруга се моделира коришћењем команде *Rib* из поменуте палете. Претходно је неопходно креирати линију водиљу (спиралу) и профил (круг) који се "рибује" по задатој спирали. Сирала се креира командом *Helix* из палете *Curves* у модулу *Generative Shape Design (Start/Shape/ Generative Shape Design)*. Битна напомена је да се скица профила (круг) креира у тачки у којој започиње спирала. При позиционирању елемената склопа користе се исте команде као у претходним случајевима.



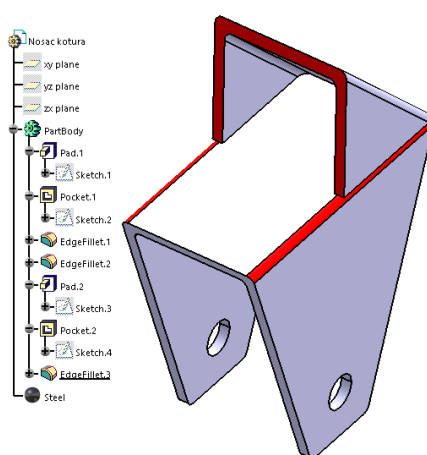
Слика 3.28 Пресек склопа (лево) и транспарентни приказ склопа потезача (десно)

Седиште се израђује комбиновањем дрвета, сунђера и коже и холшрафима везује за носач седишта претходно постављен (слика 3.29). Моделира се коришћењем већ поменутих операција.

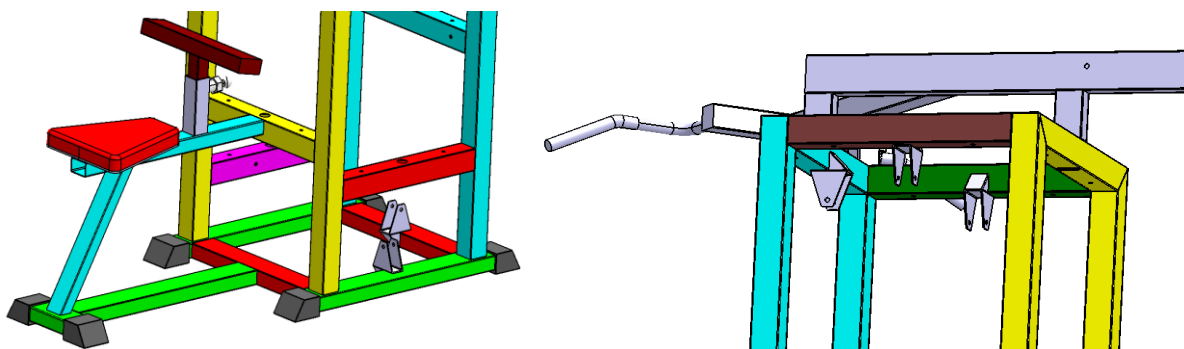


Слика 3.29 Пресек склопа (лево) и транспарентни приказ склопа потезача (десно)

Носачи катура (слика 3.30) се заварују по обиму (означене површи црвеном бојом на слици 3.30) на постоље и на врх носача (слика 3.31). Носач се израђује из цеви правоугаоног попречног пресека димензија 80x40x3 mm. При моделирању истог се користе већ поменуте команде из познатих палета. Позиција носача катура је симетрична у односу на средње равни основе склопа гладијатора. Сви носачи се заварују са унурашње стране.

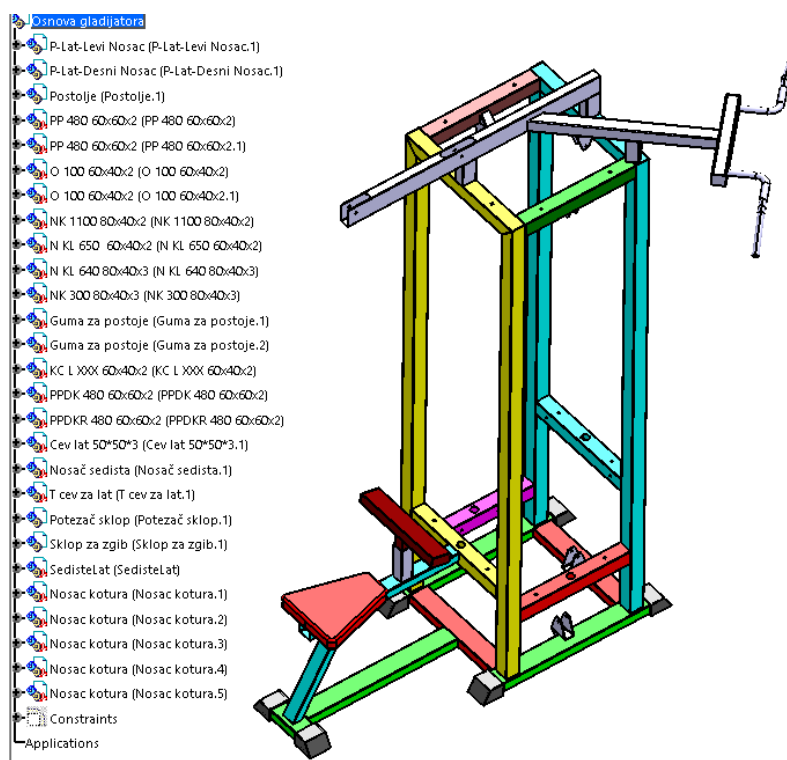


Слика 3.30 Носач катура



Слика 3.31 Позиција носача котура

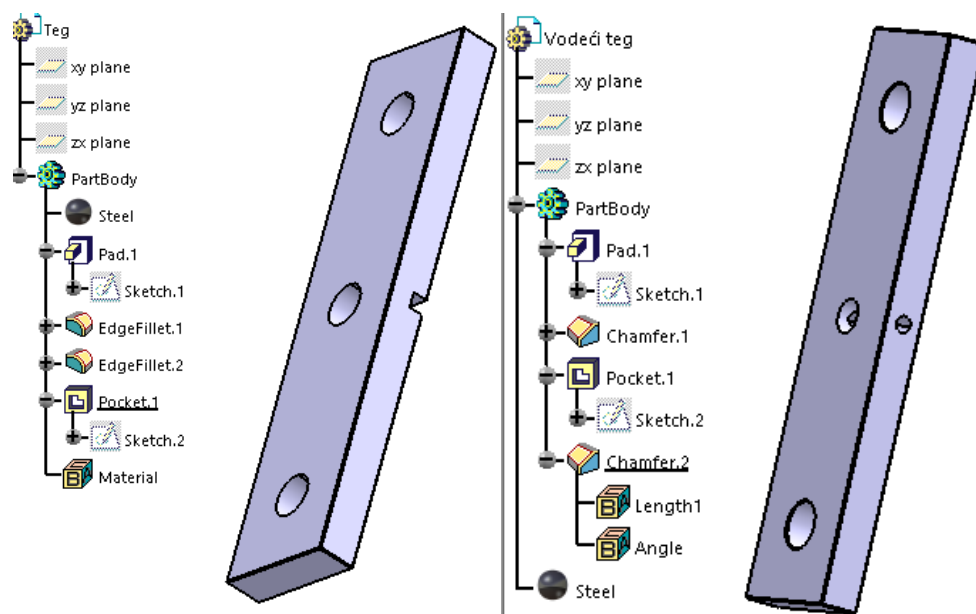
Тиме је завршена носећа конструкција гладијатора или другим речима склоп основе гладијатора (слика 3.32).



Слика 3.32 Основа гладијатора

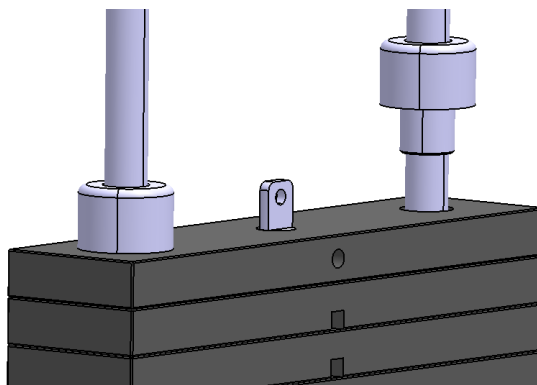
3.2 Моделирање система за вођење тегова

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 (слика 3.33 - лево) од којих су четири тега водећа као на слици 3.33 - десно. Тегови се израђују из челичних шипки правоугаоног попречног пресека димензија 100x30mm. Димензије тегова су 410x100x30mm пошто такве одговарају маси тег а 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 3.33 Геометријски модели тегова

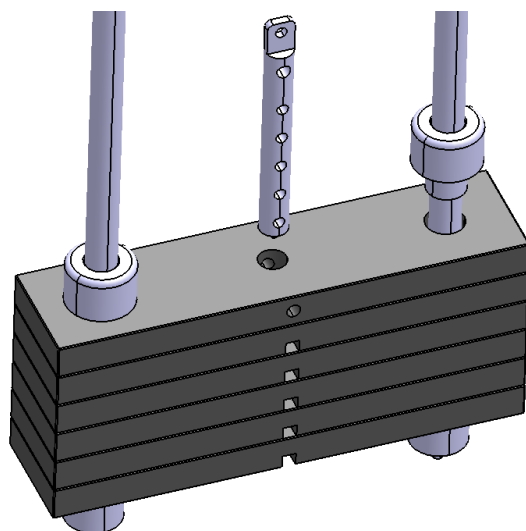
С обзиром да тегови своју основну сврху остварују клизањем дуж хромираних вођица постављених вертикално, како би се спречило хабање између тегова и њих се поставља пластична чаура. Због тога, пречник бочних отвора је увећан на пречник чаура које се убацују утискивањем и остварују чврст склоп заједно са отвором тег. На слици 3.34 је приказана пластична чаура у склопу (извучена и увучена).



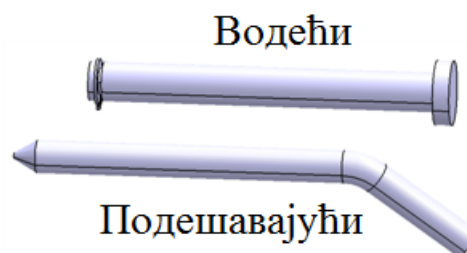
Слика 3.34 Пластична чаура (извучена и увучена)

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 3.35) је перфорирана тако да се кроз неки од отвора може провући закривљени клин (слика 3.36) и на тај начин вршити избор жељеног броја тегова за вежбање. У водећи тег се поставља клин са зегер прстеном (слика 3.36). На врху централне вођице направљена је ушица где се провлачи сајла.

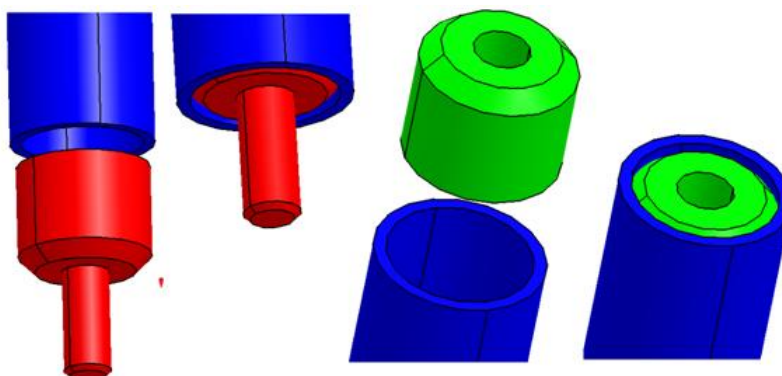


Слика 3.35 Централна вођица



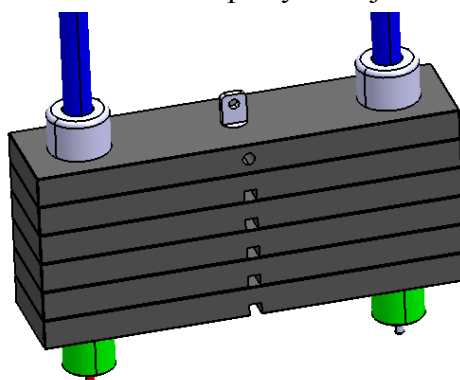
Слика 3.36 Подешавајући и водећи клин

Бочне водеће цеви се купују исечене на тачну димензију. На обе стране се постављају и заварују елементи за везу са носећом конструкцијом гладијатора **слика 3.38**. На горњи део се поставља елемент за везу са унутрашњим навојем (зеленом бојом означен на слици), а на доњи део елемент са спољашњим навојем (црвеном бојом означен на слици)..



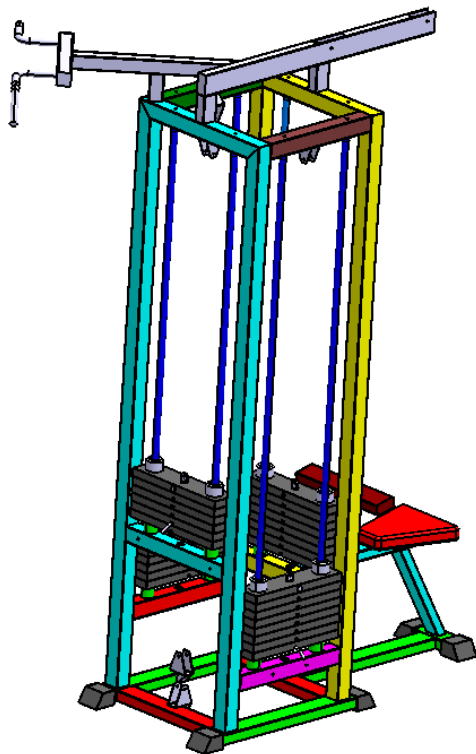
Слика 3.37 Постављање елемената на везу

Како се не би оштетио носећа цев тегова, између њега и тегова се постављају апсорбционе чауре. На **слици 3.38** приказан је изглед чаура (означене су зеленом бојом). Сви цилиндрични делови се моделирању опцијом *Shaft*.

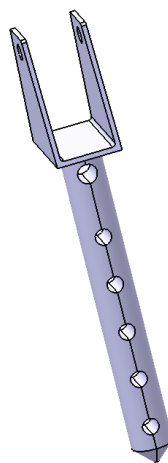


Слика 3.38 Апорбциона чаура

Убацивањем подсклопова тегова у склоп гладијатора добија се приказ као на **слици 3.39**. 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 3.40**) јер се на везује сајла директно, већ преко котура.



Слика 3.39 Склоп носеће конструкције и система тегова

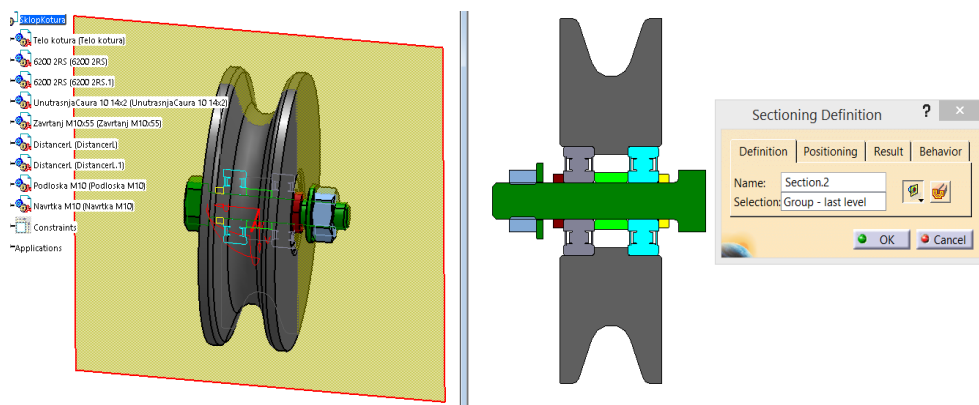


Слика 3.40 Централна вођица за тегове намењене за вежбу бицепса и трицепса

3.3 Моделирање склопа котура

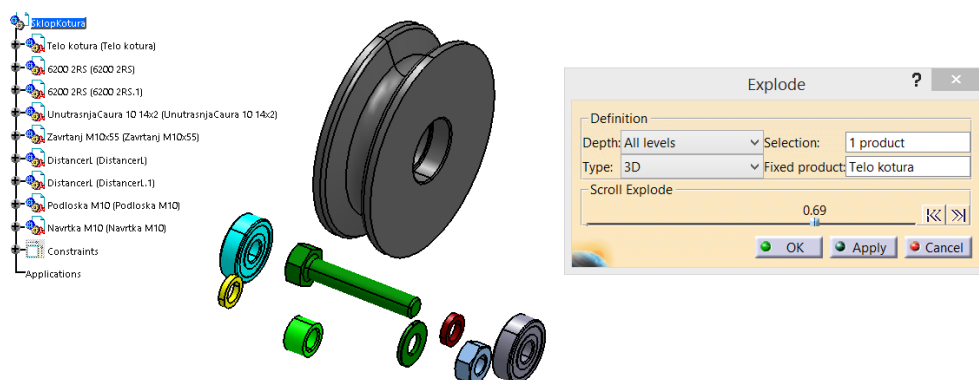
Тело котура се добија обрадом пластичног ваљка на стругу. Он је унифициран и употребљава се код свих машина у склопу гладијатора. Тиме је омогућена израда специјалних алата и смањеног времена рада на стругу, односно укупне цене готовог производа. По телу котура је усечен жлеб такав да обезбеђује оптимално налагање сајле пречника 10mm. У тело котура се уграђују куглични лежајеви ознаке 6200 2RS. Они су изабрани на основу већ постојећих котурова који се користе код оваквих справа за вежбање. 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 [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 3.41**.



Слика 3.41 Склоп котура

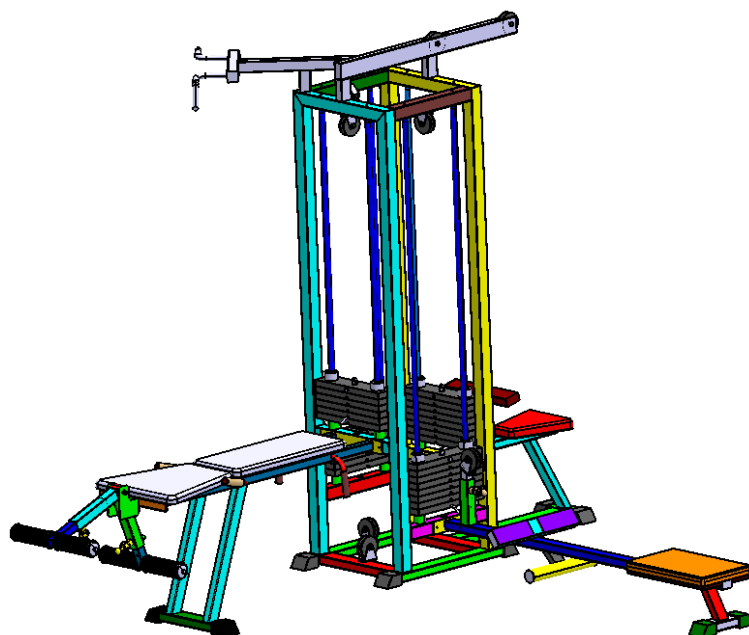
Као и код предходних делова, при моделирању ротационих делова креира се скица у одговарајућој равни, те се након тога командом *Shaft* добија 3Д модел. Склапање елемената у склоп је аналогно са претходним (поклапањем оса, површина и томе слично командом *Constrain*) са тим да се унапред задају раздаљине на местима где требају доћи лимови носача котура командом *Offset* (између подлошке и дистанцера и између главе завртња и дистанцера по 3mm). На слици 3.42 су приказани делови склопа носача котура "расклопљени" командом *Explode* са палете *Move*.



Слика 3.42 Елементи склопа котура

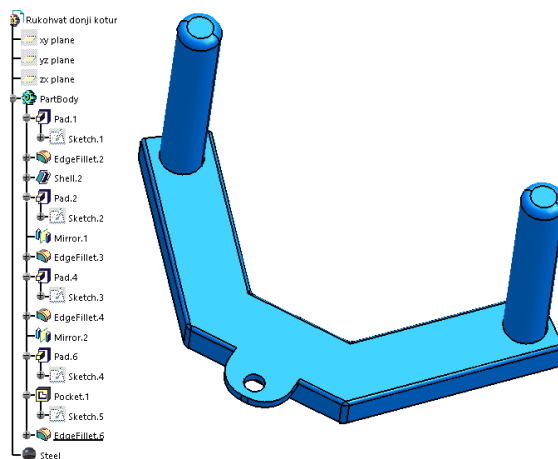
3.4 Моделирање пратећих елемената

Процес моделирања шут машине и справе за суво веслање, због обима рада није приказано. Свакако се врши аналогно према већ приказаним моделима. 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 склоп гладијатора са свим до сада измоделираним елементима (слика 3.43). 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 3.43 Повезивање елемената у финалном склопу

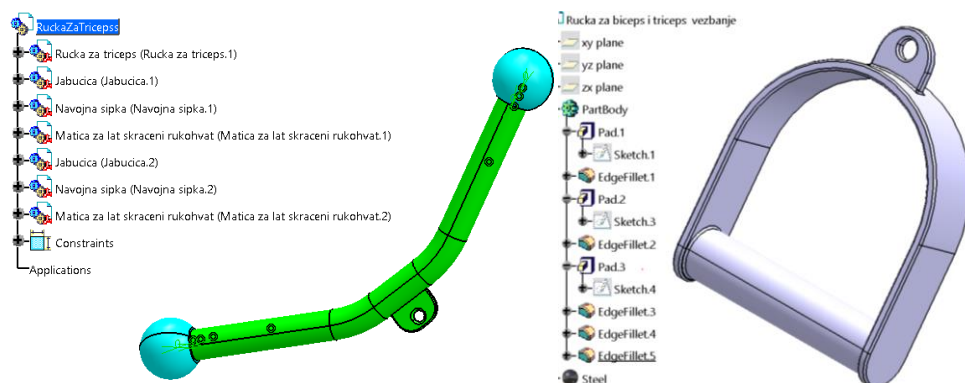
Развој рукохвата за веслање се базира на искуству, односно познавању оптималних распона ручки при вежбању. Због своје трајности, рукохвати се израђују од челика. Добијају се међусобним заваривањем шипки димензија 40x20 под углом. На њих се накнадно заварују две цеви кружног попречног пресека и ушица за прихват сајле (слика 3.44). Моделирање рукохвата креће прављењем скице у хоризонталној равни и потом коришћењем команде *Pad*. Након тога се на жељеним површинама креирају скице кругова од којих се истом командом добијају цилиндри, односно након тога, обарања ивица и додавања ушице, коначан део као на слици 3.44.



Слика 3.44 Рукохват за веслање

Аналогно рукохвату за веслање, креирају се рукохвати за бицепс и трицепс (слика 3.45). 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

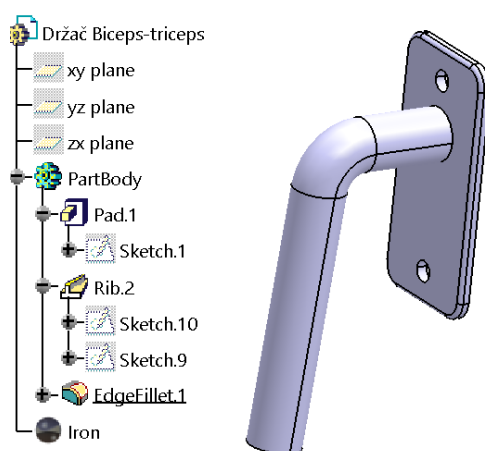
се тако могу тренирати ове две мишићне партије бицепс и трицепс. Додатни фиксирани рукохват (држач за бицепс и трицепс) у виду искривљене цеви заварене на монтажну плочу (слика 3.46) пружа вежбачу могућност држања и повећања сопствене стабилности приликом извођења вежбе. Затворен систем сајле завршава се ротирајућим носачима котура који покривају угао повлачења сајле до 140° и жабицама за затезање сајле са урезаним навојем и два завртња.



Слика 3.45 Рукохват за трицепс (лево) и бицепс (десно)

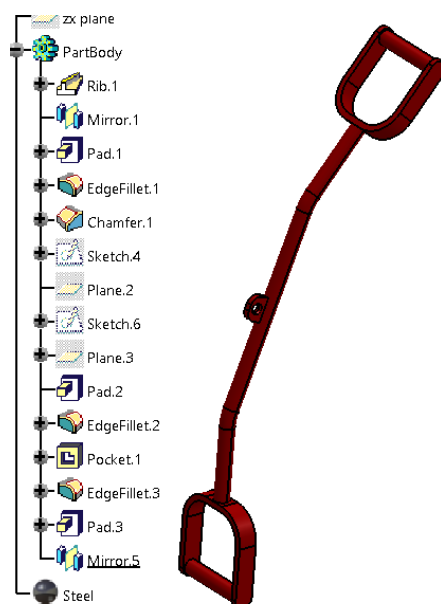
Рукохват за трицепс се користи за тренирање мишићних партија бицепс и трицепс. Повећање мишићне масе и снаге је оновна сврха тренирања вежбача која често захтева рад са већим тежинама, самим тим „скраћени лат рукохват“ (слика 6.63 - лево) мора бити анатомски прилагођен зглобовима шака који су извођењем 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 26.9mm 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 се повезује у главни склоп завртњевима или поп нитнама. Моделира се креирањем скице водеће линије (средње линије закривљеног цилиндра са слике 3.46) у произвољној равни, профила (круга) као нормале на водећу линију и употребом команде *Rib*. Након тога се моделира монтажна плоча. Цилиндар се у пракси заварује за њу.



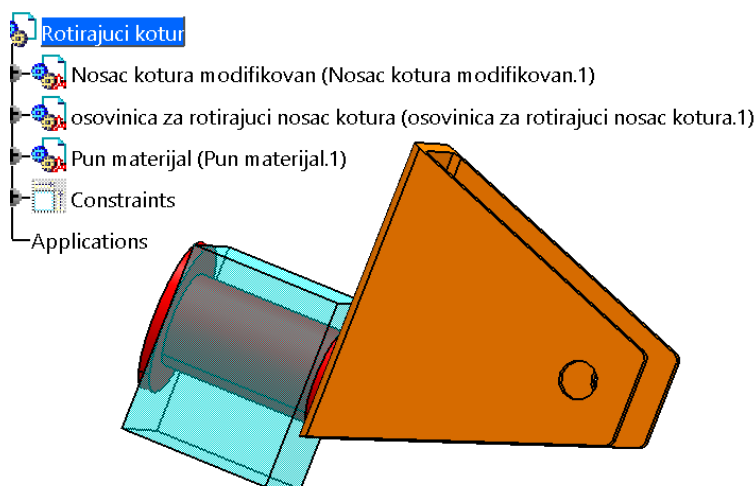
Слика 3.46 Држач бицепс-трицепс

Лат рукохват се изражује од закривљених цеви и лимова. На **слици 3.47** приказан је изглед лат рукохвата. Димензије, односно распон рукохвата, степен закривљености и ручица су усвојени на основу упоредне анализе и дугогодишњег искуства у теретани.



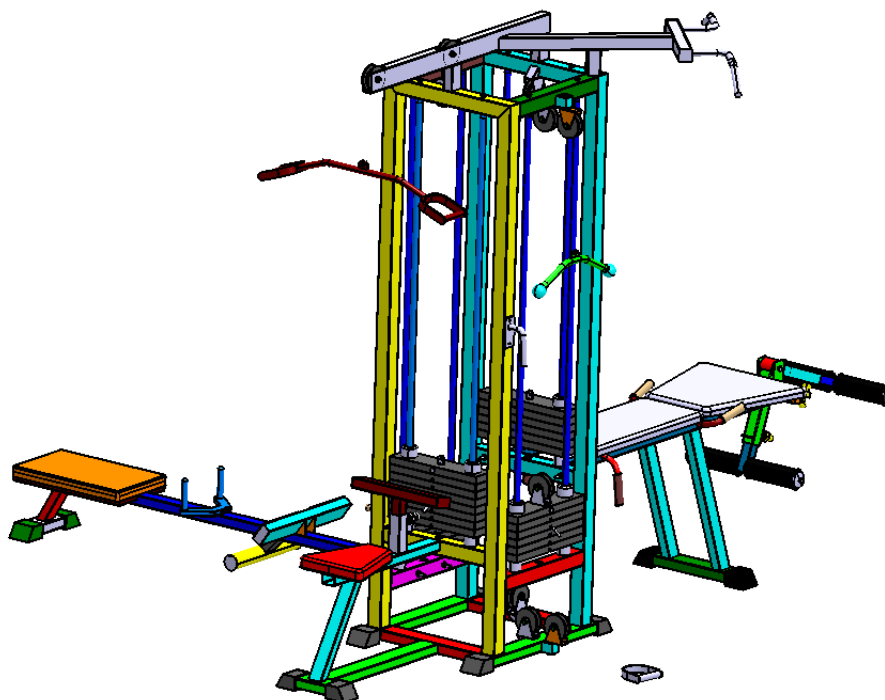
Слика 3.47 Лат рукохват

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 3.48** је дат приказ ротирајућег котура са укљученом транспарентношћу пуног материјала који служи као носач ротирајуће осовинице и као елеменат за везу са носећом конструкцијом склопа гладијатора.



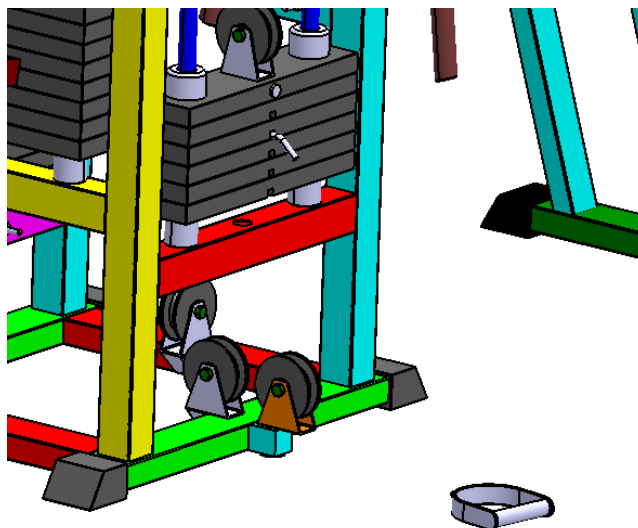
Слика 3.48 Ротирајући котур

Позиционирањем измоделираних делова у склоп гладијатора добија се приказ као на **слици 3.49**.



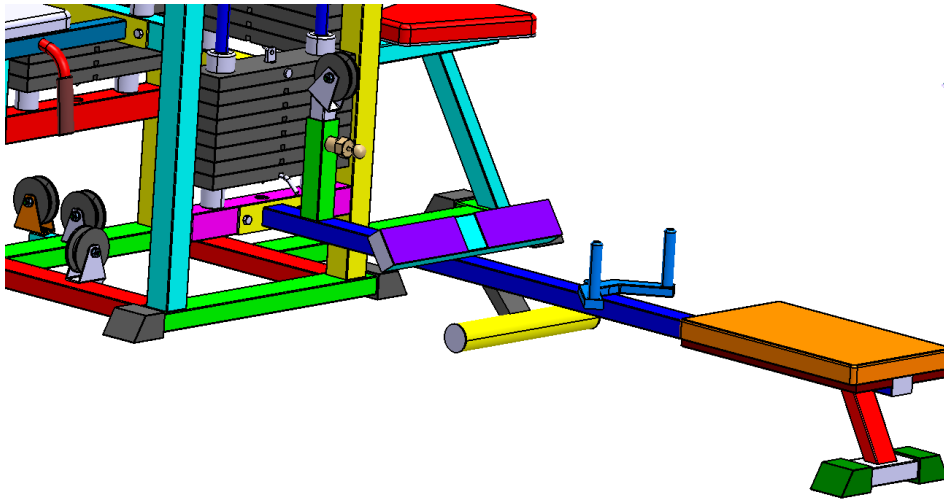
Слика 3.49 Постављање пропратних елемената

Рукохват за бицепс се поставља као на **слици 3.50**. Његова позиција диктира дужину сајле. Осим рукохвата за бицепс, на слици се јасно може видети позиција ротирајућег котура.



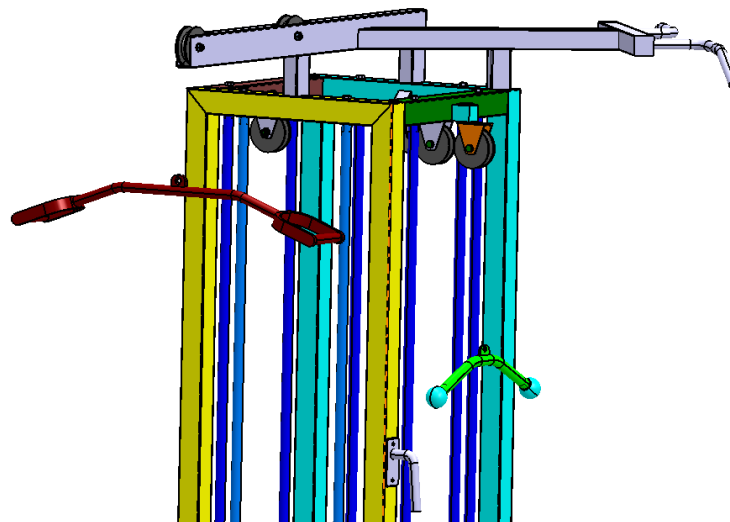
Слика 3.50 Позиција рукохвата за бицепс

Позиција рукохвата за веслање је приказана на **слици 3.51**. Аналогно као и код предходног случаја, позиција рукохвата за веслање диктира дужину сајле за веслање у 3Д моделу.



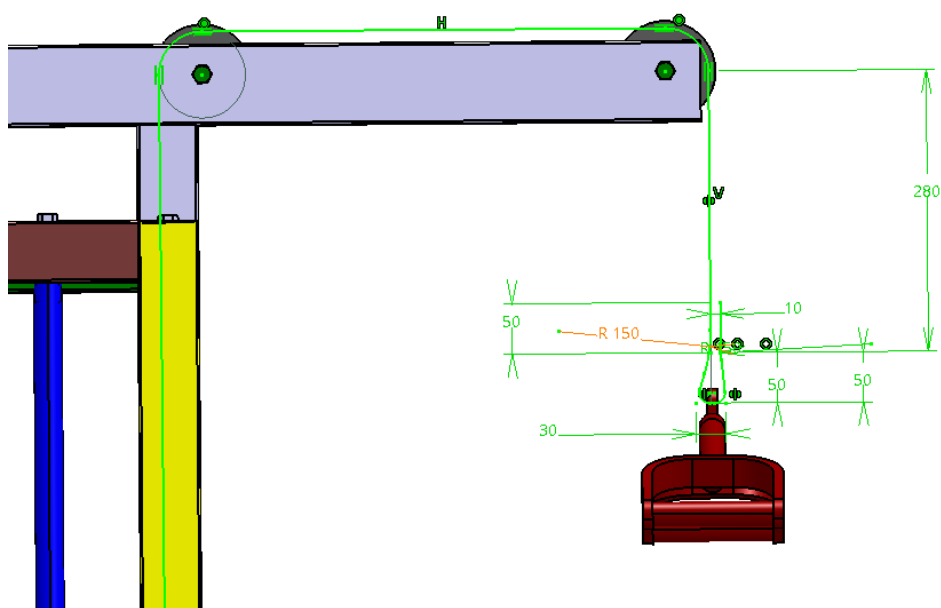
Слика 3.51 Позиција рукохвата за веслање

Позиција лат рукохвата и рукохвата за трицепс је приказана на **слици 3.52**. Она је пре свега прилагођена висини просечног човека и свакако је прилагодљива по потреби. Жабице које фиксирају "омчу" сајле пружају могућност подешавања.

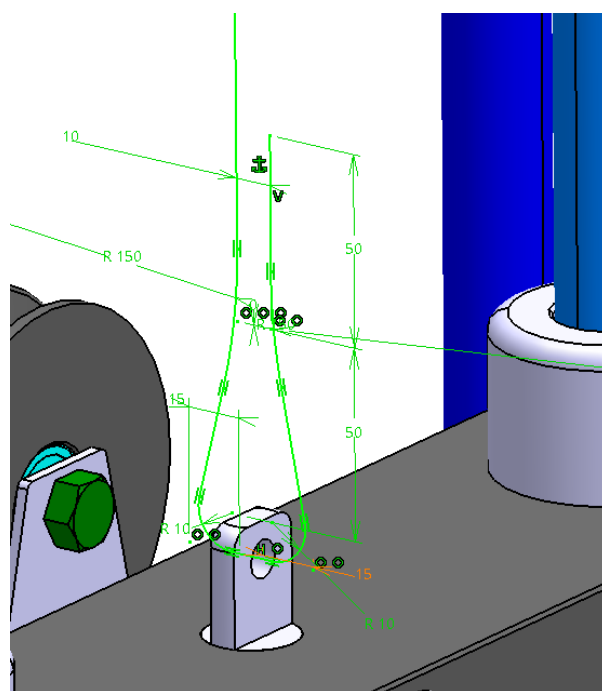


Слика 3.52 Позиције лат рукохвата и рукохвата за трицепс

Након подешавања позиција рукохвата, започиње се моделирање сајли. Сајла за лат се моделира тако што се у средњој равни котура за лат, управној на његову осу крира скица као на **слици 3.53 и 3.54**. Модел сајле је неопходно правити у простору за склоп како би се цео процес моделирања олакшао.

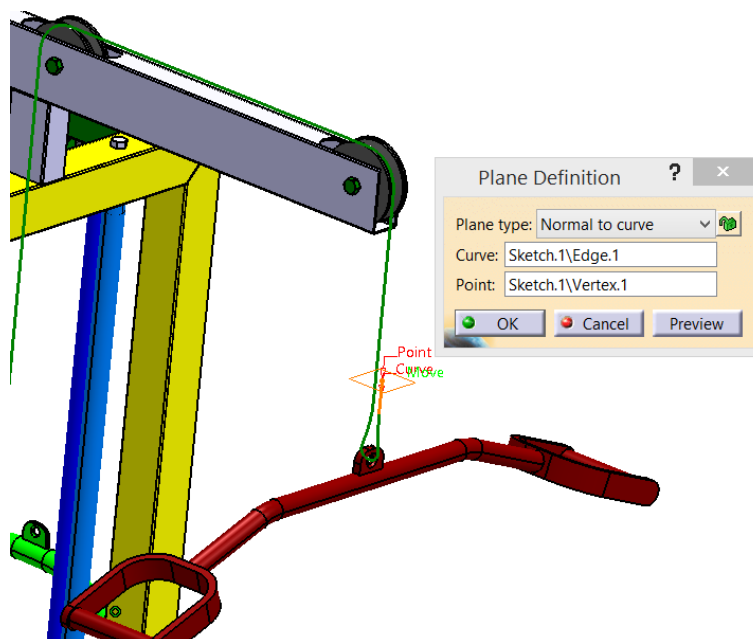


Слика 3.53 Горњи део скице линије водиље сајле за лат машину

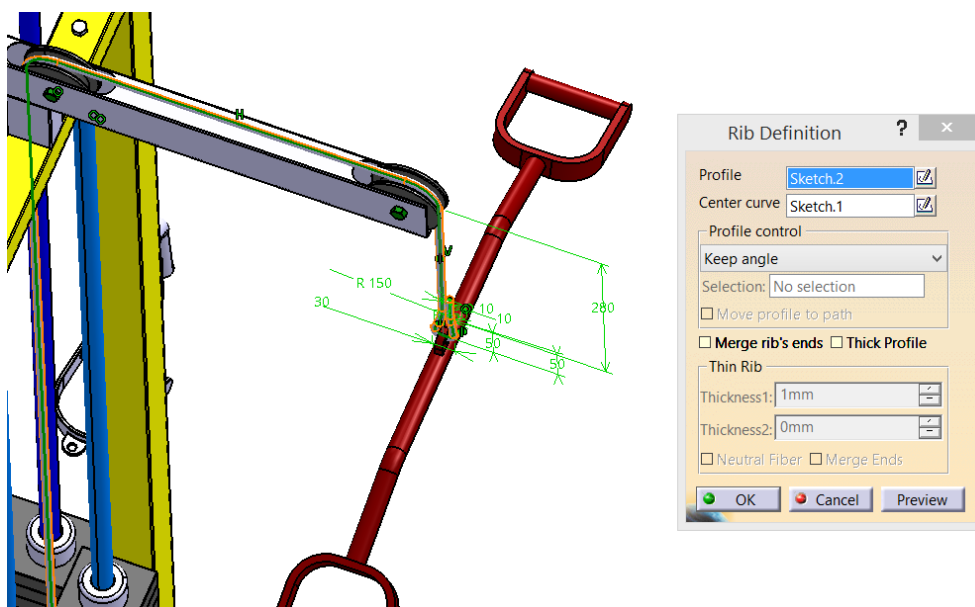


Слика 3.54 Доњи део скице линије водиље сајле за лат машину

Након креирања скице, неопходно је направити раван управну на линију водиљу (слика 3.55) и у њој креирати профил попречног пресеска сајле, тј. кружницу. Центар кружнице се мора поклапати са почетном тачком линије водиље сајле.

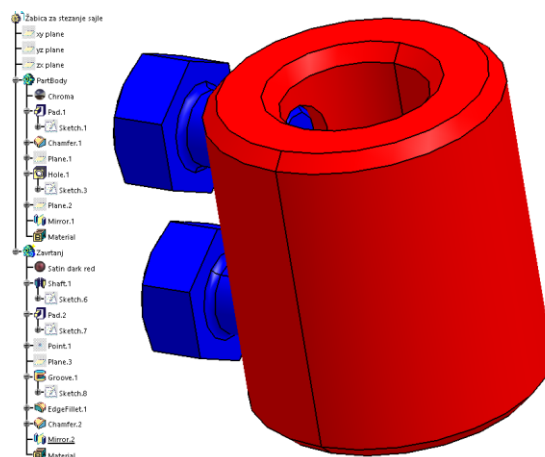


Слика 3.55 Креирање управне равни у односу на линију водиљу у почетној тачки
Након креирања кружнице командом *Rib* добија се 3Д модел сајле за Лат машину
као што је приказано на **слици 3.56**.

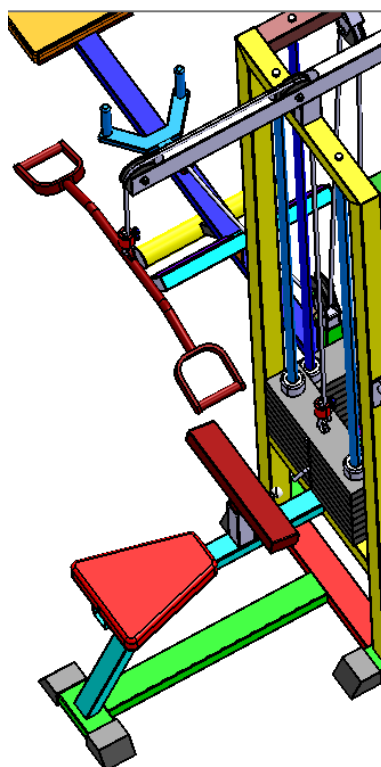


Слика 3.56 Креирање модела сајле опцијом *Rib*

Сајли се након тога додаје материјал на начин на који је приказано у претходном делу рада. Након моделирања сајле, неопходно је измоделирати и елемент за притезање - цилиндричну челичну шелну или другим речима "жабицу". На **слици 3.57** је приказан модел шелне. Након моделирања шелне могуће је склопити целу лат машину (**слика 3.58**).



Слика 3.57 Модел шелне за стезање сајле ("Жабице")



Слика 3.58 Склоп лат машине

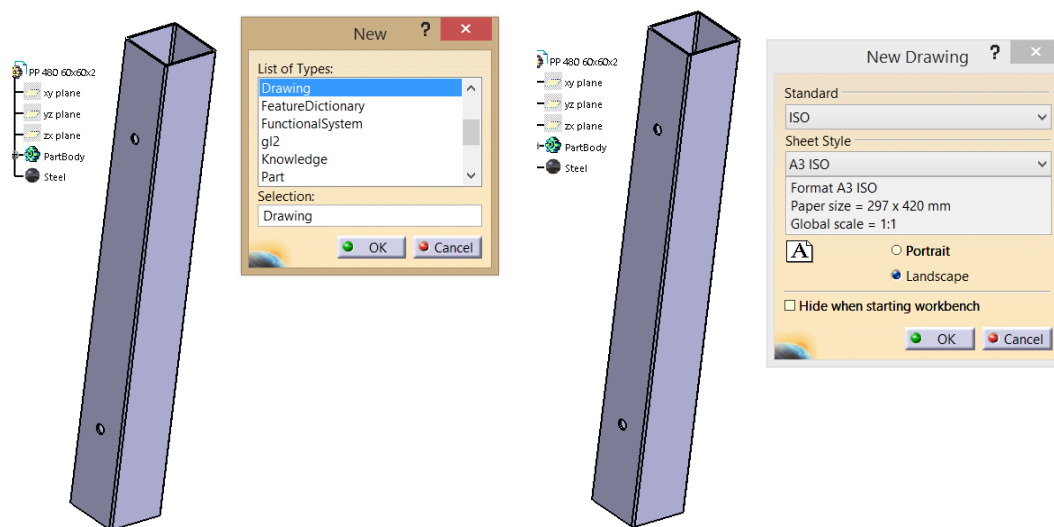
По узору на процес моделирања сајле за лат, моделирају се и остале сајле и убацују у финални склоп. Све сајле се савијају у једној равни што олакшава њихово моделирање. Након тога се врши провера да ли су сви елементи на свом месту и да ли им је додељен одговарајући материјал.

4. Техничка документација

Техничка документација је основно средство комуникације/споразумевања у инжењерству. Израз техничка документација се односи на различите документе са подацима производа и информације које пружа о њему. Ручно цртање радионичких цртежа, подсклопова и склопова је превазиђено. За потребе израде техничке документације користе се разни софтвери (*AutoCad*, *SolidWork*, *Inventor*, *CATIA V5* итд).

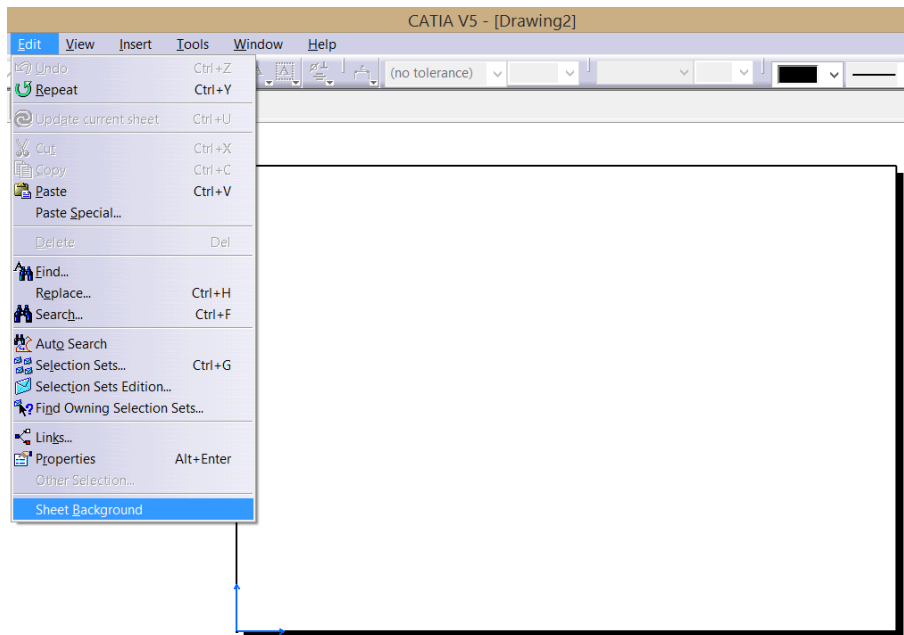
4.1 Пример поступка израде техничке документације употребом CAD софтвера CATIA

Да би се креирала потпуна техничка документације склопа гладијатора, потребно је изградити преко стопедесет радионичких и преко петнаест склопних цртежа. Креирање техничке документације се врши тако што се првенствено отвори жељени геометријски модел у софтверу CATIA и потом се у падајућем менију покрене *File/New*. За пример је узета цев са ознаком "PP 480 60x60x2". У новоотвореном прозору *New* (слика 4.1 -лево) селекује се тип *Drawing*. Након покретања поменуте опције отвара се прозор као на слици 4.1 - десно. У њему је могуће изабрати стандард величину папира и оријентацију истог.

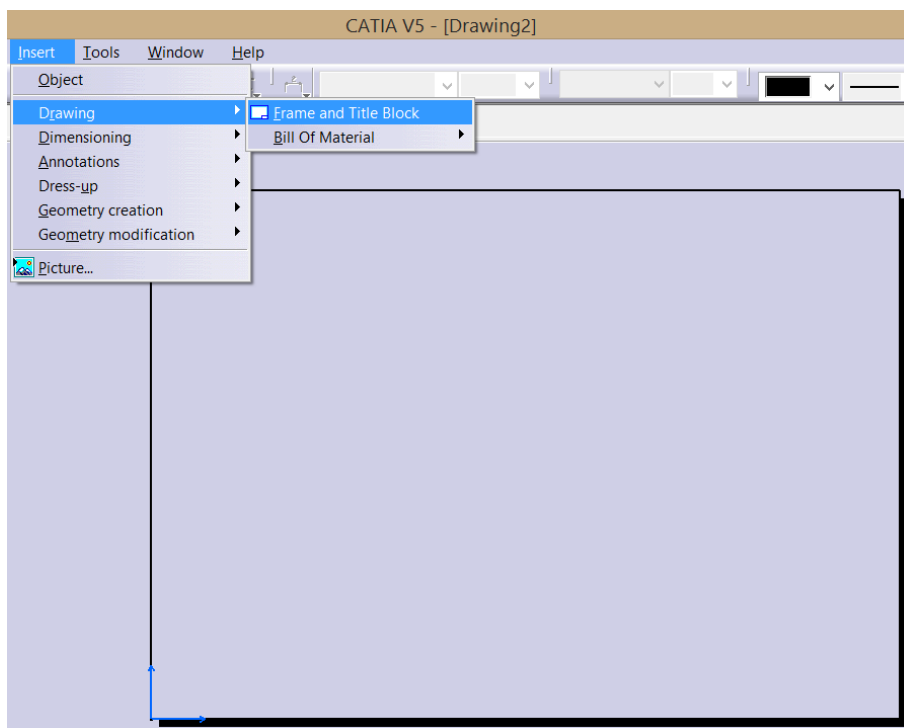


Слика 4.1 Покретање опције за креирање техничког цртежа

На слици 4.2 је приказан прозор који се отвара након покретања изабраног папира и стандарда. Како би се поставило заглавље на папир потребно је пребацити радни простор на позадину командом на *Edit/SheetBackground* (слика 4.2). По пребацивању радног простора на позадину, потребно је убацити одговарајуће заглавље и оквир посредством падајућег менија командом *Insert/Drawing/FrameAndTitleBlock* као што је приказано на слици 4.3.

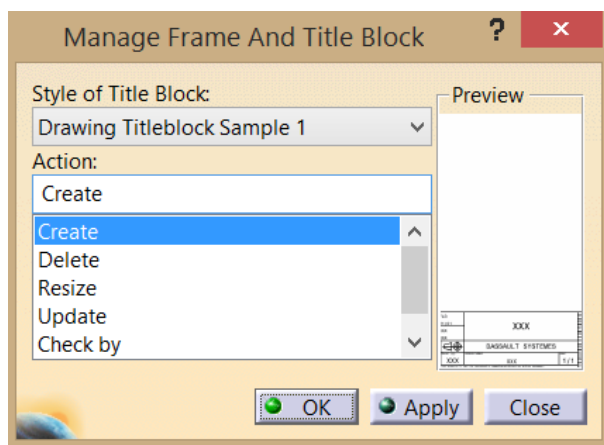


Слика 4.2 Пребацивање радног простора на *Sheet Background*



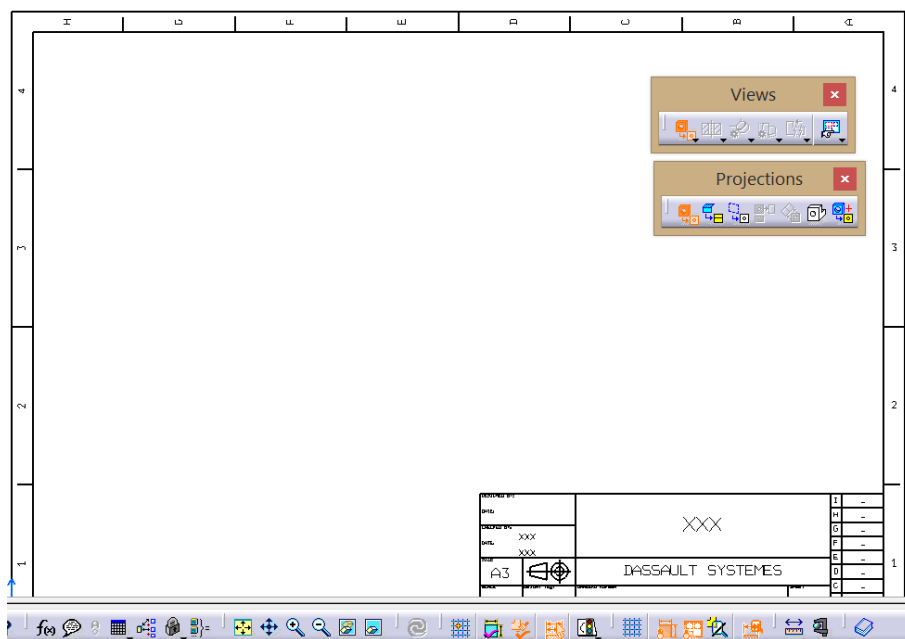
Слика 4.3 Покретање прозора за убацивање заглавља

Постоје разне врсте оквира и заглавља израђених по стандардима. На слици 4.4 је приказан прозор у којем се могу изабрати стандардни оквир и заглавље. Заглавље и оквир је могуће направити без увожења стандардних. Могуће је нацртати их. Након изабраног заглавља потребно је вратити се у првобитни радни простор посредством падајућег менија *Edit/WorkingView*. У њега је потребно увести одговарајућу пројекцију жељеног модела. То се може учинити помоћу команде *Projection* из палете *Projections*.



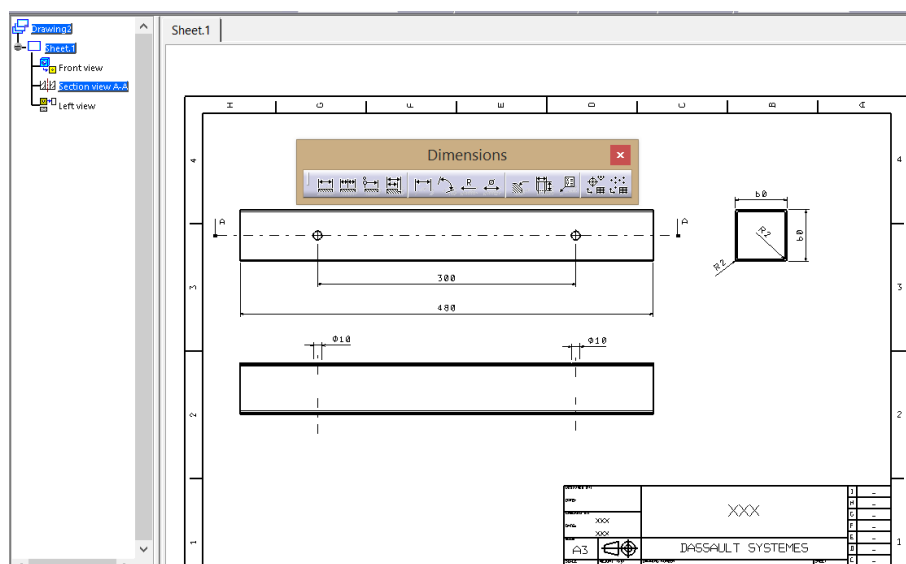
Слика 4.4 Селектовање одговарајућег залаваља

У њега је потребно увести одговарајућу пројекцију жељеног модела. То се може учинити помоћу команде *Projection* из палете *Projections* (слика 4.5). Након избора поменуте команде потребно је пребацити се у прозор у којем се налази 3Д модел и селектовати одговарајућу раван или површину.



Слика 4.5 Увожење пројекције на цртеж

Увожењем одговарајуће пројекције на цртеж кориснику се омогућава да по потреби из ње извуче остале две пројекције посредством палете *Projections*. Након постављања пројекција следи котирање. Котирање се спроводи уз помоћ команд из палете *Dimension*. На слици 4.6 је дат пример котираног елемента. Након прописног котирања, попуњава се заглавље и по потреби цртеж се снима у рачунару (као слика - jpg, jpeg, tiff, као документ - pdf, или било који други доступни тип фајла). У случају ако димензије модела прелазе оквиру цртежа, могуће је исте скалирати, односно одрадити цртеж у договораној размери. У стаблу са леве стране на слици 4.19 се налазе креиране пројекције. Подешавањем њихових својстава (десни клик па *Properties*) се подешава размера, као и остали жељени прикази скривених линија, оса и томе слично.



Слика 4.6 Котирање изабраних пројекција

На овај начин је могуће израдити радионичке цртеже свих елемената. При изради склопних цртежа поступак је веома сличан, са тим да се код њих котирају габаритне димензије и димензије битне за монтажу, заглављу се додаје саставница итд.

4.2 Формирање техничке документације основе справе "Гладијатор"

Већ је поменуто да услед великог броја елемената, за потребе овог рада није практично приказати целокупну документацију, већ само документацију основе справе "Гладијатор" као главног подсклопа справе. Како би се формирала њена документација потребно је посредством геометријског модела дефинисати тачан број елемената основе, материјале од којих ће бити израђени ти елементи, придоделити им одговарајући назив и ознаку. Заглавља коришћена у примеру поступка израде техничке докуменације са претходних слика нису по домаћем стандарду. Према [12] изабрана креирана су нова заглавља са и без саставница за формате A0, A3 и A4.

Формиран начин означавања цеви према делу којем припадају, дужини и димензијама профила, за потребе 3Д моделирања задржава се у виду назива цеви, док се систем означавања мења. Први део ознаке представљају два (три или четири) слова која су у корену или се некако везују за назив цеви. Тачке се користе да раздвоје делове у ознаци. Други део представља формат цртежа. Трећи, четрти и пети део представља јединствени број склопа, подсклопа, елемента, зависно од тога којем склопу/подсклопу елемент/подсклоп, припада.

У **Прилогу** је приказан склопни цртежа основе „Гладијатора“. Већина конструисаних елемената се добијају из полуфабриката [13] који се производе према стандардима [14,15]. Њихове тачне димензије, као и материјал од којег се производе се могу пронаћи на [13]. Услед могућности не познавања релативно новијих система означавања челика, у примедби су уписане ознаке истог по старом, Југословенском систему означавања (ЈУС-у).

На основу саставнице, даље се формира документација сваког од подсклопова и елемената (као и елемената подсклопова). У **прилогу** је приказан део техничке документација израђена према тродимензионалном моделу основе, односно систему означавања на склопном цртежу основе гладијатора.

5. 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.

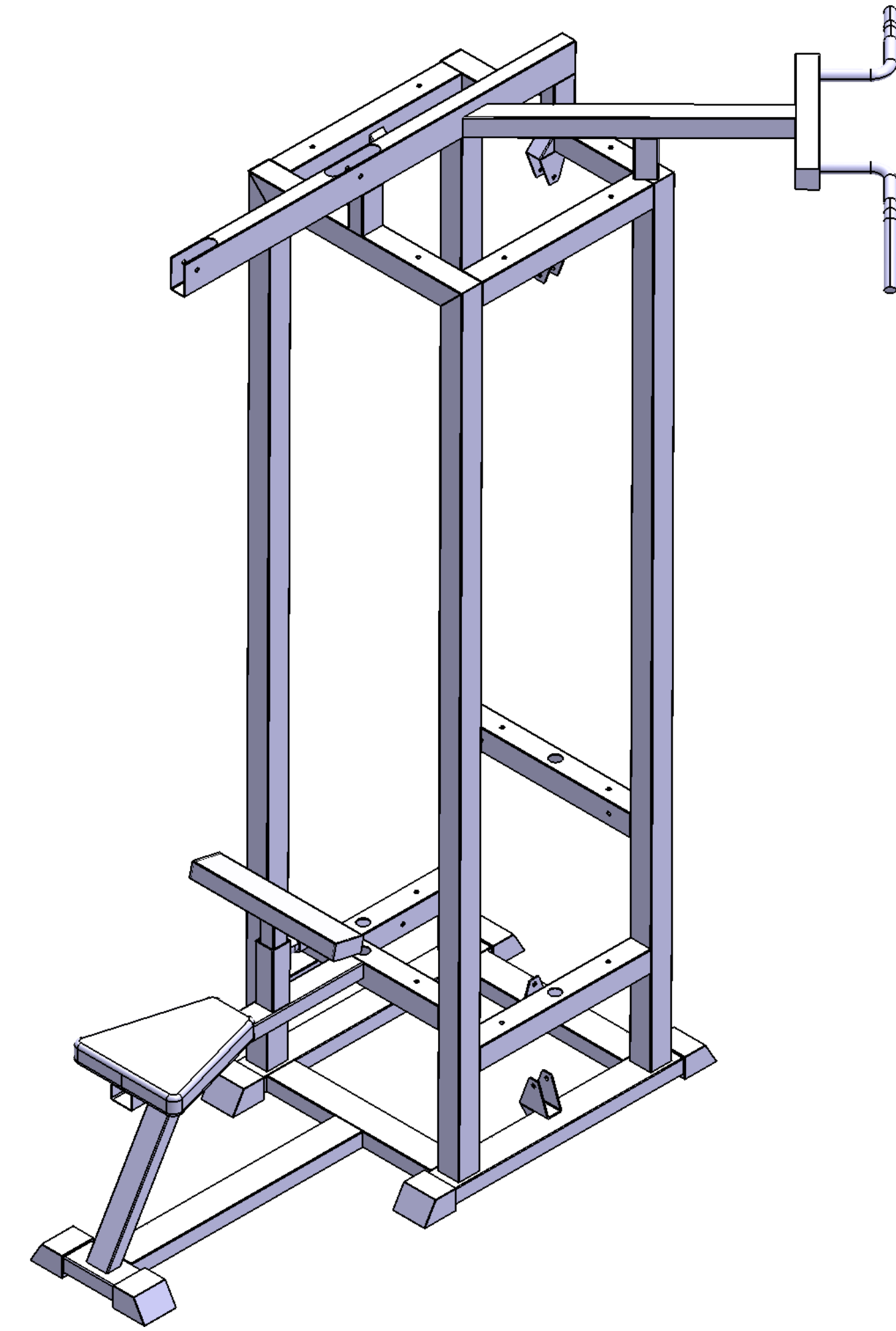
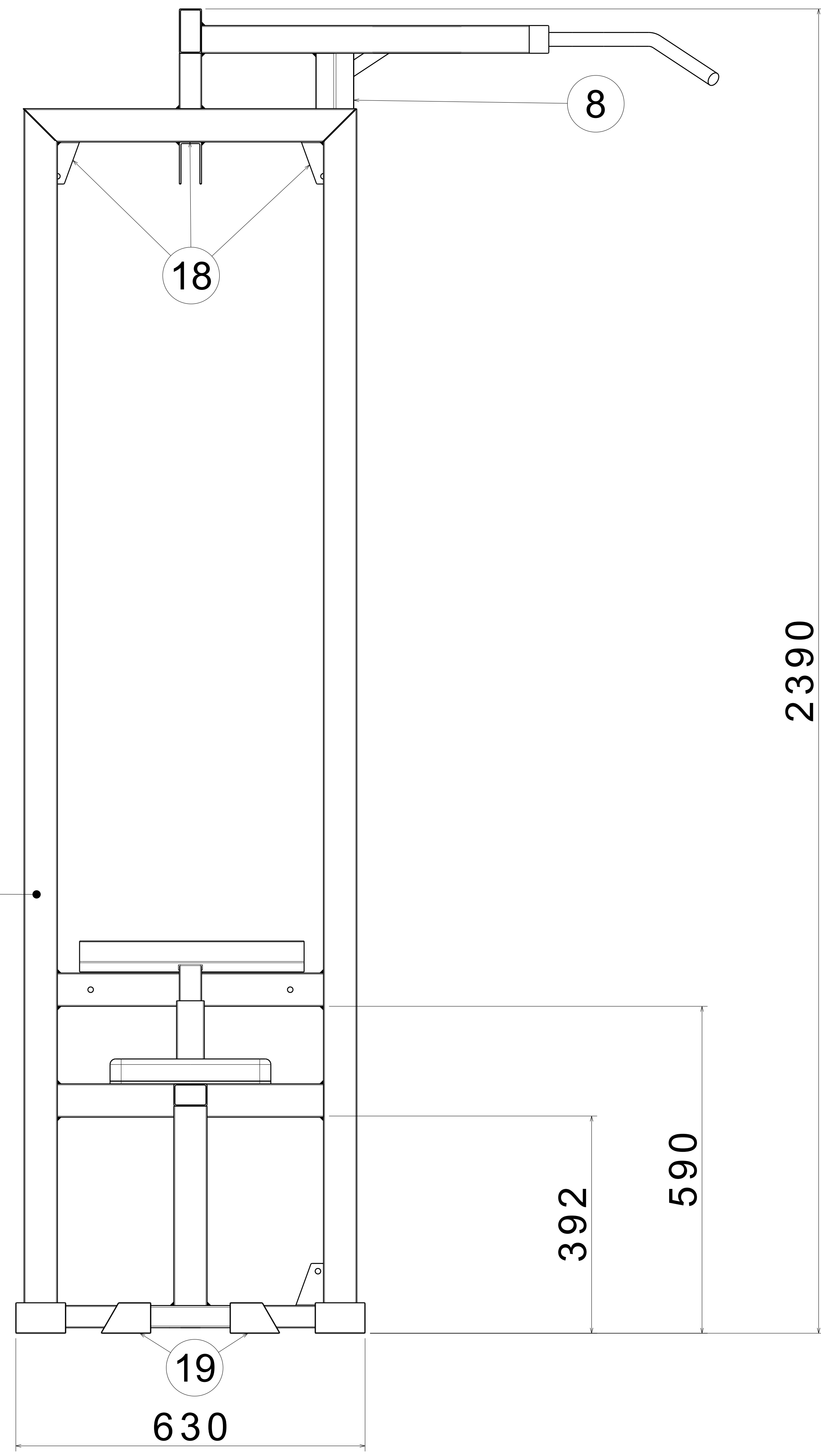
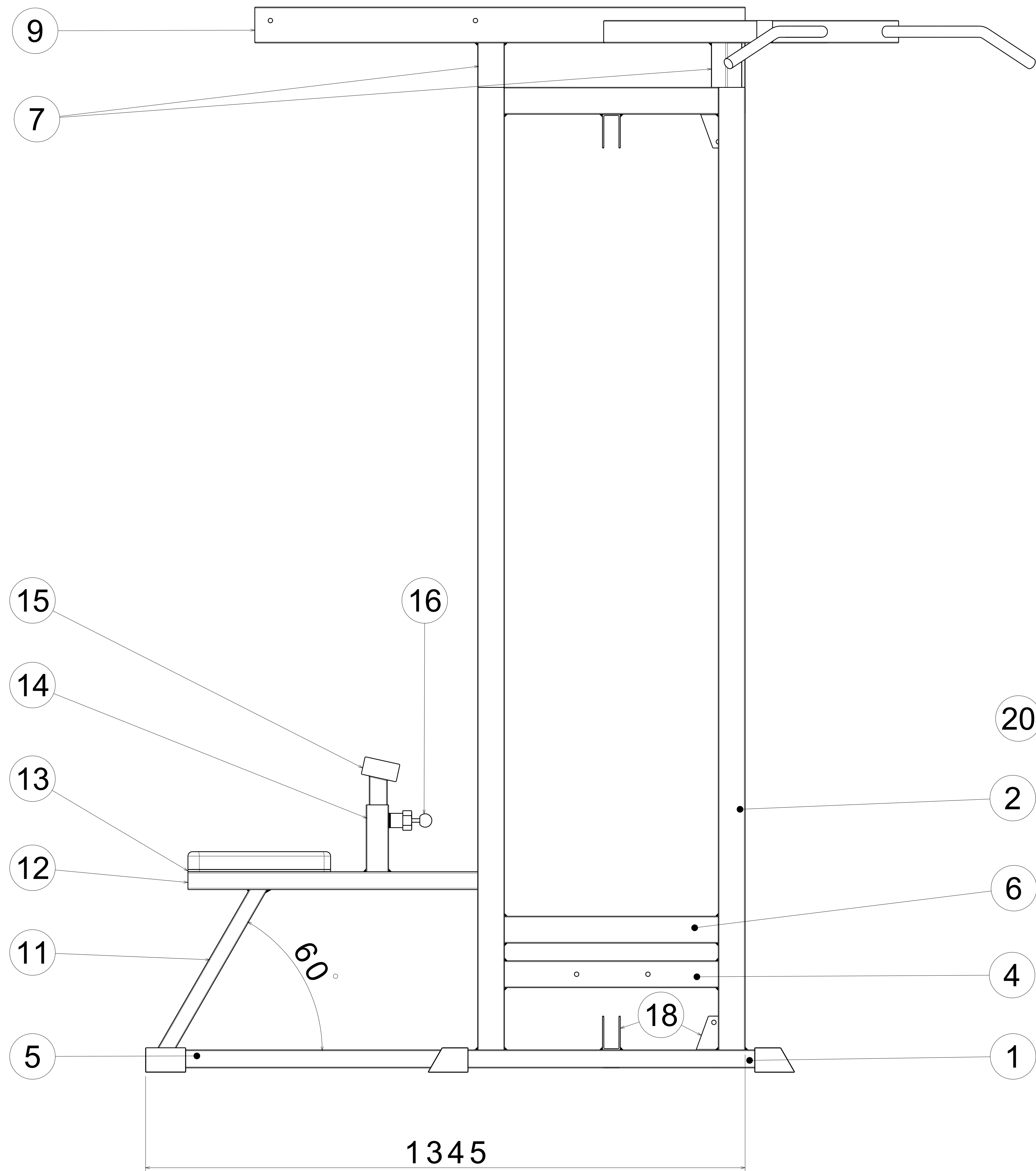
Како би се проценио квалитет пројектованог модела (будућег производа), исти је поређен са производима разних брендова. На пример, домаћи произвођач „Monster Gum“ нуди у својој палети производа гладијатор који је по својим перформансама сличан развијеном моделу. На њему се могу тренирати исте мишићне 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. Мана 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. Остале мане 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.

Генерално, након спроведеног процеса развоја геометријског модела, исти је могуће употребити на разне начине за даљи ток развоја производа, менаџмент, управљање и друго. 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. Као најчешћа главна даља употреба геометријског модела, у раду је приказан начин генерисања техничке документације као основног средства комуникације/ споразумевања у инжењерству. Додатно, у складу са наведеним, у прилогу се налазе израђени склопни и радионички цртежи основе гладијатора, као главног (носећег) подскопа справе.

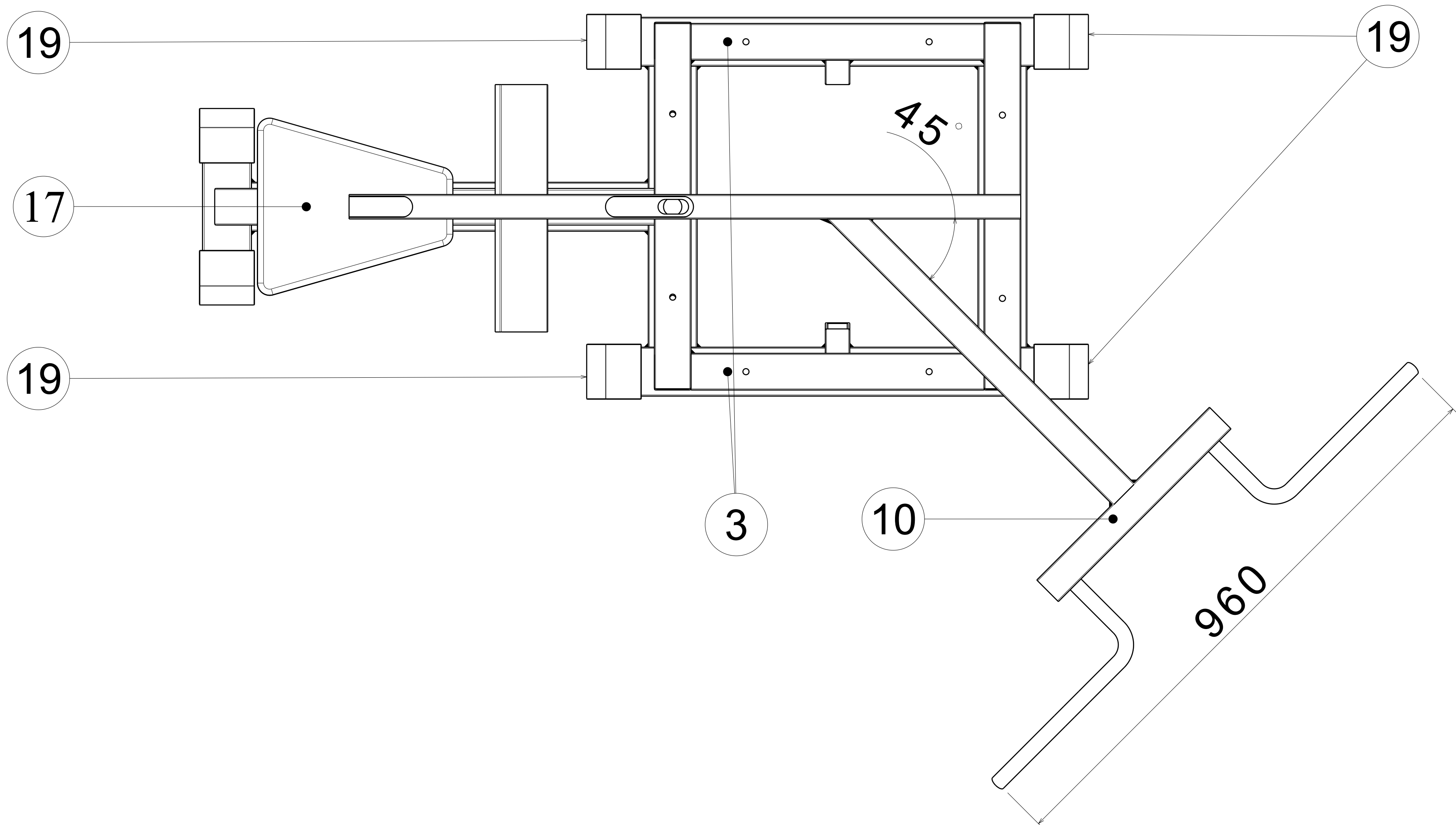
Литература

- [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, САД 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 5.11.2018.
- [10] Доступно на: <http://www.kingofthegym.com/muscle-anatomy/> , приступљено 5.11.2018.
- [11] Доступно на: <https://cad.timken.com/item/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings-6000--6200--6300--6400-/6200-2rs> , приступљено 5.11.2018.
- [12] L. Ivanović, M. Erić , *Tehničko crtanje sa kompjuterskom grafikom - praktikum*, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2011.
- [13] Доступно на: <http://jeepcommerce.rs/>, приступљено 8.11.2018.
- [14] Доступно на: https://www.en-standard.eu/din-en-10220-seamless-and-welded-steel-tubes-dimensions-and-masses-per-unit-length/?gclid=E_AIAIQobChMI6oGX14Cb3wIVxoGyCh18SAi2E_AAYASAAEgImIvD_BwE_ , приступљено 8.11.2018.
- [15] Доступно на: https://www.en-standard.eu/din-en-10224-non-alloy-steel-tubes-and-fittings-for-the-conveyance-of-water-and-other-aqueous-liquids-technical-delivery-conditions/?gclid=EAIAIQobChMIpOTU4ICb3wIVh9GyCh0KkArVEAAYASAAEgJegfD_BwE_ , приступљено 8.11.2018.

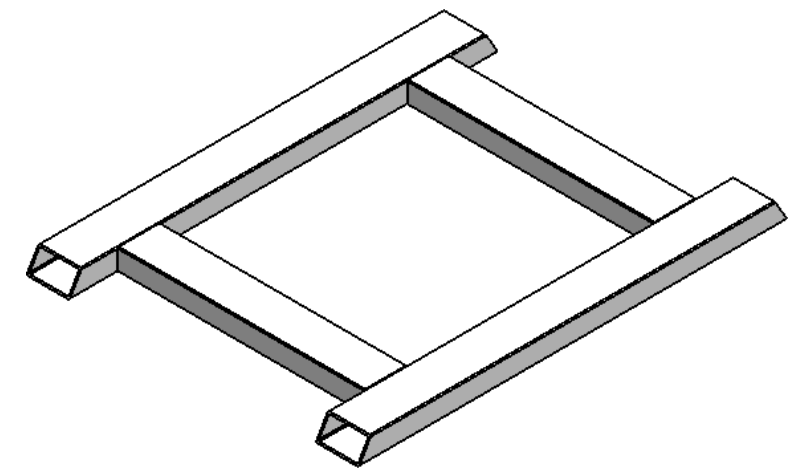
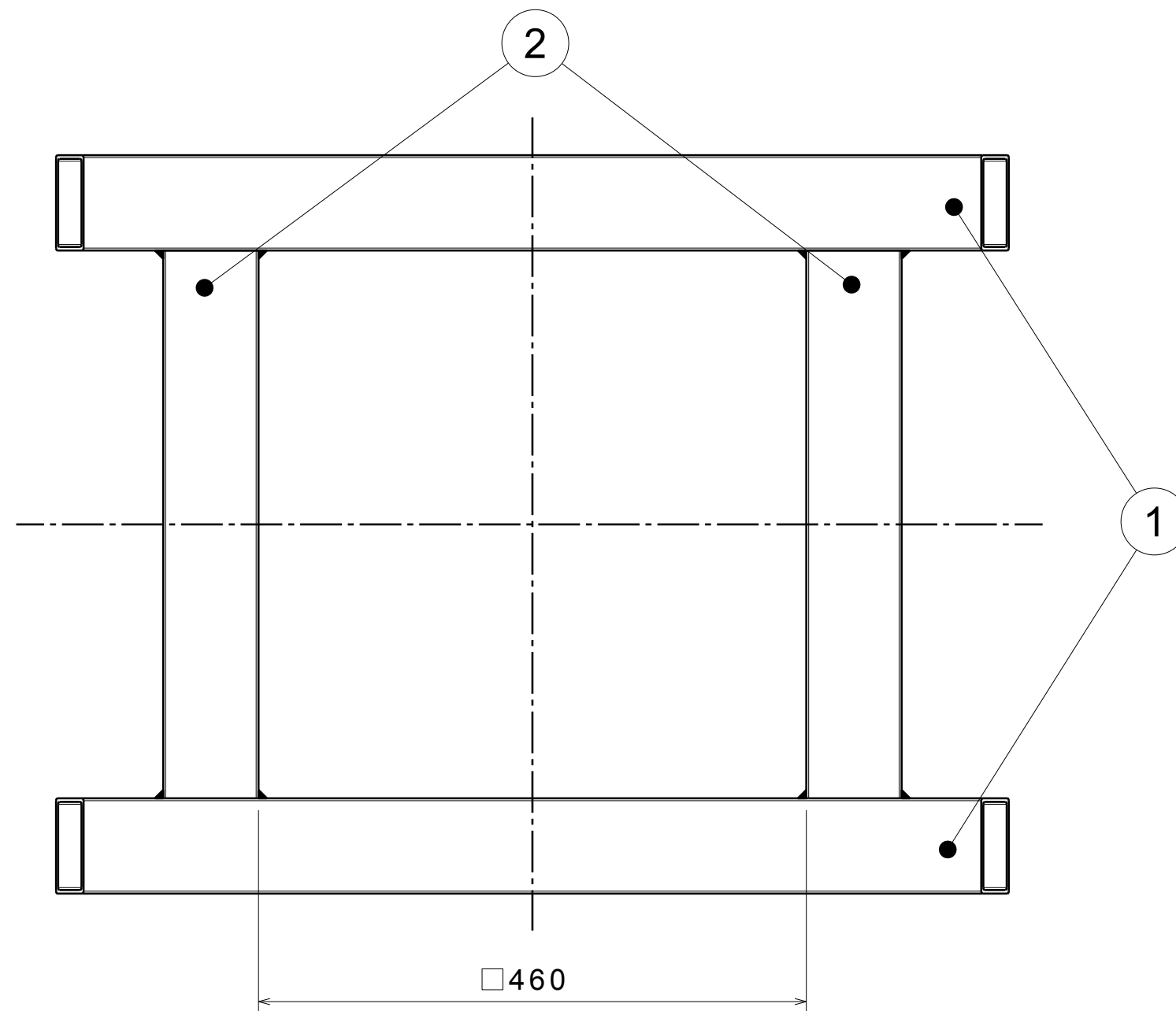
Прилог: Техничка документација основе справе "Гладијатор"



Izometrijski prikaz (R 1:5)

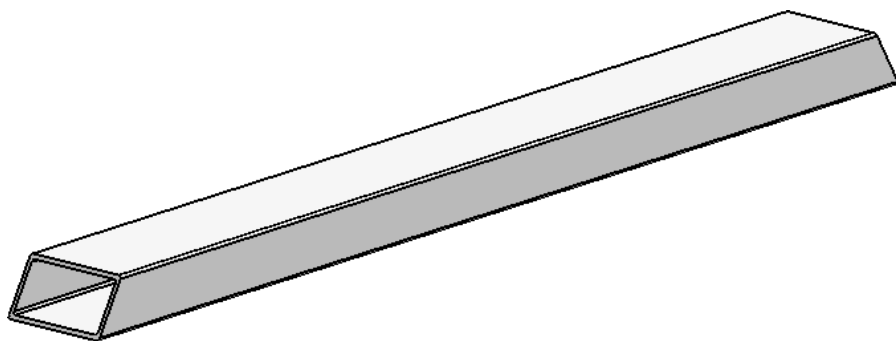


20	1	kom.	"II" nosač PZL	PPZL.A3.01.20	EN 10224 - 60x60x2, S235 JRH	(C0361)
19	6	kom.	Guma za postolje	GUM.A4.01.19	Poliuretanska guma	
18	5	kom.	Nosač kotura	NK.A4.01.18	EN 10220 - 80x40x3, S235 JRH	(C0361)
17	1	kom.	Sedište	SED.A4.01.17	Koža i sunder	
16	1	kom.	Potezač	POT.A4.01.16	S235 JRH	(C0361)
15	1	kom.	T dražac za lat	TL.A4.01.15	S235 JRH	(C0361)
14	1	kom.	P NL 190 50x50x2	PNL.A4.01.14	EN 10224 - 50x50x2, S235 JRH	(C0361)
13	1	kom.	Nosač sedišta LM	SL.A4.01.13	S235 JRH	(C0361)
12	1	kom.	NSL 650 60x40x2	NSL.A4.01.12	EN 10220 - 60x40x2, S235 JRH	(C0361)
11	1	kom.	KC 440 60x40x2	KCL.A4.01.11	EN 10220 - 60x40x2, S235 JRH	(C0361)
10	1	kom.	Vratilo za zgibove	VR.A3.01.10	S235 JRH	(C0361)
9	1	kom.	NK 1100 80x40x2	NK.A3.01.09	EN 10220 - 80x40x2, S235 JRH	(C0361)
8	1	kom.	OVZ 100 50x50x2	OVZ.A4.01.08	EN 10224 - 50x50x2, S235 JRH	(C0361)
7	2	kom.	ONL 100 60x40x2	ONL.A4.01.07	EN 10220 - 60x40x2, S235 JRH	(C0361)
6	1	kom.	PPBT 480 60x60x2	PPBT.A3.01.06	EN 10224 - 60x60x2, S235 JRH	(C0361)
5	1	kom.	NKL 650 80x40x3	NKL.A4.01.05	EN 10220 - 80x40x3, S235 JRH	(C0361)
4	2	kom.	PPDK 480 60x60x2	PPDK.A3.01.04	EN 10224 - 60x60x2, S235 JRH	(C0361)
3	1	kom.	PP 480 60x60x2	PP.A4.01.03	EN 10224 - 60x60x2, S235 JRH	(C0361)
2	1	kom.	"II" nosač lat	PNL.A3.01.02	EN 10224 - 60x60x2, S235 JRH	(C0361)
1	1	kom.	Postolje	PO.A3.01.01	EN 10220 - 80x40x3, S235 JRH	(C0361)
Poz. Kol. Jm.			Naziv	Oznaka	Standard - izabrane karakteristike	Primerba
Tolerancija dobrih mera			±3	Površinska hrapavost	Površinska zaštita	
Materijal			Termička obrada			
Dimenzije			2390x1996x1260	Format	A0	Masa 91,464kg
			Naziv:			
			Osnova gladijatora			
			Oznaka: OSG.A0.01			
			Ist: 1			
			Fakultet inženjerskih nauka Univerzitet u Kragujevcu			
			Izv. pod. Sklop gladijatora			
			Zamena za:			
S.L.	Izmena	Datum	Jm			

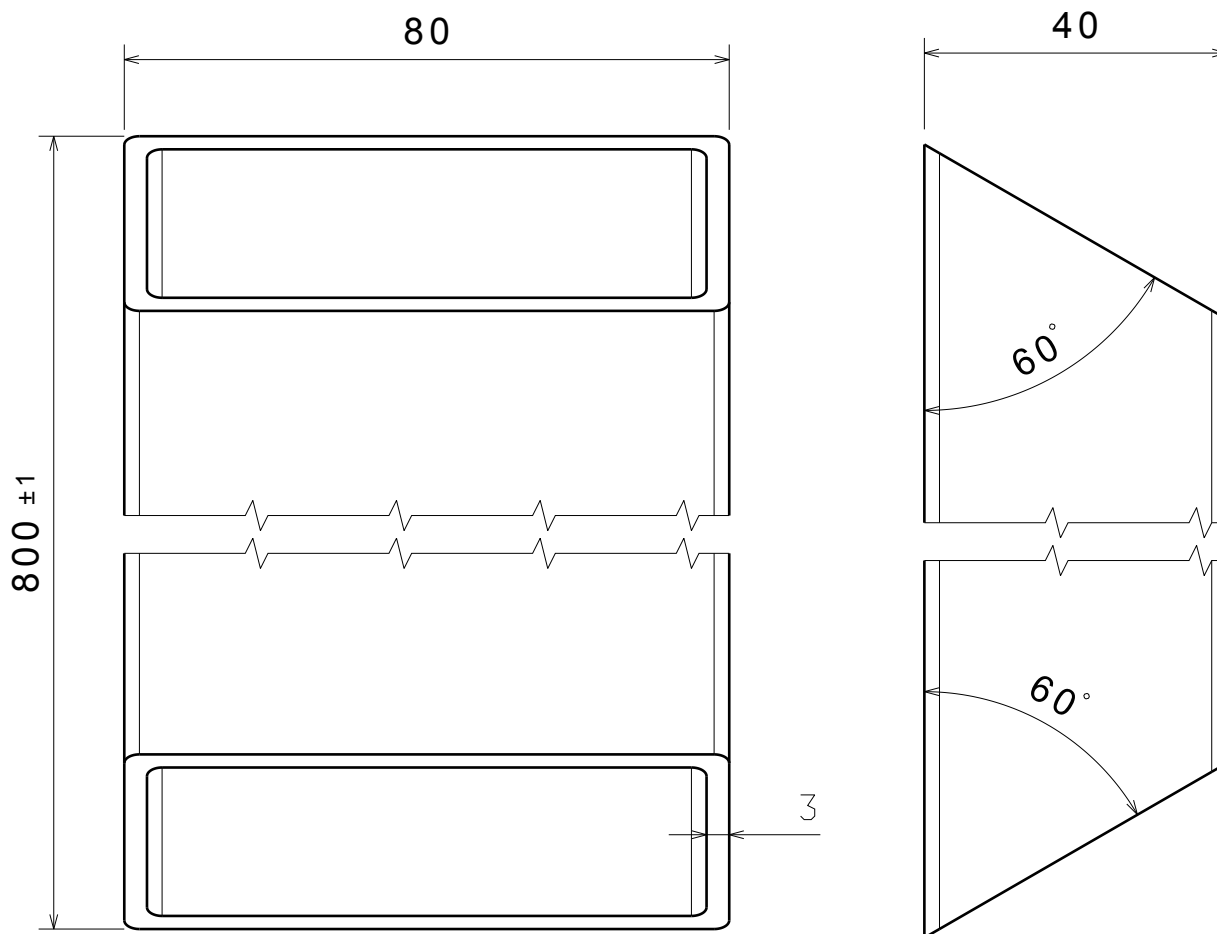


Izometrijski prikaz (R 1:10)

2	2	Kom.	P 460 80x40x3	P.A4.01.01.02	EN 10220 - 80x40x3, S235 JRH	(Č0361)
1	2	Kom.	PZ 800 80x40x3	PZ.A4.01.01.01	EN 10220 - 80x40x3, S235 JRH	(Č0361)
Poz.	Kol.	Jm.	Naziv	Oznaka	Standard - izabrane karakteristike	Primedba
Tolerancija slobodnih mera			±1	Površinska hrapavost	Površinska zaštita	
Materijal			S235 JRH			Termička obrada
		Dimenzije			Format	Masa
		800x620x40			A3	13,856kg
					Razmera	
					1:5	
					Naziv:	
					Postolje	
					Oznaka:	
					PO.A3.01.01	
					List:	
					L	
St.I	Izmene	Datum	Ime	Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu		Izv.Pod. OSG.A0.01
						Zamena za:



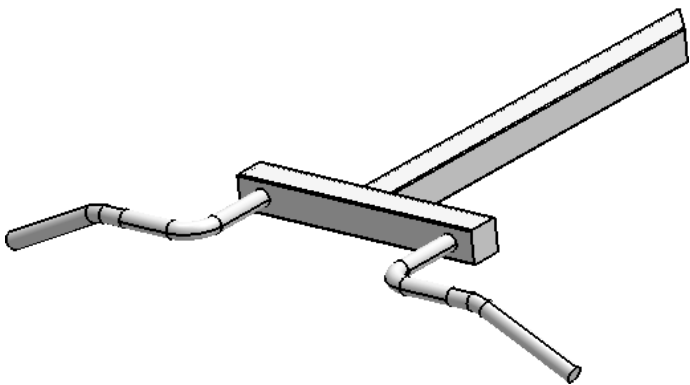
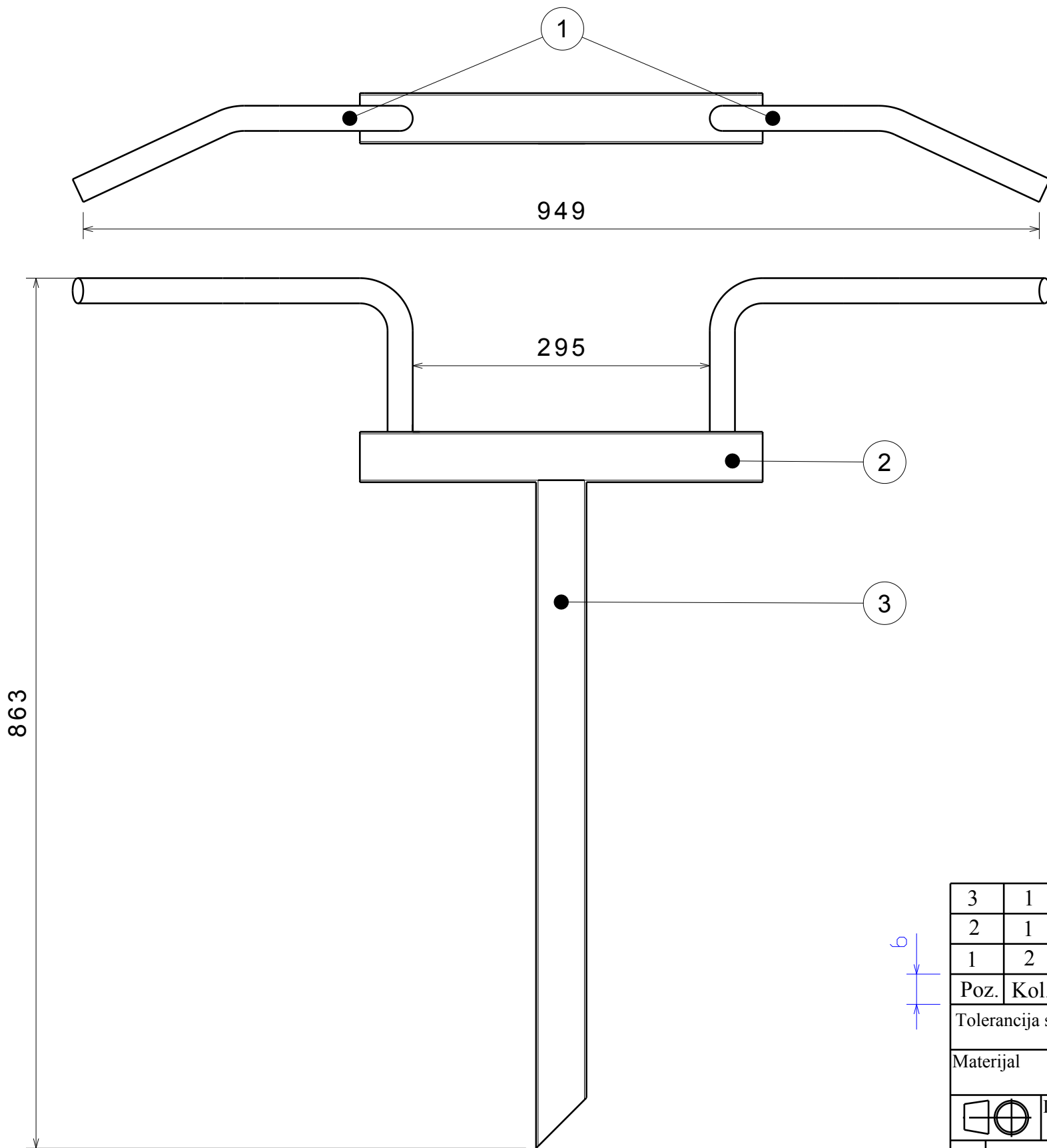
Izometrijski prikaz (R 1:5)



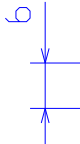
Napomena:

Prikazani deo se seče iz cevi pravougaonog profila, dimenzija profila 80x40x3 i dužine cevi 6000mm, izrađenih po standardu EN 10220.

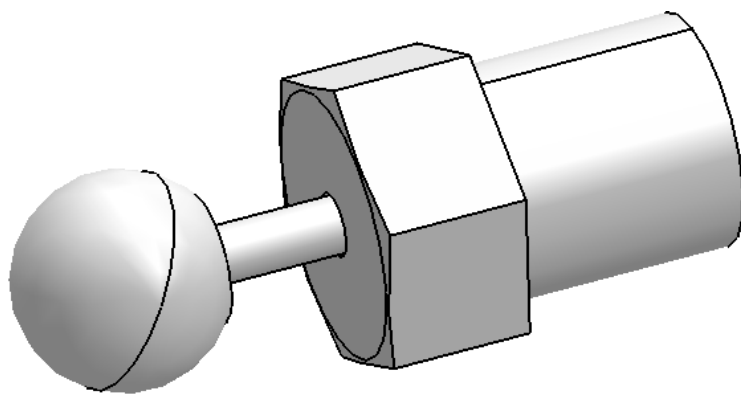
Tolerancija slobodnih mera			Površinska hrapavost			Površinska zaštita		
Materijal			S235 JRH			Termička obrada		
 Dimenzije			800x80x40			Format	Masa	Razmera
						A4	4,177 kg	1:1
			Datum	08.11.	2018.	Naziv:		
			Obrad.	Lazar	Ivanović			
			Stand.					
			Odobr.					
			Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu			Oznaka:		List:
								L
St.I	Izmene	Datum	Ime				Izv.Pod.	Zamena za:
							PO.A3.01.01	
						P800 Z 80x40x3		
						PZ.A4.01.01.01		



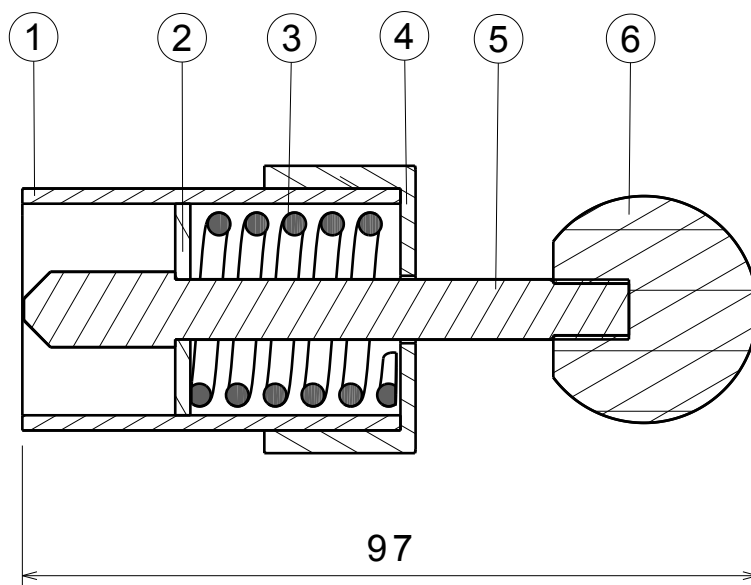
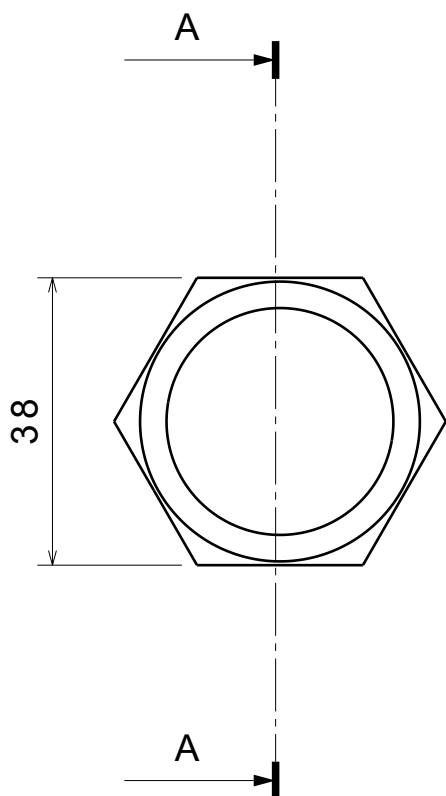
Izometrijski prikaz (R 1:10)



3	1	Kom.	ZG 663 50x50x2	ZG.A4.01.10.03	EN 10224 - 50x50x2, S235 JRH	(Č0361)		
2	1	Kom.	ZG 400 50x50x2	ZG.A4.01.10.02	EN 10224 - 50x50x2, S235 JRH	(Č0361)		
1	2	Kom.	Drska VRZG	DV.A4.01.10.01	Ø25x460, S235 JRH	(Č0361)		
Poz.	Kol.	Jm.	Naziv	Oznaka	Standard - izabrane karakteristike	Primedba		
Tolerancija slobodnih mera ±1			Površinska hrapavost		Površinska zaštita			
Materijal S235 JRH					Termička obrada			
		Dimenzije 950x865x110			Format A3	Masa 8,592kg	Razmera 1:5	
				Datum	08.11.2018.	Naziv: Vratilo za zgibove		
				Obrad.	Lazar Ivanović			
				Stand.				
				Odobr.				
				Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu		Oznaka: VR.A3.01.10		List:
								L
St.I	Izmene	Datum	Ime					Izv.Pod. OSG.A0.01

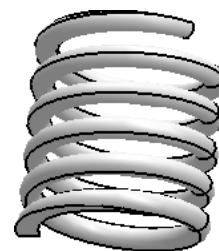


Izometrijski prikaz

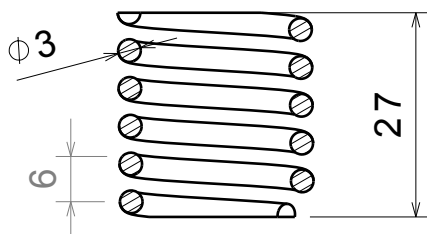
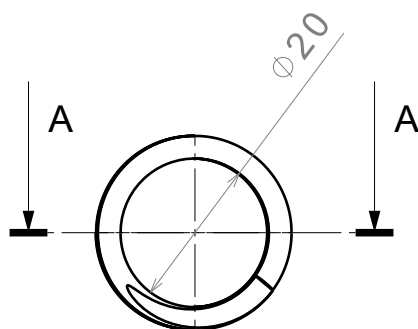


6	1	Kom.	Držač potezača	DP.A4.01.16.06	S235 JRH	(Č0361)
5	1	Kom.	Klin potezača	KP.A4.01.16.05	S235 JRH	(Č0361)
4	1	Kom.	Poklopac cevi	PC.A4.01.16.04	S235 JRH	(Č0361)
3	1	Kom.	Opruga	OP.A4.01.16.03	50CrV4	(Č 4830)
2	1	Kom.	Potisna ploča	PP.A4.01.16.02	S235 JRH	(Č0361)
1	1	Kom.	Cev potezača	CP.A4.01.16.01	S235 JRH	(Č0361)
Poz.	Kol.	Jm.	Naziv	Oznaka	Standard - izabrane karakteristike	
Tolerancija slobodnih mera			Površinska hrapavost		Površinska zaštita	
Materijal					Termička obrada	
S235 JRH/50CrV4						
		Dimenzije			Format	Masa
		100x50			A4	2,155 kg
					Razmera	
					1:1	
				Datum	08.11.2018.	Naziv:
				Obrad.	Lazar Ivanović	
				Stand.		
				Odobr.		
						Potezač
St.I	Izmene	Datum	Ime	Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu		Oznaka:
						POT.A4.01.16
						List:
						L
				Izv.Pod.	OSG.A0.01	Zamena za:

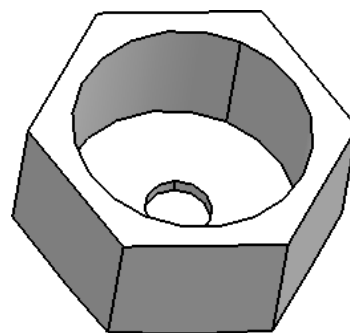




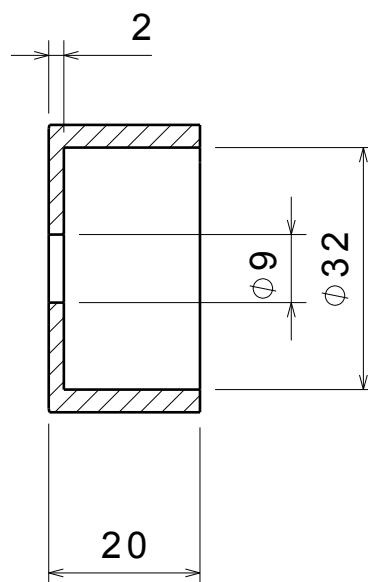
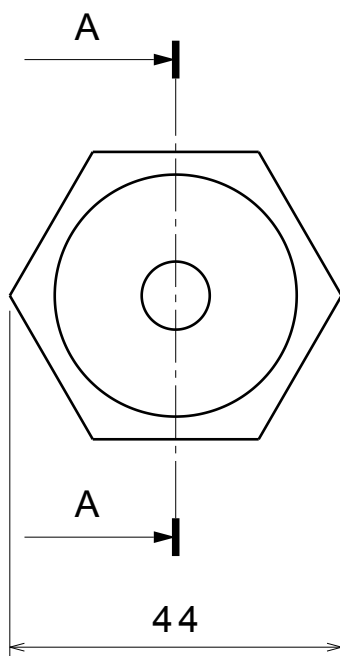
Izometrijski prikaz



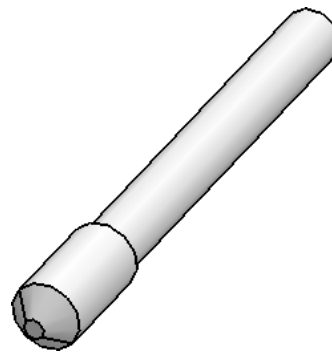
Tolerancija slobodnih mera				Površinska hrapavost				Površinska zaštita					
Materijal								Termička obrada					
50CrV4													
		Dimenzije						Format		Masa		Razmera	
		ϕ3x380						A4		0,042 kg		1:1	
				Datum	08.11.2018.		Naziv: Opruga						
				Obrad.	Lazar Ivanović								
				Stand.									
				Odobr.									
				Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu				Oznaka: OP.A4.01.16.03				List:	
												L	
St.I	Izmene	Datum	Ime					Izv.Pod. POT.A4.01.16		Zamena za:			



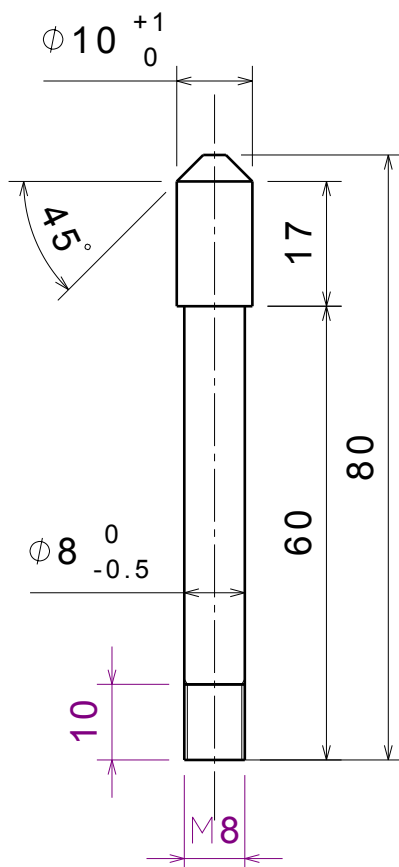
Izometrijski prikaz



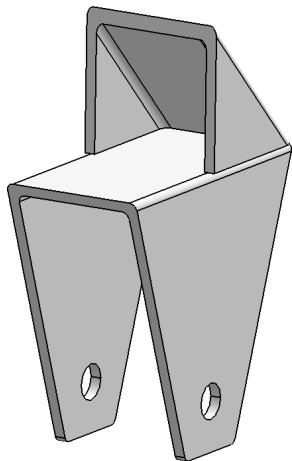
Tolerancija slobodnih mera ±0,5				Površinska hrapavost		Površinska zaštita					
Materijal S235 JRH						Termička obrada					
		Dimenzije 44x38x20				Format A4		Masa 0,018kg		Razmera 1:1	
				Datum	08.11.	2018.	Naziv: Poklopac cevi				
				Obrad.	Lazar	Ivanović					
				Stand.							
				Odobr.							
				Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu			Oznaka: PC.A4.01.16.04		List: L		
St.I	Izmene	Datum	Ime				Izv.Pod. POT.A4.01.16		Zamena za:		



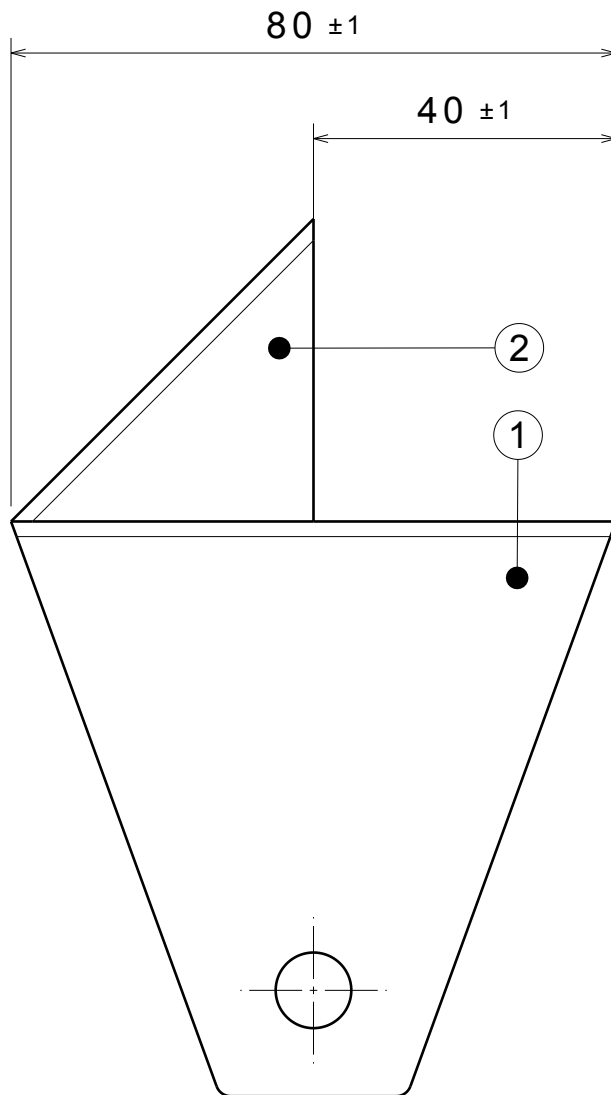
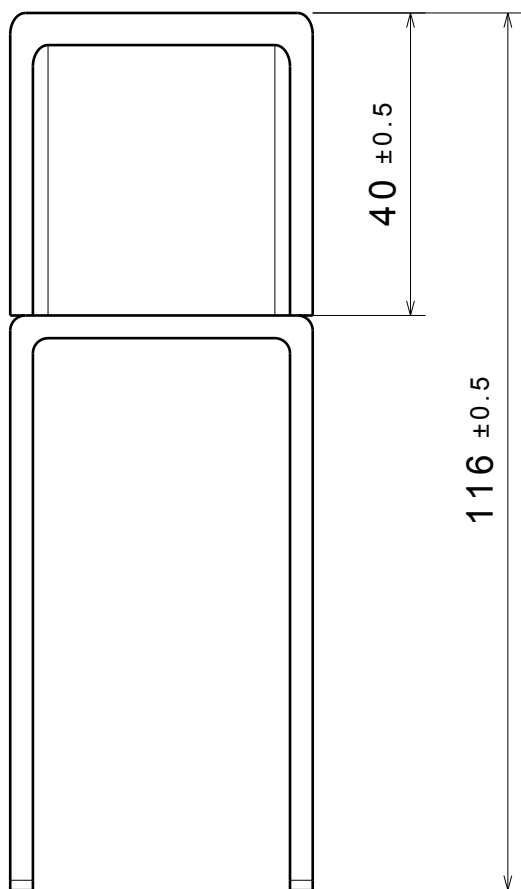
Izometrijski prikaz



Tolerancija slobodnih mera ±0,5				Površinska hrapavost		Površinska zaštita					
Materijal S235 JRH						Termička obrada					
		Dimenzije Ø10x80				Format A4		Masa 0,032kg		Razmera 1:1	
				Datum	08.11.	2018.		Naziv: Klin potezača			
				Obrad.	Lazar	Ivanović					
				Stand.							
				Odobr.							
						Oznaka: KP.A4.01.16.05				List: L	
St.I	Izmene	Datum	Ime	Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu				Izv.Pod. POT.A4.01.16		Zamena za:	

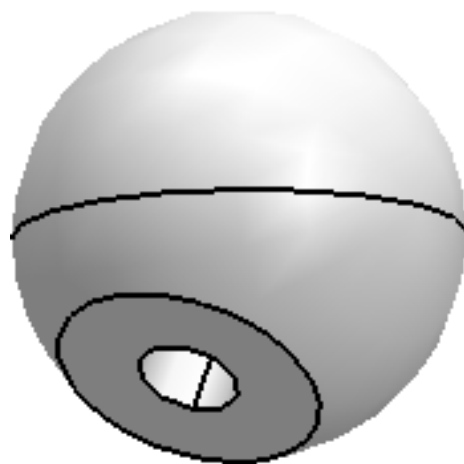


Izometrijski prikaz (R 1:2)

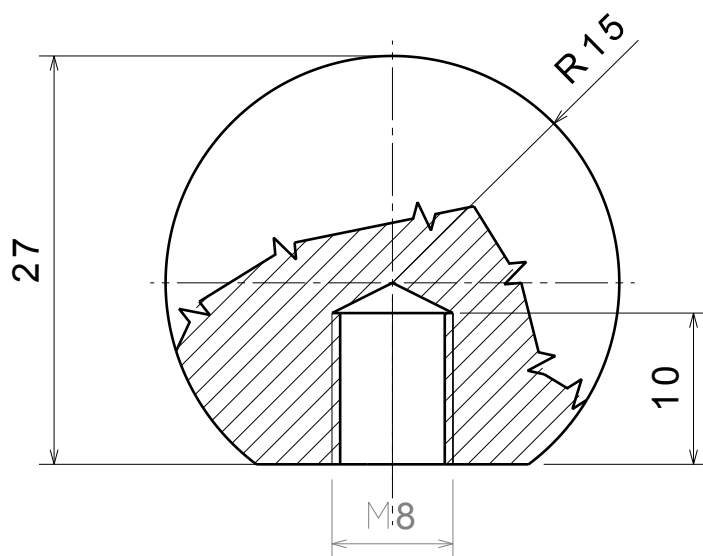


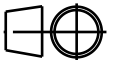
2	1	Kom.	ZT 40 80x40x3	ZS.A4.01.18.02	EN 10220 - 80x40x3, S235 JRH	(Č0361)
1	1	Kom.	ZS 80 80x40x3	ZS.A4.01.18.01	EN 10220 - 80x40x3, S235 JRH	(Č0361)
Poz.	Kol.	Jm.	Naziv	Oznaka	Standard - izabrane karakteristike	Primedba
Tolerancija slobodnih mera			Površinska hrapavost		Površinska zaštita	
Materijal					Termička obrada	
S235 JRH						
		Dimenzije			Format	Masa
		116x80x40			A4	0,382 kg
					Razmera	
					1:1	
				Datum	08.11.2018.	Naziv:
				Obrad.	Lazar Ivanović	
				Stand.		
				Odobr.		Nosač kotura
				Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu		List:
						L
St.I	Izmene		Datum	Ime	Oznaka:	
					NK.A4.01.18	
Izv.Pod.		OSG.A0.01		Zamena za:		





Izometrijski prikaz



Tolerancija slobodnih mera ±0,5				Površinska hrapavost		Površinska zaštita						
Materijal S235 JRH						Termička obrada						
		Dimenzije 30x30x27				Format A4		Masa 0,096kg		Razmera 2:1		
				Datum	08.11.2018.		Naziv: Držač potezača					
				Obrad.	Lazar Ivanović							
				Stand.								
				Odobr.								
				Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu				Oznaka: DP.A4.01.16.06				List: L
St.I	Izmene	Datum	Ime									
Izv.Pod.		POT.A4.01.16				Zamena za:						