

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Индустијски дизајн

Број индекса: 330/2015

Бранислав А. Стевановић

Иновативни дизајн рама бицикла

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др. Лозица Ивановић- ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

- истражи, објасни и прикаже значај правилне примене методологије дизајна на примеру конструкције рама бицикла;
- прикаже постојећа конструкциона решења рама бицикла и предложи ново иновативно решење;
- креира modele варијантних решења рама и анализира их применом методе коначних елемената;
- интерпретира резултате анализе и изведе закључак о примељивости новог решења рама бицикла.

Препоручена литература:

- [1] Индустијски дизајн, Ивановић Л., Кузмановић С., Вереш М., Рацков М., Марковић Б., Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2015.
- [2] Engineering Concepts in Industrial Product Design With A Case Study of Bicycle Design – E. Kocabiyik, İzmir, Turkey, 2004.
- [3] Методе конструисања – Н. Марјановић, Крагујевац, 1999.

Крагујевац, 2017.

ментор:

Др Лозица Ивановић, ред. проф.

Изјављујем да сам овај мастеррад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

330/2015 Бранислав Стевановић

Резиме

У овом раду представљен је рам бицикла чији се саставни делови добијају пресовањем лима. Коришћењем софтвера *Autodesk Inventor Professional 2016* направљен је 3D модел нове концепције рама. У истом софтверу извршена је анализа коришћењем методе коначних елемената. Поред анализе нове концепције рама урађена је анализа постојеће концепције. Након добијених резултата извршено је упоређивање истих на основу чега су донети закључци о квалитету новог производа.

Кључне речи: индустријски дизајн, рам бицикла, пресовани лим, деформација, напони, маса.

Abstract

In this paper, the frame of the bicycle is presented, whose component parts are obtained by pressing the sheet metal. Using the Autodesk Inventor Professional 2016 software, a 3D model of the new frame concept was created. In the same software, an analysis was performed using the finite element method. In addition to the analysis of the new concept of the frame, an analysis of the existing concept was made. After the results were obtained, a comparison was made on the basis of which the conclusions about the quality of the new product were made.

Keywords: industrial design, bicycle frame, pressed sheetmetal, deformations, stresses, mass.

САДРЖАЈ

1. Увод.....	1
2. Индустијски дизајн.....	3
2.1. Историјски развој.....	3
2.2. Појам и дефиниција дизајна.....	5
2.3. Фактори који утичу на дизајн.....	6
2.3.1. Функција.....	6
2.3.2. Намена.....	7
2.3.3. Величина.....	8
2.3.4. Врста материјала.....	9
2.3.5. Маса.....	9
2.3.6. Ергономија.....	10
3. Бицикл.....	11
3.1. Историјски развој бицикла.....	11
3.2. Основни делови и начин функционисања бицикла.....	13
3.2.1. Управљачки склоп (вила и гувернал).....	14
3.2.2. Точкови.....	15
3.2.3. Погонски склоп.....	16
3.3. Рам бицикла.....	19
3.3.1. Материјали за израду рама.....	20
3.3.2. Подела бицикала према облику рама.....	20
3.3.3. Величине рама.....	25
3.3.4. Геометрија рама.....	26
4. Дизајн нове концепције рама.....	28
4.1. Листа захтева нове конструкције.....	29
4.2. Идејна решења.....	30
4.3. Модел рама.....	32
4.4. Безбедност и практичност.....	40
4.5. Комбинација боја.....	41
5. Анализа напонског и деформационог стања нове концепције рама.....	43
5.1. Резултати испитивања постојећег решења.....	45
5.2. Резултати испитивања нове концепције рама.....	48

5.3. Дискусија добијених резултата.....	52
6.Закључак	53
7. Литература.....	54

1. Увод

Један од најзначајнијих изума свих времена је точак. Настао је захваљујући тежњи човека да олакша транспорт терета и сопствено кретање. Са појавом точка настала су и прва транспортна средства. Прва возила су била запрежна и она су била једина копнена возила која су радила на принципу котрљања точкова у периоду од почетка цивилизације па све до средњег века. Са развојем точка и коришћењем савремених материјала за његову израду развијала су се и настајала нова превозна средства у које се убраја и бицикл.

Бицикл је настао захваљујући човековој идеји да убрза и олакша своје кретање користећи сопствену енергију. Од свог настанка бицикл је претрпео значајне промене али је принцип његовог функционисања остао исти.

Развојем технологије и животног стандарда људи, потребе потрошача за производима су се постепено повећавале. Савремене технологије утицале су и на развој бицикла и делова који га сачињавају. После неколико векова, бицикл се развија из једноставне форме у разне облике различитих намена и категорија, а бројеви делова од којих је сачињен се непрестано повећава, као и број степени преноса (брзина). Бицикл се непрестано развија кроз историју. У прошлости су људи користили бицикл за бициклизам. Сада се он користи за дружење, игру, забаву, вежбу, такмичење и друге сврхе.

Некада су бицикли били дизајнирани из перспективе дизајнера. Сада се дизајнери све више усредсређују на жеље и потребе купаца. Облик бицикла је веома специфичан. Облик зависи од функције и намене бицикла, а његов дизајн је ограничен условима на тржишту. Бицикл постаје део културе и развија се у културни феномен у процесу континуираног развоја. Порекло и развој бицикла су уско повезани са потребама модерног друштва. У многим земљама људиволе да користе бицикл као своје основно превозно средство када то временски услови дозвољавају. Бицикл је постао веома важно превозно средство на кратким релацијама, док многи људи воле путовања па бицикл користе како би боље упознали своју, друге земље и њихове културе.[1]

Са аспекта дизајна и уопште најзначајнији део бицикла је његов рам. Овај део представља спону између предњег и задњег точка, а тиме и конструкцију која трпи одређена оптерећења, као што је тежина возача, па је од кључног значаја да конструкција добро подноси задата оптерећења. Рам је такође најрепрезентативнији и најупадљивији део бицикла и из тог разлога је веома битно да остави позитиван визуелни утисак на посматрача.

Дизајнирање рама бицикла слично је дизајнирању одеће, јер је и код једног и код другог производа битно како ће пристајати човековом телу. Веома је битно водити рачуна о величини, како би бицикл одговарао људима различитих висина, облику, одабиру боја и другим факторима приликом дизајнирања рама. На пројектовање рамова највећој мери утичу два фактора: геометријски параметри и одабир

материјала. Опште правило у дизајну бицикла ја да када сепобољшавају перформансе одабиром одређене геометрије рама и материјала, удобност бицикла се погоршава. Данас постоји велики број бицикала који су прилагођени различитим условима коришћења и који се највише разликују управо по облику рама и материјалима од којих су израђени. Код неких типова су веома битне перформансе док је код других битнија удобност. Битно је рам прилагодити његовој намени и наћи компромис између перформанси и удобности.[1]

2. Индустијски дизајн

2.1. Историјски развој

Дизајн је нова научна и стваралачка дисциплина која потиче из уметности, старих заната и архитектуре. Сликаство и вајарство, односно ликовна уметност, је највише утицала на настанак и развој дизајна. Из тог разлога, многобројна уметничка дела из претходних епоха или детаљи са слика били су инспирација за израду и обликовање предмета корисних човеку, као и инспирација за употребу боја. Вајарска дела су такође допринела настанку дизајна јер су и њихови елементи и детаљи, композиције и пропорције утицале на развој дизајна. Још у античком добу користио се пропорционални систем златног пресека при изради многих уметничких дела, па је тако нашао примену и у дизајну. Архитектура је имала посебан утицај на развој дизајна нарочито у периоду када се дизајн појављивао из тог разлога што се највећи број архитеката у то доба поред архитектуре бавило дизајном. Многа архитектонска дела почевши од античких римских и грчких времена па све до савременог доба била су инспирација дизајну. Како за основне идеје за обликовање производа, тако за примену детаља пропорционалним са другим архитектонским деловима и облика. Стари занати су у великој мери подстакли настанак дизајна због тога што дизајн представља израду производа који су ручно израђивани, док се сада израђују уз помоћ машина. Посебно су значајни они занати који имају везе са уметношћу као што је златарски занат, а такође и они који се баве израдом предмета од метала јер су доста допринели настанку и развоју дизајна.

Дизајн као нова стваралачка дисциплина настаје са серијском производњом уз помоћ машина. Његов настанак омогућен је настанком великих техничких проналазака, као што је парна машина у XVIII веку, која је нашла примену у текстилству, а након ње и многи други бројни проналасци као што су: телефон, локомотива, технологија производње челика и друге. Технолошки напредак утицао је на прелазак са занатског на индустијски начин производње, што је створило потребу за новим начином обликовања односно дизајном. Други услов за настанак дизајна је то што је почела да се јавља нова свест о естетици индустијске производње већ негде почетком 20 века. У Француској Пол Сурно прави теорију о естетици индустијске производње. Он увиђа да индустијска производња поред своје функције и употребне вредности треба да има и лепоту. Почетак настанка правога дизајна везан је за уметнички покрет који настаје почетком 1890 до почетка XX века. Овај покрет је имао различите називе и захватио је читаву Европу и називан је сецесија или одвајање, у Немачкој југент стил (стил младости), у Италији модернисимо (модерни стил), у Енглеској нова уметност. У суштини радило се о једном сличном или истом уметничком покрету који се јавио у изради уметничких и употребних предмета, а затим се проширио на архитектуру, вајарство, музику, моду. [2]

У изради употребних предмета и архитектуре карактеристичне су криве и таласасте линије, као и површине које настају најчешће по узору на флоралне мотиве (врежове

листовете) који су стилизовани и обликовани на један чистији начин. Од материјала за овај стил карактеристична је нарочито употреба кованог гвожђа и челика, затим бојене керамике, употреба стакла. У архитектури су карактеристични балкони од кованог гвожђа, ограде, капије и флорални детаљи на фасадама.

Један од главних протагониста сецесије је Јозеф Хофман који је живео и радио у Бечу. Он се први бавио теоријом дизајна. Значајни су Август Енгела у Немачкој, Чарлс Мекинтош у Енглеској. Овом покрету припадао је шпански архитекта и дизајнер Антонио Гауди. Крајем XIX века у Америци, поготово у њеном западном делу, се јавља покрет у архитектури и дизајну који се назива чикашка школа зато што је главно седиште било у Чикагу. У оквиру овог покрета деловало је доста архитеката и дизајнера од којих је значајан Луис Силивен који је сматрао да украс треба избегавати на употребним предметима, да је сувишан, а такође је сматрао да облик или форма употребног предмета треба да прати његову функцију, односно да употребна вредност буде функција његове конструкције. У Немачкој се почетком XX века, негде око 1907 год. јавља покрет који се назива Веркбунд, а који се залагао за нови приступ у архитектури и дизајну. Његов главни протагониста је архитекта и дизајнер Петер Беренс, који се сматра првим правим дизајнером. Он се бавио дизајном индустријске производње електричних апарата који су се тада појавили, затим дизел локомотива и он је први дизајнер који се на својим делима потписивао дизајнер Петар Беренс. Карактеристика његовог дизајна су производња са чистим формама без украса, који су пре свега максимално прилагођени функцији производње. После I Светског рата 1919 г. у Немачкој се оснива школа за уметност, архитектуру, дизајн, и занате која се назива Баухаус (кућа уметности). На овој школи предавала су најзначајнија европска имена из области архитектуре и дизајна као што су Валтер Гропиус архитекта и дизајнер, Мис Вандероје архитекта и дизајнер, затим Јозеф Итан сликар и чувени теоретичар боја, затим Василиј Кандински познати модерни сликар, Пукле модерни сликар, Марсел Бројер архитекта и дизајнер и др. Рад у овој школи био је организован тако што се прво изучавала теоретска настава, затим се у атељеима истражује форма, композиција производње, а затим су се у радионицама уз помоћ савремених алата и машина правили прототипови будућих производа. Сваки студент је морао да прође ове методе рада и да почне од идеје, њене провере истраживања форме, како би дошао до коначног пројекта за један производ или архитектонско дело чији модел или прототип је морао да направи самостално или групно. Протагирано је јединство уметности и занатства. Ова школа је одгајила неколико генерација модерних архитеката и дизајнера, а по доласку фашиста на власт због неприхватања модерних идеја школа је била затворена а професори и ђаци су отишли на запад где су завршили и усавршили методе Баухаус школе.

На настанак модерног дизајна је доста утицао и руски конструктивизам. То је покрет који је настао у Совјетском Савезу после Октобарске револуције. Његови творци и теоретичари су били Антон Перснер и Наум Габо који су у свом програмском прогласу изнели своја начела нове тзв. конструктивне уметности. Они су се залагали за то да коначан извор једног дела мора бити резултат функције или намене производа или

његове конструкције. После доласка Стаљина на власт и конструктивисти су, као и представници школе Баухаус, морали да емигрирају у САД. [3] Познати су Владимир Татлин (споменик Трећој интернационали у виду једне челичне скулптуре), Ел Мисицки и браћа Веснини.

За време II Светског рата дизајн као нова дисциплина доживео је велики застој, нарочито у Европи где је читава индустријска производња била усмерена у војне сврхе. Нешто бољи услови били су у Америци где су на развој дизајна утицали представници школе Баухаус и конструктивисти, где су у Америци основане многе школе по угледу на Баухаус. После II Светског рата дизајн је почео да добија нови и светски значај, не само у Америци, већ је почео да се враћа у Европу.

Године 1953. у граду Улму је поново основана школа за дизајн која је наставила методе рада из Баухауса али су уведене и савремене методе у настави. Дизајн је и у осталим европским земљама добијао већи значај и стварање нових школа нарочито у Енглеској, Италији, Скандинавији, Финској, које су биле водеће у изради намештаја.

Са развојем рачунарске технике и унапређењем рачунара они почињу да добијају све важнију улогу у дизајну, због тога што се скраћују бројни поступци у фазама дизајнирања, врши се лакша презентација и селекција решења, а рачунари замењују многе класичне технике тако да су данас рачунари незаменљиви у процесу дизајна. Скраћују процес и омогућавају израду квалитетнијих производа. Поред класичних програмских алата који се користе у пројектовању као што су *CAD*, *3dsMax*, за потребе дизајна постоје специјални програми и програмски пакети, чак специјализовани за посебну индустрију дизајна, за дизајн моде. Захваљујући свом развоју у техничком или технолошком производу дизајн је данас постао моћна дисциплина која је почела да утиче на наш живот, преко намештаја, моде па до ширег окружења као што су градови и улице. [3]

2.2. Појам и дефиниција дизајна

Реч “дизајн”, посебно дизајн производа, данас има вишеструко значење па је због тога потребно објаснити шта ће се под њим подразумевати.

У почетку развоја дизајна сматрало се да он представља процес практичне реализације теоријских идеја. Данас је главни задатак дизајна да ефикасно трансформише човекову околину кроз уметничко и естетско формирање њеног изгледа. С тога, дизајн се може дефинисати интелектуални, технички и креативни процес конципирања и обликовања предмета, простора, услуга и визуелних комуникација у циљу побољшања квалитета живота. Дизајн је и уметност, јер се њиме не могу бавити особе које немају изузетан осећај за лепо и не поседују вештину креирања визуелне композиције. Дизајн је и наука, зато што је сваки успешан производ резултат процеса истраживања који захтева посебан методолошки приступ.

У том процесу идентификују се и анализирају елементи структура, укључујући и решавање неког проблема. Филозофски аспект дизајна се огледа пре свега у критичком ставу према ономе што се ради. Такође, филозофска сазнања омогућавају примену концептуалних алата корисних за размишљање о томе како побољшати производе и креирати визуелну поруку којом се комуницира са корисником. [4]

2.3. Фактори који утичу на дизајн

На дизајн производа утичу одређени фактори који се приликом дизајнирања требају узети у обзир. Број фактора који утичу на дизајн производа је велики па ће у наставку бити наведени и детаљније описани они најважнији:

- Функција
- Намена
- Величина
- Врста материјала
- Маса
- Ергономија

2.3.1. Функција

Фактор који има највећи утицај на облик производа је његова функција. Ако је производ сложеног облика и обавља више функција онда је и његов облик сложенији, а самим тим и већа цена, али то не мора увек да буде случај. Утицај функције на изглед и облик се може приметити на свим производима. Као пример узети су електромотор, спојница и универзални редуктор чији се облици разликују услед различитих функција које обављају. Функција електромотора је да покрене радну машину, спојнице да споји електромотор са редуктором односно да обезбеди пренос снаге са једне компоненте на другу, а улога редуктора да смањи (редукује) број обртаја електромотора како би се постигао жељени број обртаја. Како производ у великој мери зависи од функције потребно је дефинисати све елементарне функције како би се што боље испунили постојећи захтеви. На слици 2.1 приказан је пример електромотора, круте спојнице и зупчастог редуктора.



Слика 2.1 Пример (1) електромотора, (2) круте спојнице и (3) универзалног зупчастог редуктора

Често више различитих производа могу обављати исту функцију, па у том случају треба добро сагледати ситуацију и одредити се за најповољније решење што се такође може уочити на примеру редуктора. Регулисање броја обртаја се може обавити различитим типовима зупчастог редуктора као што су редуктор са цилиндричним, конусним и цилиндричним и зупчато пужним зупчаницима. Како би се одлучило које решење трема усвојити потребно је сагледати услове као што су жељени преносни однос, расположиви простор за уградњу редуктора, да ли је потребан миран рад редуктора, цену и друге сличне услове. [4]

2.3.2. Намена

Облик једног производа поред функције треба да буде прилагођен и специфичној намени тог производа. Два или више истих производа се у великој мери разликују један од другог у случају да су намене тих производа различите, а такође поред облика варира и цена производа. [5]

Различитости производа у односу на немену се могу сагледати на примерима моторцикала намењених различитим условима рада. На слици 2.2 приказани су спортски, ендуро-крос и чофер моторцикли.



Слика 2.2 Разлике у облику између (1) спортског, (2) ендуро- крос и (3) чофер моторцикла[6]

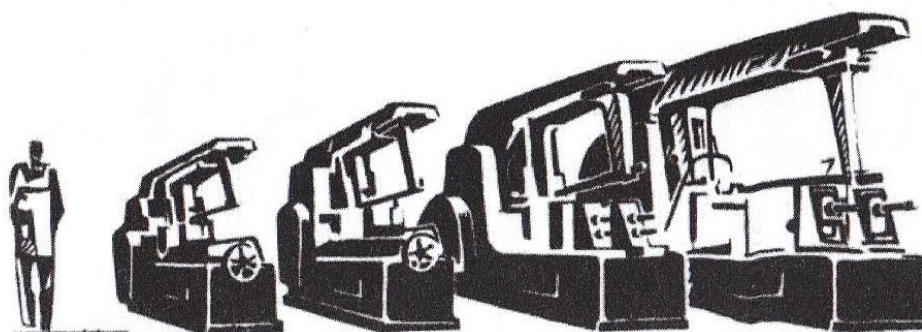
Спортски моторцикл је намењен великим брзинама и агресивној вожњи, ендуро- крос вожњи ван уређеног пута, а чофер удобним и дугим вожњама.

Код неких врста производа постоји велика разлика између производа намењених за индивидуалну употребу и оних који се употребљавају као производи великих капацитета. Те разлике могу бити: начин функционисања, димензије, цена и друге.

2.3.3. Величина

Тежи се ка томе да све величине производа из исте линије буду приближно исте или сличне. На тај начин се поједностављује конструисање производа јер се једноставном применом теорије сличности омогућава лако дефинисање одређених величина појединих чланова фамилије производа.

Када је потребно истаћи величину неког производа његова величина се упоређује, на пример, са величином човековог тела (слика 2.3) или предметом чија је величина опште позната. Без обзира у којој размери је приказано човеково тело или одређени предмет посматрач ће увек створити јасну слику о величини производа који се посматра.



Слика 2.3 Пример истицања величине производа у односу на величину човековог тела[4]

У великом броју случајева величина утиче на сам облик и цену производа, а то су углавном случајеви у којима се настоји да се направи што боља уштеда материјала. Настојање да се утрошак материјала смањи се може приметити на разним производима као што су олакшања на зупчаницима, сијалична грла мањих димензија, чепови за флаше. На слици 2.4 приказан је пример нормалног чепа и чепа смањених димензија који има сврху смањења утрошак материјала и очувања животне средине.



Слика 2.4 (1) Чеп нормалне величине и (2) чеп смањених димензија [7]

Некада се одступа од стандардних величина како би се побољшала функционалност и олакшало руковање неким производом што се може уочити на примеру прекидача, јер се његова активна површина временом повећавала како би га било лакше опипати у мраку и укључити. [4]

2.3.4. Врста материјала

Различити материјали имају различиту цену, из тог разлога се употреба скупих материјала избегава када је то могуће. Цена материјала има велики утицај на формирање облика и цене производа. Код употребе скупих материјала се увек настоји да се утрошак истог смањи на минимум без обзира на сложеност израде производа. Код употребе јефтиних материјала води се рачуна да израда буде што једноставнија, а утрошак материјала није толико битан. На различитост облика производа могу утицати и различита технолошка својства материјала. Особине материјала, посебно одабраних и повезаних са одређеним дизајнерским решењем, као и са технологијом производње, омогућавају разноврсност у обликовању производа. На слици 2.5 може се видети како, у зависности од врсте материјала од којег су израђени аутомобилски наплатци, варира њихов облик. [4]



Слика 2.5 (1)Наплатци израђени од челика и (2)алуминијумски наплатци[8]

2.3.5. Маса

Маса има изузетно велики утицај на трошкове производње, не само у машинству него и шире, па се због тога овом фактору посвећује велика пажња. Настоји се да утрошак материјала буде што мањи јер се тиме смањују и трошкови у производњи. Најједноставнији начин да се смањи утрошак материјала је уклањање материјала на бочним увицама где оптерећења нису велика. Уз напредак технологије развиле су се нове методе помоћу којих се врши оптимизација облика машинских делова, а једна од таквих метода је метода коначних елемената.

Постоје и производи код којих је смањење масе примарно како би се побољшала функционалност без обзира што се у тим случајевима повећавају трошкови производње. То је случај код разних транспортних средстава као што су авиони и аутомобили, кућних апарата, разних алата и других.

Такође постоје и производи код којих је потребно додатно повећати масу како би се побољшала функционалност. Пример за овај случај може се пронаћи у групи возила код којих је потребно обезбедити већу вучну силу као што су трактори и локомотиве. Некада се повећање масе остварује додавањем тегова што је случај код дизалица где се користе тегови у облику бетонских плоча. [5]

2.3.6 Ергономија

Ергономија је наука која се бави изучавањем функционалне могућности човека током рада као и дефинисањем услова који се требају испунити како би се створио осећај комфора и удобности. Ергономија има задатак да обезбеди безбедност током коришћења неког производа, као и смањење замора током руковања. Веома је битно узети у обзир ергономске захтеве током дизајнирања производа. Да би се коришћење производа учинило што удобнијим потребно је све делове који су у непосредном контакту са руковаоцем прилагодити човеку, односно делу тела са којим је у контакту. Пример прилагођене ручице управљача бицикла дат је на слици 2.6. [4]



Слика 2.6 Ергономска ручица управљача бицикла [9]

Поред наведених фактора постоји још много оних који утичу на дизајн производа, а неки од тих фактора су безбедност, квалитет, рок испоруке, величина серије, век трајања, рециклажа, екологија, ремонт, амбалажа, складиштење и многи други.

3. Бицикл

3.1. Историјски развој бицикла

Барон Карл фон Драис (*Karl Drais*, 1785–1851) из Бадена у Немачкој је 1818. године патентирао дизајн за двоточкаша кога је назвао *“Laufmaschine”* што у преводу значи тркачка машина. Овај изум је претеча модерног бицикла који је поседовао два точка која су се налазила одмах испод волана и испод седишта. Првобитни бицикл (слика 3.1) се није покретао окретањем педала већ се возач ногама одгуривао од тла. Бицикл ја убрзо добио нов назив *“Draisine”*, а тако су га назвали управо због његовог творца Драиса који је своје превозно средство изумео са идејом да промени начин кретања човека и са циљем да замени коње.



Слика 3.1. Првобитни бицикл „Draisine“ [10]

Карлов изум је инспирисао произвођаче широм света, а најпре у Енглеској и Француској где своје двоточкаше називају велосипедима или „гиздавим коњима“. Чудесна направа је испрва била веома занимљива људима али је спутана мноштвом регулација и прописа у градовима, јер су возачи због лоших путева возили по пешачким стазама где су правили пометњу међу пешацима.

У деценијама које следе настало је мноштво превозних средстава са три или четири точка са погоном на педале. Све до 1860. године људи нису имали храбрости да се усуде да подигну ноге са тла и балансирају на бициклу на два точка. [11]

Не зна се са сигурношћу ко је први додао ланчанике и педале на велосипеде али се са сигурношћу може рећи да је то један од најважнијих момената у развоју бицикла. Након тога људи су тражили одговор на ново питање, како постићи веће брзине на бициклу. Најједноставнији начин за постизање већих брзина је био повећање пречника погонског точка. Тада су стари дрвени точкови замењени новим издржљивијим точковима са испреплетаним затегнутим жицама. Величину предњег (погонског) точка диктирала је дужина возачеве ноге. Бицикли са великим предњим и малим задњим точковима су називани “*penny-farthings*” (слика 3.2) по новчићу и његовом мањем рођаку.



Слика 3.2. Бицикл Penny-farthings [11]

Такође су бицикли овог доба називани и „костоломцима“ (*bone shakers*), јер је вожња била неудобна због недостатка амортизације и гвозденог точка. Пени фартинг бицикли су се користили и на тркама али су падови били веома чести због велике висине на којој се возач налази. Из тог разлога се развијала потреба за бициклом који може да се креће великом брзином а да при томе буде стабилан и безбедан. [11]

Захваљујући проналаску кружног ланца 1885. године Џон Кемп Стерли (*John Kemp Starley*), је представио први широко прихваћени бицикл са погоном на педале које су повезане ланцем са задњим точком. Овим бициклом се управљало предњим точком и оба точка су била истих димензија. Деведесетих година 19. века почела је да се користи гума на точковима што је даље утабало пут развоју савременог бицикла. Тих година отпочела је масовна производња овог превозног средства у Америци. То је довело до организовања бициклистичких трка и оснивања бициклистичког савеза. Педесетих година двадесетог века конструисан је први женски бицикл који је због савијене шипке између седишта и волана омогућавао удобну вожњу чак и у дугим сукњама. [12]

Током седамдесетих и осамдесетих година двадесетог века појавили су се нови типови попут *МТВ*(слика 3.3) односно планински *ВМХ* односно бицикл за извођење екстремних трикова.



Слика 3.3 Модерни планински бицикл [13]

Врхунски бицикли данас имају и до 30 брзина (степени преноса) и праве се од различитих материјала, у које не спадају само метали, већи поједини композитни материјали.

3.2. Основни делови и начин функционисања бицикла

Како би функција и улога рама била што боље сагледана прво је потребно упознатисве виталне делове једног бицикла и начин на који у целини функционишу.

Делови бицикла су:

1. Рам
2. Вила
3. Точкови
4. Погон
5. Седиште
6. Педале
7. Управњач (гувернал)
8. Кочнице
9. Рачатна- задњи ланчаници
10. Мењачи брзина
11. Ланац.

На слици 3.4 редним бројевима су означени делови бицикла.



Слика 3.4 Делови бицикла[14]

3.2.1.Управљачки склоп (вила и гувернал)

Управљачки склоп чине вила и гувернал. Ови делови се налазе на предњем делу бицикла и међусобно су спојени крутом везом. Гувернал (слика 3.5) је у суштини права или савијена цев чијим заокретањем у леву или у десну страну возач бира смер кретања бицикла.



Слика 3.5Управљач (гувернал) [14]

Вила се налази у доњој зони предњег дела бицикла и спаја предњи, односно управљачки точак са рамом. Поред управљачке функције она може имати и улогу суспензије, па се виле могу поделити на круте и виле са амортизером.

На слици 3.6 је приказан пример круте виле, на левој страни слике и виле са амортизером, на десној страни слике.



Слика 3.6 Пример круте и виле са амортизером[15]

3.2.2. Точкови

Точкови бицикла се састоје из мноштва других делова:

- гума
- обруча (бандаша)
- жица
- и главе.

Обруч је метални, најчешће алуминијумски, кружни део точка на који се монтира гума и он је испреплетаним жицама везан за главу. Глава је склоп који се састоји из улежиштења, лежаја и осовинице око које се точак окреће. Предњи и задњи точак (слика 3.7) се разликују управо по томе што глава на задњем точку има додатак за монтирање ланчаника. Јединица мере у којој се изражава величина точка је инч, а најраспрострањенија је величина од 26". [16]



Слика 3.7 Предњи и задњи точкови без гума[15]

3.2.3. Погонски склоп

У погонски склоп спадају педале, средњи погон, ланац, задњи ланчаници и мењачи брзина.

Средњи погонски део

Представља део који је у претходних неколико година доживео највеће промене. Има улогу да силу бициклисте са педале пренесе на ланац. Састоји се од осовине, леве и десне полуге (курбле), што је приказано на слици 3.8, које се на осовину навлаче и за које се завртњима пришврћују педале. Десна, односно погонска полуга носи ланчанике, а у зависности од концепције и степена преноса број ланчаника се креће од 1 до 3. Као најбоље решење показале су се осовине са конусно четвртастим завршцима на које се са обе стране помоћу завртањавезују полуге. У последње време видљива је тенденција коришћења осовине са звездастим завршетком што додатно повећава издржљивост, као и крутост самог система. [16]



Слика 3.8 Осовина (лево) и средњи погон (лева и десна полуга) бицикла[14]

Ланац

Користи се како би пренео снагу са средњег погона на задње ланчанике (касета), а уједно је и део погонског механизма који се најбрже хаба и захтева честу замену. Са напретком технологије једна од претпоставки била је да ће се радни век ланца повећавати из генерације у генерацију, али ова тврдња се није обистинила и остала је само у домену претпоставке. Са напретком бицикла, повећавао се и број брзина, што је проузроковало сужење као и скраћење ланца што проузрокује брже хабање. Управо у овоме лежи објашњење нетачности претходне претпоставке. Радни век ланца може се повећати адекватним одржавањем. Ланац треба да буде чист и подмазан, при чему се подмазивање ланца врши помоћу тефлонских и силиконских спрејева.

Задњи ланчаници

Налазе се са десне стране задње осовине. Мањег су обима од ланчаника средњег погона. Потребно је ускладити квалитет задњег ланчаника и средњег погона како би се

повећала трајност погонског склопа. Пречници лачаника нису исти чиме се постиже могућност промене брзина.

Педале

Представљају подножјечијим се притискањем остварује користан рад. Бициклиста снагу преноси ногама. Педале (слика 3.9) се састоје из два основна дела: темена, које омогућава да се педала ротира у лежишту и лежишта, које омогућава контакт са ногом бициклисте.



Слика 3.9 Педала (лево) и погонски део бицикла са предњим и задњим мењачем (десно)[17]

Предњи мењач

Представља механизам за промену брзине и састоји се је од фиксног дела и покретног дела (кавеза). Раликују се предњи мењачи, који се обумницом причвршћују за рам бицикла и мењачи, који су причвршћени за осовину средњег погона (примена ове врсте мењача је веома ретка и са поузданошћу се може рећи да се они готово више и не користе). Број брзина предњег мењача огледа се у броју ланчаника средњег погона.

Задњи мењач

Служи за манипулисање брзинама на задњем ланчанику, које се врши дејством на ручицу мењача помоћу сајле. При промени брзине на виши степен, сајла се продужава, а мењач затеже ланац, чиме се он помера у десну страну на већи ланчаник и виши степен брзине. При пребацивању у нижу брзину процес је супротан, сајла се затеже односно скраћује, а мењач попушта ланац који се помера на леви ланчаник, тј. најнижу брзину.

Ручице мењача

Називају се још и шифтери. На старим друмским бициклима биле су монтиране на дијагоналној цеви рама, док се данас налазе на управљачу. Стандардно је лева ручица за мењање брзина на предњем ланчанику, док десна мења брзине на задњем ланчанику. Могу бити интегрисане са системом за кочење односно ручицама кочница.

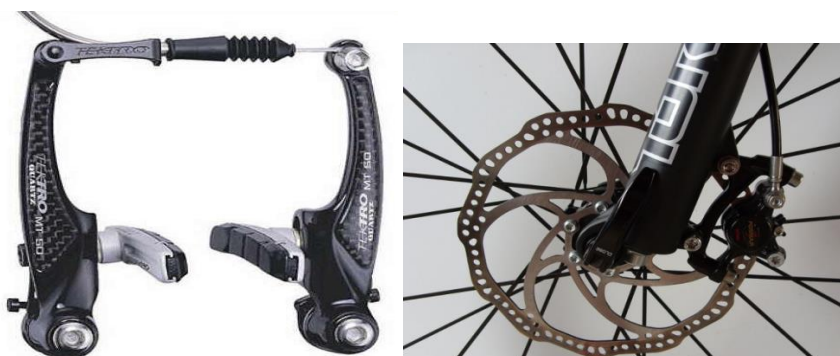
На слици 3.10 приказани су примери ручица мењача.



Слика 3.10 Стандардне ручице мењача (слика лево) и интегрисане (слика десно) [18]

Кочнице

Кочиони систем бицикла (слика 3.11) има улогу да заустави или успори бицикл. Систем кочења код старијих модела био је заснован на такозваној „контри“, кочење би се остваривало окретањем полука средњег погона у супротном смеру од смера остваривања кретања. Данас се најчешће користе хидрауличне односно диск кочнице и механичке кочнице односно обруч кочнице. Хидрауличне кочнице силу остварену на ручици кочнице помоћу хидраулике преносе на металну облогу која врши притисак на диск. Металне облоге имају индикатор истрошености, док се диск мање хаба па је и његова замена ређа. Код обруч кочница сајла повезује полуге чељусти кочница и њеним натежањем путем ручице кочница пакнови се доводе у положај у коме почињу додиривати обруче точкова.



Слика 3.11 Обруч кочница (лево) и хидраулична-диск кочница (десно) [18]

Ручице кочница

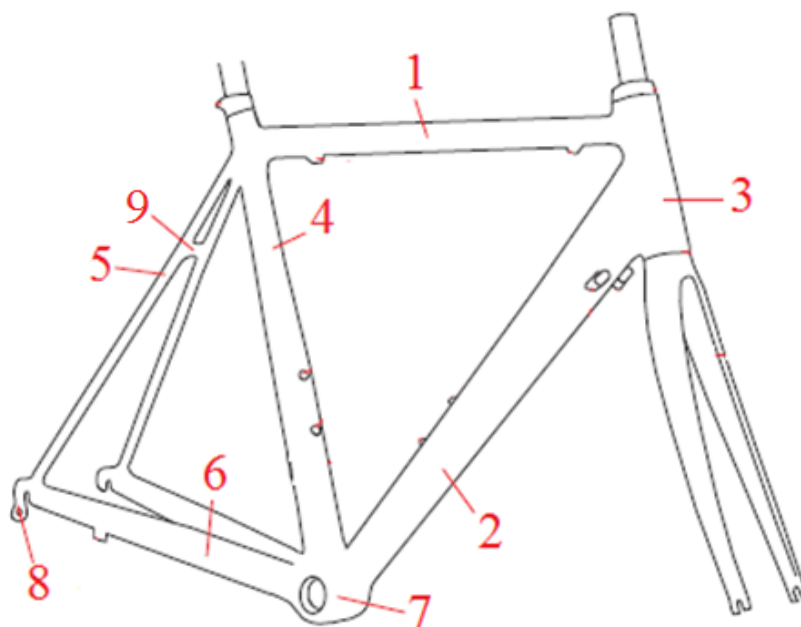
Код друмских бицикала сувертикалне, док су код брдских и осталих бицикала ручице постављене хоризонтално на управљачу. Ручице кочница такође могу бити интегрисане са ручицама мењача. Дејством на леву ручицу остварује се кочење на предњем точку док се при механичким дејством на десну ручицу остварује кочење на задњем точку.

3.3. Рам бицикла

Рам је основни и најважнији део бицикла. Његов задатак је да трпи оптерећења, као што је тежина возача и да буде спона између предњег и задњег точка, као и да носи све остале саставне делове једног бицикла. Карактеристике рама су геометрија, крутост и тежина. Крутост и тежина су дефинисани обликом и материјалом од којег је рам направљен. Појам геометрије се односи на углове између цеви и на дубину цеви. Промена у геометрији доводи до промене понашања бицикла, као и прилагођености антрополошким пропорцијама бицикла. Бицикли, којима су цеви испод волана и седишта нагнуте под већим углом, су више такмичарских карактеристика, те су из истог разлога и мање удобни и агилнији. [19]

Делови рама бицикла су (слика 3.13):

1. Горња цев рама
2. Доња цев рама
3. Глава рама
4. Подседишна цев
5. Горња цев задње виљушке
6. Доња цев задње виљушке
7. Улежиштење средње главе (лежаја)
8. Носач мењача
9. Носач кочнице.



Слика 3.13 Делови рама [20]

3.3.1. Материјали за израду рама

Челици су први материјали од којих су се израђивали, а и даље се израђују модерни рамови. У питању су челици са ниским процентом угљеника, додатком мангана, хрома, молибдена, никла и ванадијума. У питању је веома трајан, издржљив и удобан материјал за израду рамова, али је пао у други план када су у питању рамови за такмичарске бицикле због лошијих перформанси и скупље израде.

Први бицикл са алуминијумским рамом представљен је 1975. године, док крајем осамдесетих година алуминијум почиње масовно да се користи за израду рамова. Веома мала тежина овог материјала омогућава коришћење цеви већих дебљина чиме се добија већа крутост. Данас су веома популарни због мале тежине, удобности и приступачне цене. Поред наведених врлина алуминијумски рамови имају и недостатке. Нису дуготрајни и отпорни на ударце као челични рамови.

Титанијумски рамови имају сличне карактеристике као челични рамови, па чак и боље а притом имају малу тежину. Поред добрих карактеристика све се мање користе и полако ишчежавају због високе цене израде. Углавном су то ручно израђени рамови.

Поред наведених метала, за израду рамова се користе и композитни материјали. Карбон је материјал будућности када је у питању израда рамова. Употребом овог материјала масу рама је могуће смањити испод једног килограма. У почетку су овакви рамови коришћени у такмичарске сврхе, али су данас све присутнији код бицикла за градску вожњу. Технологија израде карбонских рамова све више напредује па они постају све издржљивији и најчешће се користе за израду друмских бицикала. [19]

3.3.2. Подела бицикала према облику рама

Данас постоји велики број различитих врста бицикала које се највише разликују по облику рама који је прилагођен различитим условима рада и намени, док се остали делови разликују у мањој мери или се уопште не разликују.

Бицикли се према облику рама и намени могу поделити у следеће групе:

- Планински бицикли (*MTB*)
- Друмски
- *BMX*- бицикли за извођење екстремних трикова
- Градски
- Женски.

Планински бицикл

Mountain bike (скраћено *MTB*) или у преводу планински бицикл је убедљиво најраспрострањенији тип бицикла. Иако је предвиђен за вожњу ван уређеног пута по природи најчешће се користи као превозно средство у урбаним срединама. Опремљен је системом суспензије, односно амортизерима и може се на основу тога поделити у две додатне групе:

- Планински бицикл без задњег и
- *Full suspension* или планински бицикл са задњим амортизером

Планински бицикл без задњег амортизера (слика 3.14) је тип бицикла који се најчешће користи из разлога што је погодан за вожњу по различитим теренима, од уређених градских улица до неприступачних терена без уређеног пута. Бицикл се додатно може прилагодити терену коришћењем адекватне врсте гума. Величина точкова код ове врсте бицикала је веома битна па се поред стандардне величине точкова од 26“ користе точкови све до 29“. Што је точак већи, бицикл се боље понаша по лошим и неравним подлогама, а поред тога постижу се веће брзине.



Слика 3.14 Пример планинског бицикла без задњег амортизера [21]

Планински бицикл са задњим амортизером (слика 3.15) је превасходно намењен за теренску вожњу. Није препоручљиво користити га по уређеним површинама из разлога што задњи амортизер тада губи сврху, а притом и отежава вожњу јер се при вожњи оваквог бицикла јављају губици енергије коју бициклиста уложи окретањем педала. Постоје и бицикли код којих је могуће закључати амортизере у фиксни положај, чиме се штеди енергија возача када рад амортизера није потребан.[22]



Слика 3.15 Пример планинског бицикла са задњим амортизером [21]

Планински бицикли су препознатљиви по нешто мањим и робусним рамовима, као и по широким гумама са крампонима. Средњи погон је мањег пречника, што олакшава кретање по неприступачним и стрмим теренима.

Поред наведених типова постоји и бицикл са крутом предњом вилом, односно планински бицикл без суспензије. Овај тип бицикла се све ређе производи.

Друмски бицикл

Има способност да се креће великим брзинама у чему му помажу танке гуме без шара, које су идеалне за вожњу по равној подлози. Најчешће поседује двостепени погон већег пречника који додатно потпомаже достизање већих брзина. Рам друмског бицикла је елегантан са танким цевима чиме се постиже мала маса. Израђује се од лаких материјала као што су челик са додатком молибдена и хрома, алуминијума и угњеничних влакана која постају све популарнија у изради рамова за друмске бицикле. Друмски бицикл (слика 3.16) се вози у савијеном положају због специфичног (закривљеног) облика управљача сто додатно доприноси аеродинамици, али је из истог разлога и доста неудобан. Друмски бицикл не поседује додатаке као што су блатобрани, корпе и слично што додатно доприноси смањењу масе. Користи се као такмичарски бицикл на бициклическим тркама.



Слика 3.16 Друмски бицикл[23]

У групу „друмаша“се могу сврстати и хибридни бицикли (слика 3.17) који представљају комбинацију друмског и брдског бицикла. Настали су као резултат идеја да се друмски бицикл учини удобнијим за вожњу. Овакав бицикл поседује рам сличан раму друмског бицикла са витким цевима у комбинацији са правим управљачем као код планинског бицикла, чиме возач седи у нешто усправнијем и удобнијем положају. [22]



Слика 3.17 Хибридни бицикл [23]

BMX бицикли

Настали су седамдесетих година двадесетог века под великим утицајем мото-крос трка. *BMX* бицикли (слика 3.18) се најчешће употребљавају за извођење екстремних трикова као што су разни скокови, вожња на једном точку и други. Због своје намене потребно је да бицикл може поднети висока оптерећења па се за израду рамова најчешће користе квалитетни и издржљиви челици али се неретко користи и алуминијум. Рам бицикла је малих димензија па није погодан као свакодневно превозно средство. Због својих димензија погодан је за децу. Конструкција овог бицикла је веома једноставна, поседује само један степен преноса, што значи да нема мењаче брзина и друге додатне делове. [24]



Слика 3.18 BMX бицикл [25]

Градски бицикл

Као што се може закључити из самог назива овог типа бицикла он је намењен за вожњу по урбаним градским срединама. Идеална је замена за аутомобил и решење за градске гужве. Најчешће има нешто већи обим точкова што уз усправан положај седења приликом вожњедоприноси осећају удобности. Рам је једноставног облика и обично је израђен од челика. Поред верзија са више степени преноса постоје и они са једном брзином па чак и они са фиксним задњим ланчаником, што значи да се задњи точак непрестано окреће све док се педале окрећу и обрнуто. Најчешће је опремљен додацима као што су корпе напред и позади, блатобрани, поклопац ланца, динама са светлима и другим. Због великог броја додатака маса градског бицикла лако може премашити 15 kg. Нису ретке ни склопиве изведбе овог бицикла какав је и популарни „Пони“ бицикл, а идеја је да бицикл заузима што мање корисног простора када се одложи након вожње. [22]

На слици 3.19 приказан је пример градског бицикла.



Слика 3.19 Градски бицикл [23]

Женски бицикл

Рам бицикла намењен за особе женског пола се од осталих типова бицикли највише разликује по закошеној горњој цеви, док неке верзије рама чак и немају горњу цев. Рам овог бицикла је конструисан тако да омогућава бициклисткињама да возе у дугим сукњама, а такође је лакше попети се и сићи са оваквог бицикла што је још једна предност овог рама.

На слици 3.20 приказан је пример женског бицикла.



Слика 3.20 Женски бицикл [23]

3.3.3. Величине рама

Рамови бицикала се израђују у разним величинама, а одабир адекватне величине рама зависи од висине возача. Величина рама се изражава у центиметрима, инчима и словним ознакама. Мера на основу које се одређује величина рама је висина подседишне цеви, односно висина од центра средње главе до завршетка подседишне цеви. У наставку ће бити приказане табеле са подацима о величини друмског и планинског бицикла. У табелама 1 и 2 дате су величине друмских и планинских бицикала на основу висине возача.

Табела 1. Величина рама друмског бицикла [26]

Висина возача	Величина рама	
Центиметри	Центиметри	Величина
148 - 152	47 - 48	XXS
152 - 160	49 - 50	XS
160 - 168	51 - 52 - 53	S
168 - 175	54 - 55	M
175 - 183	56 - 57 - 58	L
183 - 191	58 - 59 - 60	XL
191 - 198	61 - 62 - 63	XXL

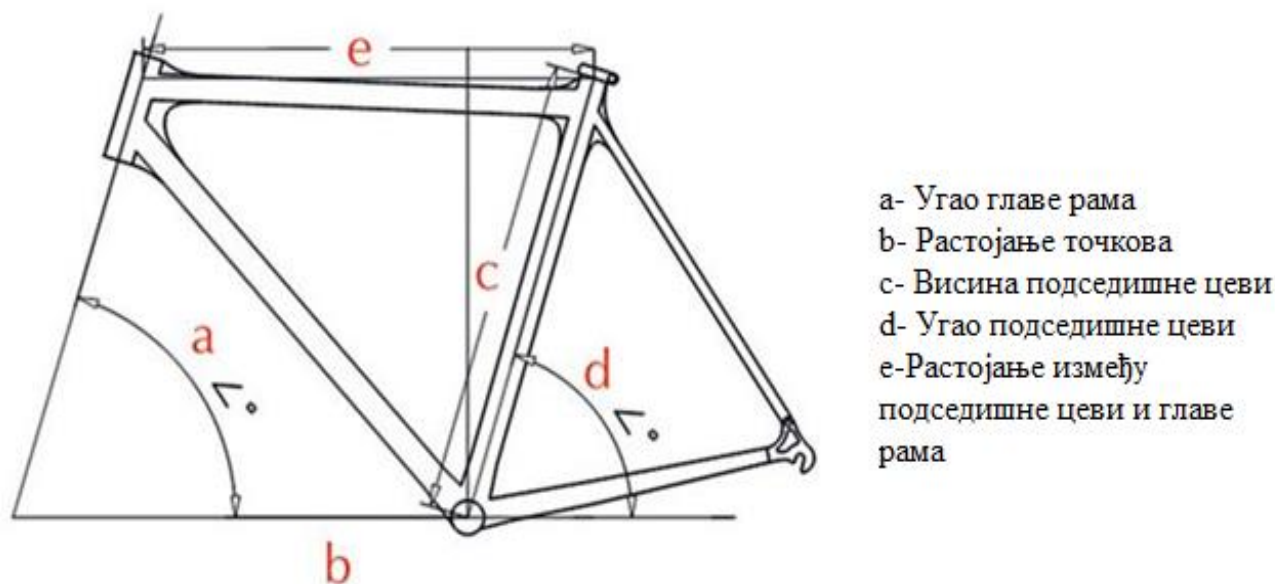
Табела 2. Величина рама планинског бицикла [26]

Висина возача	Величина рама	
Центиметри	Инчи	Величина
148 - 158	13 - 14	XS
158 - 168	15 - 16	S
168 - 178	17 - 18	M
178 - 185	19 - 20	L
185 - 193	21 - 22	XL
193 - 198	23 - 24	XXL

Из приказаних табела се може приметити да се димензија рама друмског бицикла изражава у центиметрима док се димензија планинског бицикла изражава у инчима. Сваки тип рама бицикла има своју табелу са препорученим величинама за одређену висину возача.

3.3.4. Геометрија рама

Од геометрије рама односно од међусобног односа углова и димензија зависе карактеристике рама као што су управљивост и удобност. На слици 3.21 су приказане основне димензије и углови рама.



Слика 3.21 Основне димензије и углови рама[20]

Угао главе рама или другачије угао цеви управљача има велики утицај на одзив управљача (гувернале). Што је угао мање оштар, односно приближнији углу од 90° , то

је одзив управљача оштрији и прецизнији. У случају оштријег угла управљач се теже окреће и одзив је слабији, али се добија на стабилности бицикла. Бицикли који се користе за путовања код којих је предњи точак оптерећен торбама користи се предност оштријег угла како би се добило на стабилности. Код друмских бицикала који се користе за трке примењује се тупљи угао како би управљање било прецизније и лакше.

Међуосовинско растојање слично утиче на возне карактеристике бицикла као и угао главе рама. Што је међуосовинско растојање мање то је бицикл управљивији, али такође и нестабилнији и обрнуто.

На основу висине подседишне цеви се одређује величина рама и битна је за ниже возаче како би знали да ли могу да опкораче бицикл. Угао подседишне цеви углавном зависи од величине рама, а не од намене рама, јер је оптималан положај педалирања увек исти. [20]

4. Дизајн нове концепције рама

Рам бицикла је наизглед једноставна, али из угла дизајнера односно конструктора је комплексна конструкција, с обзиром на функцију и захтеве које једна таква конструкција треба да испуни. Рам је основа сваког бицикла и део је који повезује све остале делове у једну целину, што захтева да он буде прилагођен односно компатибилан са другим деловима. Овај део има једну још важнију функцију, а то је да безбедно превезе бициклисту. Вожња треба да буде удобна и забавна јер бицикл има вишеструку намену, не само као превозносредство, већ и средство за спорт и рекреацију.

У данашње време, када је дизајн односно визуелни утисак сваког производа веома важан, ако не и пресудан за одабир баш тог производа, што се свакако односи и на бицикл и на његове саставне делове, потребно је размотрити нове начине израде производа применом другачијих технолошких процеса, како би се добио поуздан, модеран и допадљив производ уз мале трошкове израде.

Проблем на који се прво наилази у току конструисања рама бицикла је постизање стабилности рама при оптерећењу уз што мањи утрошак материјала. За решавање овог проблема потребно је одабрати одговарајући облик уз коришћење адекватног материјала од кога се производ израђује.

Потребно је постићи што мању масу рама како би се постигле уштеде, као и удобност коришћења. Треба узети у обзир и то да маса бицикла не зависи само од масе рама већ да она најчешће представља само једну четвртину, а некад и мањи део укупне масе бицикла па самим тим нема сврхе масу рама смањивати до екстремних вредности.

Како би се постигла оптимална удобност приликом вожње, а пре свега правилан положај људског тела, потребно је успоставити однос тачака у којима бициклиста успоставља контакт са бициклом. Прва је положај педала, затим положај седишта и положај управљача. Потребно је да растојања између ових тачака буду таква да подизањем и спуштањем позиције седишта односно управљача возачможе правилно подесити положај седења у односу на своју висину.

Израда модела нове концепције рама бицикла врши се у *CAD* окружењу коришћењем софтвера *Autodesk Inventor*, којим је омогућено тродимензионално представљање рама. Помоћу наведеног софтвера врше се и провера модела под оптерећењем и упоређивање резултата са резултатима тестирања постојеће концепције рама под истим условима.

4.1. Листа захтева нове конструкције

Како би се дошло до оптималне конструкције рама, формирана је листа захтева и жеља, коју би ова конструкција требало у што већој мери да испуни (табела 3).

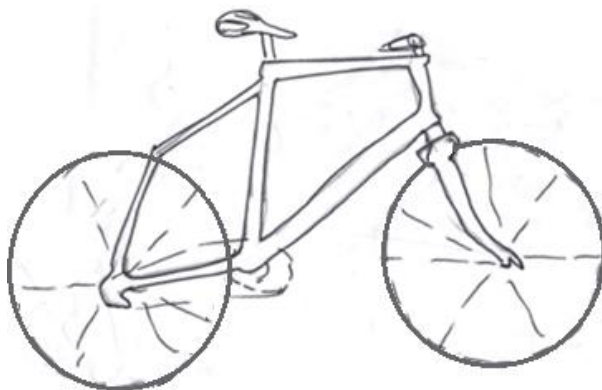
Табела 3. Листа захтева конструкције рама бицикла [27]

Листа захтева и жеља	Захтев	Жеља
1.ФУНКЦИЈА 1.1. Повезивање саставних делова бицикла у целину. 1.2 Носећа конструкција	* *	
2.УСЛОВИ ТЕХНИЧКОГ ПРОЦЕСА 2.1 Габаритне димензије: -Висина: -Дужина : -Ширина: 70 mm 2.2 Материјал: Алуминијум 6061 2.3 Дебљина лима: 3-4 mm 2.4 Серијска производња	* * *	* * *
3. РАДНА СВОЈСТВА 3.1 Мала маса 3.2 Компатибилност са саставним деловима бицикла 3.3 Отпотност на лаке и средње ударце 3.4 Стабилна конструкција 3.5 Практичност	* * *	* *
4. ТЕХНОЛОШКА СВОЈСТВА 4.1 Делови рама израђени од пресованог лима 4.2 Спајање делова поступком заваривања	* *	
5. ЕРГОНОМСКА СВОЈСТВА 5.1 Примена геометрије постојећих тамова на нову концепцију 5.2 Без оштрих ивица 5.3 Удобност	* *	*
6. ИСПОРУКА 6.1 Кратак рок испоруке (15 дана).		*
7. ЕКОНОМСКИ УСЛОВИ 7.1 Што приступачнији производ	*	

4.2. Идејна решења

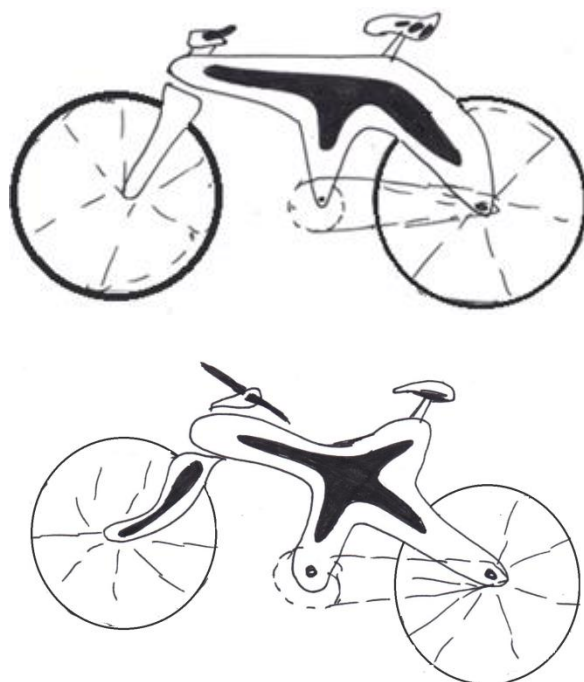
Како би се дошло до иновативног решења у почетку је разрађено неколико идеја о новој концепцији рама бицикла. На сликама 4.1, 4.2 и 4.3 биће приказна првобитна идејна решења.

Првобитна идеја (слика 4.1) била је да се измени само облик рама уз класичан начин израде од цеви различитог пречника и различите дебљине зидова цеви.



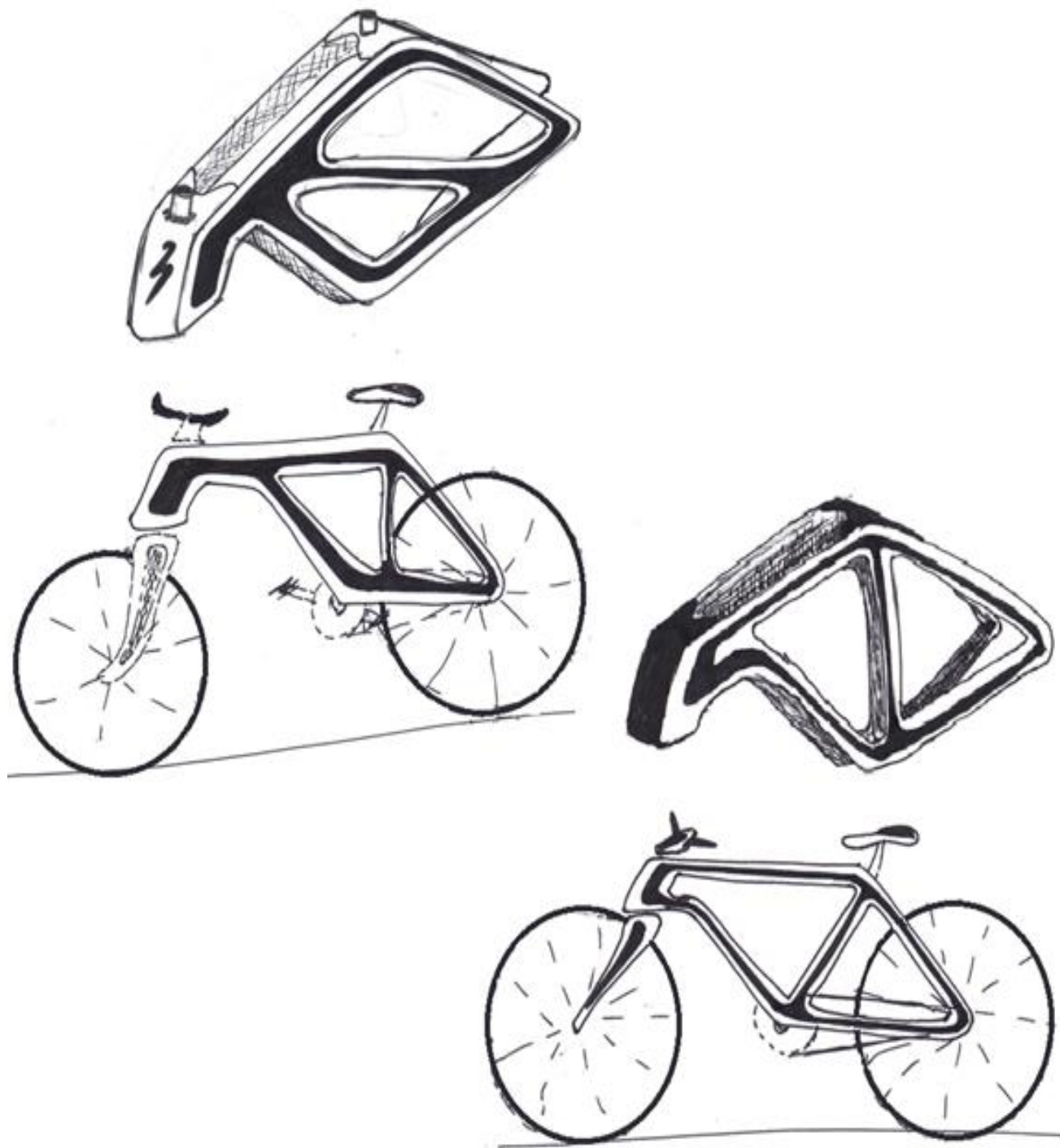
Слика 4.1 Првобитно идејно решење рама

Због доста сличности са постојећим моделима одустало се од ове идеје, а временом се јавила креативна идеја о сасвим другом поступку израде (слика 4.2), кроз који је могуће постићи многобројне различите облике рама. Реч је о поступку израде рама од делова који се добијају пресовањем лима.



Слика 4.2 Друго идејно решење нове концепције рама

Треће и коначно идејно решење (слика 4.3) је комбинација прва два решења. Идеја је да се рам од пресованог лима изради на такав начин како би што више подсећао на бицикл израђен од цевастих профила са футуристичким визуелним ефектом.



Слика 4.3 Коначно идејно решење

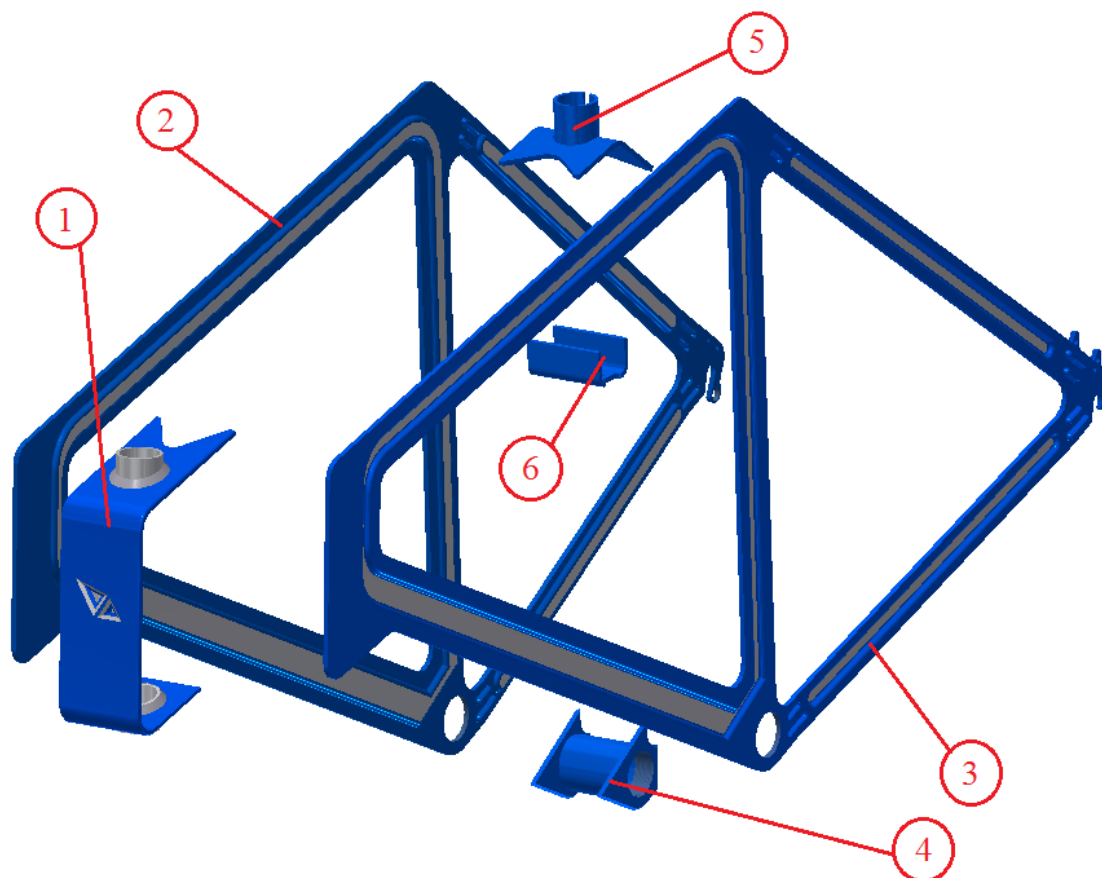
Инспирација за овакав начин израде рама је пронађена у аутомобилској индустрији односно у поступку израде аутомобилских рамова(шасија).

4.3. Модел рама

Моделирање новог решења рама за бицикл изведено је у CAD софтверу *Autodesk Inventor 2016 Professional*. *Autodesk Inventor* је софтвер помоћу кога се стварају тродимензионални модели односно дигитални прототипови. Користи се за дизајнирање, стварање алата и симулирање производа. Овај софтвер омогућава корисницима да креирају тачне 3D моделе како би помогли у пројектовању, визуелизују и симулирају производе пре њихове израде. [28]

Ново решење рама бицикла се, захваљујући потпуно другачијем начину односно технологији израде, састоји из потпуно другачијих делова од оних од којих је састављен класичан рам. Уместо горње и доње цеви рама, главе и подседишне цеви рама, горње и доње цеви задње виљушке и улежиштења средње главе, рам новог концептног решења сачињавају следећи делови (слика 4.4) :

1. Предња спојница
2. Десна страница рама
3. Лева страница рама
4. Средња спојница
5. Задња спојница
6. Прихватник цеви седишта.



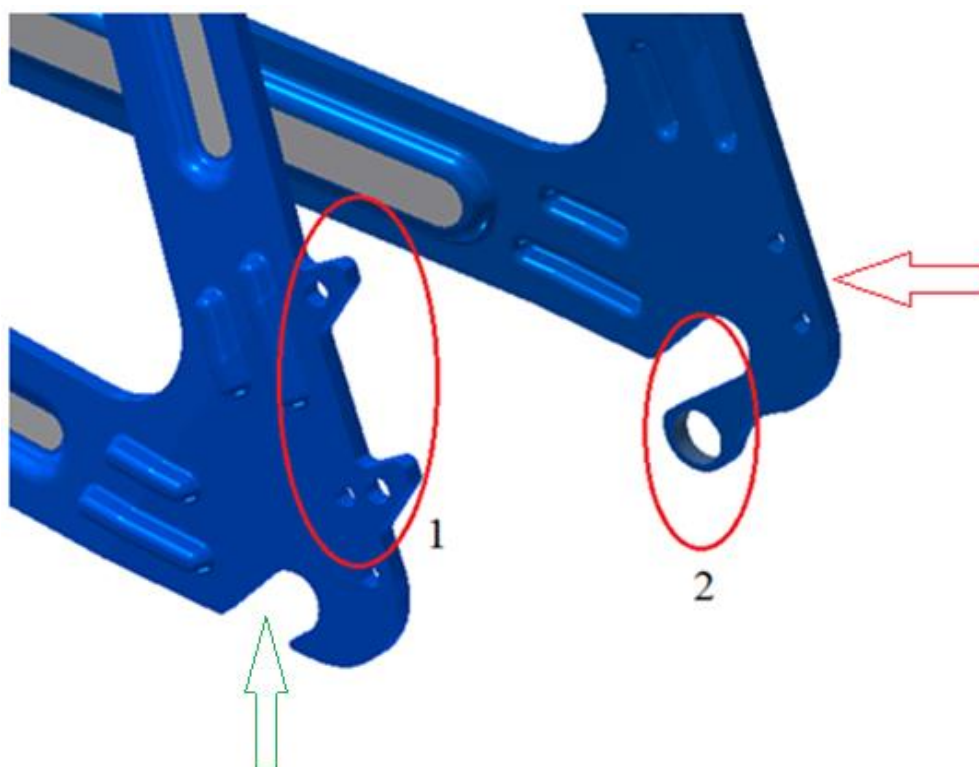
Слика 4.4 Саставни делови новог концептног решења у расклопљеном стању

Највећи број делова направљен је од пресованог лима, а остатак делова направљен је од кратких одсецака цеви. Ти делови се користе на местима на којим се рам спаја са деловима кружног попречног пресека и на тај начин се остварује компатибилност са појединим стандардним деловима бицикла.

За израду делова одабран је лим дебљине 3,5 mm, материјал је алуминијум ознаке 6061 који се иначе користи за израду класичних алуминијумских рамова. У наставку ће бити објашњена улога сваког саставног дела рама и начин њихове израде.

Странице рама

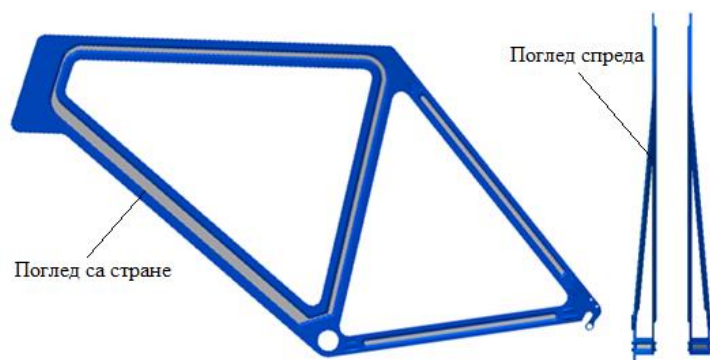
Десна и лева страница чине основу рама које имају улогу да се супротставе задатим оптерећењима. У питању су два скоро симетрична дела која се разликују једино по томе што десна страница има додатак за монтирање задњег мењача, а лева поседује додатак за монтирање кочнице (слика 4.5). Одабрани тип кочнице који ће бити компатибилан са рамом је диск кочница. Ова врста кочионог система је изабрана због побољшања перформанси бицикла као и због лаког начина израде додатка за монтирање. Потребно је само опсећи лим у облику додатка и избушити отворе за причвршћивање.



Слика 4.5 Основне разлике између десне и леве странице рама

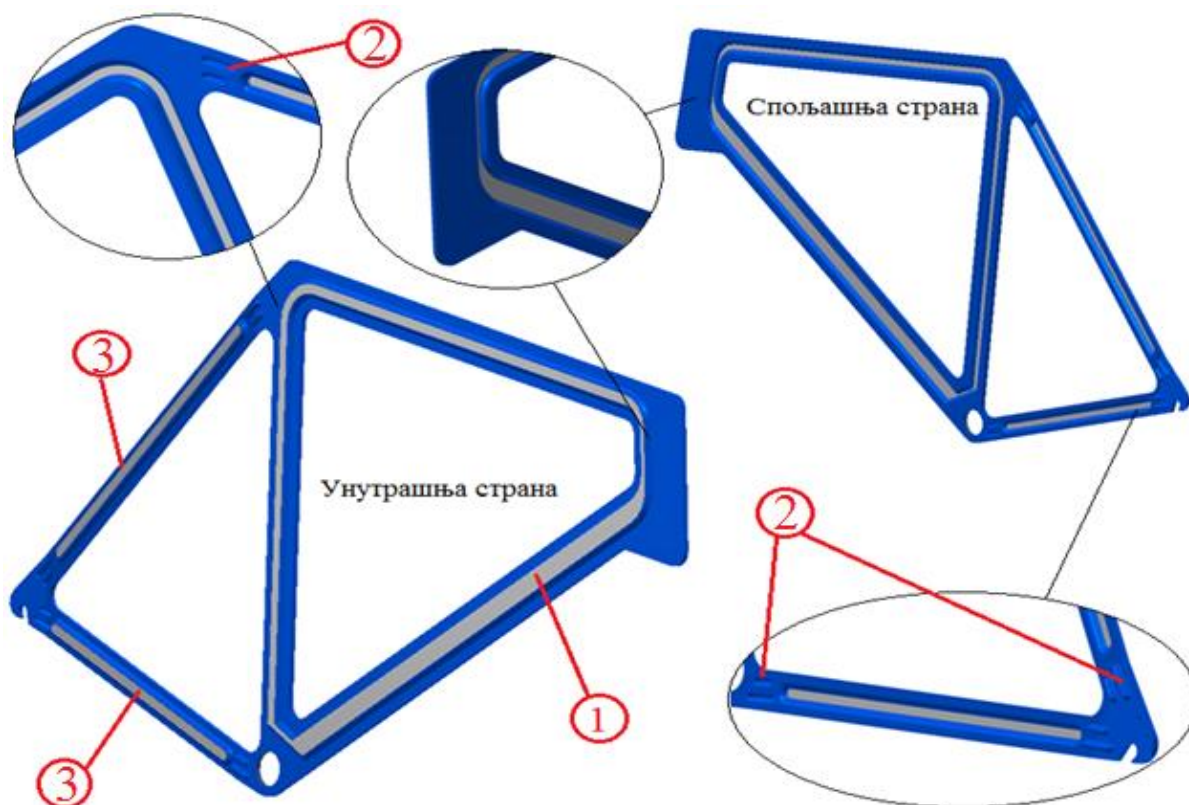
На слици 4.5 под бројем (1) означен је додатак за монтирање чељусту кочнице док је бројем (2) означен додатак са навојем за монтирање механизма задњег мењача брзина. Црвена стрелица са десне стране указује на два отвора, који се могу запазити и на левој страници испод додатка за монтирање кочнице, а служе за монтирање додатних

необавезних делова као што је корпа или блатобран. Зелена стрелица показује на место за причвршћивање задњег точка. Странице рама су највећи и најупадљивији део рама па поред веома важне улоге са аспекта функционалности највише од свих делова утичу на дизајн рама. Облик страница (слика 4.6) је осмишљен тако да подсећа на уобичајени облик рама са уникатним детаљима које није могуће постићи класичним начином израде.



Слика 4.6 Облик страница рама

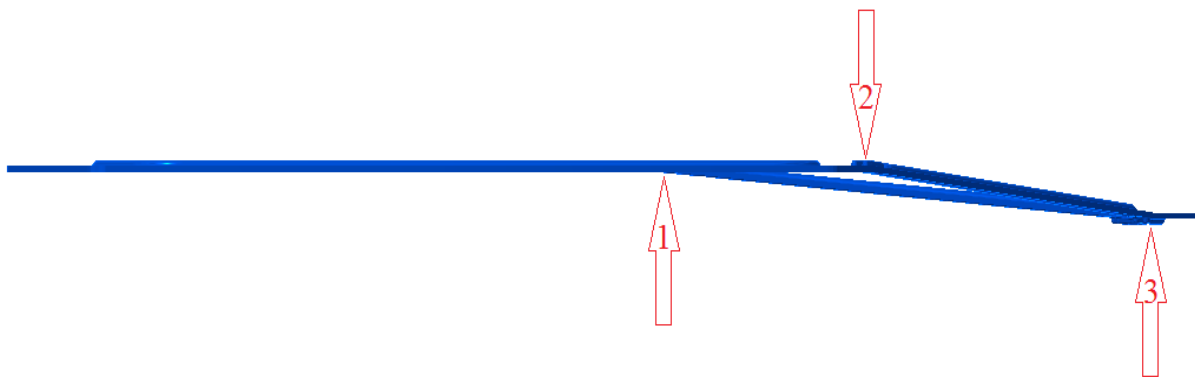
Како су странице направљене од алуминијумског лима и како није довољно само изрезати жељени облик осмишљена су ојачања у виду утиснутих односно пресованих облика (слика 4.7) како би се спречило деформисање рама при наношењу оптерећења. Поред своје функције ојачања дају тродимензионални ефекат читавом раму.



Слика 4.7 Ојачања рама

На моделу су присутна три облика утиснутог (пресованог) ојачања. На слици 4.8 је приказан изглед леве стране гледано са спољашње, као и са унутрашње стране, како би појам пресованог ојачања постао што јаснији. Бројем (1) означено је ојачање предњег дела стране које се простире око првог троугла и захвата највећи део стране.

Задњи део леве стране у комбинацији са задњим делом десне стране чине задњу вилу рама. Како би се направио простор за монтирање задњег точка задњи део стране је закошен под одређеним углом у односу на предњи део, због чега се јавља „преламање“ на три места (слика 4.9). Прво „преламање“ се јавља у доњој зони рама после отвора за монтирање средње главе, друго се налази у горњој зони мало испод места где се поставља горња спојница и треће на завршетку стране којим се место за монтирање точкова доводи у паралелан положај са предњим делом стране.



Слика 4.8 Места „преламања“ стране (поглед одозго)

На местима где се јављају „преламања“ која су показана стрелицама постављена су ојачања означена бројем (2) на слици 4.8. Места на којим се налазе су критична због промене угла па је тиме њихова улога упостизању поуздане конструкције значајнија. Последњи облик ојачања означен је бројем (3) на слици 4.8. Његова улога је да ојача део стране на местима између „преламања“ односно између ојачања (2). Ојачања су прилагођена целокупном дизајну тако да наглашавају облик рама и одају утисак да конструкција изгледа далеко масивније него што заправо јесте. Облици различитих ојачања су међусобно слични и имају улогу декорације.

У доњој- средњој зони страна рама налази се отвор који је предвиђен за монтирање средње главе.

Све претходно наведено важи за обе стране рама.

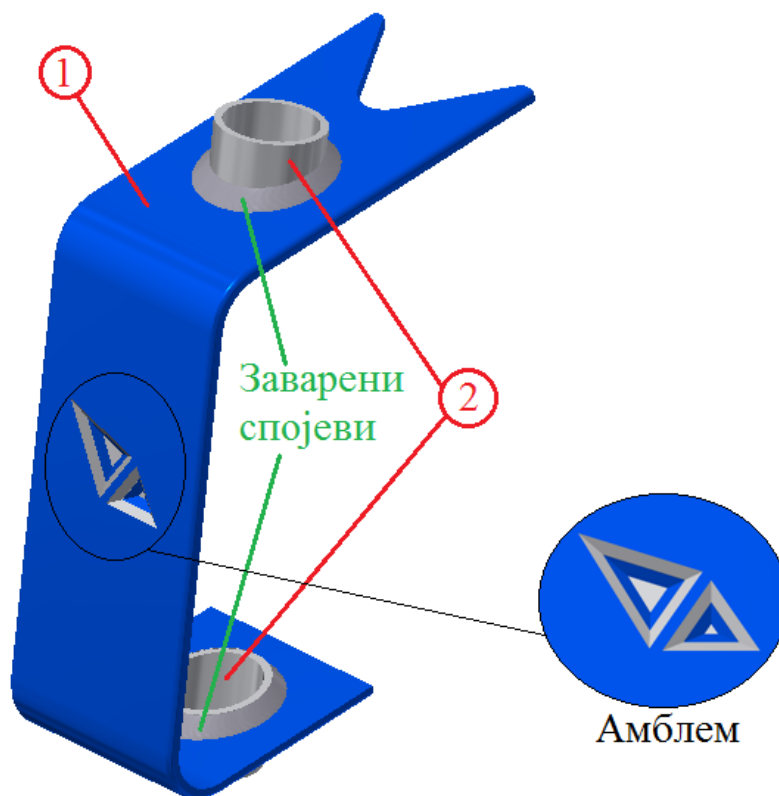
Како би се лева и десна страна рама повезале у једну целину користе се спојнице рама које поред улоге спајања имају бар по једну додатну улогу. Спајање страна се поред заварених спојница на наведеним местима остварује монтирањем задњег точка чиме његова осовина постаје спона која повезује стране.

Предња спојница

Ова спојница има улогу да, као што и сам назив каже, споји странице рама у предњем делу. Завареним спојем повезује се са страницама и са унутрашње и са спољашње стране.

Предња спојница се састоји из следећих делова (слика 4.9):

1. Савијеног лима
2. Две чауре.



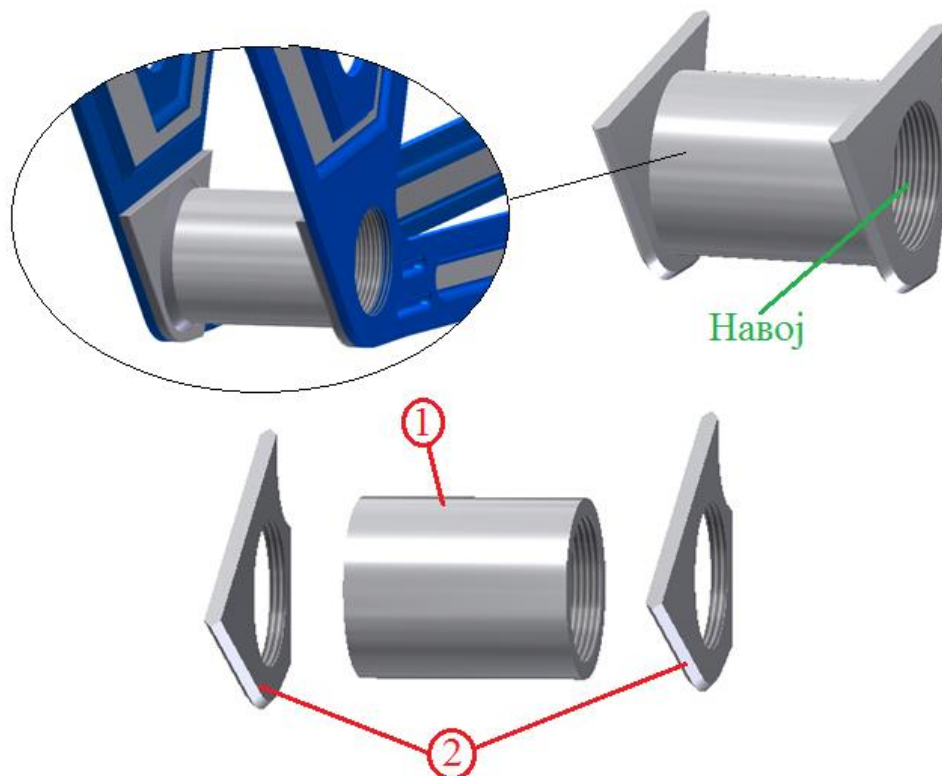
Слика 4.9 Предња спојница

Направљена је од парчета лима исте дебљине као што је лим од којих се праве странице. Лим се савија тако да преклапа странице рама по горњој, доњој и ивици са предње стране. Чауре су места на којима се постављају улежиштења виљушке и замена су за главу рама коју имају стандардни рамови. Чауре су одсечци цеви, а са савијеним лимом се спајају поступком заваривања под углом који је дефинисан положајем виле бицикла.

На челу спојнице налази се амблем у облику два троугла који представља карактеристичан облик рама. Амблем је утиснут у лименом делу спојнице чиме добија трећу димензију.

Средња спојница

Средња спојница (слика 4.10) се састоји из једног цевастог дела који је обележен бројем (1) и две плочице обележене бројем (2). Налази се на средини рама у доњој зони између страница.



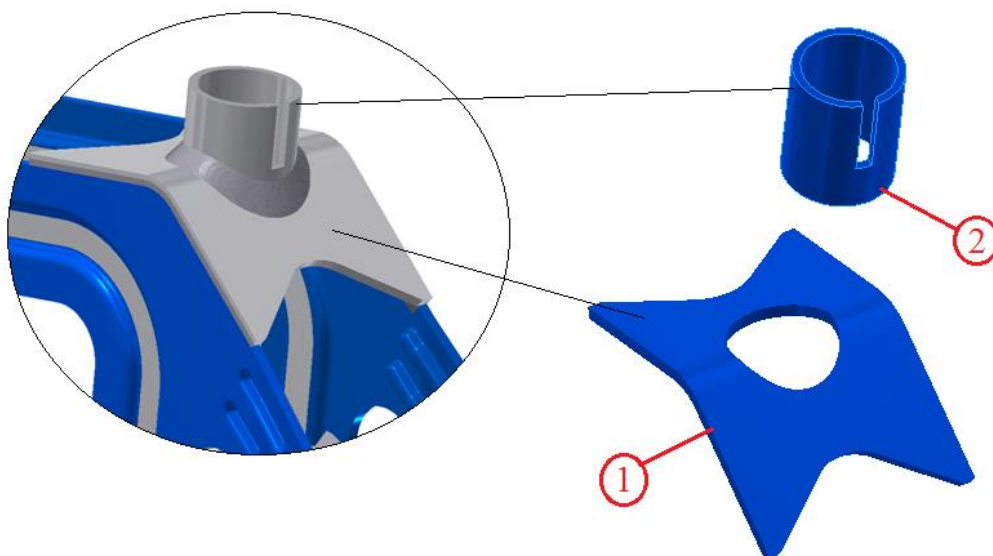
Слика 4.10 Средња спојница на раму, посебно и у расклопљеном стању

Плочице су шире од пречника цевастог дела и у потпуности преклапају површине спојница око отвора за средњу главу како би додатно учврстиле конструкцију. Ивице су оборене на местима где је потребно заварити плочицу за страницу, а цевasti део се са плочицама такође спаја заваривањем.

На унутрашњој страни спојнице и отвору за средњу главу на страницама се урезује навој помоћу кога се монтира средња глава у унутрашњост цевастог дела.

Задња спојница и прихватник цеви седишта

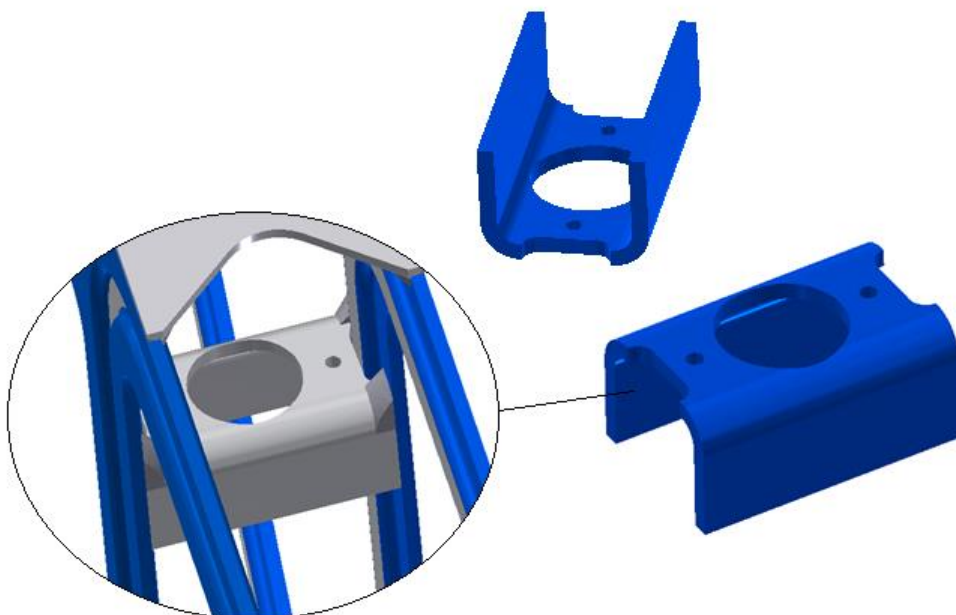
Задња спојница се налази на месту где треба да се монтира седиште, а прихватник цеви седишта испод спојнице. На слици 4.11 приказана је задња спојница и њени саставни делови. Спојница се састоји из дела од савијеног лима који је обележен бројем (1) и чауре за монтирање седишта, која је на слици обележена бројем (2).



Слика 4.11 Задња спојница

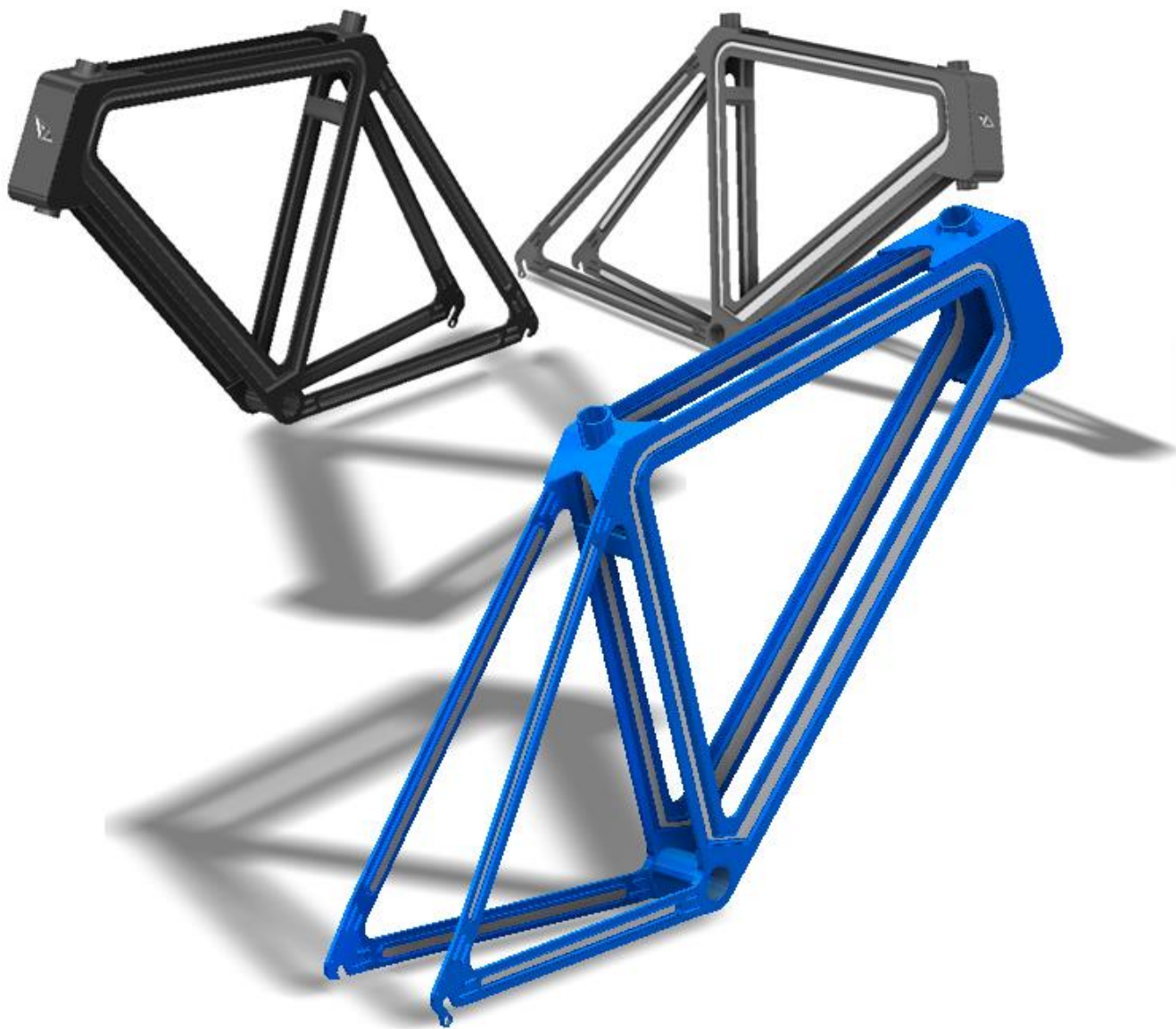
На делу од савијеног лима се налази отвор у који се ставља чаура за монтирање седишта, а делови се спајају заваривањем. На чаури постоји прорез са задње стране који омогућава савијање односно смањење пречника чиме се фиксира цев седишта. Ово се постиже монтирањем зарезача на врх чауре.

Прихватник цеви седишта (слика 4.12) је као и већина делова направљен од пресованог лима. Има отвор на средини, пречника истог као цев седишта која улази у тај отвор, чиме се делимично растеређује чаура за монтирање седишта. Такође представља још једну спону између страница рама.



Слика 4.12 Прихватник цеви седишта

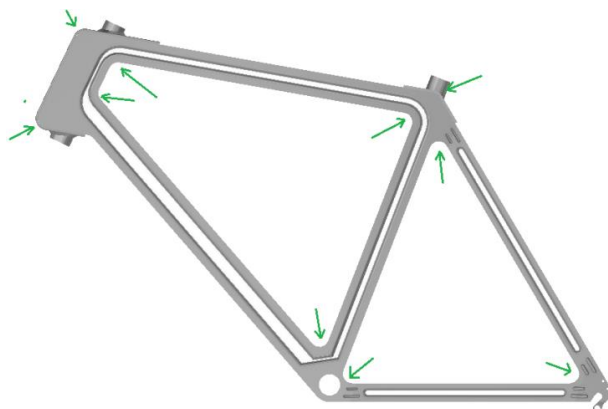
Нова концепција рама бицикла намењена је градској вожњи и вожњи по уређеном путу. Уз додатне компоненте, као што су вила са амортизерима и гуме за теренске услове, може се користити као планински бицикл. Начином израде нове концепције рама може се постићи приступачнија цена финалног производа. Иновативна концепција рама приказана је на слици 4.13.



Слика 4.13 Нова концепција рама

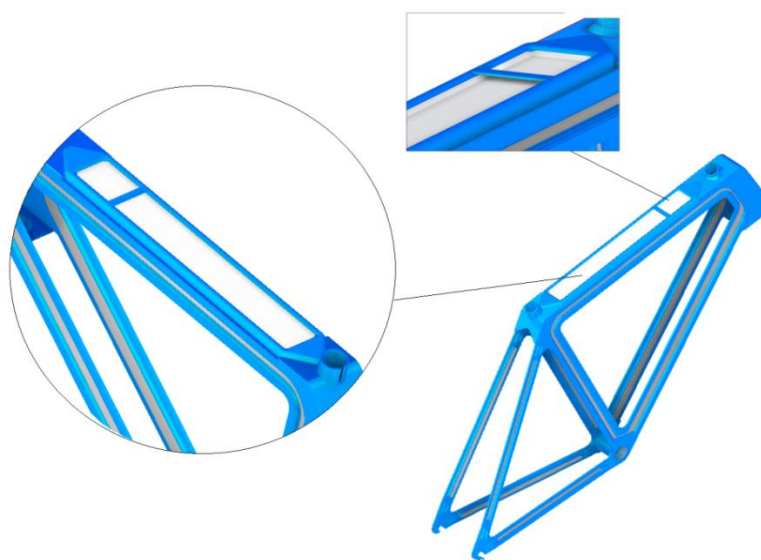
4.4. Безбедност и практичност

Вожња бицикла у одређеним ситуацијама може бити веома опасна због чега је безбедност коришћења овог превозног средства веома важна. На моделу новог рама нису коришћени оштри облици, све ивице су заобљене (слика 4.14), а лим од кога се праве делови рама је дебљине 3,5 mm што значи да на ивицама лима не може доћи до посекотина.



Слика 4.14 Заобљене ивице рама

Предњи део рама је раван и заобљен што би при удару у пешака смањило шансу за евентуалну повреду. Безбедност и практичност рама је могуће унапредити монтирањем додатака на рам. Пример таквог додатка може бити пластични поклопац (слика 4.15) рама који је занемарљиве масе. Затварањем простора између страница рама постиже се боља безбедност приликом евентуалних падова и удара телом о горњи део рама. Део се може користити за складиштење ситница током вожње, као што је мобилни телефон који се може подвући под трачицу која има улогу осигурача од испадања. На тај начин је омогућено коришћење разних телефонских апликација корисних за бициклисте.



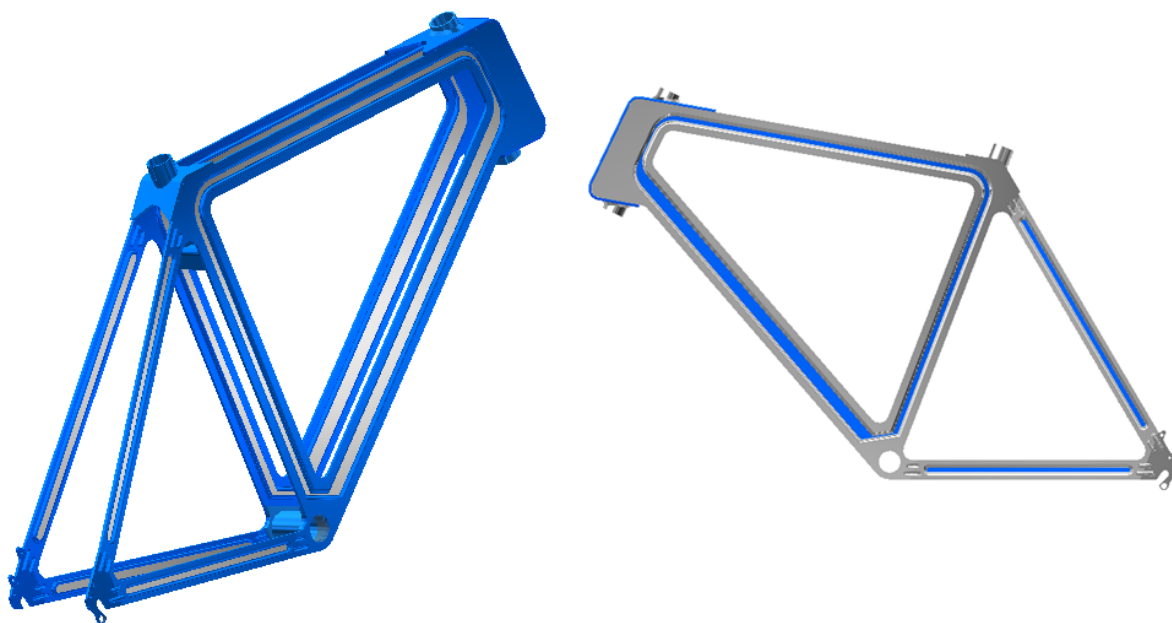
Слика 4.15 Пластични поклопац

Поклопац се лако поставља и демонтира са рама уз помоћ копчи за причвршћивање. Возач може да изабере да ли жели да вози са или без поклопца.

Простор између леве и десне стране рама може бити искоришћен за складиштење корисне опреме као што је пумпа за ваздух, резервна унутрашња гума или алат. Овакав рам је веома погодан за склапање електричног бицикла јер се између страница могу несметано монтирати батерије које неће у великој мери нарушити дизајн бицикла.

4.5. Комбинација боја

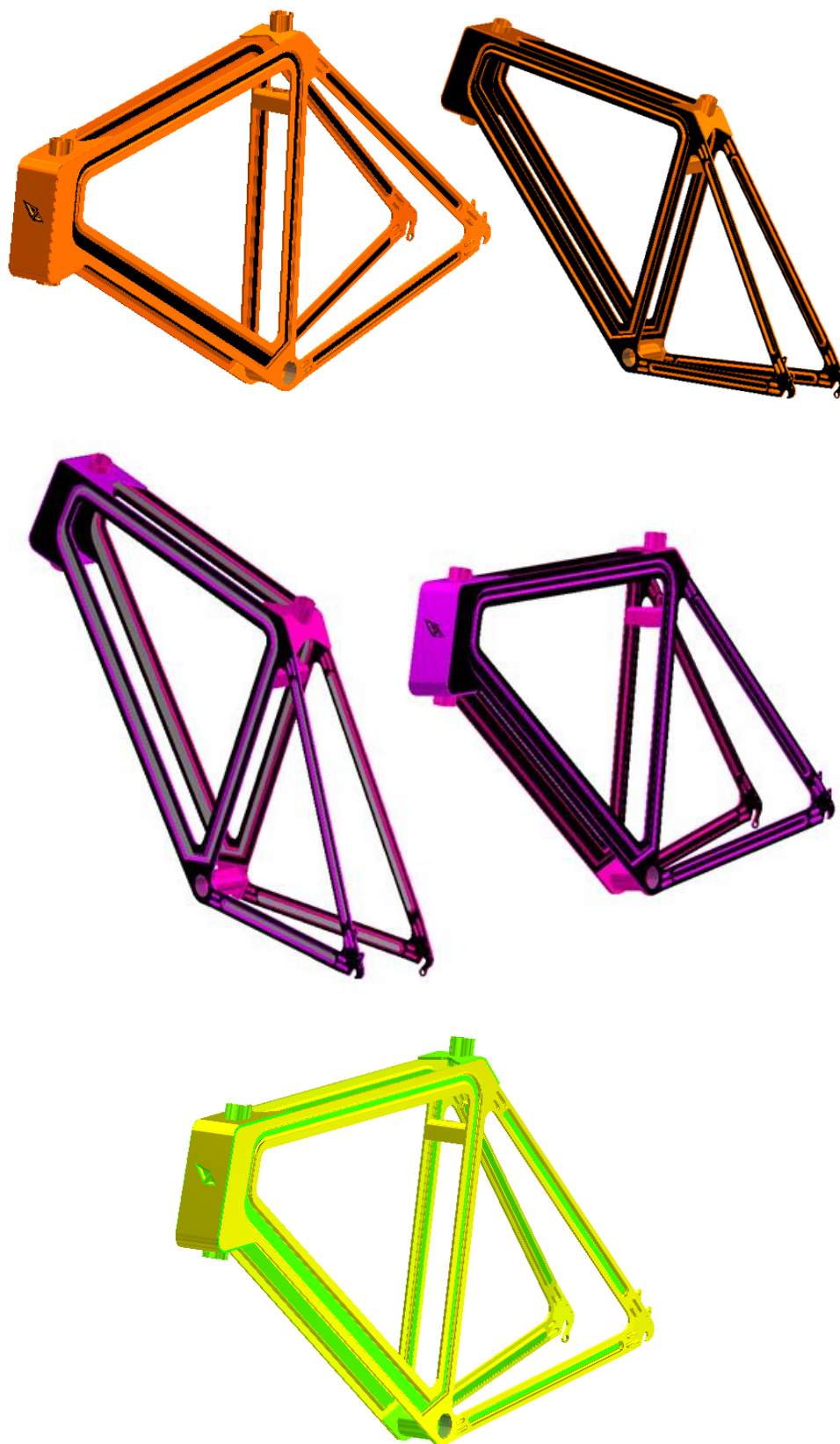
Како би се остварио што упечатљивији визуелни ефекат предвиђено је да рам буде представљен у комбинацији две боје. Примарна боја је она која прекрива равне површине рама, док је секундарна она која прекрива површине пресованих ојачања. Основна комбинација боја (слика 4.16) је примарна металик плава и секундарна флуоресцентна бела која рам чини уочљивијим са бочних страна, а могућ је и обрнут распоред боја.



Слика 4.16 Комбинација плаве и беле боје

Комбинације свих других боја су неограничене и могу бити веома занимљиве што бицикл са овим рамом чини допадљивим. Купац може изабрати комбинацију боја која његов бицикл чини уникатним. Иако овај модел рама нема нешто ниже позициониран горњи део рама који преузима улогу горње цеви класичне концепције рама карактеристичног за женски бицикл, правилном комбинацијом боја бицикл опремљен овим рамом може бити популаран и међу женским делом популације. Могуће су комбинације више од две боје као и једнобојне варијанте.

На слици 4.17 приказане су неке од могућих комбинација боја.

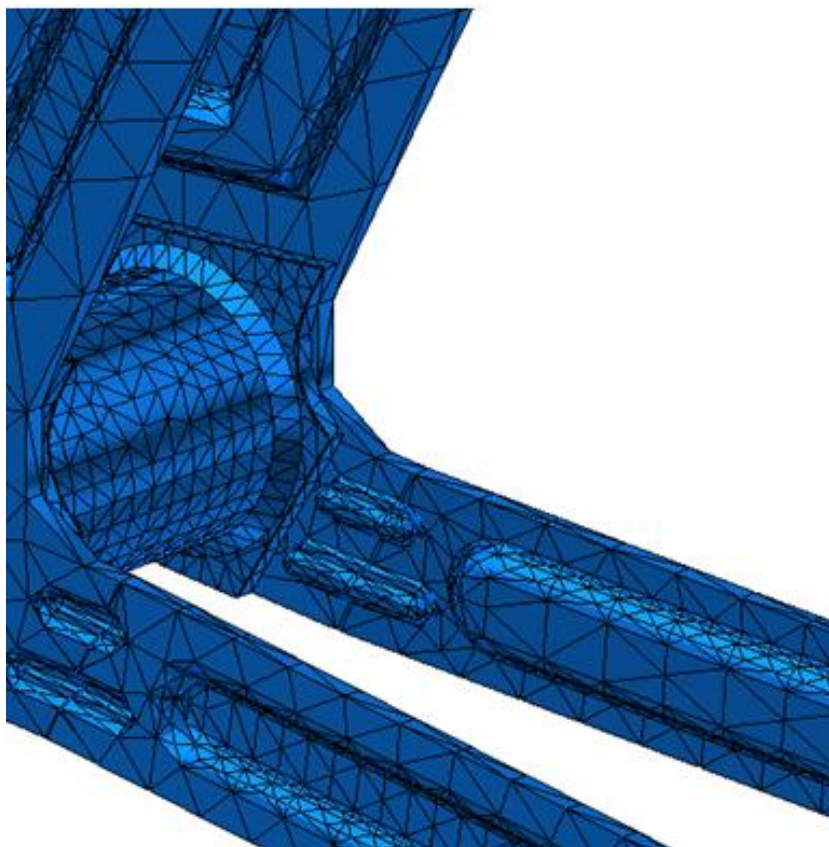


Слика 4.17 Неке од могућих комбинација боја рама

5. Анализа напонског и деформационог стања нове концепције рама

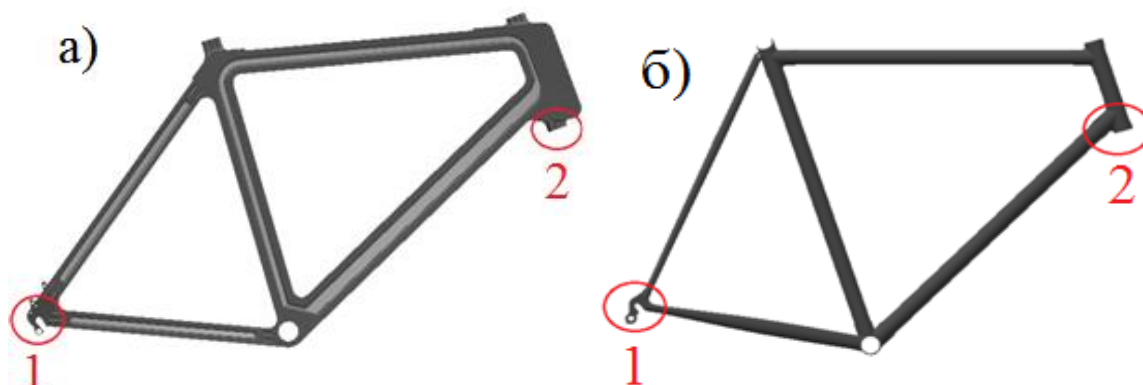
Као што је већ поменуто, рам је носећа конструкција која треба да поднесе оптерећење у облику масе возачевог тела. Овај део бицикла нема покретних делова. Како би се утврдило да ли је нова концепција рама употребљива у пракси извршено је испитивање напонског и деформационог стања рама при оптерећењу. Такође је извршено испитивање већ постојеће конструкције рама која је намењена сличним условима рада. Оба модела су тестирана под истим условима, приближно су једнаких маса и материјали од којих су израђена оба рама су исти. Као постојеће решење коришћен је рам друмског бицикла. Анализа напонског и деформационог стања, као и модел рама рађена је у софтверу *Autodesk Inventor 2016*.

Дискретизација рама бицикла је извршена мрежом тродимензионалних коначних елемената који су у облику параболоичног тетраедра (слика 5.1).



Слика 5.1 Мрежа коначних елемената

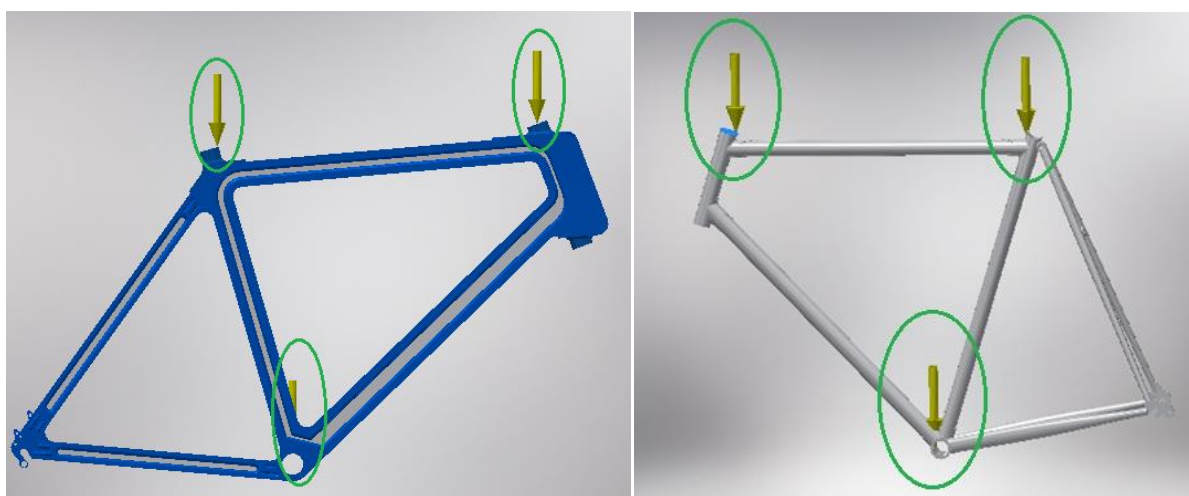
Задата су два ограничења (слика 5.2) у облику непокретног ослоња на месту где се рам ослања на осовину задњег точка са обе стране рама (1) и покретног ослоња на месту где се рам доњом чауром предње спојнице ослања на предњу вилу (2).



Слика 5.2 Места ослоња нове (а) и постојеће концепције рама (б)

Након дефинисања ограничења задата су оптерећења у облику сила. Возач се својим телом ослања на три дела бицикла: седиште, педале и управљач. Када се силе које представљају масу возача пренесу на рам бицикла оне делују на три места на раму. Прва сила се налази на месту где се седиште спаја са рамом, друга на месту где се монтира средња глава и трећа на месту где се управљач спаја са рамом. За све три силе узета је вредност од 1500 N која представља максималну масу човека способног за вожњу бицикла. Овим се симулира истовремено максимално оптерећење масом возача у три критичне тачке. Силе су постављене у вертикалном правцу са смером на доле. Укупна сила која делује на рам бицикла је 4500 N што је приближно једнако маси од 458,9 kg. Када се у обзир узме да је просечна маса једног бициклисте 75 kg долази се до закључка да се вредности сила које делују на рам бицикла при нормалној експлоатацији, чак и по неравним подлогама, неће ни приближити вредностима сила коришћеним при испитивању.

На слици 5.3 приказана су задата оптерећења.



Слика 5.3 Задата оптерећења

5.1. Резултати испитивања постојећег решења

Након постављања оптерећења и завршене анализе добијени су резултати који су приказани у табелама 4, 5, 6, 7, 8 и 9.

Табела 4. Физичке карактеристике рама

Mass	2.68691 kg
Area	579329 mm ²
Volume	995151 mm ³
Center of Gravity	x=699.404 mm y=585.531 mm z=0.136134 mm

Табела 5. Особине материјала од којег је израђено постојеће решење рама

Name	Aluminum 6061	
General	Mass Density	2.7 g/cm ³
	Yield Strength	275 MPa
	Ultimate Tensile Strength	310 MPa
Stress	Young's Modulus	68.9 GPa
	Poisson's Ratio	0.33 ul
	Shear Modulus	25.9023 GPa

Табела 6. Карактеристике мреже коначних елемената постојећег решења рама

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0.1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0.2
Grading Factor	1.5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

Табела 7. Вредности сила које делују на модел

Сила 1		Сила 2		Сила 3	
Load Type	Force	Load Type	Force	Load Type	Bearing Load
Magnitude	1500.000 N	Magnitude	1500.000 N	Magnitude	1500.000 N
Vector X	0.000 N	Vector X	0.000 N	Vector X	0.000 N
Vector Y	-1500.000 N	Vector Y	-1500.000 N	Vector Y	-1500.000 N
Vector Z	0.000 N	Vector Z	0.000 N	Vector Z	0.000 N

Прва сила делује на месту спајања управљача са рамом, друга сила на месту спајања седишта са рамом и трећа сила на месту лежаја односно средње главе.

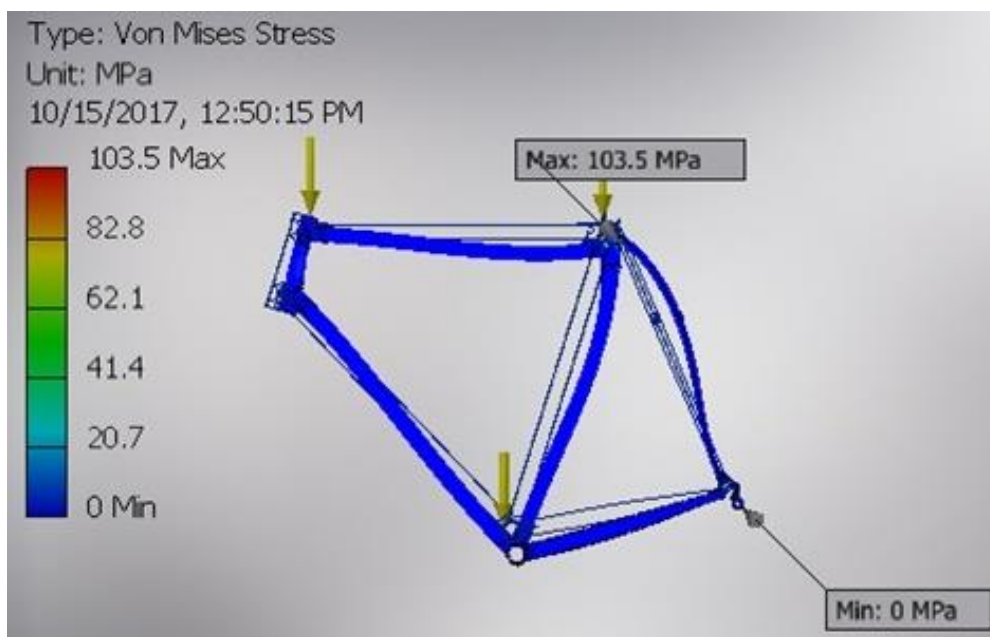
Табела 8. Реакције сила и момената

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:1	2277.76 N	-666.62 N	53.364 N m	0 N m
		2178.03 N		0 N m
		0 N		53.364 N m
Fixed Constraint:1	2415.38 N	665.943 N	17.1902 N m	0.188506 N m
		2321.76 N		-0.411795 N m
		0 N		17.1842 N m

Табела 9. Укупни резултати испитивања постојеће концепције рама

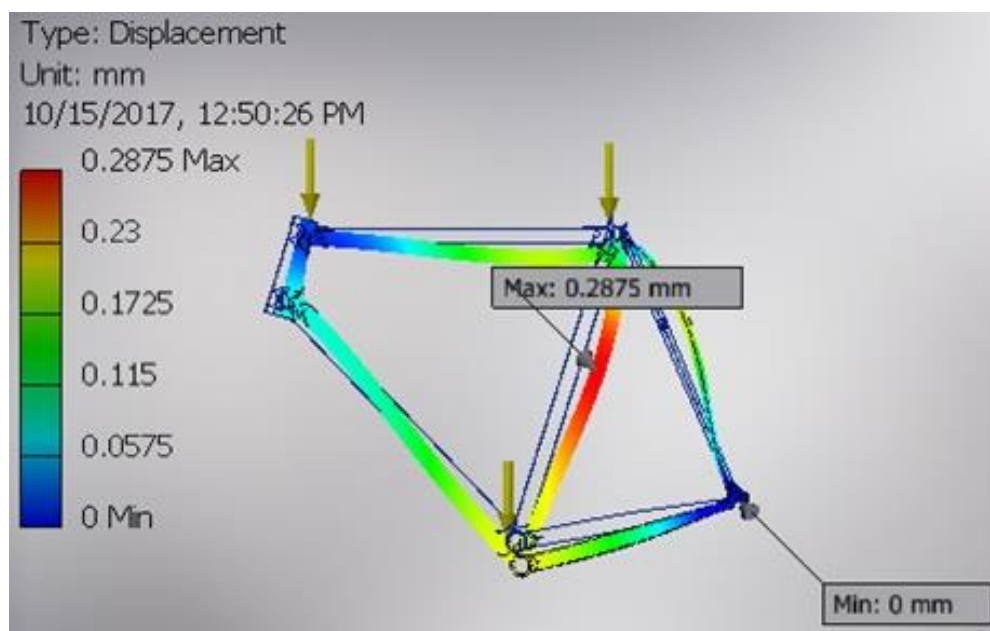
Name	Minimum	Maximum
Volume	995167 mm ³	
Mass	2.68695 kg	
Von Mises Stress	0.000215934 MPa	103.486 MPa
1st Principal Stress	-27.9369 MPa	52.4332 MPa
3rd Principal Stress	-108.458 MPa	16.2245 MPa
Displacement	0 mm	0.287504 mm
Safety Factor	2.65735 ul	15 ul
Stress XX	-85.4308 MPa	46.5653 MPa
Stress XY	-49.5532 MPa	18.3483 MPa
Stress XZ	-18.4465 MPa	19.2307 MPa
Stress YY	-86.2475 MPa	35.2853 MPa
Stress YZ	-18.2694 MPa	20.5871 MPa
Stress ZZ	-56.5221 MPa	31.8868 MPa
X Displacement	-0.217172 mm	0.0447489 mm
Y Displacement	-0.232451 mm	0.0356952 mm
Z Displacement	-0.107399 mm	0.119785 mm
Equivalent Strain	0.00000000402972 ul	0.00136003 ul
1st Principal Strain	-0.000000699263 ul	0.000680227 ul
3rd Principal Strain	-0.00152555 ul	0.00000572177 ul
Strain XX	-0.00107386 ul	0.000568157 ul
Strain XY	-0.000956543 ul	0.000354183 ul
Strain XZ	-0.000356078 ul	0.000371217 ul
Strain YY	-0.00109682 ul	0.000450836 ul
Strain YZ	-0.00035266 ul	0.0003974 ul
Strain ZZ	-0.000779555 ul	0.000553804 ul
Contact Pressure	0 MPa	310.007 MPa
Contact Pressure X	-67.0404 MPa	284.697 MPa
Contact Pressure Y	-121.881 MPa	132.713 MPa
Contact Pressure Z	-40.8467 MPa	48.438 MPa

На слици 5.4 приказани су Фон Мизесови напони и места у којима се јавља максимална и минимална вредност напона. Максимална вредност се јавља на месту где се цев седишта монтира на рам и износи 103,5 МПа, док се на месту где се монтира задњи мењач брзина јавља вредност од 0 МПа.



Слика 5.4 Приказ Фон Мизесових напона код постојеће концепције рама

На слици 5.5 приказане су деформације и места на којима се јављају максимална и минимална вредност деформације рама. На средњем делу подседишне цеви рама јавља се максимална вредност померања од 0,28 mm . На месту монтирања задњег точка нема деформација.



Слика 5.5 Деформације постојеће концепције рама

5.2. Резултати испитивања нове концепције рама

Како би се утврдило да ли нова концепција рама бицикла боље или лошије подноси задата оптерећења од постојећег решења извршено је испитивање напонског и деформационог стања нове концепције.

У табелама 10, 11, 12 и 13 дат је преглед физичких карактеристика рама, особина материјала од којег је рам израђен, карактеристике мреже коначних елемената и вредности сила које делују на рам.

Табела 10. Физичке карактеристике рама

Mass	2.77085 kg
Area	663361 mm ²
Volume	1026240 mm ³
Center of Gravity	x=-32.8029 mm y=-165.24 mm z=308.316 mm

Табела 11. Особине материјала од којег је израђено ново решење рама

Name	Aluminum 6061	
General	Mass Density	2.7 g/cm ³
	Yield Strength	275 MPa
	Ultimate Tensile Strength	310 MPa
Stress	Young's Modulus	68.9 GPa
	Poisson's Ratio	0.33 ul
	Shear Modulus	25.9023 GPa

Табела 12. Карактеристике мреже коначних елемената новог решења рама

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0.1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0.2
Grading Factor	1.5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

Табела 13. Вредности сила које делују на модел

Сила 1		Сила 2		Сила 3	
Load Type	Force	Load Type	Force	Load Type	Bearing Load
Magnitude	1500.000 N	Magnitude	1500.000 N	Magnitude	1500.000 N
Vector X	0.000 N	Vector X	0.000 N	Vector X	0.000 N
Vector Y	-1500.000 N	Vector Y	-1500.000 N	Vector Y	-1500.000 N
Vector Z	0.000 N	Vector Z	0.000 N	Vector Z	0.000 N

Како код испитивања постојећег решења тако и код нове концепције рама прва сила делује на месту спајања управљача са рамом, друга сила на месту спајања седишта са рамом и трећа сила на месту лејаја односно средње главе. У табелама 14 и 15 представљени су резултати анализе.

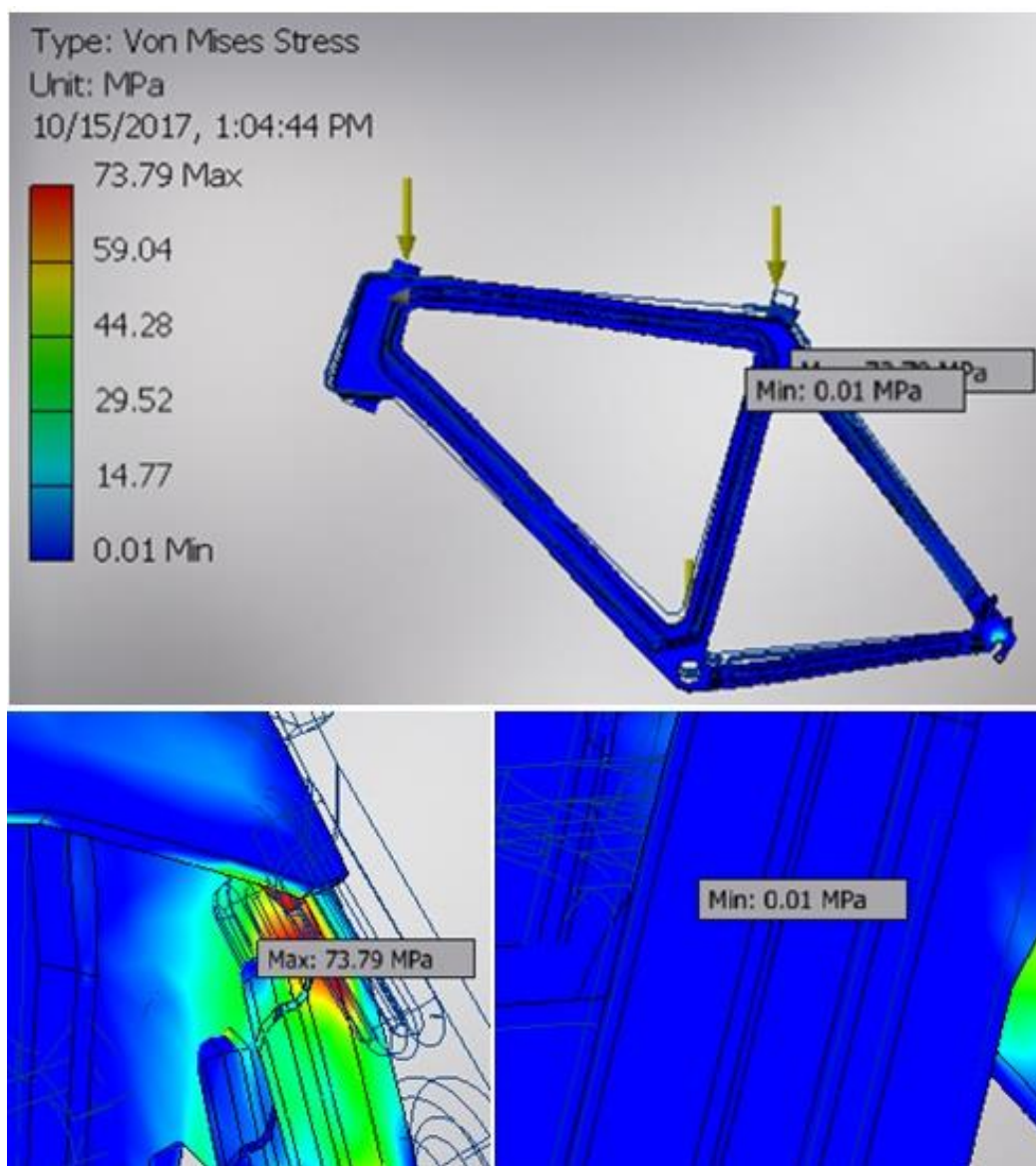
Табела 14. Реакције сила и момената

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	2392.33 N	0 N	3.61119 N m	3.61119 N m
		2235.63 N		0 N m
		-851.601 N		0 N m
Pin Constraint:1	2419.21 N	0 N	17.1687 N m	17.1685 N m
		2264.37 N		0 N m
		851.598 N		-0.0751031 N m

Табела 15. Укупни резултати испитивања нове концепције рама

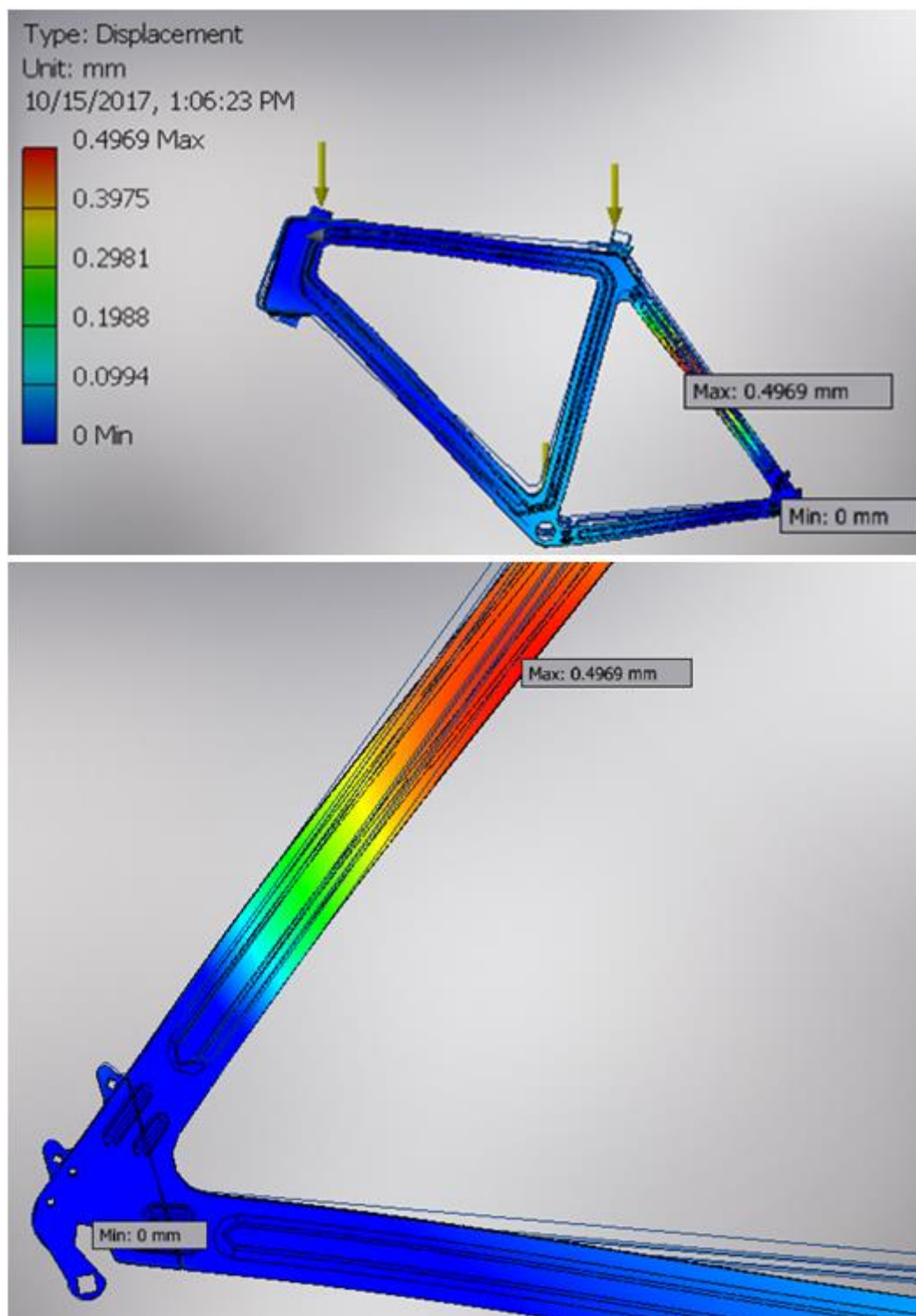
Name	Minimum	Maximum
Volume	1026240 mm ³	
Mass	2.77085 kg	
Von Mises Stress	0.00835882 MPa	73.7933 MPa
1st Principal Stress	-25.8724 MPa	79.5699 MPa
3rd Principal Stress	-104.696 MPa	22.8846 MPa
Displacement	0 mm	0.496883 mm
Safety Factor	0.891911 ul	15 ul
Stress XX	-45.9151 MPa	44.8436 MPa
Stress XY	-31.081 MPa	27.7511 MPa
Stress XZ	-19.2473 MPa	20.2144 MPa
Stress YY	-75.826 MPa	59.4064 MPa
Stress YZ	-13.1799 MPa	21.9328 MPa
Stress ZZ	-46.4966 MPa	46.1859 MPa
X Displacement	-0.483117 mm	0.480449 mm
Y Displacement	-0.182016 mm	0.0131839 mm
Z Displacement	-0.038731 mm	0.120922 mm
Equivalent Strain	0.000000107691 ul	0.00102676 ul
1st Principal Strain	-0.00000206442 ul	0.000894942 ul
3rd Principal Strain	-0.00121718 ul	0.00000402075 ul
Strain XX	-0.000330316 ul	0.000437265 ul
Strain XY	-0.000599967 ul	0.000535688 ul
Strain XZ	-0.000371538 ul	0.000390205 ul
Strain YY	-0.000678894 ul	0.000504691 ul
Strain YZ	-0.000254416 ul	0.000423377 ul
Strain ZZ	-0.00034076 ul	0.00035783 ul
Contact Pressure	0 MPa	32.7118 MPa
Contact Pressure X	-25.7968 MPa	26.3991 MPa
Contact Pressure Y	-22.4218 MPa	19.3977 MPa
Contact Pressure Z	-17.5317 MPa	13.9527 MPa

На слици 5.6 приказани су Фон Мизесови напони и места у којима се јавља максимална и минимална вредност напона. У случају нове концепције рама напони се јављају на нешто другачијим местима од постојећег решења рама што је последица различите технологије израде. Максимална вредност се јавља на месту где се налази прелом односно промена угла странице рама и износи 73,8 МПа, док се на месту пресованог ојачања јавља минимална вредност од 0,01 МПа.



Слика 5.6 Приказ Фон Мизесових напона код нове концепције рама

На слици 5.7 приказане су деформације и места на којима се јављају максимална и минимална вредност деформације рама. На средини горњег дела задње виљушке јавља се максимална вредност померања од 0,49 mm. На месту монтирања задњег точка нема деформација.



Слика 5.7 Деформације нове концепције рама

5.3. Дискусија добијених резултата

Када се упореде добијени резултати види се да је померање веће код нове концепције за 0,2123mm у односу на постојећу.

Што се тиче напона, код постојеће конструкције се јављају већи напони него код нове за 29,71 МПа.

Разлика у маси је веома мала, маса постојећег решења је мања за 0,09 kg.

Упоредни преглед добијених резултата приказан је у табели 16.

Табела 16. Упоредни приказ резултата постојеће и нове концепције

	Постојеће решење	Ново решење	Разлике добијених вредности
Максимална деформација	0,2875 mm	0,4998 mm	0,2123 mm
Максимални напон	103,5 МПа	73,79 МПа	29,71 МПа
Маса	2,68 kg	2,77 kg	0,09 kg

Када се узму у обзир веома велика задата оптерећења и да се при нормалној експлоатацији у складу са наменом бицикла она неће јављати, закључује се да су разлике у добијеним резултатима занемарљиве.

6. Закључак

Бицикл је превозно средство за чије покретање није потребан никакав извор енергије осим човекове сопствене. Како не емитује никакве издувне гасове, коришћење бицикла уместо неког другог превозног средства које користи фосилно гориво, може играти значајну улогу у очувању животне средине. Вожња бицикла активира велики број мишића у човековом телу што значи да је одлична физичка активност. У данашње време када је стрес свакодневна појава, опушта и растерећује организам.

Како би савремени бицикл постао занимљивији за коришћење и био приступачнији потребно је користити нове начине израде његових кључних делова. Рам као основни део бицикла временом је постајао све компликованијег облика, он више не представља само конструкцију састављену од цеви једноставног, кружног попречног пресека. Како би се испунили све захтевнији циљеви са аспекта дизајна користе се све сложенији облици цеви који су саставни део рама. Такви облици у великој мери компликују производњу и повећавају цену рама као и бицикла као крајњег производа.

Са идејом да се смање трошкови производње и лако постигну разни атрактивни облици представљен је рам чији се саставни делови израђују поступком пресовања лима. Ова идеја инспирисана је начином израде аутомобилских рамова (шасија).

На основу поређења резултата, добијених након извршене анализе напонског и деформационог стања постојеће и нове концепције рама, долази се до закључка данова конструкција испуњава све предходно дефинисане захтеве. Поред наведеног, из резултата анализе се види да нова концепција рама конструкцијски није лошија од постојеће. Када се узме у обзир то да је класичан начин израде усавршаван дугим низом година, а нов начин тек представљен као идеја, закључује се да се рамови сачињени од пресованог лима могу додатно унапредити чиме би се постигле боље уштеде материјала, стабилнија конструкција и нижа цена производа.

7. Литература

- [1] Engineering Concepts in Industrial Product Design With A Case Study of Bicycle Design – E. Kocabiyik, İzmir, Turkey, 2004.
- [2] Дизајн у производњи – Мирослав Фрухт, Београд 1987.
- [3] <https://www.safaribooksonline.com/library/view/understanding-industrial-design/9781491920381/ch01.html> приступљено 7.7.2017
- [4] Индустијски дизајн- Лозица Ивановић и сар., Крагујевац 2015.
- [5] Индустијски дизајн- Синиша Кузмановић, Нови Сад 2008.
- [6] <https://www.bennetts.co.uk/> приступљено 14.7.2017
- [7] <http://www.niveta.hr/english/hobby-and-industrial/cap.html> приступљено 29.7.2017
- [8] <https://info.kaltire.com/5-reasons-youll-love-aluminum-wheels-winter/> приступљено 7.7.2017
- [9] <http://www.capriolo.com/rezervni-delovi/rucke> приступљено 2.8.2017
- [10] <https://www.pinterest.com/pin/453737731191564818/> приступљено 3.8.2017
- [11] <http://karadara.net/bicikl-kroz-istoriju-nastanak-i-razvoj-kargo-bicikla/> приступљено 3.8.2017
- [12] <http://www.delovizabicikle.com/istorija-bicikla> приступљено 3.8.2017
- [13] <http://www.bikeradar.com/gear/article/best-mountain-bike-the-ultimate-buyers-guide-46712/> приступљено 11.8.2017
- [14] <https://www.mycity.rs/Biciklizam/Biciklisticka-azbuka.html> приступљено 12.8.2017
- [15] <https://www.bicyclehero.com/us/shimano-centerlock-xt-wh-m775-disc-brake-bicycle-wheel-set.html> приступљено 20.8.2017
- [16] <http://www.ciklonaut.com/Tekstovi/fenomen.htm> приступљено 24.8.2017
- [17] <http://elementarium.cpn.rs/ideje/bicikl/> приступљено 1.9.2017

- [18] <http://www.bicisvet.com/>приступљено 1.9.2017
- [19] Бициклистички приручник- Јосип Крешоња, Загреб 2011.
- [20] <https://www.cyclingabout.com/understanding-bicycle-frame-geometry/>приступљено 7.9.2017
- [21] <https://www.jejamescycles.com/bikes/mountain-bikes/full-suspension.html>приступљено 10.9.2017
- [22] <http://www.serbiaoutdoor.com/akcije%20i%20tekstovi/tekstovi/vodic.html>приступљено 18.9.2017
- [23] <https://www.vesic.org/blog/biciklizam-za-pocetnike/>приступљено 21.9.2017
- [24] <https://mpora.com/bmx/short-history-bmx-sport-got-started#qk2m331UUT9Liw5Q.97>приступљено 27.9.2017
- [25] <http://wethepeoplebmx.de/zodiac/>приступљено 2.10.2017
- [26] <https://www.totalbike.rs/blog/kako-odabrati-pravu-velicinu-bicikle>приступљено 2.10.2017
- [27] Методе конструисања – Ненад Марјановић, Крагујевац 1999.
- [28] Mastering Autodesk Inventor 2016 and Autodesk Inventor LT 2016- Paul Munford, Paul Normand, ISBN: 978-1-119-05980-6,February 2016