

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Друмски саобраћај

Предмет: Структура и конструкција моторних возила

Број индекса: 339/2013

Надица Р. Стојановић

Пнеуматске диск кочнице теретних возила

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Јасна Глишовић, доцент - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да анализира трендове развоја кочница теретних возила у Европи и у свету, који су директно условљени међународном законском регулативом која се бави кочним системом као кључним системом активне безбедности у саобраћају. Потребно је детаљно описати пнеуматички кочни систем, све његове елементе, одржавање, као и функционисање како у нормалним условима вожње, тако и у неким критичним ситуацијама. Анализирати предности и недостатке ваздухом активираних диск кочница теретних возила у односу на деценијама коришћене добош кочнице. Направити модел једне такве диск кочнице и извршити структурну и термичку анализу диска и кочних плочица и приказати деформациона и напонска стања ових елемената.

Препоручена литература:

- [1] Тодоровић, Ј., Кочење моторних возила: пројектовање, одржавање, испитивање, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, ИСБН 86-17-00337-5, 1988
- [2] Breuer B., Karlheinz H. B.: Bremsenhandbuch – Grundlagen, Komponenten, Systeme, Fahrtdynamik, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2012, ISBN 978-3-8348-1796-9
- [3] Day A., Braking of Road Vehicles, Butterworth-Heinemann, USA, 2014, ISBN: 978-0-12-397314-6

Крагујевац, 15.04.2015.

ментор:

Др Јасна Глишовић, доцент

Резиме

У раду су дате основе теорије кочења, законске регулативе која се односи на кочне системе теретних возила, са акцентом на диск кочнице у пнеуматичким системима. Истакнуте су конструктивне особености ваздухом активираних диск кочница теретних возила. Након тога, показани су основни елементи пнеуматичких кочних система код теретних и прикључних возила. Затим је извршено и објашњено моделирање једног таквог система, односно диск кочнице теретних возила у софтверском пакету CATIA, као и структурна и термичка анализа диск кочница.

Кључне речи: *диск кочница, пнеуматички кочни системи, теретна и прикључна возила, моделирање, CATIA, структурна и термичка анализа.*

Summary

This master thesis presents the basics of the theory of braking, the regulations relating to the braking systems of commercial vehicles, with an emphasis on disc brakes in pneumatic systems. Constructive features of air activated disc brake of commercial vehicles are highlighted. Subsequently, the basic elements of pneumatic brake systems of trucks and trailers are shown. Forming a model of such a system i.e. disc brakes of commercial vehicles in CATIA software package, as well as structural and thermal analysis of disc brakes is then performed and discussed.

Keywords: *disc brakes, pneumatic brake systems, trucks and trailers, modelling, CATIA, structural and thermal analysis.*

Садржај

1 Увод	8
1.1 Развој кочница	8
1.2 Развој пнеуматичких система.....	11
1.2.1 Ране верзије пнеуматичких диск кочница	12
1.2.2. Садашње генерације пнеуматичких диск кочница	14
2 Кочни системи	15
3 Законски услови везани за пнеуматичке кочне системе	18
3.1 ЕСЕ прописи	18
3.2 Прописи о кочним системима на моторним и прикључним возилима у Србији ...	21
3.3 Стандарди	25
4 Теорија кочења	26
4.1 Кочне силе	26
4.2 Максимално успорење	28
4.3 Закон кретања коченог возила.....	28
4.3.1 Време кочења	29
4.3.2 Пут кочења.....	29
5 Диск кочнице	32
5.1 Кочна клешта	32
5.2 Аутоматски регулатор.....	33
5.3 Фрикционе пар	34
5.3.1 Кочне плочице.....	35
5.3.2 Кочни диск.....	35
6 Материјали за израду фрикционих парова	37
6.1 Материјали за израду кочних плочица	37
6.1.1 Ојачана влакна.....	37
6.1.2 Везива.....	39
6.1.3 Пуниоци	40
6.1.4 Фрикциони модификатори.....	41
6.2 Материјали за израду кочних дискова	43
7 Основе диск кочница	45
7.1 Принцип рада диск кочница	45

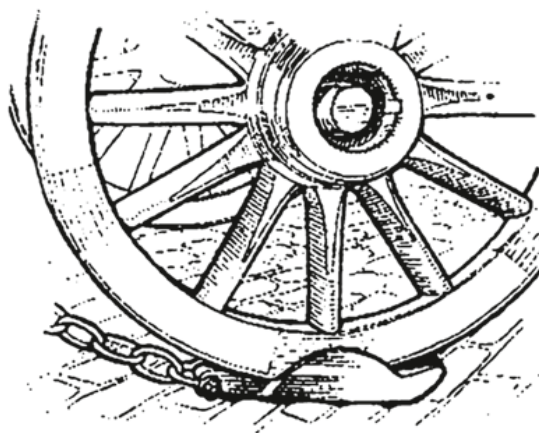
7.2	Предности диск кочница.....	46
7.3	Потребна снага за заустављање возила	49
7.4	Гранични термални услови.....	50
8	Компоненте пнеуматичког кочног система.....	53
8.1	Пнеуматички системи на камиону.....	53
8.1.1	Компресор и регулатор.....	53
8.1.2	Резервоари	56
8.1.3	Сушач ваздуха	57
8.1.4	Сигурносни вентил	57
8.1.5	Педала кочнице	59
8.1.6	Кочни цилиндар	60
8.2	Приколични системи.....	61
8.2.1	Спојничка глава.....	62
8.2.2	Двосмерни неповратни вентил	62
8.2.3	Заштитни систем камиона.....	63
8.2.4	Вентил за напајање приколице	65
8.2.5	Паркирне кочнице приколице	65
8.3	Кочна инсталација на теретном возилу.....	66
8.3.1	Инсталација двосмерног повратног вентила у кочном систему	67
8.3.2	Инсталација ножног вентила у кочном систему.....	68
8.3.3	Инсталација ручног вентила у кочном систему.....	68
8.3.4	Систем са аутоматским вентилом за напајање приколице	69
8.3.5	Спрега камиона и приколице.....	70
8.3.6	Пуњење система приколице.....	72
8.3.7	Примена ножног или ручног вентила	72
8.4	Понашање система у критичним условима рада.....	73
8.4.1	Хитна примена	73
8.4.2	Кидање вода за напајање у хитним случајевима	74
8.4.3	Кидање контролног вода за напајање	75
8.4.4	Губитак притиска ваздуха у резервоару	75
9	Моделирање пнеуматске диск кочнице на теретним возилима	77
9.1	Диск.....	77
9.2	Кочна плочица	84
9.3	Металне део кочних плочица	85

9.4 Носач кочних плочица	86
9.5 Кочна клешта	87
9.6 Држач.....	89
9.7 Грана са цилиндром.....	90
9.8 Горњи поклопац цилиндра	95
9.9 Стезни прстен цилиндра	96
9. 10 Клип са опругом	96
9.11 Склоп пнеуматске диск кочнице у софтверском пакету CATIA	100
10 Структурна и термичка анализа диск кочница теретних возила.....	101
10.1 Напонска стања диска при дејству центрифугалних сила.....	101
10.2 Анализа склопа диск кочнице	110
10.2.1 Креирање склопа.....	110
10.2.2 Анализа	117
11 Закључак.....	133
Литература	135
Прилог	137

1 Увод

1.1 Развој кочница

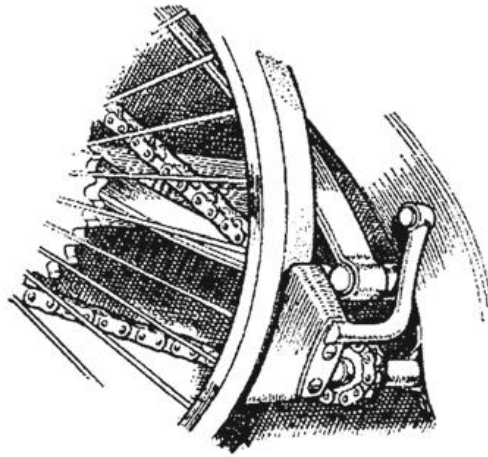
Историја кочница је много дужа него историја самог мотора са унутрашњим сагоревањем. Феничани су користили уређај за кочење на њиховим кочијама још у XVIII веку пре нове ере. Уређај за кочење био је прикачен за ланац на коме се налазила кочна папуча (слика 1.1).



Слика 1.1. Изглед кочне папуче примењиван на кочијама [1]

Како су се аутомобили крајем XIX века полако развијали, кочнице су и даље сматране безначајним и инжењери су једино били фокусирани на развој мотора са унутрашњим сагоревањем, као и њихову ефикасност. Вилијам Мајбах (Wilhelm Maybach) је све своје знање употребио како би повећао брзину, односно број обртаја бензинског мотора са 180 на 600 обртаја у минути, што је практично и успео. То је кочнице бацило у заборав, јер због саме брзине које је возило могло да достигне, нису ни биле потребне. Вилијам Мајбах и Готлиб Даимлер (Gottlieb Daimler) су направили „јахаће возило“, односно Reitwagen 1885. године које је достигало брзину од 12 km/h. Трење које се јављало у самом погонском систему је било толико велико, да је возило успоравало и без употребе кочница.

Прве верзије кочница су биле постављане, на самом точку, али нису били у контакту са њим, слика 1.2. Командни уређај је у ствари била полуга којом је управљао возач. Сама структура оваквог уређаја је пројектована према захтевима самог возила. Кочница је била постављена на задњој осовини. Такође, Карл Фридрих Бенз (Carl Friedrich Benz) по узору на једно овакво решење је на свом легендарном возилу са три точка – Patentwagen (слика 1.3.), уградио овакав систем кочења, 1887. године. Ово возило је у августу 1888. године вожено на релацији Минхен – Форцхајм. На овој стази од 100 km, кочне облоге које су биле од коже, морале су више пута бити замењене, у поређењу са данашњим кочним облогама са којима се може прећи и растојање од 50.000 km.



Слика 1.2. Кочница активирана преко полуге [1]

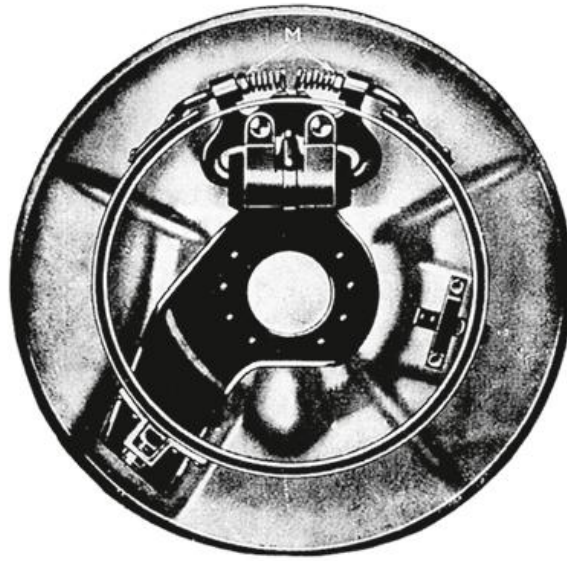


Слика 1.3. Patentwagen [1]

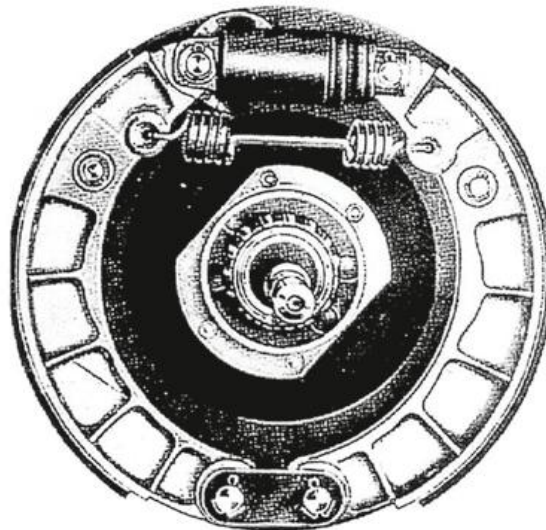
1902. године кочнице су биле много ефикасније, биле су активиране механички и биле су јако популарне. Осмишљене су од стране произвођача аутомобила: Ланчестер (F. W. Lanchester) је осмислио диск кочницу, а заједно са Луисом Реноом (Louis Renaults) је осмислио добош кочницу. Вилхелм Мајбах Аусенбандбремсе (Wilhelm Maybachs Ausenbandbremse) их је направио, слика 1.4. Диск кочница са хидрауличким активирањем биле су компликоване, тако да се од њене примене на возилима одустало. До 1950. године на возилима биле су претежно заступљене добош кочнице.

Сам рад добош кочница се заснивао на чисто механичком принципу. Активирале су се преко полуге. Кочне облоге би се по активирању размицале и успоравале обртање добоша који је био причвршћен за сам точак. Касније верзије су се активирале хидраулички. Унутар добош кочнице се налазио цилиндар са течномшћу, који би даље размицао кочне папуче, слика 1.5. Ово је јако једноставна, али и робусна

конструкција. Постављала се обично на задњој осовини.

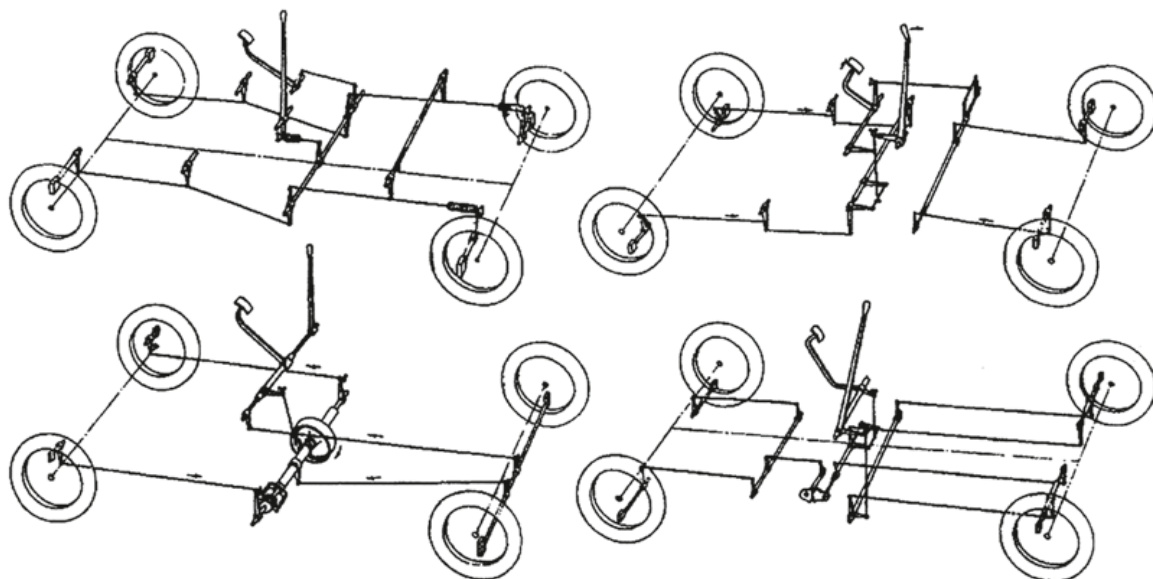


Слика 1.4. Изглед добош кочнице [1]



Слика 1.5. Симплекс добош кочница са хидрауличким цилиндром [1]

Развој самих кочница заснивао се на реалним потребама, јер је у наредним деценијама након изласка легендарног Ausfahrt од стране Берта Бенза (Bertha Benz) који је имао снажнији мотор, развијао веће брзине и имао већу масу, захтевао је управо овакве кочнице. Кочнице на задњој осовини и редуктор кочења који су до тада били у примени, више нису били довољни. Тако да је 1920. године возило морало имати кочница на сва четири точка, што је било од велике важности за саму безбедност. Овакав систем био је јако компликован и садржао велики број делова. Сам систем се састојао од 50 зглобова, 20 лежајева и 200 делова који су преносили кочну силу од возача ка точковима, неколико варијанти је приказано на слици 1.6.



Слика 1.6. Механичко преношење кочне силе, више верзија [1]

Ово је био превелики изазов за аутомеханичаре, показао се као јако проблематичан систем при одржавању, као и у свакодневној употреби. Упркос редовном одржавању са добрим подмазивањем свих делова, главни проблем кочења се састојао од: кратког радног века – узрок је хабање због неуједначеног подмазивања у механизмима за преношење силе, а то је даље узроковало да возило нема подједнаке силе кочења на свим точковима. То је довело до деформисања или чак до кидања, што је код возила већих маса често имало за последицу – тешке саобраћајне незгоде. Возила из овог времена често су била отвореног типа, тако да су возач и путници у случају отказа кочница били избачени из возила. И поред ових недаћа многи произвођачи аутомобила су и даље на својим возилима уграђивали кочнице на сва четири точка са механичким активирањем. Чак је и Мајбах 1941. године на ново произведеном возилу задржао механички пренос кочне силе, иако су одавно били осмишљени много бољи и поузданији системи за пренос кочне силе.

Било је потребно доста времена да се диск кочнице почну примењивати на возилима. Прва масовна уградња диск кочница забележена је на легендарном аутомобилу Citroën DS-19, 1955. године. Кочни диск је био изведен из ламеласте кочнице и био је првобитно развијен за потребе авио индустрије. На кочном диску, једна кочна облога би преносила кочну силу изнутра, а друга споља. Диск кочнице (обично су биле направљене од ливеног гвожђа, ређе од челика) су повезане са точком. Предност овакве конструкције, јесте једноставност.

1.2 Развој пнеуматичких система

Пнеуматички кочни систем је првенствено конструисан за потребе железничких возила, на којима је било пожељно побољшање кочних својства, као и осигурање и избегавање слетања воза са шина (слика 1.7). Након бројних побољшања и развоја

оригиналног модела и доказаном ефикасношћу, пнеуматички кочни систем је почео да се примењује и на друмска возила [2].



Слика 1.7. Воз који је слетео са шина [2]

Иако се пнеуматичке диск кочнице већ увелико користе у Европи и у појединим деловима Северне Америке, оне доживљавају континуирани раст популарности на аутопутевима Северне Америке у флотама комерцијалних возила и код власника-оператора. Све више возила могу се запазити са оваквим системом на путевима, као и у возним парковима. Раније је сматрана нижом технологијом, и као таква није се примењивала на аутобусима, туристичким аутобусима, ватрогасним возилима, као и на возилима специјалне намене, а сада постаје све траженија. За све већу примену оваквог система за кочење, одговорни су следећи фактори:

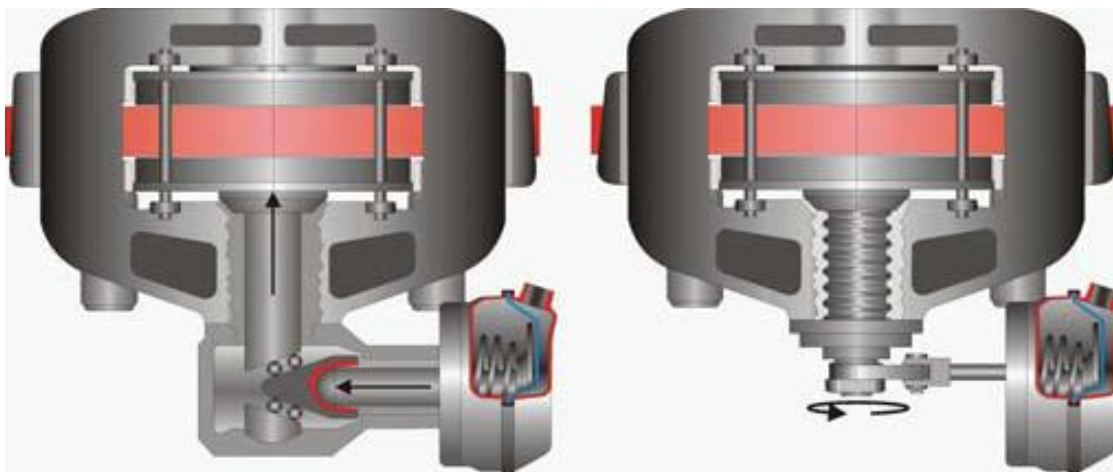
- захтев да и на већим брзинама имају добар одзив;
- већа безбедност и перформансе;
- потреба за мањим одржавањем, већи период између сервисирања и дужи радни век кочних облога;
- мањи зауставни пут и
- побољшање поузданости диск кочница.

Основно правило функционисања диск кочница, јесте закон о очувању енергије, енергија током времена остаје константна. Што значи да енергија не може бити ни створена ни уништена, само може прећи из једног облика у други. Ово важи и за моторе тешких камиона, као и за кочне системе. Тачније речено, сагоревањем горива у мотору, добија се кинетичка енергија која се даље преноси до точкова. Кључна улога погонског агрегата је покретање возила, док је основна одговорност кочница заустављање возила.

1.2.1 Ране верзије пнеуматичких диск кочница

Пнеуматичке диск кочнице су се примењивале на возилима у Северној Америци још 1980. године. Ранији дизајн се активирао једним завртњем или клином. Иако је

релативно лаган и економичан, ови системи су се примењивали првенствено на тешким камионима и на специјалним возилима. Док је велико прихватање имао од стране возних паркова и крајњих корисника који су желели да побољшају перформансе и безбедност, а које су могли да остваре овакви системи, раније верзије пнеуматичких диск кочница су имале и бројне недостатке, као и тешкоће при одржавању и сервисирању.



Слика 1.8. Раније верзије пнеуматичких диск кочница које су садржале клин и завртањ за активирање [3]

Недостаци ранијих пнеуматичких диск кочница су:

- конструкција завртња која се је имао добре карактеристике активирања, али лоше карактеристике отпуштања (хистерезис $\approx 30\%$);
- клизне игле су биле хромиране али недовољно заштићене, што их је чинило подложне љуштењу, корозији и трошењу;
- конструкција са једним клипом, не обезбеђује равномерно хабање плочица и
- кочни дискови су били премалог пречника (око 38 cm) и не нарочито добре конструкције, што је доводило до пуцања.

Прве ваздушне кочнице, такође су донеле изазове редовног одржавања, укључујући и:

- сама конструкција није заптивена, што је захтевало редовно подмазивање;
- сама замена плочица захтевала је пуно времена и била је тешка, што додаје знатне трошкове на укупну цену трошкова одржавања;
- изложене клизне игле би често кородирале, изазивајући да стега зарива и наједнако трошење кочних облога и
- зазор између плочица и диска, који је зависио од вибрација самог диска за правилан повратни ход и зазор.

1.2.2. Садашње генерације пнеуматичких диск кочница

Стечена искуства на основу претходних технологија омогућиле су еволуцију модерних система. Сам дизајн се заснивао на уклањању недостатака добош кочница и ранијих верзија пнеуматичких диск кочница. Данашње, пнеуматичке диск кочнице пружају максимално успорење, дужи радни век, кочне карактеристике су постојане и сервисирање је брже за разлику од претходних верзија. Имају све већу примену, што је данас највеће инжењерско остварење. За разлику од првих верзија, данашње пнеуматичке диск кочнице су достигле савршенство, те почињу све више да се користе.

Анализа извођења крајњег склопа, који је приказан на слици 1.9, показује постојање ограничења унутар самог точка, односно недостатак простора, па треба прецизно дефинисати позиције резервоара, система еластичног ослањања, као и пнеуматичке диск кочнице у односу на осовину. Треба, такође предвидети димензије диск кочница, у зависности од величине самог точка. Поред тога, плутајућа клешта морају имати и механизам који их покреће, тачније речено мора се све прецизно дефинисати како би сви системи могли несметано функционисати.



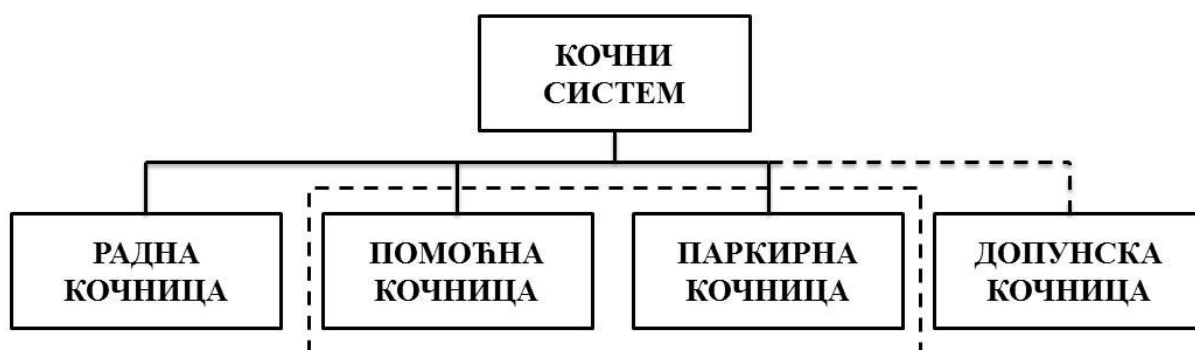
Слика 1.9. Крајњи изглед пнеуматичких диск кочнице на точку [4]

2 Кочни системи

Кочни систем је сложена структура и састоји се од следећих подсистема [5, 6]:

- радне кочнице;
- помоћне кочница;
- паркирне кочнице и
- допунске кочнице или успорача.

Оваква структура кочног система приказана је сликом 2.1.



Слика 2.1. Кочни систем [5]

Радна кочница има најважнији задатак, односно да заустави возило како у критичним, тако и нормалним условима вожње. Према томе, она је најважнији део кочног система.

Помоћна кочница, се уводи ради повећања безбедности возила у саобраћаја, односно ради остваривања повећане поузданости кочног система. Њен задатак је да обезбеди кочење возила у случају отказа радне кочнице.

Паркирна кочница, као што и само име каже, има задатак да обезбеди трајно кочење возила у место, то јест паркирно кочење. У случају да се може активирати и током кретања возила, паркирна кочница може преузети улогу помоћне кочнице. У овом случају, помоћна и паркирна кочница је један исти систем (слика 2.1 испрекидана линија).

Допунска кочница или успорач је првенствено намењен благом и дуготрајном кочењу при кретању возила на дугим падовима.

Сваки од наведених подсистема, структурно се решава у основи на исти начин, односно укључује исте функционалне команде:

- команду;
- преносни механизам и
- кочницу.

Структура подсистема кочног система приказан је сликом 2.2.



Слика 2.2. Подсистеми кочног система [5]

Команда служи за активирање одговарајућег подсистема (радна, помоћна или паркирна кочица). Сваки систем има своју команду. Команда треба бити тако постављена да је возач без икакве тешкоће може активирати.

Преносни механизам има задатак да добијени импулс од команди пренесе до кочица. Преносни механизам се решава на више начина, а у основи постоје три принципијелна решења, слика 2.3:

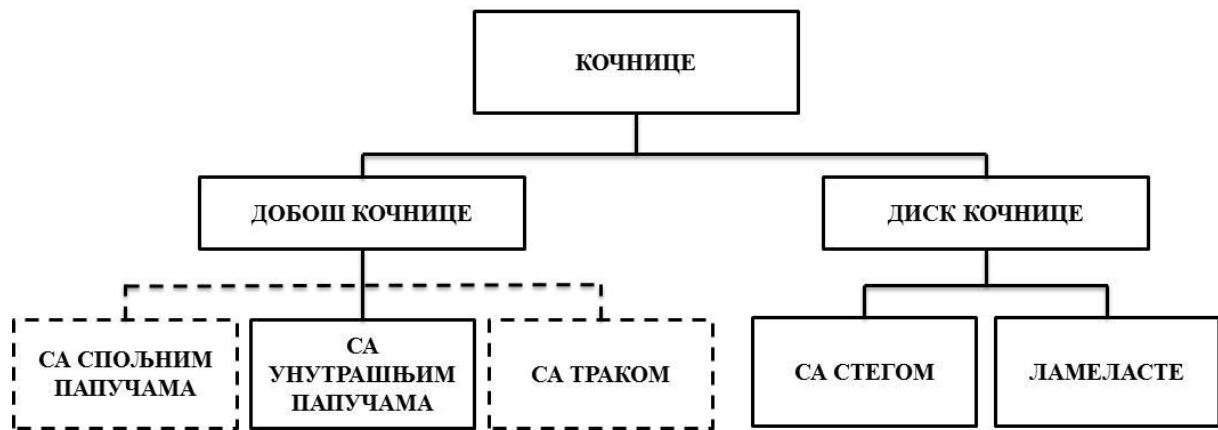
1. преношење енергије возача;
2. преношење енергије возача уз делимично коришћење другог, то јест спољњег енергетског извора или
3. преношење енергије из других извора, а на основу импулса који потиче од возача.

Претходна наведена решења можемо назвати и другачије: прво решење је у ствари механизам без серво-дејства, други са серво-појачањем, а што се тиче трећег он је са потпуним серво-дејством.



Слика 2.3. Преносни механизам кочица [5]

Кочица представља извршни орган, односно помоћу њих се остварује кочење. Када је реч о моторним возилима, кочице се могу изводити на два начина, како је приказано сликом 2.4.



Слика 2.4. Извођење кочица [5]

У наставку биће речи само о диск кочицама.

3 Законски услови везани за пнеуматичке кочне системе

3.1 ЕСЕ прописи

ЕСЕ правилници се доносе на основу међународног споразума о усвајању једнообразних техничких прописа за возила са точковима, као и опрема и делови који могу бити уграђени и/или коришћени на возилима и услова за узајамно признавање хомологације додељених на основу ових прописа.

За кочну стопу која се креће од 0,15 до 0,50 за возило категорије N₁, сматраће се задовољавајућим уколико се налази у границама 0,15 до 0,30, крива искоришћења пријањања за сваку осовину се налази између две линије које су паралелне са линијом идеалног пријањања и дата је једначином:

$$k = z \pm 0,08 \quad (3.1)$$

приказано дијаграмом 3.1 где се крива пријањања за задњу осовину може се записати следећом једначином:

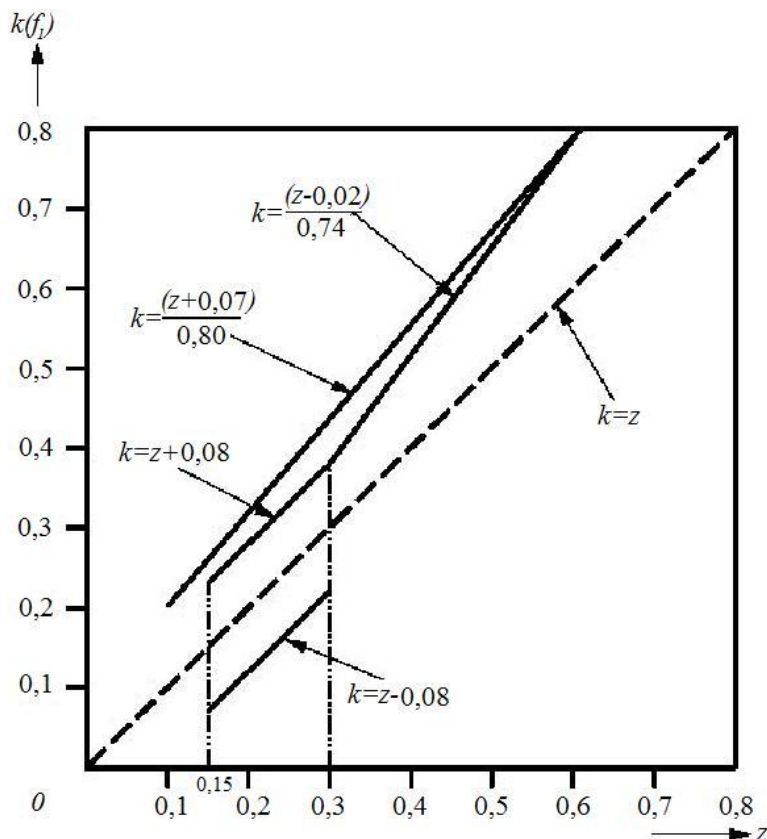
$$k = z - 0,08 \quad (3.2)$$

а у зависности од стопе кочења која се креће између 0,30 и 0,50, може се записати на следећи начин:

$$z \geq k - 0,08 \quad (3.3)$$

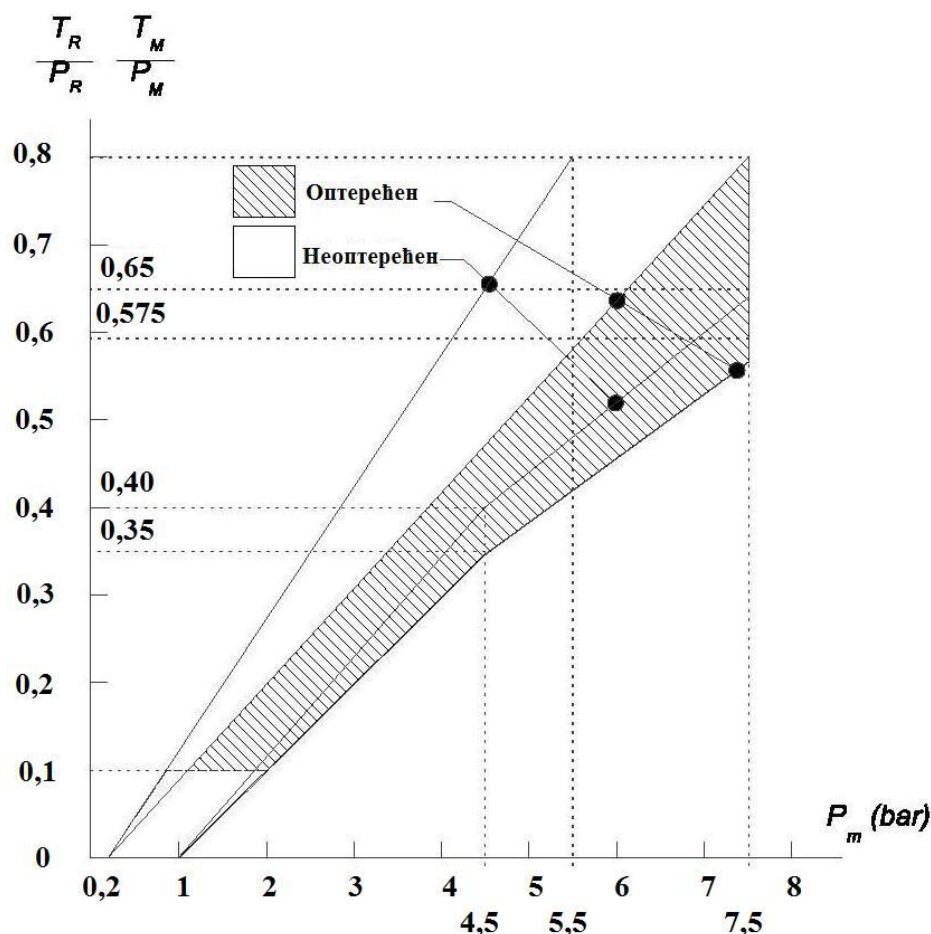
уколико се стопа кочења креће између 0,50 и 0,61, биће:

$$z \geq 0,5 \cdot k + 0,21 \quad (3.4)$$



Слика 3.1. Криве пријањања [7]

У случају вучног возила које вуче приколицу категорије О₃ или О₄ и при томе кочни систем се активира компримовани ваздухом, дозвољени однос кочне стопе T_M/P_M и притиска p_m ће се налазити у области како је приказано на слици 3.2 и ово важи за притиске који се налазе у границама од 0,2 до 7,5 bar.



Слика 3.2. Вучно возило и приколица [7]

Тегљач са празном полуприколицом, односно када је неоптерећен, сматра се случајем када је у возном стању, са возачем у кабини и празном полуприколицом. Динамичко оптерећење полуприколице на тегљач је представљено статичком масом и као таква се монтира преко спојнице и оптерећује је са максимално 15% од укупно своје масе.

Тегљач са оптерећеном полуприколицом, је тегљач у возном стању, са возачем у кабини и оптерећеном полуприколицом. Динамичко оптерећење полуприколице на тегљач ће бити представљена статичком масом P_s која се монтира на седло:

$$P_s = P_{so} (1 + 0,45 \cdot z) \quad (3.5)$$

где је:

P_{so} - представља разлику између максималног оптерећења, односно максималне масе тегљача и масе када је празан.

Вредност h треба бити:

$$h = \frac{h_o \cdot P_o + h_s \cdot P_s}{P} \quad (3.6)$$

где су:

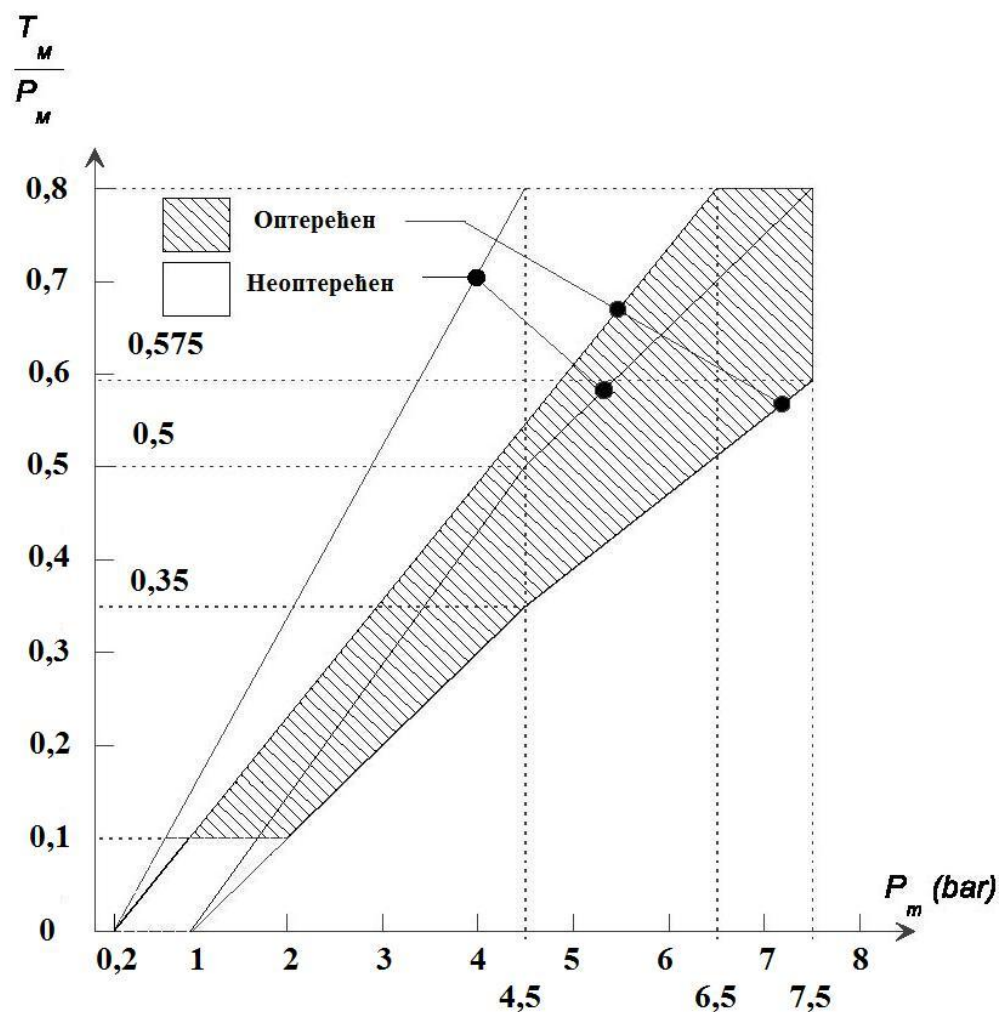
h_o - висина тежишта тегљача;

h_s - висина спојнице на којој лежи полуприколица;

P_o - неоптерећен тегљач, односно када није у вези са полуприколицом.

$$P = P_o + P_s + \frac{P_1 + P_2}{g} \quad (3.7)$$

Уколико је возило опремљено кочним системом са компримованим ваздухом, дозвољени однос између стопе кочења T_M/P_M и притиска p_m ће се налазити у области како је приказано сликом 3.3, односно налазе ће се у границама од 0,2 до 7,5 bar.

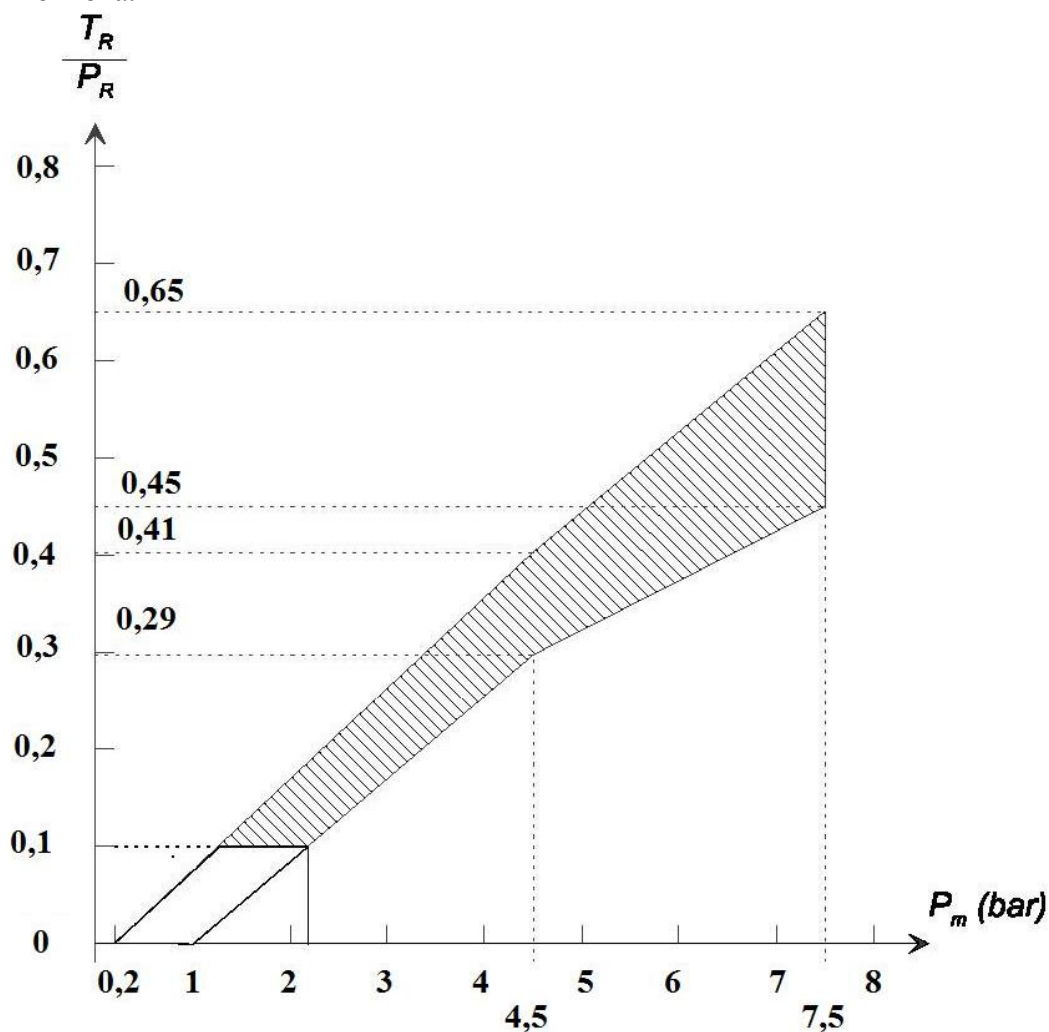


Слика 3.3. Вучно возило и полуприколица [7]

Полуприколица опремљена пнеуматичким кочним системом:

- Дозвољени однос између стопе кочења T_M/P_M и притиска p_m ће се налазити у области како је приказано дијаграмом 3.4, за све притиске између 0,2 до 7,5 bar, када је оптерећен и када није. Ово ће бити испуњено за услове оптерећења полуприколице.

- Уколико је K_c фактор мањи од 0,80, полуприколица мора испуњавати и минималне услове кочења и мора бити опремљен системом против блокирања точкова.



Слика 3.4. Полуприколица са пнеуматичким кочним системом [7]

3.2 Прописи о кочним системима на моторним и прикључним возилима у Србији

Категорије теретних и прикључних возила дате су Правилником о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима.

КАТЕГОРИЈА N – ТЕРЕТНА ВОЗИЛА

Возила на моторни погон са најмање четири точка, која су намењена за превоз терета, вршење рада или вучу полуприколица (тегљач) [8].

Категорија N₁ – лако теретно возило:

Возила категорије N чија највећа дозвољена маса не прелази 3,5 t.

Категорија N₂ - средње теретно возило:

Возила категорије N која имају највећу дозвољену масу која прелази 3,5 t, али не прелази 12 t.

Категорија N₃ – тешко теретно возило:

Возила категорије N која имају највећу дозвољену масу која прелази 12 t.

У случају возила намењеног за вучу полуприколица, маса која ће бити разматрана за класификацију возила је највећа дозвољена маса овог возила.

Опрема и инсталација стално уграђени на возила посебне намене (кранови, покретне радионице, возила за разглас, итд.) се сматрају као терет (стални терет)

КАТЕГОРИЈА О – ПРИКЉУЧНА ВОЗИЛА

Категорија O₁ - лако прикључно возило:

Прикључна возила чија највећа дозвољена маса не прелази 0,75 t.

Категорија O₂ – мало прикључно возило:

Прикључна возила чије статичко вертикално оптерећење пренето на хоризонталну подлогу преко својих осовина, када је повезана на вучно возило и оптерећено до декларисане носивости, прелази 0,75 t, али не прелази 3,5 t.

Категорија O₃ – средње прикључно возило:

Прикључна возила чије статичко вертикално оптерећење пренето на хоризонталну подлогу преко својих осовина, када је повезана на вучно возило и оптерећено до декларисане носивости, прелази 3,5 t, али не прелази 10 t.

Категорија O₄ – велико прикључно возило:

Прикључна возила чије статичко вертикално оптерећење пренето на хоризонталну подлогу преко својих осовина, када је повезана на вучно возило и оптерећено до декларисане носивости, прелази 10 t.

Осим тога, прикључна возила категорија O₂, O₃ и O₄ разврставају се у класе:

- Полуприколица – је прикључно возило, на којем су све осовине постављене иза његовог тежишта (одређеног при равномерно оптерећеном возилу), и које је опремљено уређајем који обезбеђује пренос хоризонталних и вертикалних силе на вучно возило, и при чему једна или више осовина могу бити погођене са вучног возила.
- Приколица – је прикључно возило које има најмање две осовине, и опремљено је зглобно везаним вучним уређајем (рудом) који може да се помера вертикално (у односу на приколицу) и контролише правац предње осовине(а), и које не преноси значајно вертикално оптерећење на вучно возило, и при чему једна или више осовина могу бити погођене са вучног возила.
- Приколица са централном осовином – је прикључно возило, опремљено са вучним уређајем који не може да се помера вертикално (у односу на приколицу)

и на којем је осовина постављена близу тежишта возила (када је равномерно оптерећено) тако да се само мало вертикално оптерећење, које не прелази 10 % од оног које одговара максималној маси приколице или оптерећењу од 1.000 daN (које је мање), преноси на вучно возило, и при чему једна или више осовина могу бити погођене са вучног возила.

У случају полуприколица и приколица са централном осовином, највећа дозвољена маса која се узима за класификовање приколице одговара статичком вертикалном оптерећењу пренетом на земљу преко осовина полуприколице или прикључног возила са централном осовином, када је повезана на вучно возило и оптерећена до дозвољене носивости.

Код возила која су опремљена пнеуматичким кочним системима, морају да постоје контролни прикључци за испитивање притиска ваздуха ради одређивања сила кочења на свакој осовини у току коришћења возила:

- У сваком независном кругу кочног система, на најближем и најприступачнијем месту најнеповољније постављеног кочног цилиндра са становишта мерења времена одзива према одговарајућем Правилнику.
- Код кочних система у којима постоје уређаји за модулацију притиска према одговарајућем Правилнику, испред и иза овог уређаја, на најближем доступном месту. Ако је овај уређај пнеуматички управљан, потребно је да постоји допунски контролни прикључак ради симулирања оптерећеног стања. Уколико овакав уређај не постоји, довољан је један контролни прикључак који треба да буде еквивалентан напред поменутом прикључку постављеном иза регулатора.

Контролни прикључци треба да буду тако постављени да може лако да им се приђе са земље или из возила:

- На најближем и најприступачнијем месту код најнеповољније постављеног уређаја за смештај енергије у складу са одговарајућим Правилником.
- У сваком независном кругу кочног система, како би се омогућила провера улазног и излазног притиска целог преносног вода.

Контролни прикључци треба да буду у складу са т. 4 стандарда ИСО 3583:1984.

Доступност контролним прикључцима не сме да буде ограничена изменама уређаја и опреме или изменама у конструкцији возила.

Треба да се омогући развијање највеће силе кочења при статичким условима на уређају са ваљцима за мерење силе кочења.

За возила са пнеуматичким кочним системима морају да буду обезбеђени подаци у складу са захтевима једнообразних техничких услова. При чему је обухваћена и декларација референтних сила кочења. Подаци за пнеуматичке кочне системе о испитивању функционалности и ефикасности морају да се налазе на возилу, на видном

месту и да буду неизбрисиви или да буду слободно доступни на неки други начин (приручници, електронски записи података и сл.).

Прикључна возила која имају радно кочење са пнеуматичким преносним механизмом, осим возила категорије R, морају бити повезана са кочним системом вучног возила са најмање два вода, од којих један служи за пренос команде кочења са вучног возила а преостали за напајање прикључног возила из система напајања вучног возила.

Прикључна возила морају бити опремљена уређајем који обезбеђује аутоматско активирање радног кочења у случају прекида везе кочних система вучног и прикључног возила. Прикључна возила највеће дозвољене масе до 1,5 t не морају бити опремљени овим уређајем ако су опремљена додатним везама (ланци, челично уже...) које у случају отказа основног уређаја за спајање возила обезбеђују везу вучног и прикључног возила при чему руда прикључног возила не сме да падне на тло или скрене у страну, до безбедног заустављања скупа возила.

Ако откаже кочни систем на прикључном возилу радно кочење вучног возила мора обезбедити кочење таквог скупа са оствареним нормативима за помоћно кочење.

Код скупа возила, радно кочење вучног и прикључног возила морају бити тако подешени да обезбеђују да кочење прикључног возила, осим оних са инерцијом командом, почиње истовремено или пре кочења вучног возила, односно у складу са препорукама произвођача.

Код моторних и прикључних возила дејство радног кочења мора бити на одговарајући начин расподељено по осовинама и точковима возила, као и међу возилима у скупу возила.

Возила са уграђеним уређајима који обезбеђују непрекидно подешавање интензитета кочења сразмерно промени оптерећења морају имати, на видном месту, декларисане податке о улазно - излазним карактеристикама тих уређаја, приказано табелом 3.1.

Табела 3.1. Кочни коефицијент силе активирања [8]

Категорија возила	Радно кочење			Помоћно кочење		
	Кочни коефицијент	Сила активирања		Кочни коефицијент	Сила активирања	
		Ножмо активирање	Ручно активирање		Ножмо активирање	Ручно активирање
	$K_p \geq [\%]$	$F \leq [\text{daN}]$	$F \leq [\text{daN}]$	$K_p \geq [\%]$	$F \leq [\text{daN}]$	$F \leq [\text{daN}]$
N	45	70	-	20	70	60

3.3 Стандарди

Стандард је документ, утврђен консензусом и одобрен од признатог тела, којим се утврђују, за општу и виšekратну употребу, правила, смернице или карактеристике за активности или њихове резултате, ради постизања оптималног нивоа уређености у датом контексту [9].

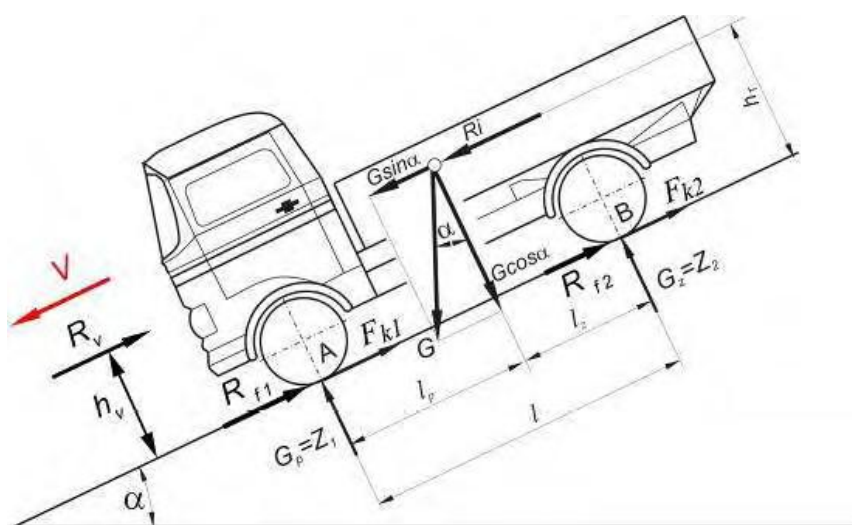
доноси се SRPS ISO 1728 (en)	Друмска возила — Пнеуматички кочни прикључци између моторних возила и прикључних возила — Заменљивост
---------------------------------	--

4 Теорија кочења

Кочење возила има за циљ да успори или заустави возило. Уређаји помоћу којих се врши кочење су у ствари низ елемената и посебних уређаја, тако да они сви заједно чине систем за принудно смањење брзине. Кочни уређај је уједно и уређај за безбедност на возилу.

4.1 Кочне силе

При одређивању граничне вредности силе кочења, неопходно је одредити вредности отпора по оsovинама.



Слика 4.1. Динамичке реакције које дејствују на возило у току кретања [10]

Постављањем моментне једначине за тачку А (слика 4.1), следи [10-13]:

$$Z_2 \cdot l - G \cdot l_p \pm G \cdot h_t \cdot \sin \alpha - R_i \cdot h_t - R_v \cdot h_v = 0 \quad (4.1)$$

Z_2 – динамичка реакција на задњој осовини [N];
 l – међуосовинско растојање [m];
 G – тежина возила [N];
 l_p – растојање од предње осовине до тежишта [m];
 h_t – висина тежишта [m];
 α – угао нагиба низбрдице [°];
 R_i – инерцијални отпори [N];
 R_v – отпор ваздуха [N];
 h_v – висина деловања отпора ваздуха [m].

Док је моментна једначина за тачку В:

$$Z_1 \cdot l - G \cdot l_z \cdot \cos \alpha \pm G \cdot h_t \cdot \sin \alpha + R_i \cdot h_t + R_v \cdot h_v = 0 \quad (4.2)$$

где су:

Z_1 – динамичка реакција на предњој осовини [N] и

l_z – растојање од задње осовине до тежишта [m].

Претпоставимо да је $h_v = h_T$ биће:

$$\text{за предњу осовину:} \quad Z_1 = \frac{G \cdot l_z \cdot \cos \alpha + h_T \cdot (R_i - R_v \pm G \cdot \sin \alpha)}{l} \quad (4.3)$$

$$\text{за задњу осовину:} \quad Z_2 = \frac{G \cdot l_p \cdot \cos \alpha - h_T \cdot (R_i - R_v \pm G \cdot \sin \alpha)}{l} \quad (4.4)$$

Посматрајући слику 4.1, може се написати сума свих сила које дејствују у хоризонталном правцу:

$$F_{k1} + F_{k2} + R_{f1} + R_{f2} + R_v - R_i \pm G \cdot \sin \alpha = 0 \quad (4.5)$$

где су:

F_{k1} – сила кочења на задњој осовини [N];

F_{k2} – сила кочења на задњој осовини [N];

R_{f1} – отпор котрљања на предњој осовини [N] и

R_{f2} – отпор котрљања на задњој осовини [N].

Узимајући да су:

$$F_{k1} + F_{k2} = F_k \quad \text{и} \quad R_{f1} + R_{f2} = R_f \quad (4.6)$$

где су:

F_k – укупна сила кочења на возилу [N] и

R_f – укупни отпор котрљања на возилу [N].

следи:

$$F_k + R_f = R_i - R_v \pm G \cdot \sin \alpha \quad (4.7)$$

Сменом (4.7) у (4.3) и (4.4) следи:

$$Z_1 = \frac{G \cdot l_z \cdot \cos \alpha + h_T \cdot (F_k + R_f)}{l} \quad (4.8)$$

$$Z_2 = \frac{G \cdot l_p \cdot \cos \alpha - h_T \cdot (F_k + R_f)}{l} \quad (4.9)$$

Како се кочење остварује на свим точковима, максимална сила кочења је:

$$F_{k \max} = F_{k1} + F_{k2} = \mu \cdot (Z_1 + Z_2) = G \cdot \mu \cdot \cos \alpha \quad (4.10)$$

μ - коефицијент приањања[-],

односно силе кочења по осовинама су:

$$F_{k1} = G \cdot \mu \cdot \cos \alpha \cdot \frac{l_z + h_T \cdot (\mu + f)}{l} \quad (4.11)$$

$$F_{k2} = G \cdot \mu \cdot \cos \alpha \cdot \frac{l_p - h_T \cdot (\mu + f)}{l} \quad (4.12)$$

f – коефицијент отпора котрљања [-].

4.2 Максимално успорење

За поједностављење у случају заустављања возила, занемарују се сви отпори који потпомажу бржем заустављању, а то је када се возило креће по равном путу и малом брзином ($R_\alpha = R_v = 0$). У овом случају сила кочења једино треба да савлада силу инерције, а њој потпомаже сила отпора котрљања.

$$R_i = m \cdot a \cdot \delta = F_k + R_f \quad (4.13)$$

где су:

m – маса возила [kg];

a – успорење [m/s^2] и

δ – коефицијент учешћа обртних маса [-].

$$m \cdot a \cdot \delta = G \cdot (\mu + f) \rightarrow F_k = F_{k1} + F_{k2} = G \cdot (\mu + f) \quad (4.14)$$

како је $G = m \cdot g$ максимално успорење је:

$$a = \frac{g}{\delta} \cdot (\mu + f) \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \quad (4.15)$$

Ни у идеалним условима није могуће постићи веће успорење од 9.81 m/s^2 .

4.3 Закон кретања коченог возила

Када се каже закон кретања коченог возила, подразумева се пут које возило пређе у току процесу кочења, односно до заустављања. Такође се подразумева и време које потребно за заустављање возила.

Из опште једначине биланса силе, посматрајући слику 4.1 следи:

$$\sum R = 0 \rightarrow R_v + R_f + R_\alpha + F_k = \sum R + F_k = R_i \text{ [N]} \quad (4.16)$$

$$\text{Инерцијална сила} \quad R_i = \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \cdot \delta$$

$$\text{Отпор ветра} \quad R_v = K \cdot A \cdot v^2 \quad (4.17)$$

$$\text{Отпор котрљања} \quad R_f = G \cdot f \cdot \cos \alpha$$

$$\text{Отпор успона} \quad R_\alpha = \pm G \cdot \sin \alpha$$

из биланса сила следи:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{G \cdot \delta} (K \cdot A \cdot v^2 + G \cdot f \cdot \cos \alpha \pm G \cdot \sin \alpha + \xi \cdot G \cdot \mu \cdot \cos \alpha) \quad (4.18)$$

K – коефицијент отпора ваздуха [-] и

A – чеона површина возила [m^2],

уколико је: знак + значи кочење на узбрдици, а

знак – значи кочење на низбрдици

коефицијент „ ξ “ представља однос између стварне и максималне силе кочења

$$\xi = \frac{F_k}{F_{k \max}}, \text{ при чему је:}$$

$\xi = 1$ за интензивно кочење, када се и остварује максимална сила кочења

$\xi < 1$ за прикочивање ади успорења кретања

4.3.1 Време кочења

Време кочења директно следи из релације 4.18 и биће:

$$dt = \frac{G \cdot \delta}{g} \frac{dv}{K \cdot A \cdot v^2 + G \cdot f \cdot \cos \alpha \pm G \cdot \sin \alpha + \xi \cdot G \cdot \mu \cdot \cos \alpha} \quad (4.19)$$

интеграљењем добија се:

$$t_k = \frac{\delta}{g} \int_{v_2}^{v_1} \frac{dv}{\frac{K \cdot A \cdot v^2}{G} + f \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha + \xi \cdot \mu \cdot \cos \alpha} \quad (4.20)$$

v_1 – брзина на почетку кочења [km/h]и

v_2 – брзина на крају кочења [km/h].

У случају када возило кочи на равном путу и до потпуног заустављања, биће:

$$t_k = \frac{\delta \cdot v_1}{g \cdot (\mu = f)} = \frac{v_1}{a} \quad (4.21)$$

4.3.2 Пут кочења

Увођењем трансформације у релацију (4.18)

$$a = \frac{dv}{dt} \frac{dS}{dS} = \frac{dv}{dS} \frac{dS}{dt} = v \frac{dv}{dS}$$

следи:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dS} \frac{dS}{dt} = \frac{g}{G \cdot \delta} (K \cdot A \cdot v^2 + G \cdot f \cdot \cos \alpha \pm G \cdot \sin \alpha + \xi \cdot G \cdot \mu \cdot \cos \alpha) = v \frac{dv}{dS} \quad (4.22)$$

Интеграљењем претходне релације добија се:

$$S_k = \frac{\delta}{g} \int_{v_2}^{v_1} \frac{v dv}{\frac{K \cdot A \cdot v^2}{G} + f \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha + \xi \cdot \mu \cdot \cos \alpha} \quad (4.23)$$

Решавањем интеграла добиће се:

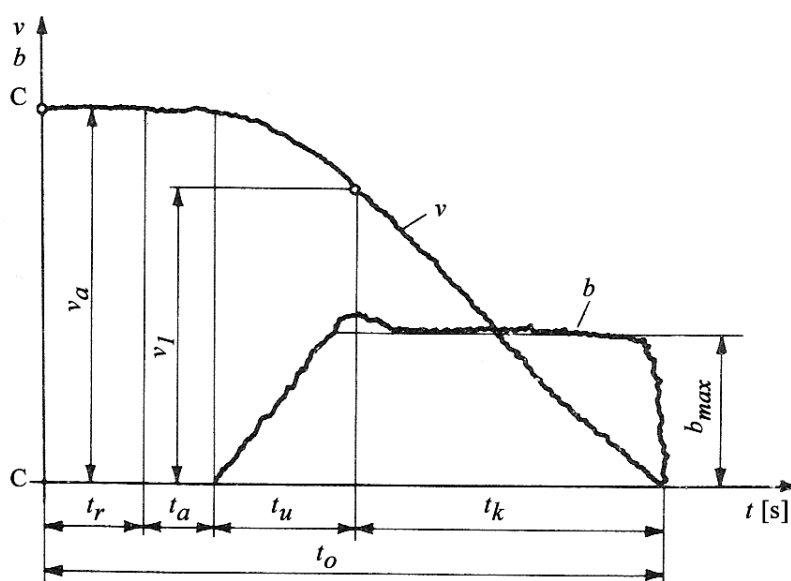
$$S_k = \frac{\delta \cdot G}{2 \cdot g \cdot K \cdot A} \ln \frac{K \cdot A \cdot v_1^2 + f \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha}{K \cdot A \cdot v_2^2 + f \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha} \quad (3.24)$$

Уколико се возило креће по равном путу ($\alpha = 0$) и ако је $R_v = 0$, претходна једначина имаће следећи облик:

$$S_k = \frac{1}{\delta} \frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot g(\mu + f)} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot a_{\max}} \quad (4.25)$$

У случају да возило кочи до потпуног заустављања ($v_2 = 0$) и уз то је спојница искључена ($\delta = 0$), минимални пут кочења је:

$$S_{k \min} = \frac{v_1^2}{2 \cdot a_{\max}} \quad (4.26)$$



Слика 4.2. Промене брзине и успорења у времену током кочења теретних возила [11]

На слици 4.2 је приказан дијаграм на коме се види промена брзине и успорења у времену, током процеса кочења. Са С-С обележен је тренутак у коме је возач уочио препреку на путу и притиснуо педалу кочнице. Време које је потребно за заустављање теретног возила је приказано релацијом 4.27.

$$t_o = t_r + t_a + t_u + t_k \quad (4.27)$$

где су:

t_r - време реакције возача [s],

t_a - време које протекне од тренутка деловања на папучицу кочнице до тренутка кад почне дејство кочног система [s],

t_u - време прираста успорења [s] и

t_k - време пуног кочења [s].

односно релација (4.27) приказана је сликом 4.2.

5 Диск кочнице

Диск кочнице су типичан пример аксијалних кочница, код којих се притисак на фриксиону површину остварује у правцу осе обртног елемента, односно диска који је причвршћен за точак возила, док је стега причвршћена за носећу структуру возила. У стези су кочни цилиндри, а унутар њих се налазе клипови који притискају кочне папуче са обе стране диска и на тај начин се остварује кочна сила. Пошто се диск окреће у слободном простору, систем који се налази у стези мора бити добро затворен и заштићен од нечистаћа из околине, као и воде уколико се вози по кишовитом времену. Клешта су само са једним делом диска у контакту, а други је слободан, па се тако приликом кочења, што је од изузетне важности, обезбеђује добро хлађење. Притиском на педалу кочнице остварује се притисак радног флуида који притиска истовремено и подједнако кочне плочице са обе стране диска и тако се остварује кочна сила.

Основни делови диск кочница су:

- клешта;
- аутоматски регулатор и
- фриксиони пар – кочне плочице и кочни диск.

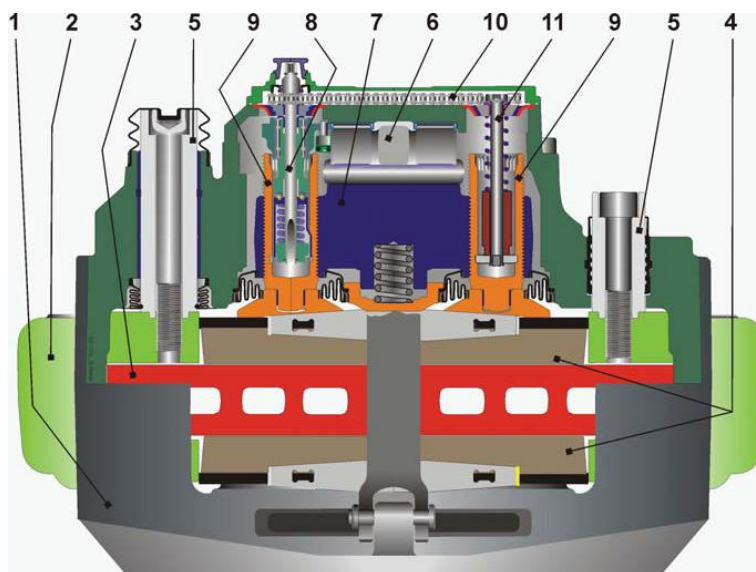
5.1 Кочна клешта

Пливајућа клешта пнеуматичких диск кочница се састоје из две главне компоненте: чељусти (1) и носача плочица (2). Кочна клешта садрже систем за активирање и механизам за подешавање, такође садрже и цилиндар који ствара притисак, који се даље преноси на клипова, како би се на самом крају активирале клешта и затим створио контакт између плочица (4) и диска (3) и на тај начин формирала кочна сила.

Носач плочица (2) је у чврстој вези са осовином и на њој се такође налази чељуст кочница (1) која омогућава клештима да се аксијално померају дуж осовине. Кочне плочице (4) се налазе на носачу, који прима сва оптерећења која се стварају на кочницама и даље их преноси на осовину. Реакције сила које се добијају сваким активирањем кочница узрокују померање кочних клешта (1). Ово померање ја јако битно, јер како би возило уопште могло да се укочи најпре мора зазор између диска и плочица бити савладан. Односно при кочењу диск и плочице морају бити у контакту и на тај начин плочице би на диск пренеле кочну силу. Сила стезања компензује еластичне деформације кочних клешта (1) и кочних плочица (4). Након деактивирања кочница, кочна клешта (1) се враћају у првобитан положај.

Приликом кочења кочне облоге се хабају. Систем компензације истрошења подешава зазор између кочних плочица (4) и диска (3) тако да буде константан, како не би била угрожена безбедност. У противном би требало више времена за заустављање

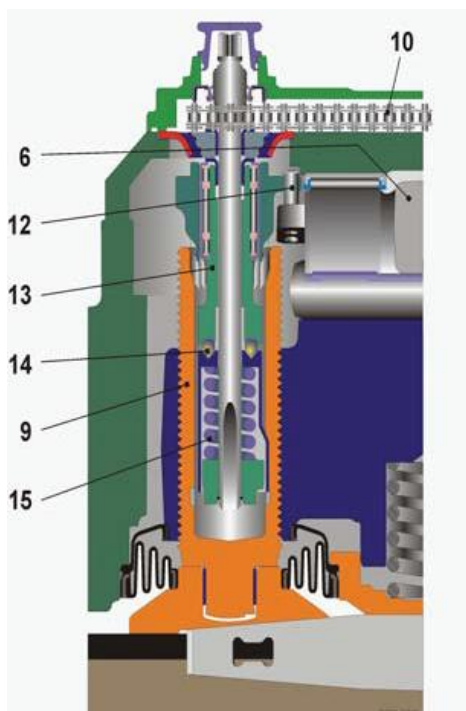
возила, тачније речено за савладавање зазора између елемената фрикционог пара.



Слика 5.1. Пресек пнеуматичких диск кочница [3]

5.2 Аутоматски регулатор

За разлику од већине добош кочница које имају спољно подешавање, код пнеуматичких диск кочница постоји унутрашњи аутоматски систем одржавања зазора. Основна функција ових механизма за подешавање је иста као и код добош кочница и прве генерације диск кочница су одржавале константан ход између кочница и плочица.



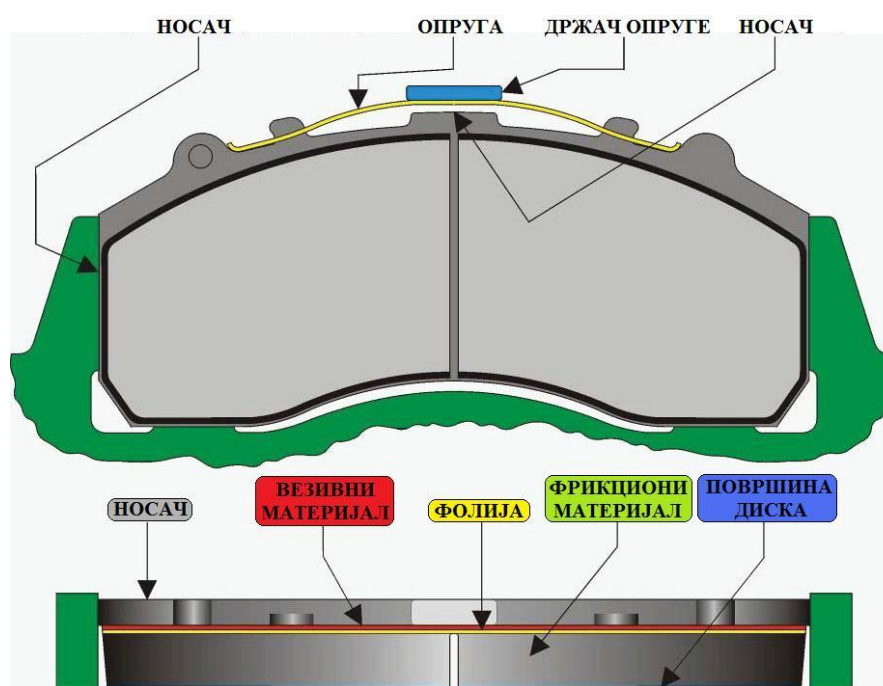
Слика 5.2. Механизам за подешавање [3]

Како би био јаснији рад оваквог механизма, најпре се мора схватити да корекција зазора између плочица и диска не зависи од силе кочења, али зависи од потребног времена за савлађивање зазора између њих. Зазор мора бити увек исти пре сваког кочења. Уколико механизам закључи да је зазор између њих већи од зазора који је потребан, клип помера носач плочица како би зазор био исти као и када су биле постављене нове плочице. Ово се не сматра кочењем.

Неопходно је спречити трошење облога само једним делом и на такав начин би се једна страна трошила више у односу на други и при том би добила конусни облик. Тако да модерне конструкције пнеуматичких диск кочница поседују два клипа, који се још зову и подизачи. Да би се обезбедио константан зазор између плочице и диска подизачи морају подједнако померати плочицу и на једном и на другом крају. То се може остварити помоћу ланца (10). Подешавач (12) током вожње подешава зазор и на тај начин не нарушава безбедност.

5.3 Фрикционе пар

Сам кочни систем је јако значајан, односно заузима специјално место на возилу. Често се корисници возила при замени ових делова не придржавају препорука произвођача, па тако може доћи до различитих проблема у експлоатацији возила. Често је услов за одабир оваквих делова првенствено нижа цена. Одабиром таквих делова често се не испуњавају стандарди које је поставио произвођач возила. Проблеми који се јављају таквим одабиром су: бука, мања ефикасност, краћи радни век, прскање диска и неравномерно трошење облога. Како до овога не би дошло, корисници возила морају се придржавати препорука које је дао сам произвођач.



Слика 5.3. Фрикциони пар [3]

5.3.1 Кочне плочице

Основна улога кочних плочица, првенствено је да обезбеди потребно трење фрикционог материјала на диск. Такође, неопходно је да буде у чврстој вези са самим носачем и уз то је још потребно да обезбеди потпуно налегање на диск, а такође и да у контакту између њих на сваком бесконачном малом делу буде подједнака сила. Због тога само трење које се јавља у оваквом процесу је пожељно и основна функција кочних плочица је:

- Висока компресија: компресија (низак Е-модул) доводи до тога да притисак буде равномеран. Као резултат тога је повећање потребног радног хода кочнице и вибрације су пригушене.
- Пренос топлоте: одвођење топлоте са диска која се ствара услед кочења, али резултира високом температуром у околини кочнице.
- Топлотно ширење: ово се дефинише потребним зазором између диска и плочица. Зазор се такође дефинише потребним ходом кочнице.
- Еластичне деформације: карактеристика еластичности материјала је неопходна и при самом кочењу (на пример паркирне кочнице) током дужег временског периода. Није пожељно смањење зазора након враћања плочица на њихову првобитну дебљину. То смањење је узроковано активацијом механизма за подешавање током самог кочења.

5.3.2 Кочни диск

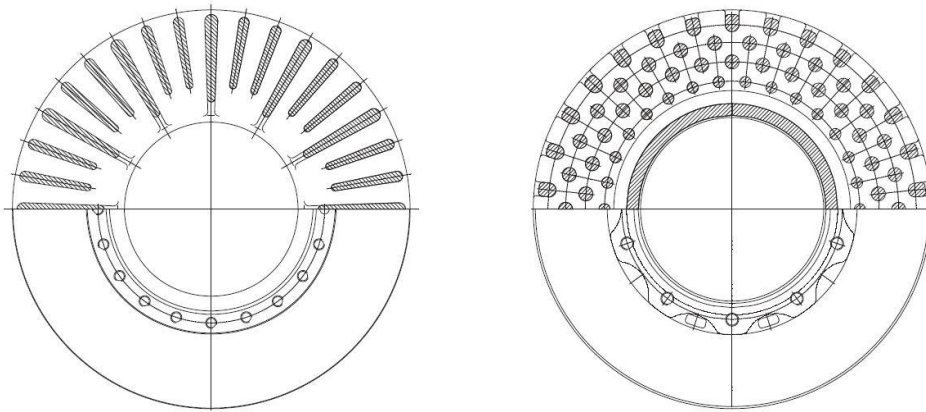
Заједно кочне плочице (фрикциони материјал) и диск имају задатак да створе кочни момент који је потребан ради успорења или заустављања возила. Као што је већ речено, током кочења кинетичка енергија се претвара у рад и топлоту.



Слика 5.4. Пнеуматичка диск кочница [3]

При кочењу, обртни момент се преноси са диска на главчину, затим са главчине на точак и на самом крају са точка на пнеуматик. На самом крају заустављање се јавља

у контакту пнеуматика и тла. Важно је разумети, да кочне плочице апсорбују само малу количину топлоте, при кочењу. То је јако корисно при кочењу, јер обезбеђује заштиту самих кочница и унутрашњих делова. Велика количина топлоте при заустављању се апсорбује и привремено се чува на диску. Сам капацитет диска је ограничен. Како би се очувала функција кочница, диск има улогу измењивача топлоте. Диск мора расипати топлоту која је створена у процесу кочења у околину. Диск пуног попречног пресека има ограничену, односно мању моћ одвођења топлоте. Као резултат тога има мању примену на теретним возилима.



Слика 5.5. Самовентилирајући дискови кочница [3]

Диск на путничким аутомобилима и на већини комерцијалних возила су шупљег попречног пресека, односно имају отворе унутар њих. Ови отвори омогућују да ваздух прострујава унутар њих и на тај начин омогућују боље одвођење топлоте. Код овакве конструкције, две металне површине су спојене преко ребара или ваљака. Прострујавање се јавља при ротацији диска, ваздух при проласку кроз диск одводи топлоту у околину и на тај начин се врши хлађење диска.

6 Материјали за израду фрикционих парова

6.1 Материјали за израду кочних плочица

У поређењу са великим бројем машинских система, где је трење непожељна појава, у кочницама моторних возила трење је једна од суштинских основа процеса њиховог функционисања и неопходан предуслов извршавања функције кочног система.

Материјали елемената фрикционих парова имају изузетно велики утицај на квалитет кочница, а самим тим и на извршење задатка кочног система возила. Ово се пре свега односи на фрикционе материјале, који представљају један од најважнијих, али и најделикатнијих материјала у самим кочницама. Тај значај потиче од великог утицаја на извршење задатка и испуњавање функције кочнице и кочног система, при различитим радним условима и при различитим режимима рада [5].

Трење које се јавља у току рада кочница је такозвано суво трење. У неким случајевима могу ненамерно бити поквашени, као што је то случај са кочењем по кишном времену. Четири главне компоненте кочних плочица су:

- ојачана влакна;
- везивни материјали;
- пунилац и
- фрикциони модификатори.

Наведена компонента приказана је шематски, сликом 6.1.



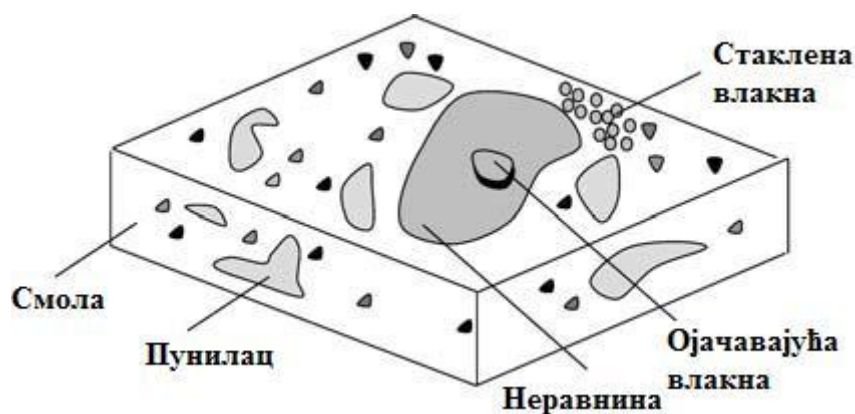
Слика 6.1. Састав фрикционог материјала [5]

6.1.1 Ојачана влакна

Азбестна влакна су коришћена као материјали за ојачање у кочним плочицама још 1908. године када је енглески проналазач Herbert Frood пронашао фрикциону облогу, која је у свом саставу имала азбест, месингану жицу и смолу. Азбест има малу цену коштања и при томе обезбеђује одличну издржљивост и термичку отпорност. Ово је кључна особина при кочењу, јер температуре које се јављају у кочном систему при

кочењу могу достићи и неколико стотине степени целзијусових. 1980. година откривено је да је азбест канцероген и произвођачи су почели да траже алтернативна решења. Сврха ојачаних влакна, јесте да обезбеде механичку чврстоћу фрикционих материјала, као и жилавост. Недавна истраживања су показала да оптерећења која се јављају при кочењу проузрокују да ојачана влакна бивају истиснута, јер су у односу на остале материјале који се налазе у кочним плочицама доста тврђа. Из тог разлога долази до неравнина у кочним плочицама, као и до неједнаких сила трења у контакту. Неравнине које се јављају су у ствари ојачана влакна, тако да њихов значај ни у ком тренутку не сме бити потцењен. Фрикциони материјали се израђују од мешавине различитих ојачавајућих влакана која имају различите особине [14].

Неравнине које се формирају сабијањем осталих материјала у кочним плочицама се не би појављивале да у свом саставу нема ојачавајућих влакана, слика 6.2. Стога је разумно очекивати да ће се хабање фрикционих материјала повећавати са смањењем количине ојачавајућих влакана.



Слика 6.2. Увећан приказ неравнина на кочним плочицама [14]

Може се рећи да су керамичка влакна најпогоднија за употребу, односно као ојачавајућа влакна у кочним плочицама. Међу више врсти ојачавајућих влакана, она имају највећу термичку издржљивост, као и тврдоћу, а при томе су један од најлакших материјала, уопште. Многи произвођачи тврде, да се применом керамичких кочница вибрације, хабање диска, бука, као и стварање прашине знатно смањило, за разлику од примене неких других кочних плочица. Насупрот њима металне плочице су познате по томе да изазивају велико хабање диска, буку и стварање прашине.

Недостатак употребе керамичких плочица јесте већа склоност ка ломљењу кочних плочица. Разлог је што керамичке плочице имају велику кртост (више од 1700 по Викерсу).

Ојачавајућа влакна се могу израђивати од стакла. Отпорна су на термичка оптерећења, јер је тачка топљења стакла виша од 1430°C. Међутим, исто као и керамичка ојачавајућа влакна јако су крта, па се из тог разлога користе у комбинацији са неки другим ојачавајућим влакнима.

Метални опилци или грануле се обично користе као ојачавајућа влакна и из тог

разлога се називају метална влакна, иако нису налик влакнима. Могу бити од челика, месинга или бакра. Недостатак коришћења челичних влакана, јесте да су подложна корозији, поготово уколико се возило експлоатише у климатским пределима где је влажност ваздуха већа од просечне. Челична влакна, која су кородирала, имају мању еластичност и тиме се смањује њихово функционисање. Из тог разлога, неке кочнице садрже цинк који је распоређен по контактної површини и на тај начин се спречава корозија. Примена оваквих кочних плочица доводи до повећаног хабања диска. Са друге стране, значајна предност примене оваквих влакана јесте да имају већу моћ провођења топлоте, па се самим тим топлота која је настала у контакту диска и плочица лако ослобађа у околину.

Арамидна влакна, као и што су кевларна влакна су веома распрострањена, али имају мању тврдоћу у односу на остала влакна. Имају мању масу и постојанија су на високим температурама. Међутим, због њихове мање тврдоће, тешко је претпоставити да могу издрже кочну силу, па се обично користе у комбинацији са неким тврђим влакнима, као што су метална влакна.

Влакна која у свом саставу садрже калијум-титанат, су још једна врста ојачавајућих влакана која се користе код фриксионих материјала. Ова влакна садрже fine кристала који имају високу тачку топлења (1250-1310°C). Међутим, као и азбест и ови материјали су канцерогени, па из тог разлога, као ни азбест, није их пожељно користити.

Септолит је силикат минерала хидратисаног магнезијума. Јако је постојан на високим температурама, чак и на 1000°C задржава своју порозну структуру. Такође, апсорбује воду између контактних површина. Ипак, и он као и азбест има штетан утицај по здравље људи, па и није најбоље решење за коришћење при изради кочних плочица.

6.1.2 Везива

Сврха везивних материјала јесте да кочну плочицу вежу у једну целину, односно материјале од којих се она израђује, и при томе да при деловању како механичких, тако и термичких оптерећења одрже све материјале у једној целини. Као што и ојачавајућа влакна морају бити постојана на високим температурама, тако и везива морају бити.

Фенолне смоле су најчешће примењиване смоле као везиво. Имају нижу цену коштања. Могу везати више различитих материјала, односно држати их заједно, тачније речено у једној целини. Постојане су на високим температурама. На температурама већим од 450°C, оне се угљенишу. На овим температурама долази до испарења, која могу бити канцерогена или могу да изазову оштећења јетре, као и слепило. Још један битан недостатак је што имају ниску отпорност на ударце. Па се из тог разлога се додају епоксилне смоле или пиљевина, како би се повећала еластичност.

Кондензована полинуклеарна ароматична смола је по структури слична графиту. Ова смола има већу моћ везивања материјала. Као и фенолне смоле и она такође нема

већу отпорност на висока термичка оптерећења.

Силиконске модификоване смоле се добијају комбинацијом силиконског уља или силиконске смоле са фенолном смолом. Она се још назива и фенолна силиконска смола, јер у основи садржи фенолну смолу. Као што је већ напоменуто у односу на фенолну смолу оне су модификоване како би се смањила кртост. Међутим, што се тиче хемијске и топлотне отпорности, оне су повећане у односу на чисту фенолну смолу.

Цијаната естра смола је стабилна на повишеним температурама и има добра пригушујућа својства. Међутим, она је крта попут фенолне смоле. Коефицијент трења остаје непромењен и при температури већим од 350°C, а такође одржава добро пријањање са диском током читавог радног века.

Чисте епоксилне смоле, не могу да издрже високе температуре. На температурама већим од 260°C, епоксилна смола се разграђује. Како би се повећала радна температура епоксилне смоле, морају се користити посебна средства. Епоксил смола се користи са модификованим фенолним смолама, и тиме се отпорност на топлоту повећава, као и повећање коефицијента трења.

Термопластичне полимидне смоле су производ флуорне смоле и калцијум карбоната. Отпорне су на високе температуре и при томе кочне карактеристике остају непромењене. При коришћењу ове смоле за израду кочних плочица, користи се технологија инјекционог ливења или неки други поступак. Додатна термичка обрада може да повећа отпорност на топлоту, као и механичка својства. Мада је његова термална проводљивост три пута нижа него што је код фенолних смола [14].

6.1.3 Пуниоци

Пуниоци у кочним плочицама су присутни у материјалу облога у циљу побољшања обрадивости, као и укупног смањења трошкова за израду кочних плочица. Неки произвођачи у великој мери користе метал силикате (тврде, абразивне честице) у својим фрикционим материјалима и дефинишу их као пуниоце а не абразиве.

Пуниоци не играју тако важну улогу као ојачавајућа влакна, што се тиче самих карактеристика кочних материјала. Избор пуниоца зависи од фрикционих материјала, као и врсте трења. На пример, металне плочице стварају много више буке и као такве захтевају многу већу примену пунила на бази индијског ораха и лискуна (пригушивачи буке), у односу на баријум сулфат (постојаност на повишеној температури). Са друге стране полу-металне кочне плочице на бази метала и органских једињења имају различите коефицијенте термичког ширења, и као такве захтевају велику количину MoO_3 како би се спречило пуцање по површини. Кочне плочице са великим количинама графита или антимон сулфида као мазива не захтевају алкал металне титанате као пуниоце. Зато који ће се конкретни пуниоц користити зависи од самог састава фрикционог материјала.

Типични неоргански пуниоци укључују баријум сулфат, лискун, вермикулит и калцијум карбонат. Заједничка особина наведених пунилаца је висока тачка топљења.

На пример баријум сулфат има тачку топљења 1350°C , док је вермукулиту 800°C .

Један од најчешће коришћених пуниоца је баријум сулфат. Наведени пунилац даје постојаност на високим температурама, и истовремено побољшава карактеристике трења фрикционог материјала.

Калцијум карбонат се сматра као алтернатива баријум сулфата, јер има сличне особине: постојаност на високим температурама и на тај начин карактеристике кочница „не слабе“ - *fade*. Између ова два пуниоца, калцијум карбонат је јефтинији, међутим има мању постојаност на високим температурама од баријум сулфата.

Лискун је још један од често примењиваних пунилаца. Има могућност да пригуши нискофреквентну буку, због своје решеткасте структуре. Међутим, сама његова структура има малу чврстоћу. Па из тог разлога лискун изазива пуцање по површини кочних плочица, нарочито при великим кочним оптерећењима. Како би се ово спречило, као површинска заштита уместо лискуна треба користити алуминијум фосфат.

Налик лискуну, вермикулит такође пригушује буку која се јавља у току кочења. Такође, и он има решеткасту структуру те својим изгледом подсећа на лискун. Насупрот лискуну јако је порозан и при високом температурама има већу склоност ка хабању.

MoO_3 је недавно ушао у фамилију неорганских пунила. Може спречити да кочне карактеристике бледе на високим температурама. Има високу тачку топљења приближно око 800°C . Употребом алкалних метал титаната (као што је натријум титанат) као пунила, коефицијент трења је стабилнији. Док је додавањем једињења титаната као фрикционих модификатора (као што је силицијум карбид), цена смањена.

Пиљевина индијског ораха и гуме у облику праха су често примењивани органски пуниоци. Имају сличне карактеристике и додају се у кочне плочице ради смањења буке. Међутим, ове честице, а поготово индијски орах врло лако се троше са површине и за собом остављајући пукотине. Како би се ово спречило, у комбинацију индијског ораха и гуме додаје се лепак. Велики број произвођача користе индијски орах и гуму ради спречавања преношења топлоте са кочних плочица на кочна клешта. Пиљевина индијског ораха може у великој мери смањити варирање коефицијента трења на повишеним температурама [14].

6.1.4 Фрикциони модификатори

Фрикциони модификатори су компоненте које се додају при изради кочних плочица како би се на тај начин модификовао коефицијент трења, као и хабање саме кочне плочице. Они се могу сврстати у две категорије:

- мазива – која смањују коефицијент трења и хабање и
- абразиви – који повећавају коефицијент трења и хабање.

При томе, важно је напоменути да се одређени фрикциони модификатори могу

сматрати и пуниоцима, ако су у кочним плочицама присутни у великој мери.

Као и што само име каже, фрикциони модификатори у великој мери утичу на карактеристике трења. Проучавање кочних плочица са различитим количинама антимон сулфида (мазива) и цирконијум силиката (абразива), довело је до следећих закључака:

1. кочне плочице са већим садржајем мазива показале су повећану стабилност коефицијента трења, а
2. кочне плочице са већим садржајем абразивних честица, имају повећану варијацију коефицијента трења.

При томе је јако важно да се нађе компромис између количине мазива и абразивних честица.

Метални сулфиди су боља алтернатива у односу на графит, као маживо. Због високе енергије кочења која се данас захтева у аутомобилској индустрији, мала јачина везе између фенолне смоле и графита би довела до убрзаног хабања фрикционог материјала. Метални сулфиди немају тај проблем, иако су неке компоненте токсичне, као што је олово и антимон сулфид, што је и њихова мана. Из тог разлога је боље примењивати калај и бакар сулфид, као маживо.

Основна сврха мазива је да се коефицијент трења стабилизује током кочења, односно да се битно не промени у току процеса кочења, а поготово не на високим температурама. Најчешће коришћена мазива укључују графит и разне металне сулфиде.

Графит има широку примену и има јако добру особину да брзо формира слој елементу насупрот фрикционом материјалу. Овако формирани слој обезбеђује стабилан коефицијент трења. Графит који се користи за израду кочних плочица може бити природног или синтетичког порекла, а могу се наћи у облику љуспица или праха. Графит у облику љуспица има боље особине подмазивања, док графит у облику праха има боље особине што се тичу расипања топлоте, која се генерише током кочења.

Ипак, у фенолној смоли графит се не може користити у великим количинама, јер везивање графита и фенолне смоле је веома слабо, и то даље доводи до смицања. Без обзира на врсту везива, графит ће повећати укупну топлотну проводљивост фрикционог материјала. Лоша страна ове особине је уколико су хидрауличке кочнице, то ће довести до повећања температуре кочне течности.

Метални сулфиди попут антимон сулфида су врло популарни у фрикционим материјалима, јер обезбеђују добро подмазивање, али имају мању могућност провођења топлоте од графита. Употребом таквих материјала не ствара се претерано загревање кочне течности. Тачка топљења, антимон сулфида је 550°C. Како је антимон сулфид канцероген, као алтернатива препоручује се калајни сулфид.

Абразиви у фрикционим материјалима повећавају коефицијент трења, а истовремено повећавају и стопу хабања диска. Материјали са високим садржајем абразива, доводе до великих варијација момента кочења. Неки од тих абразива су честице металних оксида и силиката [14].

6.2 Материјали за израду кочних дискова

Дискови кочница се израђују од различитих квалитета ливених гвожђа, а ретко од челика. Ливена гвожђа су повољнија у односу на челик. Пре свега, лако се лију и обликују у жељени облик, лако се обрађују и поседују високу отпорност на хабање. Ливено гвожђе у контакту са фрикционим материјалом даје задовољавајући коефицијент трења, добре особине при загревању, односно не деформише се и добро спроводи топлоту. Уз све то има малу цену коштања.

Како би се искористиле све добре стране, квалитет ливеног гвожђа мора бити строго прилагођен условима рада. Из тог разлога за израду дискова користи се посебна врста ливеног гвожђа, такозвани фрикциони лив. То је у ствари ситнозрни или легирани лив, чији је састав, структура, начин производње подешен у зависности од услова рада који се јављају у контакту са фрикционим материјалом. Пре свега то се односи на присуство графита у металној основи, која је јако битна карактеристика сивог лива, и при томе му даје одређена својства која не поседују други материјали. То се односи на обрадивост, високу чврстоћу на притисак и задовољавајуће триболошке карактеристике.

Стварне карактеристике ливених гвожђа не зависе само од металне основе, већ и од величине и типа графита. При томе зависи и од процеса ливења, затим и од машинске обраде. У зависности од услова под којима се хлади, односно прелази из течног у чврсто стање, мењаће се и структура лива, односно садржај перлита и ферита, као и облик и расподела зрна графита. Такође у зависности од брзине хлађења у истом одливку се могу јавити зоне сасвим различите структуре металне основе, као и различити облик графита. Тамо где је хлађење брже, структура лива може бити претежно перлитна, уз ситна зрна графита, док тамо где је хлађење спорије може бити значајна количина мекшег ферита и крупнија зрна графита. При томе је у непосредној вези и машинска обрада. Пошто површина одливка може бити релативно тврђа, садржи више перлита, док на необрађеним деловима који су већег попречног пресека налазе зоне са већим садржајем ферита. При машинској обради, односно скидањем како би се добиле потребне димензије диска, може доћи до релативно мекше феритне површине. Ово има непосредне последице на понашање металног елемента у фрикционом пару. Стварна структура површинског слоја металног елемента зависи од више чинилаца, као што је састав лива, поступак ливења и брзина хлађења.

Триболошка својства зависе пре свега од структуре металне основе. Површина коју карактерише претежно перлитна структура, има мањи коефицијент трења, а поготово ако у перлиту има и карбидних укључака. Међутим, овакав лив има највећу затезну чврстоћу. Уколико су дискови израђени од оваквог материјала, при достизању температуре од 500°C, што се јако често и дешава, карбиди се разлажу и долази до оксидације, и при томе долази до опадања затезне чврстоће.

Због тврдоће диск има мању склоност ка хабању. Има случајева када се постигне да се и на мекшим површинама достигне већа отпорност на хабање, посебно ако се

обезбеди добро прилагођавање фрикционих материјала. На тај начин се остварује боље налагање по површини. Сиви лив са перлитном основом има добра својства у погледу хабања, и то посебно уколико је у питању ламеларни перлит. Насупрот томе сиви лив са феритном основом има мању отпорност на трење, али у контакту са фрикционим материјалом остварује боље трење. Значи, отпорност на хабање расте са порастом количине угљеника.

Поред угљеника на отпорност према хабању могу утицати и легирајући елементи. Па тако да и лив са феритном основом, који остварује веће трење у контакту, може да оствари и задовољавајућу отпорност на хабање уколико се легира са силицијумом или/и фосфором. На пример уколико сиви лив претежно са феритном основом дода само 0,7% фосфора, остварује се отпорност на хабање блиска ливу са перлитном основом.

Отпорност на хабање побољшавају углавном они легирајући елементи који се везују са феритом или они који формирају комплексне карбиде. У ову групу спадају хром, ванадијум и молибден, и они у одређеној количини повећавају тврдоћу металне основе. Међу њима, посебан значај има хром. Њиме може значајно да се повећа отпорност на хабање, али се тиме погоршава машинска обрада. Па се из тог разлога он додаје у јако малим количинама (мање од 0,4%), зависно од других легирајућих елемената. Молибден се често користи, уколико је потребно да се побољшају својства металног елемента при вишим температурама.

Што се тиче триболошких својства, ту има утицај облик и величина графита. Већи садржај меког графита повољно утиче на отпорност хабања, графит делује као мазиво на фрикционој површини. То само важи уколико је равномерно распоређени и зрна су му релативно крупна.

Сиви лив је добар проводник топлоте, посебно уколико има феритну структуру. Док лив са перлитном структуром има 30% мању способност одвођења топлоте. Такође, на топлотну проводљивост фрикционог лива утичу и легирајући елементи.

Као што је већ речено дискови се могу израђивати и од челика. То се искључиво односи на дискове веома оптерећених диск кочница, такозваних вентилирајућих дискова, који су израђени тако, односно имају такав облик да омогућују интензивно одвођење топлоте.

Са триболошког становишта челик има неповољнија својства у односу на ливена гвожђа, односно на мањем нивоу задовољавају захтеве који се односе на материјале металних елемената фрикционих парова. Мада израда диск кочница од челика привлачи посебну пажњу и то из два разлога: због једноставне израде уз мањи утрошак рада и материјала и због веће чврстоће, посебно у односу на деловање високих термичких напона. То је посебно изражено уколико се користи висококвалитетни легирани челици, али се оваква решења захтевају само у случају ако то специјални околности захтевају. У погледу чврстоће, међутим, и квалитетна ливена гвожђа дају сасвим добра решења, уз нижу цену [5].

7 Основе диск кочница

7.1 Принцип рада диск кочница

Улога кочница се темељи на смањењу брзине возила – успоравање возила. Што је веће оптерећење возила и што је већа брзина, потребна је већа енергија, како за кретање тако и за заустављање. Кинетичка енергија је дефинисана следећом релацијом:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (7.1)$$

где су:

E_k - кинетичка енергија [J],

m - маса [kg] и

v - брзина [m/s²].

Посматрајући претходну релацију, може се закључити:

- утицај тежине возила на потребну силу кочења је јако битан, јер са порастом масе кинетичка енергија линеарно расте и
- утицај брзине возила, што се тиче кочења је такође јако битан, јер са порастом брзине кинетичка енергија експоненцијално расте.

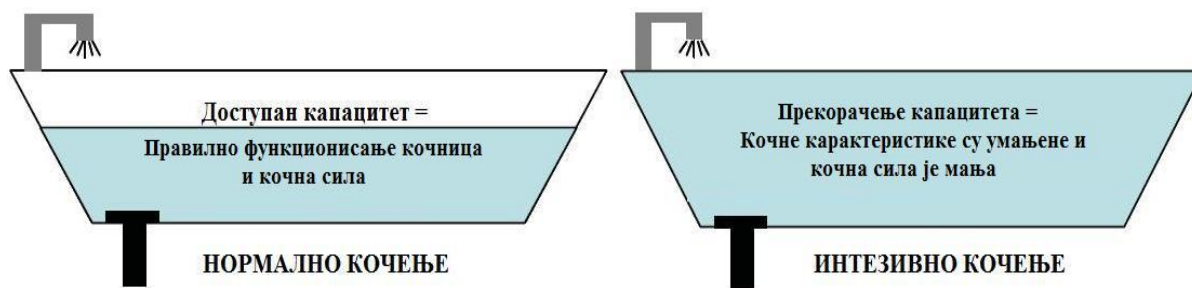
Узимајући у обзир закон о очувању енергије, кинетичка енергија возила мора се некако трансформисати у други облик, како би на самом крају возило зауставило. У случају кочења, кинетичка енергија прелази у топлотну енергију. Улога кочног система јесте да створи потребну силу за успоравање возила, и топлота која се добије при кочењу се расипа у атмосферу.

Као што је већ речено кочењем кинетичка енергија прелази у топлоту, и овде су два јако битна фактора:

1. топлота се може чувати – најчешће се назива топлотни капацитет и
2. топлота која се ослобађа у атмосферу, позната је као топлотно расипање.

Ово се може илустровати сликом 7.1, односно аналогijом заједничке каде.

Количина воде у кади илуструје капацитет кочења. У случају кочног система, топлотни капацитет углавном зависи од величине, облика и материјала диска. Материјал од ког су израђене диск кочнице су углавном ливена гвожђа, који су јако исплатива и могу примити већу количину топлоте. Враћајући се аналогiji каде, брзина којом се вода додаје у каду, слична је топлоти коју прима кочни диск. Кочењем возила, температура диска расте.



Слика 7.1. Принцип заједничке каде [3]

Како вода тежи да напуни каду, а истовремено се и одводи, то спречава преливање. Нормални услов је да се већа количина воде одводи него што се додаје. Функција одвода је слична као и одвођење топлоте са диска у атмосферу. У другом примеру, када карактеристике кочница падају, је случај када се кочнице интензивно користе и при томе им топлота расте, без могућности да се охладе. Односно посматрајући каду то је када се више воде додаје него што може да оде из ње.

Анализирајући илустрацију, када одвод није у стању да одржи корак са славином, односно не може да одведе исту количину воде која се улије у каду. У овом случају доћи ће до преливања. Преливање воде значи да је капацитет система прекорачен. Ово је аналогно са појавом када се карактеристике кочница умањују, односно почињу да бледе. У овом случају је прекорачен топлотни капацитет система за кочење и сам систем ради са умањеном ефикасношћу.

Пнеуматичке диск кочнице или ADB су замена добош кочница. У односу на добош кочнице, пнеуматичке диск кочнице имају бројне предности, а то су:

- разлика коефицијента трења се не јавља у великој мери: посматрајући леву и десну кочницу;
- смањење ефикасности: површина које су у контакту приликом кочења, чак и приликом загревања и радијалног проширења и даље остаје у контакту;
- висока термичка оптерећења: ослобађање топлоте је ефикасније уколико се примењују самовентилирајући дискови. Као такви, омогућују високе перформансе кочења чак и при интензивном кочењу;
- лако сервисирање: у односу на добош кочнице, диск кочнице се могу заменити за много краће време.

Побројане предности заједно са већом потражњом бољих перформанси, безбедности и дужим радним веком, довеле су до веће заступљености као и примене на возилима.

7.2 Предности диск кочница

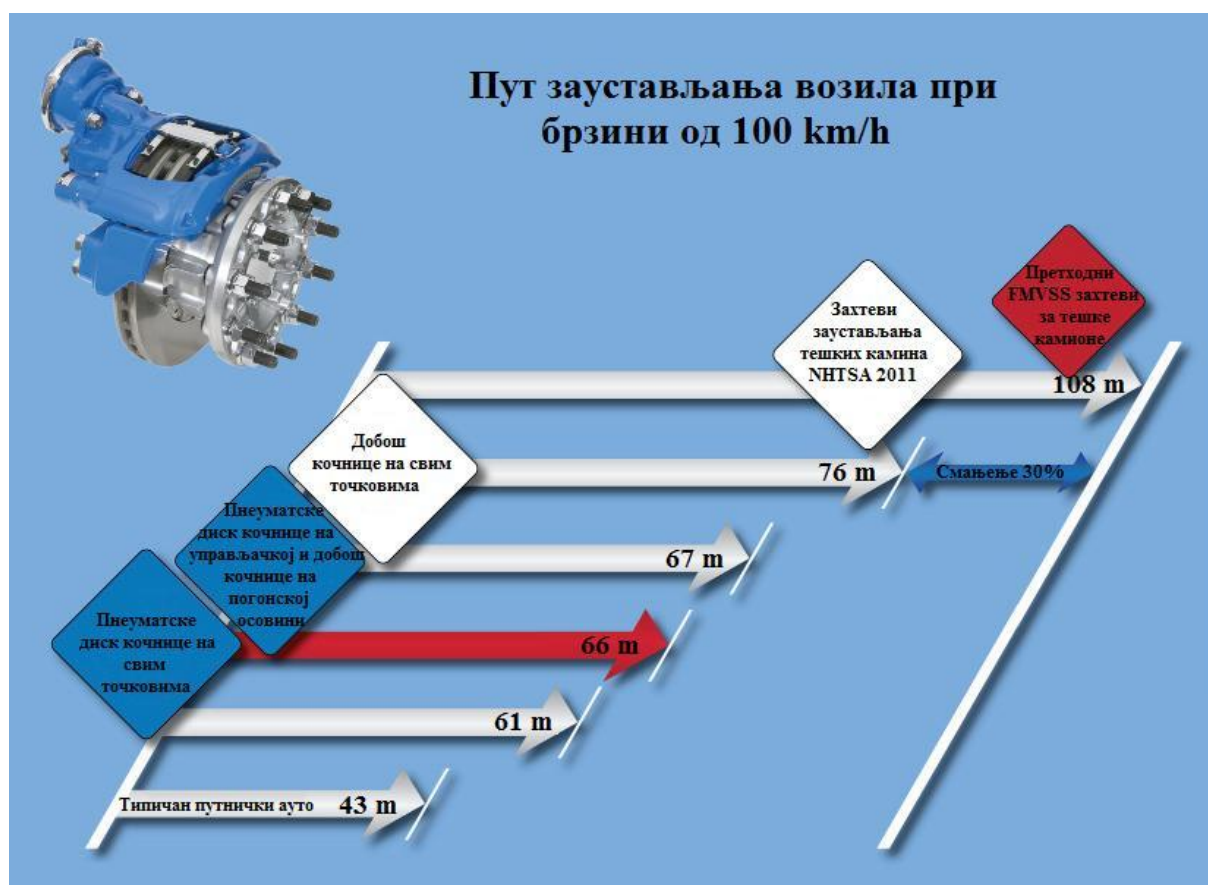
Диск кочнице имају бројне предности у односу на добош кочнице. Мада имају и

недостатке. У већини случајева, предности надмашују недостатке. Једна од највећих предности је та, да диск кочница може да генерише и пренесе велику количину топлоте у атмосферу. Трење се остварује само у контакту диска и плочице. Из тог разлога диск није цео изложен трењу, већ само једним делом. Док део који је био изложен трењу и том приликом генерисао топлоту у следећем тренутку више није изложен трењу, већ ротира слободно и том приликом на њега ништа не делује сем ваздуха који уједно служи да топлоту коју је диск генерисао ослободи у атмосферу. У овом случају предност оваквих кочница јесте брже хлађење, што их чини бољим од других. Тако да су јако погодне за коришћење код тешких возила и тиме омогућују да овакве кочнице задрже своје карактеристике и да буду ефикасније [15].

Такође једна од, може се рећи, највећих предности примене пнеуматичких диск кочница на возилу јесте да имају краћи зауставни пут за разлику од примене добош кочница. Као што је приказано сликом 7.2, може се видети да возило које користи пнеуматичке диск кочнице има краћи зауставни пут за 44 m.



Слика 7.2. Добош кочнице против пнеуматичких диск кочница [16]



Слика 7.3. Зауставни пут возила у зависности од примене кочних уређаја [17]

Због свог облика, диск је склон смањењу ефикасности уколико се вози по води. Након што би прешао деоницу која је била под водом, готово истог трена му се враћају почетне карактеристике, односно карактеристике које је имао и пре преласка једне такве деонице. Даље, због њихове замисли такве какве јесу, диск кочницама није потребно периодично одржавање, из разлога што имају могућност самоподешавања. На самом крају, ипак је једноставније сервисирање диск кочница у односу на добош кочнице.

Диск кочнице у односу на добош кочнице имају низ предности, мада постоје и неки недостаци. Мана оваквих кочница јесте да су много више склонији буци. Њихов дизајн је такав да ствара буку високог тоналитета, као и шкрипу, која може бити јако иритирајућа за возача. Велики број механичара су провели време сервисирајући кочнице због буке коју стварају. Други проблем оваквих кочница је деформација самог диска. Како кочне плочице притискају диск са обе стране, дебљина самог диска варира око 0,0076 mm што може довести до пулсирања, па на самом крају да захтева замену. Још једна, и уједно и последња мана диск кочница јесте да захтевају већу силу стезања кочних клешта, које захтевају додатне појачиваче. Ова мана диск кочница отежава њено коришћење као паркирних кочница.

Корисници теретних возила имају велике захтеве што се тиче кочног система, од којих су најважније: краћи пут заустављања, сами корисници и власници возних

паркова имају захтев смањења трошкова коришћења, стабилност при кочењу и добар осећај кочења. Све те њихове захтеве могу се испунити коришћењем пнеуматичких диск кочница.

Даљим достигнућима и све већом потражњом за побољшањем поузданости и перформанси при кочењу, очекује се раст примене пнеуматичких диск кочница. Њихове очекиване карактеристике, као што су веће перформансе, лако одржавање и мања тежина пнеуматичких диск кочнице чине јако погодном за свакодневну примену, као и идеално решење за новије и све строжије захтеве.

7.3 Потребна снага за заустављање возила

У возилу које се креће путем, мора се топлотна енергија претворити у механички рад сагоревањем које се одвија у мотору са унутрашњим сагоревањем. Ова механичка енергија се даље преноси ка погонским точковима. Како би стигла до точкова, на излазу из мотора се налази спојница, а затим се даље преноси до мењача, као и осталих преносника снаге, како би на самом крају стигла до точкова. Коначан фактор који омогућује покретање возила, као и саму брзину возила је коефицијент пријањања.

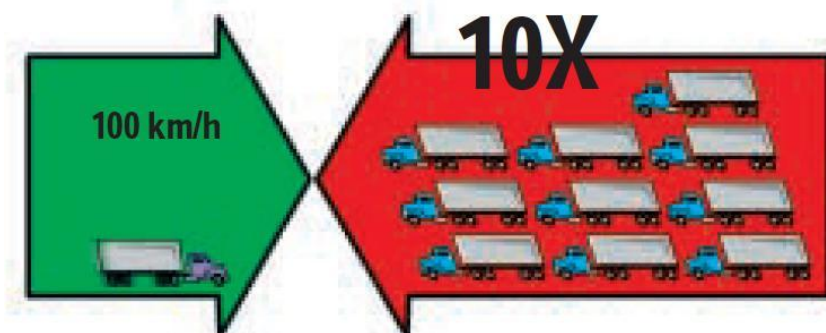
Трење је сила која онемогућује кретање између две површине које су у контакту. То је непожељна појава у случају кретања једне површине по другој. Што се тиче заустављање возила то је и те како корисна појава која се јавља између кочне плочице и диска. Негативна страна трења јесте стварање топлоте.

Мотор топлотну енергију претвара у механичку енергију кретања, док кочнице енергију кретања поново претварају у топлотну енергију. Трење између кочних облога и диска смањује механичку енергију кретања, односно обртно кретања точка, па самим тим се смањује и угаона брзина точка. Топлота добијена током процеса кочења се даље расипа у атмосферу. Количина топлоте коју може апсорбовати диск, зависи од дебљине диска. Када трење између диска и кочних папуча буде толико да може зауставити окретање точка, возило ће се зауставити. Још један фактор који помаже при заустављању возила јесте коефицијент отпора котрљања.

Ако мотор има 200 коњских снага и време које му је потребно да убрза од 0 – 100 km/h износи један минут, треба сада замислити колика је потребна снага за заустављање истог возила. Такође, треба предвидети могућност да се возило мора зауставити за јако кратко време, као на пример шест секунди, што је десет пута мање од времена за које се постиже брзину од 100 km/h.

Како би се зауставило возило за десетину времена које је потребно да убрза било би потребно десет пута већа сила од силе потребне за убрзањем, што је еквивалентно 2.000 коњских снага. Ако возило има шест точкова, сваки точак би морао да обезбеди шестину кочне силе. Уколико би један или два точка имали кочнице које нису

правилно подешене, остали точкови би морали да имају већи удео при кочењу. Оваква употреба кочница би довела до прегревања дискова, односно апсорбовали би већу количину топлоте него што могу ослободити у атмосферу. То би довело до оштећења кочница, чак и до неуспешног заустављања.



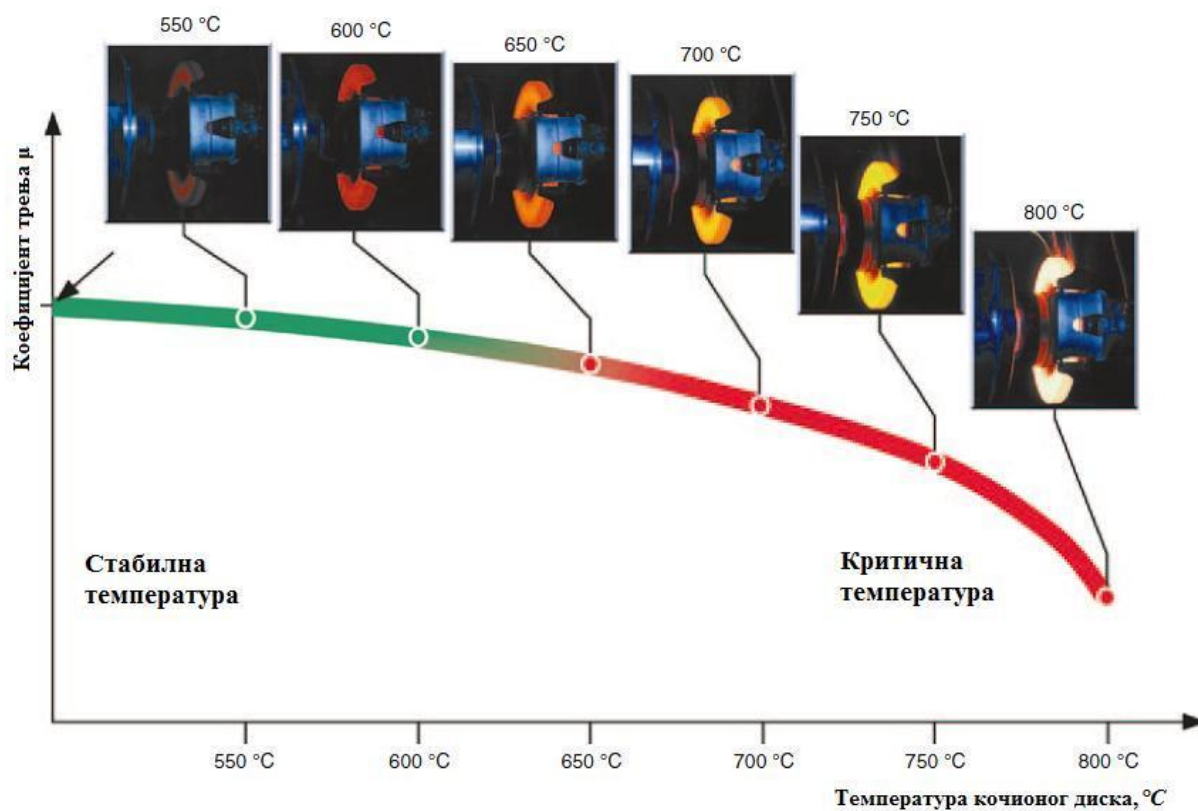
Слика 7.4. Потребна снага за заустављање једног камиона [18]

Потребно растојање да се заустави возило зависи од његове брзине и тежине, поред енергије, топлоте и трења. Кочна сила потребна да заустави возило директно зависи од тежине и брзине возила. На пример, уколико се удвостручи тежина возила, кочна сила мора да буде дупло већа како би могла да заустави возило на истој дистанци. Ако се удвостручи брзина возила, кочна сила мора се повећати четири пута, како би могла да заустави возило на истом растојању. Уколико би се и брзина и тежина удвостручиле, кочна сила морала би се повећати осам пута, како би се возило могло зауставити на истом растојању.

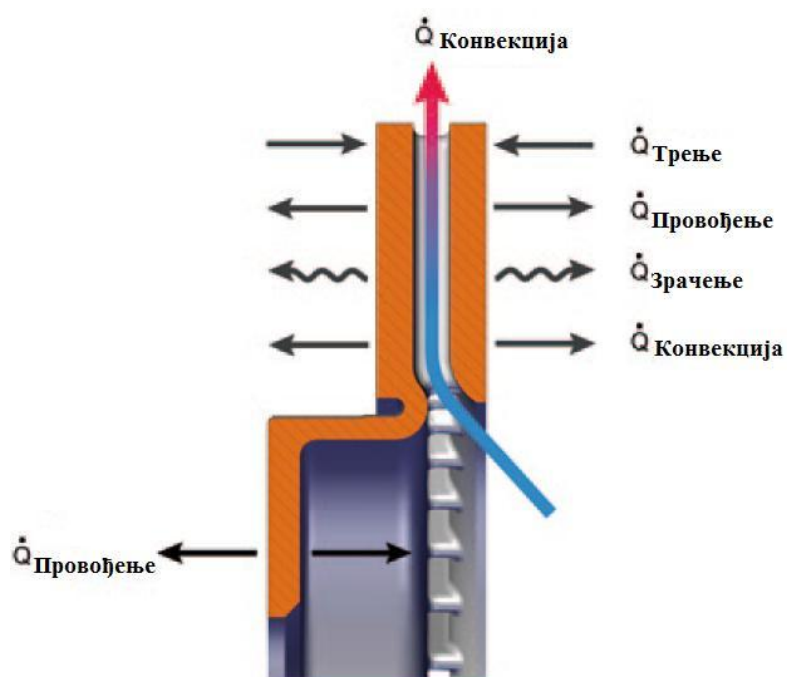
Посматраће се пример: возило је оптерећено са 14.000 kg и креће се брзином од 16 km/h, возило је заустављено на растојању од 30 метара, са нормалном применом кочница. Уколико се и даље посматра исто возило, које је сада оптерећено са 28.000 kg и креће се брзином од 32 km/h, у овом случају је неопходна осам пута већа кочна сила, како би возило уопште могло бити заустављено на растојању од 30 метара. Кочнице не би могле да обезбеде кочење у оваквим условима. Не постоји возило које може да обезбеди кочење уколико су прекорачена ограничења возила.

7.4 Гранични термални услови

Основни проблем при конструисању кочница јесте расипање топлоте при трењу који се јавља између кочних плочице и кочног диска, односно долази до пораста температуре, слика 7.5. Као што се може видети, када температура диска пређе 700°C коефицијент трења нагло пада, а то даље доводи до дужег пута заустављања. При повећању температуре кочница, карактеристике кочница „бледе“.

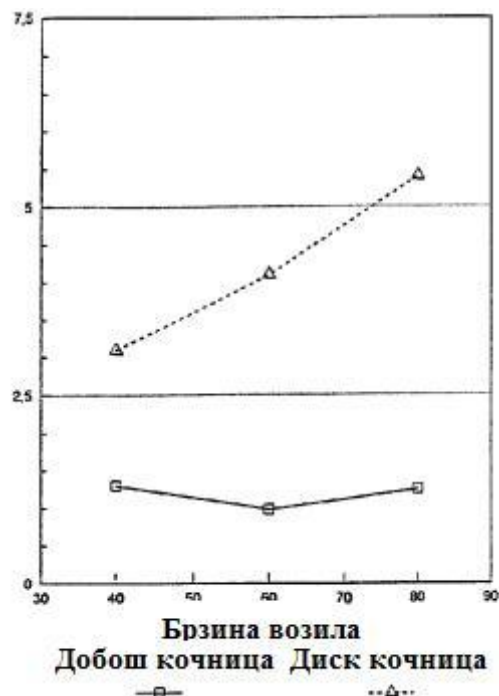


Слика 7.5. Зависност коефицијента трења од температуре [1]



Слика 7.6. Енергетски биланс диск кочнице [1]

Топлота, у великој мери утиче на перформансе кочног система, кинетичка енергија возила се претвара у топлоту. Трење које се јавља између кочних плочица и диска ствара топлоту, слика 7.6. Топлотна енергија која се ствара у току кочења, један део се складишти на диск, једним делом одлази у околину зрачењем и конвекцијом, а један део топлоте се провођењем преноси на суседне компоненте.

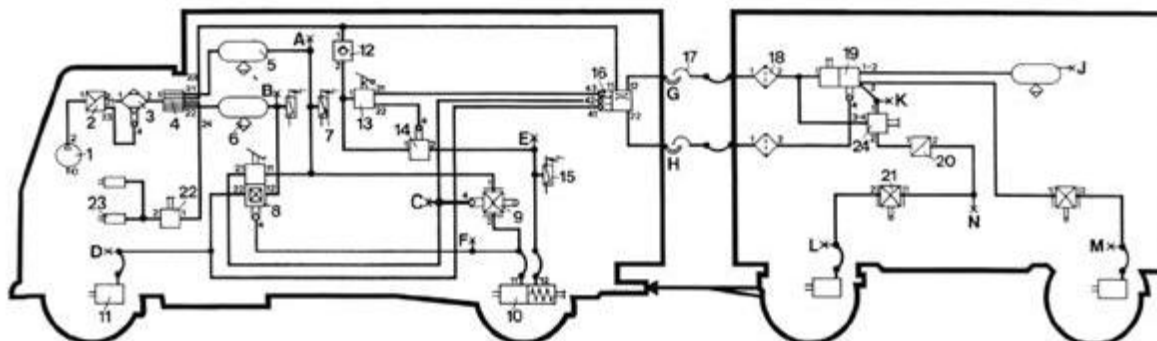


Слика 7.7. Брзина хлађења добош и диск кочница [19]

Брзина хлађења добош и диск кочница се битно разликује. Диск кочнице се до три пута брже хладе у односу на добош кочнице, из разлога што имају мању масу и већу снагу хлађења. Предност диск кочница је могућност кочења у екстремним условима: велики кочни момент при великој брзини. Значи у оваквим условима диск кочнице су јако погодне за коришћење, јер имају велику моћ одвођења топлоте и према томе је стабилност момента највећа.

8 Компоненте пнеуматичког кочног система

На слици 8.1 су приказане компоненте пнеуматичког кочног система теретног возила са приколицом.



1 – компресор; 2 – регулатор притиска; 3 – сушач ваздуха; 4 – четворокружни заштитни вентил; 5 – резервоар ваздуха; 6 – вентил за испуштање воде; 7 – пнеуматски прекидач; 8 – кочни вентил; 9 – ARSK вентил; 10 – тристоп цилиндар; 11 – менбрански цилиндар; 12 – неповратни вентил; 13 – вентил ручне кочнице; 14 – преливни вентил; 15 – пнеуматски прекидач; 16 – управљачки вентил приколице; 17 – спојничке главе; 18 – пречистач; 19 – кочни вентил приколице; 20 – вентил за прилагођавање силе кочења; 21 – ARSK вентил; 22 – тространи вентил; 23 – радни цилиндар; 24 – одзрачни вентил.

Слика 8.1. Пнеуматска кочница инсталација теретног возила са приколицом [6]

8.1 Пнеуматички системи на камиону

Компоненте које улазе у систем пнеуматичких диск кочница, имају улогу да зауставе возило и састоје се од пет главних компонената:

1. компресор и регулатор;
2. резервоар за смештај ваздуха;
3. педала кочнице;
4. кочних цилиндара и регулатора протока ваздуха при преношењу силе кочења и
5. кочне папуче и кочног диска који служе за стварање трења потребног да заустави точак.

8.1.1 Компресор и регулатор

Компримовани ваздух се користи за пренос силе до кочног система. Извор компримованог ваздуха је компресор. Компресор је дизајниран тако да упумпава ваздух у резервоар и на тај начин настаје ваздух под притиском.

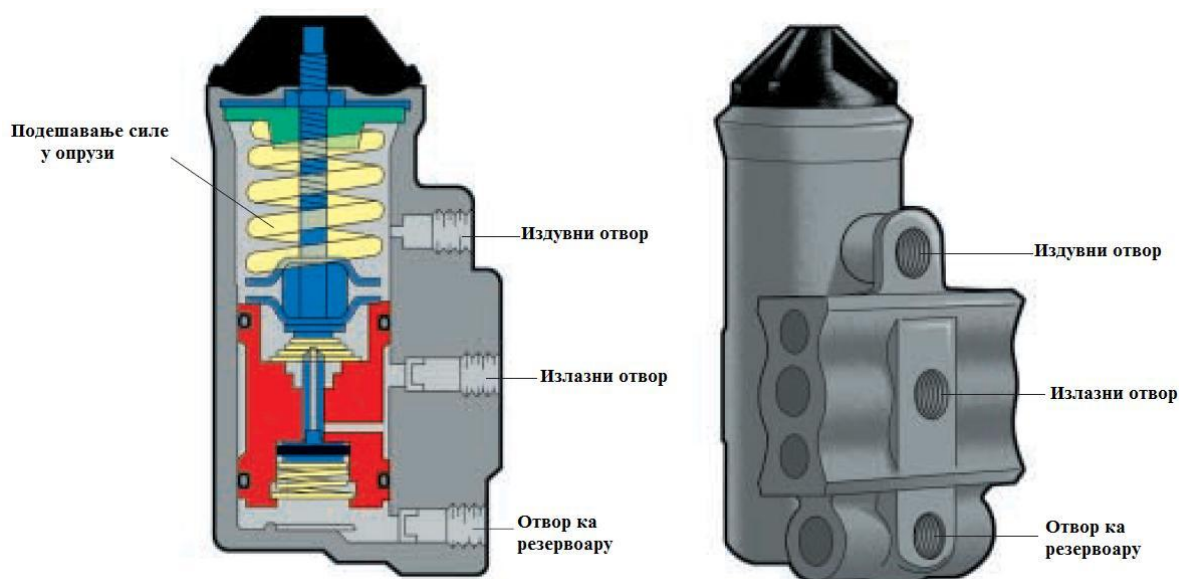
Компресор добија погон од мотора возила, било преко ремена и ременице или

вратила и зупчаника. На возилима, где се компресор покреће преко каишева, они требају редовно да се проверавају. Такође, треба проверавати и сам компресор.

Компресор је константно погоњен од стране мотора. Када мотор ради и компресор такође ради. Када је притисак у систему адекватан, где се може кретати од најниже вредности од 5 bar до 9 bar. Регулатор контролише минимални и максимални притисак ваздуха у систему када компресор „пумпа“ ваздух. Познато је као „пуњење“ или „пражњење“. Велики број компресора имају два цилиндра, слично као цилиндар на мотору. Када притисак у систему достигне свој максимум, који се креће од 8 до 9 bar, регулатор компресор ставља у фазу „пражњења“.

Компресор мора бити такав да у року од три минута напуни резервоар ваздухом под притиском од 3 до 6 bar. Уколико то не може испунити, потребно га је сервисирати. Уколико је прикључен филтер или каиш клиза, компресор неће моћи напунити резервоар под притиском од 3 bar. У случају да није ништа од тога, компресор је неисправан.

У фази пражњења компресор преусмерава ваздух на улазни вентил компресора, који је отворен и тиме дозвољава да се ваздух креће напред и назад између два цилиндра, уместо да у овом случају сабија ваздух. Када притисак ваздуха у систему падне, улазни вентил се затвара и компресор се враћа у фазу пуњења. Регулатор мора у фази пуњења мора да обезбеди да се ваздух упумпава под притиском од 5,5 bar. Током фазе пражњења, компресор се може хладити.

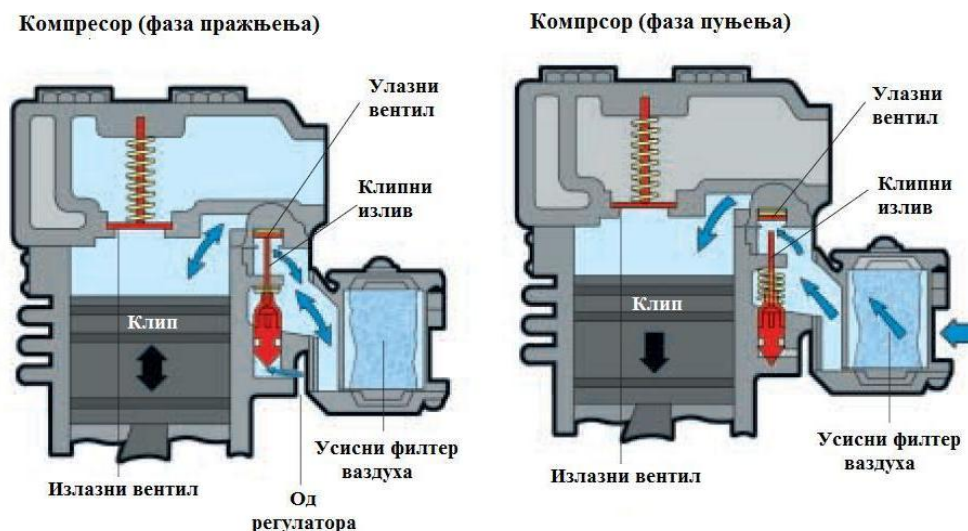


Слика 8.2. Регулатор [17]

Обично се компресори подмазују истим уљем које користи и сам мотор. Мада, неки компресори имају свој резервоар са уљем и захтевају редовну проверу ниво уља.

Веома је важно да ваздух који улази у систем и који се затим чува, мора бити чист. Ваздух најпре мора проћи кроз филтер, који се мора редовно чистити. Запрљаност филтера ће ограничити проток ваздуха у компресор, што даље смањује његову

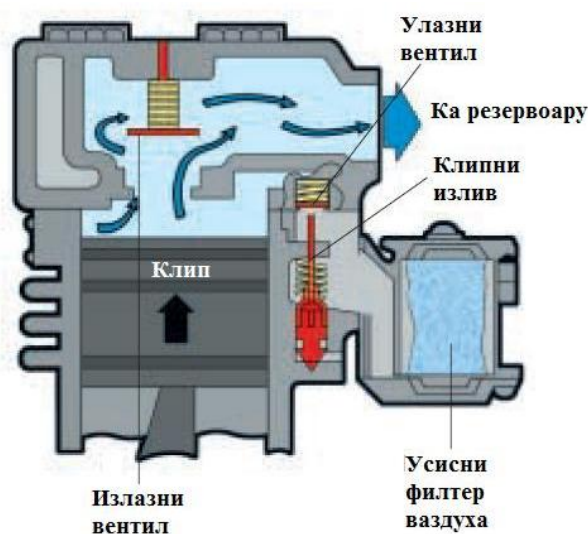
ефикасност. Нека возила имају прикључак на улазу компресора који је повезан са усисном граном мотора и користи ваздух који мотор филтрира.



Слика 8.3. Компресор [17]

Компресор са клипом ради по истом принципу као и што мотор усисава ваздух и затим га компримује.

- усисавања: клип се креће на доле и ствара вакуум унутар цилиндра који на тај начин отвара улазни вентил (слика 8.3). Ово омогућује ваздуху из атмосфере да уђе кроз вентил и да се складишти у цилиндар.
- компримовање: кретање клипа навише, ваздух у цилиндру се компримује. Расте притисак и онемогућује ваздуху да побегне кроз улазни вентил (компримовани ваздух је затворен). Како је клип ближи горњем положају, ваздух под притиском је приморан да поред испусног вентила кроз испусни вод оде у резервоар, слика 8.4.

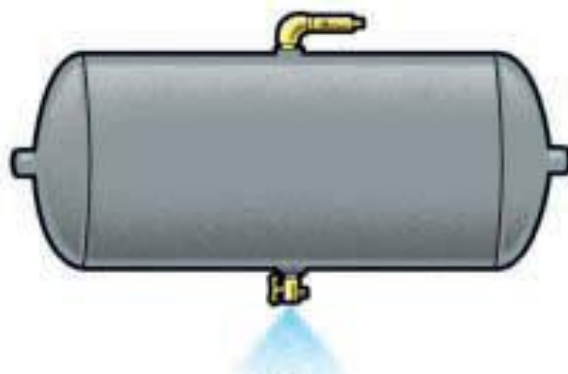


Слика 8.4. Компресор – фаза компресије [17]

8.1.2 Резервоари

Резервоари чувају компримовани ваздух. Број и величина резервоара на возилу зависиће од броја кочних цилиндара, као и од њихове величине заједно са ручном кочицом. Већина возила су опремљена са више резервоара. Ово пружа систему већи капацитет главног резервоара за ваздух. Први резервоар који се налази од компресора се назива резервоар за снабдевање или мокри резервоар. Остали резервоари су познати као примарни и секундарни резервоари, а заједничко име им је да су суви резервоари. Када се ваздух компримује, он се загрева. Загрејани ваздух се хлади у резервоару, и хлађењем се формирају ситне капљице воде. У овом резервоару се већина воде кондензује из ваздуха који долази. Уколико цури уље поред клипних прстенова у компресор и затим се меша са овом влагом, формира се муљ, који се таложи на дно резервоара. Уколико је допуштено да се таложи овај муљ, могао би ући у кочни систем и даље изазвати проблеме са вентилима, као и другим деловима у систему. У зимским условима вода се може замрзнути, што може изазвати кварове на вентилима или кочним цилиндрима. Резервоари су опремљени сливником, тако да се влага или муљ може отклонити из резервоара. Уколико се приликом пражњења резервоара уочи уље, неопходно је отићи до механичара. Да би се смањила количина накопљене воде у резервоару, из свих резервоара је неопходно бар једном дневно испустити воду. У екстремним условима, неопходно је и више пута дневно то учинити. Воду из система неопходно је прво испустити из мокрог резервоара на тегљачу. Мора се дозволити да сав ваздух под притиском побегне, који ће потом акумулирану влагу у резервоару избацити.

Неки резервоари имају више од једног одељка и сваки одељак има свој испусни вентил. Отварањем вентила на кратко дозвољава се само да ваздух оде, али не и влага. Не могу се занемарити и остали резервоари. То значи, да није само потребно испустити воду из мокрог резервоара, већ и из осталих без обзира на постојање сушача ваздуха. Они би требали бити комплетно исушени свакодневно.



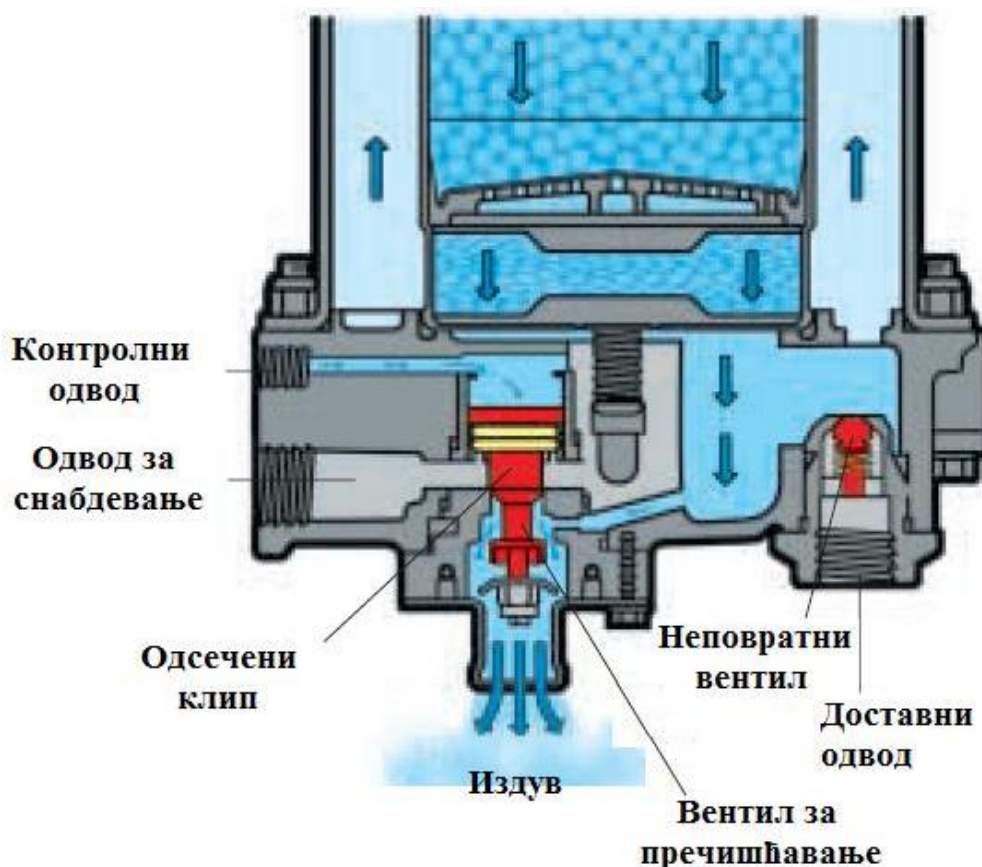
Слика 8.5. Резервоар [17]

Резервоари могу бити опремљени и аутоматским одводним вентилом. Ови вентили ће аутоматски исцрпети влагу из резервоара када је потребно, мада требају бити проверени свакодневно, као и исушивач ког је потребно периодично проверавати

из разлога да се утврди да ли функционишу правилно. При провери, уколико се утврди да је жица која је повезана са вентилом лабава или је дисконектована мора се одмах поправити.

8.1.3 Сушач ваздуха

Сушач ваздуха може се поставити између компресора и мокрог резервоара, како би uklonio влагу из ваздуха под притиском. Садржи и део за одстрањивање влаге, као и филтер за уље, с тим да може садржати шупљу преграду за одвајање влаге из ваздуха, слика 8.6. Поменуте варијанте сушача ваздуха користе ваздух под притиском како би га ослободиле или из њега избациле нечистоће. Вентил за пречишћавање садржи грејач (слика 8.7), који спречава замрзавање влаге при нижим температурама. Каблови који су повезани са грејачем, потребно је проверити да ли су лабави или су дисконектовани. Такође, опремљени су сигурносним вентилом.

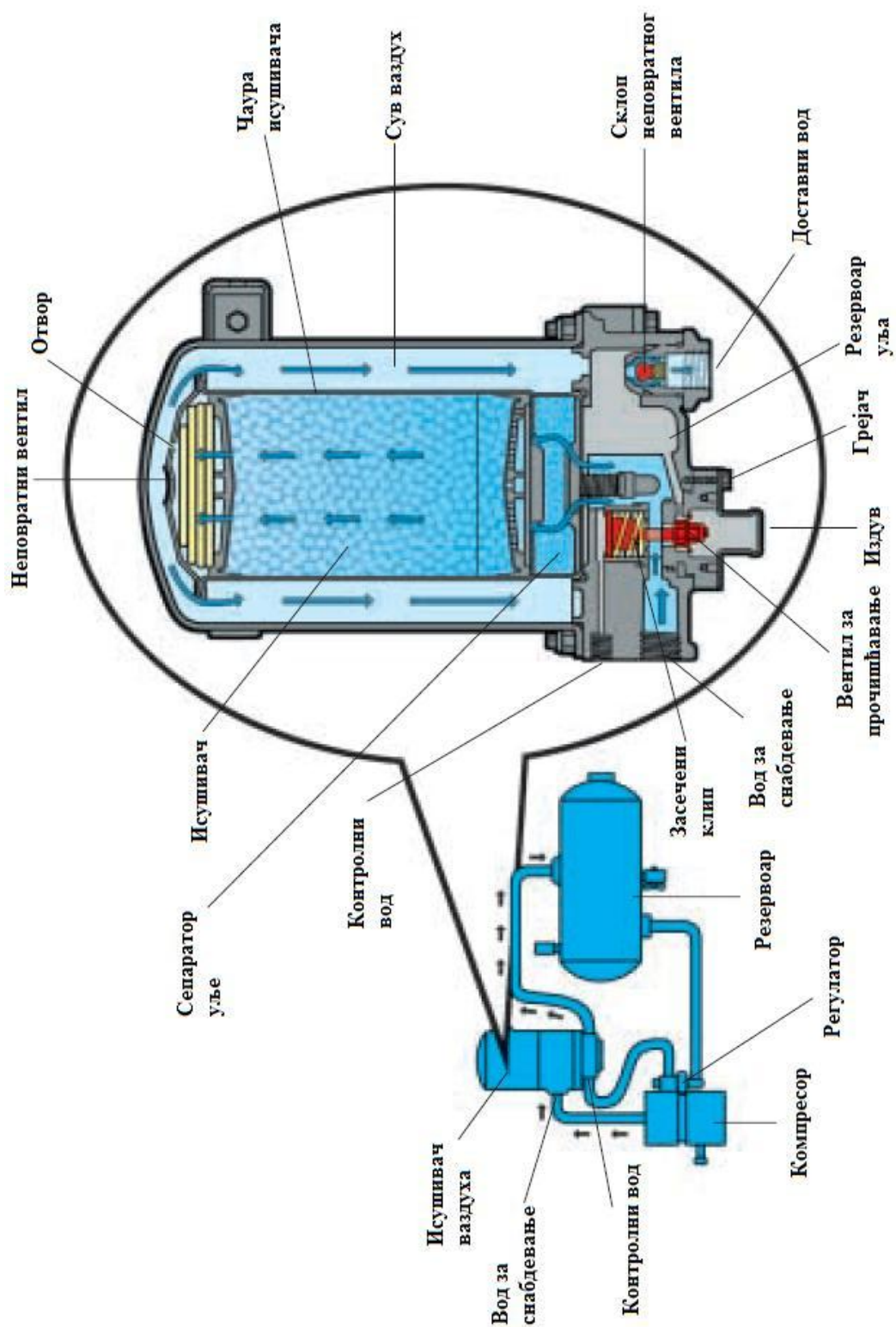


Слика 8.6. Сушач ваздуха – пречишћавање [17]

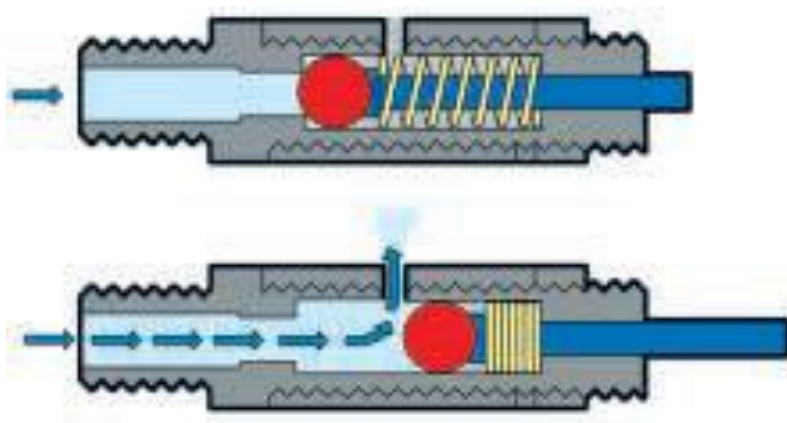
8.1.4 Сигурносни вентил

Сигурносни вентил штити резервоар од превеликог притиска и пуцања уколико регулатор није исправан и уколико га не ставља у фазу пражњења. Вентил се састоји од опруге са куглицом који омогућује да се ваздух из резервоара ослободи у атмосферу. Притисак потребан да се отвори вентил је одређен силом у опрузи. Притисак који је

потребно остварити је 10 bar. Уколико притисак у систему порасте до око 10 bar, постигнут притисак би померио куглицу из свог лежишта и на тај начин би допустио да се притисак у резервоару смањи. Када се притисак смањи на око 9 bar, куглица се враћа назад на своје лежиште, приказан сликом 8.8.



Слика 8.7. Сушач ваздуха – сушење [17]

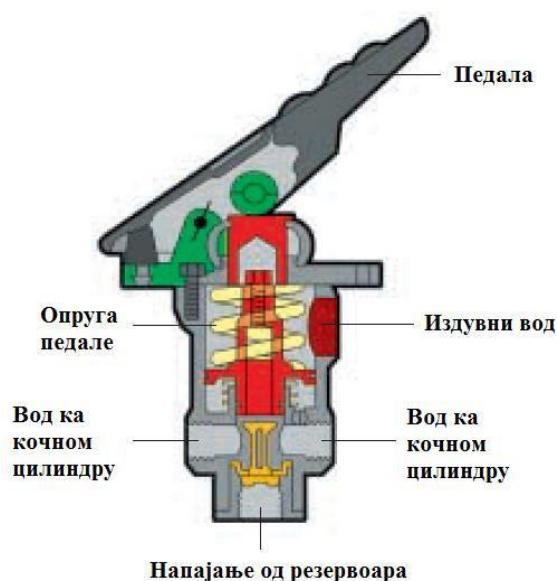


Слика 8.8. Сигурносни вентил [17]

8.1.5 Педала кочице

Педала кочице је намењена за примену ваздуха при кочењу. Ход папуче на кочној педали одређује притисак ваздуха који ће се применити при кочењу, али он не може бити већи од притиска који је у систему. Отпуштањем педале кочице, притисак пада и кочење престаје.

Када возач кочи активира кочни вентил који се налази непосредно испод кочне папуче, и активирање се врши десном ногом. Кочни вентил (слика 8.9) је повезан са резервоаром за ваздух и кочним цилиндром који се налази на свакој тојци возила. Када возач притисне ножну кочну папучу, он на тај начин притисне и опругу, она затим потисне клип, а клип вентилску цев која отвара вентил, па сабијени ваздух струји у кочни цилиндар. Када ваздух дође у цилиндар он потисне клип, а овај клипњачу и тако дође до кочења возила. Отпуштањем педале, ваздух ће бити ослобођен у атмосферу кроз издувни вод. Педала ће се вратити у свој првобитни положај под дејством силе опруге.



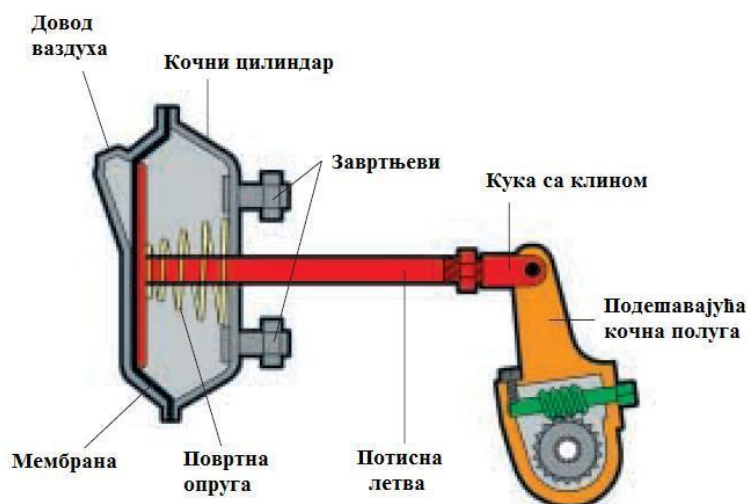
Слика 8.9. Кочни вентил [17]

8.1.6 Кочни цилиндар

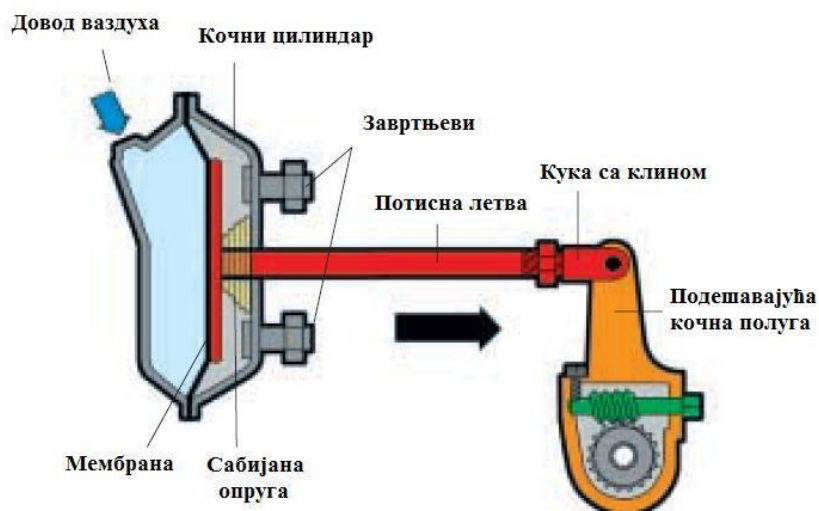
Кочни цилиндар је кружног облика подељен флексибилном мембраном. Ваздух притиска мембрану као на слици 8.10. Сила врши кретање зависно од притиска и величине мембране. Уколико долази до цурења ваздуха, смањује се ефикасност кочења. У случају да је мембрана потпуно поцепана, возило неће моћи да укочи.

Цилиндри предњих кочница су обично мање од задњих, јер предње осовине носе мање оптерећење.

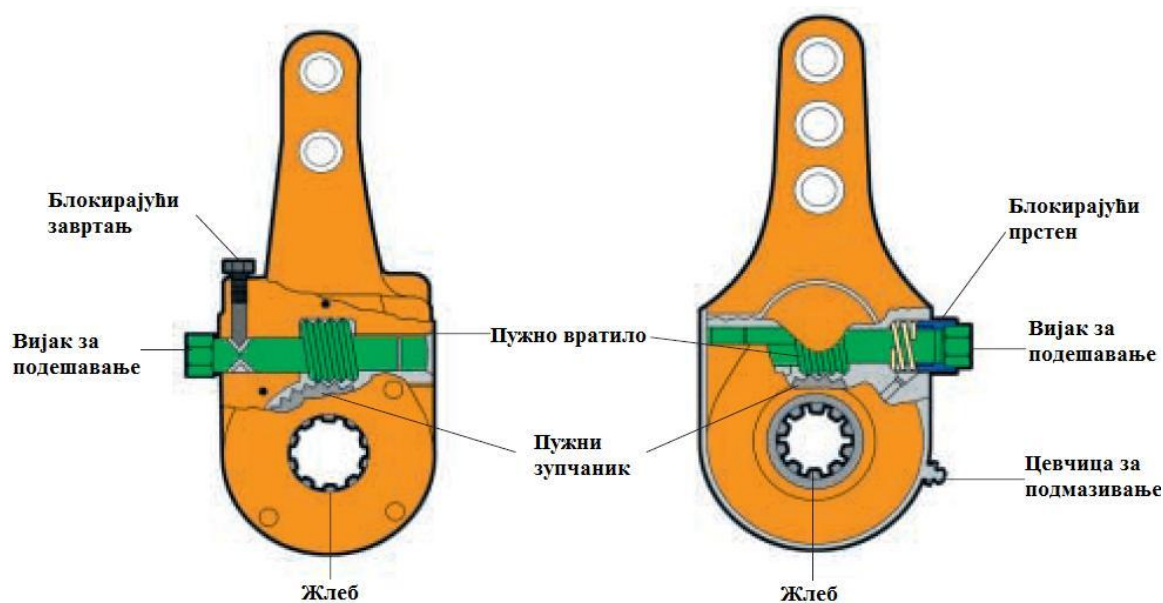
Кочни цилиндри се обично монтирају на осовинама, близу точка, односно близу кочница. Ваздух под притиском се доводи кроз довод за ваздух. Ваздух улази у цилиндар, супротно од потисне летве и у овом случају гура летву, као што је показано сликом 8.11. Летва је повезан са куком, даље је кука у зглобној вези са држачем који је остварен помоћу клина. Ово кретање летве заокреће брегасту осовину, а са њом заједно и брег. Када притисак ваздуха падне, мембрана се враћа у почетни положај, а са њом и потисна летва.



Слика 8.10. Кочни цилиндар и регулатор – кочнице нису активирани [17]

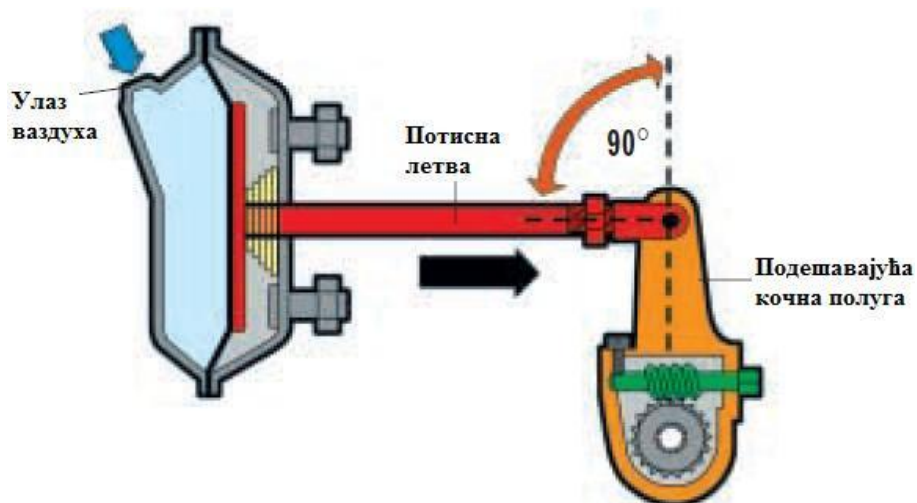


Слика 8.11. Кочни цилиндар и регулатор – кочнице су активирани [17]



Слика 8.12. Подешавајућа кочна полука [17]

На слици 8.12. илустрована су два основна типа ручног регулатора, који садрже пуж и пужни зупчаник. Када се кочница у потпуности примењује, односно када је максимално кочење, угао између потисне летве и регулатора не треба бити већи од 90° (слика 8.13).



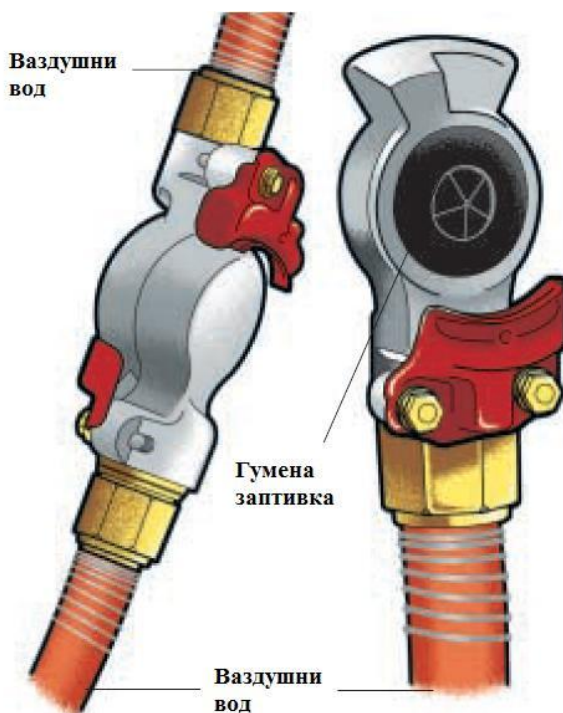
Слика 8.13. Максимално кочење [17]

8.2 Приколични системи

Уколико је на камион прикачена приколица, кочнице које су уграђене на самој приколици ће бити активирани из кабине возача. То значи, да када буде кочио камионом и приколица ће кочити, односно успоравати.

8.2.1 Спојничка глава

Спојничке главе спајају пнеуматске кочне системе моторног возила, односно тегљача са кочним системом прикључног возила сходно европским прописима. Имају на себи гумене заптивке које спречавају ваздух да побегне на месту везе.

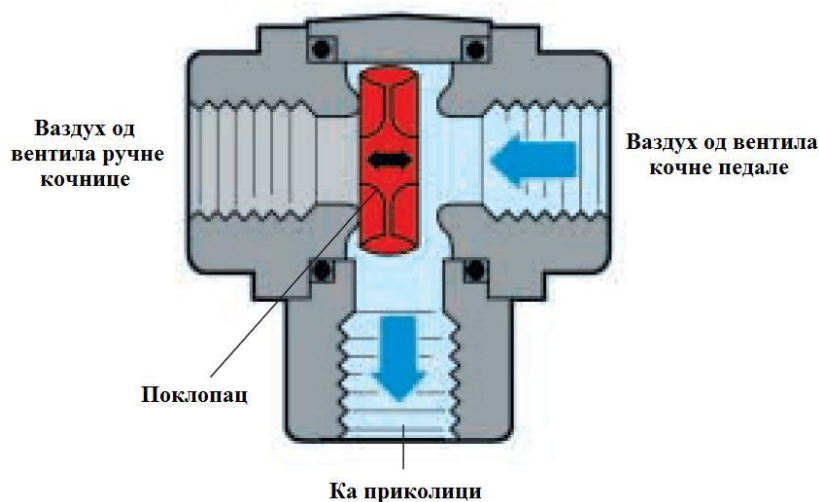


Слика 8.14. Спојничка глава [17]

Пре него што се водови повежу, од тегљача и приколице, јако је битно да буду чисти, односно да немају по себи песак и неки други вид прљавштине, како би се спречило цурење ваздуха.

8.2.2 Двосмерни неповратни вентил

Улога двосмерног неповратног вентила (слика 8.15) је да омогући директан проток ваздуха било која два извора. Овај вентил ће омогућити да се систем снабдева ваздухом од извора који има већи притисак. Поклопац ће бити потиснут у страну, супротно од вода са већим притиском и даље ће бити усмерен ка приколици. Поменути вентил се налази између водова од вентила ручне кочнице и кочне педале.



Слика 8.15. Двосмерни повратни вентил [17]

8.2.3 Заштитни систем камиона

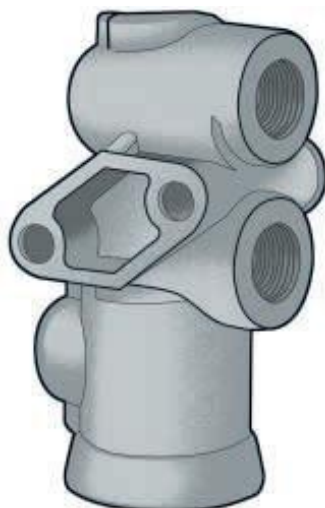
Заштитни системи камиона слика 8.16, спречавају потпуни губитак ваздуха у систему, уколико дође до отказа или уколико дође до кидање водова. Заштитни систем се састоји од два вентила и то:

- заштитни вентил камиона и
- вентила за напајање приколице.

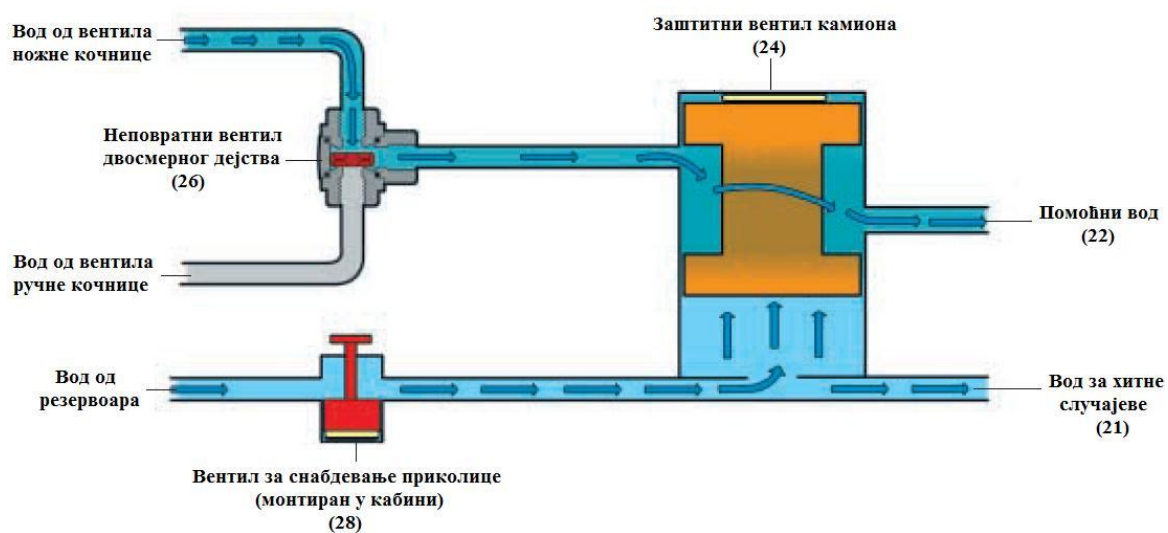
Постоје две врсте вентила за напајање приколице и најчешће примењивани су аутоматски вентили за напајање приколице. Унутар вентил се налази опруга која се отвара ручно и након тога притисак у систему је задржава у том положају, односно она остаје отворена. Други вентил је у ствари мануелни вентил за снабдевање приколице, који може бити у облику клина или у облику клипа.

Заштитни вентил камина (24) се обично налази близу задњег дела кабине возача и има два вода који воде ка њему, један вод снабдева приколицу (28), а други вод иде од двосмерног неповратног вентила (26). Он има два ваздушна вода, од којих је један за хитне случајеве (21) док други само помаже, односно то је помоћни вод (22). Заштитни вентил камиона садржи опругу, како би се опруга сабила односно како би се вод отворио, потребан је притисак напајања буде око 3 bar. Када су водови камиона и приколице повезани, зависно од отварања или затварања вентила за напајање приколице, отвара се или затвара сигурносни вентил камиона (слика 8.17). Престанком снабдевања ваздухом између камиона и приколице, изазваће пад притиска у воду за хитне случајеве и затим ће се заштитни вентил камиона затворити (слика 8.18), и доћи до прекидања протока ваздуха у помоћном воду. У случају кидања или искључења протока ваздуха кроз помоћни вод, између камиона и приколице притисак у систему ће пасти. Како би се постигао потребан притисак за извршење кочења возилом неопходно је притиснути педалу кочнице и притисак у систему ће поново достићи потребан притисак како би се извршило кочење. Када притисак у систему достигне притисак од 3 bar, заштитни вентил камиона ће се затворити и на тај начин спречити могућност

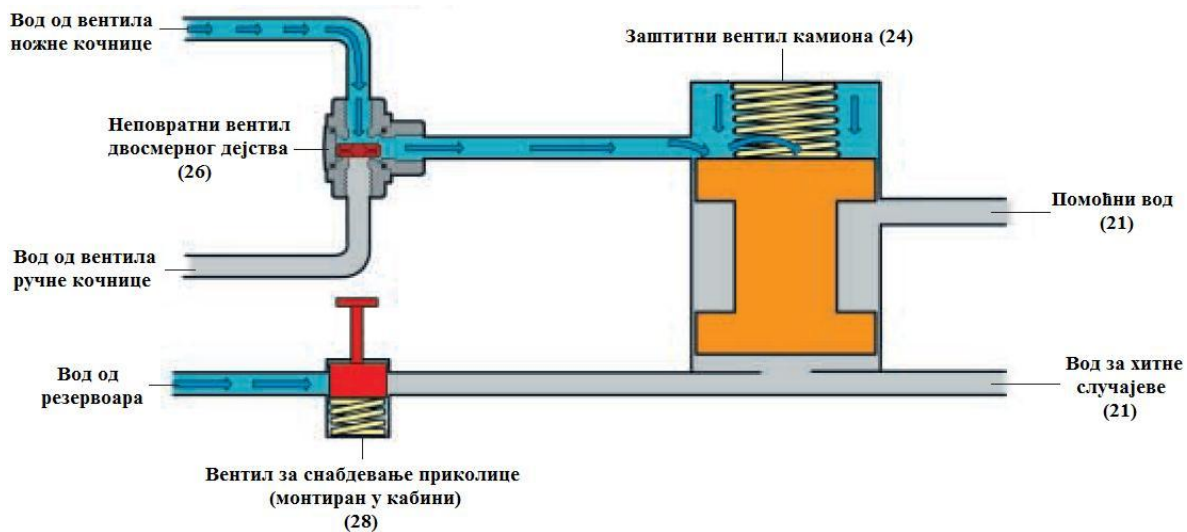
настанка хаварије у систему.



Слика 8.16. Заштитни систем камиона [17]



Слика 8.17. Заштитни систем камиона – отворен [17]



Слика 8.18. Заштитни систем камиона – затворен [17]

8.2.4 Вентил за напајање приколице

Вентил за напајање приколице (то је обично осмоугаоно црвено дугме) монтира се у кабини камиона, слика 8.19. Возач, вентил отвара или повлачењем или гурањем дугмета, у зависности од типа дугмета који је уграђен. Отварањем вентила омогућен је проток ваздуха од резервоара. Затим се ваздух даље креће ка заштитном вентилу камиона, а након проласка кроз вентил иде ка воду за хитне случајеве. Опруга у вентилу биће сабијена и биће у том положају када притисак достигне одређену вредност. Уколико притисак падне између 3 и 1,4 bar, вентил ће се аутоматски затворити од стране притиска који делује у опрузи, и отвориће се издувни отвор. Возач може и ручно затворити вентил и ваздух из резервоара биће ослобођен у атмосфери.



Слика 8.19. Дугме вентила за снабдевање приколице [17]

8.2.5 Паркирне кочнице приколице

Паркирне кочнице (слика 8.20) се најчешће налазе на приколицама. Првенствено служе као средство за обезбеђивање паркирање приколице независно да је у вези са камионом или не. Паркирне кочнице се активирају путем опруге, а не притиском ваздуха, и при томе постоји опасност да се приколица почне кретати. Такође, могу реаговати и у неким критичним ситуацијама, уколико на камиону падне притисак ваздуха у систему.

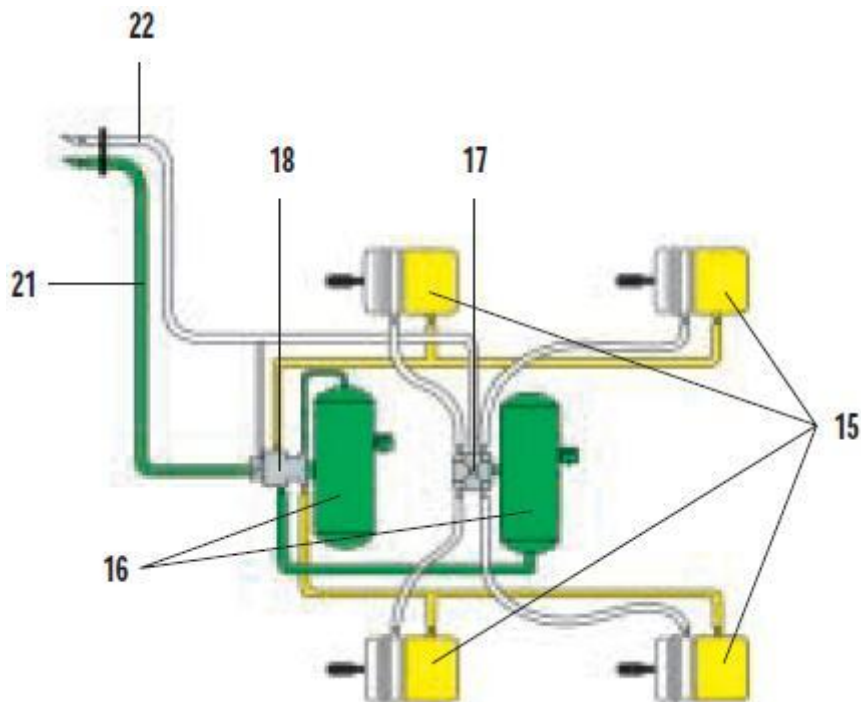
Приколица која има паркирне кочнице састоји се из следећих компонената:

- два резервоара (16);
- вентила паркирне кочнице (18);
- релеј вентила (17) и
- кочни цилиндри паркирне кочнице (15).

Вентил паркирне кочнице је задужен за следеће функције:

- контролише укључивање и искључивање паркирне кочнице;
- штити предњи или задњи резервоар паркирне кочнице, уколико је један од њих оштећен;
- спречава аутоматско активирање паркирних кочница, у случају постепеног цурења ваздуха из система и

- уколико у систему нагло пада притисак ваздуха, паркирне кочнице ће се аутоматски активирати.



Слика 8.20. Паркирне кочнице на приколици [17]

8.3 Кочна инсталација на теретном возилу

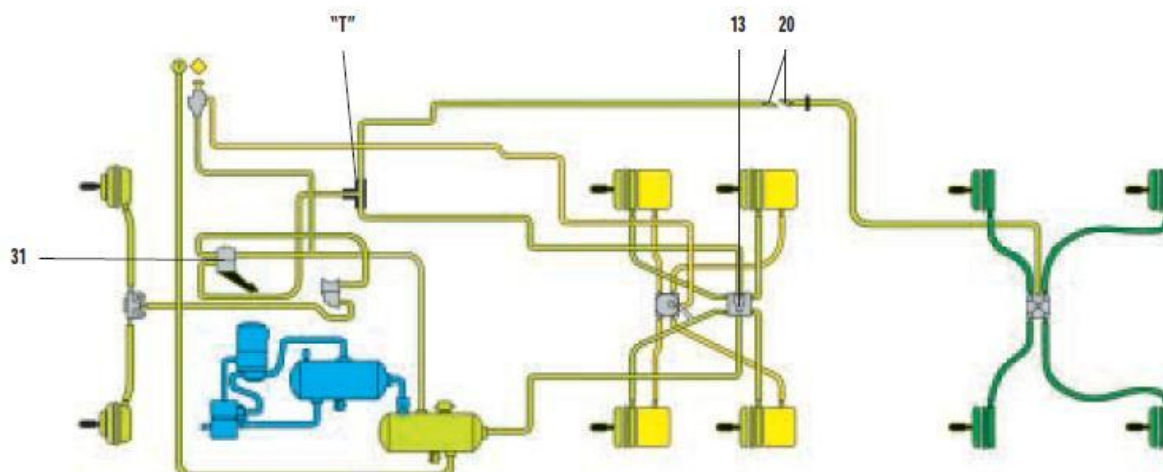
Кочнице се активирају на команду возача, односно када возач притисне папучу кочнице. По активирању кочнице ваздух који се налази у систему биће достављен како кочним цилиндрима на камиону тако и на приколици. Након отпуштања педале кочнице ваздух који се налази у кочним цилиндрима биће ослобођен у атмосферу.

Недостаци оваквог система су:

- уколико кочни систем камиона и приколице нису повезани преко спојничке главе, није могуће кочење приколице;
- уколико је неки вод пукао, неће бити могуће кочење приколицом;
- уколико је „изгубљен“ притисак ваздуха у резервоарима, није могуће кочење ни камиона ни приколице и
- кочнице приколице се не могу примењивати независно од камиона и
- сама активација кочница на приколицама, је нешто спорија, односно касније се активирају у односу на кочнице које се налазе на камиону.

Ови недостаци су превазиђени раздвајањем и поновни спајањем водова за снабдевањем ваздухом. На слици 8.21 приказана је илустрација камионског кочног система на коме је прикачена приколица са две осовине. На свакој од њих се налази кочни цилиндар. Вод „Т“ се налази између кочног вентила (31) и релеј вентила на камиону (13). Ваздушни водови који воде ка приколици везу остварују између „Т“ разводника и

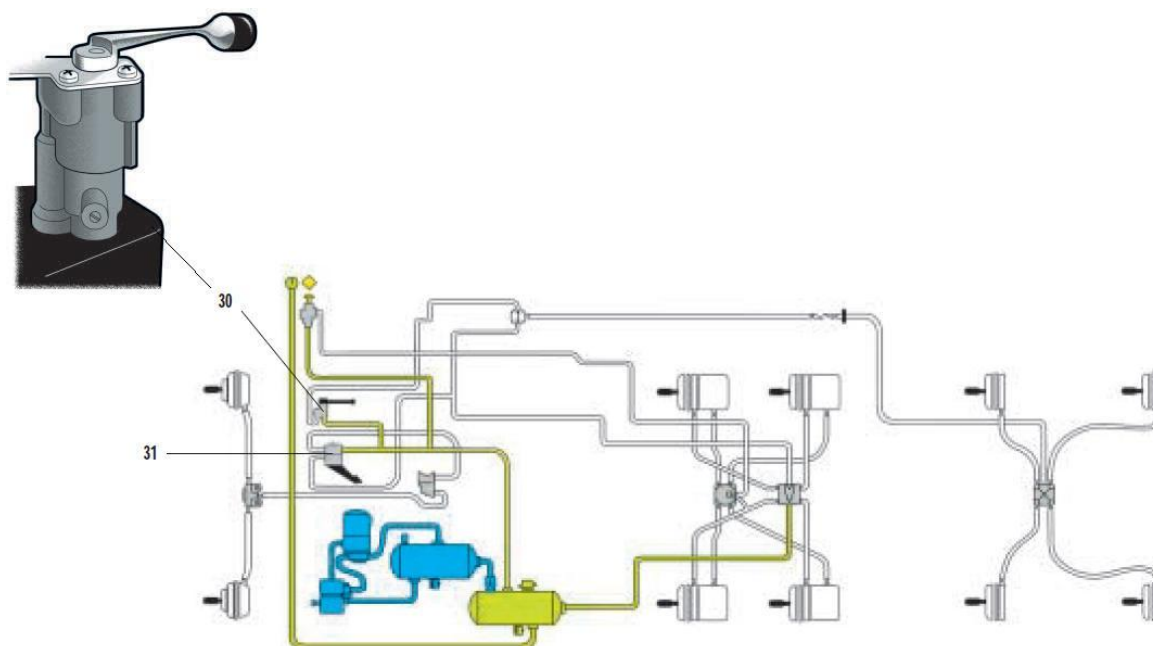
спојничке главе.



Слика 8.21. Кочна инсталација на теретном возилу [17]

8.3.1 Инсталација двосмерног повратног вентила у кочном систему

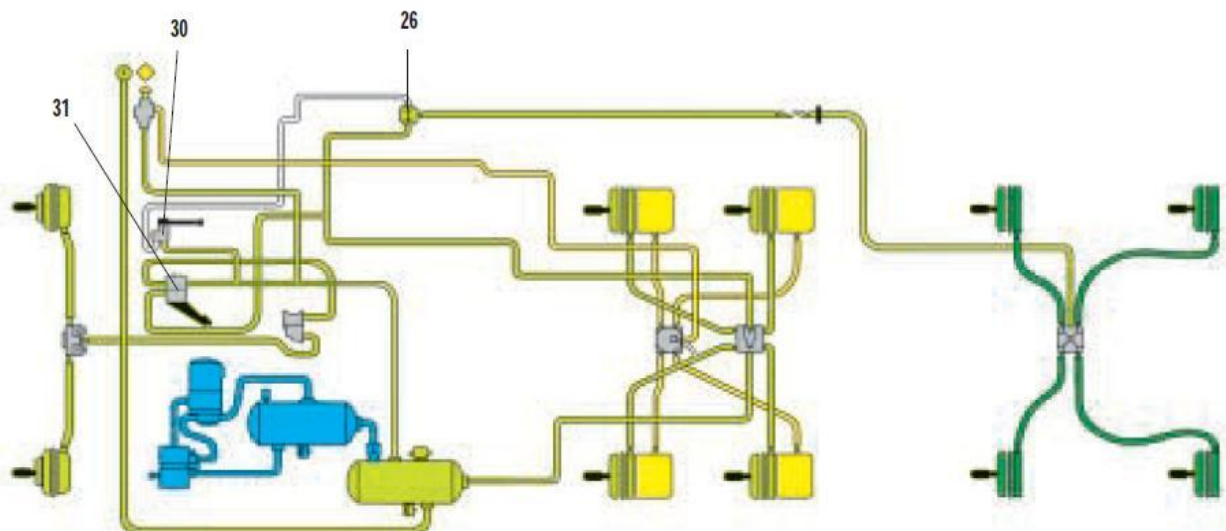
Сврха вентила ручне кочнице приколице (30) јесте да омогући возачу да самостално контролише количину, односно притисак ваздуха која ће бити усмерен ка кочницама које се налазе на приколици. Такође, поменути вентил возач може примењивати независно од кочница које активирају и кочнице које се налазе на приколици, а и на камиону. Притисак који ће бити примењен у систему зависи ће првенствено од тога колико је вентил отворен, али никако не може бити већи притисак од оног који је у систему (слика 8.22).



8.22. Вентил ручне кочнице приколице [17]

8.3.2 Инсталација ножног вентила у кочном систему

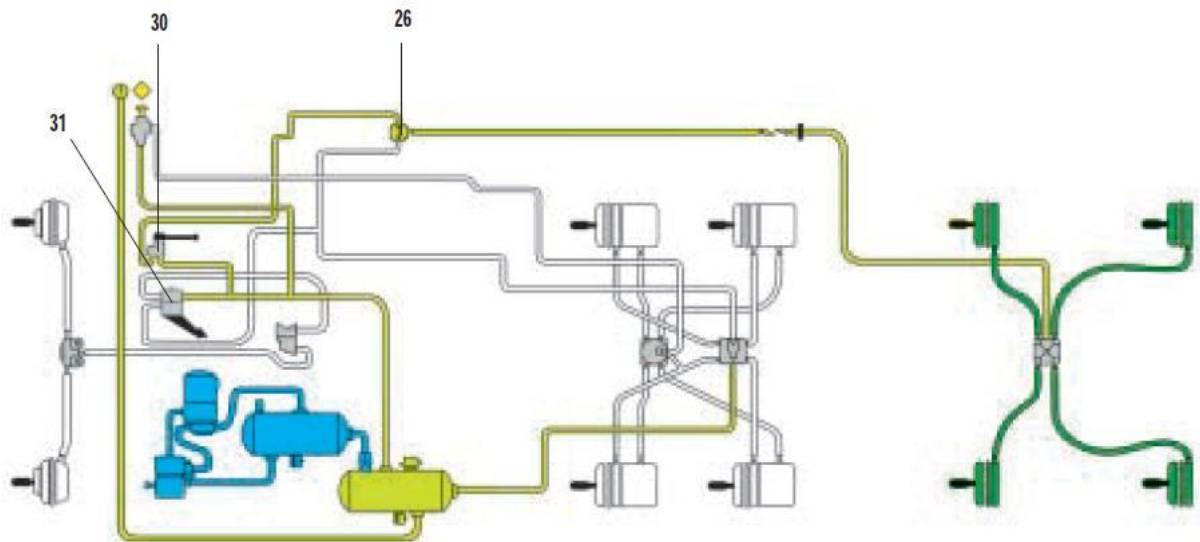
Возач активира кочницу помоћу ножног вентила (31). Ваздух ће се кретати кроз неповратни вентил двосмерног дејства од ножног вентила (26) ка приколици. Поклопац ће се у том случају померити у страну, односно на вод који води од вентила ручне кочнице. У овом случају притисак и на кочницама на камиону и на приколици биће једнаки (слика 8.23).



Слика 8.23. Инсталација ножног вентила у кочном систему [17]

8.3.3 Инсталација ручног вентила у кочном систему

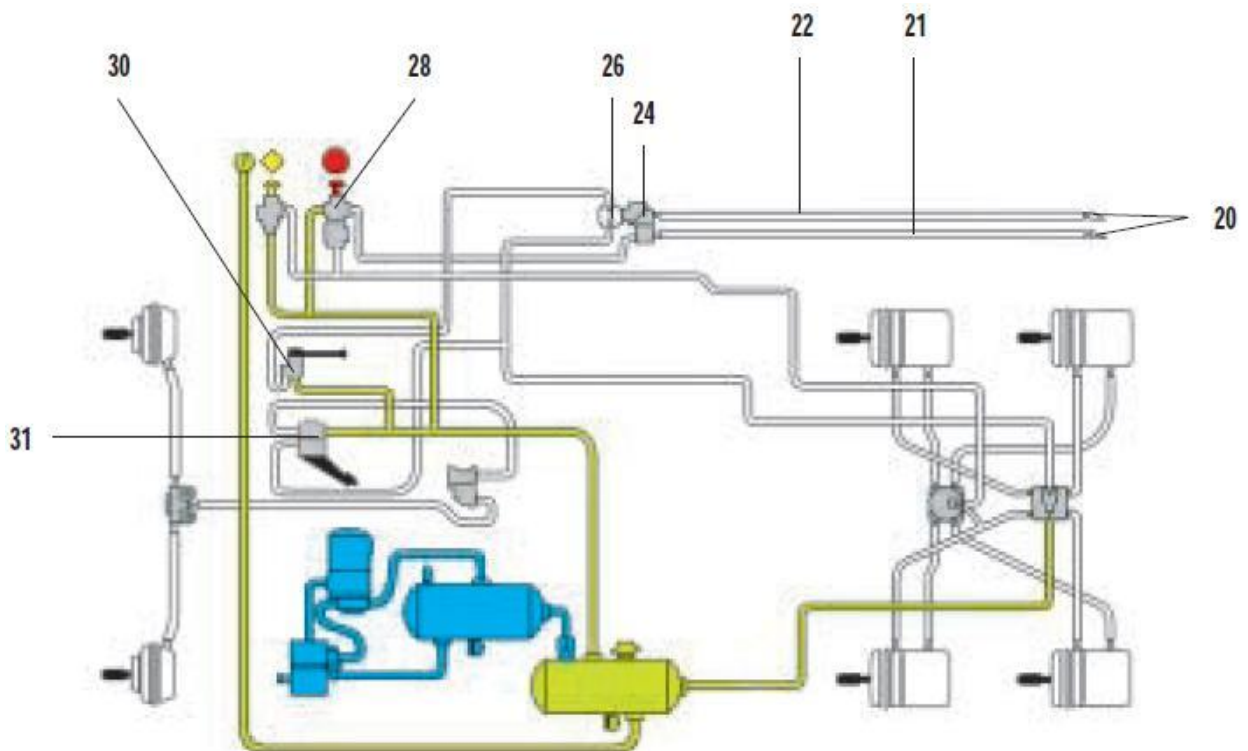
На слици 8.24 приказано је да ножни вентил (31) није активиран, већ ручни (30), тако да је ваздух усмерен од ручног вентила ка приколици преко вентила двосмерног дејства (26). У овом случају поклопац је наслоњен на вод који води од ножног вентила. Кочење приколице се врши помоћу ручног вентила, мада возач може активирати и ножни вентил. Уколико је притисак од ножног вентила већи од ручног, поклопац ће бити потиснут у супротну страну и тиме омогућује да већи притисак буде упућен ка приколици, као и кочницама које се налазе на самом камиону. Иако се кочнице приколице могу активирати независно од кочница на камиону, помоћу ручног вентила, максимални притисак који се може остварити је једнак или нешто мањи од притиска у резервоару.



Слика 8.24. Инсталација ручног вентила у кочном систему [17]

8.3.4 Систем са аутоматским вентилом за напајање приколице

Слика 8.25 илуструје напајање система ваздухом, од сувог резервоара до вентила за напајање приколице (28). Заштитни вентил камиона (24) се напаја ваздухом од два вода, од којих је један вентил за напајање приколице (28), а други је из неповратног двосмерног вентила (26). Од камионског заштитног вентила постоје два вода кроз које струји ваздух, и сваки од њих на свом крају има ручну спојницу (20). Ови водови повезују водове камиона и приколице, један од њих се назива контролни вод (22), а други вод за хитне интервенције (21).



Слика 8.25. Систем за аутоматско напајање приколице [17]

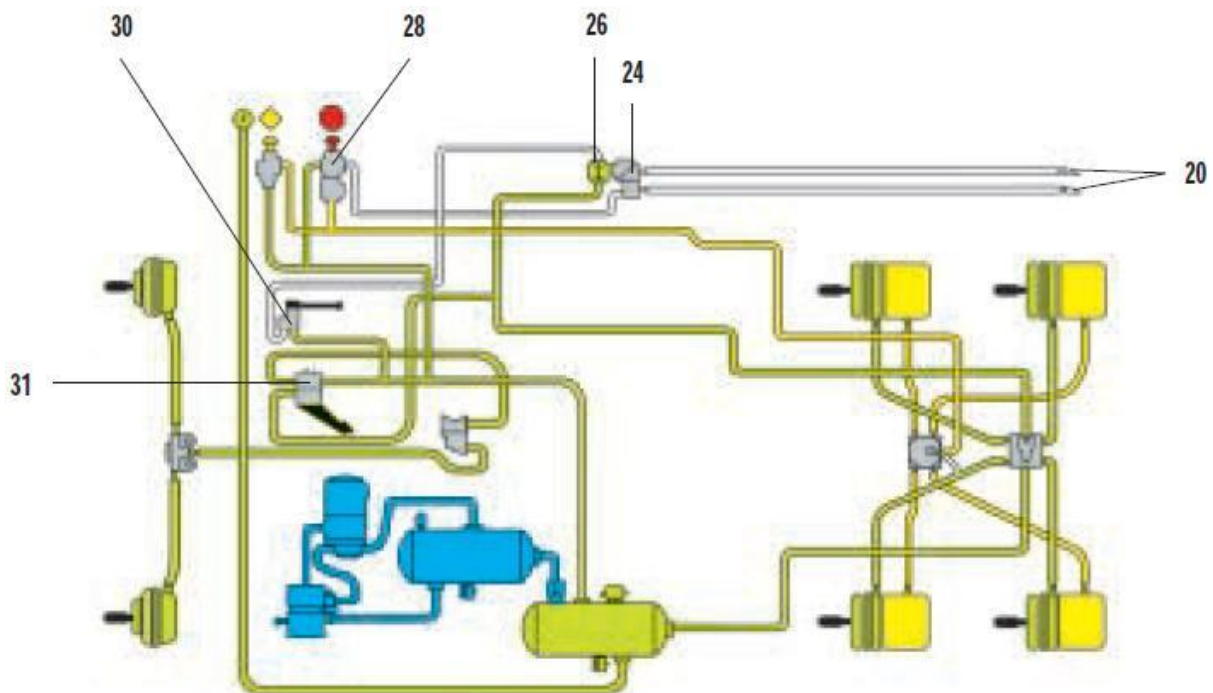
На претходној слици 8.25 приказано је да је горњи вод контролни (22), а доњи је вод за напајање у хитним случајевима (21). Камион је опремљен вентилом за снабдевање приколице (28) и заштитног вентила камиона (24). Водови камиона и приколице нису у вези. Вентил за снабдевање приколице (28) не снабдева приколицу и ручни вентил (30) је затворен.

Наредна слика 8.26, показује да је возач активирао педалу кочнице (31) и ваздухом је достављен у кочне цилиндрице. Поклопац неповратног двосмерног вентила (26) је померен у страну слабијег притиска и тиме је омогућена да ваздух дође до заштитног вентила камиона (24).

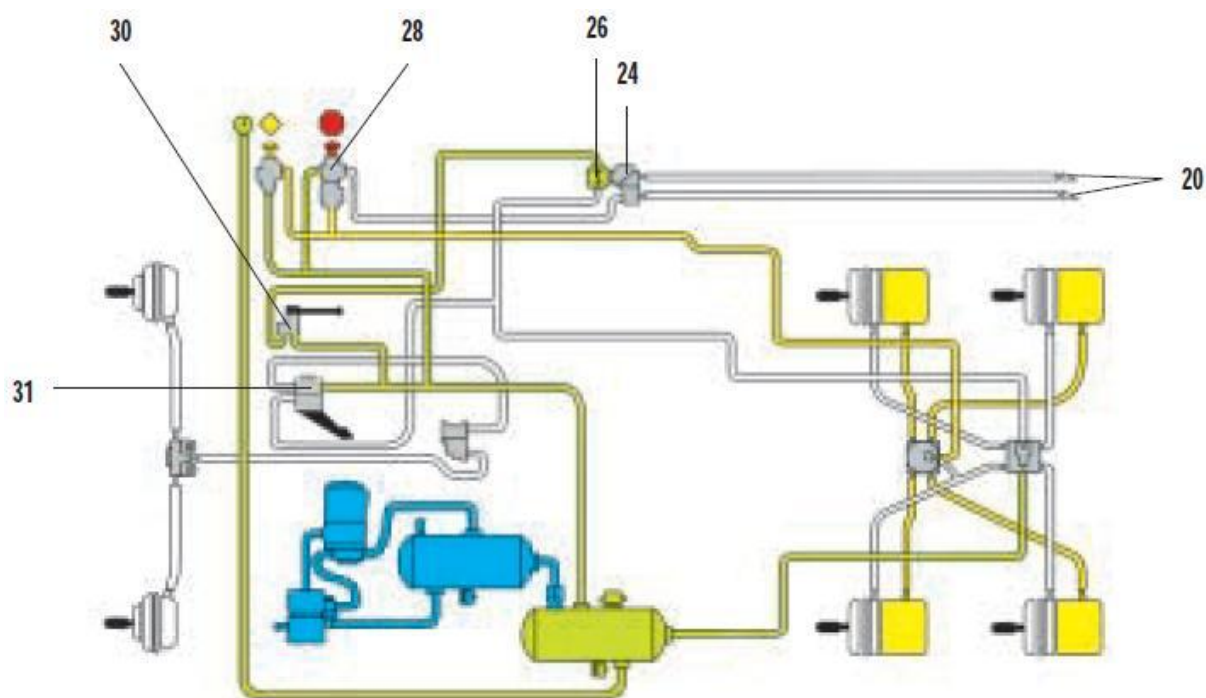
У случају да возач грешком активира ручни вентил (30) и у том случају да је вод за напајање приколице искључен, сав ваздух ће бити усмерен ка заштитном вентилу камиона и то би довело до отказа, слика 8.27.

8.3.5 Спрега камиона и приколице

Приколица је спрегнута са камионом (слика 8.28), а контролни и вод за хитне интервенције су повезани преко спојнице (20). Приколица има свој резервоар (16). Овај резервоар омогућује потребну количину ваздуха за кочење како у нормалним тако и у критичним ситуацијама. Како је резервоар на камиону, тако је и резервоар на приколицу има инсталиран одвод (6).



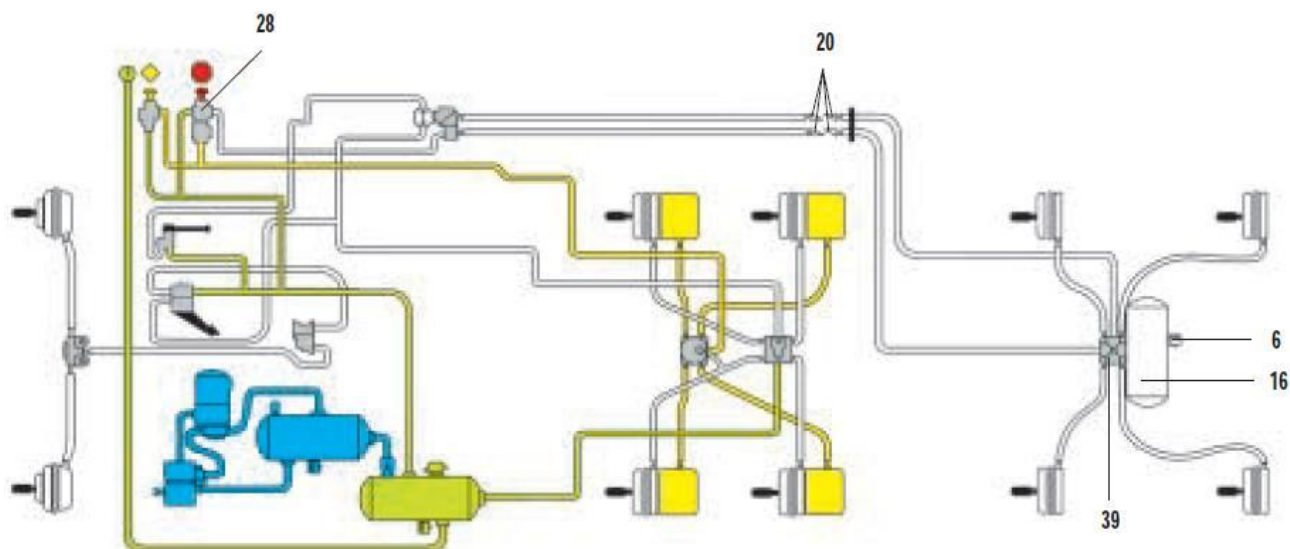
Слика 8.26. Доток ваздуха до заштитног вентила камиона [17]



Слика 8.27. Отказ заштитног вентила камиона [17]

Кочни вентил (39) се монтира на резервоару приколице или на оквиру приколице поред кочног цилиндра. Кочни вентил извршава три главне функције у систему:

1. преноси ваздух из резервоара приколице за извршење кочења приколице. Овај део функционише исто као и релеј вентил. Такође, омогућује брзо деактивирање кочница на приколици,
2. усмерава ваздух под притиском од резервоара на кочнице приколице и тиме омогућује брз одзив кочница. Оваква акција ће изазвати кидање или раздвајање водова између камиона и приколице, или ће доћи до губитка ваздуха у систему. Кидање контролног вода би довело до губитка ваздуха у процесу активирања кочница. Возач у сваком тренутку из кабине може да активира вентил за напајање (28) и тиме би активирао кочењу у критичним ситуацијама,
3. неповратни вентил може да заустави кретање ваздуха од резервоара ка извора напајања.



Слика 8.28. Спрега камиона и приколице [17]

8.3.6 Пуњење система приколице

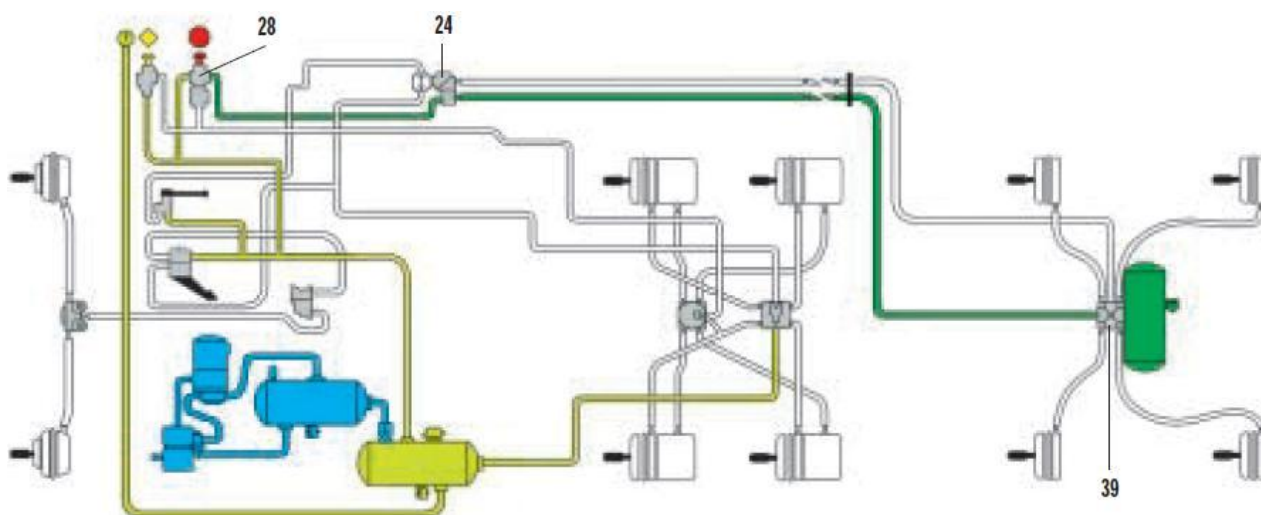
На слици 8.29, компресор је у резервоару подигао притисак на максималну вредност. Возач је отворио вентил за напајање приколице (28) и тиме омогућио да ваздух из резервоара буде усмерен кроз заштитни вентил камиона (24) ка приколици. Ваздух пролази кроз релеј вентил за хитне случајеве (39) у резервоар на приколици. Притисак ваздуха на приколици ће бити једнак притиску на камиону. Овај процес се назива пуњење система приколице. Вентил за напајање приколице је отворен и напаја се притиском од приближно 6 bar, све зависно од вентила.

8.3.7 Примена ножног или ручног вентила

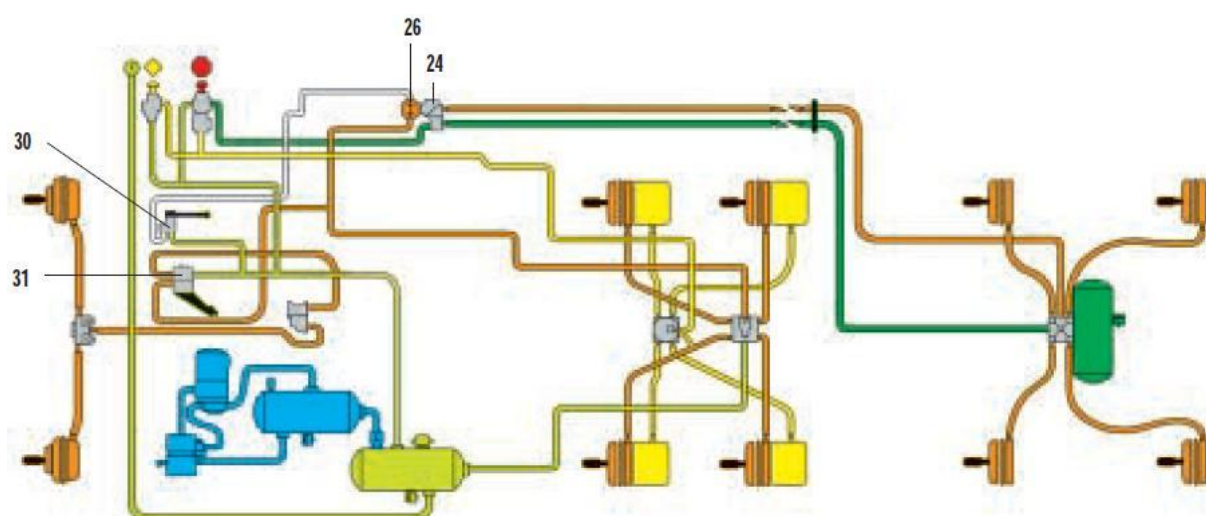
Илустрација на слици 8.30 и 8.31 показује да кочне компоненте, као и водови напајају од ручног или ножног вентила, односно:

- уколико је активиран ножни вентил (31), водови су обојени наранџастом бојом,
- уколико је активиран ручни вентил (30), водови су означени браон бојом.

Ова два вода показују проток ваздуха. У случају када је педала кочнице активирана, односно ножни вентил, кочнице биће активирани и на камиону и на приколици. Уколико је активиран само ручни вентил, кочење ће се примењивати само на приколици.



Слика 8.29. Напајање система на приколици [17]

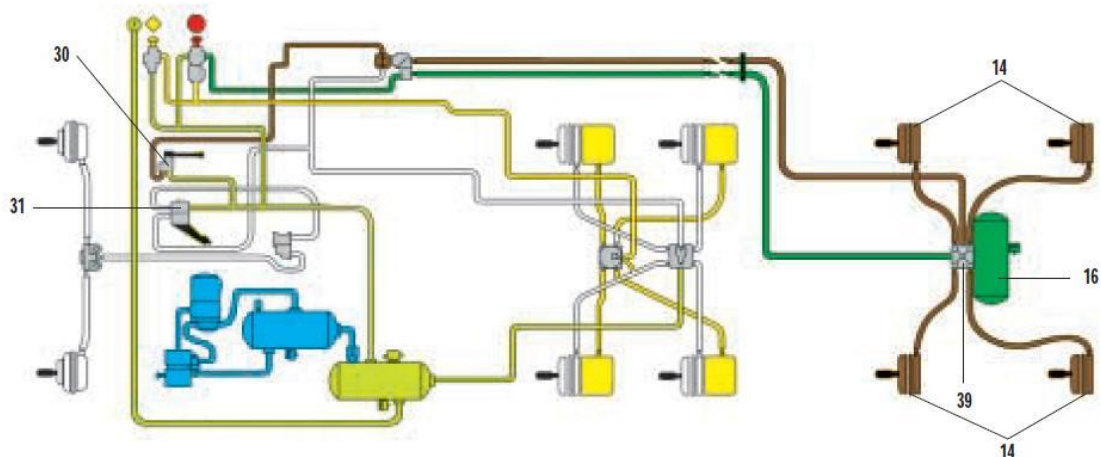


Слика 8.30. Примена ножног вентила [17]

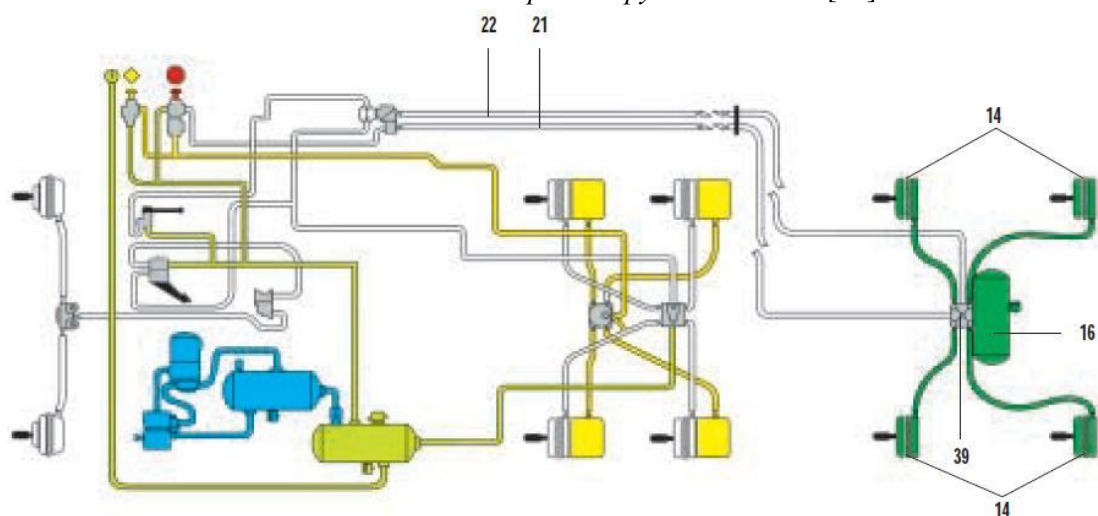
8.4 Понашање система у критичним условима рада

8.4.1 Хитна примена

Уколико прицепа није опремљена класичним паркирним кочницама, контролни вод (22) и вод за напајање у хитним случајевима (21), биће одвојени од камиона. Нагли губитак притиска у воду за снабдевање активира ће релеј вентил за хитне случајеве (39) и тиме проузрокује да резервоар прицепа (16) сав ваздух пошаље у кочне цилиндри, слика 8.32. Тиме се кочнице на приколицу налази у режиму хитне примене. Неповратни вентил ће затворити вентил на приколицу и тиме спречити истицање ваздуха из резервоара прицепа. Пад притиска у воду за напајање прицепа ће даље проузроковати затварање водова за напајање прицепа и омогућиће довољан притисак за заустављање камиона.



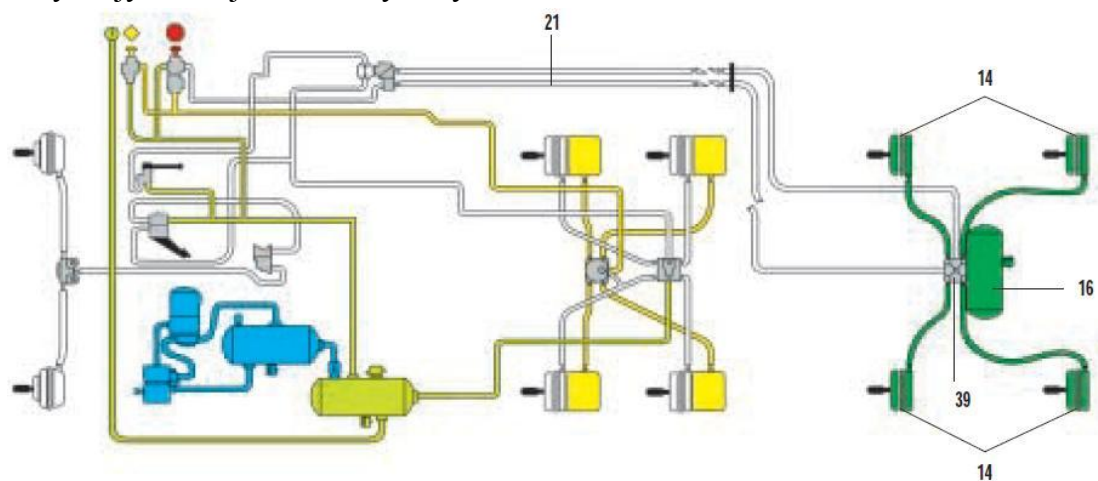
Слика 8.31. Примена ручног вентила [17]



Слика 8.32. Примена ваздуха на кочницама приколице у критичним условима [17]

8.4.2 Кидање вода за напајање у хитним случајевима

Кидање или раздвајање водова за напајање преко спојница, довешће систем у ситуацију каква је описана у делу 8.4.1.

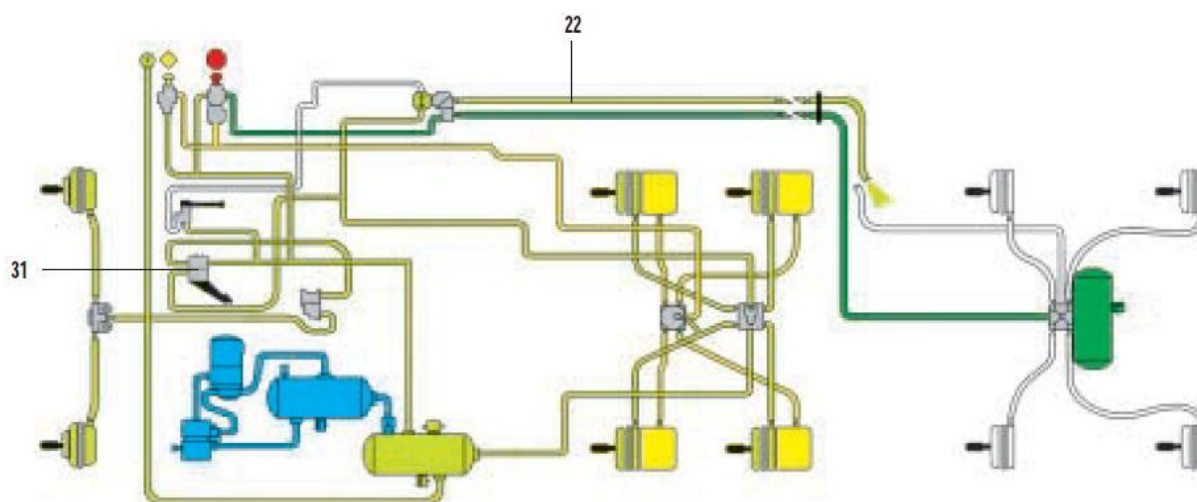


Слика 8.33. Кидање вода за напајање у хитним случајевима [17]

8.4.3 Кидање контролног вода за напајање

Уколико се контролни вод (22) покидао или је искључен, кочење неће настати све док возач не зада командом. При активирању ручног или ножног вентила, притисак ваздух из резервоара камиона ће се смањити у зависности од силе којом је возач активира кочну команду. То ће довести до исцрпљења ваздуха из резервоара и тиме ће даље доћи до примене релеј вентила за хитне случајеве на кочницама приколице. Треба напоменути, да на неким системима уколико притисак ваздуха падне до неке одређене вредности да ће се активирати уређај упозорења у кабини возача.

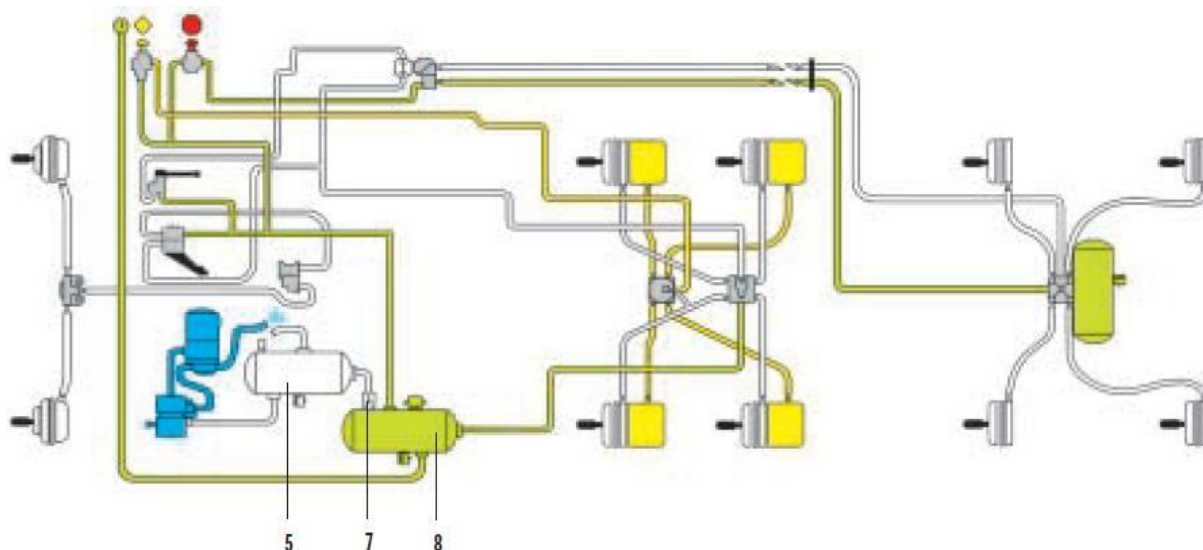
На слици 8.34 контролни вод (22) је покидан и при томе је возач активирао кочницу ножним вентилом (31). Кочнице на камиону ће се активирати, мада на приколице неће. Уколико се на команду делује у дужем временском интервалу, притисак у систему ће пасти у толикој мери, односно достићи ће критичну вредност, али при томе ће се активирати кочнице на приколици.



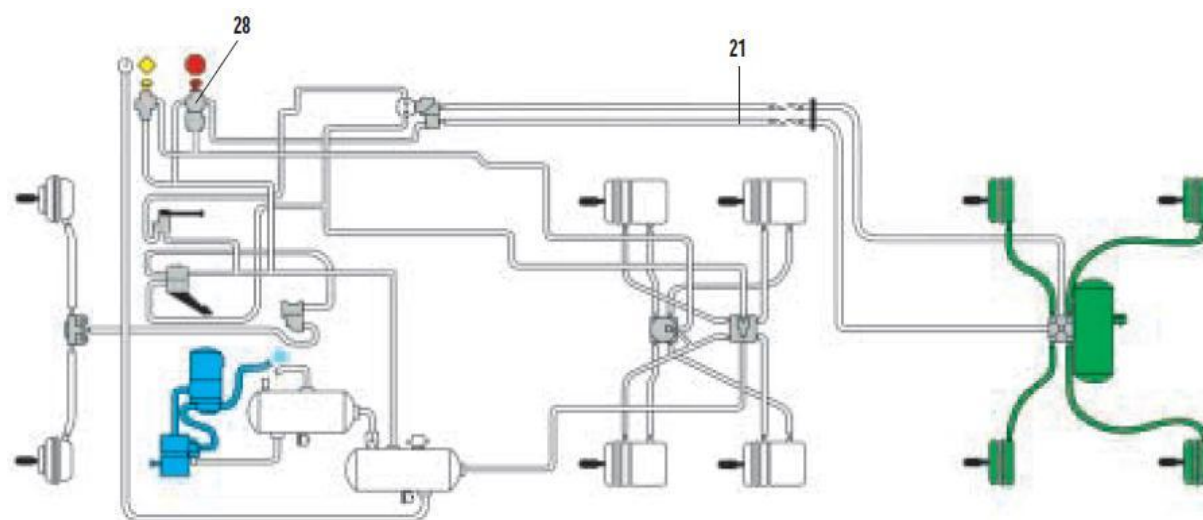
Слика 8.34. Кидање контролног вода за напајање [17]

8.4.4 Губитак притиска ваздуха у резервоару

Уколико дође до оштећења компресора (слика 8.35), то ће довести до пада притиска у целом систему. Када притисак у напојном/моком резервоару (5) падне испод дозвољене вредности, због оштећења компресора или у случају цурења из система активира ће се уређаји упозорења. Неповратни вентил (7) ће спречити пад притиска у примарном/сувом резервоару (8) и тиме ће обезбедити заустављање возила, пре него што се активирају паркирне кочнице.



Слика 8.35. Оштећење компресора [17]

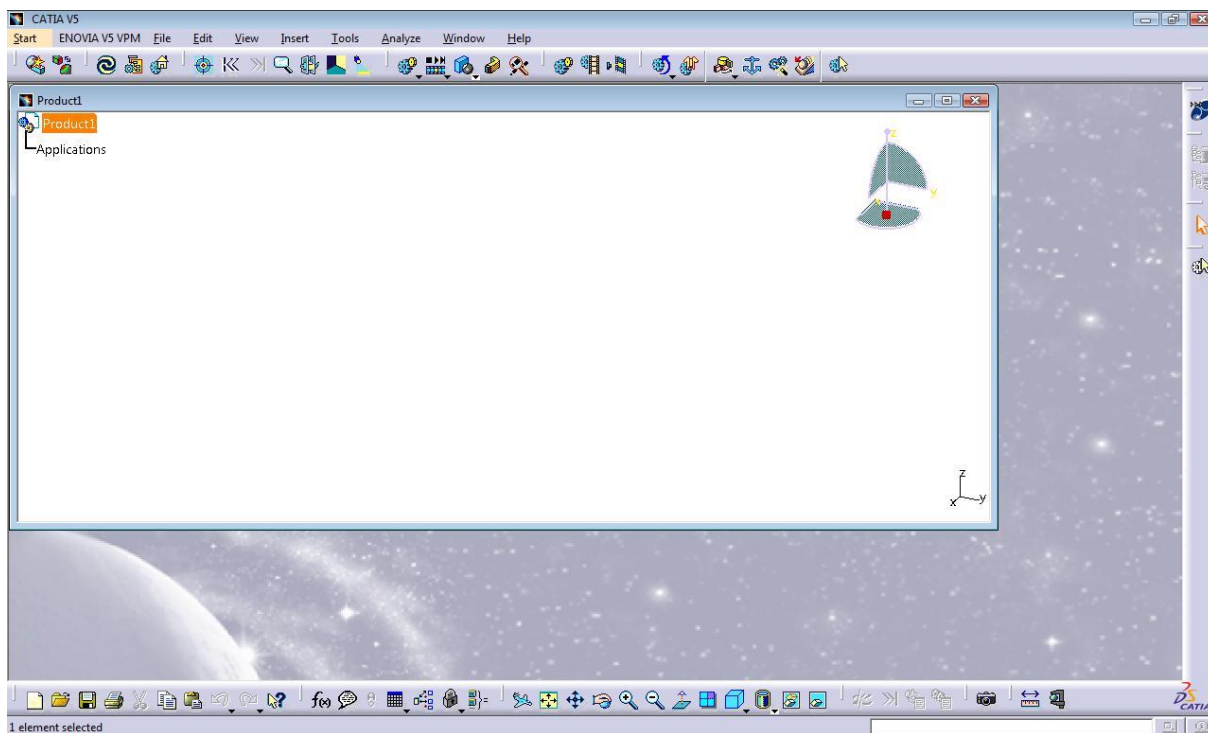


Слика 8.36. Оштећење компресора [17]

На слици 8.36 притисак у систему је пао на око 1,4 – 3 бар и при том притиску заштитни систем камиона се аутоматски затвара и тиме поставља кочнице приколице као да раде у критичним условима. Паркирне кочнице су имале довољан притисак за активирање и возач их је могао активирати из кабине.

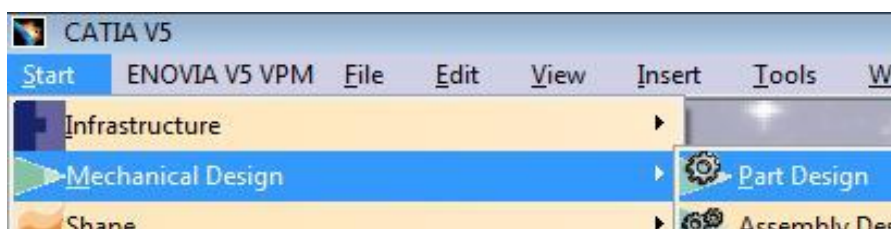
9 Моделирање пнеуматске диск кочнице на теретним ВОЗИЛИМА

У софтверском пакету CATIA биће показано моделирање диск кочнице. Покретање софтверском пакету CATIA, на самом почетку је потребно искључити прозор који са аутоматски отвара при покретању CATIA-е **Product1**.



и покренути **Part Design**, као на слици испод, односно на следећи начин:

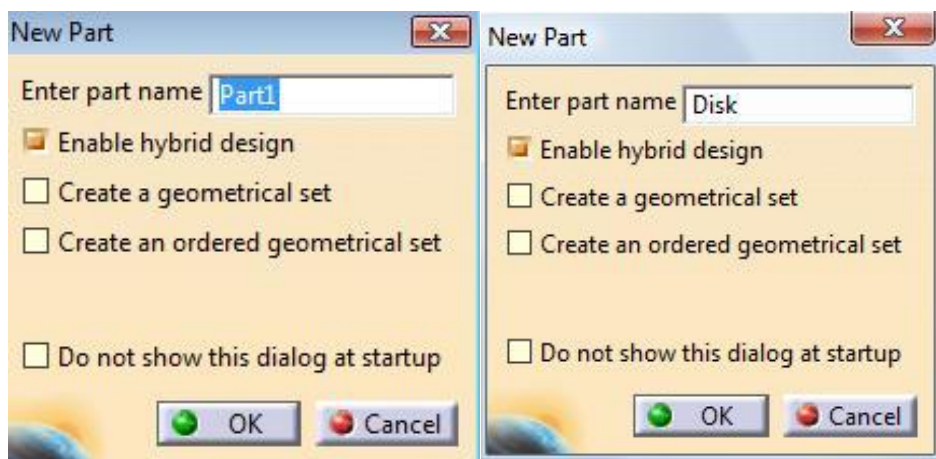
Start → Mechanical Design → Part Design



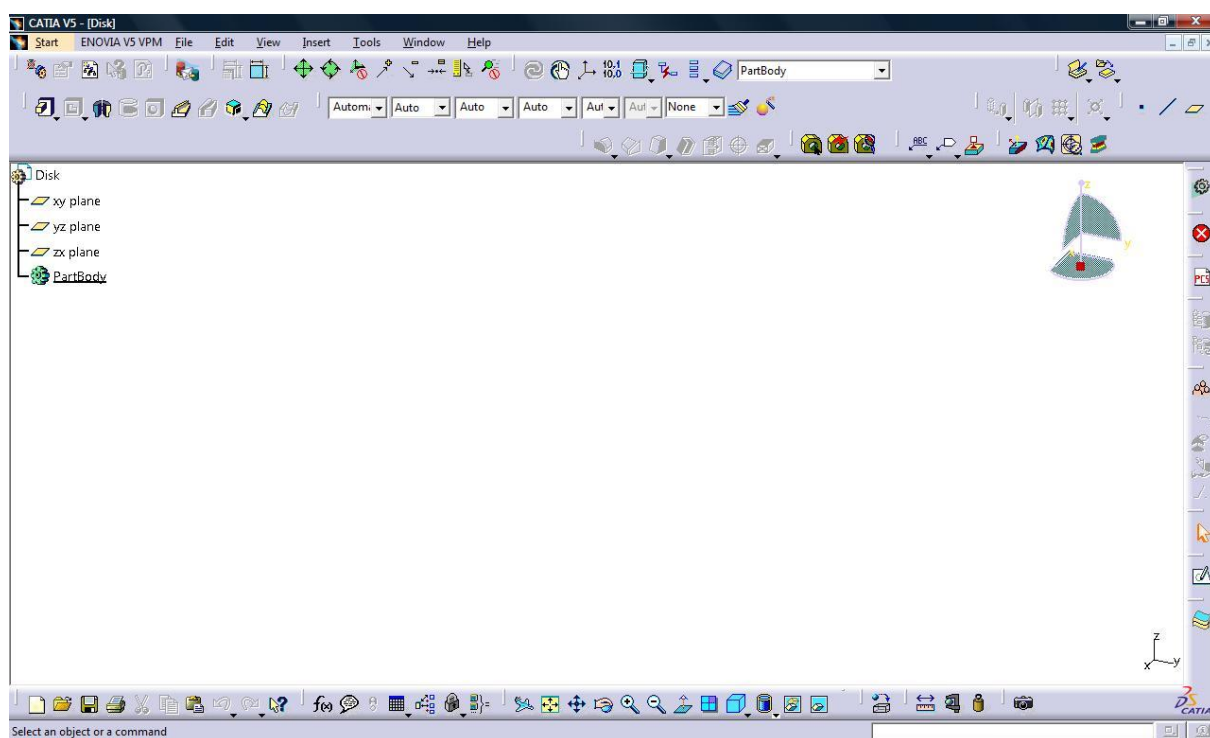
Покретањем **Part Design** отвориће се прозор који даје могућност уписивање назива дела.

9.1 Диск

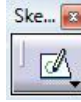
Прво је неопходно измоделирати диск, у овом случају диск је узет из каталога AP RACING, и даље је посматран вентилирајући диск за теретно возило [20].



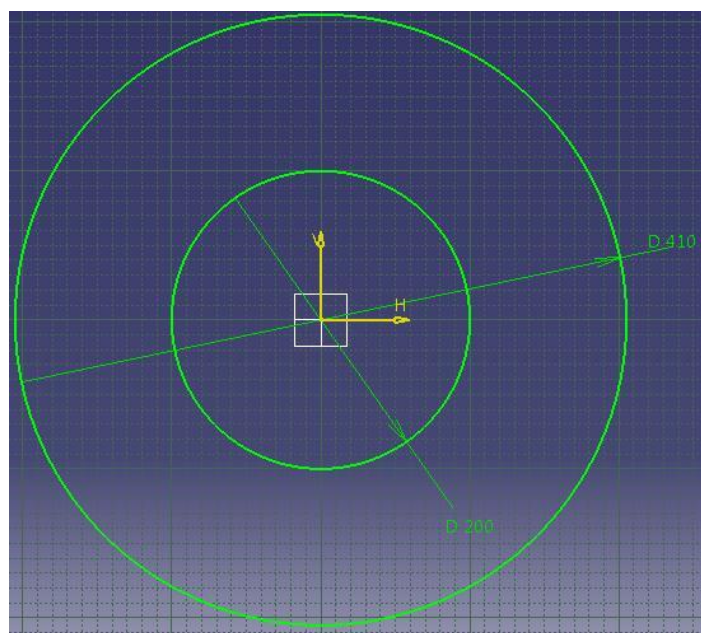
Сада радно окружење изгледа овако:



Да би се креирао део, неопходно је изабрати раван у којој ће се цртати поменути

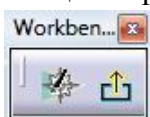
део и активирати алат **Sketch**  из палете алата **Sketch** . Скица једне плоче диска може се исцртати помоћу команде **Circle** , из палете алата **Profile**





По завршетку цртања скице потребно је кликнути на алат **Exit Workbench** ,

из палете алата **Workbench**



, и вратити се у **Part Design** радно окружење.

Кликом на **Pad**

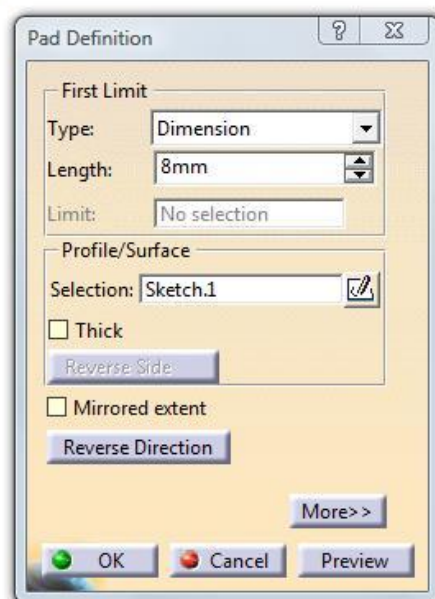
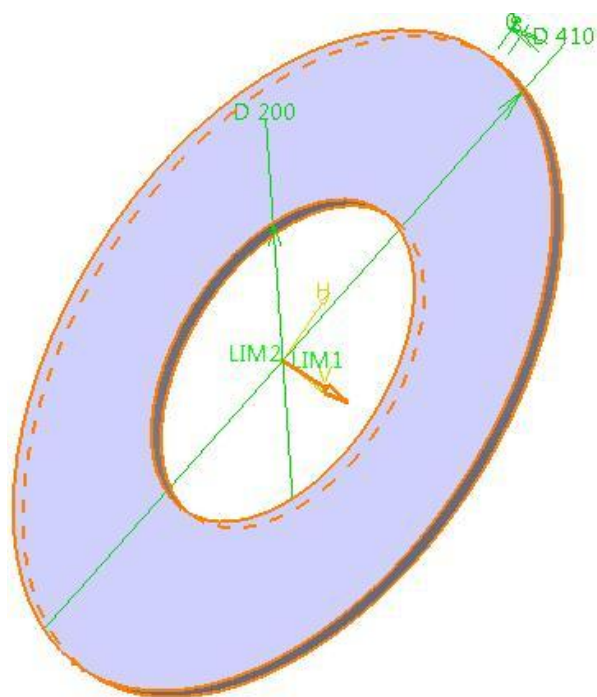


из палете алата **Sketch-Based Features**

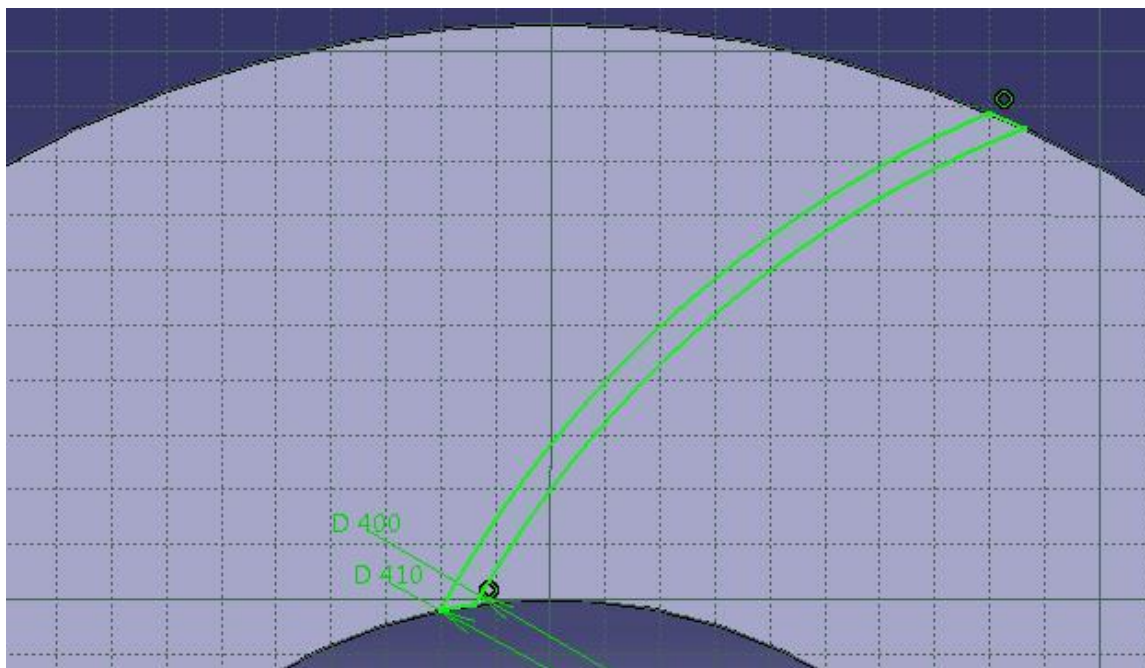


, и попуњавањем као на слици, добиће следећи

облик.

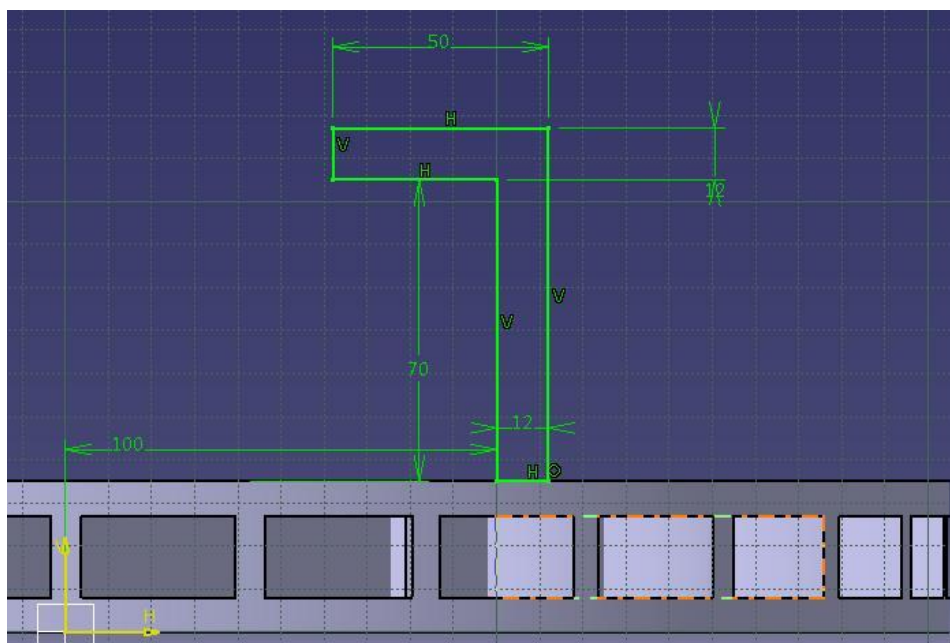


Како је у питању вентилирајући диск потребно је у скици нацртати облик крилца. Раније је већ било речи да она могу бити различитих облика, у овом случају биће као што је приказано на слици испод.



Следећи димензије из каталога, висина крила биће 19 mm. Вентилирајући диск се састоји из две цилиндричне плоче, између којих се налазе крилца, па зато је и са друге стране неопходно исцртати исти, као и у првобитном случају.

Како диск служи да заустави кретање точка, неопходно је да буде такав да са точком буде у вези, а то ће бити могуће само уколико се обезбеди, да се он може монтирати на њему. Даље је неопходно исцртати део који ће то обезбедити:

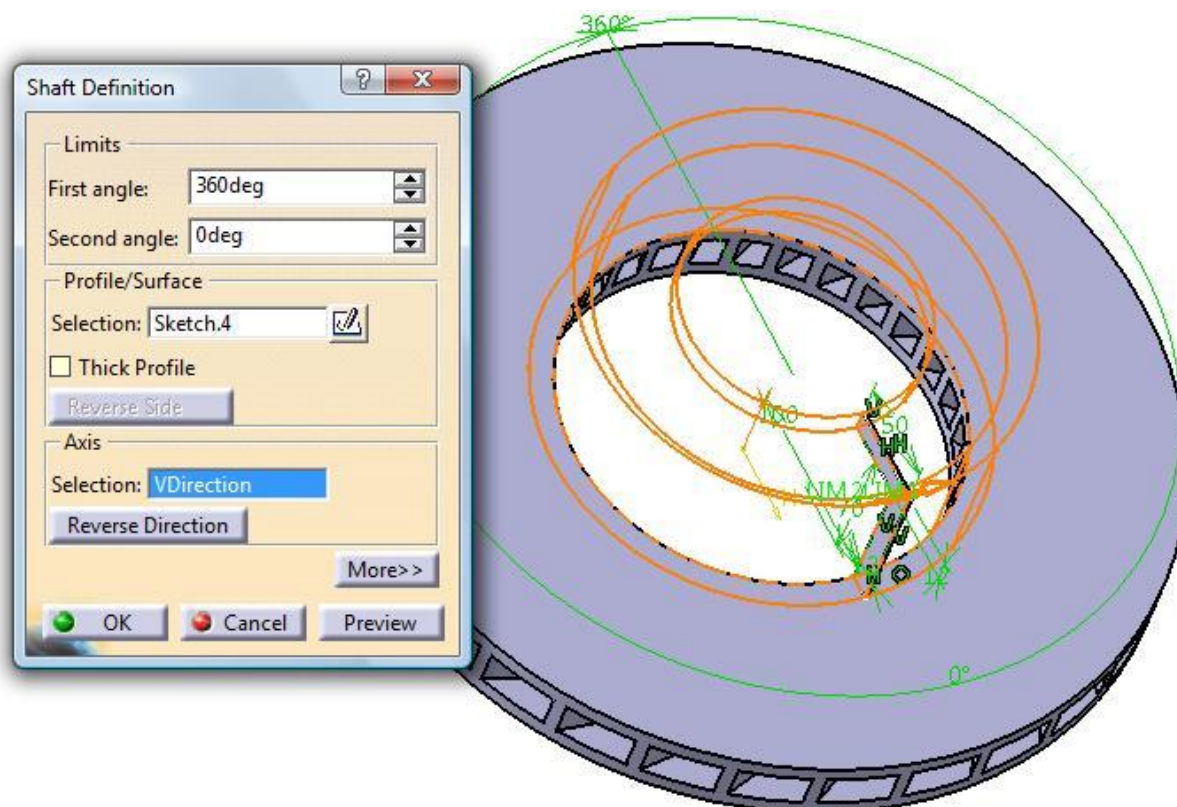


Враћањем у **Part Design** активира се команда **Shaft** . Појавиће се дијалог

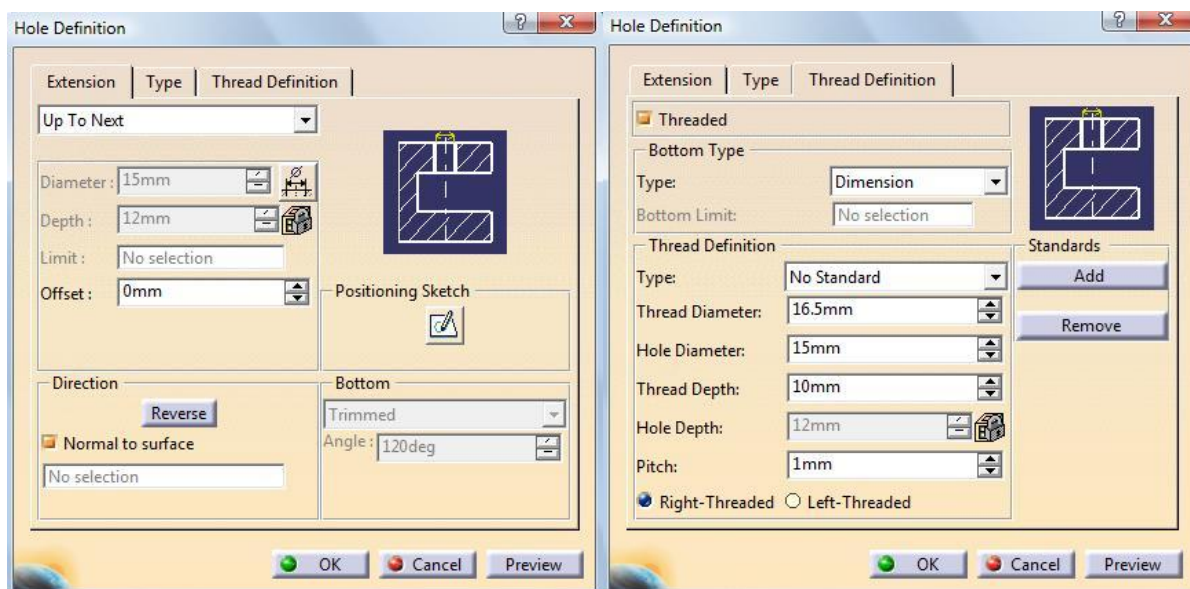
бокс као на наредној скици, где је потребно укуцати угао, само у случају уколико он не износи онолико колико је потребно за израду модела. Након тога за поље **Selection** селектовати скицу, а за **Axis** селектовати осу око које је потребно заротирати скицу, у овом случају то је вертикала оса.

Напомена:

Скица мора бити затворена, односно све линије у контури морају бити спојене, уколико то није остварено, није могућа даља израда модела. Ово је само могуће уколико линије крећу и завршавају се на осној линији.



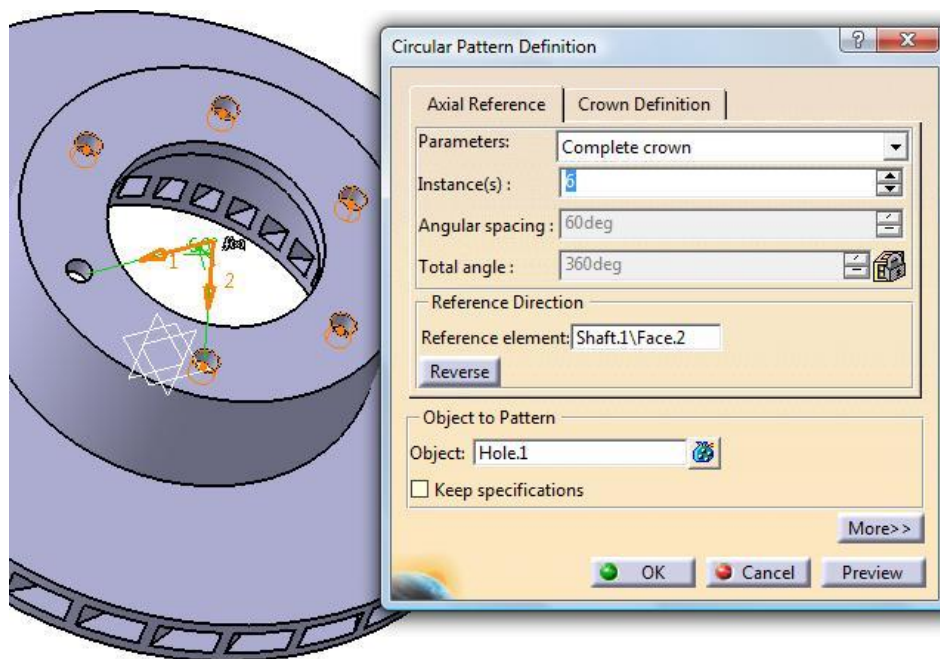
У овом случају формирање везе је једино могуће помоћу завртњева. Тако да је даље потребно направити отворе, помоћу којих ће се остварити веза. Користи ће се алат **Hole** , а кликом на **Sketch** биће могуће задавање тачног положаја отвора. Пошто је реч о вези завртњем неопходно је при изради отвора направити навој, а то је могуће помоћу ове исте команде, односно потребно је кликнути на трећу картицу **Thread Defamation** и означити **Threaded**.



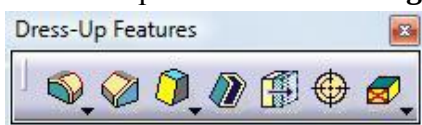
Након тога користећи алат **Circular Pattern** , из палете алата **Transformation**



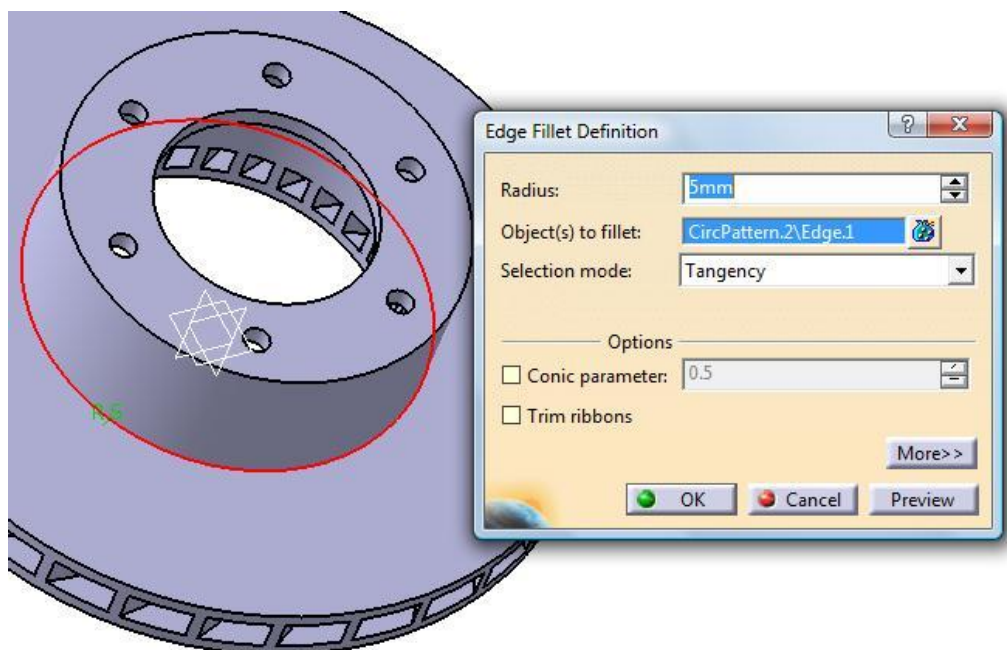
Features, одабрати да се по целом кругу налазе отвори, односно **Complete crown**, затим дефинисати број отвора и на којој површини требају бити ископирани, како је показано наредном сликом.



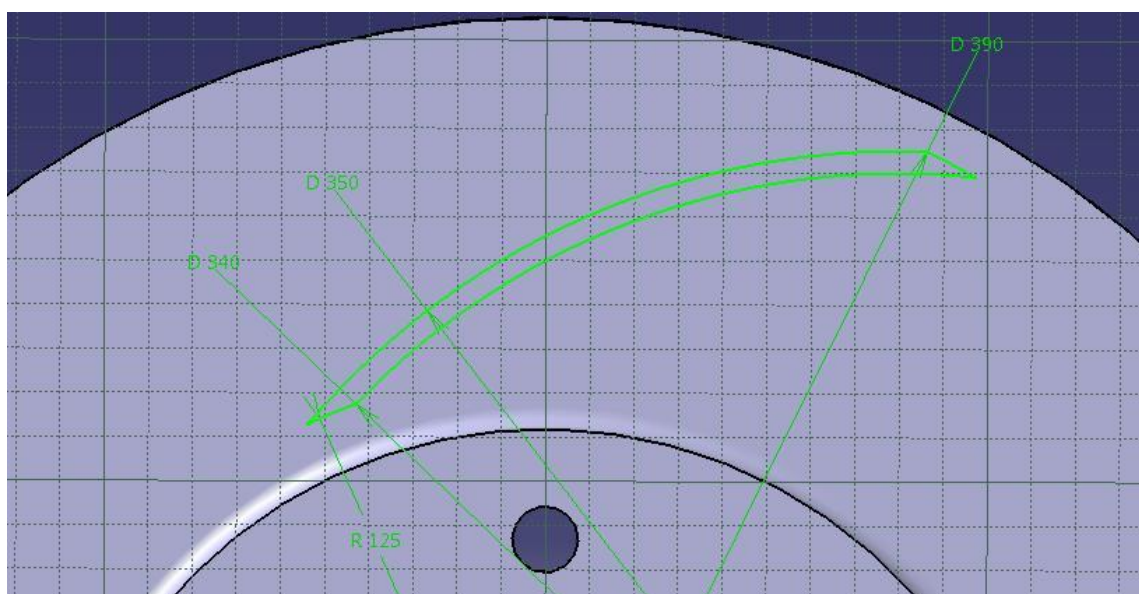
Користећи алат **Edge Fillet** , из палете алата **Dress-Up Features**



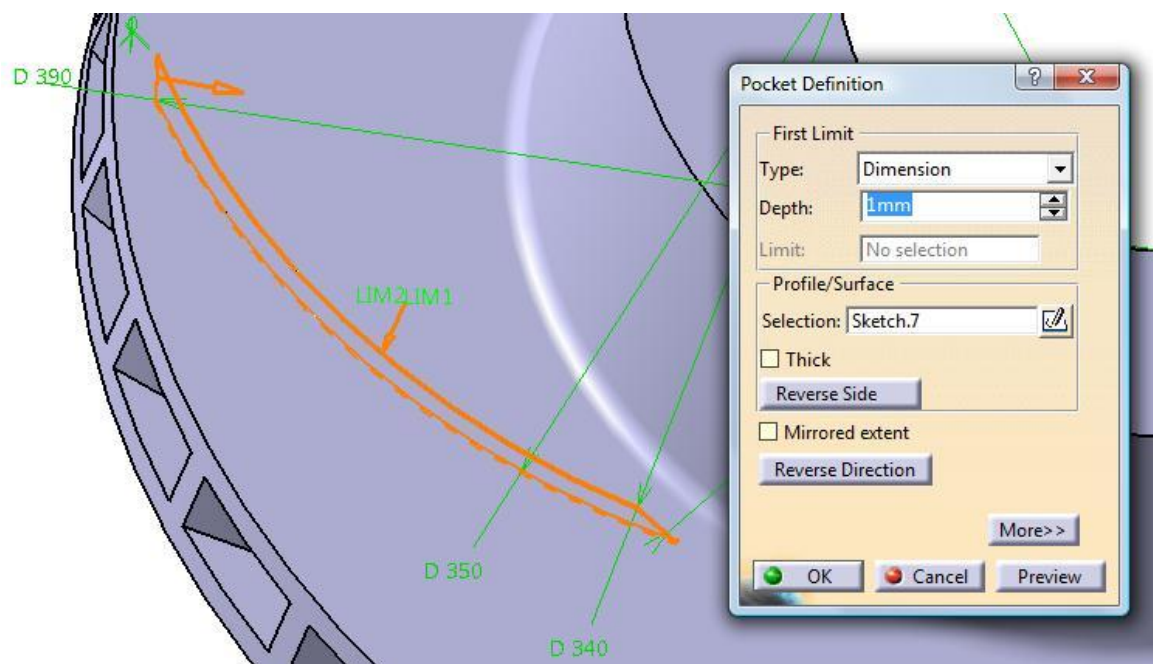
, селектована ивица биће заобљена, што показује наредна слика.



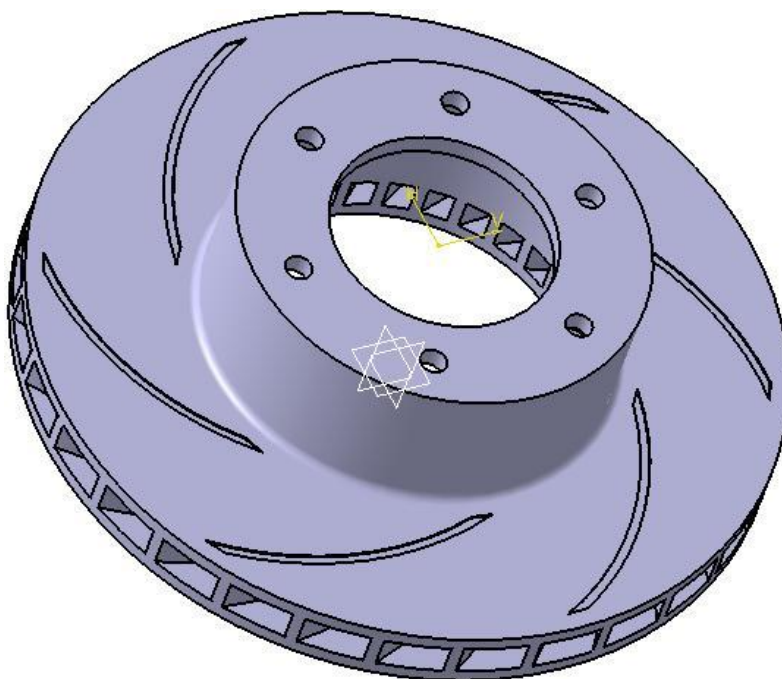
На спољној површини диска постоје зарези, који у овом случају имају облик приказан наредном сликом.



Након тога користећи алат **Pocket**  биће одузета површина истог облика, а прозор који се отвори активирањем поменутог алата, потребно је попунити на следећи начин.



Финални изглед диска је:

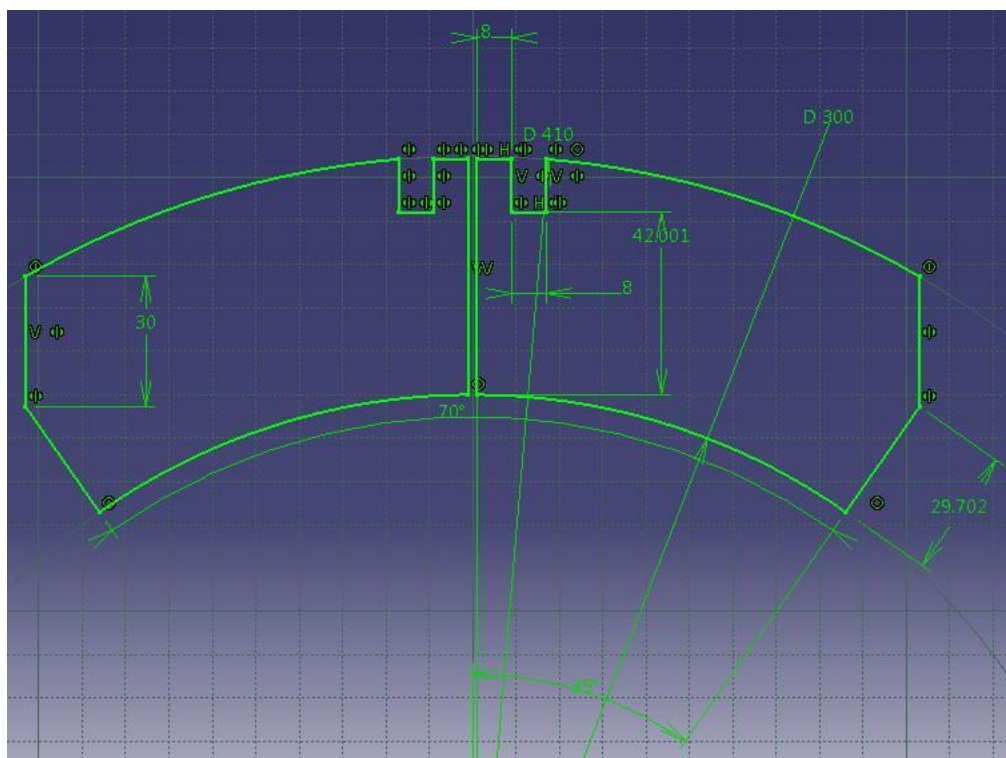


Слика 9.1. Вентилирајући диска

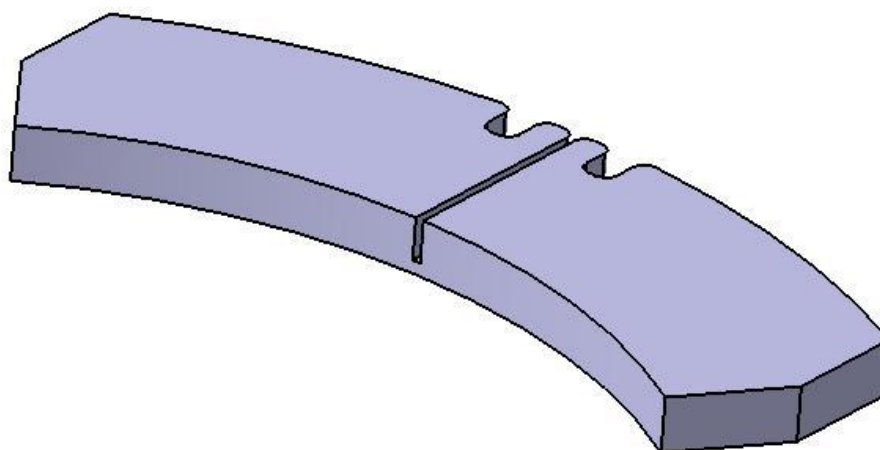
9.2 Кочна плочица

На основу већ формираног модела диска, могуће је нацртати кочну плочицу, која ће по активирању прићи диску и као таква на њега налегати целом површином.

При томе је неопходно да спољни пречник плочице буде једнак спољном пречнику диска. Изглед скице кочне плочице приказан је наредном сликом.



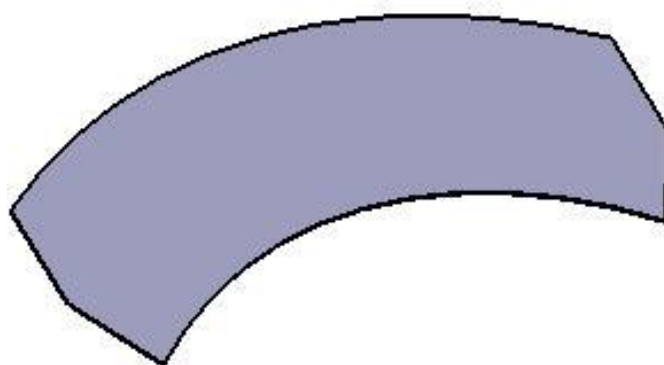
Применом већ коришћених алата, чије је функционисање објашњено, израђен је модел кочне плочице која је приказана сликом испод.



Слика 9.2. Кочна плочица

9.3. Металне део кочних плочица

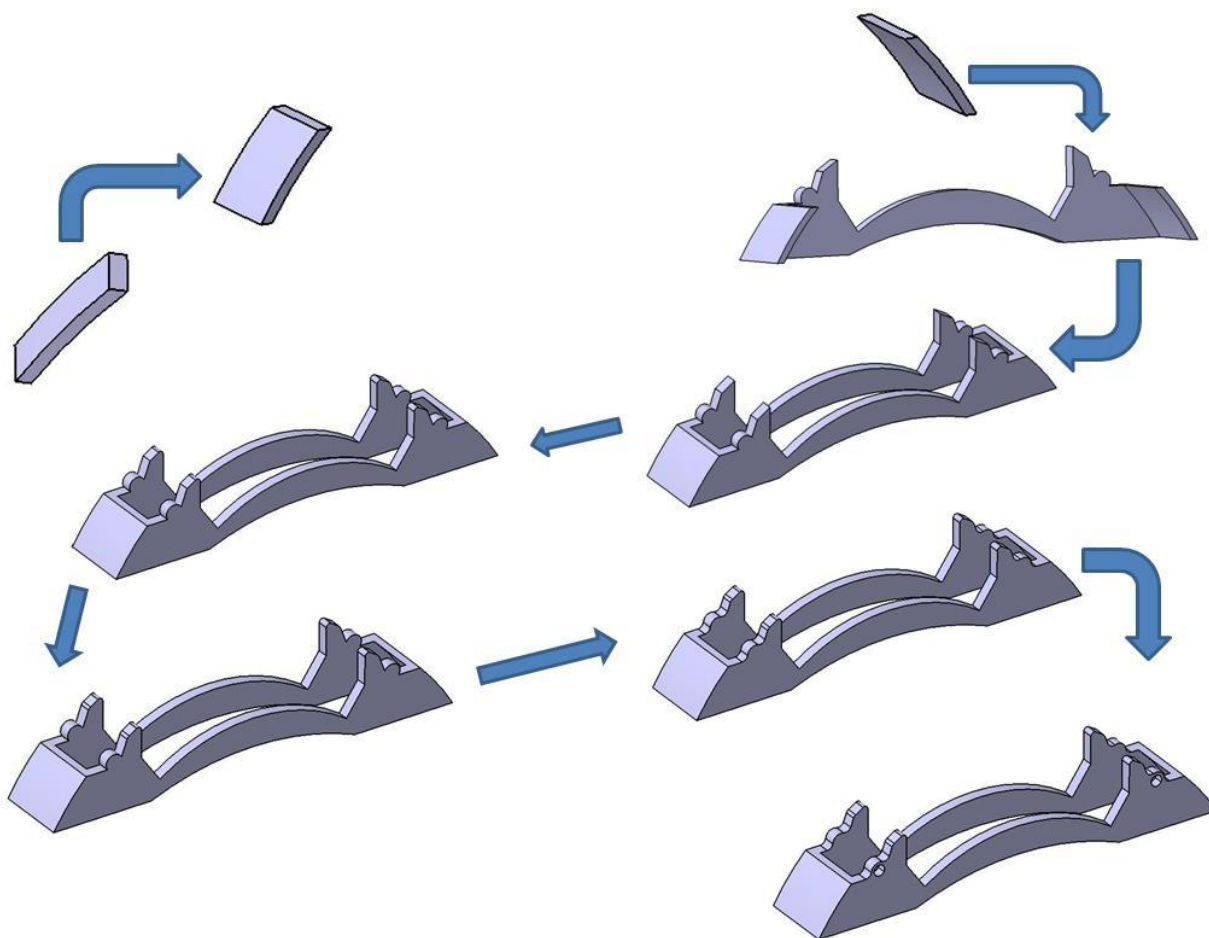
Метални део плочица имају облик како је приказано на слици испод, а који је дефинисан обликом кочне плочице.



Слика 9.3. Метални део кочне плочице

9.4 Носач кочних плочица

На основу облика плочица неопходно је измоделирати носач кочних плочица (алатима који су и раније коришћени) на коме ће се плочице без тешкоће монтирати. Након тога носач кочних плочица је моделиран на основу постојећег модела, односно на основу каталога Knorr-Brems [17].

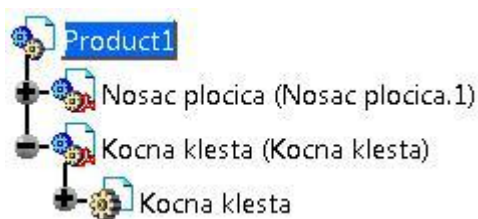


Слика 9.4. Поступак моделирања носача кочних плочица

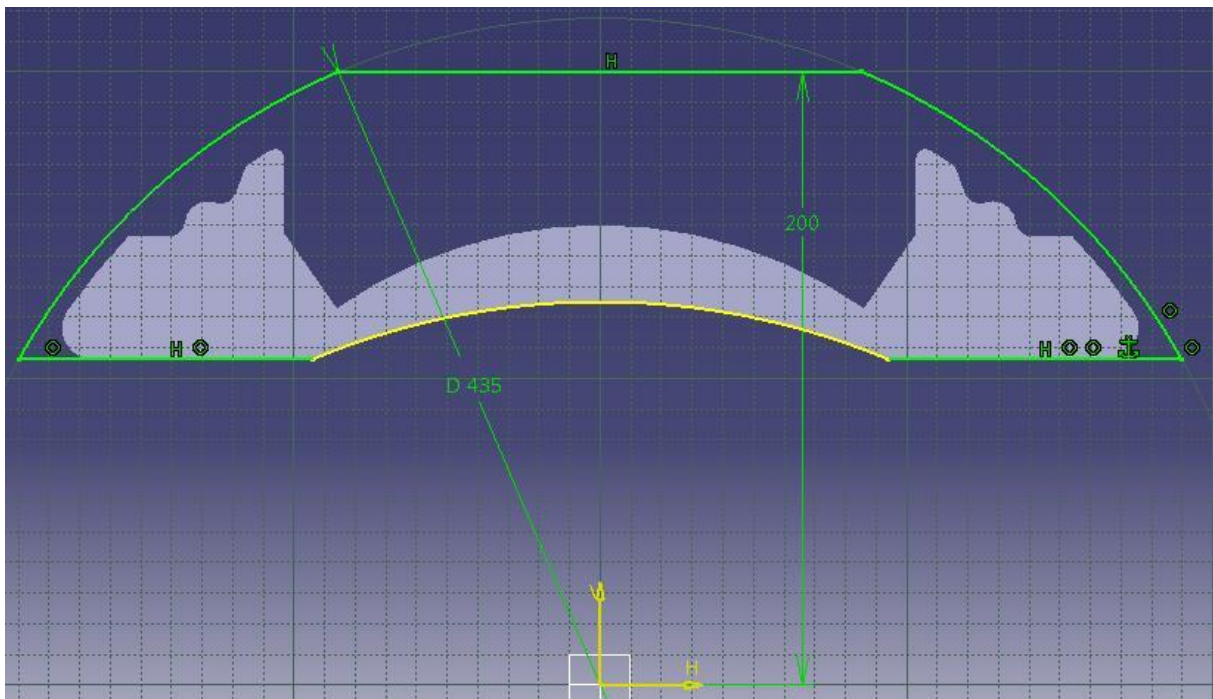
9.5 Кочна клешта

Како носач кочних плочица има сложен облик, најједноставније начин за израду модела кочних клешта, јесте цртање у склопу.

Најпре је потребно стартовати **Assembly Design** радно окружење. Након тога у склоп убацити већ постојећи модел, односно носач кочних плочица који је потребно фиксирати, односно одузети му све степене слободе кретање. Затим кликом на картицу **Insert** отвориће се падајући мени, и потребно је активирати опцију **New Part**. Након тога у стаблу ће се појавити **New Part**, коме је име промењено у **Kocna klesta**, и сада стабло изгледа овако.

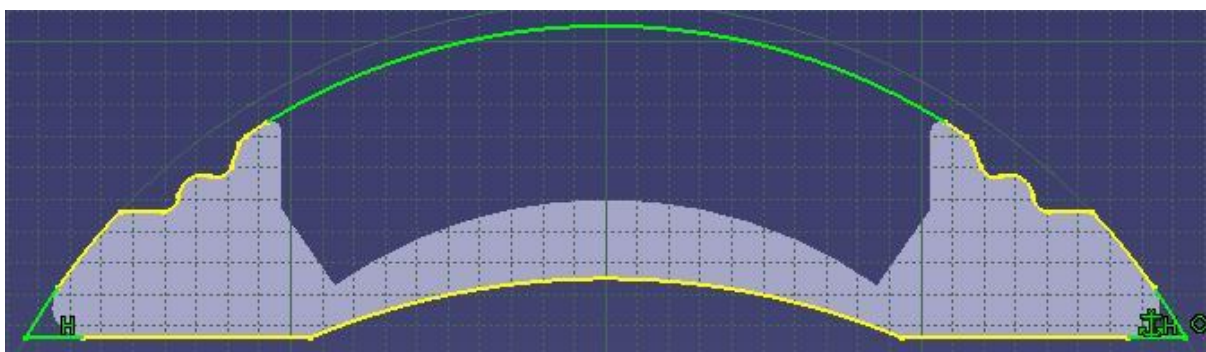
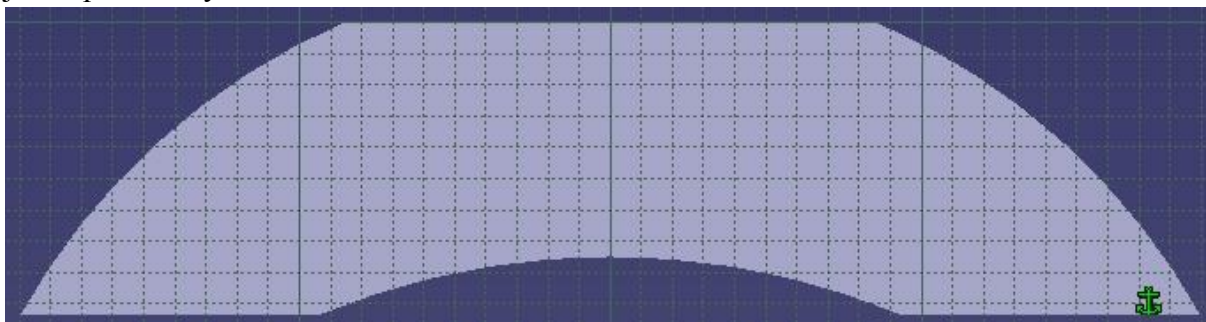


Даље се приступа формирању скице, као и у претходним случајевима. Скица изгледа као што је приказано на слици испод. Уколико не постоје прецизне димензије за израду неког дела или је он сложеног облика, моделирање управо на овај начин увелико олакшава овај процес.

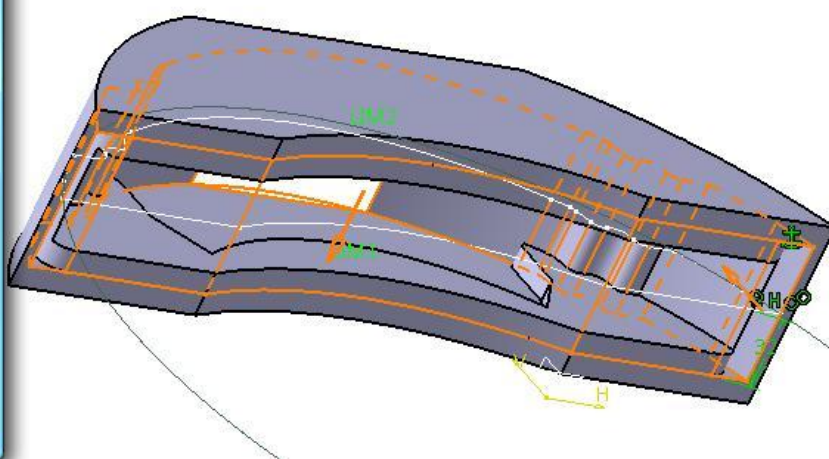
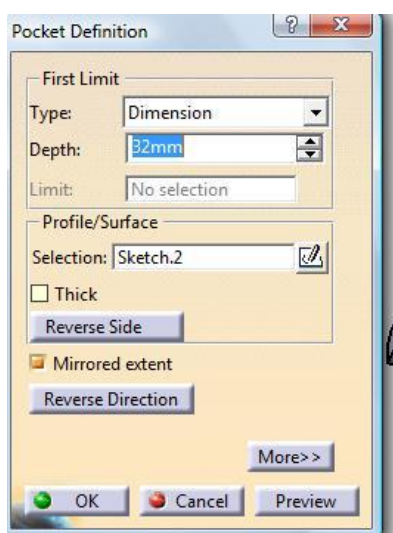


Сада део има изглед приказан сликом испод, а потребно је унутар њега одузети облик носача кочних плочица. Како то у овом моменту није могуће, потребно је део

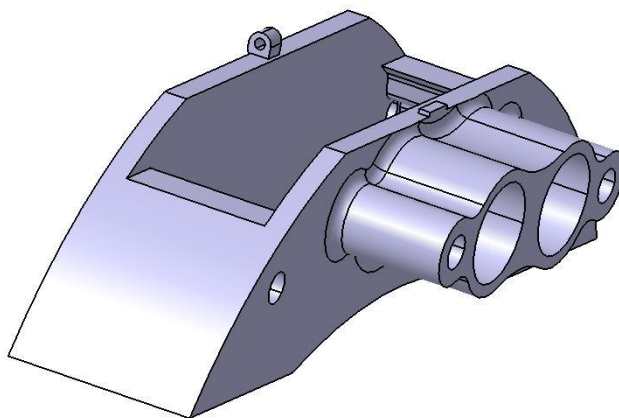
који је управо измоделиран, односно **Pad.1** у стаблу привремено сакрити, десним кликом на **Pad.1**, па затим кликнути на **Hide/Show** и након тога моћи ће се уз помоћ како линија и кругова, тако и уз помоћу алата **Project 3D Elements** нацртати облик који је потребно одузети.



Након исцртане скице активирати команду **Exit Workbench**  за излазак из скице, након тога активирати алат **Pocket**  и попунити прозор као што је то приказано на наредној слици.



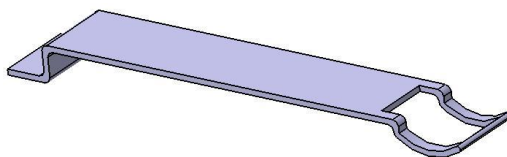
Крајњи изглед кочних клешта приказан је следећом сликом.



Слика 9.5. Кочна клешта

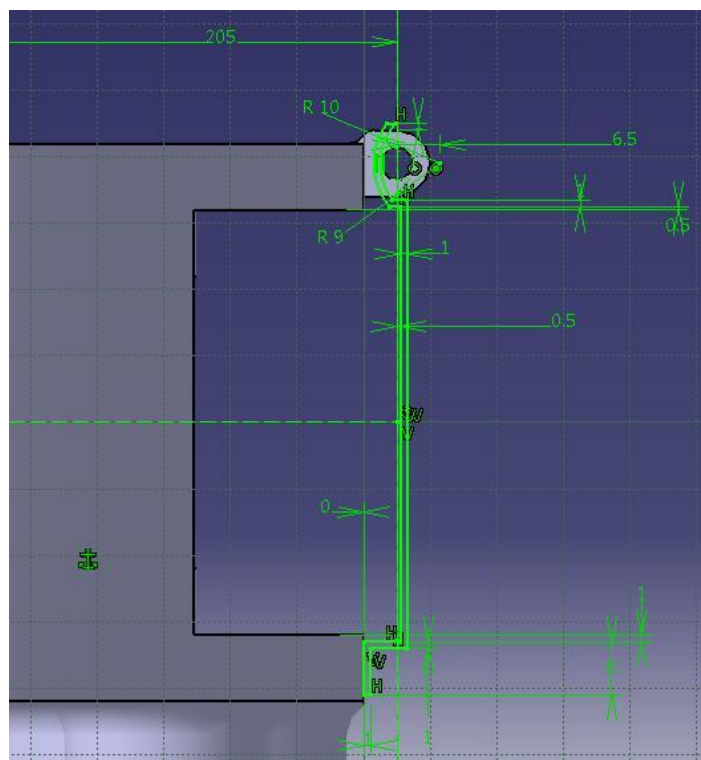
9.6 Држач

Како кочне плочице при експлоатацији не би испале из свог лежишта неопходно је то на неки начин спречити. То је у овом случају постигнуто следећим делом – држачем.



Слика 9.6. Држач

Зато је неопходно поновити поступак примењен при моделирању клешта, а то је моделирање у склопу.



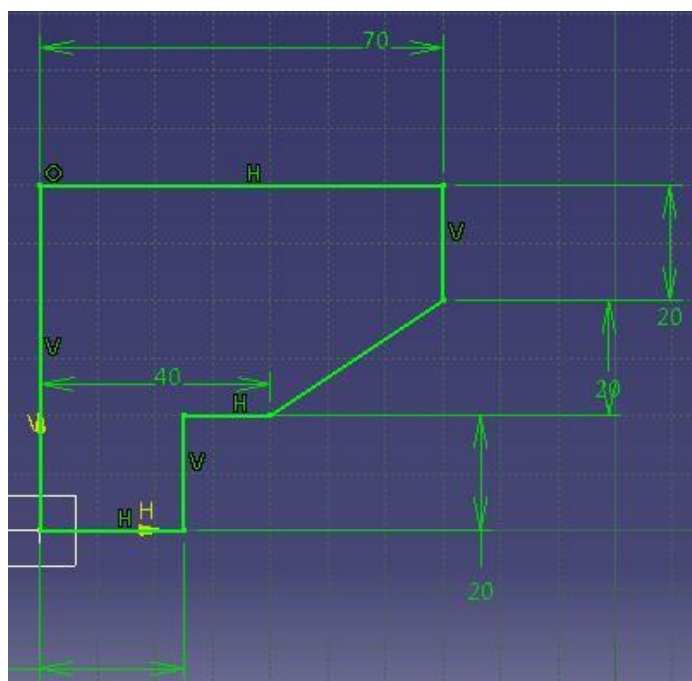
Ово је јако погодно и при замени кочних плочица, јер се на врло једноставан и брз начин могу заменити, без компликованог поступка демонтаже, слика 22.



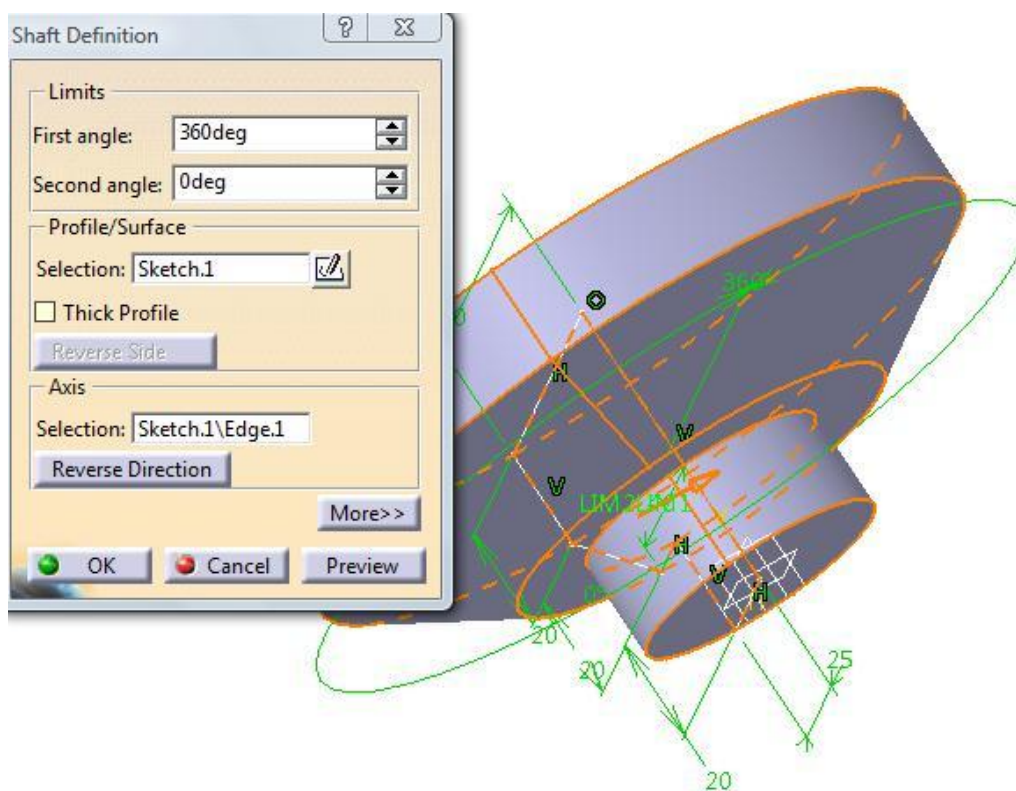
Слика 9.7. Поступак замене кочних плочица [21]

9.7 Грана са цилиндром

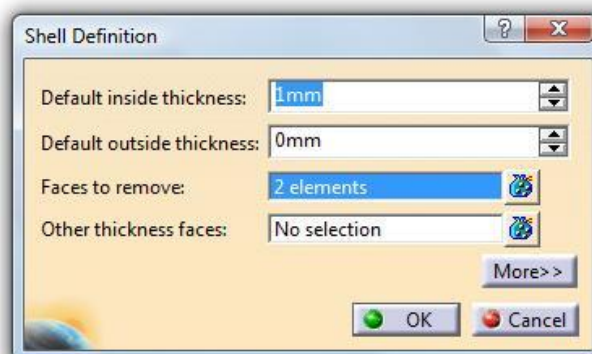
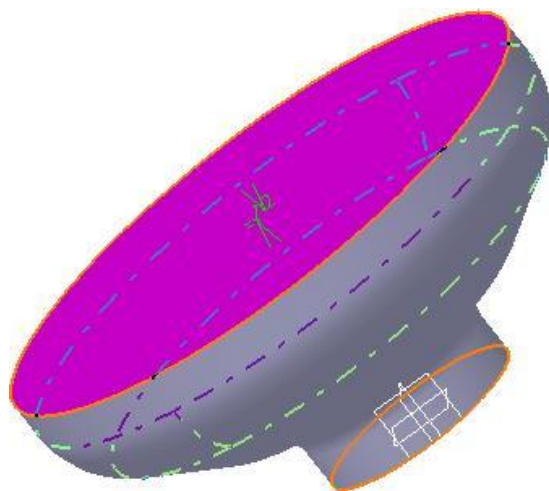
Грана са цилиндром се поставља са задње стране кочних клешта и она је завртњима везана са клештима. Како се ради о грани која на себи има део цилиндра, неопходно је прво измоделирати део са цилиндром како је приказано наредном сликом.



Изласком из скице, активира се команда **Shaft**  и биће



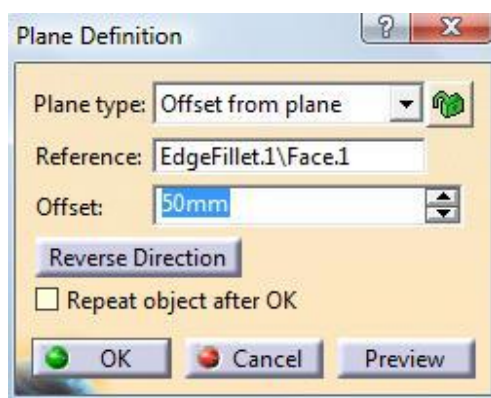
Цилиндар и део гране су „шупљи“, како би то било могуће активирањем команде **Shell** , након тога потребно је селектовати и горњу и доњу површину формираног дела, јер је једино тако могуће да има отвор и са горње и доње стране.



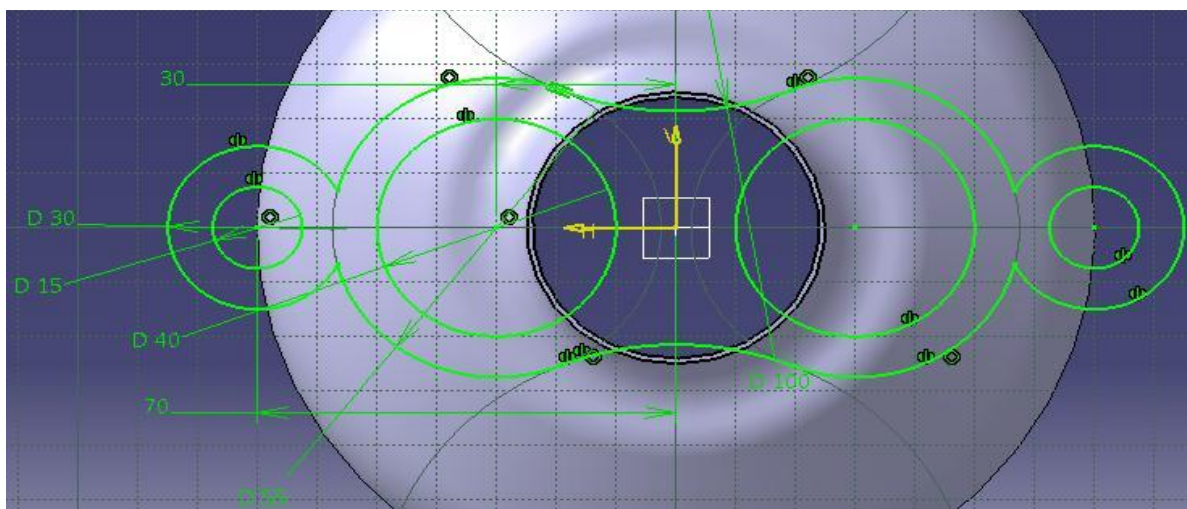
Након тога са доње стране селектовати површину најмањег круга (доњу страну) и формирати нову раван кликом на команду **Plane** , из палете алата **Reference**



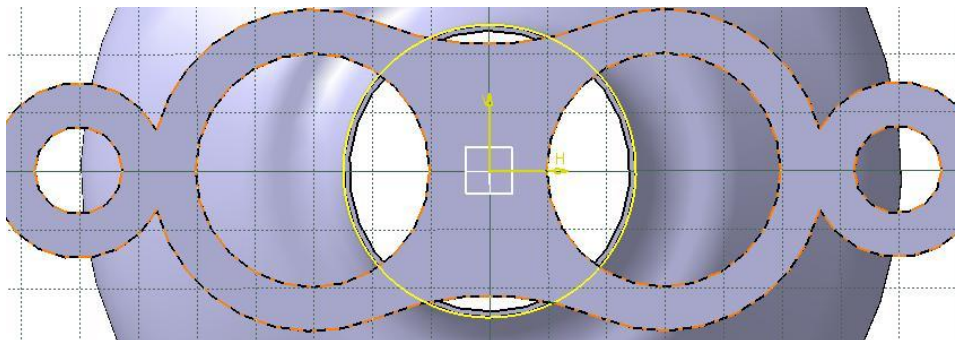
избором опција приказаних у следећем прозору:



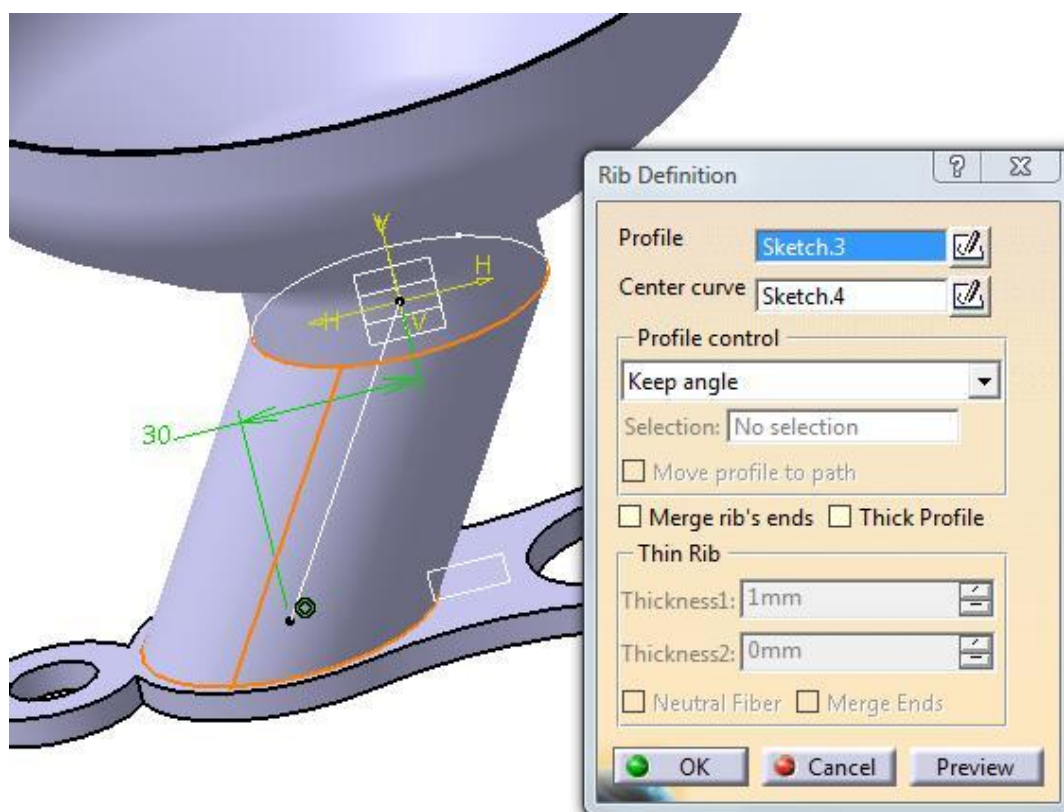
Раван која је управо формирана треба селектовати и активирати скицу. У скици је потребно направити део који је у контакту са клештима, а који је приказан на наредној слици.



Селектовати доњу површину цилиндра (површина између два круга, односно зид цеви), формирати скицу користећи алате из **Project 3D Elements** па кликнути на круг већег пречника.



Пре него што се активира команду **Rib**  потребно је нацртати још једну скицу, која ће у ствари представљати путању круга.

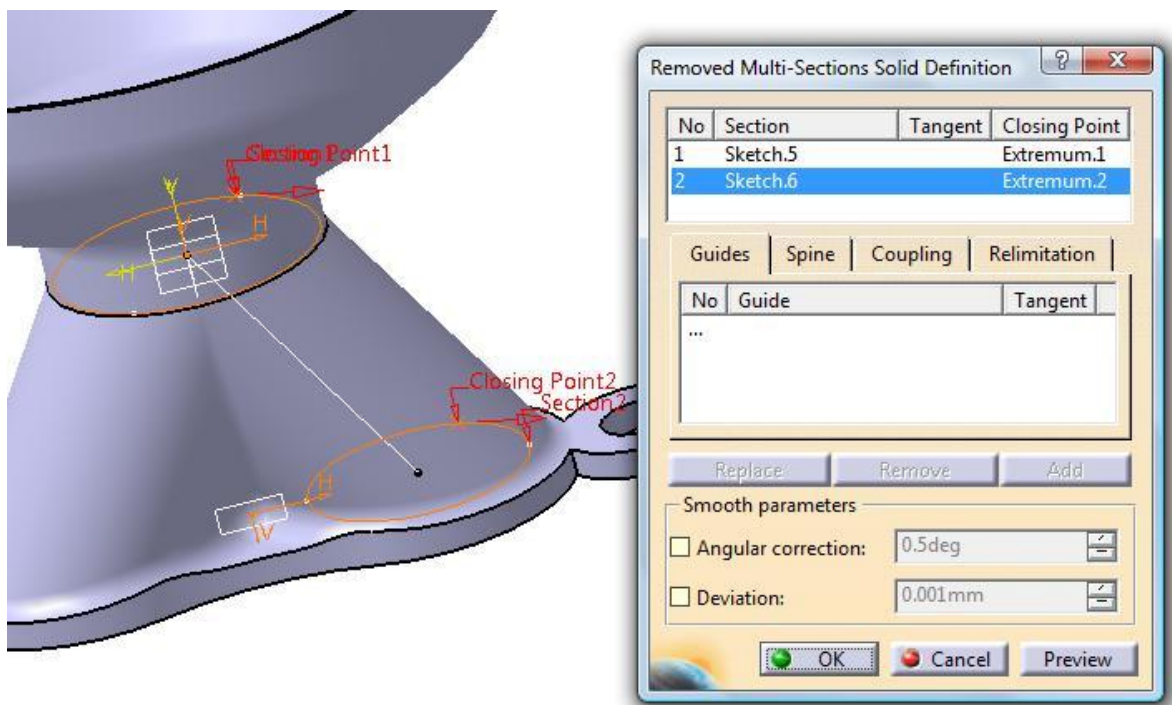


Након завршетка цртања скица, изаћи у **Part** окружење и активирати већ

поменуту команду **Rib**  за **Profile** селектовати круг, а за **Center curve** линију која представља путању. Исти такав цилиндар потребно је направити и са друге стране. Користећи команду **Mirror** , добиће се исти облик насупрот селектоване равни која се налази на средини дела (ово је могуће уколико се црта симетрично). Након тога потребно је избушити отворе кроз претходно креиране делове. То се може урадити тако што се примени команда **Removed Multi-sections Solid** . Како би се користио поменути алат потребно је нацртати два круга и путању по којој треба да се одузме материјал. Овај алат се користи из разлога што постоје два круга различитих пречника.

Напомена:

Уколико стрелице при селектовању претходно формираних скица иду у супротном смеру, потребно је на једну од њих кликнути и само тада ће бити могуће извршење функције активиране команде.



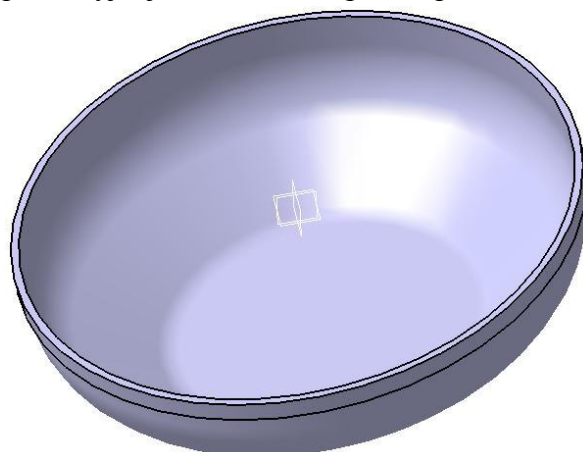
Поновити поступак и са друге стране и крајњи изглед гране са цилиндром изгледа као на слици 9.8.



Слика 9.8. Грана са цилиндром

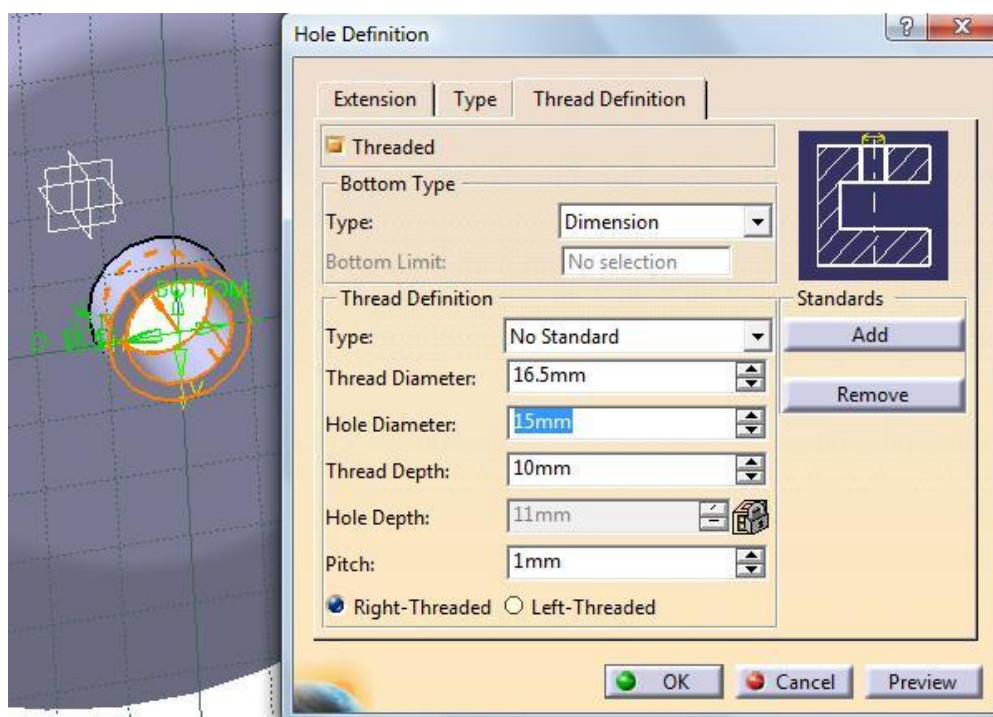
9.8 Горњи поклопац цилиндра

Цилиндар се формира на већ добро познат начин, командом **Shaft** . Једино што се у овом случају разликује, је то што са горње стране цилиндар остаје затворен.



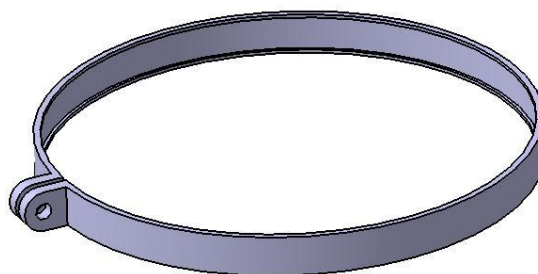
Слика 9.9. Горњи поклопац цилиндра

Сада је још потребно направити отвор преко кога се део повезује са осталим елементима склопа. Пошто се веза остварује преко навоја, при бушењу отвора потребно је при активирању алата **Hole** , у прозору који се отвори кликнути на трећу картици и изабрати **Threaded**.



9.9 Стезни прстен цилиндра

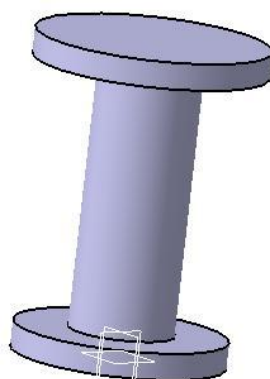
Спајање делова цилиндра постиже се помоћу стезног прстена који се монтира по ободу цилиндра. Његово моделирање неће бити објашњено, приказан је на слици 9.10.



Слика 9.10. Стезни прстен цилиндра

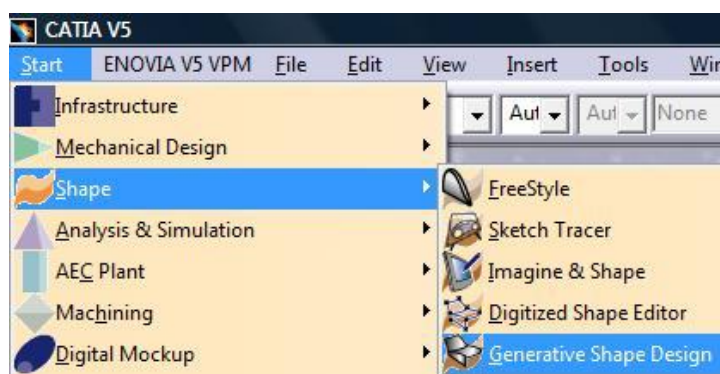
9. 10 Клип са опругом

Клип активира кочне плочице, односно он притиска кочне плочице на површину диска. Значи доња површина клипа делује на кочну плочицу, док на површину која се налази на супротној страни делује компримовани ваздух, чиме се врши активирање кочице.

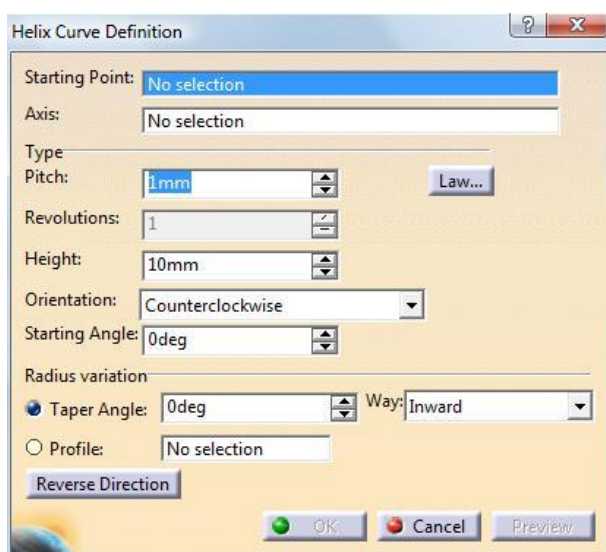


Слика 9.11. Клип

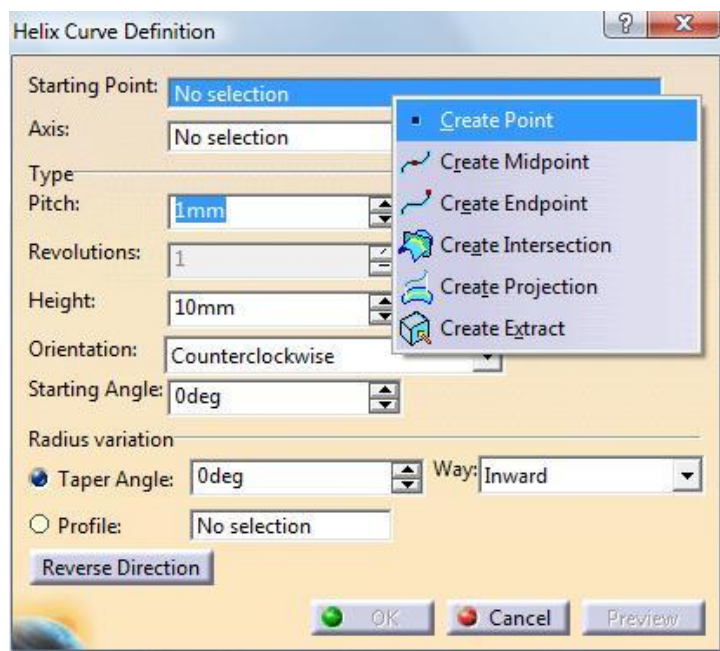
При престанку деловања притиска потребно је да се клип врати у првобитни положај, а то се остварује дејством опруге. При моделирању опруге потребно је из **Start** менија кликнути на **Shape**, а затим **Generative Shape Design**, што је приказано на наредној слици.



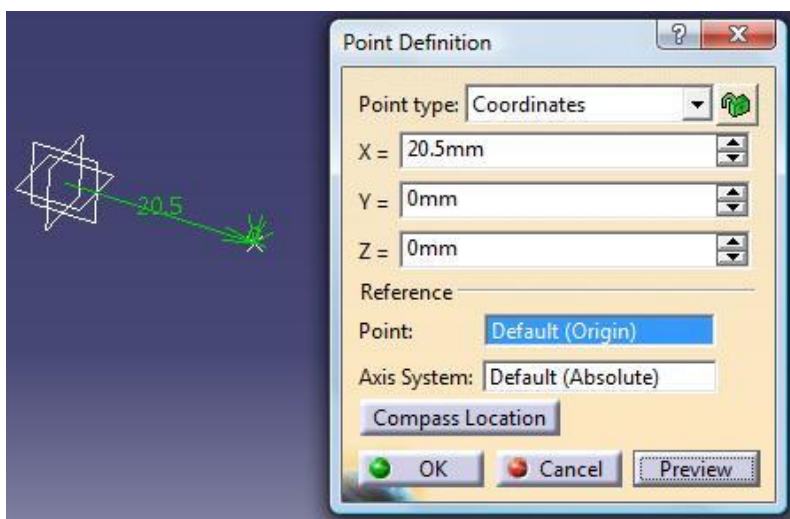
Након тога активирањем команде **Helix** , из палете алата **Wireframe** , отвориће се прозор који је приказан наредном СЛИКОМ:



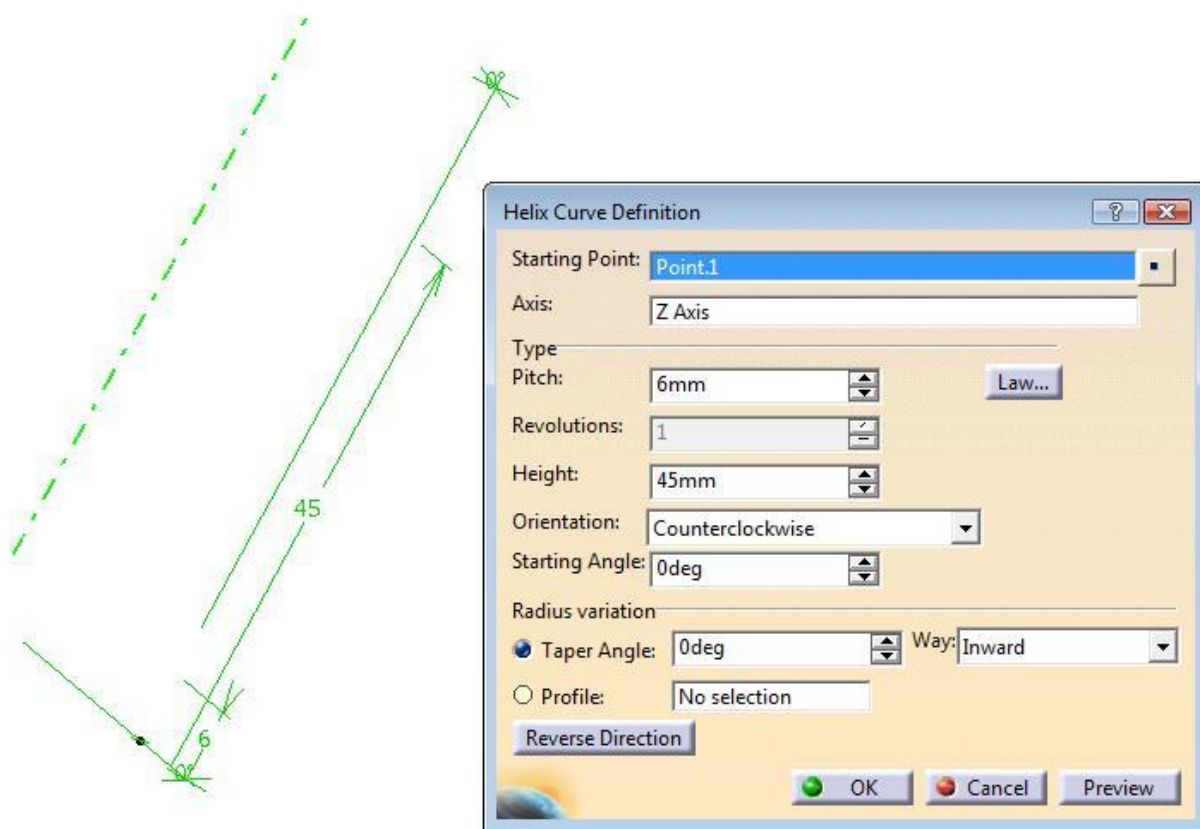
Десним кликом у поље **Starting Point** отвориће се листа, где је у овом случају потребно кликнути на **Create Point**.



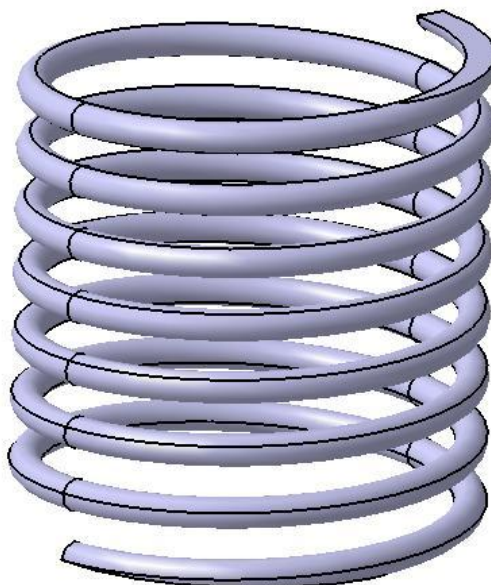
Након тога отвориће се прозор који је потребно попунити као што је показано. Координате које су задате, у ствари показује где се тачно налази почетна тачка спирале.



Кликом на **ОК**, врши се повратак на првобитни прозор где је потребно селектовати осу око које ће ићи спирала, као и задати корак и висина опруге.



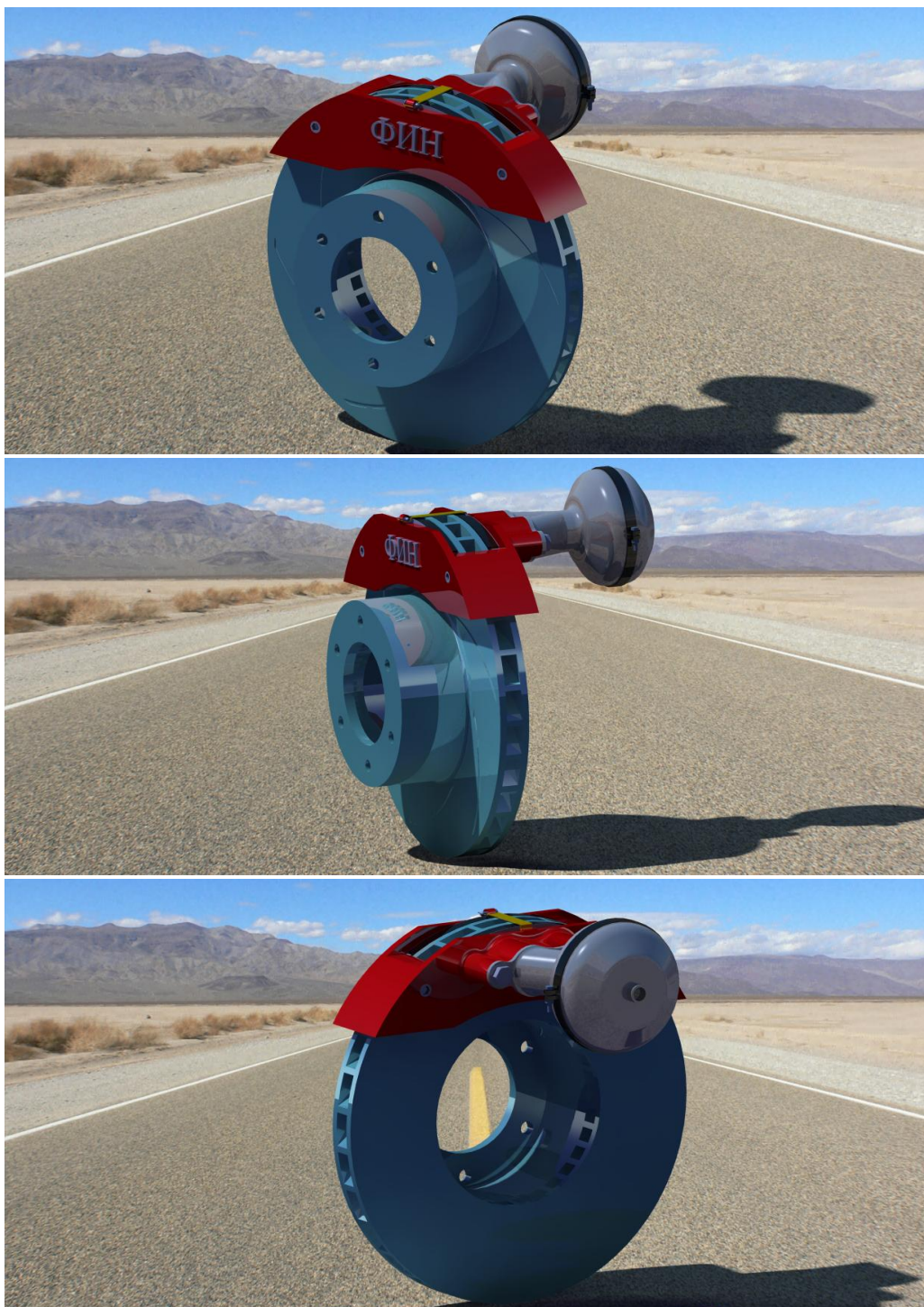
Након тога се активира **Part Design**, у скици нацрта круг и потом применити команду **Rib** , где **Profile** представља круг који је управо нацртан, а **Center curve** је спирала која је формирана у **Generative Shape Design**.



Слика 9.12. Спирална опруга

9.11 Склоп пнеуматске диск кочнице у софтверском пакету САТИА

Након завршетка моделирања основних делова од којих се састоји пнеуматичка диск кочница, извршено је формирање склопа. Изглед пнеуматичке диск кочнице приказан је на наредним сликама. Габаритне димензије и техничка документација склопа дата је у прилогу.

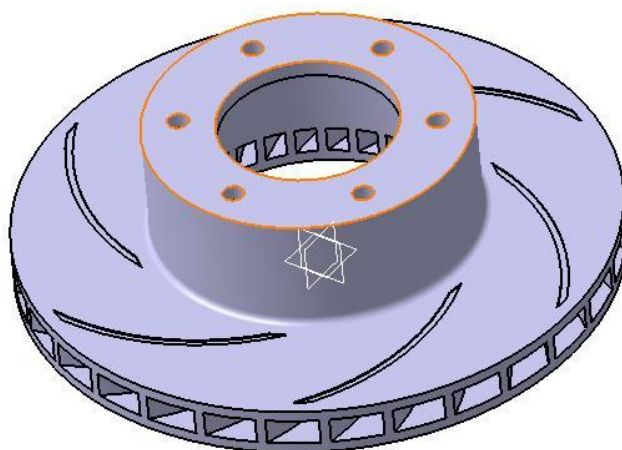


Слика 9.13. Изглед склопа пнеуматичке диск кочнице

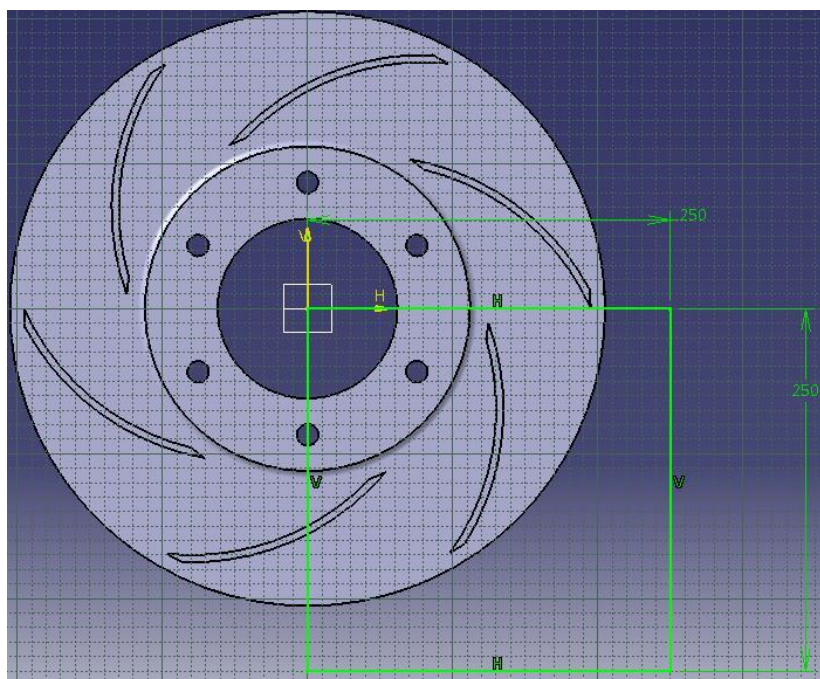
10 Структурна и термичка анализа диск кочница теретних возила

10.1 Напонска стања диска при дејству центрифугалних сила

При анализи напонских стања под дејством центрифугалних сила, због симетричног облика дела и оптерећења, није потребно посматрати комплетан диск, па ће у овом случају бити посматрана само четвртина диска. Како је модел диска већ урађен у софтверском пакету CATIA, потребно је отворити диск и кликнути на површину како је показано наредном сликом и покренути алат **Sketch** .

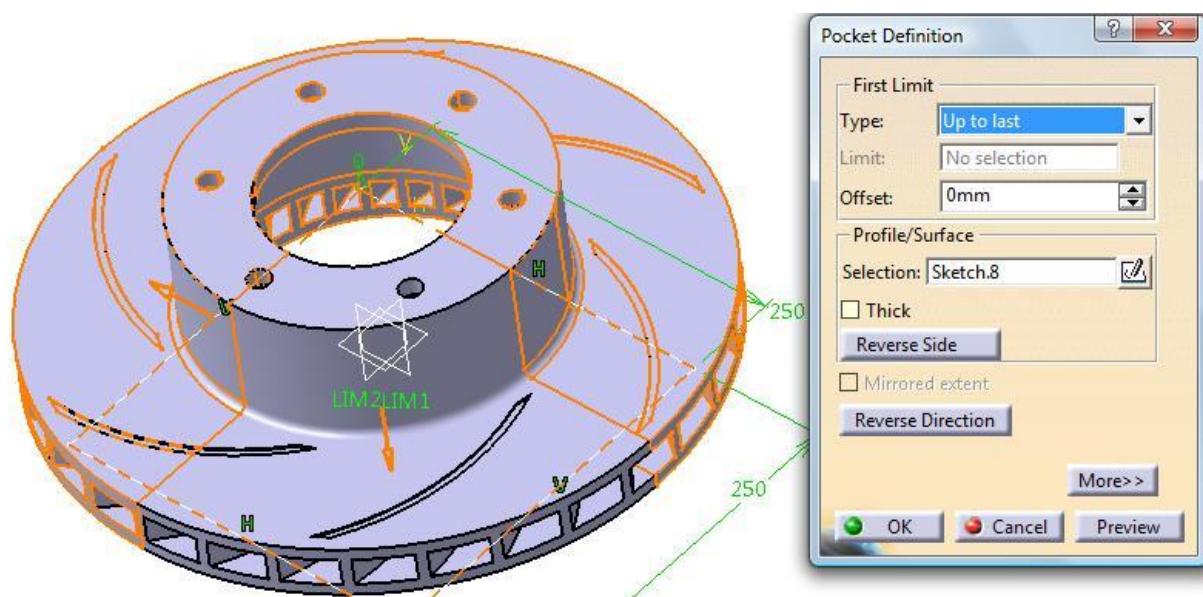


Након тога у скици је потребно исцртати линију исецања:

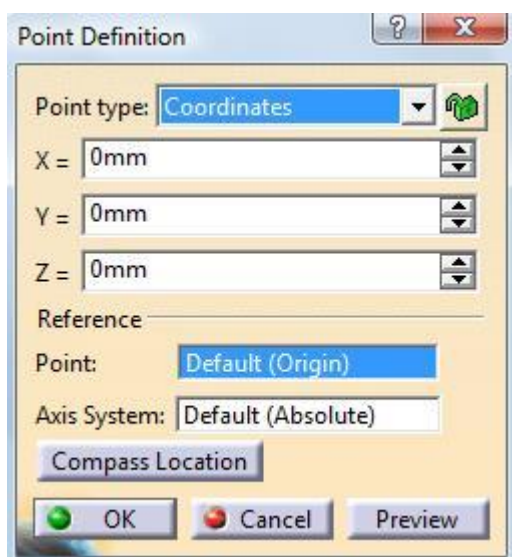


Изласком из скице командом **Exit Workbench** , покренути команду **Pocket**

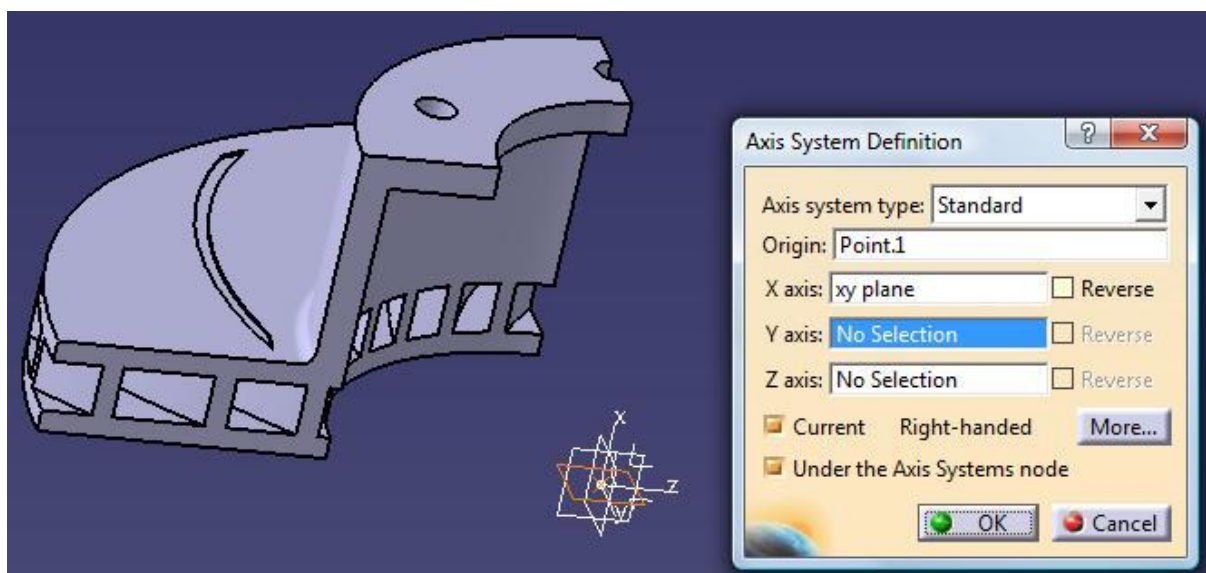
 одузети површину како је показано наредном сликом.



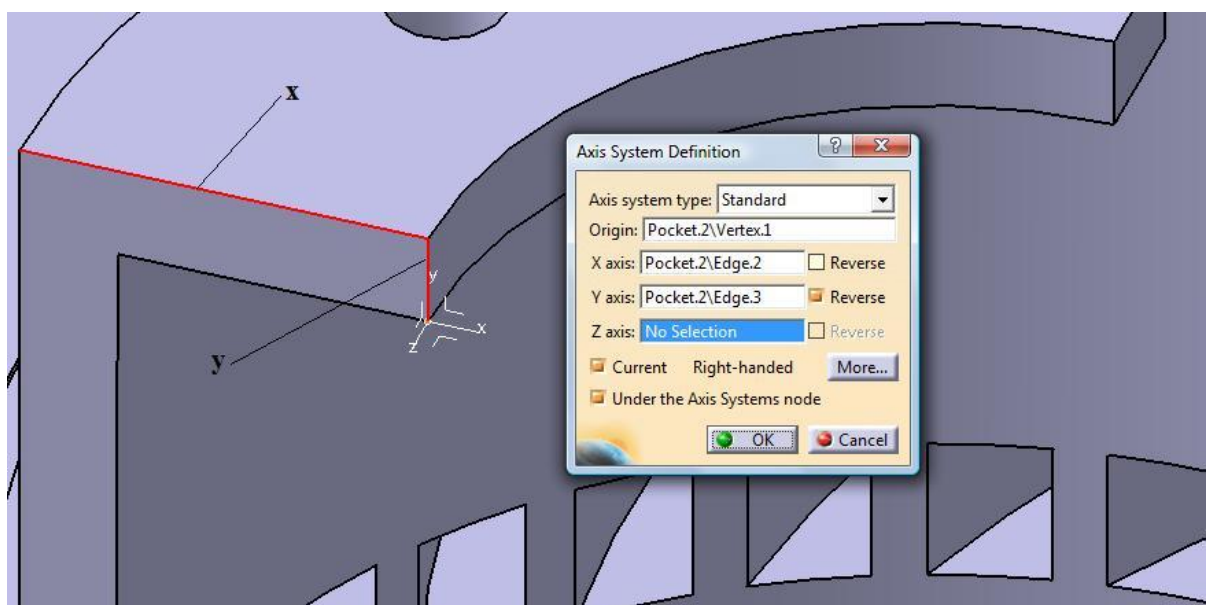
Након тога потребно је креирати тачку у координатном почетку, применом алата **Point**  (попунити опције у прозору као што је приказано).



Активирањем **Axis System** , отвориће се прозор у коме је потребно за Origin селектовати тачку која је креирана у координатном почетку, а за **X axis** раван ху (приказано наредном сликом). По завршетку потврдити, односно кликнути на ОК.



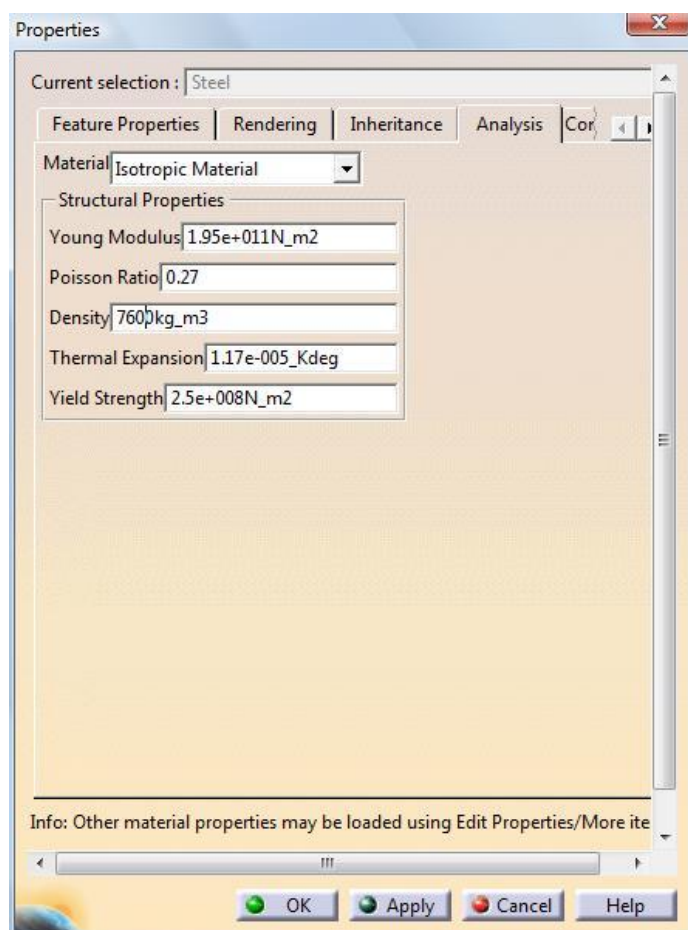
Потребно је затим креирати још један координатни систем. Као координатни почетак треба селектовати **Pocket.2\Vertex.1**, за x осу одабрати означену хоризонталну ивицу дела, а за у осу вертикалну ивицу дела, слика испод.



На самом крају је остало да се изврши избор материјала командом **Apply Material** , са карактеристикама које су приказане у табели 10.1.

Табела 10.1. Карактеристике материјала вентилирајућег диска и кочне плочице [22]

	Вентилирајући диск
Јангов модул еластичности, E_d	195 GN/m ²
Поасонов коефицијент, ν	0,27
Густина, ρ	7600 kg/m ³



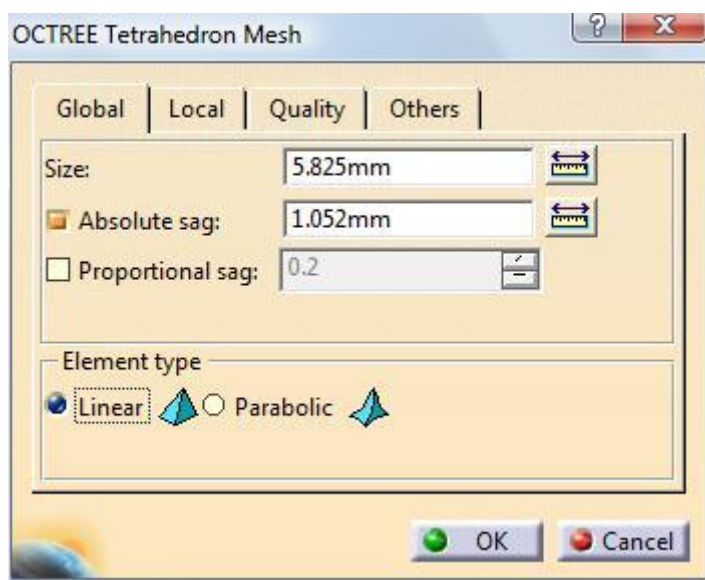
Затим део сачувати под називом **Cetvrtina_diska**.

Start>Analysis & Simulation > Generative Structural Analysis

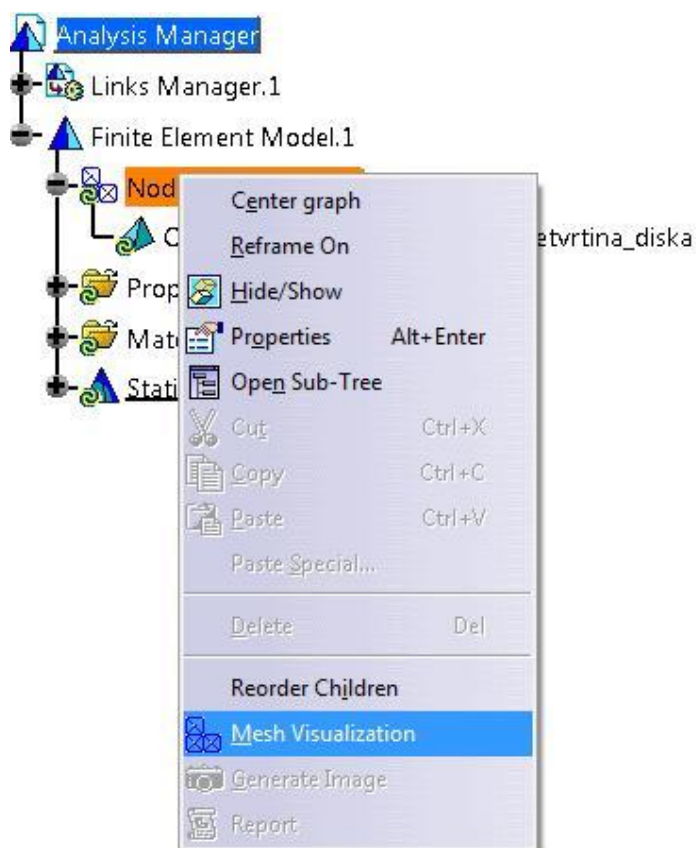


У дијалог прозору **New Analysis Case** селектовати **Static Analysis**.

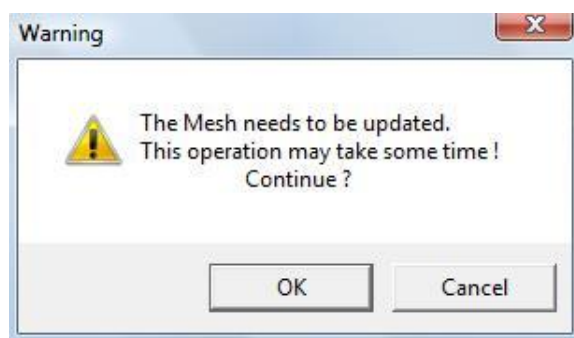
Након тога на делу се појављује симбол  „size“ и „sag“ којим се дефинише величина коначних елемената мреже. Што је мрежа ситнија добијени резултати указују на боље слагање модела са реалним делом-прецизније моделирање, али ће прорачун захтевати више времена. Дуплим кликом на овај симбол, отвориће се прозор у коме је већ рачунар предложио величину мреже, али наравно може се смањити уколико су потребнији прецизнији резултати.



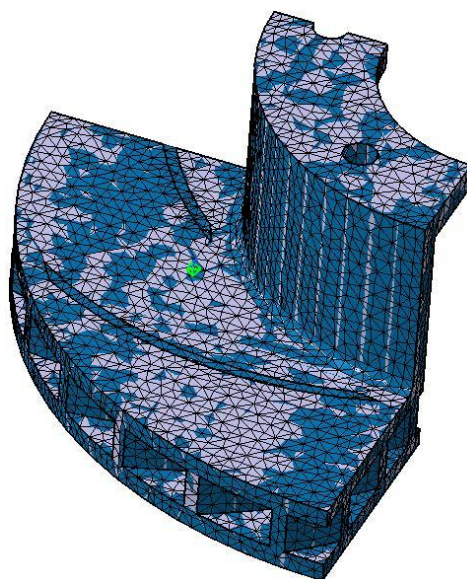
Попуњавањем елемената прозора као на претходној слици потврђена је унета величина коначних елемената. Након тога, у стаблу, десним кликом миша активирати **Nodes and Elements** и изабрати **Mesh Visualization**.



После неколико тренутака појавиће се порука упозорења, да ће покренута операције потрајати, само је потребно кликнути на **OK**.



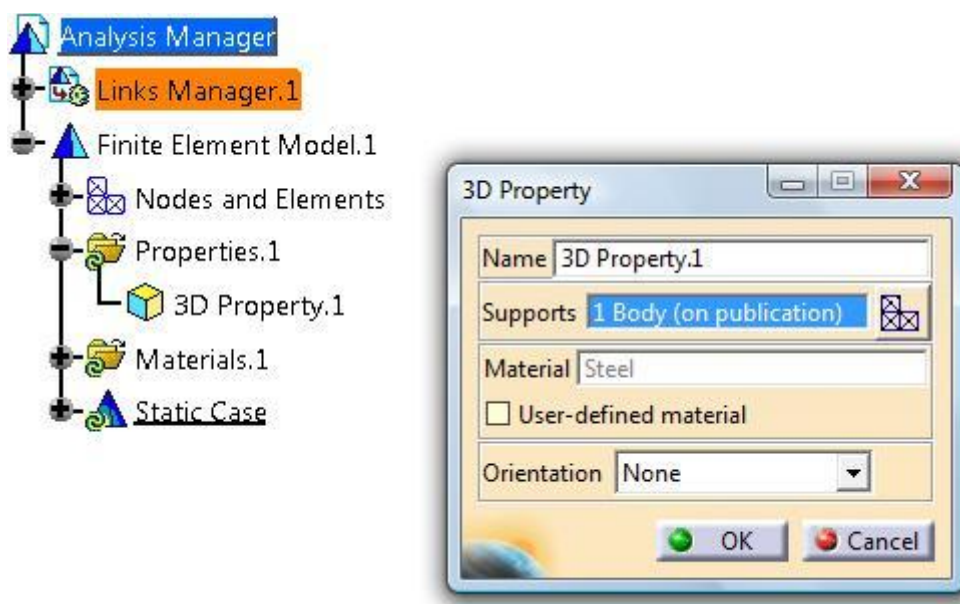
После неколико тренутака може се видети сегмент диска, као и мрежа коначних елемената.



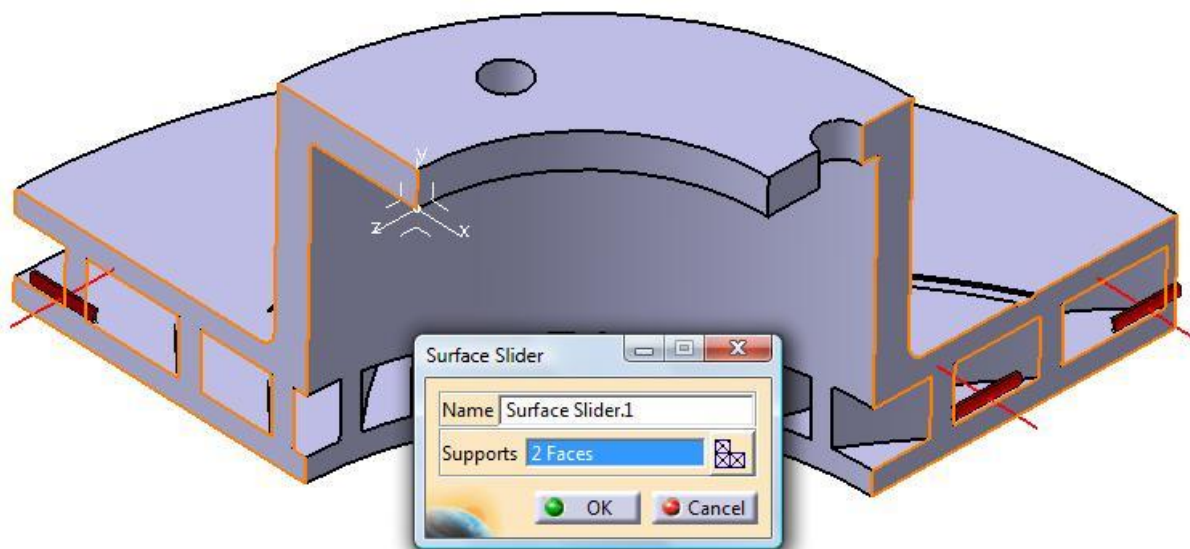
Ради лакше постављања ограничења потребно је сакрити мрежу што се постиже десним кликом на **Nodes and Elements** и из падајућег менија активира се команда

Show/Hide.

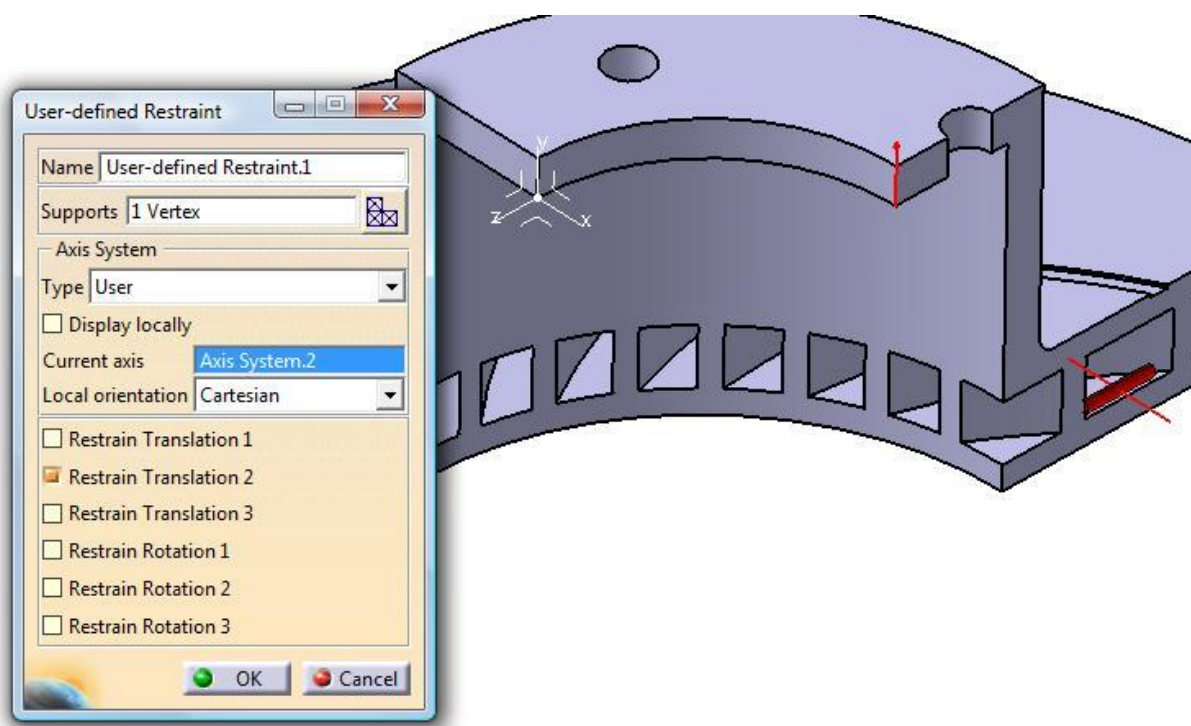
У стаблу дуплим кликом на **3D Property.1**, потребно је проверити да ли је делу додељен материјал.



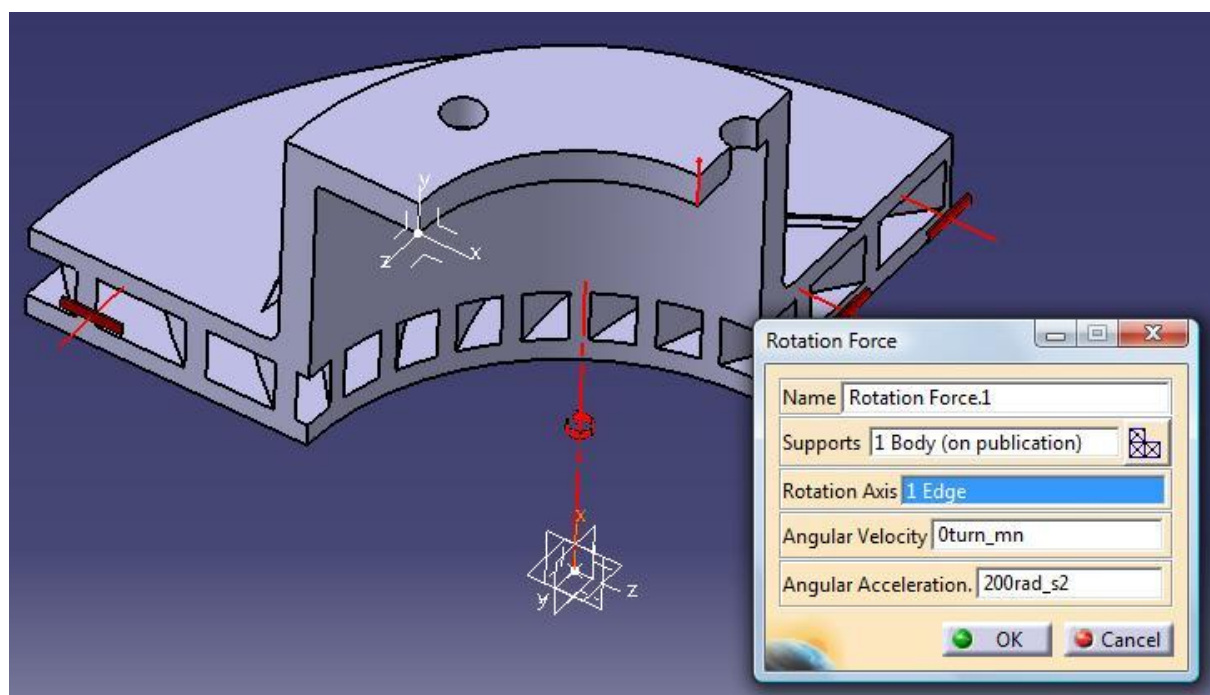
Кликом на команду **Surface Slider**  селектовати обе бочне површине дела и затим кликнути на **OK**.



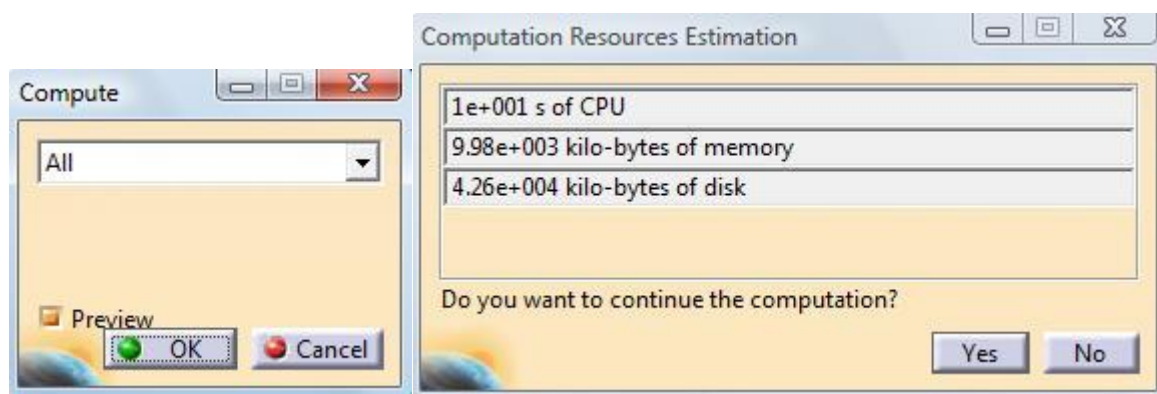
Како диск има могућност окретања око z-осе потребно је додати ограничење **User Defined Restraint** . Потребно је за **Supports** селектовати тачку из ког креће стрелица, за координатни систем одабрати **Axis System.2** (попунити прозор као на наредној слици).

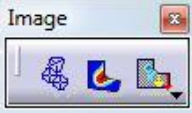


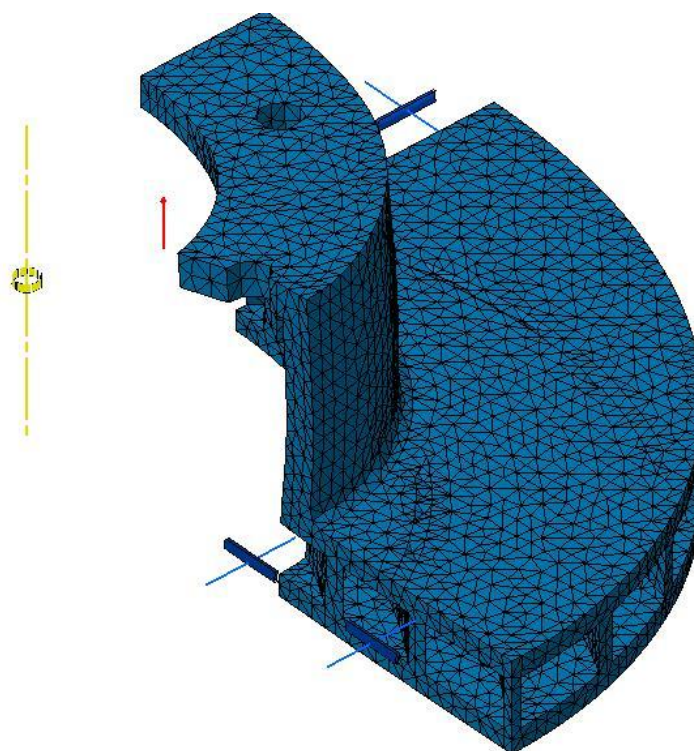
Пошто је циљ одређивања напонског стања при дејству центрифугални сила, потребно командом **Rotation Force**  то и задати. За **Supports** одабрати део, а за **Rotation Axis** осу x и задати угаоно убрзање.



За покретање анализе потребно је активирати команду **Compute** , након чега ће се појави прозор који је приказан на наредној слици.

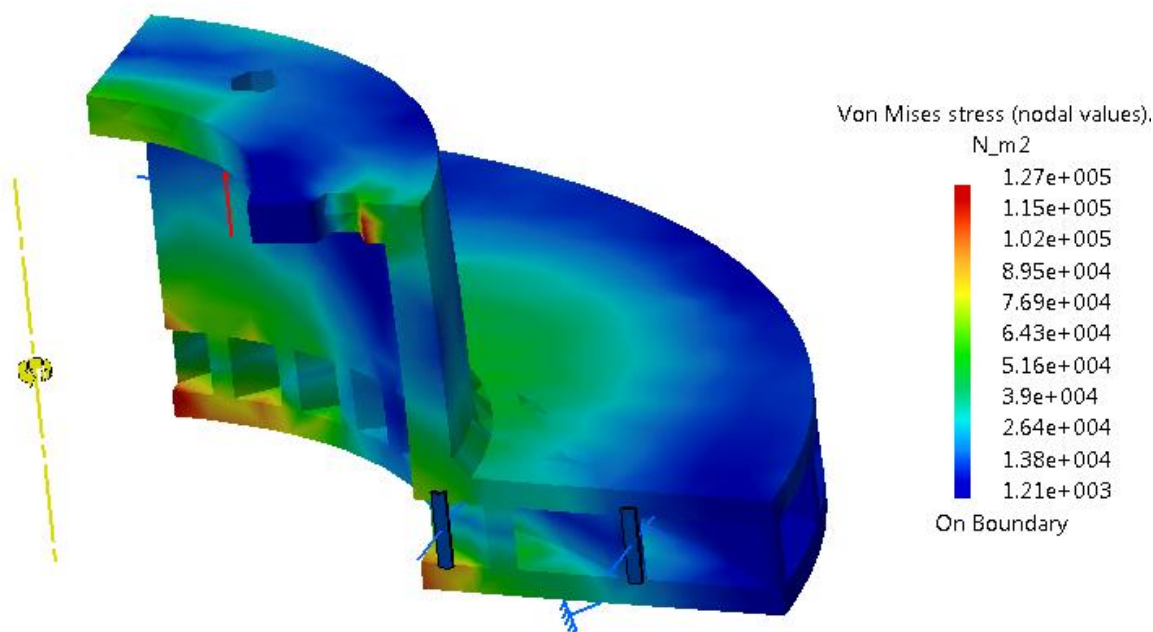


Главна палета за постпроцесирање је **Image** . Кликом на команду **Deformation** , уочиће се деформације које се јављају на моделу, приказано сликом 10.1.



Слика 10.1. Деформације које се јављају на сегменту диска

Активирањем команде **Von Misses Stress**  могу се уочити напрезања која се јављају при дејству центрифугалне силе.



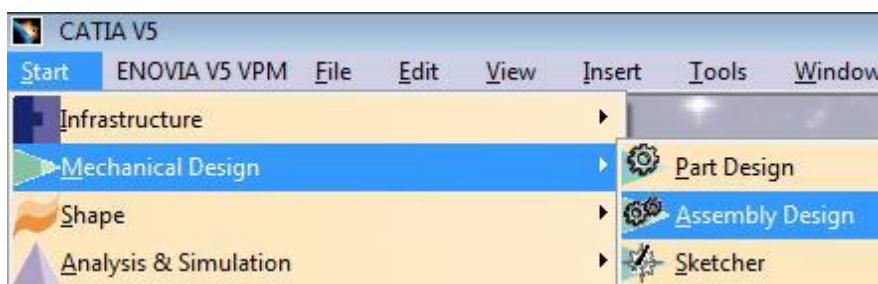
Слика 10.2. Напрезања која се јављају при дејству центрифугалних сила

Највећа напрезања су у зонама где се диск везује завртњима за точак, као и на унутрашњој површини диска, слика изнад.

10.2 Анализа склопа диск кочнице

10.2.1 Креирање склопа

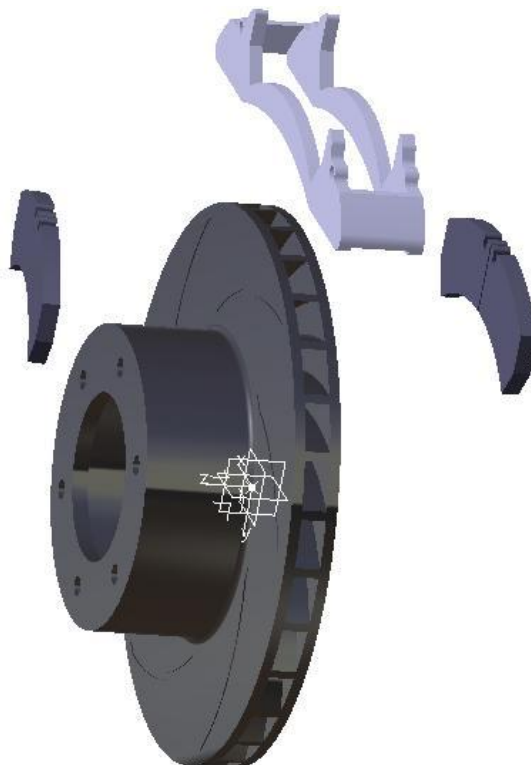
Ради одређивања термичких напрезања која се јављају у диск кочницама неопходно је најпре формирати склоп. Након покретања софтверског пакета CATIA, како би се формирао склоп мора се покренути **Start** → **Mechanical Design** → **Assembly Design**.



Уколико је потребно променити име склопа то се постиже тако што се делује десним кликом на **Product1** и затим се из менија селекује **Properties**. У поље **Part Number** унесе се **Pneumatska_disk_kocnica**. Како би било могуће увожење делова за формирање склопа, неопходно је да склоп **Pneumatska_disk_kocnica** у стаблу буде активан, односно да буде обележен. Уколико се делови преклапају могу се командом

Manipulation  раздвојити и поставити у неки жељени положај, како је приказано

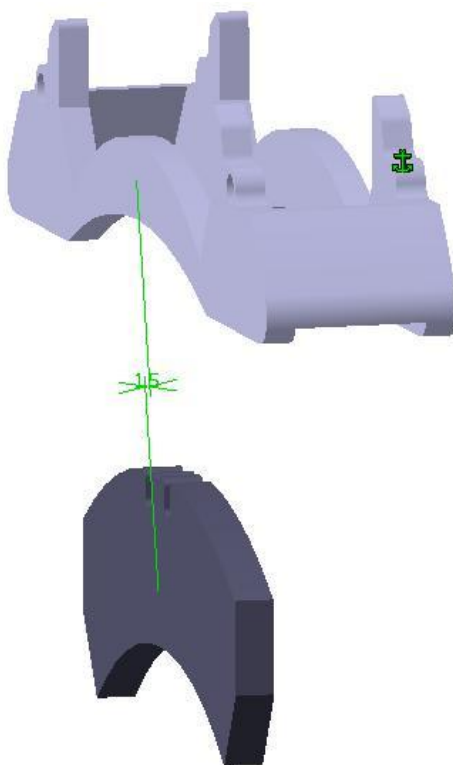
наредном сликом.



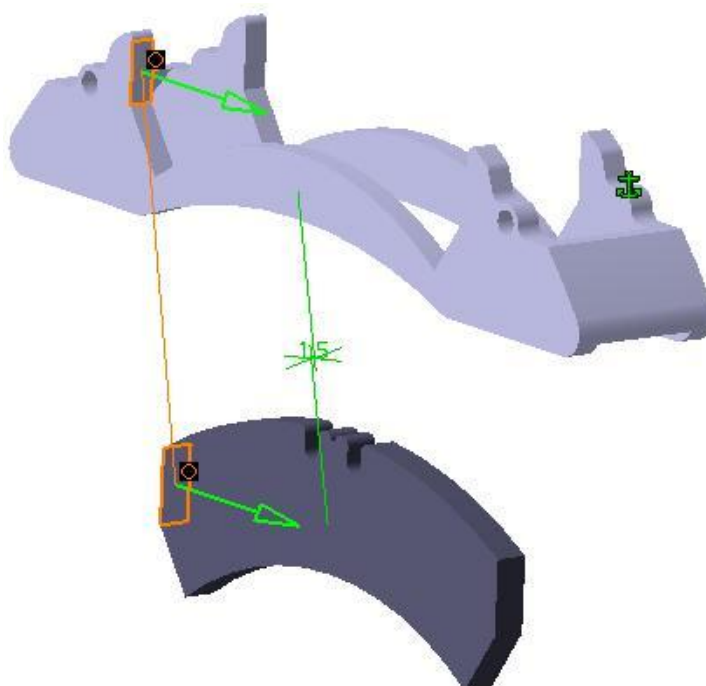
Потребно је затим фиксирати положај носача плочица одабиром **Fix Components**  из **Constraint toolbar** (слика испод) и селектовати носач плочица.



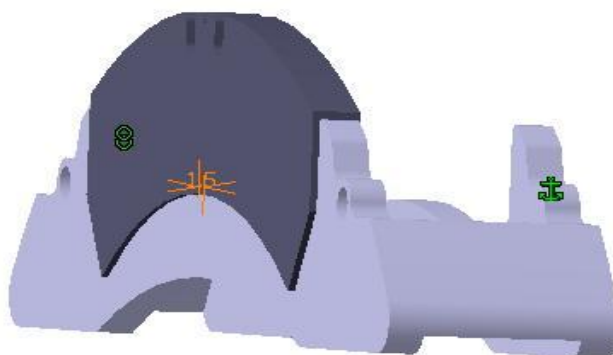
Наредни корак је постављање плочица на носач плочица. За то ће бити коришћена команда **Offset Constrain** , јер је неопходно да плочица буде у контакту са диском. Потребно је најпре активирати команду, па затим селектовати површине, као и задати потребно растојање између њих.



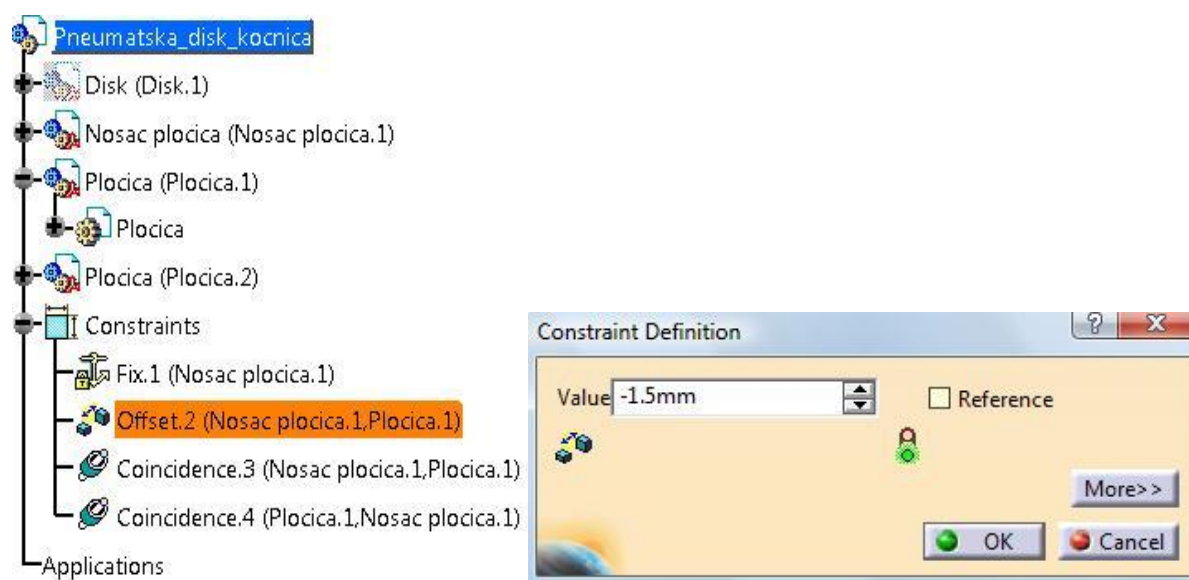
Затим је потребно командом **Coincidence**  селектовати било које две површине плочице и носача плочица које су у контакту.



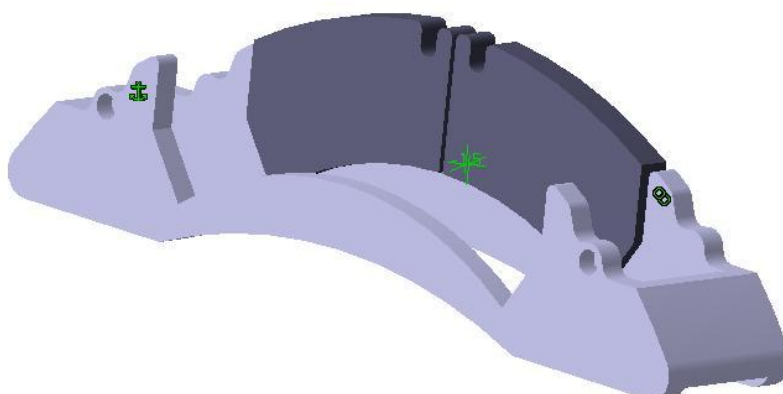
Применом исте команде, односно **Coincidence** , потребно је селектовати осе плочице и носача плочица. Кликком на команду **Update** , ограничења ће бити примењена, а модел ће добити изглед као на наредној слици.



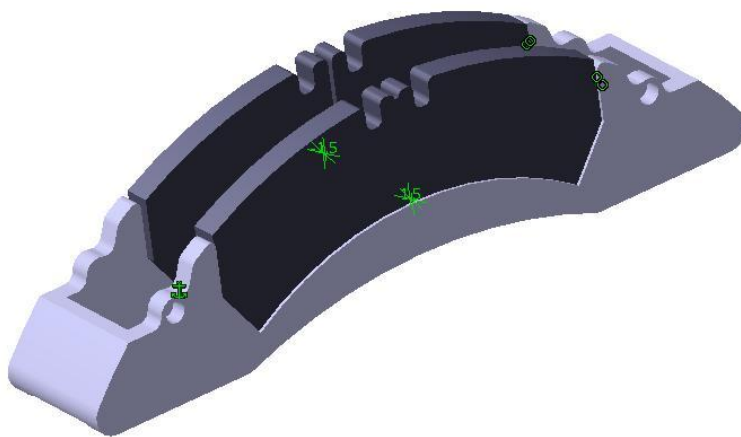
Како ово није жељени положај плочице, већ је потребно да буде померена ка средини носача плочица, неопходно је у стаблу дуплим кликом деловати на ограничење **Offset.2**, постојаће растојање променити, односно само додати знак „-“ и тиме ће се плочица транслаторно померити.



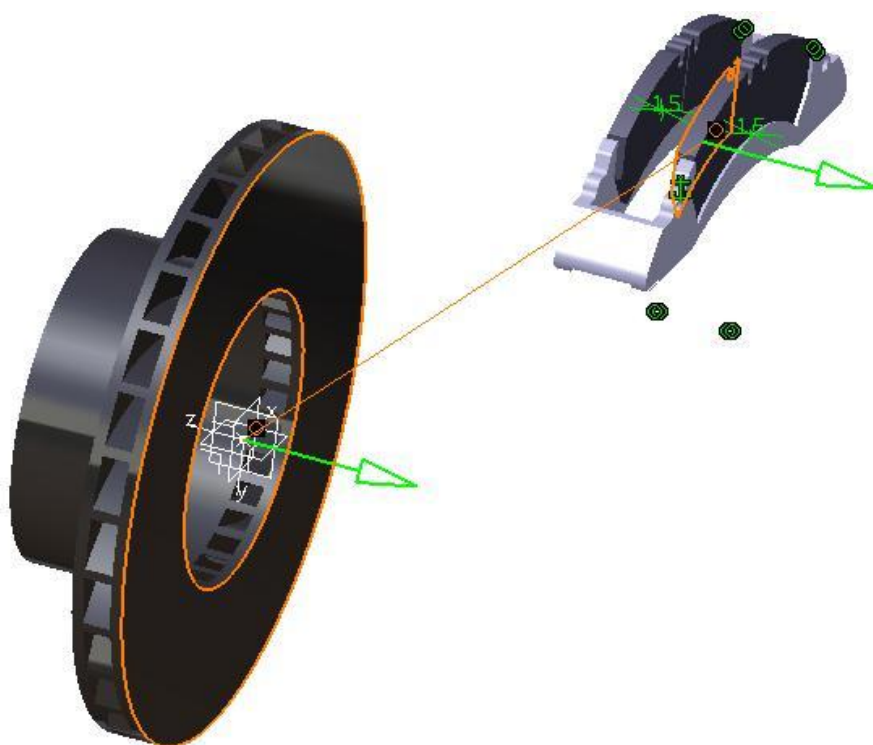
Изглед склопа дат је наредном сликом.



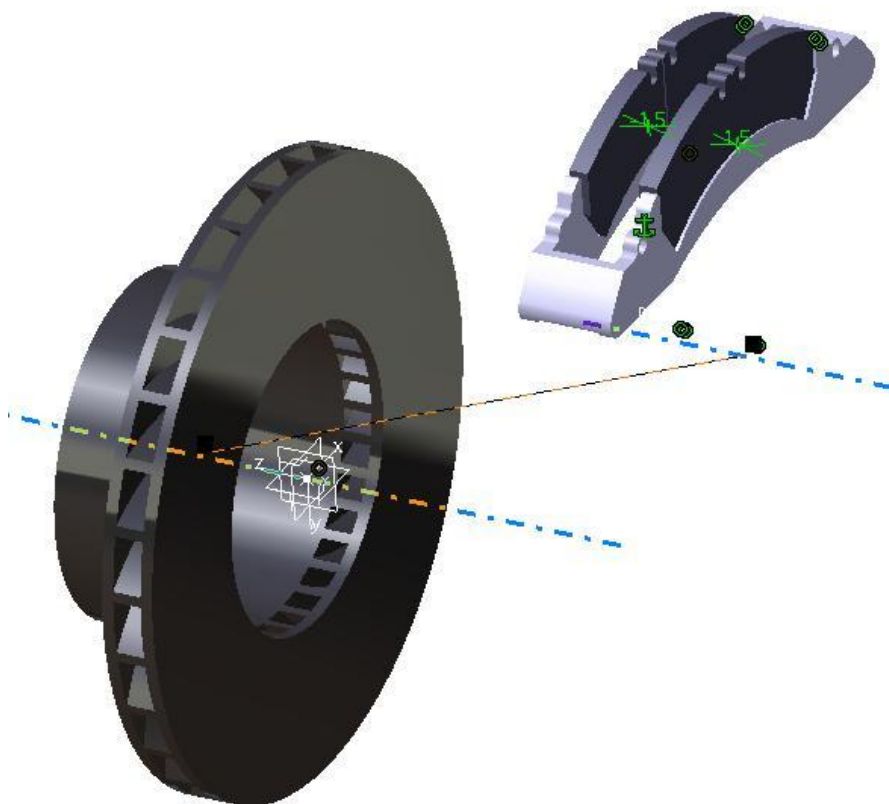
Овај поступак је неопходно поновити и за другу плочицу. Сада склоп добија следећи изглед.



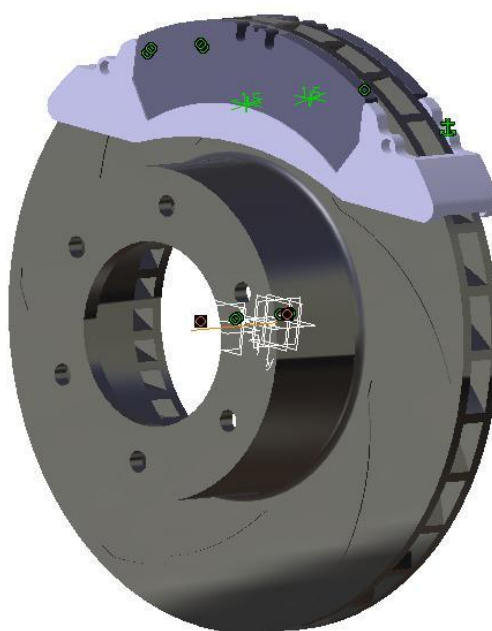
Даље је потребно тако поставити диск да буде у контакту са плочицама. Како је положај плочица већ дефинисан, сада је само потребно командом **Coincidence**  селектовати површине диска и плочице које требају бити у контакту, слика испод.



Затим је потребно још обезбедити да се осе диска и плочица поклапају, а то се постиже поклапањем оса диска и плочица користећи команду **Coincidence** .



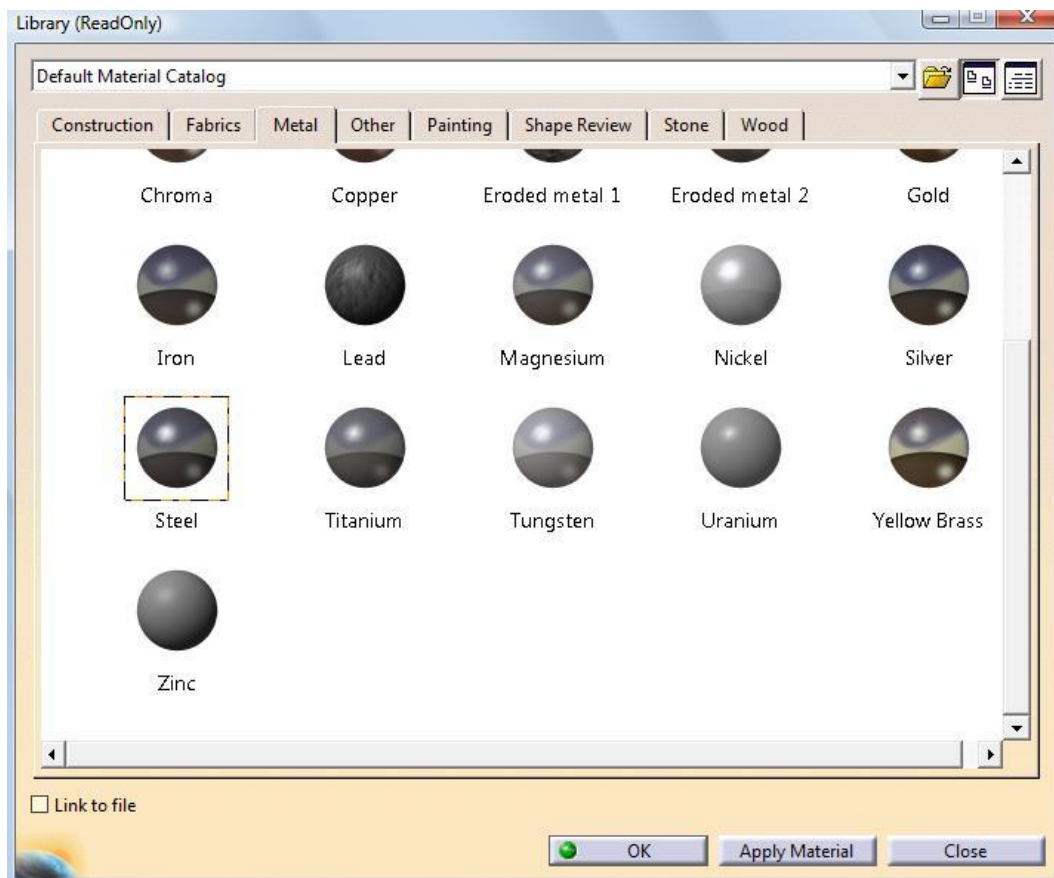
Тиме је склапање завршено, изглед склопа приказан је сликом 10.3.



Слика 10.3. Склоп диск кочница

Пре него што се пређе у ново радно окружење за анализу склопа, потребно је најпре за све делове дефинисати карактеристике материјала, помоћу команде **Apply Material** . Након тога појавиће се дијалог где је потребно изабрати **Steel**. Након одабира потребно је у стаблу кликнути на назив модела, у овом случају на диск и тада

треба потврдити избор материјала са **ОК**.

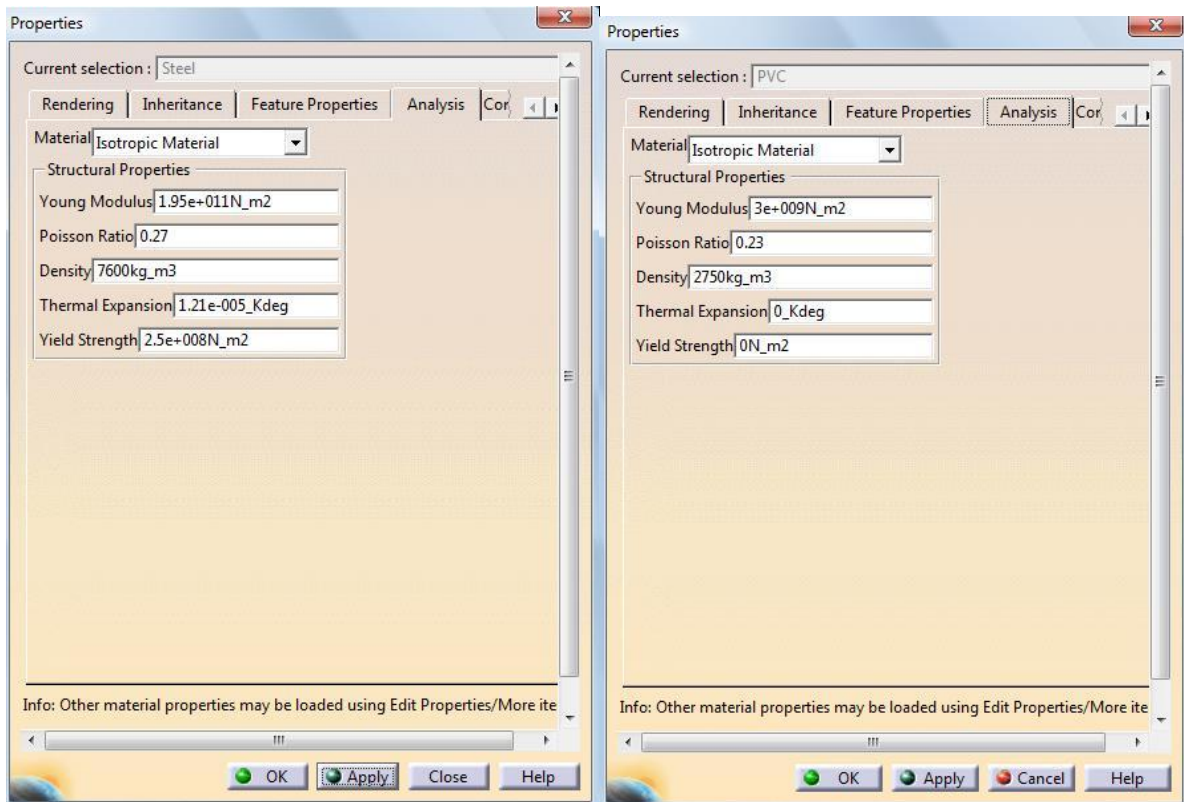


Вентилирајући диск је од челика, а како у софтверском пакету не постоји фрикциони материјал, потребно је одабрати неки неметал и заменити карактеристичне особине материјала са реалним вредностима датим у табели 10.2. Како носач плочица нема битну улогу при кочењу, већ само служи као елемент који носи плочице, биће израђен од алуминијума. Како је познато алуминијум за разлику од ливеног гвожђа има мању масу и тиме битно не повећава масу самог склопа.

Табела 10.1. Својства материјала вентилирајућег диска и кочне плочице [22-25]

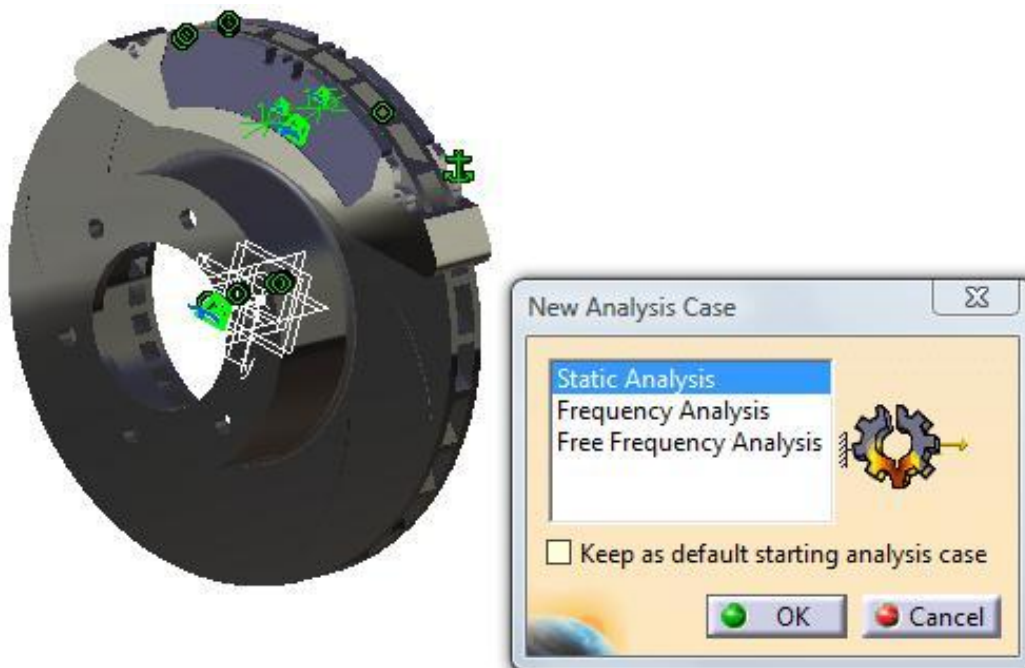
	Вентилирајући диск	Кочна плочица (фрикциони материјал)
Јангов модул еластичности, E_d	195 GN/m ²	3 GN/m ²
Поасонов коефицијент, ν	0,27	0,23
Густина, ρ	7600 kg/m ³	2750 kg/m ³
Коефицијент трења, μ	0,4	0,4
Термичко ширење, δ	0,0000121 mm/K	-

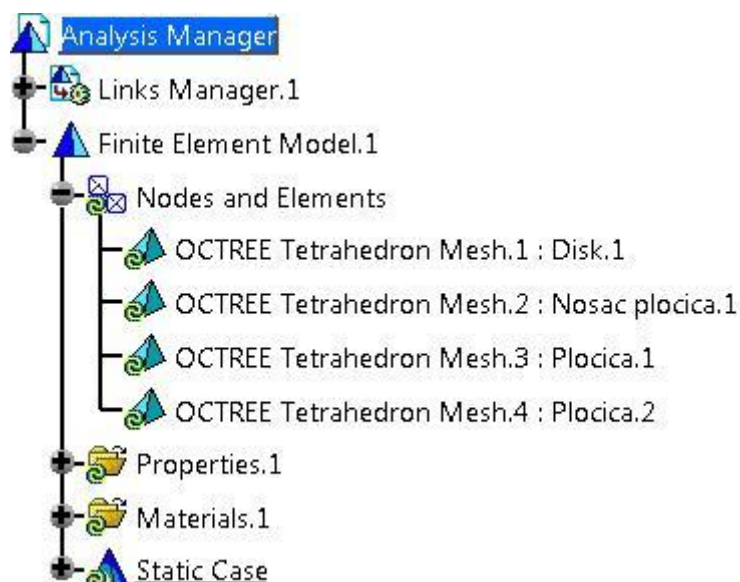
Дуплим кликом на првобитно изабран материјал у стаблу, отвориће се прозор који се зове **Properties**, затим се кликне на картицу **Analysis**, и замене постојаће вредности вредностима из табеле 10.2, што је приказано на слици испод.



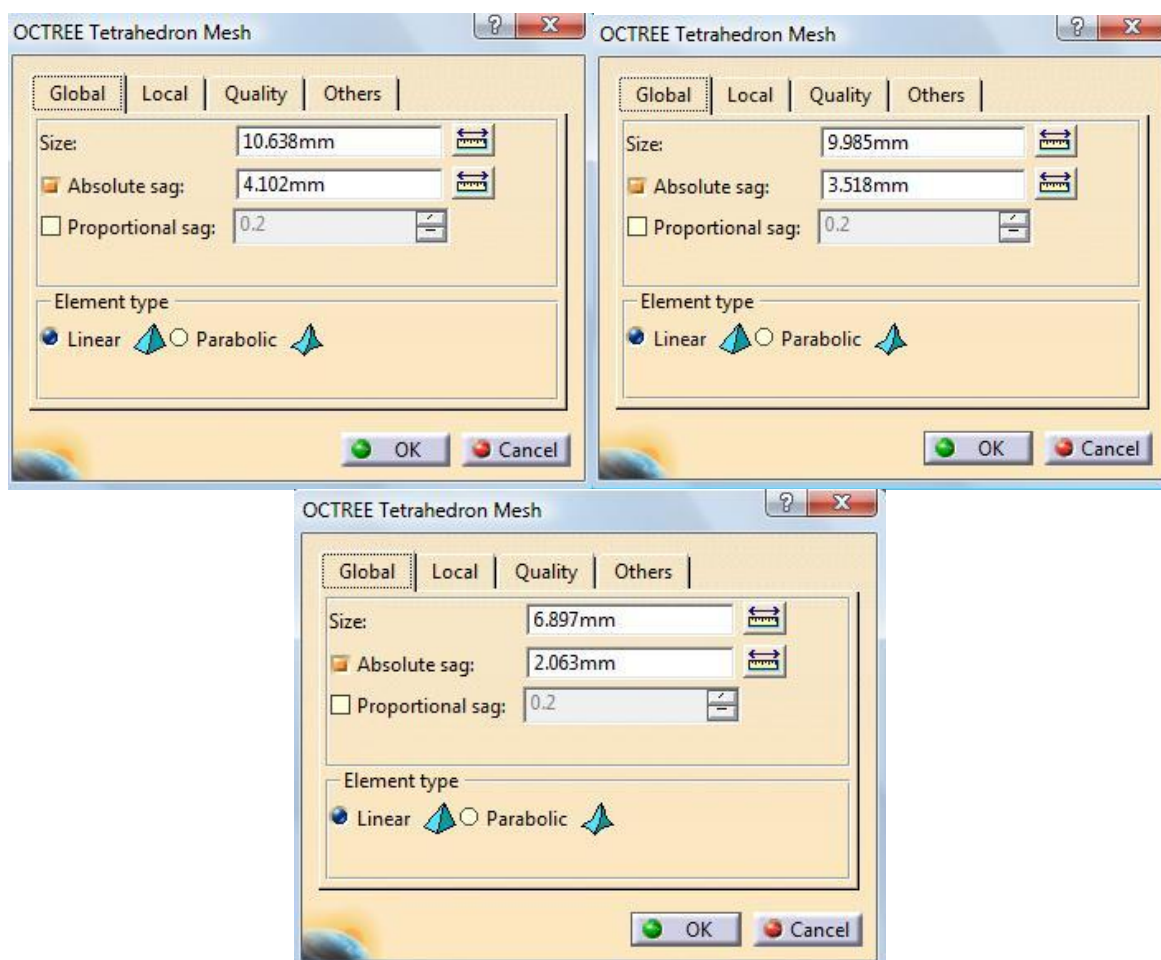
10.2.2 Анализа

Стартовати модул **Generative Structural Analysis** и изабрати **Static Analysis**.

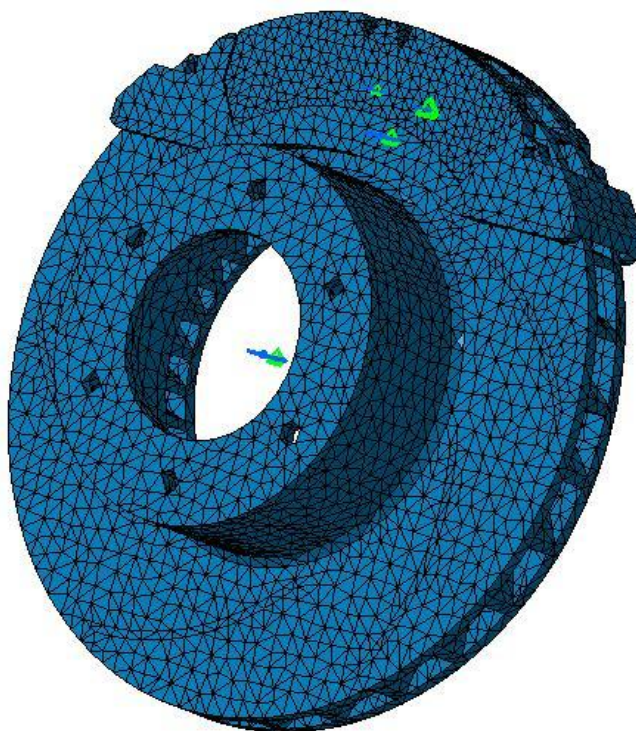




Како је величина коначних елемената велика, потребно је променити њихову величину дуплим кликом на **OCTREE Tetrahedron Mesh.1**, **OCTREE Tetrahedron Mesh.2**, **OCTREE Tetrahedron Mesh.3** и **OCTREE Tetrahedron Mesh.4**, у стаблу слика изнад и унети жељене вредности како је приказано на наредним сликама (прво је приказана величина мреже за диск, затим за носач плочице и на последњој су приказане вредности за кочну плочицу).

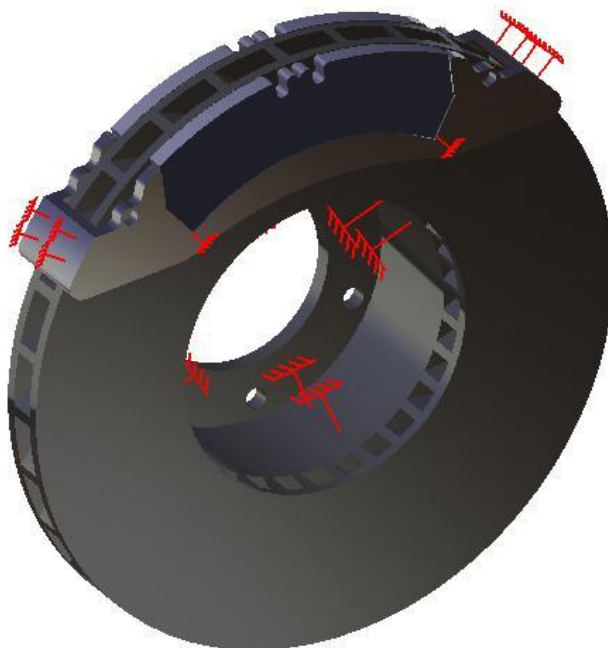


Уколико се жели приказати генерисана мрежа, потребно је поновити поступак који је описан раније. Сада ће склоп имати следећи изглед:



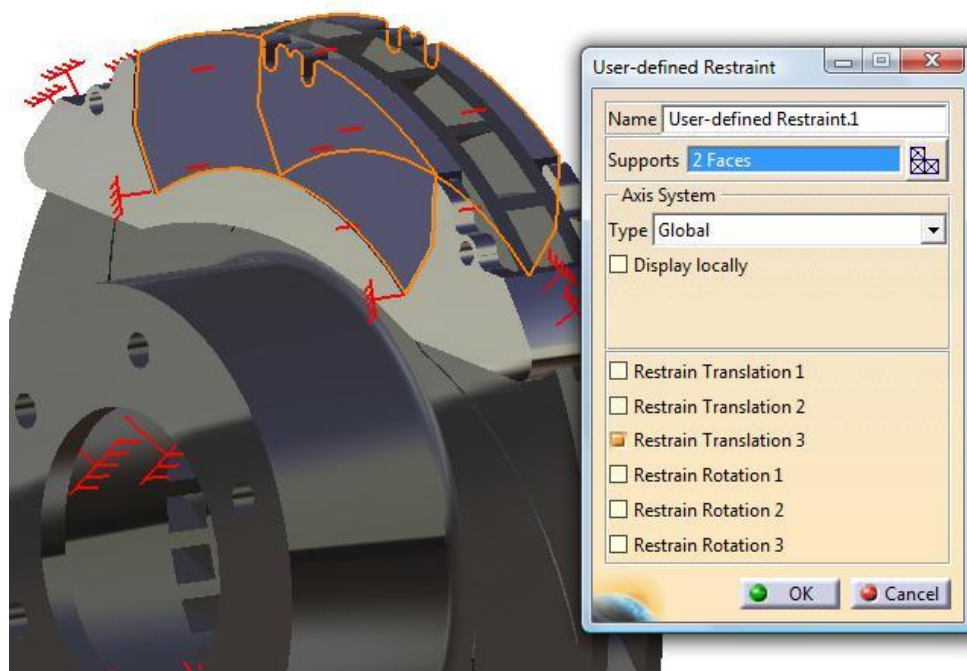
Следећа фаза анализе је постављање ограничења. Коришћењем команде **Clamp**

 из палете алата **Restraint**  поставићемо укљештења на носачу плочица и на унутрашњој површини диска која належе на главчину точка, као што је показано наредном сликом.



Након тога још је потребно дефинисати кретање плочица, применом команде

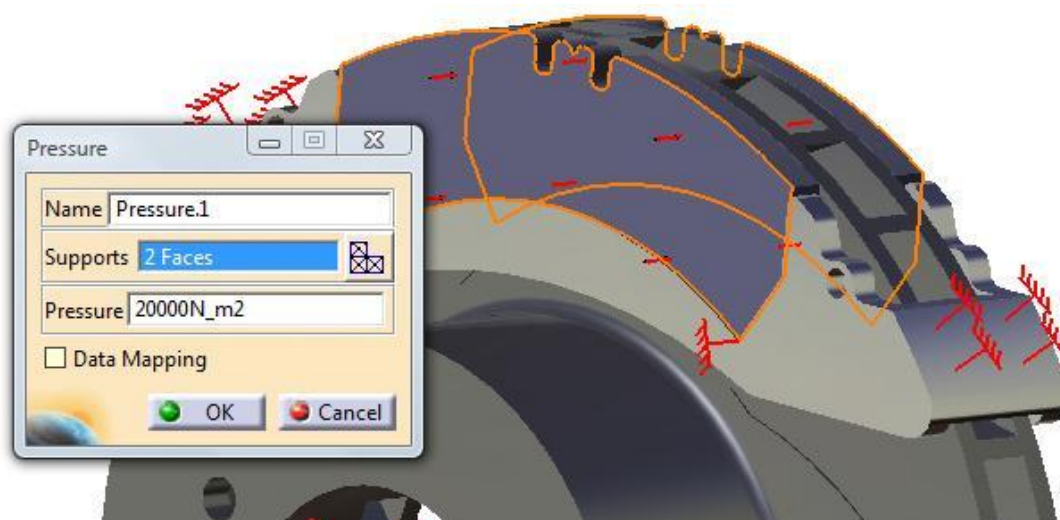
User-defined Restraint , односно потребно им је дозволити само транслаторно кретање, у правцу z-осе (све зависно од равни у којој је израђена скица дела).



Како на плочице делује оптерећење у виду притиска од клипа, а тај притисак се даље преноси на диск, користећи команду **Pressure** , из палете алата **Loads**



селектовати површине диска као на слици испод.



Како су диск и плочице у контакту потребно је командом **General Analysis**

Connection

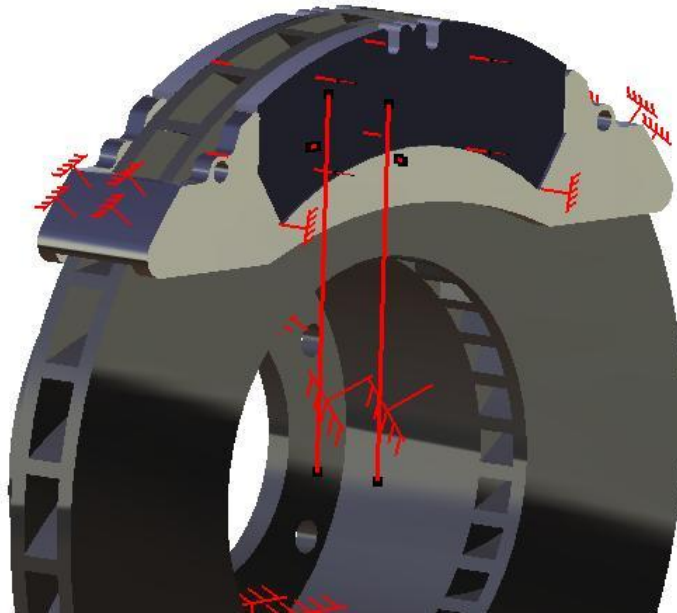


из палете алата **Analysis Supports**



то и

дефинисати. За **First component** селектовати површину плочице која належе на диск, при томе је неопходно сакрити диск, а за **Second component** површину диска која је у контакту са површином одговарајуће плочице. Све то поновити и за другу плочицу. Такође, плочица је бочним површинама у контакту са носачем плочица, па је и то неопходно дефинисати на исти начин. Након тога изглед склопа са свим ограничењима и оптерећењима приказан је наредном сликом.



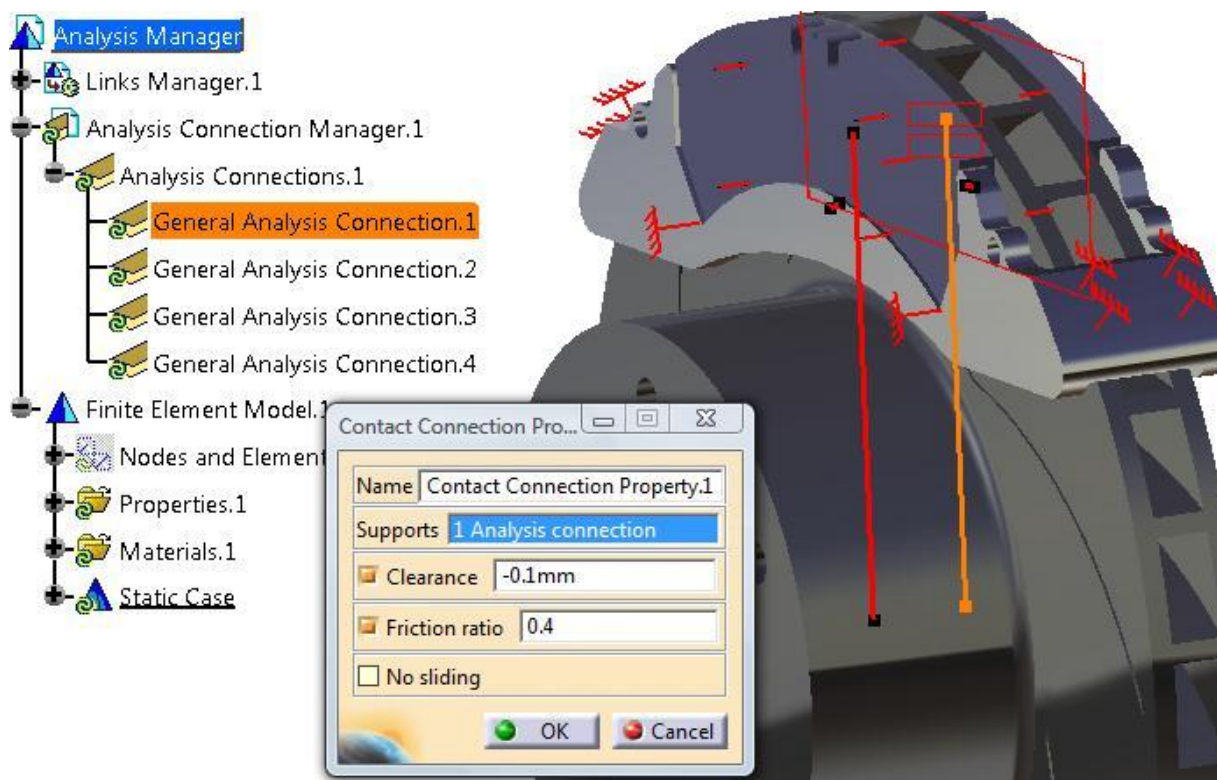
У наредном кораку се дефинише врста успостављене везе. За ово ће бити примењен алат **Contact Connect Property**



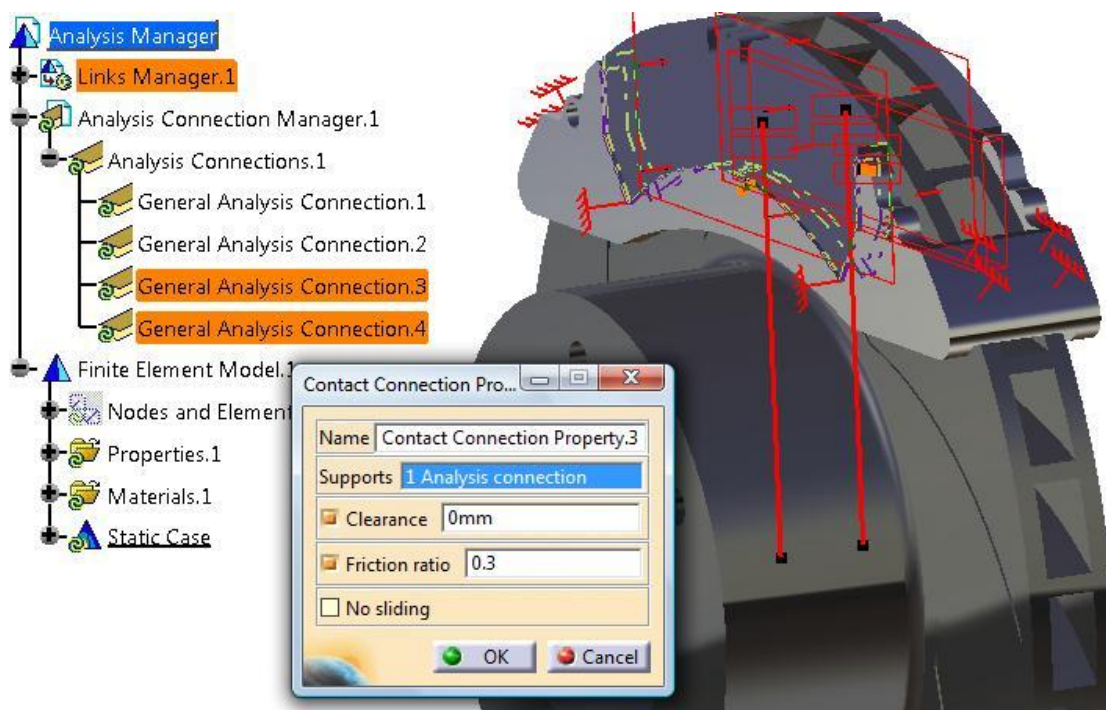
из палете алата **Connection Properties**



. Кликом на поменути алат отвориће се прозор и након тога у стаблу треба селектовати **General Analysis Connection.1** и попунити прозор као што је показано наредном сликом, а након тога потврдити избор са **ОК**. Овај поступак се понавља, али у овом случају кликнути на **General Analysis Connection.2**.

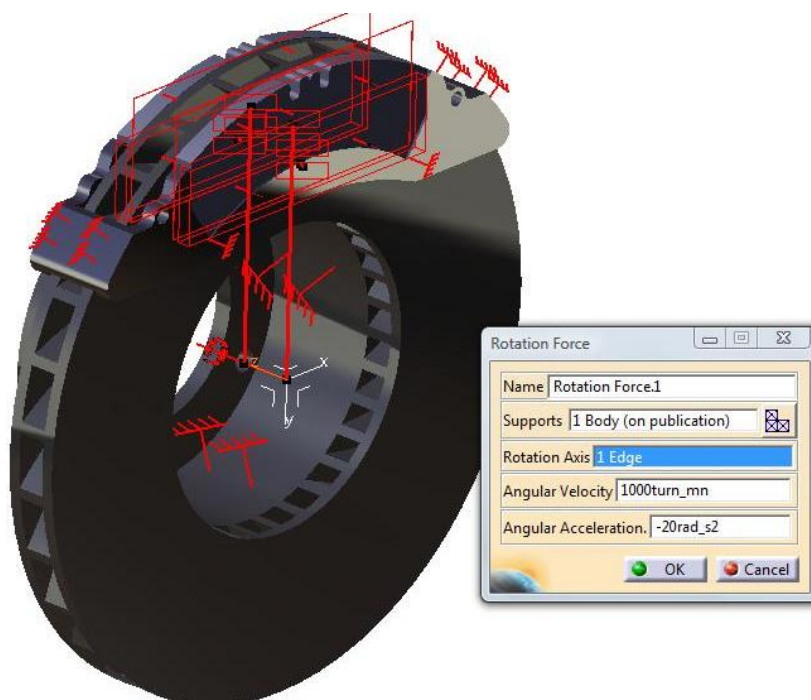


За дефинисање контакта између плочица и носача, примениће се иста команда, али у овом случају табела ће бити попуњена како је приказано наредном сликом. У овом случају налегање ће бити са зазором 0 mm и коефицијентом трења 0,3.

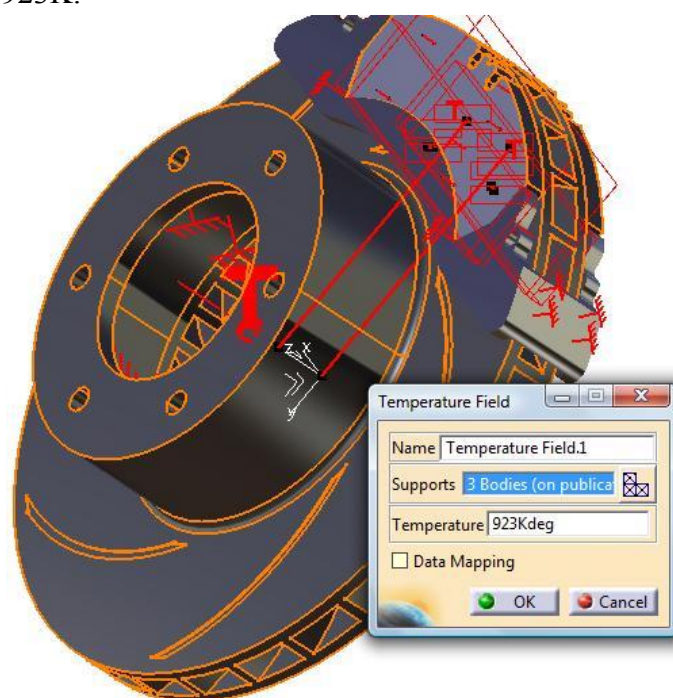


Пошто се диск окреће истом угаоном брзином као и точак потребно је командом **Rotation Force** , из палете алата **Loads**, задати угаону брзину, а како се при кочењу

угаона брзина смањује, потребно је задати угаоно успорење, наравно стављањем знака „-“. За **Supports** одабрати диск, а за **Rotation Axis** z-осу диска, која је раније креирана у **Part**-у.

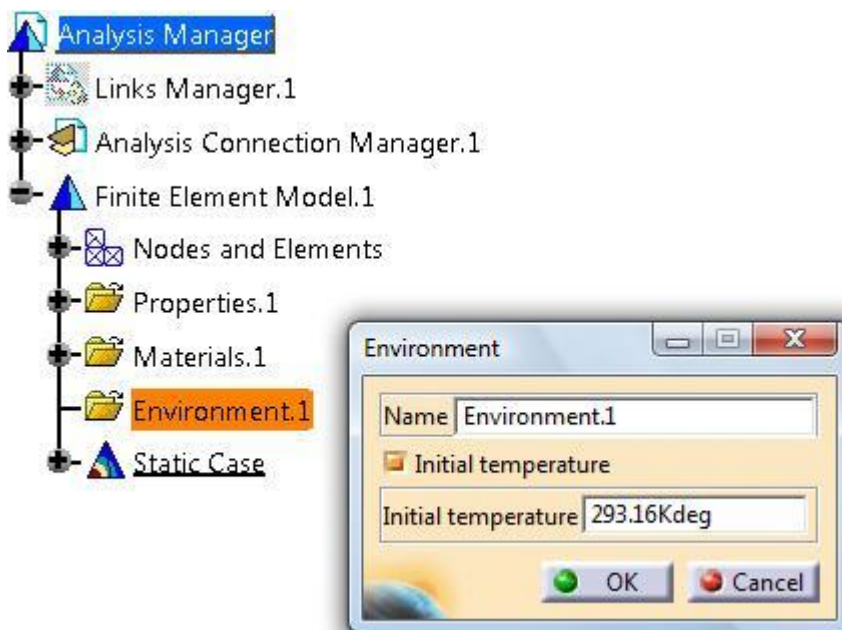


За термичку анализу неопходно је да се зада температура делова у склопу при процесу кочења, а то је могуће применом команде **Temperature Field** . Примењена температура износи 650°C, а како се температуре у САТИА-и задају у Келвинима, унета температура биће 923K.

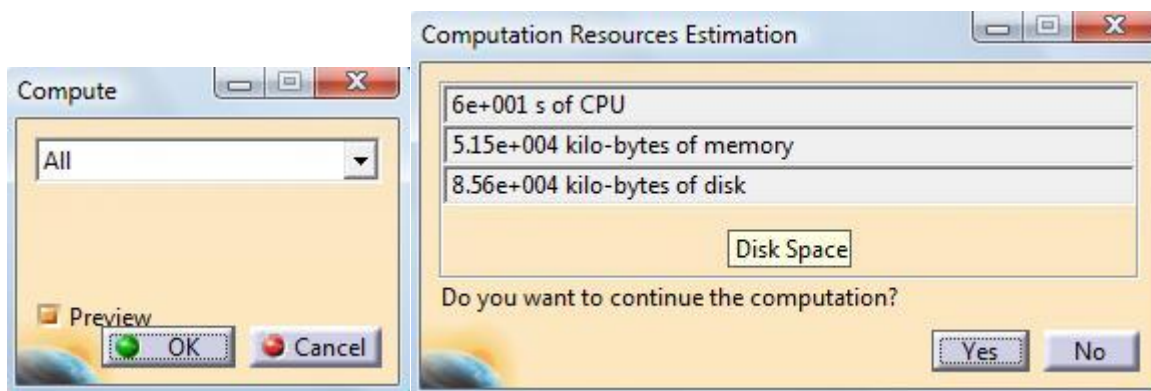


На самом крају, уколико је потребно променити температуру на којој ће бити

вршена анализа, неопходно је у стаблу дуплим кликом на **Environment.1** у пољу **Initial temperature** променити, у овом случају анализа биће вршена на 20°C.

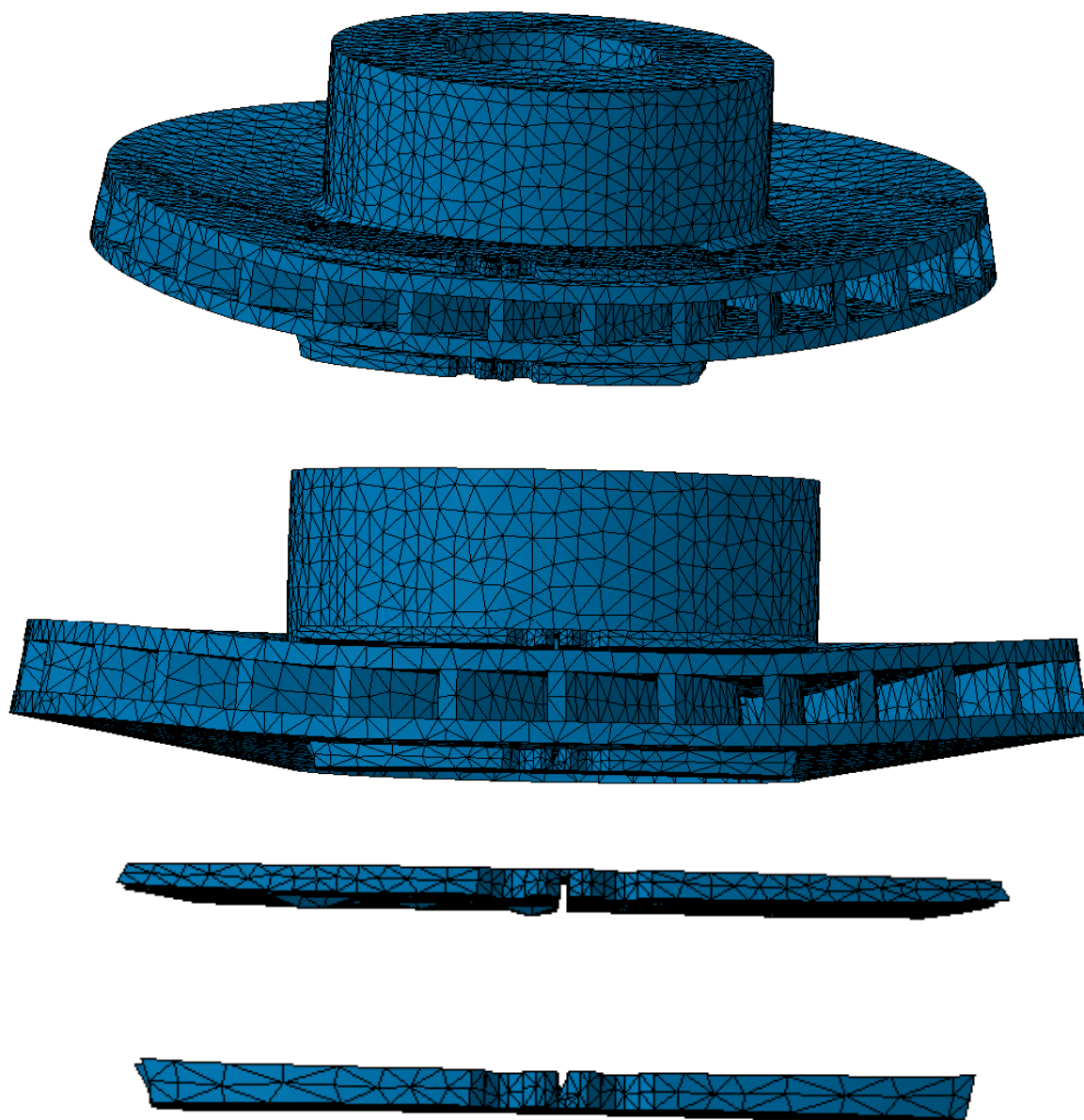


Тиме су задата сва ограничења, као и оптерећења. За покретање анализе потребно је активирати команду **Compute**  након чега се појављује прозор који је приказан на наредној слици.



Да би се визуелно представила деформација потребно је активирати команду

Deformation  из палете алата **Image** . Резултати деформисаног склопа приказани су на следећој слици.

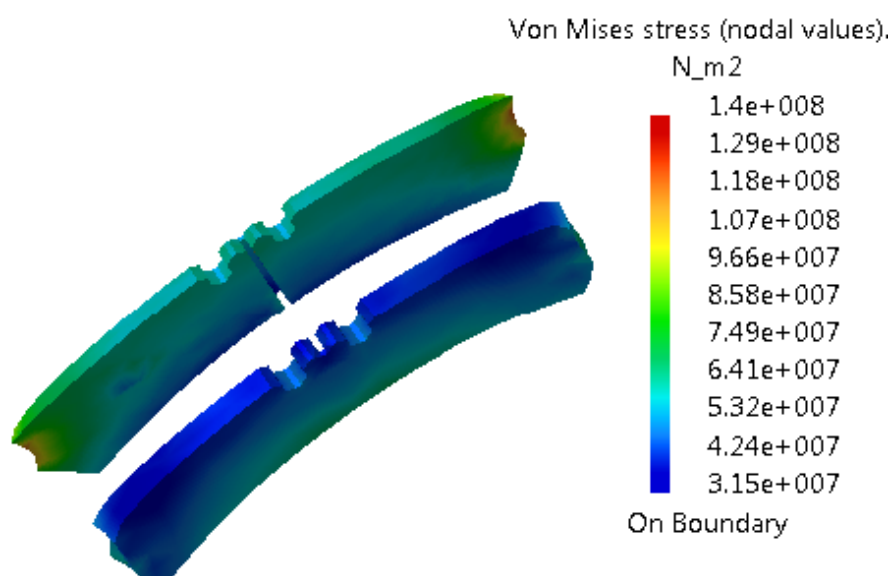
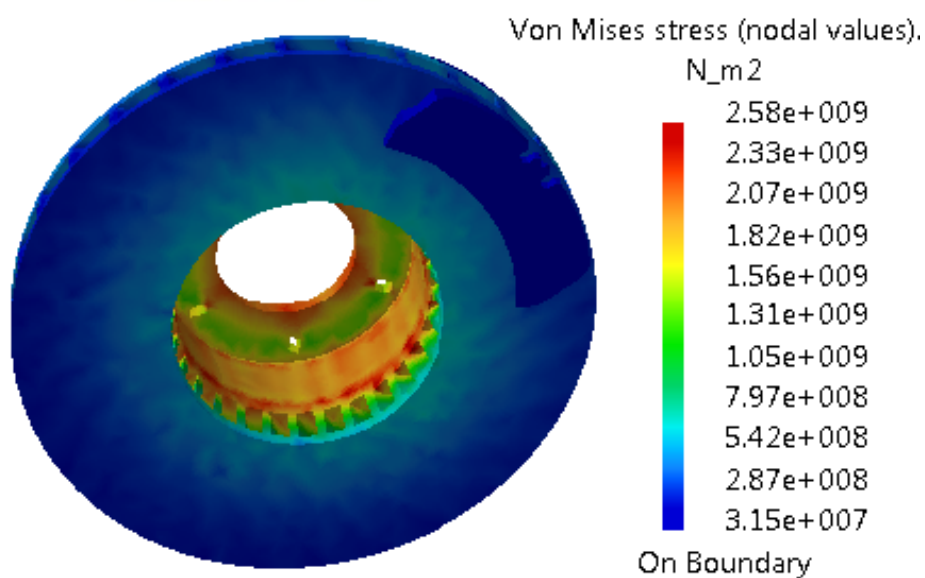
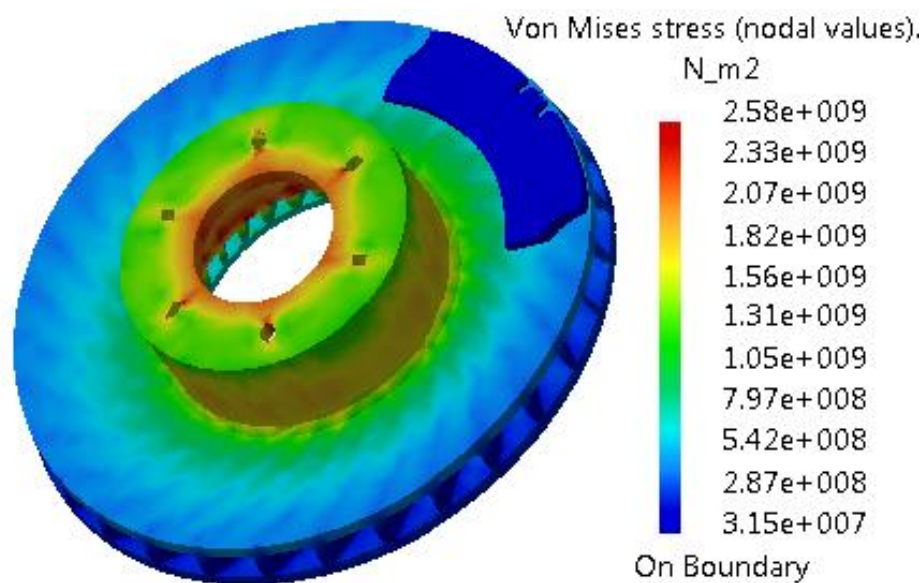


Деформације које су се јавиле на диску су последица термичких и механичких оптерећења. Као што је приказано претходним сликама може се видети облик оптерећеног диска, који је познат под именом „ефекат кишобрана“. Ефекат кишобрана је типичан код дискова који се израђују из „једног дела“. Поред тога и плочице су се деформисале. Може се приметити да се унутрашња плочица, за разлику од спољашње мање сабила. То се дешава из тог разлога што и на спољашњу и унутрашњу плочицу делује исти притисак, а при том се површине диска које су у контакту са плочицама деформишу ка точку (ка спољашњој страни возила). Како се диск деформише и почиње да добија облик кишобрана, а како спољашња плочица нема места за повећање попречног пресека, то доводи по појаве сабијања. Може се рећи да деформације плочица прате деформације диска, односно прилагођавају се тренутном облику диска.

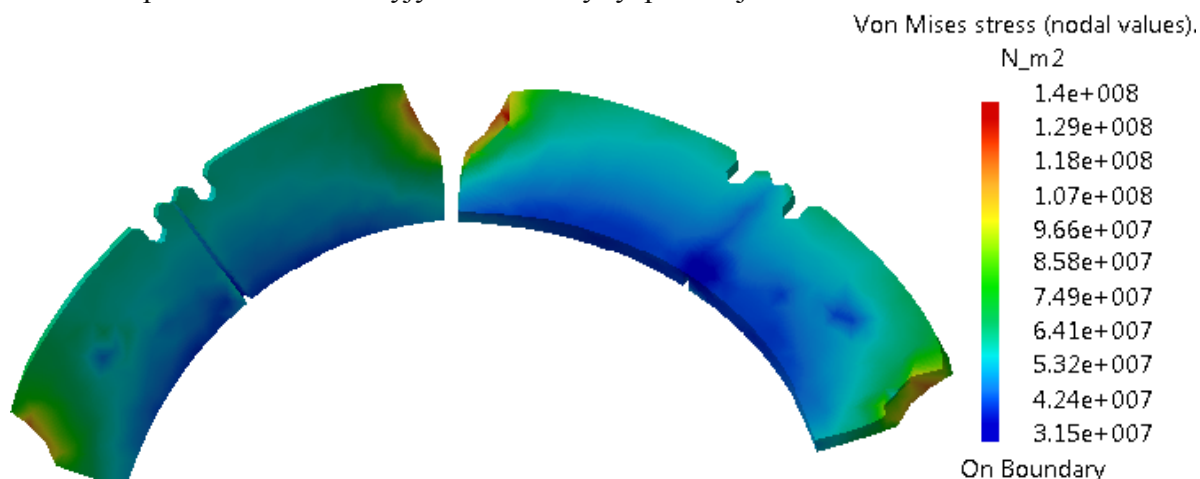
За приказ Von-Misses-овог напона неопходно је активирати команду **Von Misses**

Stress 

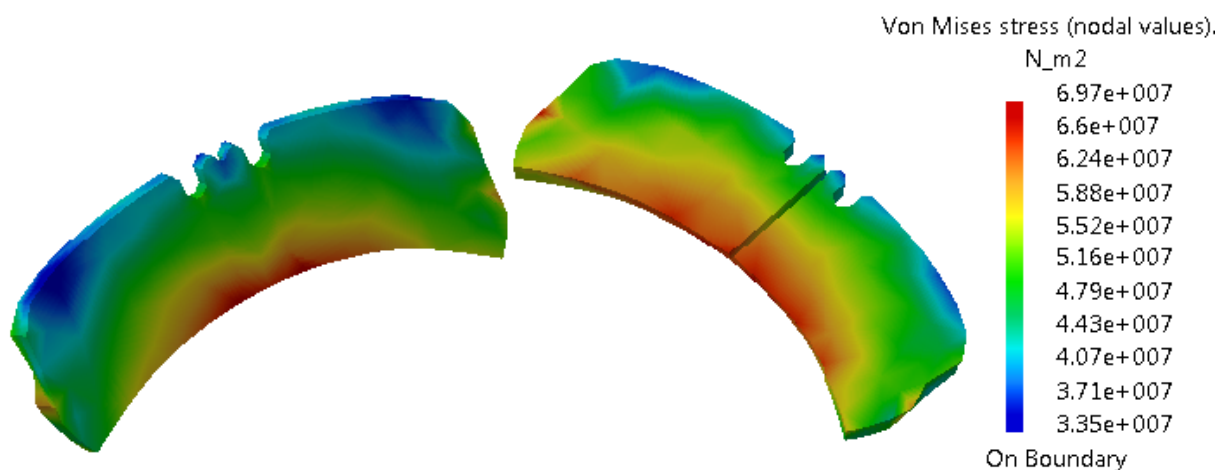
и добиће се изглед диска и плочица како је показано наредним сликама.



Наредне слике показују напоне на унутрашњој плочици.



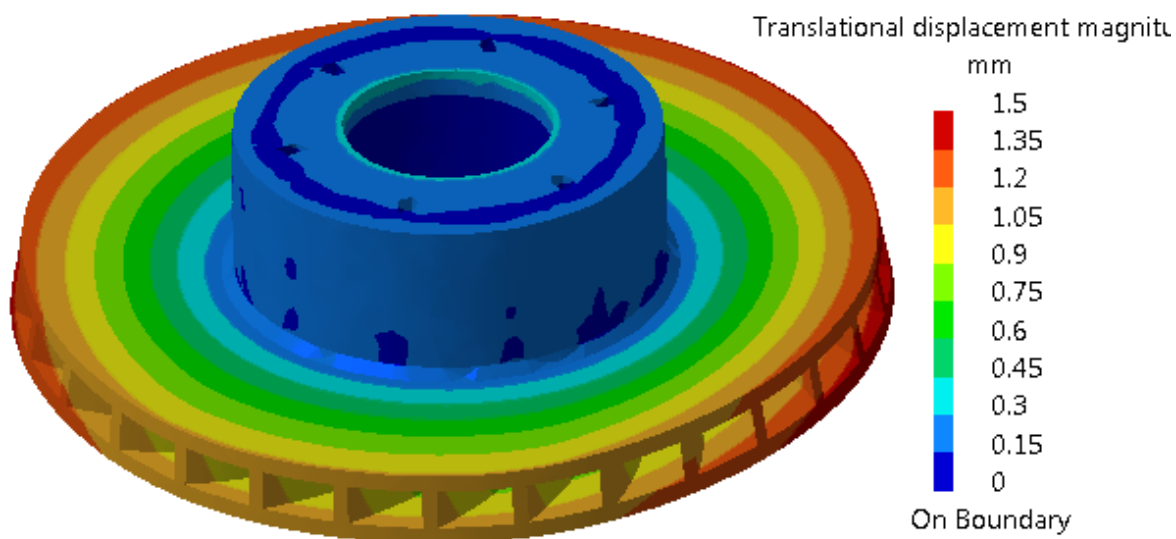
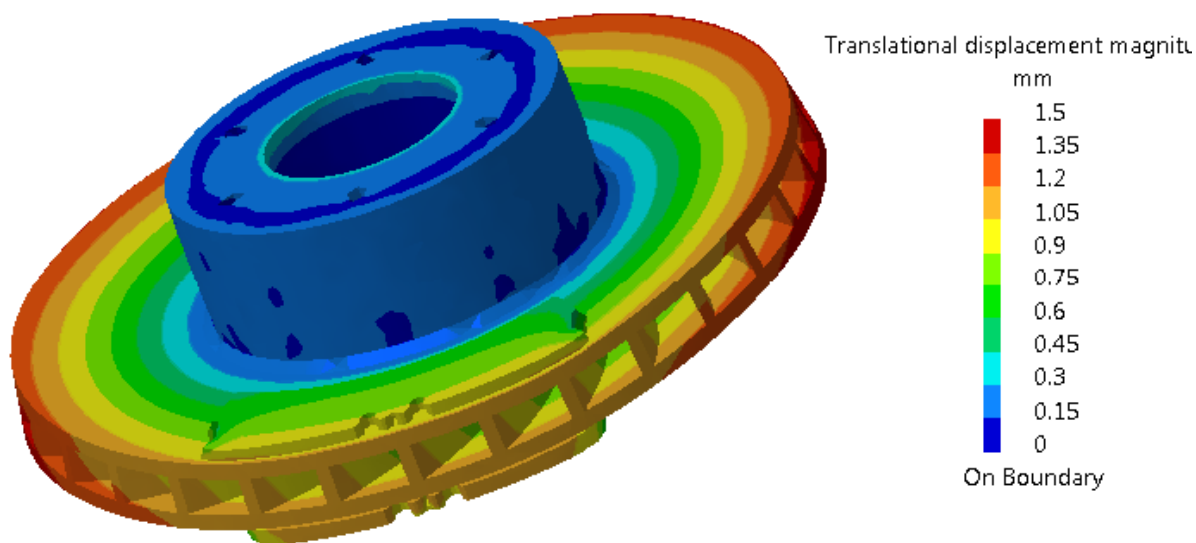
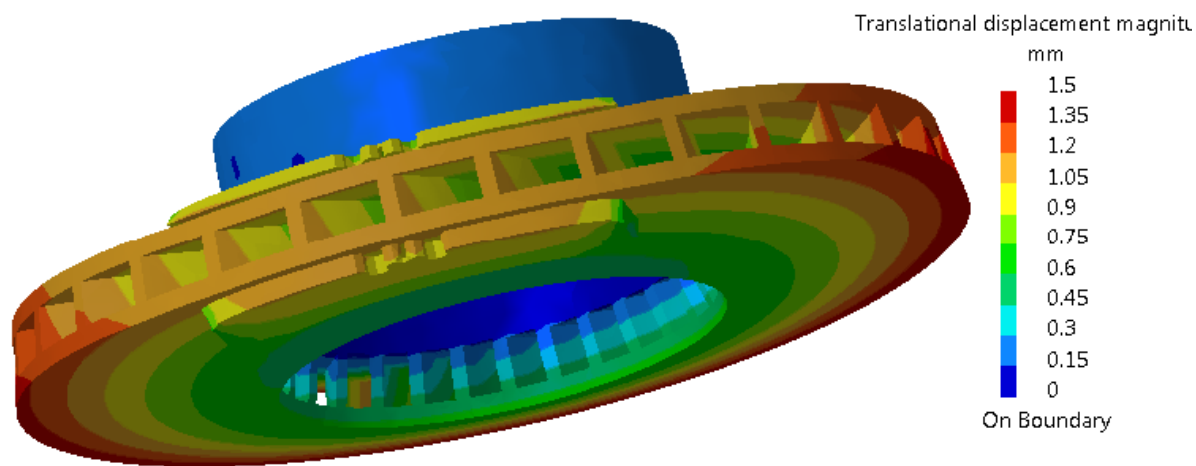
Наредне слике показују напоне на спољашњој плочици.

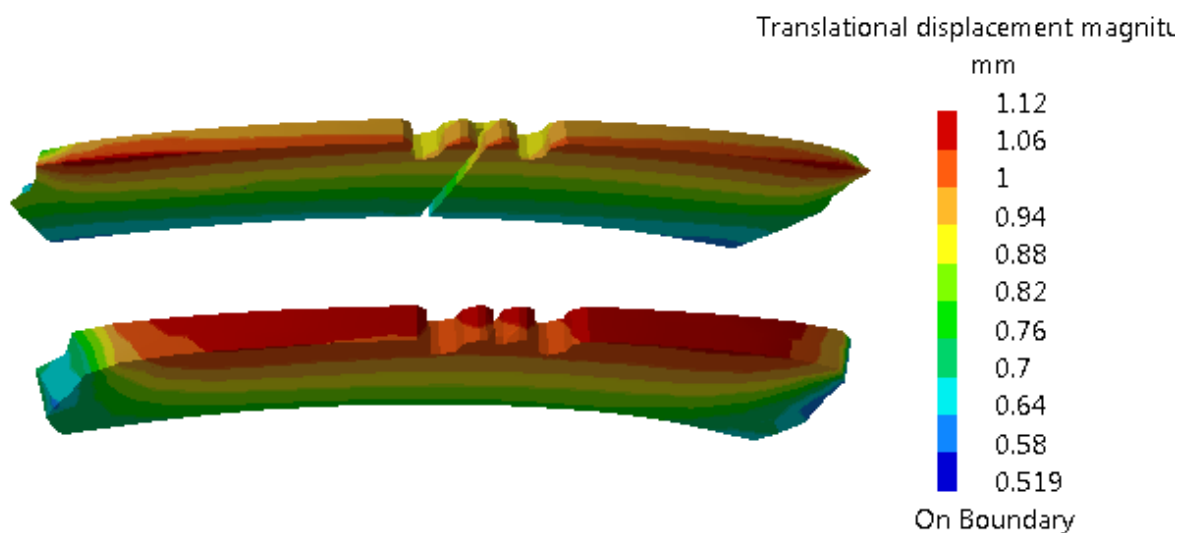


Највећи напони се јављају на местима где је диск у контакту са точком и осовином. Односно где се завртњима везује са точком и на местима где је у контакту са осовином. На овим местима се јављају највећи напони из разлога што точак и осовина под дејством силе инерције теже да се и даље окрећу, док то диск заједно са плочицама и остатком кочног система не дозвољава. Тачније речено долази до увијања.

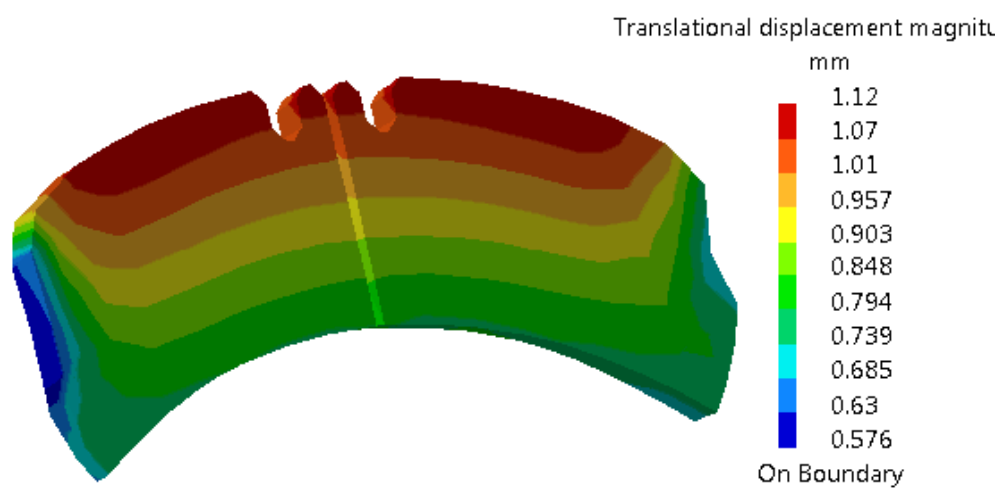
Посматрајући обе плочице може се видети да се код једне плочице највећи напони јављају у горњем делу, док код друге у доњем делу. Разлог је управо ефекат кишобрана. Ово значи да једна плочица горњим делом притиска, односно належе на диск, док друга доњим и на тај начин се преноси кочна сила са плочица на диск.

Како би се приказала померања активирати команду **Displacement** .

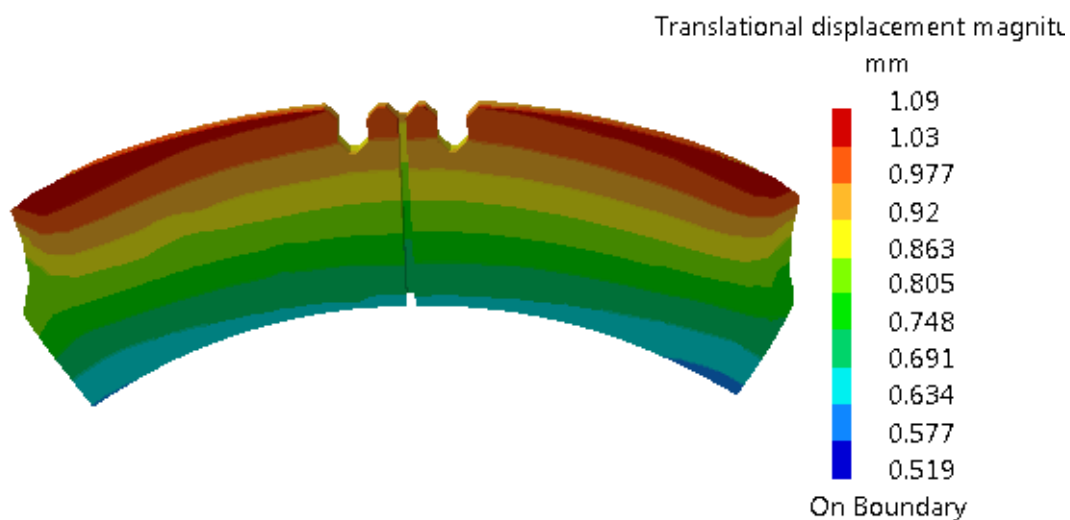




Наредна слика показује транслаторна померања унутрашње плочице.



Слика испод показује транслаторна померања спољашње плочице.



Највећа транслаторна померања се јављају на ободу диска, због дејства центрифугалних сила. Што се тиче плочица, оне се највише транслаторно померају у горњем делу. Односно оне прате деформације диска. Тачније, унутрашња плочица се деформише ка спољашњој страни и то померање је веће у односу на спољашњу плочицу, јер због диска који се деформисао остаје слободан простор и оне теже да га заузме. Док на спољашњу плочицу са једне стране делује притисак, а са друге стране диск који се деформисао. Због структурних особина материјала плочица она прати диск, и деформише се на местима изнад клипова који је притискају и тиме омогућују њено налагање на диск. Транслаторно померање је веће за унутрашњу, него за спољашњу плочицу.

Табелом 10.3 приказана су минимални и максимални напони, као и померања, која су приказана претходним сликама.

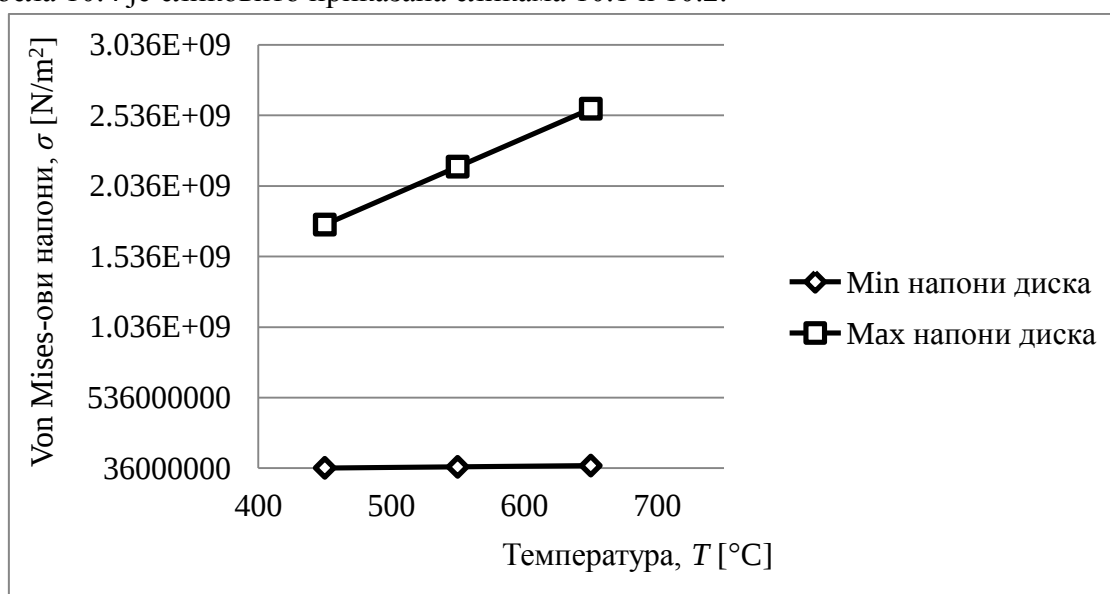
Табела 10.3. Минимални и максимални напони и померања

	Диск		Кочна плочица	
	min	max	min	max
Von Mises-ови напони [N/m^2]	$5,46 \cdot 10^7$	$2,58 \cdot 10^9$	$3,15 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^8$
Транслаторна померања [mm]	0	1,5	0,52	1,12

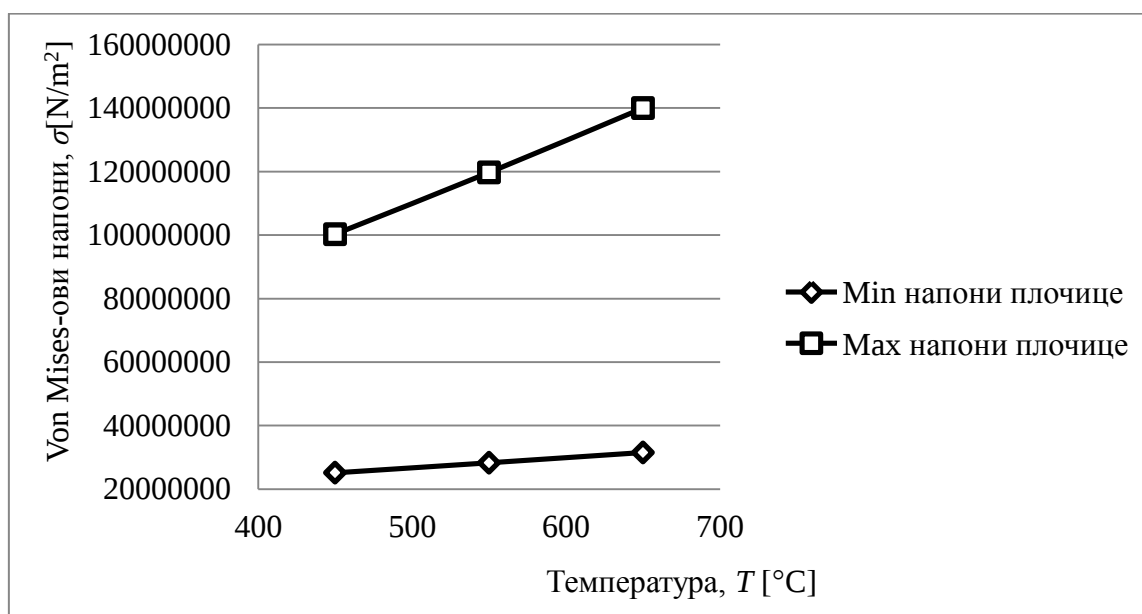
Табела 10.4. Минимални и максимални напони при дејству притиска од 20000 Pa

Температура [$^{\circ}\text{C}$]	Диск [N/m^2]		Кочна плочица [N/m^2]	
	min	max	min	max
650	$5,45947 \cdot 10^7$	$2,58241 \cdot 10^9$	$3,15299 \cdot 10^7$	$1,40005 \cdot 10^8$
550	$4,58932 \cdot 10^7$	$2,1725 \cdot 10^9$	$2,82865 \cdot 10^7$	$1,19725 \cdot 10^8$
450	$3,72067 \cdot 10^7$	$1,76259 \cdot 10^9$	$2,51231 \cdot 10^7$	$1,00316 \cdot 10^8$

Табела 10.4 је сликовито приказана сликама 10.1 и 10.2.



Слика 10.1. Min и max Von Mises-ови напони који се јављају на диску при промени температуре



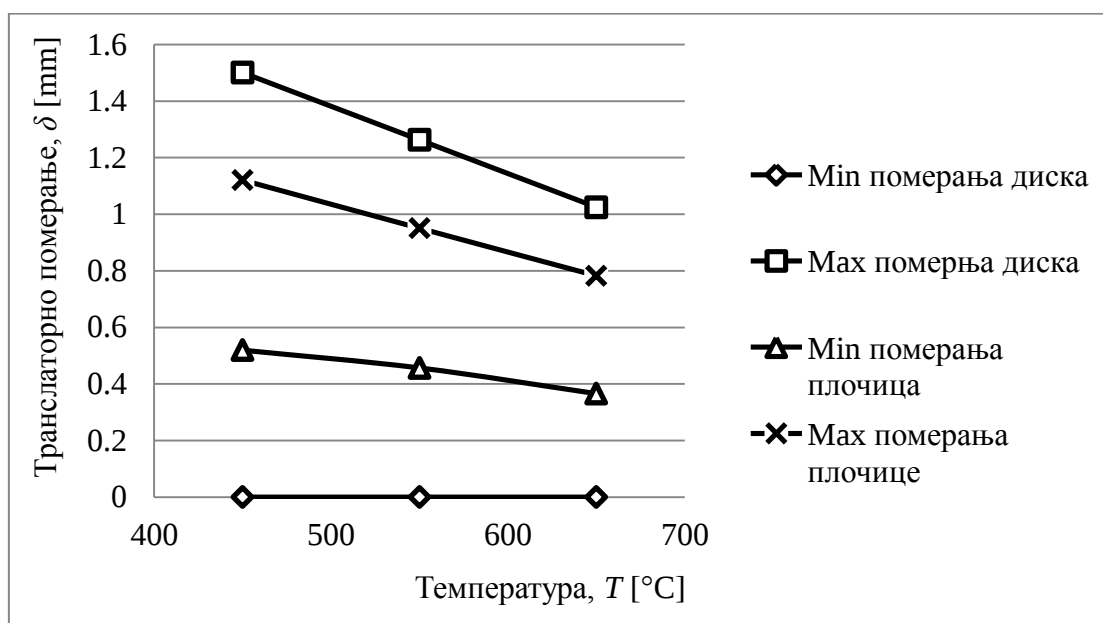
Слика 10.2. Min и max Von Mises-ови напони који се јављају на плочицама при промени температуре

Посматрајући слике 10.1 и 10.2 може се уочити да минимални Von Mises-ови напони како за диск, тако и за плочицу са порастом температуре имају благи раст, а што се тиче максимални вредности то није случај. Значи са порастом температуре максимални Von Mises-ови напони диска и плочица нагло расту.

Табела 10.5. Минимална и максимална померања при дејству притиска од 20000 Pa

Температура [°C]	Диск [mm]		Кочна плочица [mm]	
	min	max	min	max
650	0	1,50077	0,519457	1,12065
550	0	1,26283	0,456671	0,950533
450	0	1,02496	0,365811	0,782369

Сликовит приказ табеле 10.5 дат је на слици 10.3.



Слика 10.3. Min и max померања која се јављају у фрикционом пару при промени температуре

На основу слике 10.3 транслаторна померања са порастом температуре опадају. Минимална транслаторна померања за диск су константна и једнака су нули.

11 Закључак

На самом почетку рада приказан је развој диск кочница, као и њихова прва примена на возовима. Такође, показан је и развој самих пнеуматичких кочних система. Након тога показано је од којих се подсистема састоји кочни систем. Како би уопште била могућа примена неких кочних система, мора се најпре проучити како међународни, тако и национални прописи одређене земље, уколико се планира да се исти систем примењује на возилима која излазе на тржиште у истој тој земљи.

Да би се неки систем развио и применио на одређеном возилу, мора најпре задовољити теоријске претпоставке. Уколико то не успе нема оправдања производити га, него треба приступити његовом побољшању, тачније речено утврдити где је грешка у систему и након испуњења свих теоријских истраживања може се приступити производњи.

Диск кочнице имају низ предности у односу на добош кочнице. Како конструктивних, тако и у самој експлоатацији возила. Такође, јако је битно и знати од којих материјала се могу израђивати делови који играју кључну улогу при кочењу, а то су диск и кочне плочице. Ова два елемента, може се рећи да штите велики број живота људи, како у погледу безбедности тако и у погледу здравља.

Даље, како су у питању пнеуматске диск кочнице теретних возила, јако је битно познавање читавог система и сваког елемента, одржавање, као и функционисање како у нормалним условима вожње, тако и у неким критичним ситуацијама.

При крају рада приказано је моделирање диск кочница ваздухом активираних у софтверском пакету CATIA, као и сам склоп.

Ради бољег разумевања комплексних оптерећења диска и плочица у процесу кочења, у истом софтверском пакету извршена је термичка и структурна анализа и одређене зоне где се јављају највећи напони и померања.

При анализи је утврђено да диск услед дејства високих температура и притиска који се јављају у контакту између плочица и диска, добија облик кишобрана. У даљем раду би било релевантно даље проучавати шта се дешава са интегралним вентилирајућим диском. Такође, како није узето у обзир прострујавање ваздуха између крилаца диска, већ је анализа извршена на собној температури, било би целисходно у будућим истраживањима и то узети у обзир.

Поред извршене анализе која је показала да се на спољашњој и унутрашњој плочици не јављају исти напони, као ни трансляторна померања, може се и то разматрати. Па се тако ње могу добити напони који се јављају на унутрашњој, а који на спољашњој плочици. То исто важи и за трансляторна померања.

Анализа је извршена само за диск и плочице, занимљиво би било за даља истраживања укључити и остале елементе у систему, како би се на тај начин видело

како се топлота преноси на остале елементе, како кондукцијом, тако и конвекцијом. Наравно како је испитивање вршено на диску и кочним плочицама израђених од једне врсте материјала, може се испитивати шта ће се десити уколико би диск и/или плочица били израђени од неког другог материјала. При томе не би се мењале само структурне особине материјала, већ и коефицијент трења, термичка проводљивост,...

Литература

- [1] Breuer B., Karlheinz H. B.: Bremsenhandbuch – Grundlagen, Komponenten, Systeme, Fahrdynamik, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2012, ISBN 978-3-8348-1796-9
- [2] European braking systems; Интернет адреса: <http://www.europeanbrakingsystems.co.uk/history>, приступљено 03.04.2015.
- [3] Bendix Spicer Foundation Brake LLC; Интернет адреса: <http://www.foundationbrakes.com/media/documents/airdiscbrakes/awhitepapercaseforairdiscbrakes.pdf>, приступљено 03.04.2015.
- [4] Bendix Spicer Foundation Brake LLC; Интернет адреса: <http://www.foundationbrakes.com/media/documents/airdiscbrakes/overviewbrochure.pdf>, приступљено 03.04.2015.
- [5] Тодоровић, Ј., Кочење моторних возила: пројектовање, одржавање, испитивање, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, ИСБН 86-17-00337-5, 1988.
- [6] Глишовић Ј.: Предавања из предмета Структура и конструкција моторних возила, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2014.
- [7] Concerning the adoption of uniform technical prescriptions for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles and the conditions for reciprocal recognition of approvals granted on the basis of these prescriptions, Addendum 12: Regulation No. 13, 2004.
- [8] Правилник о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима, СГ РС бр. 40/2012.
- [9] ИСС информације, Службено гласило Института за стандардизацију Србије Београд, новембар 2013. године.
- [10] Стефановић А.: Друмска возила, Центар за моторе и моторна возила Машинског факултета у Нишу, Ниш, 2010.
- [11] Момчиловић В.: Техничка експлоатација возила, Саобраћајни факултет, Београд, 2010.
- [12] Симић Д.: Моторна возила, Београдски издавачко-издавачки завод, Београд, 1973.
- [13] Демић М., Лукић Ј.: Теорија кретања моторних возила, Машински факултет, Крагујевац, 2011.
- [14] Chan D., Stachowiak G. W.: Review of automotive brake friction materials, School of Mechanical Engineering, University of Western Australia, Crawley, Australia, 2004.
- [15] Jones & Bartlett learning; Интернет адреса: <http://lincolntrial.integr8cms.net/index.php/27-disc-brakes/section-6/discbs/7-discbs-advantages-and-disadvantages-of-disc-brakes>, приступљено 03.04.2015.
- [16] Topicnow; Интернет адреса: <http://topicnow.info/topic/saf-integral-disc-brake-technology/>, приступљено 03.04.2015.
- [17] Bendix Spicer Foundation Brake LLC; Интернет адреса: <http://www.foundationbrakes.com/media/documents/airdiscbrakes/bendixadb22x.pdf>, приступљено 03.04.2015.

- [18] Metropolitan community college; Интернет адреса: <http://faculty.mccneb.edu/dlpartner/Documents/Air%20Brake%20Manual.pdf>, приступљено 03.04.2015.
- [19] Радоњић Р., Глишовић Ј.: Развој кочних механизма теретних возила, Међународно савјетовање о достигнућима електро и машинске индустрије, ДЕМИ 2002, Бања Лука, 2002, 25-26. април, pp.277-282, ISBN 99938/623/2/0.
- [20] AP RACING; Интернет адреса: <http://www.apracing.com/%5Cdrawings/2014%20Product%20Catalogue/2014%20Brake%20Discs.pdf>, приступљено 13.05.2015.
- [21] Knorr-Bremse Commercial Vehicle Systems; Интернет адреса: https://www.knorr-bremse.com/biz/WCMS/Artpics/126/Bildart/Drawings/CWSJ1wYVIOEBhB_Y006471-EN-005-LowRes.pdf, приступљено 13.05.2015.
- [22] Ibrahim A., Analysis of disc brake squeal using a ten-degree-of-freedom model, International Journal of Engineering, Science and Technology Vol. 3, No. 8, 2011, pp. 142-155.
- [23] Parab V., Naik K., Dhale A. D., Structural and Thermal Analysis of Brake Disc, International Journal of Engineering Development and Research, Volume 2, Issue 2, 2014.
- [24] Bayas E., Aher V., Coupled Filed Analysis of disc Brake Rotor, International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol.02, Issue 01, pp. 06 – 09.
- [25] Lakkam S., Koetnuyom S., Optimization of constrained layer damping for strain energy minimization of vibrating pads, Songklanakarin Journal of Science and Technology, 2012.

Прилог

