

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Конструисање помоћу рачунара

Број индекса: 338/2010

Димитријевић Д. Милан

Конструисање витла за намотавање еластичног црева

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Ненад Марјановић - ментор

2. _____

Датум одбране: _____

3. _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да конструише витло за намотавање еластичног црева. Полазећи од анализе постојећих решења потребно је утврдити ограничења и потенцијалне недостатке. Витло конструисати према захтевима и прописаном стандарду. После израде модела потребно је урадити анализу критичних делова коришћењем алата из CAD софтвера. Потребно је урадити прорачуне завара на ребрима за ојачање и носећим профилима добоша и приказати добијене резултате прорачуна и анализа преко дијаграма и табела.

Препоручена литература:

- [1] Марјановић. Н.: *Методe конструисања*, Машински факултет, Крагујевац , 1998.
- [2] Танасијевић С. : *Механички преносници*, Машински факултет Крагујевац, 1994.
- [3] Николић В. : *Машински елементи*, Машински факултет Крагујевац, 2004.

Крагујевац, 01. 02. 2012.

Ментор:

Др Ненад Марјановић, ред. проф

САДРЖАЈ

РЕЗИМЕ	3
ЛИСТА ТАБЕЛА.....	4
ЛИСТА СЛИКА.....	5
1. УВОД.....	8
1.1. Дефиниција витла и његова основна функција	8
1.2. Историјски развој витала	8
1.3. Примена витала у пракси	9
1.4. Основна подела витала.....	15
2. КОНЦИПИРАЊЕ КОНСТРУКЦИЈЕ И РАЗМАТРАЊЕ ПОСТОЈЕЋИХ РЕШЕЊА... ..	18
2.1. Основне поставке витла за намотавање еластичног црева.....	18
2.2. Преглед постојећих решења	20
3. РАЗРАДА КОНСТРУКЦИЈЕ.....	23
3.1. Технички задатак	23
3.2. Избор материјала при конструисању витла	25
4. КОНСТРУИСАЊЕ ВИТЛА	28
4.1. Добош витла.....	28
4.2. Фланже витла	30
4.3. Ослонац витла	31
4.4. Алуминијумска савијена цев	34
4.5. Елемент за центрирање и укрућење савијене цеви	37
4.6. Хидромотор	39
4.7. Елемент за котрљање.....	40
5. ПРОРАЧУН ЗАВАРЕНИХ СПОЈЕВА НА ДОБОШУ ВИТЛА	48

5.1. Прорачун завареног споја смичућом силом на кутијасте профил.....	50
5.2. Прорачун завареног споја бочном силом на кутијасте профил.....	51
5.3. Прорачун завареног споја моментом на кутијасте профил.....	53
5.4. Прорачун завареног споја код ребара бочном силом.....	54
5.5. Прорачун завареног споја код ребара смичућом силом	55
5.6. Прорачун завареног споја код ребара моментом.....	56
6. АНАЛИЗА ДОБОША ВИТЛА ПОМОЋУ МЕТОДЕ КОНАЧНИХ ЕЛЕМЕНАТА (МКЕ).....	58
6.1. Метода коначних елемената	58
6.2. Анализа добоша у окружењу <i>Stress Analysis</i>	60
6.3. Анализа добоша у окружењу <i>Frame Analysis</i>	69
7. ЗАКЉУЧАК.....	72
ЛИТЕРАТУРА	73

КОНСТРУИСАЊЕ ВИТЛА ЗА НАМОТАВАЊЕ ЕЛАСТИЧНОГ ЦРЕВА

DESIGN OF THE WINCH FOR WINDING OF AN ELASTIC HOSE

Димитријевић Д. Милан

Факултет инжењерских наука Крагујевац, Сестре Јањић 6 Крагујевац

Резиме: Овај рад темељен је на дизајну и анализи витла које служи за намотавање еластичног црева као примарне функције и секундарне за извлачење улова (рибе) путем пумпи за усисавање, хидро мотора за покретање и окретање витла, као и алуминијумске цеви која се налази у средњој равни витла. Целокупан рад заснован је на већ постојећим цртежима и моделу, али је као основна сврха овога мастер рада било редуковање масе уређаја, као и измена појединих делова склопа у циљу побољшања ефикасности, функционалности и ергономичности уређаја. Програмски пакет у коме је вршено моделирање и анализа свих делова, а без кога није било могуће урадити овај рад, је *Autodesk Inventor 2012*.

Кључне речи: витло, еластично црево, алуминијумска цев, *Autodesk Inventor 2012*.

Abstract: This paper is based on the design and analysis of the winch which is used for winding of an elastic hose, as a primary function, and, as the secondary function, for extracting of a catch (fish) using the fish pump, hydro-motor for powering and turning of the winch, and an aluminum pipe which is set in the middle level of the winch. The whole paper is founded on an existing drawings and model, but the main purpose of the paper was reducing the mass of the appliance. All parts were designed and analyzed using the Autodesk Inventor 2012 software package, without which competing this paper would not be possible.

Key words: winch, elastic hose, aluminum tube, *Autodesk Inventor 2012*.

ЛИСТА ТАБЕЛА

Табела 1: Основни подаци о новом витлу.....	23
Табела 2: Додатни подаци о витлу.....	24
Табела 3: Карактеристике витла	24
Табела 4: Дејство смичуће силе на профил	51
Табела 5: Дејство бочне силе на профил.....	52
Табела 6: Дејство момента на кутијасти профил	53
Табела 7: Дејство бочне силе на профил.....	55
Табела 8: Дејство смичуће силе на профил	56
Табела 9: Дејство момента на профил.....	57
Табела 10: Излазни резултати	68
Табела 11: Излазни резултати	71

ЛИСТА СЛИКА

Слика 1. Историјски зачеци витала (најпримитивнији пример бунарског витла)	8
Слика 2. Примитивно витло којим су се затезала ужад на мосту преко Хелеспонта (Дарданели)	9
Слика 3. Оновни делови и пример витла на дизалицама у грађевинарству	10
Слика 4. Лево: ауто дизалица са телескопским краном; десно: торањски кран.....	11
Слика 5. Мостна дизалица	11
Слика 6. Дерик кран	12
Слика 7. Пример витла који се налаз на теренским возилима	13
Слика 8. Слика лево: моталица ужета за једра; слика десно моталица жилице на штапу за пецање.....	13
Слика 9. Витло које се налази иза сцене	14
Слика 10. Лево: сурфер на води; десно: ручно праљено витло за ову атракцију.....	14
Слика 11. Чекрк и витло за намотавање и подизање сидра, као и за усидрење	15
Слика 12. Изглед моталице некада и данас погоњена ЕМ	16
Слика 13. Витла за намотавање еластичног црева (баштенско и ватрогасно црево).....	17
Слика 14. Хидраулички покретано витло за намотавање еластичног црева	18
Слика 15. Витло са савијеном цеви у седњој равни	19
Слика 16. Изглед витла фирме Sea Quest	20
Слика 17. Положај хидромотора на витлу	21
Слика 18. Добош витла са фланжама и обручком у средини.....	21
Слика 19. Обруч и заварени носачи у средњој равни	22
Слика 20. Изглед добоша као шупљег ваљка, са стандардним профилним носачима.....	28
Слика 21. Изглед добоша витла	29
Слика 22. Приказ добоша са укрућењима и прстеном.....	30
Слика 23. Фланжа витла.....	31

Слика 24. Укрућења на ослонцима	32
Слика 25. Леви ослонац за хидромотор.....	33
Слика 26. Десни ослонац са прстеном.....	33
Слика 27. Елементи за хватање рибе	34
Слика 28. Алуминијумска савијена цев.....	35
Слика 29. Елементи у саставу савијене цеви	35
Слика 30. Копча спојена завртњевима	36
Слика 31. Пример савијене цеви са два наставка и две копче у склопу.....	36
Слика 32. Пресек склопа савијене цеви.....	36
Слика 33. Заварени носачи савијене цеви	37
Слика 34. Носач са елементима за укрућивање	38
Слика 35. Склоп добоша са носачима, шинама и елементима за укрућење	38
Слика 36. Приказ притезања цеви.....	38
Слика 37. Хидромотор на поправци у фирми Rapp Ecosse	39
Слика 38. Хидромотор	39
Слика 39. Хидромотор (лево) и спојница (десно)	40
Слика 40. Полупресек стабла са рупама за везивање и каналом за довод флуида	42
Слика 41. Стабло котрљајног елемента.....	42
Слика 42. Котрљајни елемент са предње стране	43
Слика 43. Котрљајни елемент са задње стране.....	43
Слика 44. Полупресек елемента за котрљање.....	44
Слика 45. Склоп ослонца са котрљајним елементима	44
Слика 46. Контакт савијене цеви, котрљајућег елемента и прстена ослонца.....	45
Слика 47. Склоп хидромотора са левим ослонцем.....	46
Слика 48. Склоп витла са свим деловима	46
Слика 49. Поглед на склоп са предње стране и врха.....	47

Слика 50. Приказ витла са бока.....	47
Слика 51. Места заваривања профила и ребара за фланжу односно носаче	48
Слика 52. Место постављања варова на ребра	49
Слика 53. Изглед и начин заваривања између профила и фланже	49
Слика 54. Деловање смичуће силе (вертикалне и хоризонталне).....	50
Слика 55. Дејство косе силе на носећи профил	52
Слика 56. Дејство момента на носеће профиле	53
Слика 57. Дејство бочних сила на ребро и профил	54
Слика 58. Дејство смичућих сила на бочне странице ребра.....	55
Слика 59. Дејство момента на ребра.....	56
Слика 60. Поља која су фиксирана и непокретна.....	60
Слика 61. Место постављања оптерећења и превођење модела у мрежу	61
Слика 62. Највећи напон у равни XX	62
Слика 63. Највећи напон у равни XY	62
Слика 64. Највећи напон у равни XZ.....	63
Слика 65. Највећи напон у равни YY	63
Слика 66. Највећи напон у равни YZ.....	64
Слика 67. Највећи напон у равни ZZ	64
Слика 68. Укупни Вон Мизесови напон.....	65
Слика 69. Померање профила по X правцу.....	66
Слика 70. Померање профила по Y правцу.....	66
Слика 71. Померање профила по Z правцу	67
Слика 72. Укупно померање носећих профила	67
Слика 73. Приказ чворова носећих профила који се укрућују.....	69
Слика 74. Померање носећих профила.....	70
Слика 75. Нормални напон	70

1. УВОД

1.1. Дефиниција витла и његова основна функција

Витло је механички уређај који се користи за тегљење и дизање, које се у основи састоји од покретног добоша (бубња) и кабла или ужета које је намотано на њега. Добош витла осим намотавања има и улогу одржавања линије ужета. Линијом се може манипулисати на једноставан начин путем ручне дршке, док већа витла имају зупчасте парове и могу бити погођена електрично, хидраулички, пнеуматски, помоћу СУС мотора и др. Осим тегљења и дизања, витла служе и за намотавање, одмотавање или други начин прилагођавања затегнутости ужета, жице или кабла. Уже је обично складиштено на добошу витла, док се мањи уређаји који не складиште ужад називају котурачама.

Витла су обично, поред добоша, опремљена и управљачким точком, кочницама које могу бити механичке (добош и појасне кочнице) и електромагнетне, као и чекрком и запињачем како не би дошло до одмотавања ужета. Ту спадају још и квачила, рамови разних облика и димензија, зупчасти парови и ланчаници, редуктори, погонске јединице и многи други чиниоци.

1.2. Историјски развој витала

Витла су у употреби миленијумима. Најједноставнији пример витла које се користило кроз векове јесте добош са ручицом на бунарима, који је служио за вађење воде. Претпоставља се да су витла коришћена још у старој Асирији, али не постоје писани трагови о томе.



Слика 1. Историјски зачеци витала (најпримитивнији пример бунарског витла)

Најранији књижевни записи који су описивали прва витла кроз историју, дело су Херодота из Халикарнаса за време Персијског рата, где се помињу дрвена витла која служе за притезање каблова на понтонском мосту преко Хелеспонта, прелаза између Егејског и Мраморног мора 480. године п.н.е., на месту данашњег прелаза Дарданели.



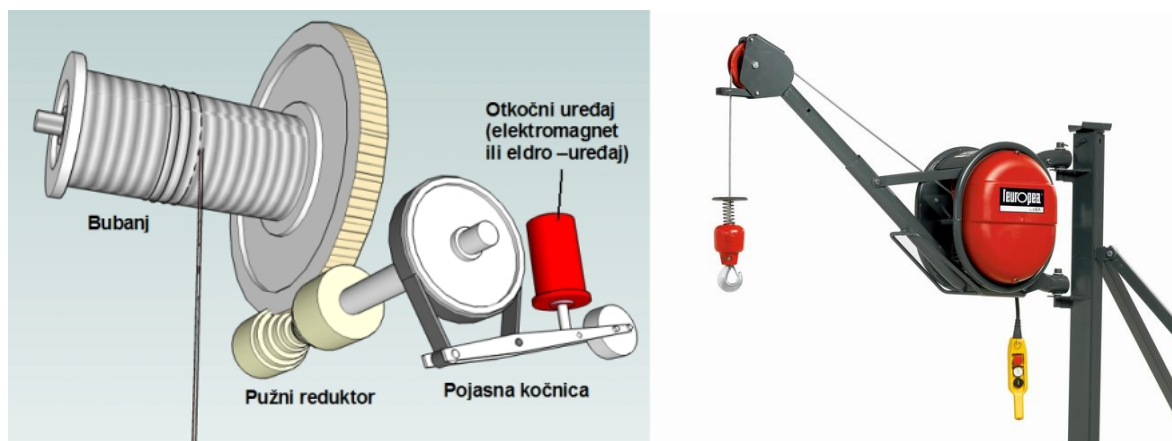
Слика 2. Примитивно витло којим су се затезала ужад на мосту преко Хелеспонта (Дарданели)

Први писани подаци о котурачи као врсти витла, преносног односа 1:1, која се окретала само у смеру казаљке сата на зупчастом преноснику, коришћена је на јахтама у касном XIX веку, док се моталице на бродовима која су служила за контролисање једара први пут помињу 1954. године.

На крају, упоређујући изглед витала некада и сада, не узимајући осе ротације у обзир, долази се до закључка да су веома мале промене и унапређења извршена након толико времена. Чак су и тадашња најмодернија витла пандани данашњих витала која се масовно производе и уграђују како на бродовима, тако и у лукама, депоима, на градилиштима и другим местима.

1.3. Примена витала у пракси

Уређај који је најсличнији витлу, а који користи технику намотавања и одмотавања ужета се назива дизалица. Она је монтирана тако да буде мобилна, тј. да буде окретна и да се лако, а када је то потребно, може изместити на другу локацију. Као заједничку улогу коју имају, витла и дизалице су нашле веома велику примену у области руковања теретом као што је на пример на бродовима (мали бродски кранови који имају носивост до 0,5 до 12 тона), у фабрикама (могу се наћи дизалице за мања дизања, окретне дизалице са електро-мотором као погоном и носивошћу до 10 тона и мосне дизалице које имају велику носивост, на пример преко 10 тона). Налазимо их у складиштима (овде се ради углавном са мосним дизалицама), градилиштима (различите врсте кранова, ауто-дизалице и др.), а такође имају функцију погонске јединице код покретних дизалица, кранова, булдожера и багера.



Слика 3. Основни делови и пример витла на дизалицама у грађевинарству

Група машина за пренос и дизање на самом градилишту са визлом као једним од елемената обухвата:

- Аутодизалице,
- Торањске дизалице, порталне, мосне, кабл, дерик и други специјални кранови,
- Пумпе за бетон, виљушкари, платформе, лифтови и друга средства за пренос терета на велике висине.

Аутодизалице су врста покретних дизалица монтираних на камионској платформи. Састоје се од камиона на којем се окреће постоље које носи стрелу или крак дизалице. Могу бити:

- Аутодизалице са непроменљивом решеткастом стрелом,
- Аутодизалице са телескопским краном (телескопске дизалице).

Постоји много различитих врста и типова телескопских аутодизалица у погледу величине, носивости конструкције, као и начина логистике рада крака за дизање. Максимални домет оваквих дизалица је до 200 метара (слика 3).

Торањски кранови су најчешће коришћене машине за транспорт и пренос материјала унутар градилишта. Незамањиви су у високоградњи и код свих других високих конструкција. Састоји се од окретног торња и по потреби покретног торња на шинама, на коме се налази стрела (крак) са опремом за дизање терета помоћу ужади.

Стрела може бити хоризонтална (по њој путује опрема за дизање) или коса стрела покретна у вертикалном правцу (постоји опрема за дизање у виду куке). У пракси су најпримењиванији кранови са хоризонталном стрелом (слика 4).

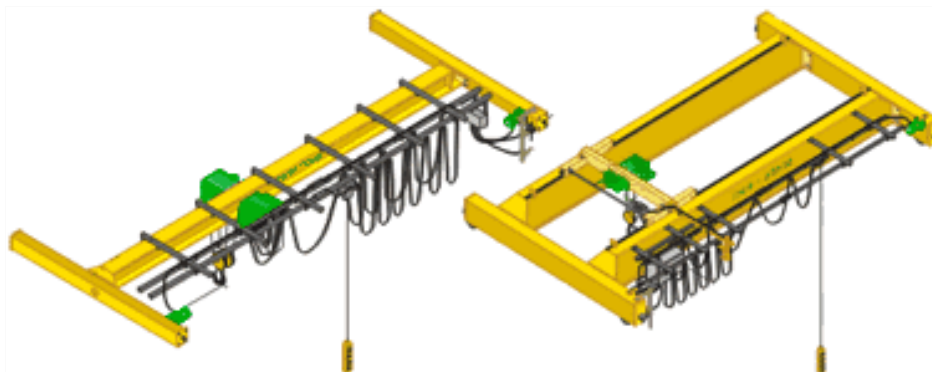


Слика 4. Лево: аутодизалица са телескопским краном; десно: торањски кран

Ови кранови могу бити слободни, ослоњени на грађевину, ређе и унутар грађевине. Можемо их поделити на преносне кранове, велике кранове (потребно је извршити демонтажу приликом преноса са градилишта на градилиште) или самоходни кранови - мањи торањски кранови. Такође, постоје и такозвани торањски аутокранови.

Портални кранови, као што и само име каже, састоје се од једног порталног рама (сачињавају га два стуба и једна греда), који се креће по пару шина и на тај начин покрива цео простор. Греда и стубови су од квалитетног челика, и могу се израђивати као пуни или решеткасти профили. На греди се налази радни орган крана, док се управљање врши из кабине, смештене близу стуба, а испод попречне греде. Управљање се врши даљинским путем, а за мање кранове може се обављати и са земље. Портални кранови врше утовар, пренос и истовар материјала дужином шина којима се крећу.

Мосне дизалице користе се у железарама, ливницама, производним халама, хидроелектранама, дрвној индустрији, а као радни елемент може се наћи кука, грабилица или магнет. Носивост оваквих дизалица је до 250 тона. Знатно су већег распона од порталних дизалица, којима су јако сличне.



Слика 5. Мосна дизалица

Конзолне дизалице се користе за дизање и преношење терета у производним халама, складиштима, претоварним станицама; могу служити за утовар и истовар терета из камиона или вагона. Због своје стабилне конструкције веома су погодне за монтажу машина и уређаја у производним халама, или опслуживање тешких алатних машина, стругова, преса, глодалица и осталих машина и уређаја у машиноградњи, грађевинској, текстилној, дуванској и осталим индустријама. Руковање дизалицом је једноставно. Велике су манипулационе могућности уз максимално коришћење радног простора, а рад је могућ и у најтежим условима. Стуб је израђен из заварене конструкције квадратног пресека, а конзола дизалице из ваљаних или сандучастих профила. Окретање се остварује ручно или електромотором преко планетарног редуктора (360° или мање) и озубљеног венца, док је улежиште решено преко котрљајних лежајева. Дизање се остварује преко двобрзинског електричног витла. Вожња колица по конзоли остварује се електричним или ручним погоном. Дизалица се везује за темељ анкер вијцима.

Дерик кранови се користе за подизање и пренос материјала код монтажа индустријских хала, челичних мостова, монтажа зграда, монтаже елемената префабрикације и слично. Основни елементи овог крана су: вертикални јарбол, катарка и погон на три витла. Постоји могућност монтаже дерик крана на колосек, па се његова функционалност вишеструко повећава.

Кабл кранови су кранови који се користе за изузетно велике терете на великим растојањима. Зато се и убрајају у најспецијалније врсте кранова. Карактеристике их велика покретљивост у хоризонталном и вертикалном правцу.

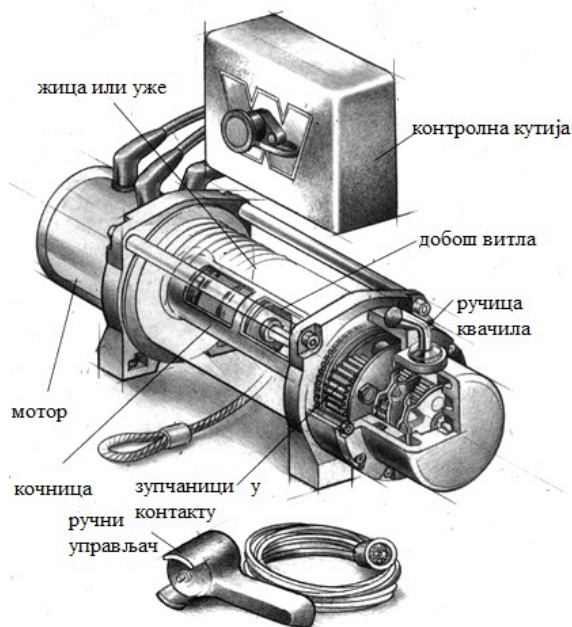


Слика 6. Дерик кран

Ови кранови су исплативи само у случају великих инвестиционих пројеката, јер остварују велике радне учинке (најбољи пример овог крана и пројекта на којем се ради је хидроцентрала у Колораду). Распони оваквих кранова су веома велики и крећу се и по неколико километара између торњева. Још једна од карактеристика која је веома битна за ове кранове јесте и велика брзина рада.

Конструкција се састоји од два носећа торња (ако се гради хидроелектрана - торњеви се постављају на супротним крајевима кањона), носећег ужета које повезује торњеве, вучног ужета, ужета за подизање терета и ужета са јахачима. Један торањ носи погонске уређаје, док други носи постројење за затезање носећег ужета.

Тегљач на аутомобилима (у народу познатији као чекрк) је тип витла са вертикалном или хоризонталном осом добоша, а осим на возилима, користи се и за позиционирање железничких вагона у товарне депое. Поједина војна и грађевинска возила, дизајнирана за неурбане путеве, опремљена су витлима која се погоне мотором, а могу се користити за подизање и тегљење или, у случају да се возило заглави, да извуку из области где је смањена тракција.



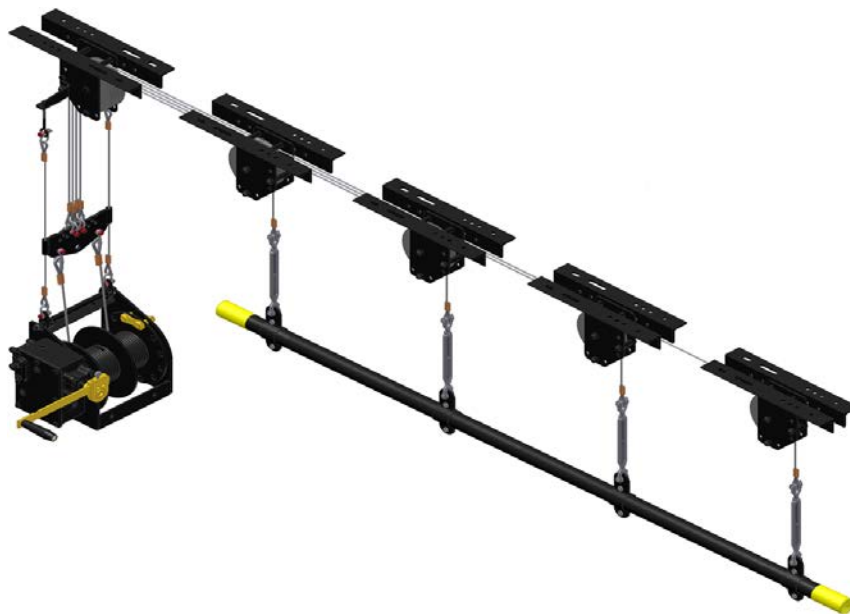
Слика 7. Пример витла које се налази на теренским возилима

Највећу примену витла и моталице налазе на јахтама и бродовима. Они могу да користе истовремено више витала како би успешно руковали једрима помоћу ужади, сидрима помоћу ланаца, повлачењем мрежама за рибарење и намотавање истих, вучним линијама које се користе код реморкера и великих теретних бродова за пристајање у луку и друго. Такође, битно је напоменути да моталице налазе веома велику примену и у риболову, јер се намотавање жилице врши помоћу ручне моталице на сваком штапу за пецање.



Слика 8. Слика лево: моталица ужета за једра; слика десно: моталица жилице на штапу за пецање

Витла све чешће налазе примену и као елементи механике у позадини позоришног платна, за брзу измену позадинских пејзажа у оквиру једне представе. Такође, ова витла се могу користити и у представама које изискују подизање односно спуштање глумаца у оквиру неке тачке. Од недавно, витла се користе и у спортовима на води и снегу као што је пример скијања, где се помоћу витла и ужета ефикасно симулира чамац који вуче скијаше по води, таласе који покрећу даске сурферима, као и моторне санке.



Слика 9. Витло које се налази иза сцене

Скијање на води помоћу витла која симулирају чамац за вучу је хоби у успону и постаје све популарнији за поклонице ове нове дисциплине која се у народу зове сурфовањем. Витло које покреће систем се састоји од мотора, калема, ужета, ручице, рама и неке врсте једноставног преноса. Ово витло је у стању да вуче сурфера брзином између 24 и 40 km/h.

Овај спорт све већу популарност стичу примамљујући људе који желе да сурфују по језерима и барама или једноставно људе који немају чамац за ову веома занимљиву атракцију. Осим што се могу поставити на земљу, ова витла се могу монтирати и на возила, а такође се могу привезати за дрво и имати исту функцију као и да то ради чамац. Постоји могућност и модификације ових уређаја за потребе скијаша и сноубордера.

Слика 10. доле: сурфер на води; горе: ручно праљено витло за ову атракцију

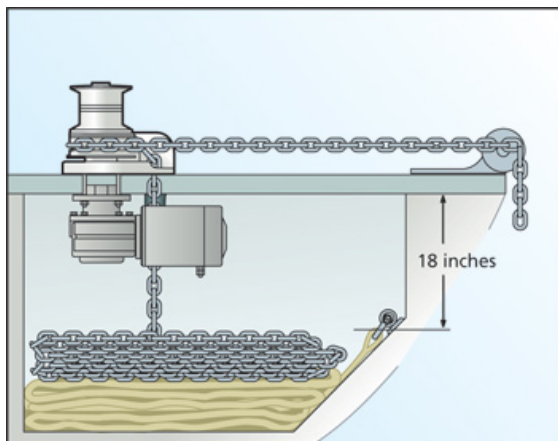


1.4. Основна подела витала

Сумирајући досадашње чињенице, долази се до закључка да витло има веома велику примену и да се као такво може поделити на неколико основних и то:

1. витла са чекрком за сидра;
2. витла за управљање сидром;
3. витла за усидрење;
4. складишна витла;
5. моталице;
6. вучна витла;
7. витла за намотавање ужета;
8. витла за намотавање еластичних црева;
9. витла за намотавање еластичних црева и извлачења улова;
10. специјална витла.

Чекрк је уређај који се користи на бродовима за подизање и спуштање, као што је бродско сидро, рибарска мрежа и др. Витло са чекрком за сидро је уређај који зауставља и манипулише ланцем за сидро и/или ужетом на броду, чиме омогућава сидру подизање и спуштање. Витло са чекрком за повлачну мрежу је сличан уређај као и за сидро, који зауставља и манипулише повлачном мрежом на комерцијалним рибарским бродовима. Повлачна мрежа је врста велике рибарске мреже која је намотана на витло. Рибар или спушта или подиже мрежу овим уређајем током лова. Кочница служи за контролу при спуштању или подизању, док је витло обично погоњено електричним или хидрауличним мотором покретаним преко зупчастих парова.

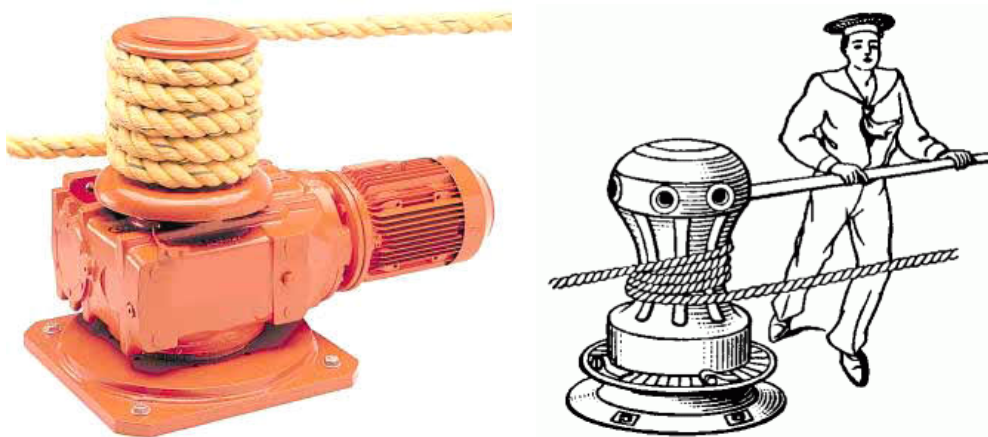


Слика 11. Чекрк и витло за намотавање и подизање сидра, као и за усидрење

Витла за усидрење служе, као што им име и каже, за усидравање бродова и теретњака, а уједно могу да обављају функцију премештања, држања и позиционирања за утовар и истовар.

Складишна витла служе за смештање и чување ужета, кабла или сајле. Ову функцију може обављати скоро свако витло, па су стога и најраспрострањенија и обухватају највећу групу витала. Налазимо их како на бродовима и глисерима, тако и ван морске области и то на градилиштима, лифтовима, дизалицама, аутомобилима за неурбане путеве, па чак и на штаповима за пецање.

Моталица је уређај вертикалне осе ротације развијена за потребе једрењака и бродова. Веома је слична витлу за намотавање са том разликом да витло има хоризонталну осу ротације. Витла за намотавање у суштини представљају све овде набројане уређаје, јер махом сви они имају добош на који је могуће намотати уже, кабл или жицу.



Слика 12. Изглед моталице некада и данас погоњена ЕМ

Вучна витла су претежно хидраулична, функционално су веома спора, а користе велики обртни момент. Служе за вучење како им и име каже. Обично се користе код реморкера који вуку и усидравају велике теретне и путничке бродове. Осим тога, могу да имају функцију витала која вуку мреже за лов рибе.

Витла која намотавају еластично црево поред основне функције могу бити употребљена и за извлачење улова помоћу пумпе и цеви у средњој равни витла. Ово су једна од ретких витала која не могу да имају улогу витла за складиштење ужета, кабла или жице. Витла која служе само за намотавање еластичних црева могу се користити и на копну и на броду (на мору), док витла која имају цев у средњој равни и поред примарне функције обављају и извлачење улова се могу користити само на бродовима (слика 13).



Слика 13. Витла за намотавање еластичног црева (баштенско и ватрогасно црево)

У последњу групу витала спадају сва горе поменута витла са варијацијама које их чине јединственим и специјалним по нечему. Ова витла се често праве и по наруџбини купца, који може да бира погоне, системе који окрећу добош, врсту кочнице и друго. Ту се могу наћи импулсна витла, витла за тегљење, дизалица са слободним добошом, витла са усисном цевком, дизалица са уграђеним погоном у добошу, позоришна витла, ауто дизалице, мосна витла, витла за рибу, плужна витла, витла на грађевинским машинама, витла константног напрезања, хидраулична витла, витла са лучном главом и друга.

2. КОНЦИПИРАЊЕ КОНСТРУКЦИЈЕ И РАЗМАТРАЊЕ ПОСТОЈЕЋИХ РЕШЕЊА

Пошто је тема овог мастер рада витло за намотавање еластичног црева са савијеном алуминијумском цеви у средњој равни, у даљем делу овог излагања биће обрађена пажња неким постојећим конкурентским и решењима из матичне фирме *Rapp Marine Group* чиме ће се указати на недостатке истих и предложити неке измене које би омогућиле компактност, економичност при раду и при склапању оваког витла, као и економске и ергономске предности новог решења.

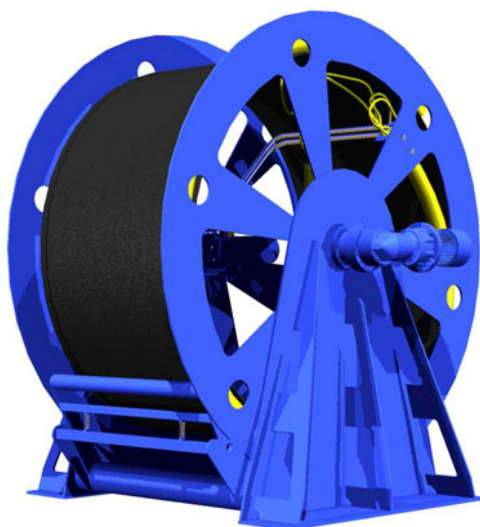
2.1. Основне поставке витла за намотавање еластичног црева

Најједноставнији примери употребе ових уређаја су моталице које налазимо у сваком домаћинству и које су неизбежне. Ове моталице могу бити употребљене за намотавање електричних каблова, црева за поливање, флексибилних црева већих димензија, налазе примену и код намотавања ватрогасног црева на камионима и у ватрогасним станицама. Могу бити погођена ручно (нпр. баштенске моталице за црева) или уз помоћ неке врсте мотора, било да је то хидраулични, електро, пнеуматски или СУС мотор (нпр. витла, моталице за ватрогасна црева и др.)



Слика 14. Хидраулички покретано витло за намотавање еластичног црева[7]

Једна од највише најраспрострањенијих концепција овог уређаја је витло које има савијену алуминијумску цев у средњој равни, погођено хидро мотором, чија је основна функција усисавање рибе посредством еластичног црева, које се одмотава са добоша витла, и усисне пумпе која се налази на крају читавог система.



Слика 15. Витло са савијеном цеви у седњој равни

Примена им је широка, па се стога могу наћи на копну, на бродовима, нафтним платформама и свуда где је потребно намотавање цева, извлачење улова или других материја помоћу усисне пумпе.

Најчешће се срећемо са овим уређајем на рибарским бродовима, а функционише тако што после забацивања мреже, витло одмотава еластично црево које се налази на њему и спушта га у средиште мреже. Када се мрежа скупи, усисна пумпа кроз еластично црево скупља ухваћену рибу и избацује је на палубу брода, односно у специјално дизајниране депое који врше аутоматско класификовање рибе.

Делови који чине једно овако витло су: добош, који може бити у облику шупљег ваљка или састављен од стандардних носећих профила, фланжи различитих димензија зависно од величине и броја навојака еластичног цева, погона (који је претежно у виду хидро мотора), алуминијумске цеви у средњој равни чија је улога да спроведе материју са којом се ради до депоа, дуго еластично црево које се спушта у воду и кроз које се спроводи материја до усисне пумпе, носачи на које се монтирају и хидро мотор и савијена алуминијумска цев, а и фланже које уједно носе и добош. У зависности од концепције и сврхе уређаја, ту се још могу наћи и ребра за укрућивање и ојачавање конструкције.

2.2. Преглед постојећих решења

Данас у свету постоји много компанија које се баве производњом ових витала, тржиште је веома конкурентно и сваким даном се побољшавају и унапређују сви елементи у склопу једног оваквог витла. Како би имале што већи број поклоника њиховог уређаја на изузетно јаком тржишту, компаније нуде варијације у облику добоша, фланжи, погона витла, али и у зависности од потражње купаца, врше повећавање односно смањивање протока кроз еластична црева и цев у средњој равни витла.

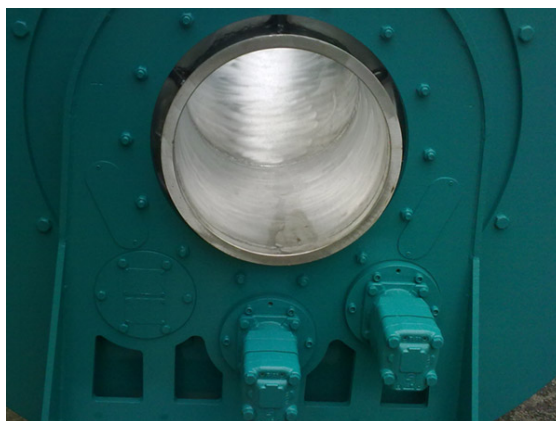
Једна од најконкурентнијих фирми *Rapp Marine Group*-и у овој области долази из Европе, односно из Ирске, и целокупан производни програм им се односи на витла за бродове. *Sea Quest*, како и сами наглашавају, прве кораке у изради ових витла направили су уз помоћ пумпи које је производи *Rapp*. Временом су инжењери ове фирме развили своја решења која се данас примењују на рибарским бродовима широм света [11].

Њихово решење у основи има бубањ који је облика шупљег ваљка и који се путем вијака спаја са фланжама у једну целину. Тако је алуминијумска савијена цев сакривена у унутрашњост добоша, са малим отвором на једном делу, како би било могуће обезбедити везу између еластичног црева и цеви у унутрашњости добоша што се и види на сликама испод.



Слика 16. Изглед витла фирме *Sea Quest*[11]

Овај начин смештања цеви у унутрашњост добоша витла је доста непрактичан приликом монтаже или демонтаже, али и када је потребна замена цеви, а на добошу витла овим отвором се смањује издржљивост истог. Ово витло је погоњено и са два мала зупчаста хидромотора што има својих предности и мана. Највећа предност се огледа у њиховом лакој синхронизовању, док се као мана може навести лоша ергономичност, несиметричност постављања мотора која утиче на естетику уређаја, као и бучност ових зупчастих хидромотора [11].



Слика 17. Положај хидромотора на витлу[11]

За разлику од конкурентске компаније, *Rapp Marine Group* са својом традицијом од преко сто година, се изборила за статус водеће у области израде витала, бродске опреме, пумпи за усисавање, планетарних преносника снаге, ватроотпорних врата и много друге опреме. У пројекат витла за намотавање је кренула самостално, развијајући своја решења усисне пумпе, дизајна витла и целокупне пратеће опреме једног система за намотавање еластичног црева и вађење улова из мора [7].

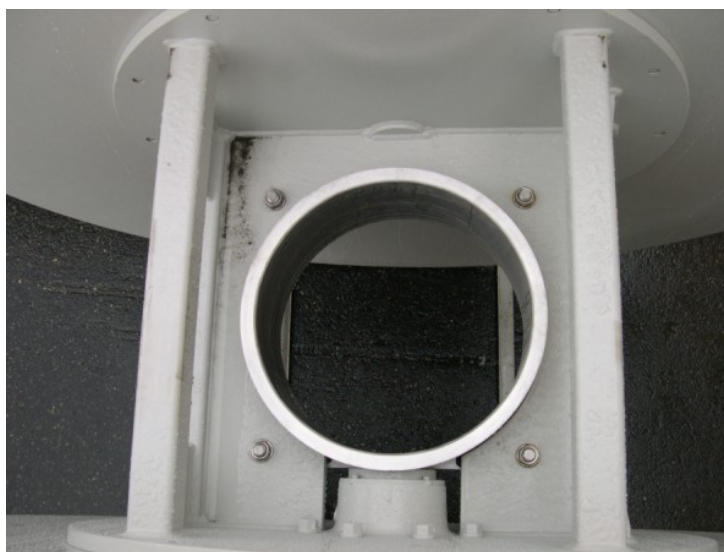
Њихов дизајн витла се знатно разликује од конкурената и ту се ствара прва предност ове компаније. Њихов добош није сачињен у облику шупљег ваљка, већ ту улогу остварују кутијаста профили квадратног попречног пресека. Тиме се добија на уштеди материјала, а самим тим до смањења укупне масе добоша и целокупног витла. Као што се види на слици 17. добош витла сачињавају шест симетрично постављених кутијастих профила који су на крајевима спојени са ободом добоша заваривањем.



Слика 18. Добош витла са фланжама и обручком у средини[7]

Као што се може видети са слике горе, на кутијасте профиле заварена су и ребра која ојачавају конструкцију добоша. Обод добоша се помоћу завртањских веза спаја са фланжама и сачињава једну целину.

У средишту добоша постављен је обруч преко кога се качи еластично црево са једне стране, а са друге се налази усисна пумпа. Овде се јавља први проблем, јер добош са оваквим извођењем обруча није могуће окретати, већ се након завршетка једне операције може приступити намотавању или одмотавању еластичног црева. У средњој равни витла, заварена су и два носача око обруча која у случају потребе за заменом обруча није могуће изместити, па се ово може окарактерисати као још једна грешка.



Слика 19. Обруч и заварени носачи у средњој равни[7]

Као погон, ово витло користи један хидромотора који је постављен у средиште обода добоша и за њега причвршћен завртњима. Пошто оваква витла не носе велика оптерећења, не вуку мрежу за собом и врше само складиштење и намотавање односно одмотавање еластичног црева, евидентно је да ће овај један мотор обавити све функције које су захтеване од њега.

Највећа мана овог витла огледа се у распореду уређаја који врше одмотавање и складиштење рибе у депое. То значи да еластично црево које се спушта у воду мора бити у правцу обруча на витлу, као и усисна пумпа која стоји са друге стране обруча. Тиме се у великој мери заузима простор на платформи брода и нарушава даља ефикасност осталих уређаја који се ту налазе. Зато се мора плански рачунати на уградњу овог витла, чиме би се обезбедио довољан маневарски простор за сваки уређај који ради на броду.

3. РАЗРАДА КОНСТРУКЦИЈЕ

Како би конструкција била оригинална и звала се новом, потребно је у њу имплементирати нешто ново, што доноси боље резултате и продуктивност једног оваквог витла. Сви недостаци који су се јавили код конкурентног, али и код витла матичне фирме се морају изменити и увести нова решења која поспешују рад уређаја, заузимају минимални простор на пловилу, а такође треба омогућити лаку изменљивост делова када је то неопходно.

3.1. Технички задатак

Са прегледом пређашње две конструкције, дошло се до закључка да свака са собом носи одређене предности, али и мане. Пошто је циљ овог рада усавршавање и имплементирање нових решења на постојећој конструкцији, прво се мора дефинисати технички задатак којим ће се означити неке клаузуле по којима се мора ићи у изради једног оваквог витла. Сам технички задатак садржи основне податке о витлу, материјале од којих се израђују компоненте, основне димензије које су потребне као полазна тачка сваког конструисања у CAD софтверу, захтеви који се тичу олакшавања конструкције, начина обраде неким од поступака за ојачање материјала, начина спајања елемената у целину и др. Управо Табела 1. показује основне поставке израде витла за намотавање еластичног црева и усисавање рибе из мреже.

Табела 1: Основни подаци о новом витлу

Ниво	Пречник	Корак 1
Први	926mm	2,4t/ 40m/min.
Средњи	1190mm	1,8t/ 51m/min.
Највиши	1388mm	1,6t/ 60m/min.

Табела у првом реду показује ниво намотавања еластичног црева и видно је да се оно намотава само три пута, што показује низ два, који даје вредност првог, средњег и највишег намотавања. У последњој колони приказана је величина оптерећења при намотавању и брзини намотавања еластичног црева по минути [7].

Још неки од података који су дати у техничком задатку виде се из наредне табеле.

Табела 2: Додатни подаци о витлу

Назив: Витло за намотавање еластичног црева FHR-480S-18"	
	верзија витла: витло са левим намотавањем и 18" цев кроз њега
-	18" + 16" цев за константну конекцију
	- Димензија бубња: $d=915$, $D=1500$, $b=730\text{mm}$ - Капацитет намотавања: $0,8\text{ m}^3$ еластичног црева - Усмеривач намотавања синхронизован за: Н/А усмеривач намотавања није монтиран - Позиција улаза црева: са горње стране - Тип кочнице: Н/А кочница није монтирана - Систем кочења: Н/А - Оквирна тежина: 1700 kg по јединици, без еластичног црева
Хидро мотор: 4,11 l/obrt.	
Контролни систем: - Тип хидрауличног система: хидраулика за споредна витла - Главна контрола: вентил за локалну контролу подизања и спуштања - Тип калема за главни вентил протока: вентил за отворени систем са устаљеним уљем - Локација главног контролника: вентил постављен на витлу - Слободно окретање: Н/А - Контрола напона: Н/А - Брзина корака: 1 корак - 100% - Контрола брзине операције: Н/А	

Табела 3: Карактеристике витла

Карактеристике витла базиране на:
- Проток уља: 62 l/min - Притисак: 185 bar - Потребна снага: 25 kW

Дати технички задатак састављен је како би задовољио потребе наручиоца и уједно да дефинише обим послова који су потребни за спровођење и имплементацију комплексног уређаја за намотавање црева и вађење рибе код наручиоца [7].

3.2. Избор материјала при конструисању витла

Пошто су дефинисани основни параметри за конструисање овог уређаја, врши се избор материјала, као једна од најзначајнијих карика у ланцу. Битан задатак који мора бити испуњен током конструисања уређаја је смањење масе, што превасходно значи пажљив одабир материјала, као и редуковање на местима где се то анализом утврди. За израду бродских витала највише се користи конструкциони челик због својих карактеристика и предности, али такође и због ниске цене на тржишту. Пошто је од недавно на снази наш нови SRPS стандард који је заменио доскорашњи JUS и ознаке се у потпуности разликују од пређашњих, у овом одељку је, ради лакшег објашњења, употребљаван стари стандард са својим ознакама.

Конструкциони челици су угљенични челици (са садржајем $C < 0,6\%$), или легирани (углавном Mn, Si, Cr, Ni, Mo, V итд). Конструкционим челицима се такође називају и они челици који се примењују за израду делова машина, носеће конструкције и грађевине. Од конструкционих челика се захтева да имају добра механичка својства, да се добро обрађују резањем, деформисањем (ковање, ваљање, извлачење, пресовање) [10].

Подела конструкционих челика:

- Према чврстоћи (напону на граници течења) ови челици се разврставају у четири групе:
 1. Челици ниске чврстоће, $Re < 250 \text{ MPa}$;
 2. Челици средње чврстоће, $250 \text{ MPa} < Re < 750 \text{ MPa}$;
 3. Челици високе чврстоће, $750 \text{ MPa} < Re < 1550 \text{ MPa}$;
 4. Челици ултрависоке чврстоће, $Re > 1550 \text{ MPa}$;

Угљенични конструкциони челици припадају првој групи, а легирани челици другој, трећој или четвртој. Конструкциони челици се користе за челичне конструкције или конструкционе елементе у машиноградњи, мостоградњи, бродоградњи, котлоградњи, изради цевовода и слично [10].

- Према намени:
 1. Опште конструкционе челике,
 2. Угљеничне конструкционе челице,
 3. Челике за обраду на аутоматима,
 4. Нерђајуће конструкционе челике,
 5. Челике за цементацију,
 6. Челике за побољшање
 7. Челике за опруге
 8. Ватроотпорне челике и др.

Пошто се за израду витала најчешће користе конструкциони челици, у наставку ће бити речи о карактеристикама и означавању ових челика (1,2), као и о челицима за цементацију и побољшање.

• Опште конструкциони челици

У ову групу челика спадају угљенични и нисколегирани челици са утврђеним механичким својствима. Општи конструкциони челици се примењују за израду заварених конструкција и цевовода, конструкција спојених вијцима и закивцима, у високоградњи, мостоградњи, хидроградњи и машиноградњи или за даљу прераду хладним пресовањем, вучењем и врућим ковањем или ваљањем.

Општи конструкциони челици сврстани су у шест група квалитета и то:

- групи О припада челик чија је ознака Č0000 који се користи за неодговорне делове;
- групи А припадају челици чија се основна ознака завршава бројем 0; користе се за статички оптерећене заварене конструкције које нису изложене већим температурним променама, нити температурама нижим од -10°C (Č0270, Č0370, Č0460);
- групи Б припадају челици чија се основна ознака завршава бројем 1; користе се за одговорне заварене конструкције код којих не постоји опасност од кртог лома. Могу да буду изложени раду на температури до -10°C (Č0361, Č0371, Č0461 и Č0561);
- групи Ц припадају челици чија се основна ознака завршава бројем 2; користе се за одговорне заварене конструкције изложене статичким или динамичким оптерећењима, али не и ниским температурама (Č0362, Č0562);
- групи Д припадају челици чија се основна ознака завршава бројем 3; користе се за одговорне заварене конструкције изложене динамичким оптерећењима и ниским температурама, до -30°C (Č0363, Č0463, Č0563);
- групи М припадају челици чија се основна ознака завршава бројем 5; користе се за одговорне машинске делове као што су осовине, вратила, зупчаници, клинови (Č0545, Č0645, Č0745) [10].

• Угљенични конструкциони челици

Производе се у СМ (Сименс-Мартиновим) пећима и кисеоничким конверторима (са дувањем кисеоника одозго). У зависности од услова дезоксидације ових челика у процесу топљења, они се деле у три групе:

1. Умирени – ови челици се добијају потпуном дезоксидацијом металима као што су Si, Mn и Al у пећи, а затим у казану. Ови челици садрже минималну количину FeO, што обезбеђује мирно очвршћавање метала.
2. Полуумирени – представљају прелазну групу. Ови челици се дезоксидишу само са Mn и Al.
3. Неумирени – дезоксидишу се само манганом и садрже повећану количину FeO. При очвршћавању FeO реагује са угљеником метала дајући CO. Неумирени челик је јефтинији, јер су отпаци при производњи минимални. Неумирујући челици у односу на умиренима имају већу склоност ка старењу и кртом лому [10].

- **Челици за цементацију**

Челици за цементацију су конструкциони челици са малим садржајем угљеника (0,1 – 0,25%), који се користе за делове код којих се површински слој цементира или карбонитрира. После цементирања или карбонитрирања и одговарајуће термичке обраде постиже се висока тврдоћа, отпорност према хабању и корозији површинског слоја, док језгро задржава добру жилавост. Према хемијском саставу челици за цементацију могу да буду угљенични и легирани [10].

- *Угљенични челици за цементацију.* Ови челици су нискоугљенични са садржајем угљеника до 0,2% (Ћ1120, Ћ1121, Ћ1220, Ћ1221, Ћ1281). Употребљавају се за израду делова малих димензија и једноставних облика, изложених хабању и малим оптерећењима, где се не захтева висока чврстоћа језгра (ручице, полуге, рукавци, зглобови).
- *Легирани челици за цементацију.* Ови челици су нисколегирани са хромом, манганом, никлом, молибденом, са садржајем угљеника 0,18 – 0,24% (Ћ4120, Ћ4721, Ћ5420, Ћ7420). Користе се за израду делова већих димензија, јаче оптерећених и одговорних, код којих се захтева висока тврдоћа површинског слоја и довољно висока чврстоћа и жилавост језгра.

- **Челици за побољшање**

Челици за побољшање, после термичке обраде имају високу вредност напона течења и затезне чврстоће, добру пластичност, малу осетљивост на концентрацију напона, високу вредност динамичке чврстоће и довољну жилавост. Према хемијском саставу челици за побољшање се деле на угљеничне и легиране [10].

- *Угљенични челици за побољшање* су челици са садржајем угљеника 0,3 – 0,5%. Ови челици се употребљавају за израду делова пресека до 100 mm, имају малу склоност ка образовању прслина, али су осетљиви на зарезе. За израду конструкционих делова који су мање оптерећени употребљавају се челици Ћ1330, Ћ1430, а за оптерећеније делове Ћ1530, Ћ1531, Ћ1580, Ћ16301, Ћ16302, Ћ16303, Ћ1630, Ћ1631, Ћ1680, Ћ1730, Ћ1731, Ћ1780 (коленаста вратила, брегасте осовине, осовинице клипова, завртњи, зупчаници).
- *Легирани челици за побољшање.* За израду делова већег попречног пресека до 250 mm, употребљавају се челици легирани са хромом, никлом, молибденом и ванадијумом. Хром-челици Ћ41301, Ћ41302, Ћ4132 и Ћ41321 су погодни за израду делова релативно малих димензија (осовина, мањих вратила, клинова, полуга и навртки), челици Ћ41331, Ћ4130, Ћ4180 имају повишену чврстоћу и употребљавају се за одговорније делове (коленаста вратила, осовине, зупчанике, завртње), а челици Ћ4131, Ћ4181, Ћ4134, Ћ4184 се користе за делове изложене хабању, али без већих ударних оптерећења (велики зупчаници и вратила). Хром-никл-молибден челици (Ћ5430, Ћ5431 и Ћ5432) имају високу вредност затезне чврстоће и напона течења, добру жилавост и високу вредност динамичке чврстоће, па се користе за израду делова који су јако оптерећени наизменично променљивим оптерећењима.

4. КОНСТРУИСАЊЕ ВИТЛА

Пошто је утврђен материјал витла, као и његове основне димензије, прелази се у процес конструисања новог решења. Узимајући неке димензије и облике са предходних витала као и имплементација нових решења требало би на крају да покаже конструкцију која визуелно подесећа на описиване, али такође и да покаже једну нову конструкцију која има веће предности од свих осталих решења.

Да би се појевтинила производња оваквог витла, поред пажљивог одабира материјала и његове цене, потребно је и остале елементе потражити у стандардним каталозима делова и учинити производњу што јефтинијом. То подразумева коришћење стандардних профила, лежајева, вијака са наврткама, али и свих других елемената које је могуће наћи на тржишту.

Главни делови који чине ово витло су: добош, који је састављен од носећих фланжи и стандардних кутијастих профила, алуминијумска савијена цев, велике фланже, леви носач на који се монтира хидро мотор, десни носач на који се монтирају наставци савијене цеви. Унутар десног носача налазе се елементи који мењају стандардне лежајеве, а имају идентичну функцију. Ту су још и елементи за настављање цеви, ребра за ојачање конструкције, елементи за вођење и укрућивање савијене цеви, као и мазалице, вијци, навртке.

4.1. Добош витла

Добош као најбитнији део сваког витла може се наћи у разним облицима и димензијама, зависно од намене витла. Његова основна функција је намотавање, одмотавање, као и складиштење жице, кабла, ужета, еластичног црева, траке и др. Добош витла за намотавање еластичног црева може бити облика шупљег ваљка или пак израђен од стандардних профила.

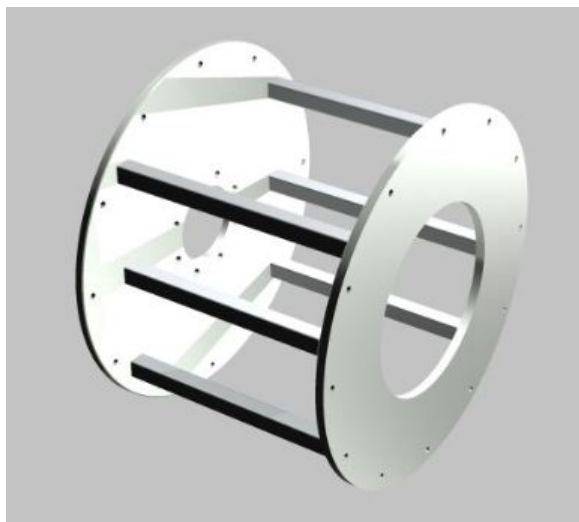


Слика 20. Изглед добоша као шупљег ваљка са стандардним профилним носачима [7],[11]

Предност првог добоша је у намотавању елемента на своју цев, али функционално не задовољава потребе уређаја за извлачење улова из мора. Цев која се поставља у средњу раван витла је сакривена и добро изолована од утицаја морске воде, што доприноси смањеној појави корозије, али такође је и положај за њену монтажу и демонтажу веома лош. Пошто се еластично црево спаја са једним крајем ове савијене цеви, намотавање је онемогућено, а отвор који се прави због спајања црева и цеви смањује моћ ношења и издржљивост добоша витла (Слика 20 лево).

Друго решење у изради добоша витла (Слика 20 десно) је по функционалности веома боље изведено, а намотавање се врши неометано. Због стандардних кутијастих профила квадратног облика који се варе за носеће фланже добоша, намотавање је олакшано, јер се алуминијумска цев налази у средини добоша и не омета намотавање еластичног црева, а такође и монтажа односно демонтажа је веома лака, јер је маневарски простор много већи, а то у многоструко олакшава посао сервисерима. Главна мана оваквог система израде добоша јесте преламање еластичног црева које је складиштено на добошу, али пошто нема утицаја на рад уређаја, може се рећи да је функционално боље изведено од предходног.

Добош витла у мастер раду рађен је према узору на матичну фирму *Rapp Marine Group*, што значи да има шест кутијастих профила димензија $50 \times 50 \times 3 \text{ mm}$, који су постављени симетрично на две стране и који се заварују на носеће фланже добоша (Слика 21).

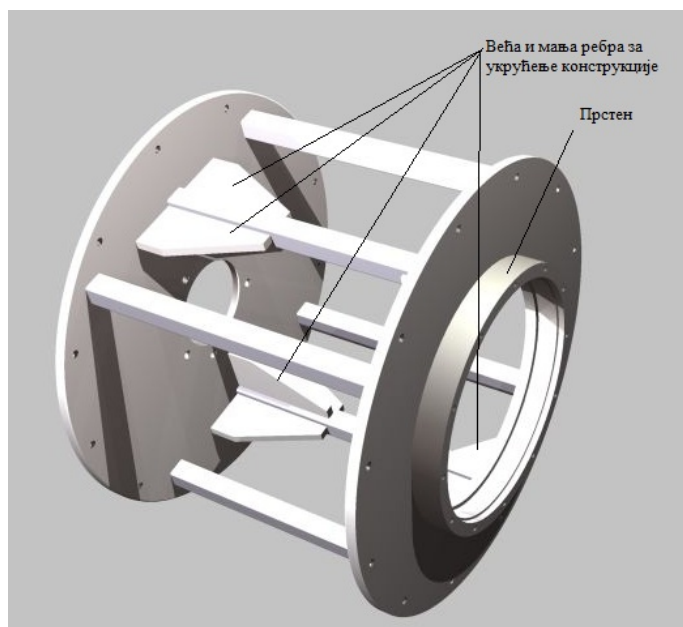


Слика 21. Изглед добоша витла

Кутијасте профиле се заварују за носеће фланже целим својим обимом, јер се тиме повећава јачина и издржљивост конструкције на оптерећења која се јављају при раду, као и на тежину еластичног црева које се намотава око профила на добош витла. Величина профила је смањена са 60×60 на $50 \times 50 \text{ mm}$, јер је каснијом анализом утврђено да, иако мањих димензија, ови профиле у потпуности испуњавају захтевана померања профила током оперећења.

Носеће фланже на себи имају отворе за спајање хидромотора (мањи отвор лево), као и рупе на ободу којима се причвршћује добош за веће фланже. До већег отвора се заварује прстен који држи савијену цев заједно са десним ослоном витла (Слика 22). Прстен се са једне стране засеца за 5 mm, како би се после постављања до отвора направио простор који служи за постављање зава. По ободу прстена су забушене рупе пречника M16, како би се након постављања савијене цеви, она везала завртњима за прстен.

Како би конструкцију ојачали и како би била у могућности да издржи претпостављена највиша оптерећења при раду, на кутијасте профиле у средини се заварују ребра за укрућење. Величине ребара су двојаче, јер су деформације веће на месту где се поставља хидро мотор од оних на другој страни где се налази излазна цев. Димензије ребара су $270 \times 120 \times 20 \text{ mm}$ за већа и $100 \times 100 \times 20 \text{ mm}$ за мања ребра. Обе врсте су засечене на крајевима због заваривања, док се завари налазе дуж страница ребра.



Слика 22. Приказ добоша са укрућењима и прстеном

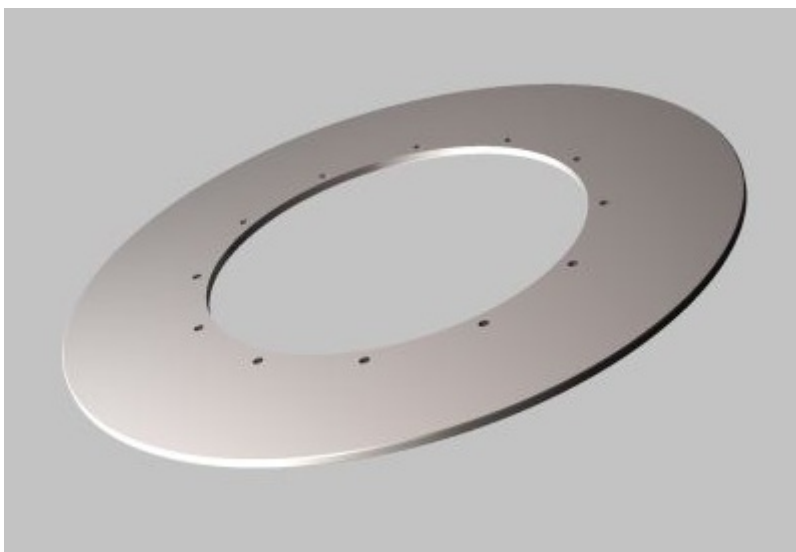
4.2. Фланже витла

Први елемент после главног и најбитнијег дела (добош) јесте фланжа. Фланже су обично кружног облика и налазе се у саставу сваког добоша. Основна функција им је да прихвате оптерећење које се јавља од притезања еластичног црева и да поставе границу до које се намотава уже, кабл или жица.

Фланже које се налазе на витлу за намотавање еластичног црева не прихватају велика оптерећења и не израђују се као класична, већ се постављају на добош витла посредством вијака. Техничким задатком је ограничено да фланже буду пречника $1,5 \text{ m}$, јер ће ово витло бити потпуно ново у производњи фирме. Предходна конструкција је имала фланже величине 2 m које омогућавају намотавање веће дужине еластичног

црева, али се због редуковања величине витла и простора које би оно заузимало, прешло на конструкцију мањег, али ништа мање ефикасног.

И на левој и на десној страни добоша витла, постављају се једнаке фланже, величине 1500 mm и дебљине 25 mm (Слика 23). Везују се завртњима за мале фланже на добошу и тиме чине целину (комплетан добош). Како би се задовољила ергономичност сваког дела, његове ивице се обарају, што има и естетску и безбедносну вредност. Ивице на врху флаже се командом *Chamfer* обарају по 3 mm .



Слика 23. Фланжа витла

4.3. Ослонац витла

Свако витло има два ослонаца, леви и десни, који су зависно од функције витла различитих облика и димензија. Један ослонац носи погон витла који може бити хидромотор, електромотор, СУС мотор или др, док други ослонац има за задатак да држи савијену цев у средњој равни. Постоје различита решења која се користе у конструисању ослонаца витла, али два најчешћа која се израђују су троугаоног и правоугаоног облика.

Решење фирме *Sea Quest* је и са леве и са десне стране троугластог облика. Ослонци су веома мале дебљине и немају заварена ојачања, чиме би се додатно учврстила конструкција након оптерећивања. Осим што је конструкција једног оваквог ослонаца веома слаба, при оптерећењу добоша витла већим силама, ови ослонци не би издржали. Код матичне фирме ребра као укрућења постоје, али су позиционирана само на два места, што је недовољно за укрућивање конструкције. Иако је ослонац веће дебљине од предходног, у случају да дође до повећања оптерећења, ово решење не би издржало. Пошто је извршена анализа постојећег решења, утврђено је да мора бити постављено још једно ребро због додатних ојачања, па је то исправљено на новој конструкцији.

Sea Quest ослонац без укрућења и *Rapp Marine* ослонац са два



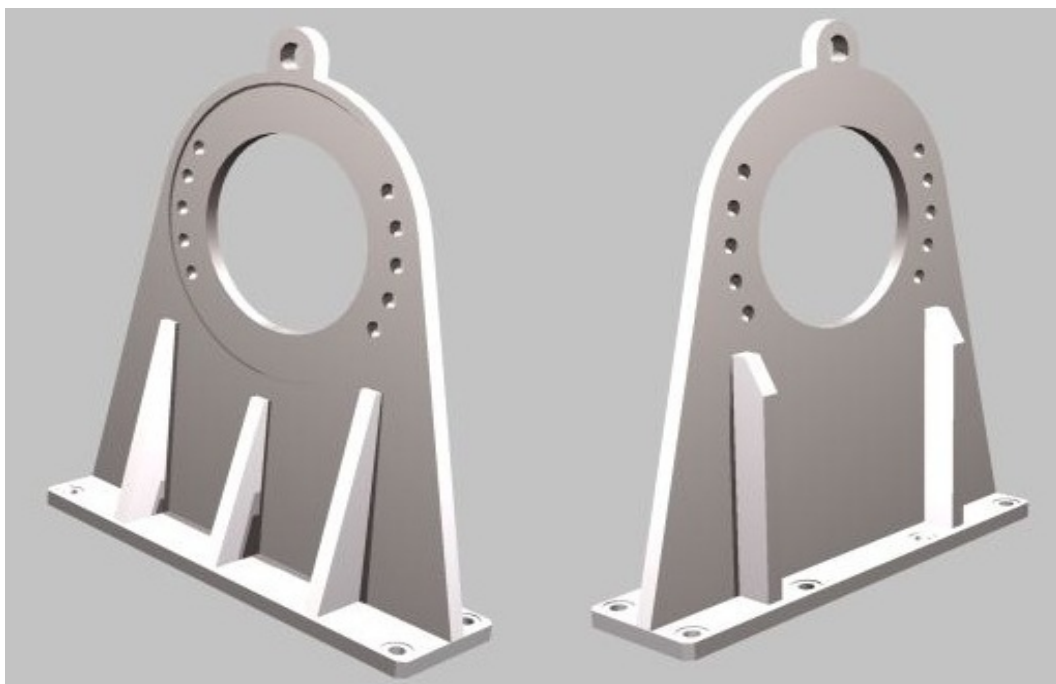
Слика 24. Укрућења на ослонцима

Како ослонци израђени на моделу матичне фирме задовољавају обликом и делимично носивошћу, облик ослонаца у раду је преузет, с том разликом што су на њих постављена додатна ребра, како би конструкција издржала и сопствену тежину, тежину еластичног црева, максимална оптерећења, али такође и случајна увијања која се могу јављати услед рада хидромотора или притезања еластичног црева. Тако нови ослонци имају са обе стране ребра за укрућење.

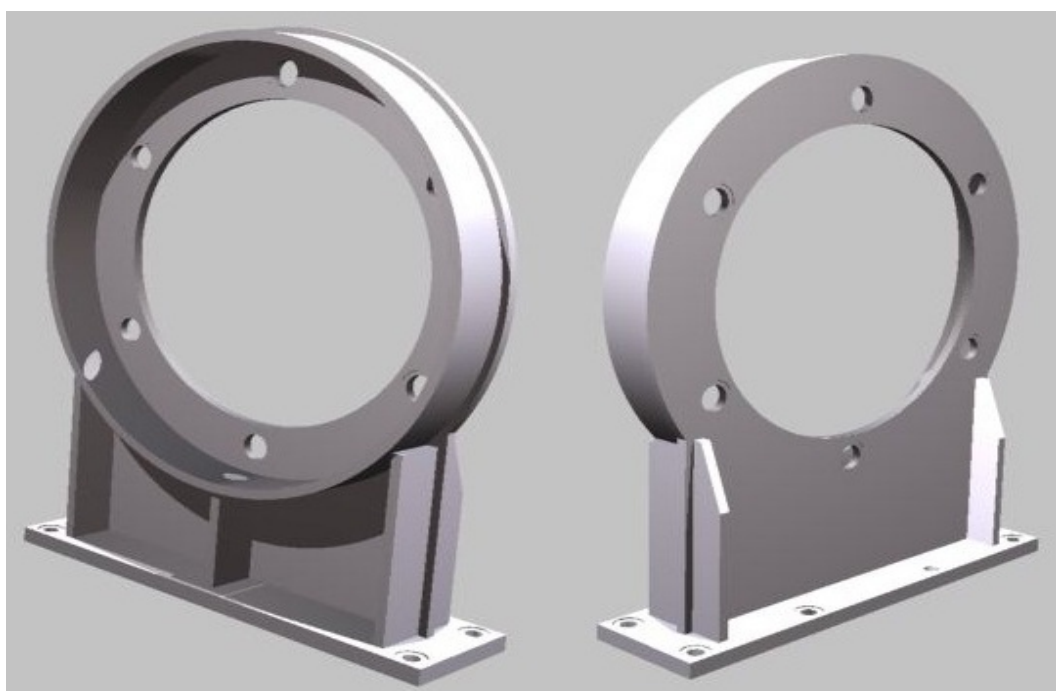
И на левом и на десном ослонцу постоје избушени отвори за везивање. Леви ослонац (Слика 25) има рупе на које се монтира хидромотор, док на постољу ослонца стоје рупе за позиционирање и везивање витла за брод. Постоље је облика правоугаоника димензија $700 \times 180 \text{ mm}$.

У равни где се поставља хидромотор, забушује се рупа од 2 mm , већег пречника него онај где улази мотор и њиме се обезбеђује боље налегање странице за везивање мотора на ослонац. Десни ослонац (Слика 26) поред већ поменутих отвора за везивање витла за подлогу има и рупе на којима се постављају котрљајни лежајеви за окретање савијене цеви. На њему се налази и прстен који је заварен и по коме клизе ови котрљајни лежајеви и тако остварују кретање исте.

Ребра за ојачање која се налазе на ослонцу се израђују у три облика. На левом ослонцу постављена су три троугласта ребра са једне стране и два трапезна са друге стране, док су код десног ослонца постављена три правоугаона ребра са једне стране, од којих једно (средње) има задатак да држи прстен и два трапезна са друге стране. Дебљина ребара у оба случаја је 25 mm .



Слика 25. Леви ослонац за хидромотор

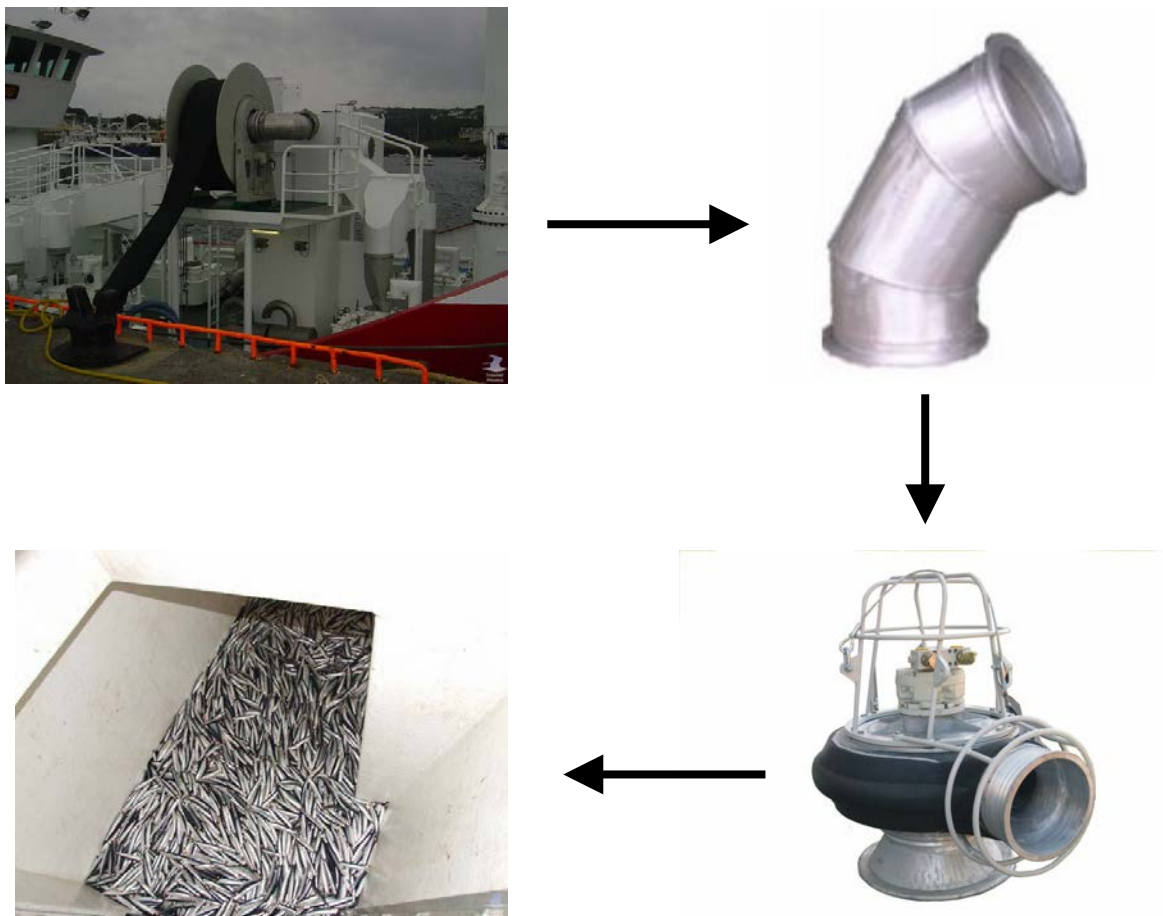


Слика 26. Десни ослонац са прстеном

На сликама се види да су ослонци добили додатна ребра за укрућење. Леви ослонац са спољне стране сада има три ребра и два са унутрашње стране, док десни ослонац има три ослонца са унутрашње и два са спољашње стране.

4.4. Алуминијумска савијена цев

Један од најбитнијих делова витла за извлачење улова и намотавање еластичног црева јесте алуминијумска цев која се налази у срдњој равни витла и заузима централни положај на витлу. Главна функција овог дела је да повеже пумпу за усисавање рибе са еластичним цревом, а даље са депоима у које се испоручује улов. Објашњење се види на слици 27, на којој је приказан циклус који иде од намотаног црева на витлу, па све до депоа са уловом.



Слика 27. Елементи за хватање рибе

Савијена цев се прави од лима, састоји се од три дела и вари се на саставима. Цев је веома лагана што никако није добро за велике протоке и упумпавања, јер може доћи до кривљења исте или до савијања црева које се на једном крају спаја са њом и врши се намотавање на добош.

Зато је кренуо процес конструисања цеви која је савијена целом дужином, на којој нису вршена никаква варења, већ је цев од алуминијума и ливена је исцела у калупу. Овај поступак се користи због лаког добијања жељеног облик потпуно савијене цеви са глатком унутрашњошћу, која олакшава проток воде и рибе кроз њу (Слика 28). Пошто цев мора бити фиксирана за носећу конструкцију, на ободу се буше отвори за везивање са прстеном на десном ослоњцу витла. Тиме се смањују вибрације и померања савијене цеви. Димензија цеви је као и код предходног примера задржана (јер је тако

конципиран технички задатак) и износи 18" односно 430 *mm* по унутрашњем пречнику и 450 *mm* по спољашњем.



Слика 28. Алуминијумска савијена цев

На оба краја цеви постоје избочења која служе за везивање и настављање цеви или ако је то потребно постављање већих или мањих црева, зависно од захтева наручиоца витла. Поред ових делова који спајају цев са цревима постоји још много елемената који улазе у састав ове савијене цеви (Слика 29).

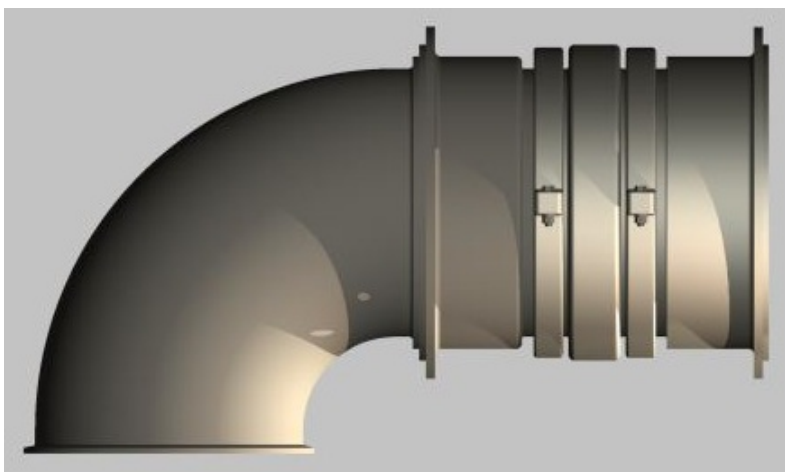


Слика 29. Елементи у саставу савијене цеви [7]

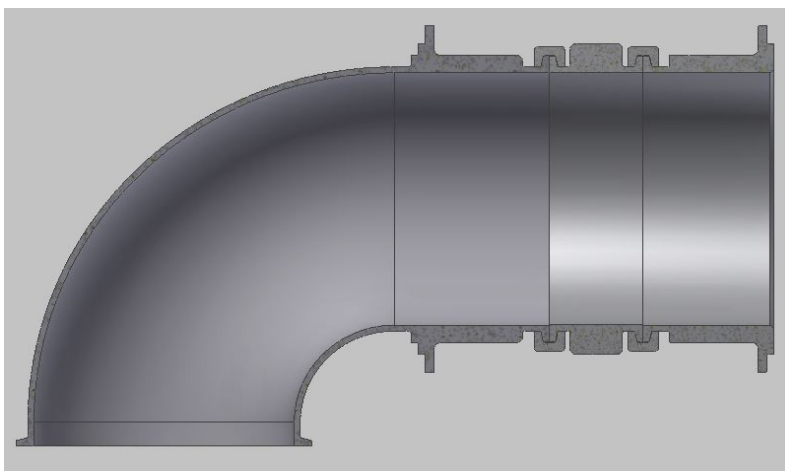
За овај рад због, ограничености теме, конструисани су само основни делови. Већина ових елемената са предходне слике не улазе директно у конструкцију, па је зато конструисана копча која је спојена вијцима (Слика 30).



Слика 30. Копча спојена завртњевима



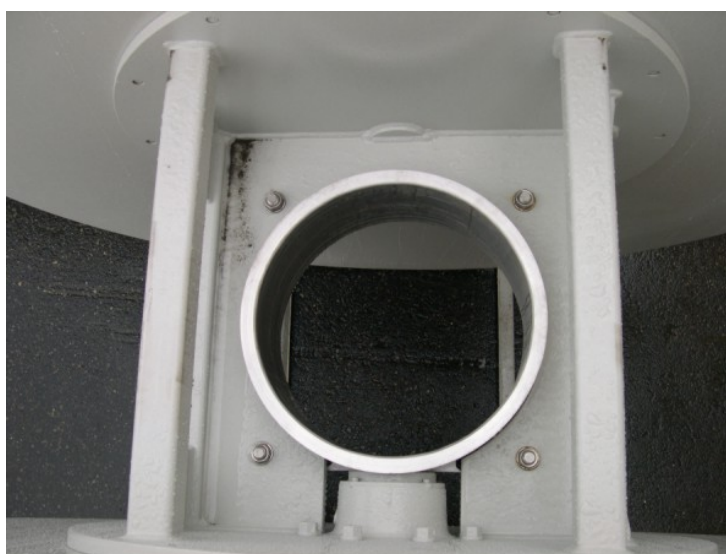
Слика 31. Пример савијене цеви са два наставка и две копче у склопу



Слика 32. Пресек склопа савијене цеви

4.5. Елемент за центрирање и укрућење савијене цеви

Као што и сам назив каже, ово су делови који центрирају алуминујумску цев у средњој равни и смањују њене вибрације при раду. Код *Sea Quest* фирме ти елементи не постоје, већ се цев само монтира на једну страну ослонца, док други крај цеви због не могућности центрирања може слободно да се помера. У матичној фирми тај проблем је много боље решен, заварен је у средњој равни профила са отвором у средини за обруч, тако да цев не може да произведе вибрације. Главни недостатак овог дела је немогућност измене укрућења, а такође ни демонтажа односно монтажа цеви када за то постоји потреба (Слика 33).



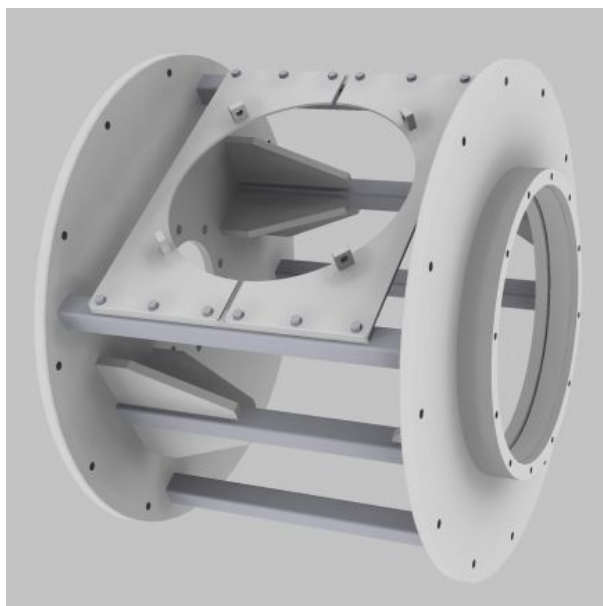
Слика 33. Заварени носачи савијене цеви

Да би се решио овај проблем, потребно је осмислити нови начин постављања ових носача, позицију на којој не ометају намотавање еластичног црева и такође да имају могућност лаке измене, односно да се може вршити монтажа односно демонтажа савијене цеви (Слика 34).

Најфункционалније решење до кога се може доћи је постављање правоугаоних профила, са полукругом у средини, на кутијасте профиле и шине за нивелацију. Цео склоп се налази на спољним (профилима на којима се намотава еластично црево) стандардним кутијастим профилима, шине су заварене за конструкцију, док се носачи помоћу вијака и отвора који су бушени на профили, а рупа у шинама, везују помоћу вијака. Као елементи за укрућење користе се мали правоугаони профили и вијак, који се завија унутар профила и тиме регулише ниво померања и притезање цев (Слика 35 и 36).



Слика 34. Носач са елементима за укрућивање



Слика 35. Склоп добоша са носачима, шинама и елементима за укрућење



Слика 36. Приказ притезања цеви

4.6. Хидромотор

Хидромотор је елемент у хидраулици који преводи притисак радног флуида у механички рад. Постоје разне конструкције ротационих хидромотора од којих су данас најкоришћенији зупчasti и клипни. Главни флуид, који струји кроз ове моторе и покреће их, је уље.



Слика 37. Хидромотор на поправци у фирми Rapp Ecosse

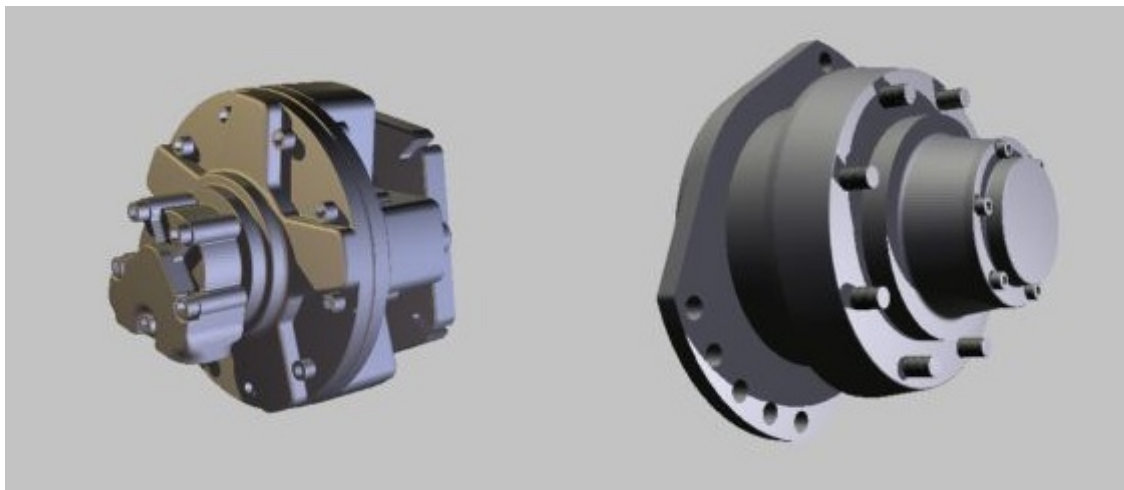
Фирма *Sea Quest* уграђује два мала зупчаста хидромотора који су постављени на леви носач витла. Несиметричног су положаја, али то је урађено како би се покретао зупчasti пар смештен иза ослонца, јер се преко њих остварује окретање добоша витла.

Пошто матична фирма поседује веома добро решење на овом пољу, није било потребе за конструисањем другог. Све карактеристике се уклапају у технички задатак новог витла, па је коришћен .str модел овог мотора преузет из *Rapp Marine Group* (Слика 38).



Слика 38. Хидромотор[7]

Хидромотор на једном оваквом витлу представља погонску јединицу. Отвори који се виде, служе за центрирање и везивање мотора на леви ослонац витла. На спојници (доњи део овог склопа) се налазе вијци који служе за везивање са добошом витла. Пошто је мотор у склопу са спојницом, преко ње се преноси обртно кретање и тада се добош витла окреће у жељеном смеру.



Слика 39. Хидромотор (лево) и спојница (десно)

4.7. Елемент за котрљање

Најчешћи назив ових уређаја је лежај. Лежај је механички уређај који дозвољава одређено релативно кретање између два дела, најчешће ротацију или линеарно померање. Лежајеви се могу класификовати према кретањима која дозвољавају, према принципу њиховог функционисања, према правцу примењене силе коју они примају.

Лежајеви са малим трењем су често у употреби јер су ефикасни, користе се како би се смањило хабање, а уједно и да би се достигле велике брзине. У суштини, лежају се може смањити трење помоћу посебног облика, материјала, или помоћу флуида који се налази између површина.

- помоћу облика, предност се постиже коришћењем сферичних површина или котрљајних тела.
- помоћу материјала, где се користи природа материјала од којег је израђен лежај. (нпр, коришћење пластике за лежај који има мали коефицијент трења.)
- помоћу флуида, користи се ниска вискозност слоја флуида, као што је лубрикант или медијум који спречава да се два чврста дела додирују.
- помоћу поља, користи се електромагнетно поље како би се спречило додиривање два чврста дела.

Комбинације се могу применити чак и у истом лежају. Пример неке комбинације је када се од пластике изради кавез лежаја, који одваја ваљчиће/куглице, а који смањују трење помоћу свог облика и завршне обраде површине по којој се котрљају.

Постоји најмање пет принципа рада лежаја:

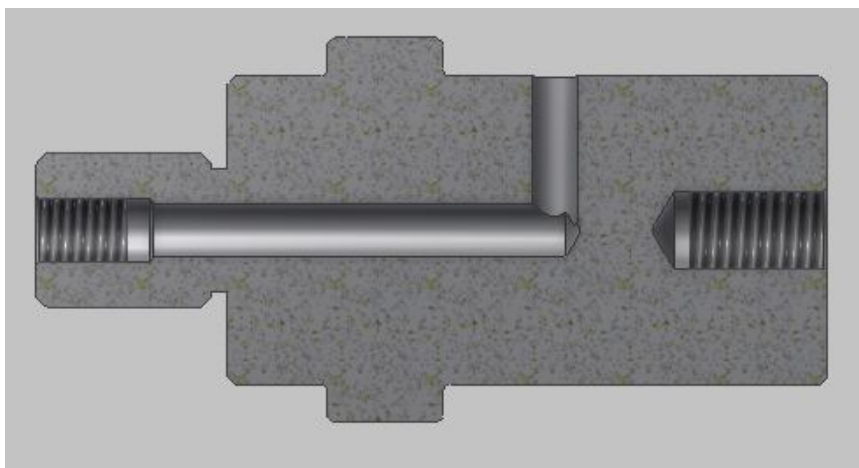
- клизни лежај - делује по принципу трења клизањем (између делова у релативном додиру налази се само танки слој уља дебљине од 2 до 50 микрона);
- ваљчасти лежај - делује на принципу трења ваљањем (између делова у релативном додиру налазе се ваљкаста тела (куглице, ваљци, конуси, буренца или иглице) величине од 2 до 50 mm;
- лежај са котрљајућим телом, као што су куглични лежајеви;
- дијамантски лежај;
- флуидни лежај, код кога се терет задржава гасом или течностима;
- магнетни лежај, код кога се терет задржава магнетним пољем;

Пошто ово витло ради у специфичним условима која не одговарају раду лежаја (слана вода ствара корозију, таложeње соли и немогућност окретања тела унутар лежаја), није могуће применити класичне лежајеве који раде у свакодневним условима, а имају стално подмазивање уљем. Овде је потребно поставити елемент који ће бити заштићен од утицаја слане воде (котрљајна подлога и површина по којој се остварује контакт) и имплементирати га на конструкцију.

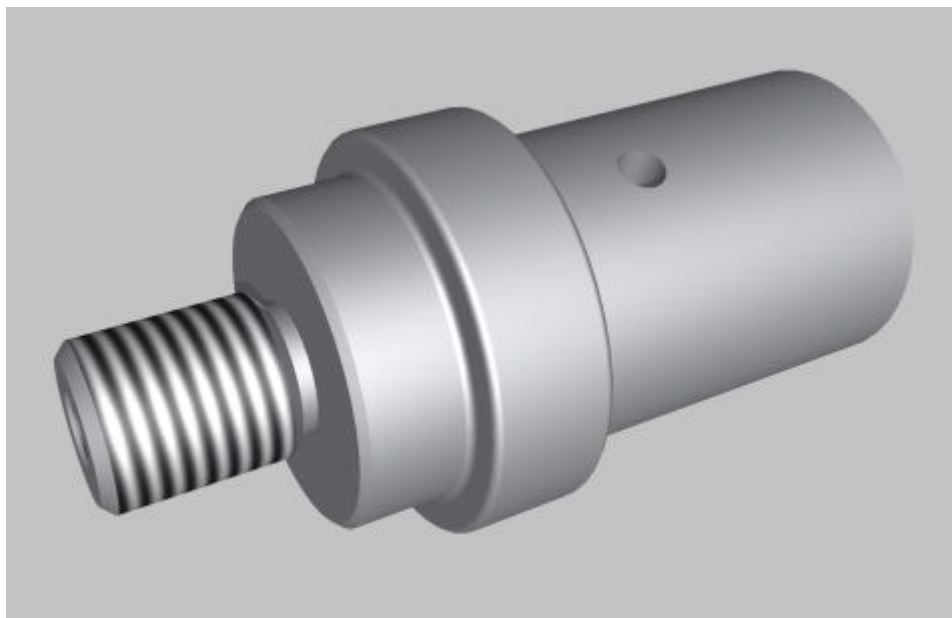
Пошто је раније већ објашњено да прстен на десном ослоњу служи као путања по којој се креће тело котрљајућег елемента, потребно је решити питање довода флуида за подмазивање котрљајних тела унутар елемента. Флуид се мора са спољне стране додати, јер је са унутрашње стране то немогуће урадити због близине постављања прстена на десном ослоњу и фланже на добошу витла.

Направљено је мало вратило које ће служити као стабло и имати везу и са спољашње стране ослонца, али и послужити као вијак како би се могао везати са ослонцем. Избушена је рупа M10 са спољашње стране стабла како би се могла монтирати мазалица, а помоћу ње и канала пробушеног до котрљајних тела остварује се подмазивање флуидом (Слика 40 и 41).

Са друге стране стабла, налази се рупа у коју се навија вијак. Пре вијка се поставља стандардна подлошка која обезбеђује да елемент за ротацију не исклизне са стабла, а и такође да обезбеди да флуид за подмазивање не истекне. Слично овом принципу, на другој страни је такође подлошка, али она не држи котрљајни елемент већ својом површином упада у унапред забушена места и притеже се навртком како би стабло котрљајног тела било што стабилније.



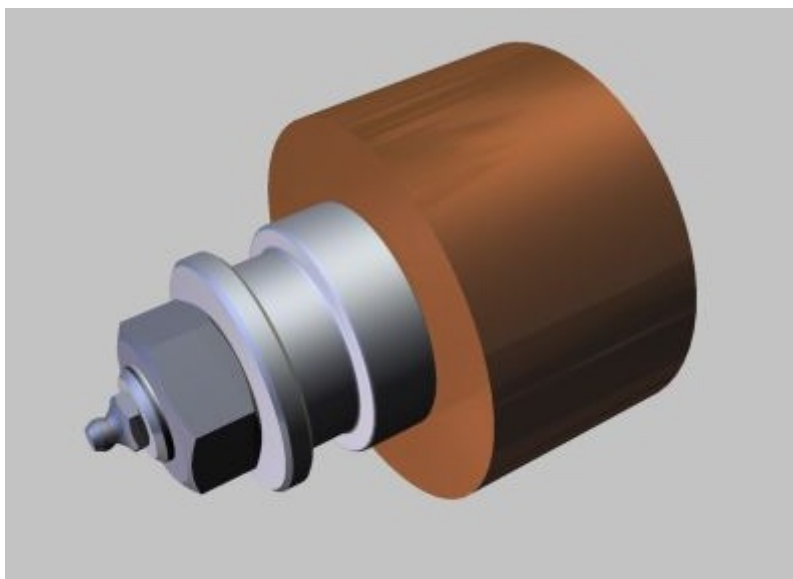
Слика 40. Полупресек стабла са рупама за везивање и каналом за довод флуида



Слика 41. Стабло котрљајног елемента

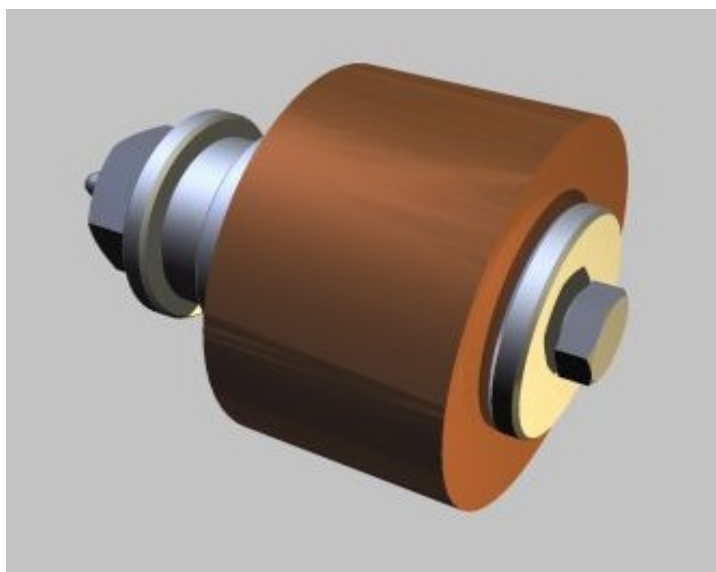
Као котрљајно тело које се креће по путањи, коришћен је стандардни шупљи ваљак који се лако израђује, али исто тако се може и наручити као готов производ, јер га праве фирме које израђују лежајеве. Унутар шупљег ваљка, као котрљајна тела преко којих се преноси кретање на веће котљајно тело, постављени су ваљчићи. Такође су стандардни елементи који се лако налазе на тржишу.

Пошто је матична фирма израђивала сваки од елемената овог котрљајног преносника (осим мазалице као стандардног елемента), овом имплементацијом се појевтињује израда овог дела, а уједно и поједностављује, јер су осим стабла котрљајног тела сви делови стандардизовани и могу се наручивати по каталогу неког од произвођача лежајева, вијака, навртки и др.



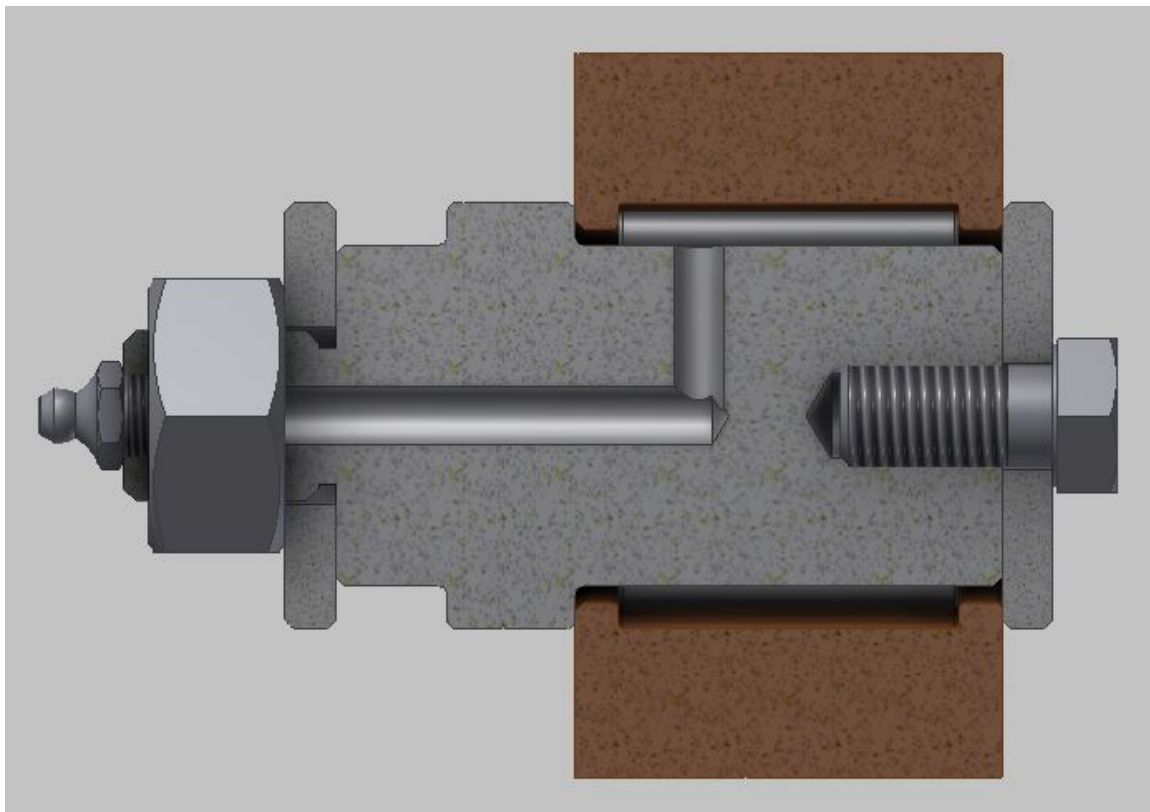
Слика 42. Котрљајни елемент са предње стране

Тело које се котрља по кружној путањи начињено је од бакра што се види и на слици изнад и испод, која се практикује при уградњи и у витла која производи матична фирма.



Слика 43. Котрљајни елемент са задње стране

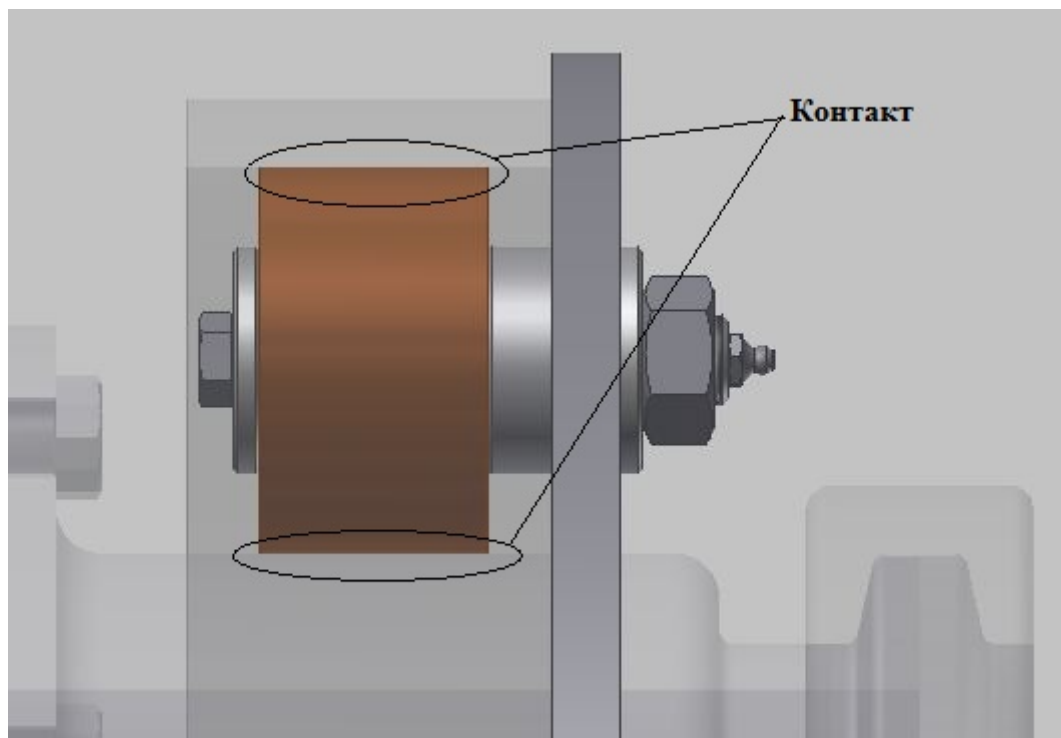
Осим основне функције овог „лежаја“, његова секундарна улога је и прихватање савијене алуминијумске цеви и њено центрирање у средишњи положај. Наиме, осим што се елемент креће по утврђеној путањи на прстену десног ослоња, он се ослања и на савијену цев и тиме је центрира у правцу хидромотора и средње равни витла. Овим контактом се савијена цев при намотавању односно одмотавању еластичног црева окреће у смеру окретања добоша витла (Слика 46).



Слика 44. Полупресек елемента за котрљање



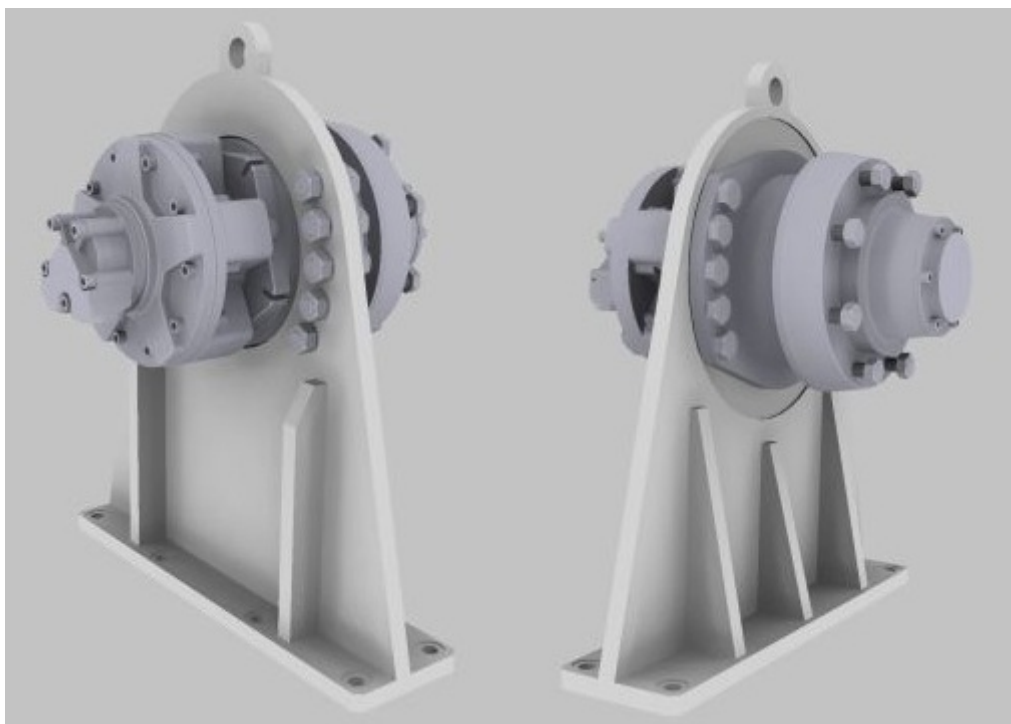
Слика 45. Склоп ослоња са котрљајним елементима



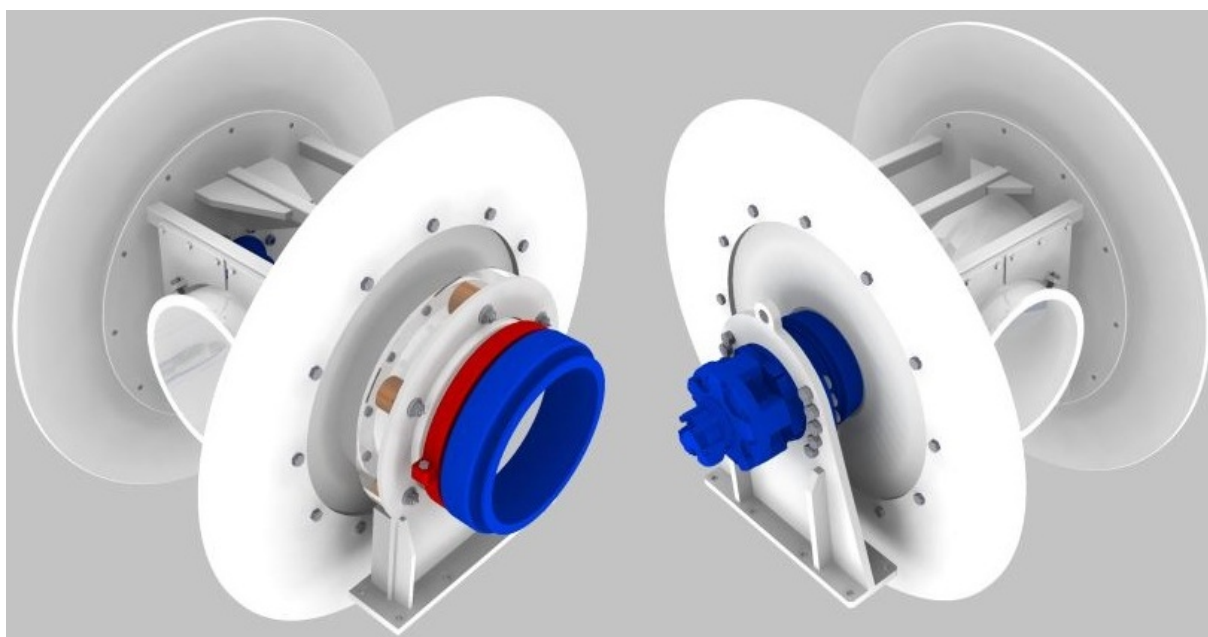
Слика 46. Контакт савијене цеви, котрљајућег елемента и прстена ослонца

И на овом пољу направљен је помак у односу на констукцију коју израђује матична фирма. Контакт који је остварен елементом за котрљање је сада на две површине и то контакт са савијеном цеви и контакт са прстеном у ослонцу, док је то у предходном случају био само контакт на савијену цев. Овим се поспешује ротација цеви, али такође се и додатно притеже цев, чиме се смањују вибрације и померања при раду.

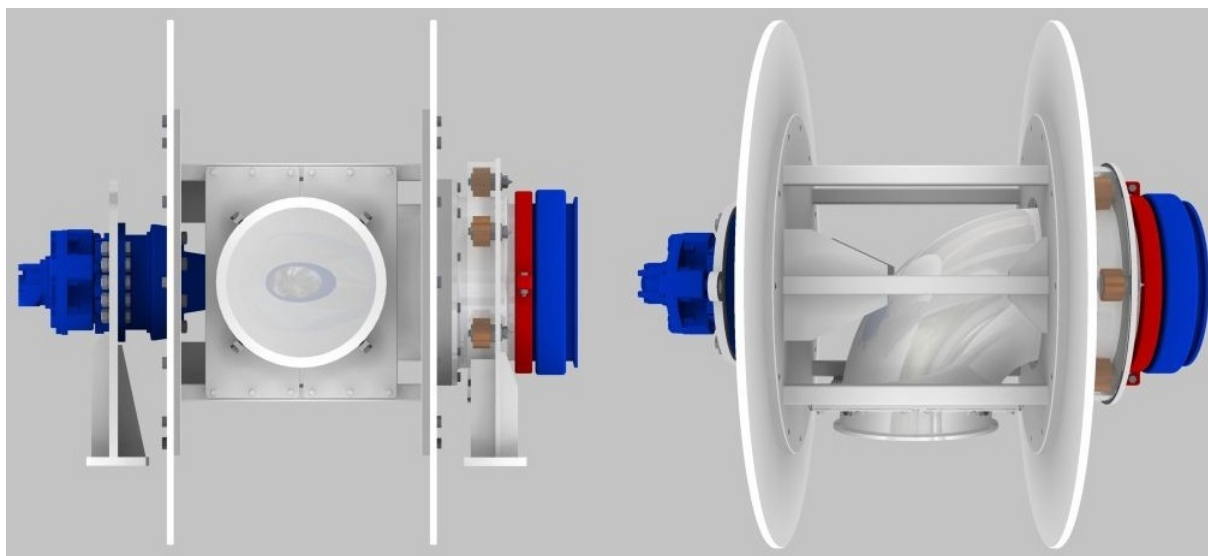
Пошто је извршено моделирање свих компоненти у саставу овог витла, прешло се на стварање склопа конструкције. Поред свих моделираних компоненти које су у саставу витла, на склопу се могу још видети и везе остварене углавном помоћу стандардних вијака и навртки који се лако бирају из каталога софтвера *Autodesk Inventor Professional 2012*. Поред горе виђеног склопа десног ослонца са котрљајним елементима, те склопа савијене алуминијумске цеви са додатним елементима за продужење и копчама за осигурање, склопа добоша са прстеном, ребрима и елементима за прихватање и укрућивање цеви, приказан је и склоп хидромотора са левим ослонцем (Слика 47) као и целокупни склоп витла (Слика 48, 49 и 50).



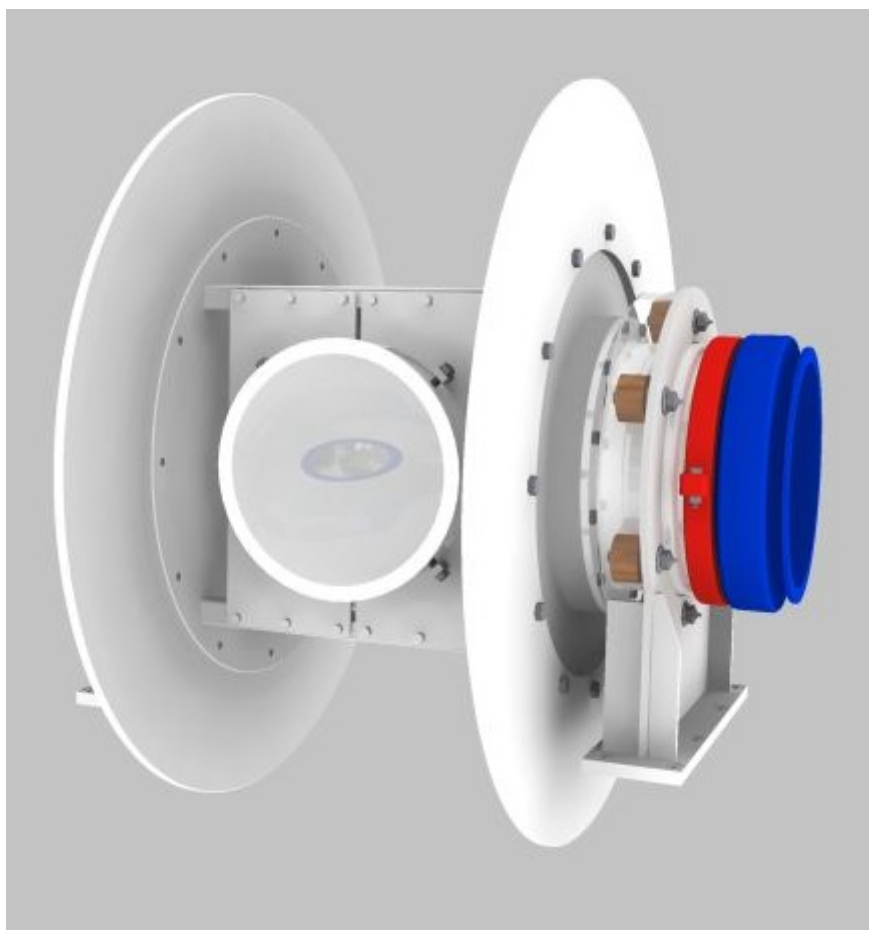
Слика 47. Склоп хидромотора са левим ослонцем



Слика 48. Склоп витла са свим деловима



Слика 49. Поглед на склоп са предње стране и врха



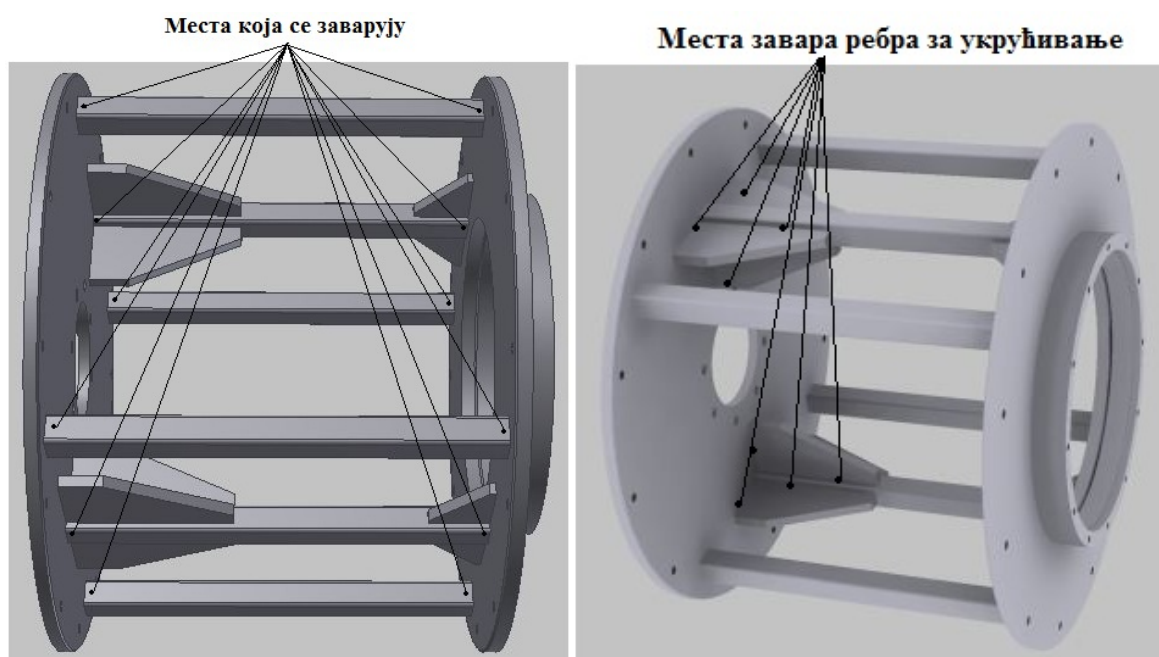
Слика 50. Приказ витла са бока

5. ПРОРАЧУН ЗАВАРЕНИХ СПОЈЕВА НА ДОБОШУ ВИТЛА

У оквиру овог поглавља потребно је извршити неопходне прорачуне заварених спојева на добошу витла, како би се са што већом сигурношћу могло рећи да конструкција може издржати максимална оптерећења, а касније ако је то и потребно изградити конструкцију без опасности да ће доћи до хаварије.

Прорачун који се примењује у овом одељку односи се на заварене спојеве који се налазе на добошу витла и то највише на додиру између носеће фланже добоша витла и стандардних кутијастих профила (Слика 51), као и до ребара за укрућивање. Ту се јављају варови облика профила, односно квадрата са заобљеним ивицама, али и праволинијски варови. Потребно је било апроксимирати оптерећење само у једну силу, а која делује у једној тачки, како би добили веродостојне резултате после израчунавања. Пошто софтверски пакет *Autodesk Inventor* поседује алат за ову врсту прорачуна, било је лако урадити све што улази у оквире једног израчунавања. Окружење у којем се врши прорачун заварених спојева назива се *Fillet Weld (Connection Plane Load) Calculator*, који поред класичног прорачуна заварених спојева при коришћењу материјала заvara и основних података потребних за израчунавање, садржи и *Fatigue Calculator*, односно прорачун на замор са могућношћу приказа путем дијаграма.

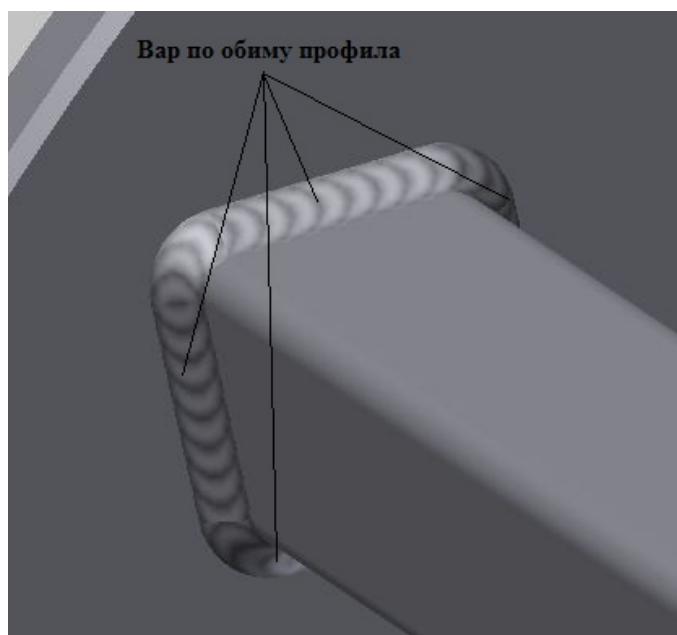
Поред уноса основних параметара као што су сила, димензије вара и величина елемента који се вари, овде налазимо и картицу у којој је могуће додати материјал заvara, са свим његовим основним карактеристикама (затезна чврстоћа, напон на граници течења, дозвољени напон и др). Могуће је вршити одабир облика вара, смера у коме делује сила или момент, али такође и добити резултате након уноса свих потребних параметара за прорачун.



Слика 51. Места заваривања профила и ребара за фланжу односно носаче



Слика 52. Место постављања варова на ребра



Слика 53. Изглед и начин заваривања између профила и фланже

Материјал који се користи за заваривање је из фамилије конструкционих челика ознаке $\check{S}$ 0362, односно по новом SRPS стандарду ознаке је S 235 J0. Према JUS стандарду, припадају групи Ц челика чија се основна ознака завршава бројем 2; користе се за одговорне заварене конструкције изложене статичким или динамичким оптерећењима, али не и ниским температурама. Основне карактеристике су им:

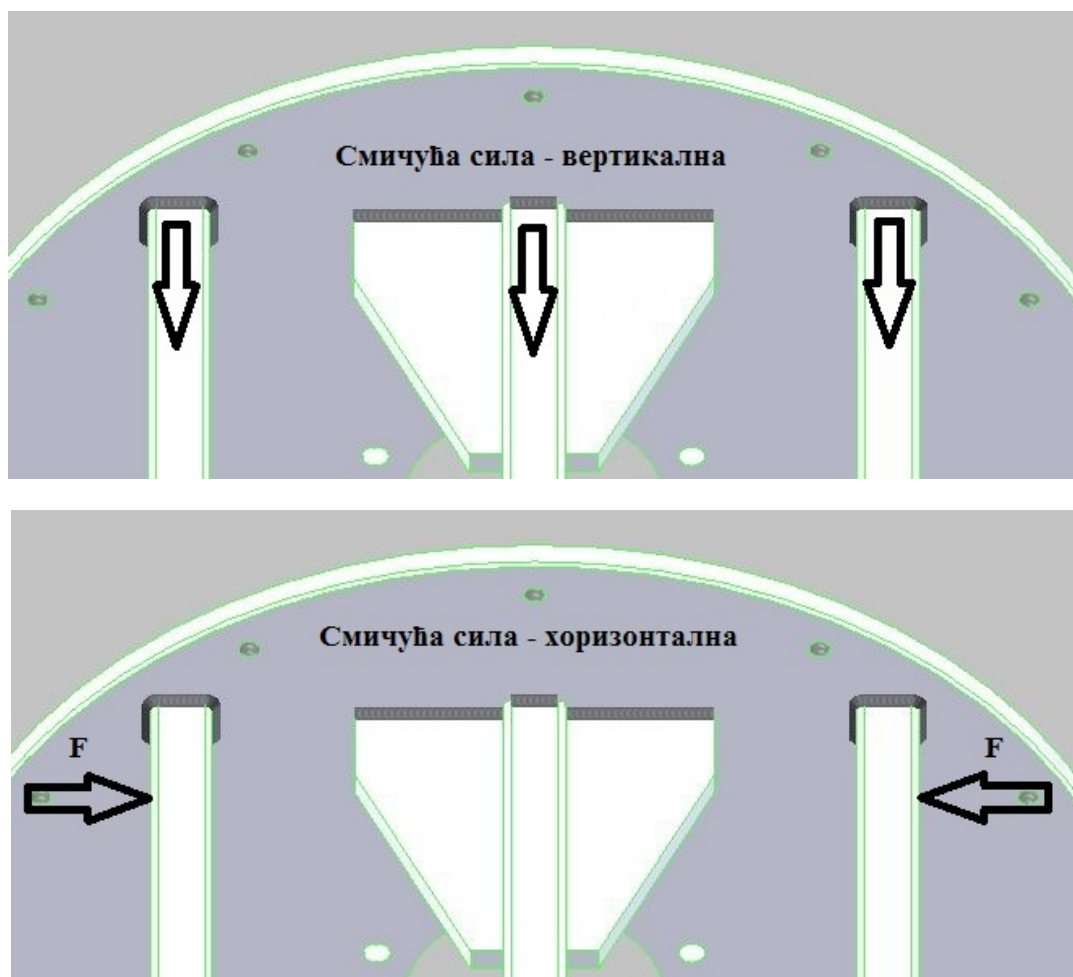
- Затезна чврстоћа $S_u=350 \text{ MPa}$;
- Напон на граници течења $S_y=225 \text{ MPa}$;
- Дозвољени напон $S_{al}=90 \text{ MPa}$.

Пре него што се почне било који прорачун, потребно је дефинисати основне параметре који су битни за израчунавање. Фундаментални параметар код овог израчунавања била је величина силе која делује на профил носача.

Сила се лако прорачунава ако је позната бар величина оптерећења. У техничком задатку, максимално оптерећење које витло трпи је $2.4t$, што директно указује да је апроксимирана сила величине $24000N$. На основу ње и изабраног материјала, као и величине вара и крака у којем делује сила, може се прорачунати да ли, и колики, вар треба бити како би издржао захтевано оптерећење.

5.1. Прорачун завареног споја смичућом силом на кутијастом профилу

Прорачун завареног споја смичућом силом може се посматрати у два примера. Први пример је када сила делује на бок кутијастог профила (хоризонтална сила) максималним оптерећењем при затезању еластичног ужета, док други пример представља случај када сила делује са врха (вертикална сила), такође максималним оптерећењем. У оба случаја величина оптерећења и излазни резултати су исти.



Слика 54. Деловање смичуће силе (вертикалне и хоризонталне)

Пошто је величина стандардних профила $50 \times 50 \times 3 \text{ mm}$ и одабиром профила вара облика као и носећи профили, задаје се максимална сила од 24000 N , затим се у поље за претпоставку величина вара уноси вредност (у овом примеру 5 mm) и дејство силе се поставља тако да она делује по средини носећег профила (25 mm). Узимајући већ поменути материјал за завар, добијају се резултати који задовољавају, и то за препоручену минималну дебљину вара прорачун предлаже $a_{\min} = 1,350 \text{ mm}$. Уз степен сигурности који је $2,5$, добија се максимални напон смицања вара $\tau = 24 \text{ MPa}$.

Табела 4: Дејство смичуће силе на профил

5.2. Прорачун завареног споја бочном силом на кутијасту профил

Код овог примера који се прорачунава, сила која делује на профилни носач и завар може се налазити у било којем положају у оквиру профила. То значи да силу можемо постављати у било којој тачку профила преко координата које се задају. У овом прорачуну сила (максимално оптерећење) симулирала притезање еластичног црева при намотавању, односно његовом одмотавању. Сила је истог интензитета као и она која је била у предходном прорачуну, с том разликом да је њено деловање померено од координатног почетка на дијаметрално супротни крај носећег профила и тако се симулирају реални услови којима је изложен профил и завар. Угао који тада заклапа сила износи 45° и самостално се може постављати.



Слика 55. Дејство косе силе на носећи профил

Осим силе и правца њеног деловања, уноси се још и величина профила зава, која је такође иста као и код предходног прорачуна, предпостављена дебелина вара од 5 mm и основне карактеристике материјала за заваривање.

Табела 5: Дејство бочне силе на профил

Calculation **Fatigue Calculation**

Loads

- Acting Force: $F = 24000.000 \text{ N}$
- Direction Angle of Acting Force: $\varphi = 45.00 \text{ deg}$
- X of Force Action Point: $X = 25 \text{ mm}$
- Y of Force Action Point: $Y = 25 \text{ mm}$

Dimensions

- Weld Height: $a = 5 \text{ mm}$
- Weld Group Height: $H = 50 \text{ mm}$
- Weld Group Width: $B = 50 \text{ mm}$

Joint Material and Properties

- ☒ Structural Steel S235J0
- Yield Strength: $S_y = 225 \text{ MPa}$
- Ultimate Tensile Strength: $S_u = 350 \text{ MPa}$
- Safety Factor: $n_s = 2.500 \text{ ul}$
- Allowable Stress: $S_{all} = 90.000 \text{ MPa}$

Weld Form

Calculation of Statically Loaded Weld

- ☒ Standard Calculation Procedure
- ☐ Method of Comparative Stresses
- ☐ Only Active Weld Length is Considered

Weld Loads

Results

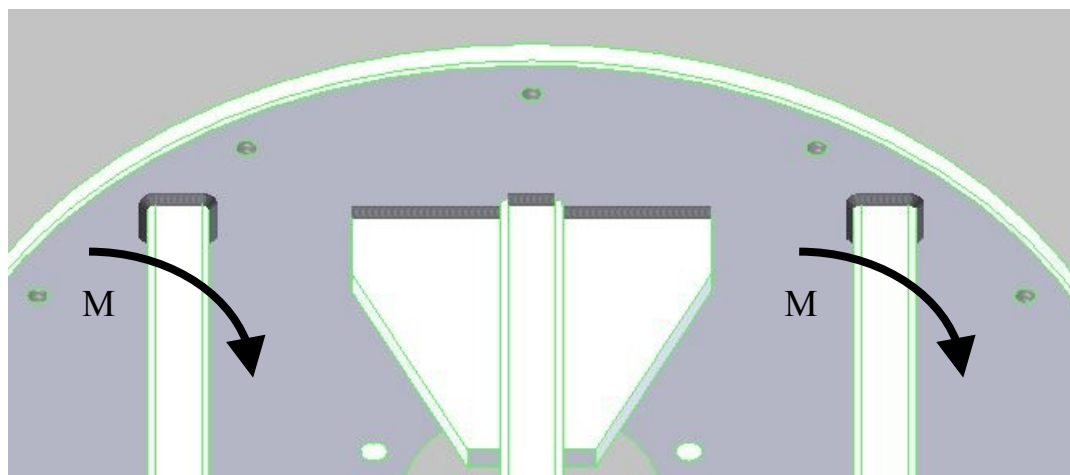
- $\tau_A = 90.000 \text{ MPa}$
- $a_{min} = 1.350 \text{ mm}$
- $\tau = 24.000 \text{ MPa}$
- $F_{max} = 89999.900 \text{ N}$

Calculate **OK** **Cancel** **>>**

Након извршеног прорачуна путем опције *Calculate*, програм је предложио минималну величину вара од $a_{min} = 1,350 \text{ mm}$, што, као и предходном примеру, задовољава предпостављену вредност величине вара. Уз степен сигурности који је 2,5, добија се исти максимални напон смицања вара од $\tau = 24 \text{ MPa}$.

5.3. Прорачун завареног споја моментом на кутијасти профил

За овај прорачуну више није меродавна сила која делује на профил, већ се за то користи момент који се добија множењем са краком. За крак се узима дужина странеце профилног носача која износи 50 mm . Добијени момент износи 1200 Nm . Остале величине меродавне за овај прорачун су: претпостављена дебљина заваза износи 5 mm . Облик профила заваза је коцкастог облика димензија $50 \times 50\text{ mm}$, као и код предходних прорачуна, за материјал се узима конструкциони челик ознаке по SRPS-у S 235 J0 са својим карактеристикама и величином степена сигурности од 2,5.



Слика 56. Дејство момента на носеће профиле

Овај пример симулације момента на носеће профиле се најчешће јавља у реалним условима. При затезању еластичног црева, оно делује на површину профила и тиме ствара момент који тежи да савије профиле.

Табела 6: Дејство момента на кутијасти профил

После овог прорачуна, окружење *Fillet Weld (Connection Plane Load) Calculator* је израчунало минималну дебљину вара од $a_{min}=2,840\text{ mm}$, што је више него дупло веће од предходних прорачуна, али такође као и пређашњи резултати, задовољава дебљину претпостављеног вара пре израчунавања. Након ових прорачуна јавља се максимални напон смицања вара од $\tau=50,912\text{ MPa}$, који иако већи од предходних, такође улази у границе дозвољеног напона материјала од $\tau_A=90\text{ MPa}$.

5.4. Прорачун завареног споја код ребара бочном силом

При прорачуну завара који се налазе између ребара и фланжи, мора се водити рачуна о начину постављања варова и њиховом усмерењу. За прорачун варова на месту између средњег профилног носача и фланже, где се поставља ребро, варови се налазе по свим странама ребра (хоризонтално и вертикално). Варови су паралелни један другом и налазе се на крајевима бочних страна ребра.

На примеру овог витла, након извршених прорачуна, добојено је да су и вертикални и хоризонтални варови истих димензија, те да нема потребе за израчунавањем оба случаја. Битна разлика се догађа када се оријентација ребра замени, па када променимо вредности које су некада важиле за краћу страну дужом, добија се вредност минималне дебљине вара мања два пута него она за краћу страну. Зато није било потребе за прорачунавањем ни ових дужих страна, па се као валидна вредност која њима одговара узима она прорачуната за завар краћих димензија.



Слика 57. Дејство бочних сила на ребро и профил

У окружењу *Fillet Weld (Connection Plane Load) Calculator* за паралелне хоризонталне варове задаје се максимална сила од 24000 N . За дужину завара се узима вредност краће стране ребра која износи 120 mm , као и дебљина ребра од 20 mm . Као и у предходном прорачуну, претпоставља се дебљина завара од 5 mm и задаје се исти материјал са својим карактеристикама.

Табела 7: Дејство бочне силе на профил

Добијени резултати задовољавају претпостављену дебљину завара, а као коначан резултат после прорачуна, добијена је вредност минималне дебљине завара од $a_{min}=1,120\text{ mm}$, при степену сигурности од 2,5 и максималног напона смицања вара од $\tau=20\text{ MPa}$.

5.5. Прорачун завареног споја код ребра смичућом силом

У овом прорачуну, сила делује по средини странице ребра, стварајући тако смичућу силу. После задавања силе од 24000 N , задаје се дејство силе у једној тачки која је на поливини странице ребра, односно 60 mm . Дефинише се претпостављена дебљина вара од 5 mm и дебљина ребра, односно дужина завара или странице ребра по којој се врши заваривање.



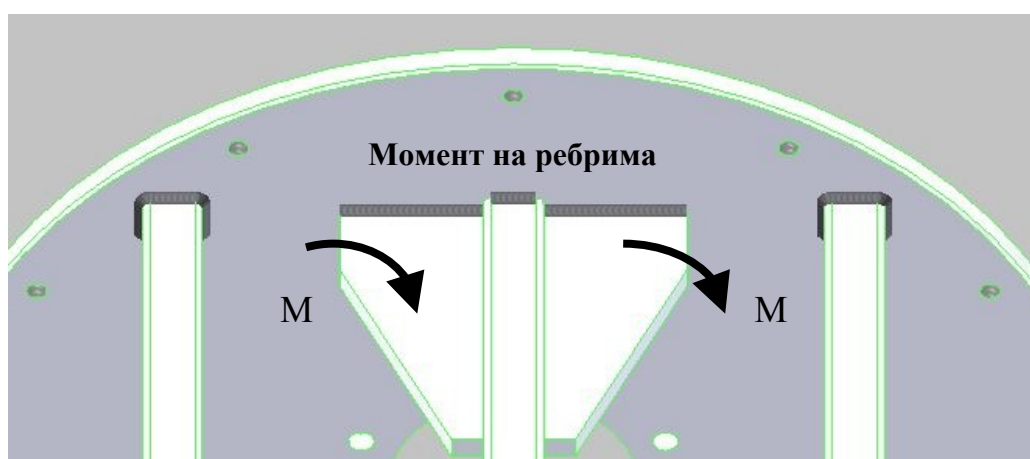
Слика 58. Дејство смичућих сила на бочне странице ребра

Табела 8: Дејство смичуће силе на профил

После извршених прорачуна добијени су позитивни резултати који задовољавају претпостављену дебљину зава и она износи као и у предходном прорачуну $a_{min}=1,120\text{ mm}$, уз степен сигурности од 2,5 и максимални напон смицања вара од $\tau=20\text{ MPa}$.

5.6. Прорачун завареног споја код ребра моментом

На крају ових прорачуна, извршено је и израчунавање довољне дебљине зава када се ребра оптерете моментом који се ствара од намотавања или одмотавања еластичног црева. Овде момент нема велики утицај на ребра, али се те силе преносе преко носећих профила, који су у контакту са еластичним цревом. Уносом података за момент од 1200 Nm , величином зава од 5 mm као и материјал, врши се прорачун.



Слика 59. Дејство момента на ребра

Табела 9: Дејство момента на профил

Calculation Fatigue Calculation

Loads
Bending Moment M 1200.000 N m

Dimensions
Weld Height a 5 mm
Weld Group Height H 20 mm
Weld Group Width B 120 mm

Joint Material and Properties
☒ Structural Steel S235J0
Yield Strength S_y 225 MPa
Ultimate Tensile Strength S_u 350 MPa
Safety Factor n_s 2.500 ul
Allowable Stress S_{all} 90.000 MPa

Weld Form
Standard Calculation Procedure
Method of Comparative Stresses
Only Active Weld Length is Considered

Weld Loads

Results
 τ_A 90.000 MPa
 a_{min} 2.610 mm
 τ 46.790 MPa
 M_{max} 2308.160 N m

Calculate OK Cancel >>

Величина минималног вара је мало већа него код предходних прорачуна, али и поред тога задовољава претпостављену величину и сада износи $a_{min}=2,610 \text{ mm}$. Максимални напон смицања вара је већи и износи $\tau=46,790 \text{ MPa}$, уз степен сигурности од 2,5. И ова величина напона задовољава вредност, јер се налази у границама дозвољеног напона материјала од $\tau_A=90 \text{ MPa}$.

На основу досадашњих прорачуна, утврђене су минималне дебљине завара које су потребне да би добош витла успешно могао да пренесе максимално оптерећење. Могуће је урадити прорачуне завара и у вертикално постављеном положају, али су резултати идентични овим предходним, јер завари не трпе велика оптерећења као она која се јављају на бочним носећим профилима.

6. АНАЛИЗА ДОБОША ВИТЛА ПОМОЋУ МЕТОДЕ КОНАЧНИХ ЕЛЕМЕНАТА (МКЕ)

6.1. Метода коначних елемената

Метода коначних елемената спада у савремене методе нумеричке анализе. Њена примена је прво почела у области прорачуна инжењерских конструкција. Основна идеја о такозваној физичкој дискрецији континуума, на којој се заснива МКЕ је врло стара, одприлике колико и људска жеља да се тешко решиви проблеми замене једноставнијим, за која се решења лакше налазе [8].

Као пример за илустрацију, може се навести проблем одређивања опсега или површине круга, на основу његове поделе на мање делове правилног облика. Грчки математичар и физичар Архимед, рачунао је број π , односно границе између којих се налази нумеричка вредност овог броја на тај начин што је контуру круга апроксимирао уписаним односно описаним полигоном са коначним бројем страница. Са повећањем броја страница полигона, односно са смањивањем њихове дужине, смањивала се и разлика између граница у којима се налази број π , а повећавала тачност његове нумеричке вредности. Одприлике у исто време, на сличан начин, у старом египту је рачунат волумен пирамиде и површина сфере, а у Кини је дат доказ познате Питагорине теореме. Са овим првим једноставнијим примерима, отворена су нека фундаментална питања, као што су: тачност решења, горња и доња граница апроксимације, монотоност и брзина конвергенције и друга која су и данас у МКЕ веома актуелна и значајна са теоријског и практичног становишта [8].

Развој методе коначних елемената почео је половином прошлог века. У почетној фази он се одвијао кроз два међусобно независна приступа, прво инжењерски, а одмах затим и математички. Сложене просторне конструкције, у инжењерским прорачунима замењиване су директним системима који су се састојали од штапова и који су рачунати по познатим поступцима статике линијских носача. Од стране математичара, тражена су приближна решења одређених граничних задатака помоћу дискретних модела уз примену варијабилних поступака. Ова два прилаза, инжењерски и математички, касније су обједињени, што је било од огромног значаја за даљи брзи развој и широку примену МКЕ [8].

Основе на којима се заснива МКЕ

Метода коначних елемената спада у методе дискретне анализе. За разлику од осталих нумеричких метода, које се заснивају на математичкој дискретизацији једначина граничних проблема, МКЕ се заснива на физичкој дискретизацији разматраног подручја [8].

Уместо елемената диференцијално малих димензија, основу за сва проучавања представља део подручја коначних димензија, мање подручје или коначни елементи. Због тога су основне једначине помоћу којих се описује стање у појединим елементима, а помоћу којих се формира и проблем у целини, уместо диференцијалних или интегралних, обично алгебарске [8].

Са становишта физичке интерпретације, то значи да се разматрано подручје, као континуум са бесконачно много степени слободе, замењује дискретним моделом међусобно повезаних коначних елемената, са коначним бројем степени слободе. С обзиром на то да је број дискретних модела за један гранични проблем неограничено велики, основни задатак је да се изабере онај модел који најбоље апроксимира одговарајући гранични проблем [8].

Суштина апроксимације континуума по МКЕ, састоји се у следећем:

1. Разматрано подручје континуума, помоћу замишљених линија или површина, дели се на одређени број мањих подручја коначних димензија. Поједина мања подручја се називају коначни елементи, а њихов скуп за цело подручје систем или мрежа коначних елемената.
2. Претпоставља се да су коначни елементи међусобно повезани у коначном броју тачака, који се усвајају на контури елемената. Те тачке се називају чворне тачке или чворови.
3. Стање у сваком коначном елементу (нпр. поље померања, деформација, напрезање, распрострањавање температуре и сл.) описује се помоћу интерполационих функција и коначног броја параметара у чворовима који представљају основне непознате величине у МКЕ.
4. За анализу и прорачун система коначних елемената важе сви принципи и поступци који важе за класичне дискретне системе.

Да би се разумеле основне поставке анализе МКЕ, није потребно детаљно познавати различите дисциплине теоријске и примењене механике, али је неопходно разумети неке основне појмове механике непрекидних средина. То су пре свега појмови напона и деформације, као и односи између ових величина, који се називају конститутивним релацијама. Процедура решавања проблема методом коначних елемената састоји се из пет специфичних корака [9]:

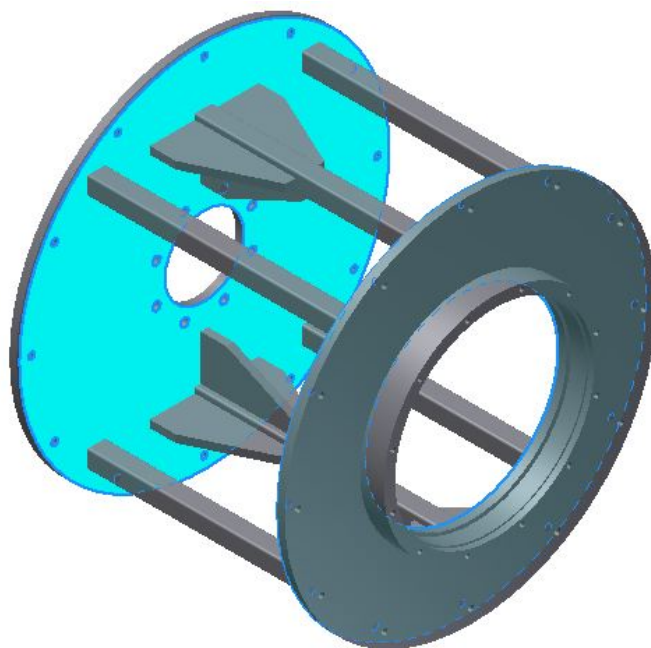
1. Идентификација проблема,
2. Дефинисање елемената,
3. Формирање једначина за елемент,
4. Повезивање једначина елемената,
5. Нумеричко решавање глобалних једначина.

6.2. Анализа добоша у окружењу *Stress Analysis*

У оквиру ове анализе, задају су оптерећења на основу два главна случаја која се могу десити при оптерећењу добоша. Први случај је када се одмотава, односно намотава еластично црево, а други случај, када је црево намотано и тада се понаша као константно оптерећење на добошу витла. Као и конструисање, али и сви прорачуни завања на добошу витла, анализа у критичним случајевима се врши у софтверском пакету *Autodesk Inventor*, у одељку под називом *Stress Analysis*.

Након задавања имена симулације, активира се много могућности које су урађене у овом програму. Поред задавања материјала пре почетка симулације, ту су још и могућности фиксирања делова како би било могуће извршити симулацију, задавање силе, притиска, момента, гравитационе силе, дељење и рачунање модела на континууме у чијем су саставу и чворишта, симулација напрезања и многе друге могућности.

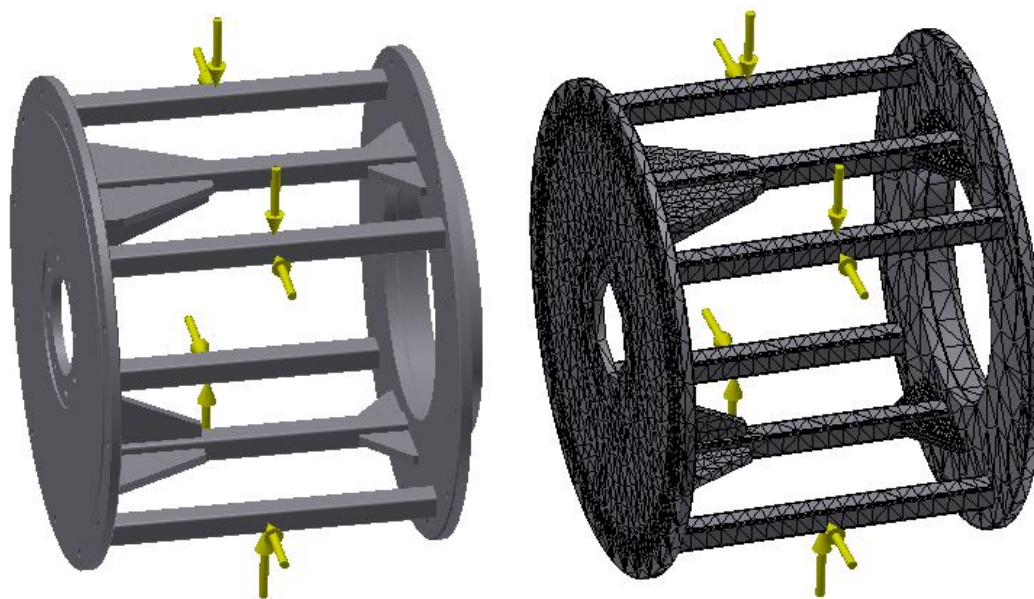
Пре било које симулације, потребно је ограничити модел и његове степене слободе. У овом случају, командом *Fixed* се врши ограничавање модела по страницама фланже добоша витла и тиме се симулира његова непокретност.



Слика 60. Поља која су фиксирана и непокретна

После постављања ограничења непокретности неких делова, потребно је дефинисати величину оптерећења и поставити силе на елементе који се испитују. Максимална сила која се јавља у случају витла за намотавање еластичног црева јесте максимално оптерећење које се испољава при процесу намотавања, односно одмотавања еластичног црева. То оптерећење се апроксимира у једну силу и задаје дуж носећег профила добоша витла. На крају анализе резултати добијамо у визуелном облику и писаном извештају.

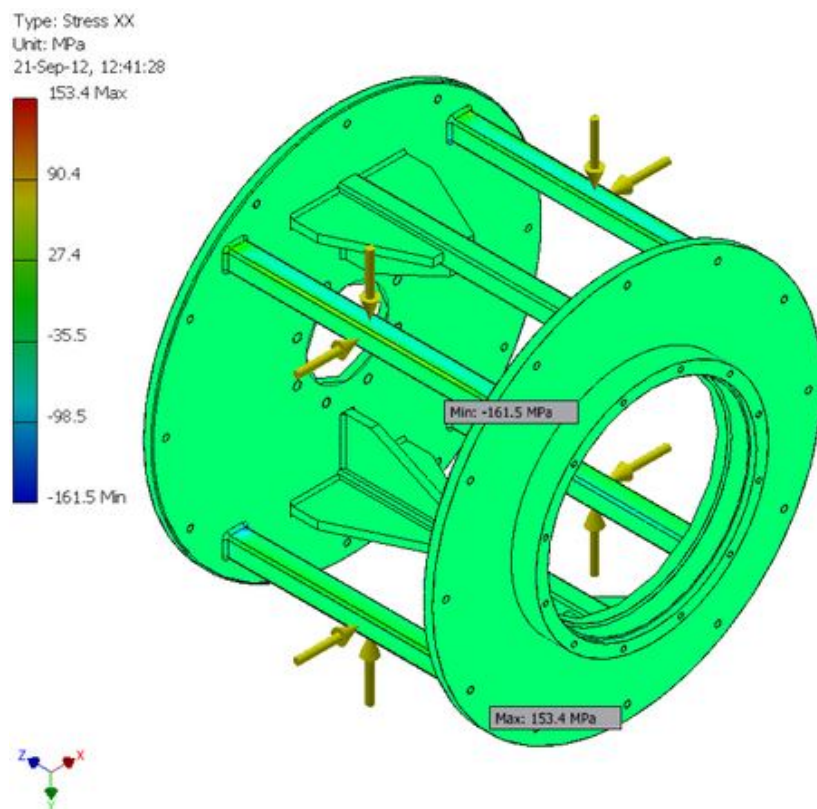
- У првом случају, највиша сила којом се делује на добош бубња је повлачна сила која је дата у техничком задатку и износи 24000 N . Када се затеже црево, оно делује силом на носеће профиле добоша и тиме их оптерећује (Слика 61). Затим се модел преводи у континууме и чворове, који једном речи чине мрежу. Ова могућност се покреће путем команде *Mash View*, чиме се модел дели на велики број континуума, ради лакшег израчунавања и приказа реалних стања након оптерећења модела.



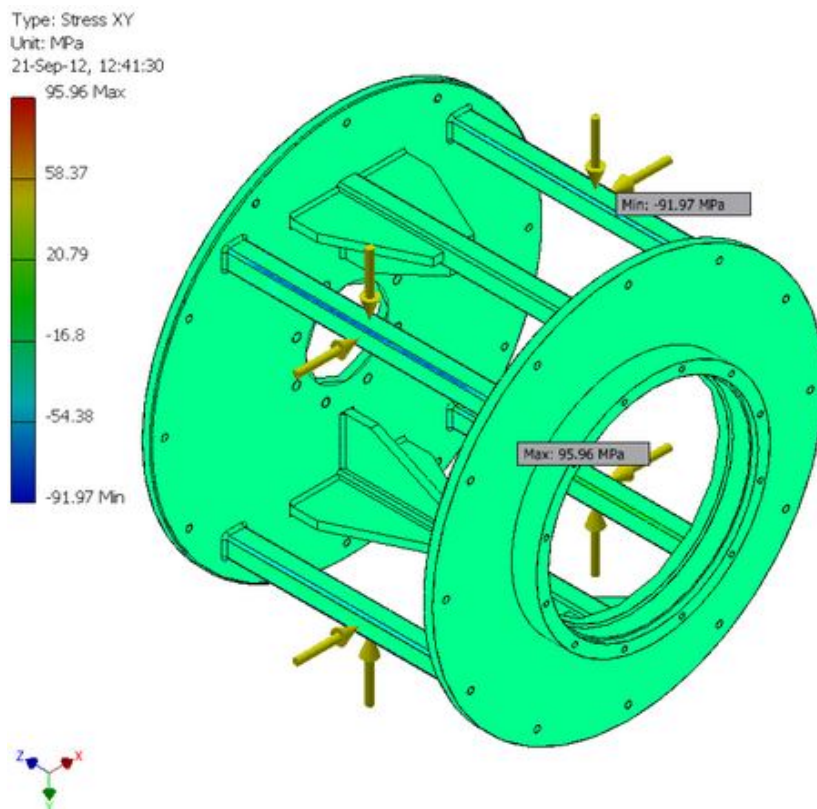
Слика 61. Место постављања оптерећења и преводијење модела у мрежу

Пошто се изврши анализа опцијом *Simulate*, добија се резултат величина напона и померања сваког оптерећеног профила. Напони који су најреалнији и најбитнији за ову анализу су Вон Мизесови напони. Величине напона су приказане бојама и то свака боја поседује своју величину напона. Тако се боје крећу од плаве (најповољнији услови у којима су напони минимални) па све до критичне црвене (најнеповољнији услови са максималним напонима). Хипотеза ових напона гласи: *критично стање у тачки напругнутог тела при сложеност стању напрезања настаје онда када густина дисторзије енергије постигне критичну вредност исте при једноосном стању напрезања*.

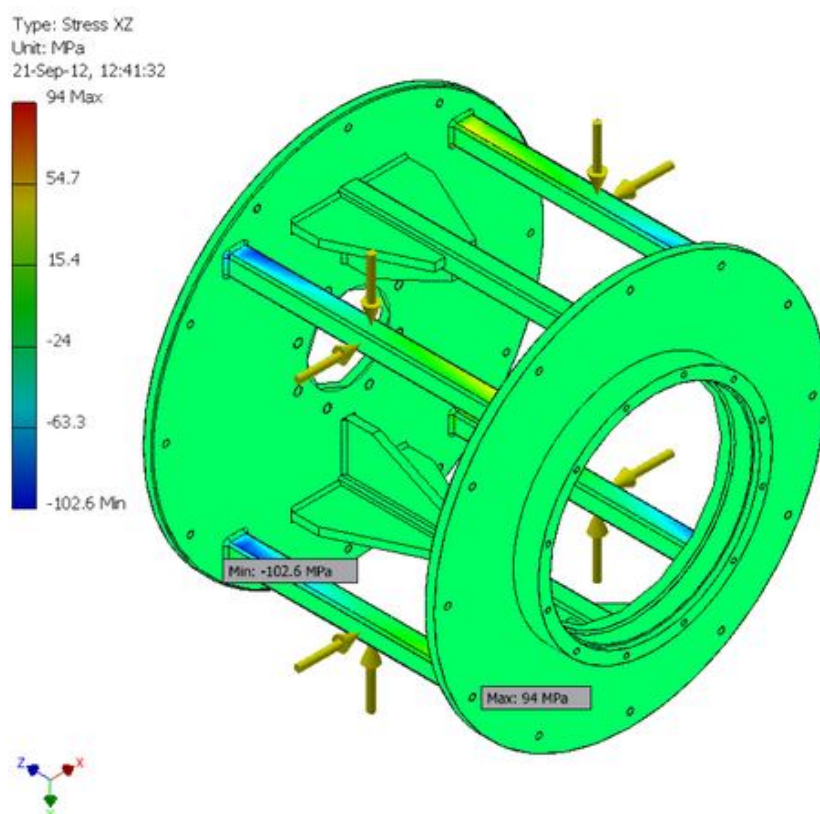
Померање представља расподелу вектора померања за све тачке на неком елементу који су измештени из једне области у другу. Као што и сама дефиниција каже, улогу у овој области имају вектори који након задатог оптерећења врше своје измештање из почетне тачке у положај еквивалентан величини оптерећења елемента. Добија се резултат који се читава као максимално померање неког елемента након извршеног оптерећења. И у овом случају боје фигуришу величину померања која се јавља на неком елементу. Тако је плава боја одређена за најповољнији услов, када су померања минимална, док се за најнеповољнији услов примењује црвена боја са највећим померањима у елементу.



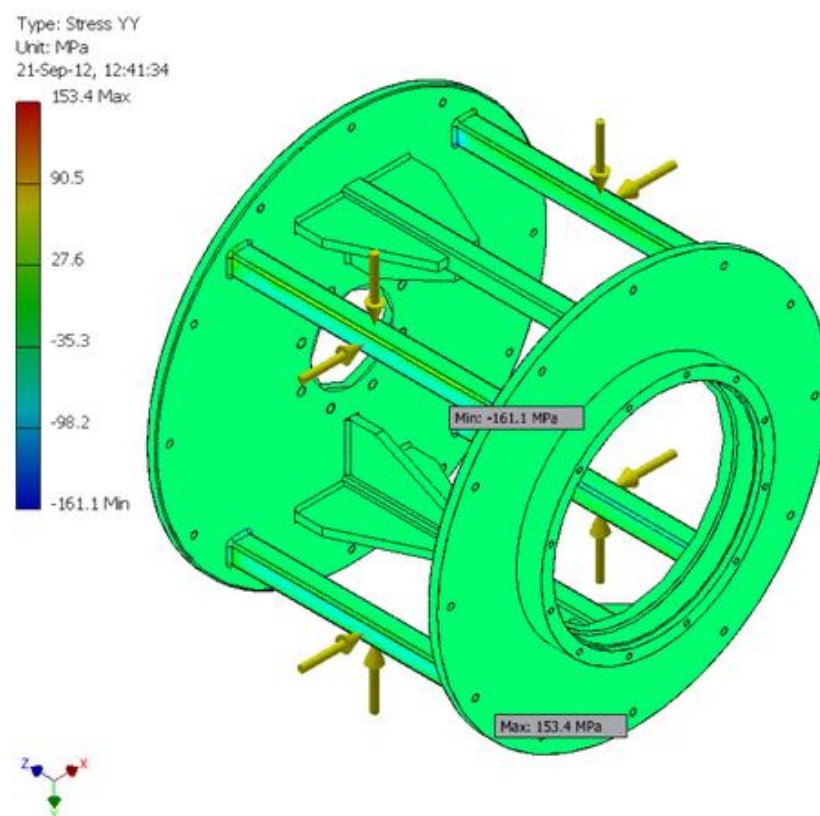
Слика 62. Највећи напон у равни XX



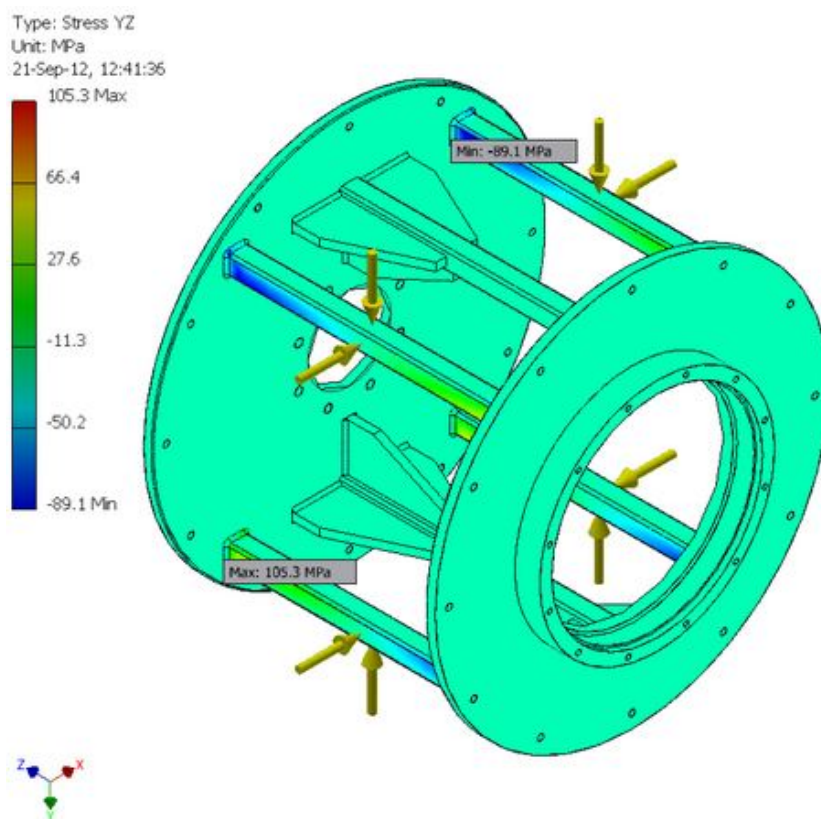
Слика 63. Највећи напон у равни XY



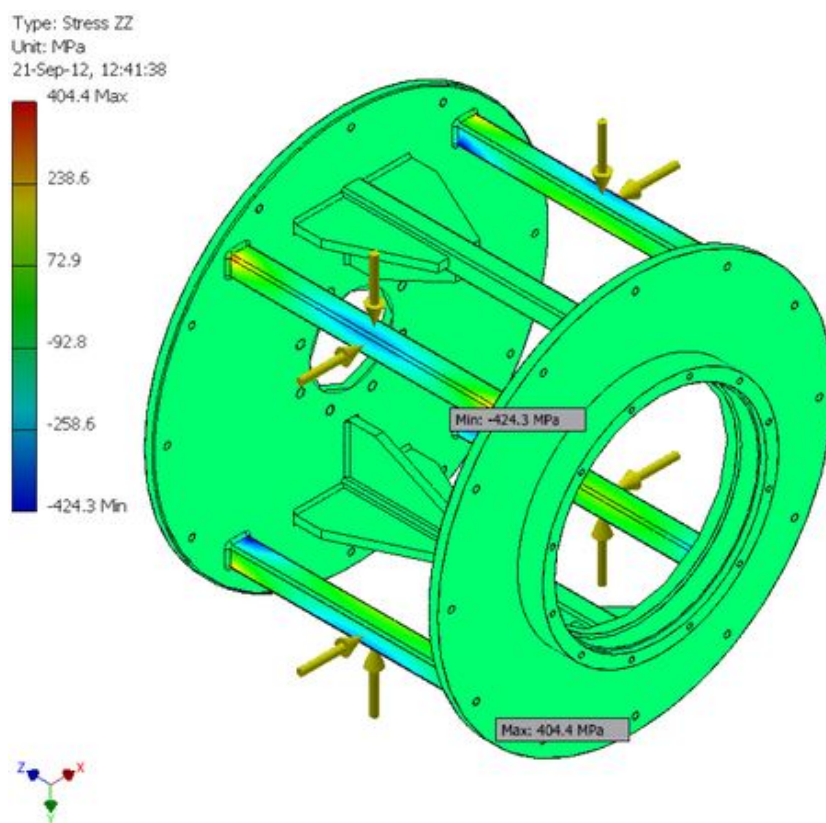
Слика 64. Највећи напон у равни XZ



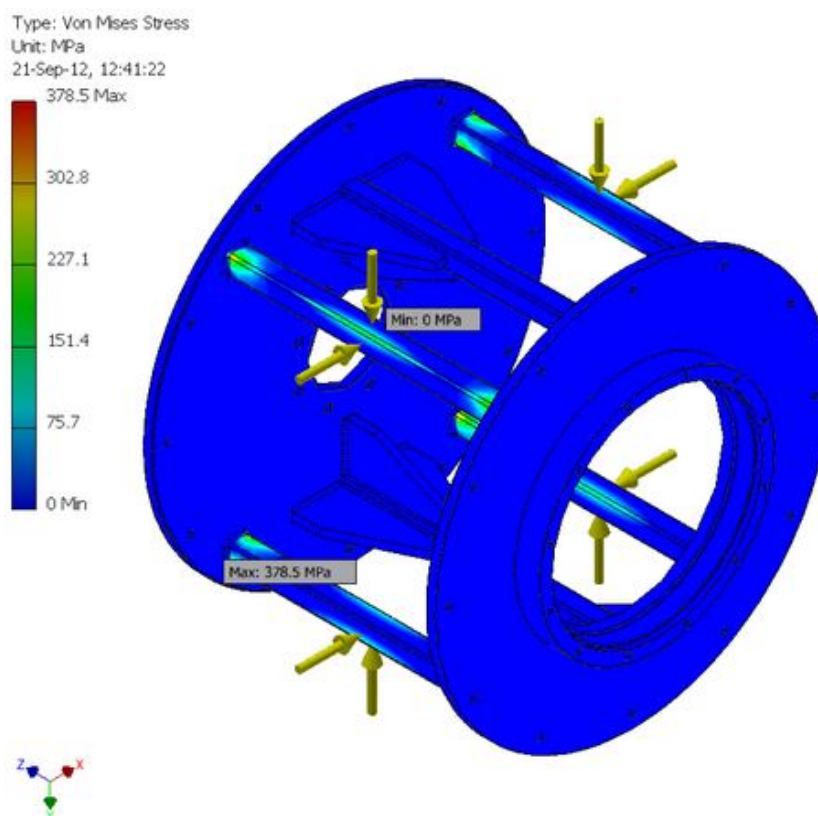
Слика 65. Највећи напон у равни YY



Слика 66. Највећи напон у равни YZ



Слика 67. Највећи напон у равни ZZ

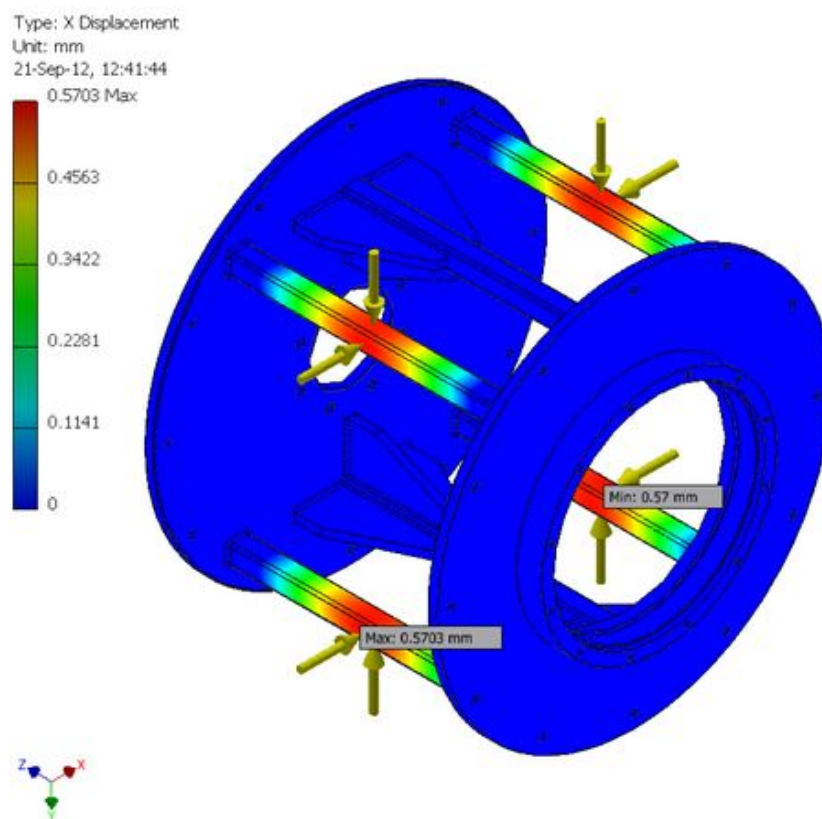


Слика 68. Укупни Вон Мизесов напон

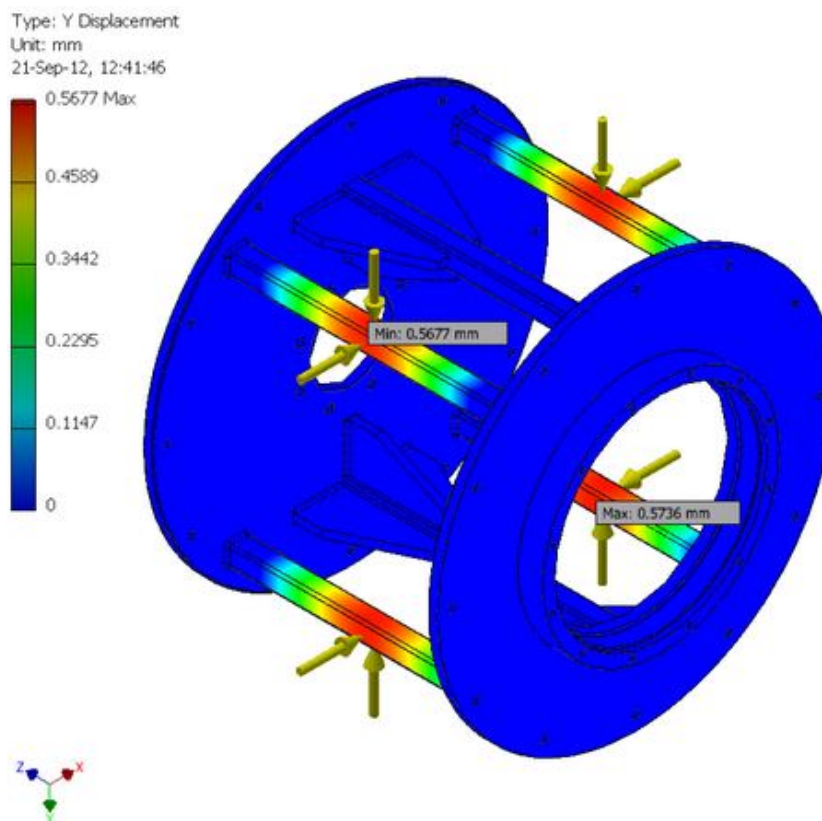
На основу извршене анализе добоша витла на максимално оптерећење које се јављају притезањем еластичног црева, долази се до резултата који се налазе у границама највишег дозвољеног напона материјала од којег се конструише витло. Приказани резултати напона по равнима пружа увид у највише напоне који се јављају на носећим профилима. Тако је најмањи напон који је приказан у резултатима смештен у раван XZ и износи свега 94 MPa , док се највећи напон јавља у равни ZZ и износи $404,4 \text{ MPa}$. Овако велики напон је узрок деловања два оптерећења по X и Y равни, која савијају носећи профил по Z оси. Иако је овај напон веома велик, задовољава границу максималне затезне чврстоће материјала која је у овом случају за материјал S355 J2G3 (Č 0545) 500 MPa .

У утицај оптерећења носећих профила улазе све вредности које су максималне по равнима, тако да се њиховом апроксимацијом добија средња вредност напона носећих профила која се назива и Вон Мизесов напон. Вредност овог напона је такође у границама затезне чврстоће и износи $378,5 \text{ MPa}$, па се као меродавна вредност узима у обзир при анализи и конструкцији добоша витла.

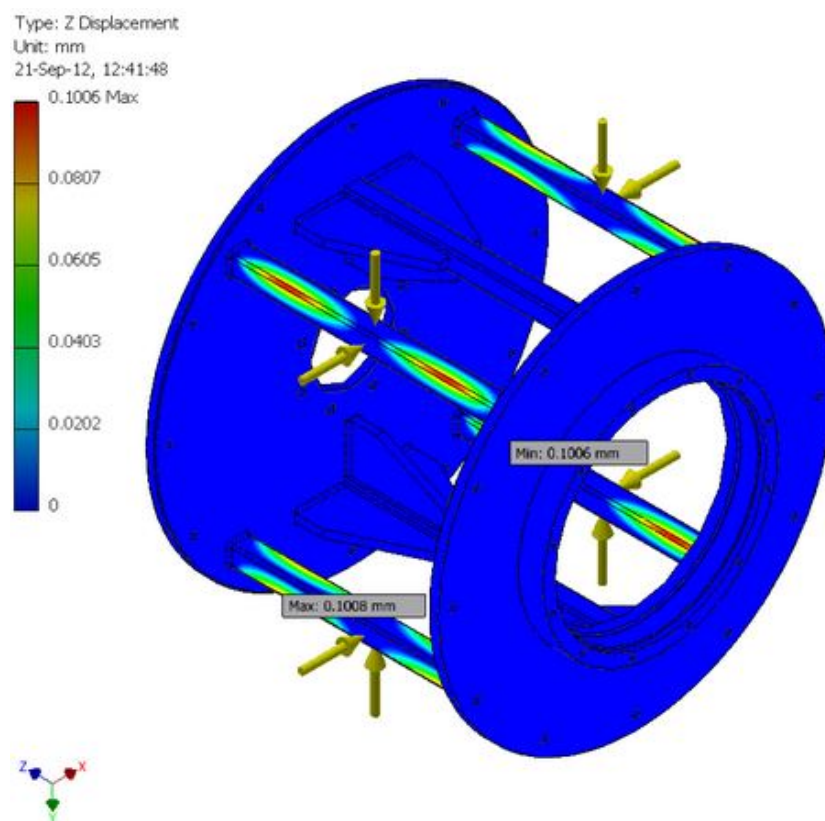
Када је померање у питању, такође је могуће вршити преглед свих угиба који се јављају у моделу, али са том разликом да се оно врши по правцима деловања оптерећења.



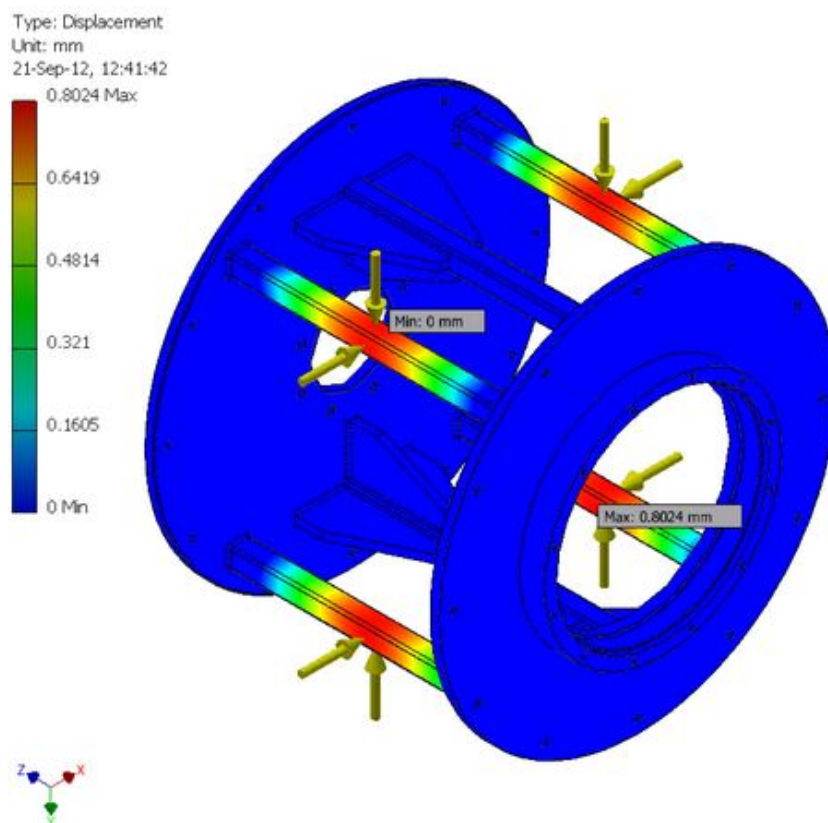
Слика 69. Померање профила по X правцу



Слика 70. Померање профила по Y правцу



Слика 71. Померање профила по Z правцу



Слика 72. Укупно померање носећих профила

На основу извршене анализе добоша витла на померања по правцима услед притезања еластичног црева, долази се до максималних вредности померања профила у оквиру једног правца. Добијени резултати показују да се најмањи угиб јавља по оси Z и износи $0,1006 \text{ mm}$, док се највећи угиб јавља у оси X и вредности је $0,5703 \text{ mm}$. Апроксимирањем све три величине угиба по правцима X, Y и Z, добија се вредност која је меродавна за анализу и конструисање витла и она износи $0,8024 \text{ mm}$.

Табела 10: Излазни резултати

У извештају који се добија приликом анализе носећих профила, може се прочитати још валидних података који су се добили. Могуће је прочитати *1st Principal Stress* и *3rd Principal Stress*, напрезање у свакој равни, контактни притисак на сваком профилу добоша. Могуће је чак прочитати и запремину, као и масу целокупног склопа добоша.

- У другом случају, за оптерећење се узима тежина еластичног црева намотаног на добош витла. Укупну дужину црева лако је наћи преко обима круга, односно преко димензије која је дата у техничком задатку, а фигурише пречник на којем се намотава еластично црево у првом, средњем и последњем нивоу. Тако се долази до дужине црева која износи 33 m , а његова тежина је око 260 kg .

Пошто ово није велико оптерећење и апроксимативно је десет пута мање од оптерећења при затезању црева, није било потребе радити анализе за ово оптерећење.

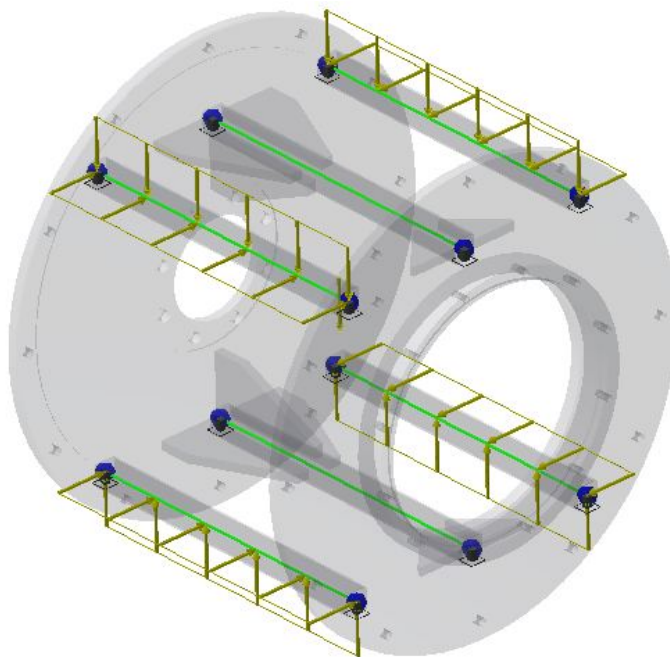
Name	Minimum	Maximum
Volume	40568600 mm ³	
Mass	318.486 kg	
Von Mises Stress	0 MPa	378.46 MPa
1st Principal Stress	-131.156 MPa	430.369 MPa
3rd Principal Stress	-458.021 MPa	131.431 MPa
Displacement	0 mm	0.802387 mm
Safety Factor	0.546954 ul	15 ul
Stress XX	-161.461 MPa	153.382 MPa
Stress XY	-91.9667 MPa	95.9561 MPa
Stress XZ	-102.608 MPa	94.012 MPa
Stress YY	-161.129 MPa	153.382 MPa
Stress YZ	-89.058 MPa	105.311 MPa
Stress ZZ	-424.321 MPa	404.371 MPa
X Displacement	-0.569962 mm	0.570329 mm
Y Displacement	-0.573631 mm	0.567748 mm
Z Displacement	-0.100843 mm	0.100568 mm
Equivalent Strain	0 ul	0.00154636 ul
1st Principal Strain	0 ul	0.00180847 ul
3rd Principal Strain	-0.0017208 ul	0 ul
Strain XX	-0.000555548 ul	0.000700463 ul
Strain XY	-0.000532989 ul	0.000556109 ul
Strain XZ	-0.000594658 ul	0.000544842 ul
Strain YY	-0.000570391 ul	0.000687743 ul
Strain YZ	-0.000516132 ul	0.000610324 ul
Strain ZZ	-0.00152549 ul	0.00152299 ul
Contact Pressure	0 MPa	786.556 MPa
Contact Pressure X	-395.476 MPa	730.751 MPa
Contact Pressure Y	-511.601 MPa	662.34 MPa
Contact Pressure Z	-683.372 MPa	499.395 MPa

6.3. Анализа добоша у окружењу *Frame Analysis*

Овај прорачун базиран је на анализи рама односно у овом случају профилних носача и предпоставља се да је прецизнији од предходне анализе, јер даје могућност постављања континуалног оптерећења дуж носећих профила, што је реалније резултате него постављање једне силе и њено апроксимирање у једној тачки.

Frame Analysis, као издвојени начин анализе носећих профила од предходног поступка, после креирања нове симулације пружа велики опсег могућности са којима се може радити. Поред постављања материјала на делове, постављања сила и момената који се могу дефинисати тачно по координатама, могуће је поставити и континуално оптерећење које представља најреалнију ситуацију оној која се одиграва у реалним условима при повлачењу еластичног црева. Зато ће ова метода бити меродавнија од предходно урађене.

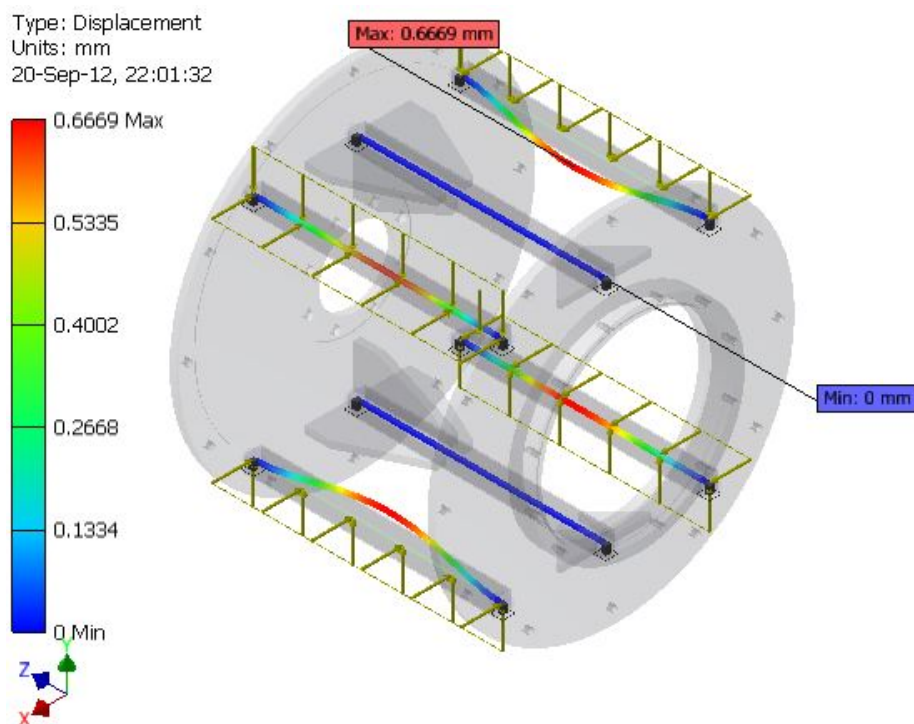
Пре почетка постављања сила, програм задаје кориснику задатак да укрути елементе који се испитују. И у овом случају, користиће се носећи профили, али с том разликом да се у овој анализи опцијом *Fixed* може фиксирати сваки чвор носећег профила посебно. То је веома значајно за крајње резултате, јер тиме се индиректно испитују заварени спојеви, којим се симулира непокретност краја профила.



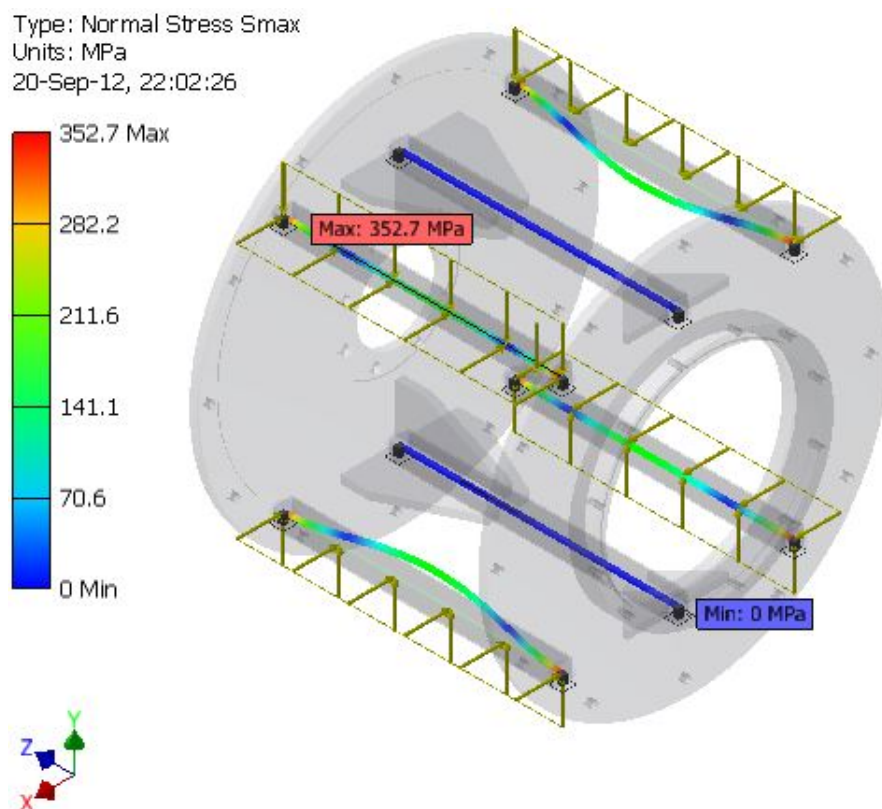
Слика 73. Приказ чворова носећих профила који се укрућују

Сила код ове врсте анализе се задаје у јединици N/mm . Пошто нам је позната повлачна сила од 24000 N , а дужина профила је 686 mm , лако се може пронаћи величина силе по јединици дужине. У овом случају је то 35 N/mm . Као и у предходном примеру анализе, задаје се оптерећење на спољним носећим профилима, по бочним странама.

Као резултат се добија вредност угиба, односно померање носећег профила (Слика 64).



Слика 74. Померање носећих профила



Слика 75. Нормални напон

Поред одређивања величине померања (угиба) носећих профила, у окружењу *Frame Analysis* могуће је одредити и величину максималног нормалног напона који се јавља након оптерећења добоша витла. Вредност овог напона је мања него вредност Вон Мизесовог напона из предходне анализе и износи $S_{max}=352,7 \text{ MPa}$, што поново доказује да је анализа у одељку *Frame Analysis* тачнија и меродавнија за извршавање прорачуна и конструисање модела добоша витла.

Табела 11: Излазни резултати

Name		Minimum	Maximum
Displacement		0.000 mm	0.667 mm
Forces	Fx	-12005.000 N	12005.000 N
	Fy	-12019.303 N	12019.303 N
	Fz	0.000 N	0.000 N
Moments	Mx	-687103.514 N mm	1374207.028 N mm
	My	-686285.833 N mm	1372571.667 N mm
	Mz	0.000 N mm	0.000 N mm
Normal Stresses	Smax	0.006 MPa	352.746 MPa
	Smin	-352.746 MPa	-0.006 MPa
	Smax(Mx)	0.000 MPa	176.478 MPa
	Smin(Mx)	-176.478 MPa	-0.000 MPa
	Smax(My)	-0.000 MPa	176.268 MPa
	Smin(My)	-176.268 MPa	0.000 MPa
Shear Stresses	Saxial	0.000 MPa	0.000 MPa
	Tx	-48.243 MPa	48.243 MPa
Torsional Stresses	Ty	-48.301 MPa	48.301 MPa
	T	0.000 MPa	0.000 MPa

На крају анализе добијен је резултат померања носећег профила од $0,667 \text{ mm}$, што је мање у односу на предходни прорачун. Утицај на овакав резултат може се приписати и другачијем начину фиксирања елемената. Иако има разлике у резултатима, као валиднији се прихвата онај који је рађен у *Frame Analysis*-у, јер је начин постављања оптерећења и укрућивања најприближнији оном реалном стању оптерећења и укрућења носећих

профила заварима. Поред добијених максималних померања профила, овде је могуће прочитати и моменте који се јављају, као и нормалне напоне, напоне смицања и увијања.

7. ЗАКЉУЧАК

У последњих тридесет година дошло је до наглог развоја науке, техничко-технолошких процеса, подизања квалитета, знатних промена у прописима и стандардима, начину прорачуна носивости и века трајања машинских елемената, склопова и машина. Поред класичних прорачуна и метода израчунавања, све више се користе рачунарски програми и модерне нумеричке методе за прорачун и конструисање.

Како би се данас неки производ унапредио и дао боље резултате, није потребно да се само конструише неки нови део, промени нека димензија или имплементира неки нови изум. Пре сваког конструкторског посла предстоји озбиљан рад на истраживању тржишта, купаца, упоређивању нових технологија израде делова и склопова, јер је данас, у време технике, тешко пратити сва нова научна достигнућа.

Уз помоћ софтверског пакета *Autodesk Inventor*, али и стеченог знања у матичним фирмама, израда модела, пропратне анализе и прорачуна који су од круцијалног значаја за правилан рад уређаја, одрађени су са великом лакоћом. На основу спецификације из техничког задата, редукована је маса и извршена модификација појединих елемената у циљу побољшања функционалности и економичности, а такође одржана и компактност и аутонимија уређаја.

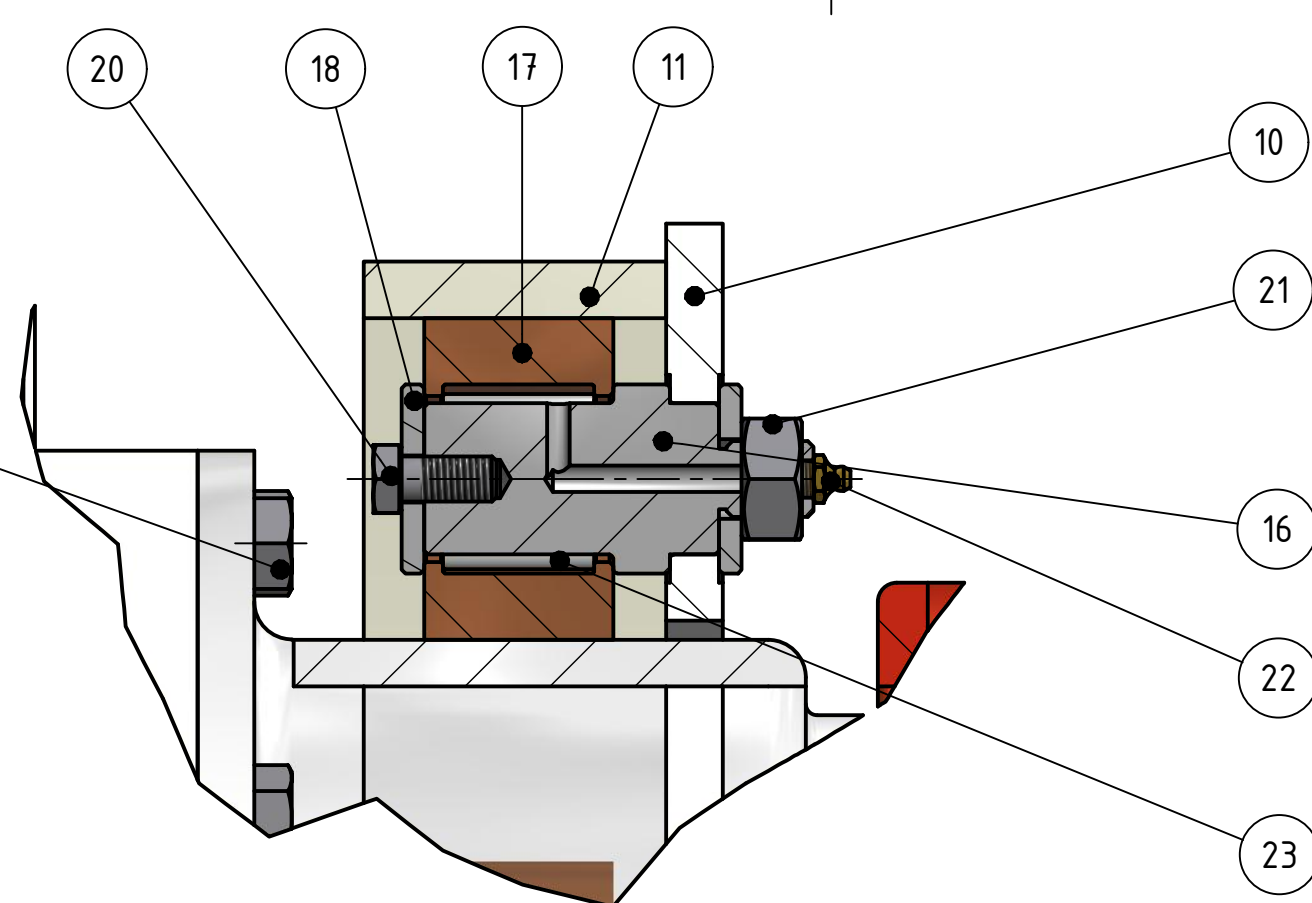
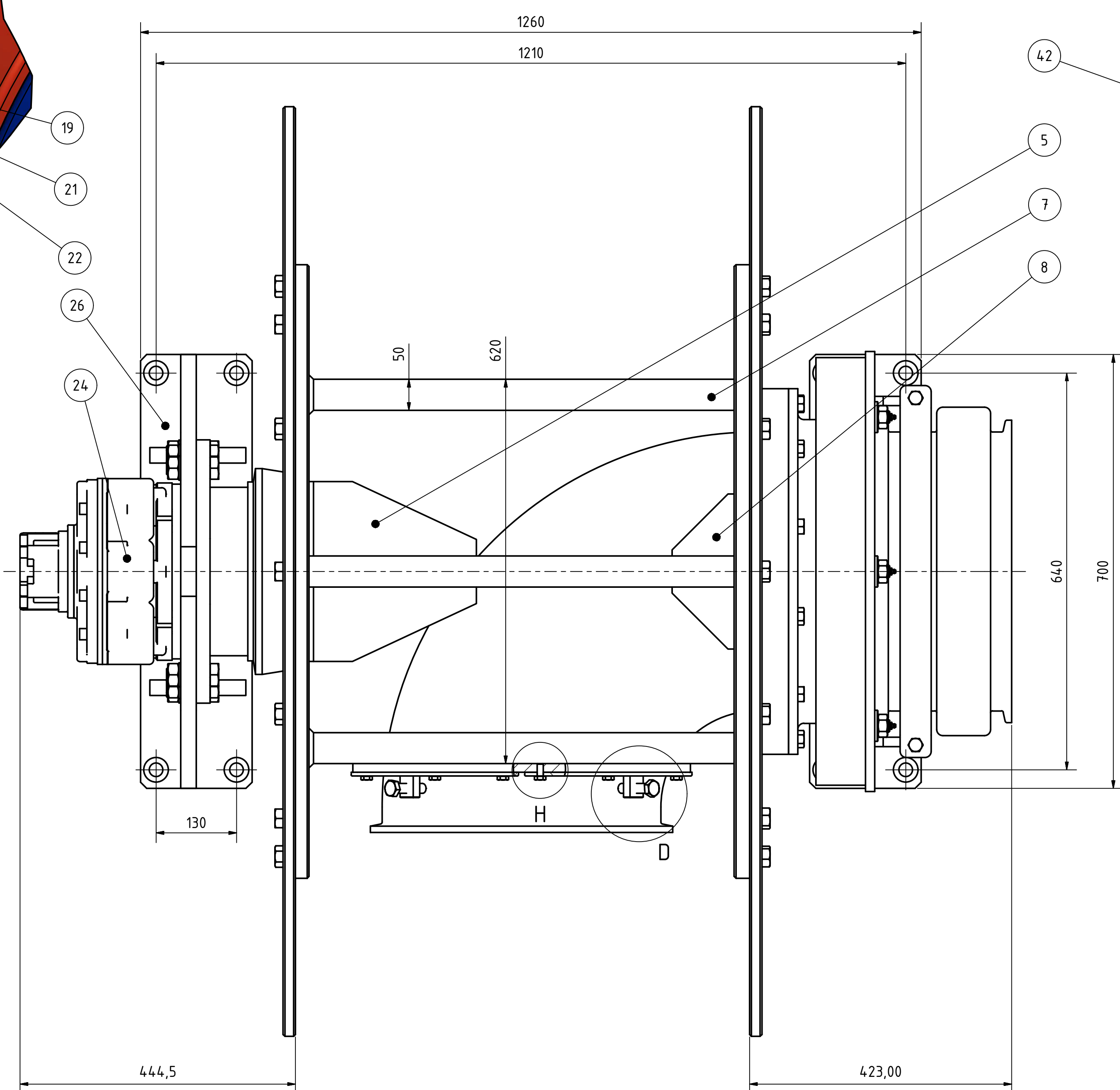
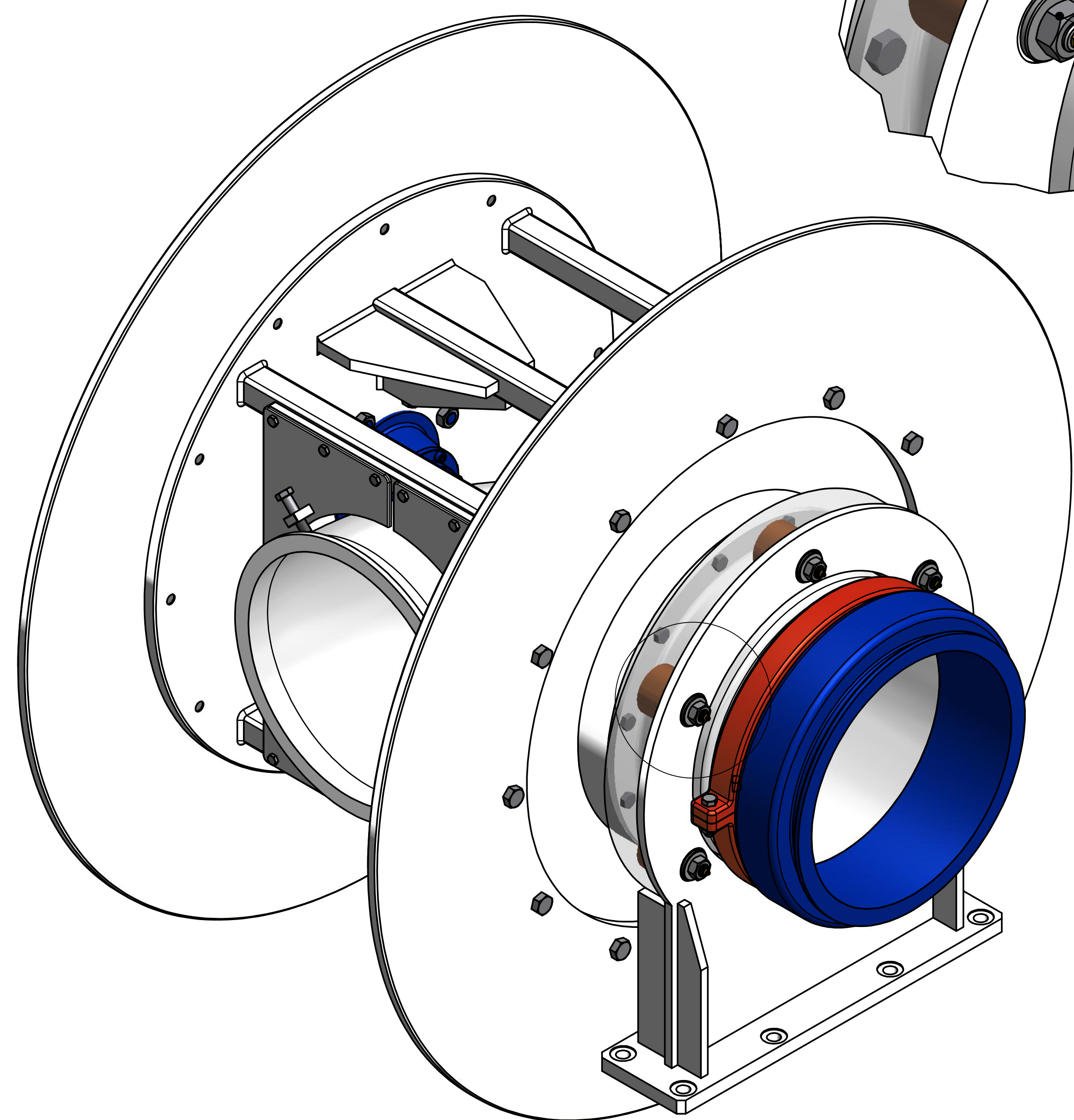
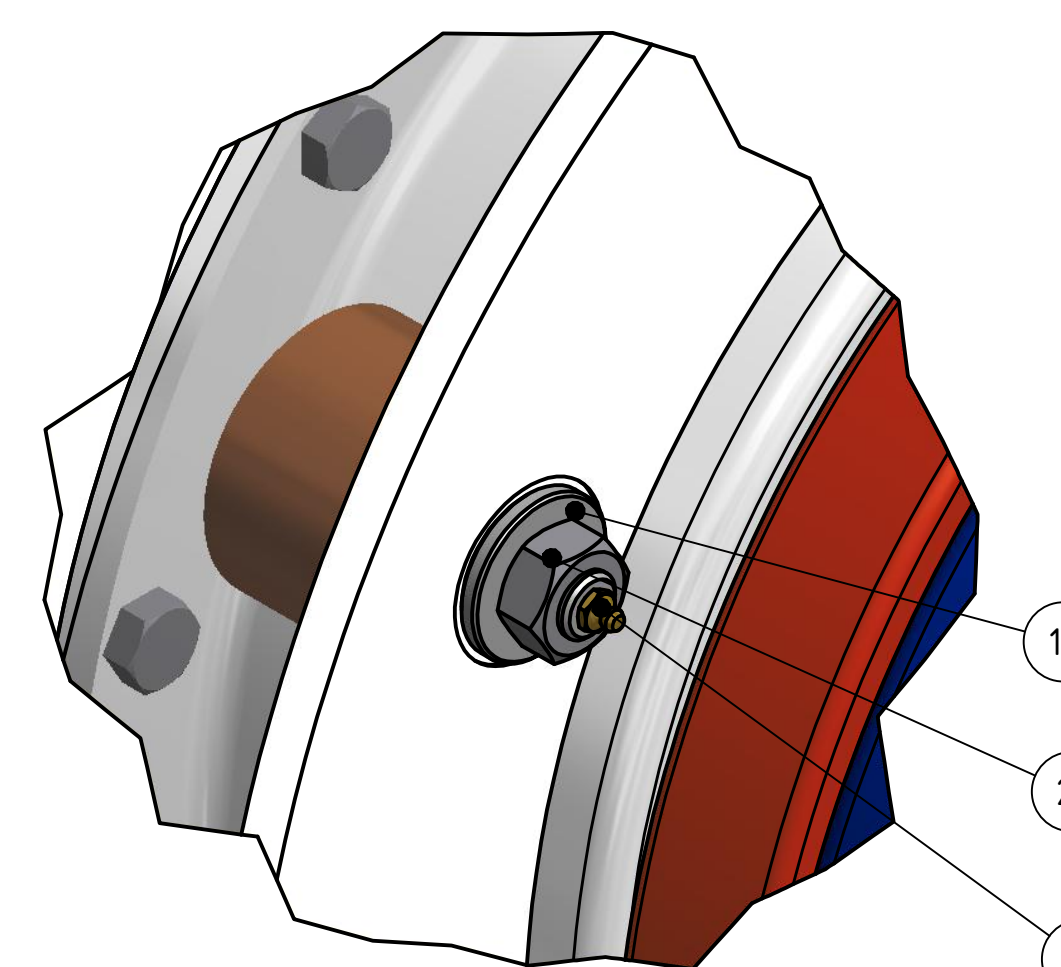
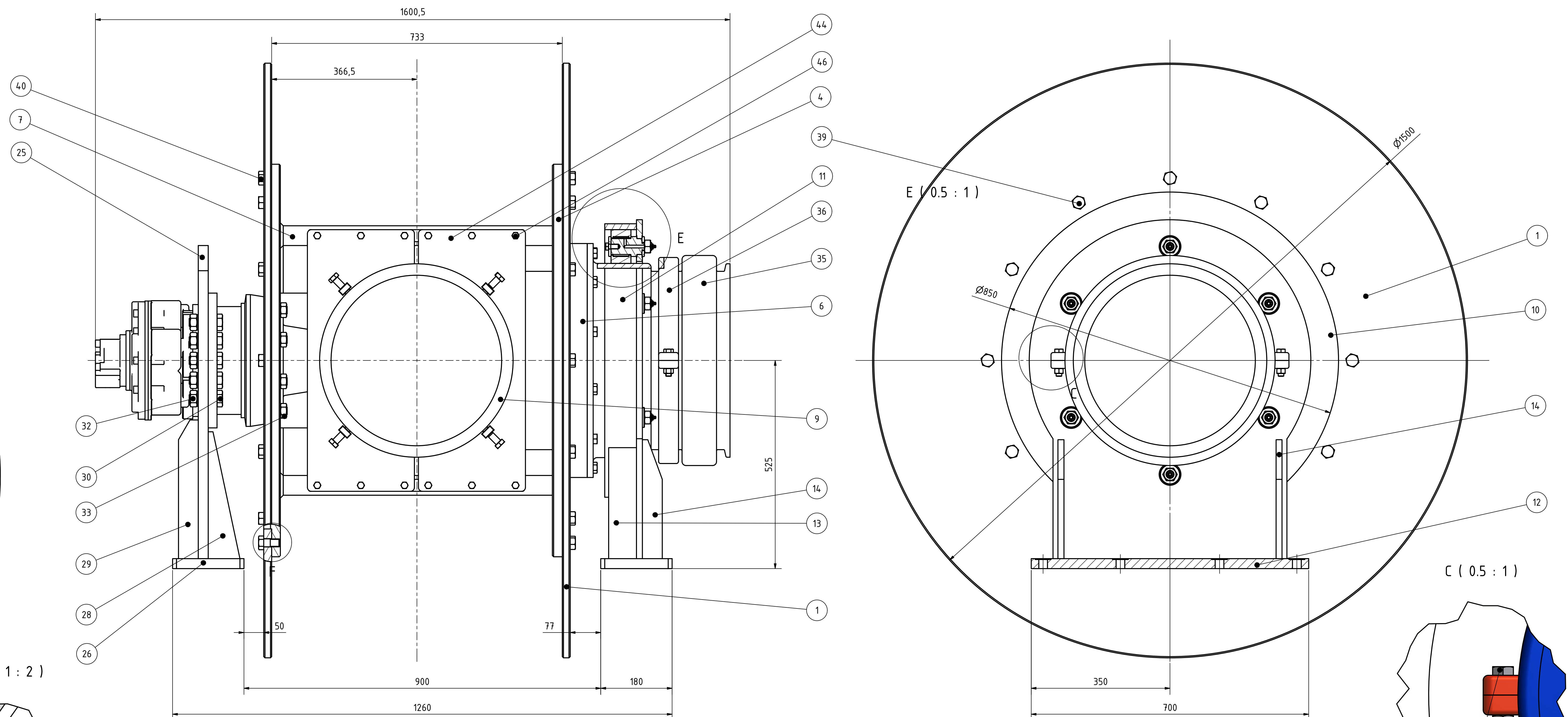
На основу урађених прорачуна варова долази се до закључка да је конструкција способна да врши своју функцију и у најнеповољнијим условима који су изречени техничким задатаком и степеном сигурности који се прописује за овако одговорне конструкције. Прорачуном облика вара у многонема је олакшано добијање резултата, који би се, да не постоји овако моћан софтвер морали поступно рачунати.

То је показала и анализа која је рађена у два одвојена подпрограма *Autodesk Inventor*-а. Упоређивањем резултата обе анализе долази се до различитих вредности које фигуришу у раду. Зато се као најреалније решење узима резултат добијен у другој анализи, јер најверније симулира реалне услове ограничавања и постављања оптерећења по носећим профилима.

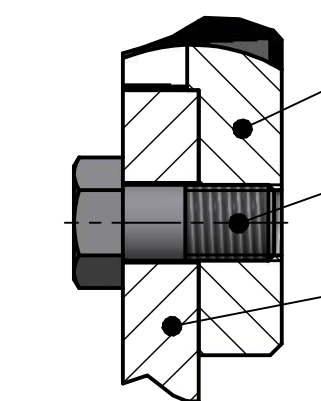
Конструкција је израђена тако да осим постизања функционалности и економичности, буде естетски боље обликована, а да не дође до нарушавања експлоатационих могућности уређаја.

ЛИТЕРАТУРА

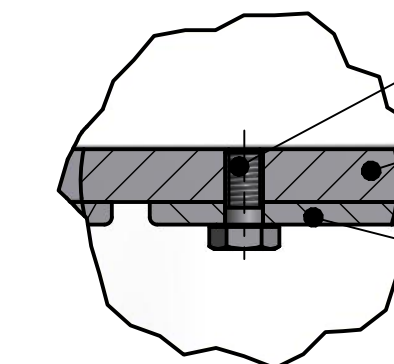
- [1] Марјановић Н. : *Методе конструисања*, Машински факултет Крагујевац, 1998.
- [2] Танасијевић С. : *Механички преносници*, Машински факултет Крагујевац, 1994.
- [3] Николић В. : *Машински елементи*, Машински факултет Крагујевац, 2004.
- [4] Јовичић С. : *Основи конструисања*, Машински факултет Крагујевац, 2002.
- [5] Николић Р., Марјановић В. : *Металне конструкције*, Машински факултет Крагујевац 1998.
- [6] Waguespack C. : *Mastering Autodesk Inventor 2012*, Wiley Publishing, Inc, 2011.
- [7] <http://rappmarine.com/>, приступљено у априлу 2012.
- [8] Parr R. : *Metode konačnih elemenata*-seminarski rad, Geodetski fakultet Zagreb, 2003.
- [9] Јовичић, Г. : *Предавања из предмета Инжињерски алати 2*, школске 2010/2011, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2010.
- [10] <http://www.tehnickaue.edu.rs/srp/cas/?conid=2237>, приступљено у априлу 2012.
- [11] <http://www.seaquest.ie/>, приступљено у априлу 2012



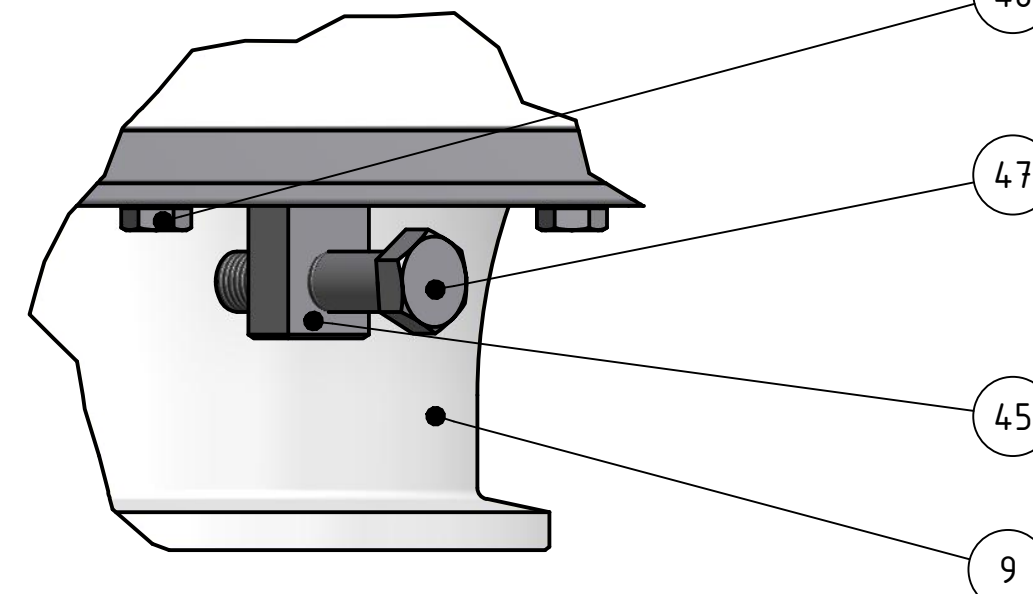
F (0.5 : 1)



H (0.5 : 1)



D (0.5 : 1)

[illegible]