

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Бобан М. Симић

**Конструкција и анализа бродског витла
у CAD софтверу**

мастер рад

Крагујевац, 2012.

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: 330/2010

Бобан М. Симић

Конструисање и анализа бродског витла у CAD софтверу

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Ненад Марјановић - ментор**
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

Изврши конструисање бродског витла са приказом целокупног процеса конструисања и на основу израђеног модела изврши потребне анализе критичних делова конструкције.

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, 2012.

ментор:
Др Ненад Марјановић

КОНСТРУИСАЊЕ И АНАЛИЗА БРОДСКОГ ВИТЛА У CAD СОФТВЕРУ

DESIGN AND ANALYSIS OF SHIP WINCH IN CAD SOFTWARE

Бобан М. Симић

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Резиме: Овим радом приказан је целокупни процес конструисања бродског витла са извршеним анализама које дају представу понашања конструкције при деловању одређених оптерећења. Модел конструкције, као и анализа одређених елемената конструкције је одрађена применом CAD софтвера. Поред анализа применом CAD софтвера извршена је и анализа тока оптерећења унутар калема ужета применом виртуелног блок модела израђеног у Microsoft Excel-у, која даје приказ зависности оптерећења унутар самог калема.

Кључне речи: конструисање, анализа, бродско витло, CAD

Abstract: This paper shows the whole designing proces of ship winch with analysis wich gives look how does construction react on certan forces. Construction model and analysis of some parts are done by using CAD softeare. Beside analysis done by CAD software, it has done an analysis of force acting in wire spool by Virtual Excel Block Model, wich gives conectio betwine forces inside the spool.

Key words: designing, analysis, ship winch, CAD

Садржај:

ЛИСТА СЛИКА.....	3
ЛИСТА ТАБЕЛА.....	7
1. УВОД.....	8
1.1. Задатак.....	8
1.2. Историјски развој витала.....	8
2. ВИТЛА И ОСНОВНИ ДЕЛОВИ ВИТАЛА.....	11
2.1. Добош витла.....	13
2.2. Погонска јединица витла.....	19
2.3. Механички преносник витла.....	21
2.3.1. Основна подела витала у зависности од механичког преносника ...	21
2.4. Кочнице.....	23
3. РИБАРЕЊЕ ПОВЛАЧНИМ МРЕЖАМА (<i>TRAWLING</i>).....	24
3.1. Витла за вучу мреже (<i>Trawl Winches</i>) – Повлачна витла.....	26
3.2. Витла за регулацију отварања мреже (<i>Net Sounding Winch</i>).....	26
3.3. Вишеделно витло за извлачење и складиштење мреже (<i>Net Drum Winch</i>)	27
3.4. Витло за намотавање црева за усисавање улова (<i>Hose Reel Winch</i>).....	27
3.5. Погоњење и управљање системом.....	28
4. ПРОЦЕС КОНСТРУИСАЊА.....	29
4.1. Технички задатак.....	29
4.2. Конципирање конструкције повлачног витла.....	31
5. ПРОРАЧУН СИЛА И МОМЕНАТА НА ЕЛЕМЕНТИМА ДОБОША ПОВЛАЧНОГ ВИТЛА ПО DNV (<i>DOT NORSKE VERITAS</i>) СТАНДАРДУ.....	32
6. МОДЕЛ ПОВЛАЧНОГ ВИТЛА.....	37
6.1. Добош витла.....	38
6.2. Ослонац добоша повлачног витла.....	40
6.3. Уређај за усмеравање ужета.....	41
6.4. Систем за кочење повлачног витла.....	45
6.5. Стопе повлачног витла.....	46
6.6. Елементи за аксијално укрућење повлачног витла.....	48
6.7. Погонска јединица.....	49
6.8. Рендеровани приказ повлачног витла.....	50
7. АНАЛИЗА ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНАТА ПОМОЋУ CAD СОФТВЕРА.....	52
7.1. Провера изабраног лежаја на страни ланчаног преносника.....	52

7.2.	Провера рукавца добоша на страни ланчаног преносника	54
7.3.	Прорачун отпора ужета при вођењу	57
7.4.	Прорачун ланчаног преносника	60
8.	АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА ДОБОША ВИТЛА.....	64
8.1.	Главне претпоставке битне за анализу.....	65
8.2.	Процедура анализе тока оптерећења унутар калема ужета.....	66
8.3.	Виртуелни Excel блок модел.....	66
8.4.	Преглед анализе	68
8.4.1.	Анализа оптерећења у карактеристичним правцима.....	68
8.4.2.	Анализа оптерећења унутар карактеристичног једнакоугаоног троугла.....	71
9.	АНАЛИЗА ДОБОША ПОВЛАЧНОГ ВИТЛА	84
9.1.	Метода коначних елемената.....	84
9.2.	Избор параметара и ограничења	86
9.3.	Анализа цеви добоша повлачног витла.....	87
9.4.	Анализа бочне странице (фланже) са стране ланчаног преносника	93
9.5.	Анализа бочне странице (фланже) са стране погонске јединице	98
10.	ЗАКЉУЧАК.....	104
	Литература:	105

ЛИСТА СЛИКА

Слика 1. Изглед првобитног витла	9
Слика 2. Старомодно бунарско витло	9
Слика 3. Витло на парни погон	9
Слика 4. Првобитна примена преносника снаге на витлима	10
Слика 5. Модерни изглед витла данашњице	10
Слика 6. Витло на дизалици	11
Слика 7. Покретно витло које се користи на крановима	11
Слика 8. Примена витла за подизање лифта	11
Слика 9. Примена витала на бродовима	12
Слика 10. Примена витала на теренским возилима	12
Слика 11. Примена витла за вучу једрилица	12
Слика 12. Примена витла у рудницима	12
Слика 13. Пример добоша витла	13
Слика 14. Добош витла са намотаним калемом ужета на себи	14
Слика 15. Правила намотавања ужета на добош витла	14
Слика 16. Правило 1-1	14
Слика 17. Правило 2-2	15
Слика 18. Правило 3-1	15
Слика 19. Правило 4-2	15
Слика 20. Неки од начина везивања ужета за добош	16
Слика 21. Укрућење бочних страна	17
Слика 22. Неправилно намотано уже на добош витла	17
Слика 23. Ожлебљење добоша	18
Слика 24. Пример усмеривача ужета	18
Слика 25. Витло на ручни погон	19
Слика 26. Клипни хидро-мотор	20
Слика 27. Витло са погоном једног мотора	20
Слика 28. Шеме комбинација зупчаника код планетарног преносника код витала	21
Слика 29. Примена планетарног преносника код витла	22
Слика 30. Примена пужног преносника код витла	22
Слика 31. Примена цилиндричног зупчастог преносника	23
Слика 32. Шема појасне кочнице	23
Слика 33. Рибарење повлачним мрежама по дну	24
Слика 34. Рибарење повлачним мрежама по средњим водама	24
Слика 35. Приказ система витала на броду за рибарење повлачним мрежама	25
Слика 36. Повлачно витло	26
Слика 37. Витло за регулацију отварања мреже	26
Слика 38. Витло за намотавање мреже	27
Слика 39. Витло за намотавање црева	27
Слика 40. Блок дијаграм процеса конструисања	29
Слика 41. Концепциона шема повлачног витла ознаке TWS 7500	31

Слика 42. Прорачун оптерећења витла по DNV стандарду урађен у Excel-у ...	36
Слика 43. Положај добоша на конструкцији	38
Слика 44. Приказ добоша витла посматрано са задње стране конструкције ...	38
Слика 45. Приказ добоша на страни погонске јединице	38
Слика 47. Приказ конструкције I	39
Слика 46. Приказ добоша на страни ланчаног преносника	39
Слика 48. Положај ослонца добоша на конструкцији.....	40
Слика 51. Приказ конструкције II	40
Слика 49. Приказ ослонца гледан из унутрашњости конструкције	40
Слика 50. Приказ ослонца гледан са спољашње стране конструкције	40
Слика 52. Положај уређаја за усмеравање ужета	41
Слика 53. Кућиште ланчаног преносника	41
Слика 54. Приказ кућишта са предње стране.....	42
Слика 55. Приказ кућишта са задње стране	42
Слика 56. Кућиште везао за ослонац добоша	42
Слика 57. Ланчани преносник.....	42
Слика 58. Ланчани преносник повезан са завојним вретеном усмеривача ужета	43
Слика 59. Усмеривач ужета	43
Слика 60. Положај усмеривача.....	43
Слика 61. Део за покретање усмеривача дуж завојног вретена	44
Слика 62. Други носач усмеривача ужета.....	44
Слика 63. Приказ конструкције III	44
Слика 64. Положај система за кочење на конструкцији	45
Слика 65. Обруч појасне кочнице	45
Слика 66. Ослонац кочнице	45
Слика 67. Приказ конструкције IV	46
Слика 68. Положај стопа на конструкцији	46
Слика 69. Стопа на страни ланчаног преносника.....	46
Слика 70. Стопе на страни погонске јединице	47
Слика 71. Приказ конструкције V	47
Слика 72. Положај елемената за аксијално укрућење на конструкцији.....	48
Слика 75. Приказ конструкције VI	48
Слика 73. Елемент за аксијално укрућење са задње стране конструкције	48
Слика 74. Елементи за аксијално укрућење конструкције са доње стране конструкције	48
Слика 76. Положај погонске јединице на конструкцији	49
Слика 79. Приказ конструкције VII	49
Слика 77. WDU Погонска јединица посматрана са задње стране	49
Слика 78. WDU Погонска јединица посматрана са предње стране	49
Слика 80. Рендеровани приказ модела I	50
Слика 81. Рендеровани приказ модела II	50
Слика 82. Рендеровани приказ III	51
Слика 83. Попречни пресек усвојеног лежаја	52

Слика 84. Шема оптерећења рукавца	54
Слика 85. Дијаграм радијалних сила	55
Слика 86. Дијаграм момента савијања.....	55
Слика 87. Дијаграм померања	55
Слика 88. Дијаграм напона савијања	56
Слика 89. Дијаграм смичућих напона	56
Слика 90. Дијаграм редукованог напона	56
Слика 91. Прорачуном препоручени пречник рукавца.....	56
Слика 92. Карактеристике усвојеног ужета	57
Слика 93. Карикирани профил усвојеног ужета.....	58
Слика 94. Стварни профил усвојеног ужета	58
Слика 95. Шема оптерећења ужета при померању	58
Слика 96. Положај ужета у коме је оптерећење највеће	59
Слика 97. Карактеристичне димензије ланца	60
Слика 98. Дијаграм зависности снаге од броја обртаја усвојеног ланца	61
Слика 99. Профил погонског ланчаника	62
Слика 100. Профил гоњеног ланчаника	62
Слика 101. Шема попречног пресека добоша са намотаним калемом ужета ...	64
Слика 102. Расподела навојака у калему	65
Слика 103. Позиције оса попречних пресека ужета	65
Слика 104. Расподела оптерећења у суседним калемовима	65
Слика 105. Карактеристични троугао тока оптерећења.....	66
Слика 106. Excel блок модел	67
Слика 107. Карактеристични правци кретања оптерећења кроз калем ужета..	67
Слика 108. Промена радијалних оптерећења у радијалном правцу.....	68
Слика 109. Промена односа оптерећења и оптерећења по нивоима.....	69
Слика 110. Промена радијалних оптерећења у правцу страница карактеристичног троугла	69
Слика 111. Промена односа номиналног оптерећења и оптерећења по нивоима	70
Слика 112. Промена аксијалних оптерећења у правцима карактеристичног троугла.....	71
Слика 113. Промена односа номиналног оптерећења и оптерећења по нивоима	71
Слика 114. Приказ промене радијалних оптерећења у калему ужета унутар карактеристичног троугла	72
Слика 115. Радијална оптерећења у другом слоју	73
Слика 116. Радијална оптерећења у трећем слоју	73
Слика 117. Радијална оптерећења у четвртом слоју	73
Слика 118. Радијална оптерећења у петом слоју	74
Слика 119. Радијална оптерећења у шестом слоју	74
Слика 120. Радијална оптерећења у седмом слоју	74
Слика 121. Промена радијалних оптерећења	75

Слика 122. Приказ промене аксијалних оптерећења у калему ужета унутар карактеристичног троугла	76
Слика 123. Аксијална оптерећења у другом слоју	77
Слика 124. Аксијална оптерећења у трећем слоју	77
Слика 125. Аксијална оптерећења у четвртом слоју	77
Слика 126. Аксијална оптерећења у петом слоју	78
Слика 127. Аксијална оптерећења у шестом слоју	78
Слика 128. Аксијална оптерећења у седмом слоју	78
Слика 129. Промена аксијалних оптерећења	79
Слика 130. Зависност радијалних и аксијалних оптерећења у другом слоју	80
Слика 131. Зависност радијалних и аксијалних оптерећења у трећем слоју	80
Слика 132. Зависност радијалних и аксијалних оптерећења у четвртом слоју	81
Слика 133. Зависност радијалних и аксијалних оптерећења у петом слоју	81
Слика 135. Зависност радијалних и аксијалних оптерећења у седмом слоју ...	82
Слика 134. Зависност радијалних и аксијалних оптерећења у шестом слоју ...	82
Слика 136. Ограничење добоша на страни погонске јединице	86
Слика 137. Ограничење добоша на страни ланчаног преносника	87
Слика 138. Приказ начина постављања оптерећења	88
Слика 139. Вон Мизесов напон – приказ 1	90
Слика 140. Вон Мизесов напон – приказ 2	90
Слика 141. Померање - приказ 1	91
Слика 142. Померање - приказ 2	91
Слика 143. Фактор сигурности - приказ 1	92
Слика 144. Фактор сигурности - приказ 2	92
Слика 145. Приказ начина постављања оптерећења	93
Слика 146. Вон Мизесов напон – приказ 1	95
Слика 147. Вон Мизесов напон – приказ 2	95
Слика 148. Померање - приказ 1	96
Слика 149. Померање - приказ 2	96
Слика 150. Фактор сигурности - приказ 1	97
Слика 151. Фактор сигурности - приказ 2	97
Слика 152. Приказ начина постављања оптерећења	98
Слика 153. Вон Мизесов напон - приказ 1	100
Слика 154. Вон Мизесов напон - приказ 2	100
Слика 155. Померање - приказ 1	101
Слика 156. Померање - приказ 2	101
Слика 157. Фактор сигурности - приказ 1	102
Слика 158. Фактор сигурности - приказ 2	102

ЛИСТА ТАБЕЛА

Табела 1. Карактеристике повлачног витла	30
Табела 2. Брзине рада повлачног витла у карактеристичним слојевима ужета. 30	
Табела 3. Оптерећење, бр. обртаја и степен сигурности изабраног лежаја.....	52
Табела 4. Ознака и карактеристике усвојеног лежаја	52
Табела 5. Параметри прорачуна	53
Табела 6. Подмазивање	53
Табела 7. Резултати прорачуна.....	53
Табела 8. Карактеристике усвојеног материјала рукавца.....	54
Табела 9. Вредност оптерећења	54
Табела 10. Реакције ослонаца	54
Табела 11. Резултати анализе рукавца	55
Табела 12. Прорачун оптерећења при померању ужета	59
Табела 13. Карактеристике усвојеног ланца	60
Табела 14. Параметри потребни за прорачун ланца	61
Табела 15. Резултати анализе ланчаног преносника	61
Табела 16. Параметри мреже	86
Табела 17. Параметри усвојеног материјала добоша витла	86
Табела 18. Задато оптерећења и утицај сопствене масе	88
Табела 19. Реакције ослонаца	88
Табела 20. Резултати извршене анализе	89
Табела 21. Задато оптерећење	93
Табела 22. Реакције ослонаца	94
Табела 23. Резултати анализе.....	94
Табела 24. Задато оптерећење	98
Табела 25. Реакције ослонаца	98
Табела 26. Резултати анализе.....	99

1. УВОД

1.1. Задатак

Задатак овог мастер рада је дефинисан као израда модела конструкције повлачног витла ознаке TWS 10030 на основу већ постојећих концепција витала из фамилије TWS као и одговарајућих анализа коришћењем CAD софтвера, како би се дошло до одговарајућих података којима би се гарантовала захтевана поузданост будуће конструкције повлачног витла.

Читав рад је конципиран у неколико сегмената, као што су:

- Упознавање са конструкциом и њеном применом
- Прорачун елемената конструкције по DNV стандарду
- Израда 3D модела повлачног витла
- Прорачун основних елемената повлачног витла помоћу рачунара
- Анализа оптерећења унутар калема ужета ради претпоставке оптерећења потребних за даљу анализу
- Анализа добоша повлачног витла применом рачунара

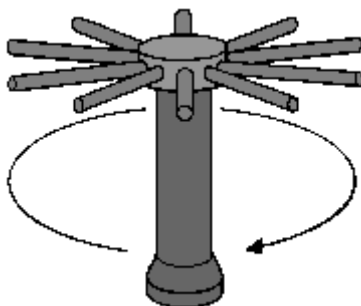
Како би се приступило конструктивној разради витла дефинисаног називом овог рада, неопходно је упознати се читавом проблематиком и чињеницама везаним за тему. Стога је на почетку битно добро истражити и изучити сву доступну литературу која може бити од било какве користи при изради датог задатка. Пре свега је потребно размотрити решења која могу бити од великог значаја за даљи ток разраде и унапређивања конструкције. У даљем тексту ће најпре бити речи о упознавању са конструкцијом, израђеном моделу читаве конструкције кроз анализе и одговарајућим конструктивним предлозима ради побољшања разрађене конструкције.

1.2. Историјски развој витала

Витло, као справа са функцијом познатом данашњици, јавља се у далекој прошлости. Прве писане назнаке о постојању витла јављају се у извештају грчког историчара Херодота о Пелопонеском рату у коме у једном делу описује како су дрвена витла коришћена за затезање ужади понтонског моста преко мореуза Хелеспонт (данашњи Дарданели) 480. п.н.е. Постоје претпоставке да су витла и много раније коришћена у Асирији. У IV веку п.н.е. Аристотел је витла и дизалице сматрао погодним за коришћење у грађевинарству.

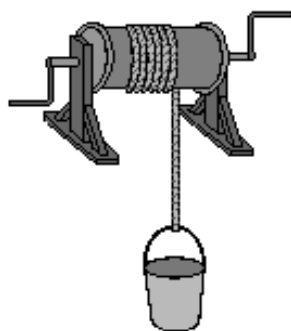
Неке претпоставке о примени витала сежу чак и у доба древних Маја и Египћана услед недостатка објашњења о њиховим тадашњим напредним технологијама изградње велелепних грађевина.

Могући изглед првих витала која су коришћена за вучу ужета погоњеног људском снагом приказан је на Слици 1.



Слика 1. Изглед првобитног витла

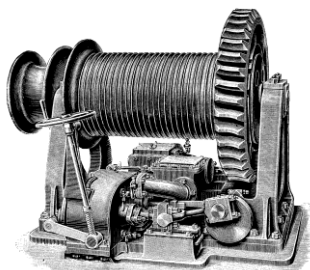
Један од неизоставних старомодних типова витала је свакако и витло за извлачење воде које и данас можемо видети на бунарима (Слика 2).



Слика 2. Старомодно бунарско витло

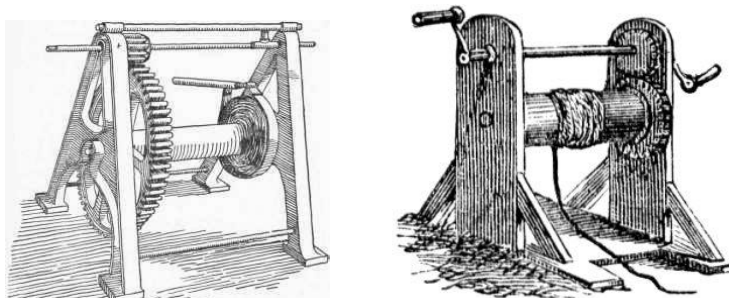
Човек је кроз тежњу ка усавршавању разних конструкција па тако и витла, уочио да ефикасност и продуктивност витла расте са повећањем погонске снаге. Први видови повећања погонске снаге биле су конструкције витала које су омогућавале истовремено погоњење са неколико људи, док је други вид повећања погонске снаге био погоњење помоћу животиња велике снаге.

Са појавом парних машина настаје идеја за унапређење већ постојећих конструкција, па тако и витала, што се може и видети на Слици 3, где је приказан један од првих парних модела витла.



Слика 3. Витло на парни погон

Примена витала је била неизоставна, како у грађевинарству тако и у рибарству са бродовима, почевши од витала за подизање једара, робе, сидра па до витала за вучу мреже. Старе примитивне варијанте бродских витала су били добоши погоњени људском снагом уз примену одређених преносника који су повећавали преносни однос. Једно такво витло приказано је на Слици 4.



Слика 4. Првобитна примена преносника снаге на витлима

У данашње време функција и примена витала није у многим промењена за разлику од њихове функционалност и поузданости. Поред широког спектра уређаја за погоњење и пренос снаге, употреба витала као и њихова компатибилност је доведена скоро до савршенства. На Слици 5 се може видети једно такво витло које поред свих потребних карактеристика краси модеран и атрактиван дизајн, који је у данашње време понекад и битнији од саме функционалности витла.



Слика 5. Модерни изглед витла данашњице

2. ВИТЛА И ОСНОВНИ ДЕЛОВИ ВИТАЛА

Витла су механички уређаји чија је основна намена остваривање вуче помоћу еластичног ужета. Функција витла може бити спуштање (одмотавањем) и подизање или вуча терета (намотавањем). Најчешће се користе као неизоставна опрема на бродовима, у рудницима и грађевинарству.

Витла можемо срести готово свуда. Пре свега на:

- дизалицама



Слика 6. Витло на дизалици

- крановима



Слика 7. Покретно витло које се користи на крановима

- лифтовима



Слика 8. Примена витла за подизање лифта

- бродовима



Слика 9. Примена витала на бродовима

- теренским возилима



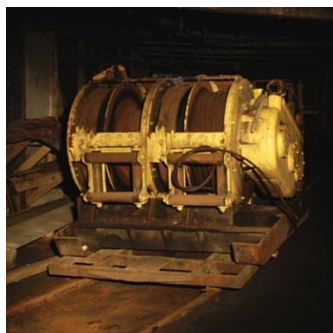
Слика 10. Примена витала на теренским возилима

- једрилицама



Слика 11. Примена витла за вучу једрилица

- рудницима, итд.



Слика 12. Примена витла у рудницима

Једноставна конструкција витала има сврху да ротационо кретање добоша претвори у праволинијско кретање ужета уз минималне губитке снаге.

Основни делови витла су:

- 1) добош (бубањ)
- 2) погонска јединица
- 3) кочница
- 4) ослонац

2.1. Добош витла

Добош (бубањ) представља цилиндрични ротирајући елемент у виду лџуске на који се намотава уже или ланац и којим се директно или преко система котурача путем ужета или ланца повлачи или спушта терет.

Намотавање ужета на добош може бити са једног краја бубња или са оба краја истовремено. Намотавање ужета са обе стране добоша најчешће се користи код кранова и дизалица где је неопходно вучну силу раздвојити на два крака (ужета) како би се оптерећење које делује на један крај ужета смањило и како би се усвојио мањи пречник челичног ужета.

Код бродских витала се скоро увек користе добоши са намотавањем ужета са једне стране како би било могуће намотавање ужета у више слојева. Намотавањем ужета у више слојева постиже се уштеда на ширини добоша, а самим тим и на габаритима читавог витла.

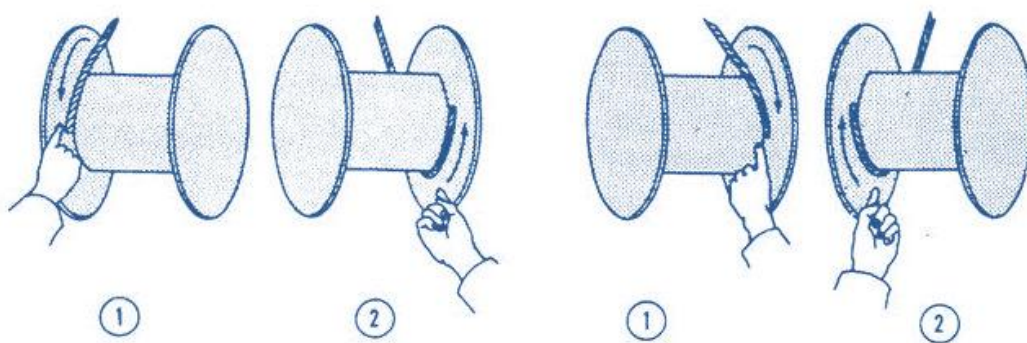


Слика 13. Пример добоша витла



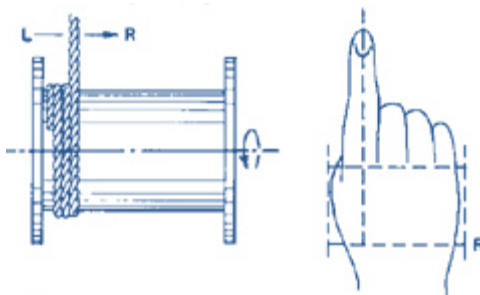
Слика 14. Добош витла са намотаним калемом ужета на себи

Постоје четири основна начина намотавања ужета на добош, а врста се дефинише на основу принципа десне или леве руке, при чему кажипрст дефинише правац намотавања, а остали прсти правило намотавања и правац намотавања првог слоја, и то су:



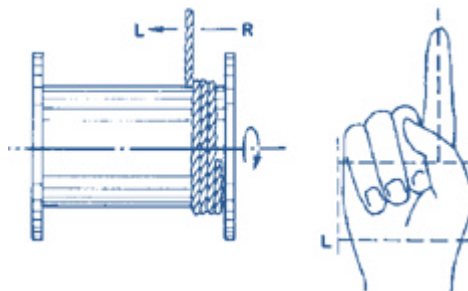
Слика 15. Правила намотавања ужета на добош витла

- 1) (1) Десни слој изнад добоша - намотавање са лева на десно



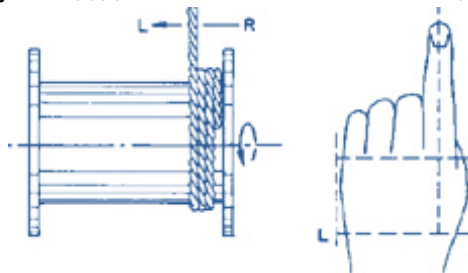
Слика 16. Правило 1-1

- 2) (2) Десни слој испод добоша – намотавање са десна на лево



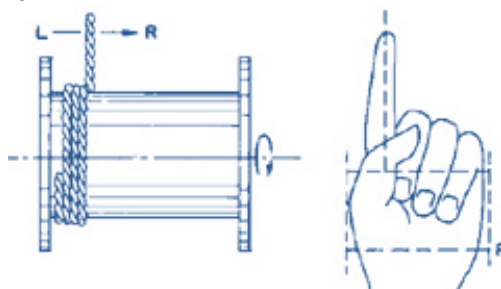
Слика 17. Правило 2-2

- 3) (1) Леви слој изнад добоша – намотавање са десна на лево



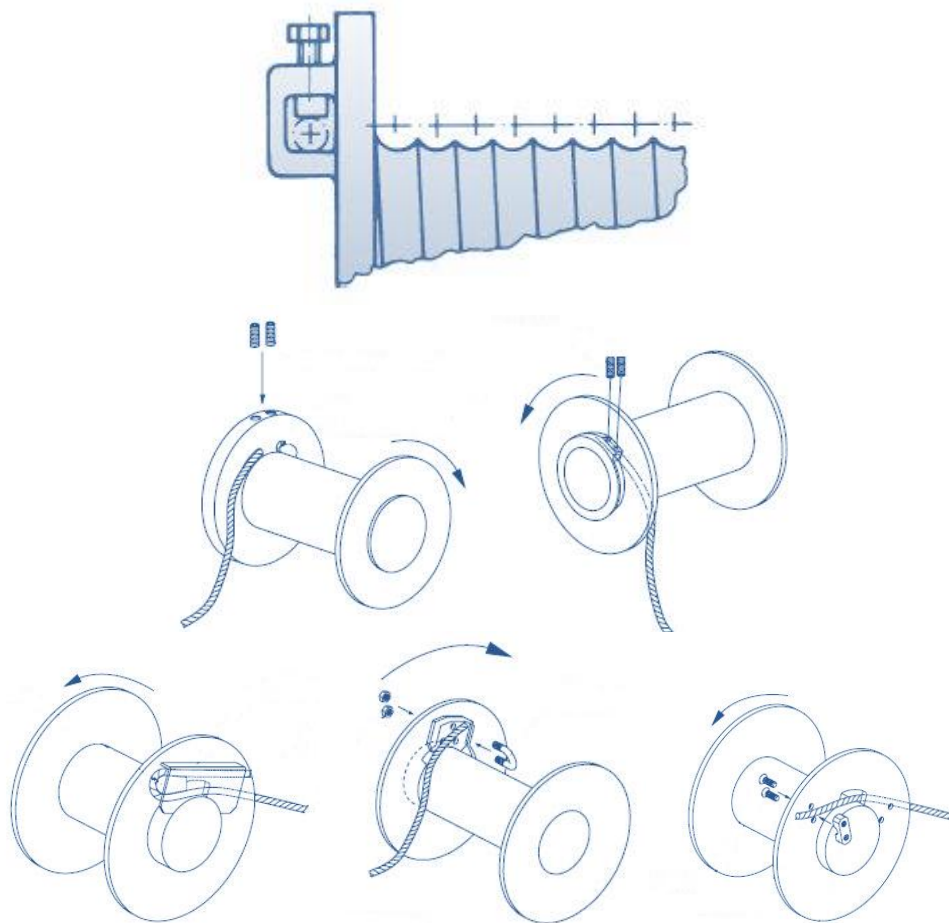
Слика 18. Правило 3-1

- 4) (2) Леви слој испод добоша – намотавање са лева на десно



Слика 19. Правило 4-2

Уже се причвршћује за добош путем завртањских веза на начине који се усвајају конструктивним решењем и постоји велики број начина везивања, при чему је потребно да уже буге тако усмерено како би се лако намотавало без икаквих наглих преламања чиме се обезбеђује правилно намотавање на добош.



Слика 20. Неки од начина везивања ужета за добош

Димензије добоша директно зависе од димезија ужета.

За добоше који су предвиђени за намотавање више нивоа ужета неопходно је постављање бочних страница (фланжи). С обзиром да услед нагомилавања слојева челичног армираног ужета долази до појаве притиска услед деловања вучног оптерећења и на бочне стране, неопходно је додатно укрупњавање бочних страна одговарајућим ребрима, како при деловању притиска од стране ужета не би дошло до кривљења самих бочних страница. Стабилност бочних страница директно утиче на правилно намотавање слојева ужета.



Слика 21. Укрућење бочних страна

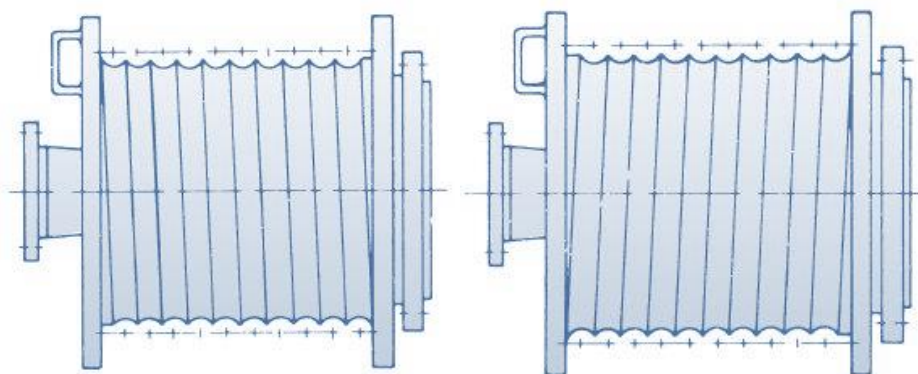
Вођење ужета – како би се избегло нежељено нагомилавање навојака ужета, а самим тим и заглављивање ужета при намотавању, неопходно је, у зависности од концепције, извршити избор одговарајућег вођења ужета чиме би се обезбедило формирање правилног калема.



Слика 22. Неправилно намотано уже на добош витла

Вођење се може извести помоћу:

- спиралног ожљебљења добоша
- уређајем за навођење – усмеривач ужета
- комбинацијом ожљебљења и уређаја за навођење



Слика 23. Ожлебљење добоша

Уређај за вођење – усмеривач ужета је помоћни уређај који се монтира директно на конструкцију витла и састоји се од ротирајућег завојног вретена и транслаторно-померајућег сегмента са ваљцима кроз који пролази уже при усмеравању. Ротирајуће завојно вретено има завојницу крупног корака чиме се олакшава промена смера кретања усмеривача при повратном кретању. На завојном вретену се налазе две завојнице супротних смерова, путем којих се врши синхронизована промена смера кретања у зависности од нивоа намотавања.

Кретање усмеривача директно зависи од брзине окретања, ширине и дужине добоша и корака ужета. Познавајући брзину окретања, ширину и дужину добоша и корака ужета лако се долази до преносног односа који повезује брзине окретања добоша и завојног вретена усмеривача.

Покретање завојног вретена усмеривача може бити погоњено:

- ланчаним преносником који покреће ротација добоша
- електро-мотором
- хидрауличним мотором
- пнеуматским мотором



Слика 24. Пример усмеривача ужета

2.2. Погонска јединица витла

Погонска јединица представља део витла који је одговоран за кретање добоша, а самим тим и за извршавање функције витла. Погонска јединица у најједноставнијем случају може бити човек који директно путем ручице и снаге мишића може да зада обртно кретање добоша.



Слика 25. Витло на ручни погон

Код мало сложенијих концепција витала погонска јединица је сачињена од погонског мотора и механичког преносника којим се остварује повећање обртног момента на добошу, а самим тим и повећање ефикасности витла. У зависности од примене и услова коришћења разликују се погонске концепције витала где погон може бити:

- мотор са унутрашњим сагоревањем
- електро-мотор једносмерне или наизменичне струје
- хидро-мотор
- пнеуматски мотор

Најчешће коришћени погон код бродских витала је погон помоћу хидро-мотора. Хидро-мотор је механички уређај који притисак хидрауличног флуида трансформише у обртно кретање које има функцију покретања добоша витла.

Постоји више типова хидро-мотора, а неки од њих су:

- зупчасти
- крилни
- аксијални клипни
- радијални клипни
- геротор
- геролер

Од наведених хидро-мотора, клипни мотори могу постићи много већу снагу у односу на величину самог хидро-мотора, стога се чешће могу срести код бродских витала.



Слика 26. Клипни хидро-мотор

У неким случајевима у зависности од оптерећења и изабране концепције погонске јединице погон може бити остварен једним мотором (Слика 27) директно или индиректно (посредством редуктора), или често са више комбинованих хидро-мотора.



Слика 27. Витло са погоном једног мотора

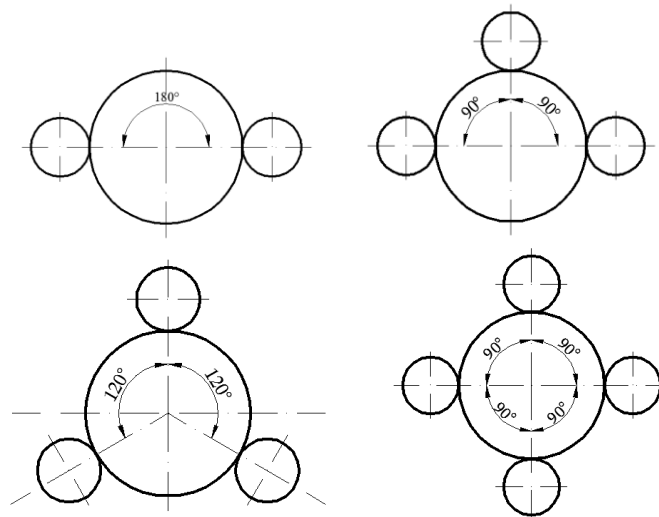
Мотори се постављају кружно, а најчешће комбинације су:

- два хидро-мотора под углом од 180°
- три хидро-мотора под углом од 90°
- три хидро-мотора под углом од 120°
- четири хидро-мотора под углом од 90°

2.3. Механички преносник витла

Сумирање обртних кретања хидро-мотора у једно излазно кретање главног погонског вратила на добошу витла се изводи најчешће помоћу зупчастог преносника.

Концепција зупчастог преносника је скоро увек условљена избором погонског уређаја, односно мотора. Код витала која се погоне са више мотора истовремено, шеме преносника су дате на Слици 28, где се осе погонских зупчаника поклапају са осама мотора.



Слика 28. Шеме комбинација зупчаника код планетарног преносника код витала

Мали зупчаници представљају погонске зупчанике преко којих се преноси снага и обртни момент са хидро-мотора на гоњени централни зупчаник. У зависности од преносног односа преносника и броја погонских зупчаника зависиће оптерећење хидро мотора.

Велика предност погона са хидро-мотором је могућност равномерне расподеле оптерећења са погонских зупчаника на гоњени централни зупчаник, што је много теже извести рецимо код погона са електро-мотором, где главни проблем представља синхронизација стартовања погонских зупчаника тако да увек постоји такозвано „забушавање“ зупчаника при чему се може десити да од четири зупчаника при старту само један буде у контакту чиме се ствара четири пута веће оптерећење на једном зупчанику.

2.3.1. Основна подела витала у зависности од механичког преносника

Витла са планетарним преносником

Искоришћење овог преносника је 65% и представља једну од врло ефикасних солуција при избору преносника, која поседује постизање великих преносних односа у зависности од избора концепције планетарног преносника.

Постављањем планетарног преносника добија се на великој уштеди простора ради повећане компатибилности самих преносника.



Слика 29. Примена планетарног преносника код витла

Витла са пужним преносником

Искоришћење овог преносника је 35-40% што га и не чини најбољим избором за преносник витла са гледишта ефикасности, али са гледишта поузданости и издржљивости представљају најбољи тип преноса. Главна предност ових преносника је могућност самокочења, чиме се избегава коришћење додатног кочионог система. У поређењу са витлом са планетарним преносником концепција са пужним преносником је много тежа, много скупља и много тежа за монтажу.

Поред свега тога, витла са пужним преносником имају и много мању брзину вуче.



Слика 30. Примена пужног преносника код витла

Витла са цилиндричним зупчастим преносником

Искоришћење овог преносника је 75% што га чини најефикаснијим преносником за витла. Поседује веома добре карактеристике, као што су велика брзина вуче и велика поузданост при раду витла. Нажалост, једина мана витла је потреба за већим простором што представља проблем при уклапању концепције у компатибилну целину.



Слика 31. Примена цилиндричног зупчастог преносника

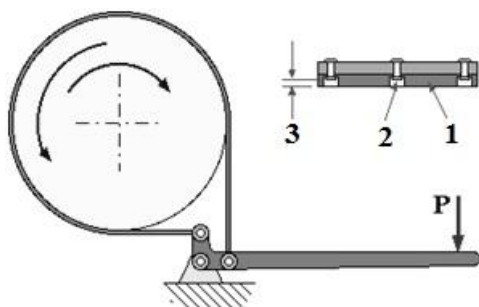
2.4. Кочнице

Кочница – неизоставни део сваког витла. Функција кочнице је да заустави обртно кретање добоша и поред тога да буде у могућности да у одређеном временском интервалу држи укочен добош при деловању номиналног вучног оптерећења.

Најчешћи типови кочница примењених на витлима су:

- појасне кочнице
- добош кочнице
- магнетне кочнице и др.

Као најчешћи вид кочница примењених код бродских витала користе се појасне кочнице које системом полука и појаса са облогом директно делују на добош кочнице чиме се извршава функција кочнице.



Слика 32. Шема појасне кочнице

Облога појасне кочнице (1) је од фероде, композитног материјала са веома dobrим кочионим особинама. Ферода је за обруч кочнице причвршћена закивцима (2) где је део материјала фероде између површинског кочионог слоја и главе закивка радни део кочнице, од кога зависи век трајања кочнице.

3. РИБАРЕЊЕ ПОВЛАЧНИМ МРЕЖАМА (TRAWLING)

Како би се боље упознали са функцијом витла за повлачење мреже, неопходно је упознати се са самим поступком рибарења повлачним мрежама.

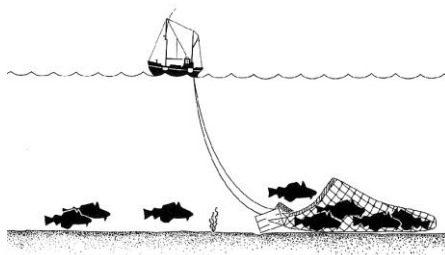
Риболов повлачним мрежама (Trawling) претставља вид рибарења који укључује вучу рибарске мреже кроз воду иза једног или два брода. Мрежа коришћена за ову методу рибарења се назива **trawl**. Бродови који се користе при оваквом рибарењу називају се повлачни бродови (**trawlers**) и њихове димензије варирају од малих отворених бродова до 30 KS мотора па до великих и до 10 000 KS. Овај вид рибарења се углавном користи као комерцијални вид рибарења.

Рибарење повлачним мрежама можемо поделити у две основне категорије у зависности колико високо се креће мрежа приликом риболова, и то:

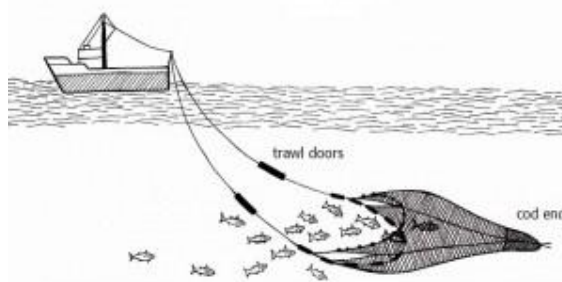
- рибарење повлачним мрежама по дну
- рибарење повлачним мрежама по средњим водама

Рибарење повлачним мрежама по дну претставља рибарење у бентоској зони (најнижи ниво воденог стуба) или по демерсалној зони (претпоследњи ниво воденог стуба).

Рибарење повлачним мрежама по средњим водама је вуча мреже кроз слободне нивое воде изнад океанског дна. Овај вид рибарења је познат и као пелагијско рибарење повлачним мрежама.



Слика 33. Рибарење повлачним мрежама по дну



Слика 34. Рибарење повлачним мрежама по средњим водама

Читав процес овог вида риболова се изводи помоћу софистицираних система који се уграђује на рибарске бродове специјално намењене за овај вид риболова. Ови системи као и сами бродови за рибарење повлачним мрежама варирају у зависности од начина спровођења процеса риболова, у зависности од услова где се рибарење изводи, у зависности од рибе која се хвата, у зависности од географског положаја области где се процес риболова изводи итд.

Систем за спровођење овог вида риболова можемо грубо поделити на:

- палубну опрему (опрема која се налази на броду током процеса рибарења)
- систем мрежа (који се налази у води за време процеса рибарења)

Како се у овом раду обрађује тема бродског витла, тако ће надаље у раду бити речи о такозваној палубној опреми и самом систему витала.

Као основне делове система палубне опреме за повлачно рибарење могу се издвојити:

- витла за вучу мреже
- витла за регулацију отварања мреже
- вишеделног витла за извлачење и складиштење мреже
- витла за намотавање црева за усисавање улова
- помоћних витала



Слика 35. Приказ система витала на броду за рибарење повлачним мрежама

3.1. Витла за вучу мреже (*Trawl Winches*) – Повлачна витла

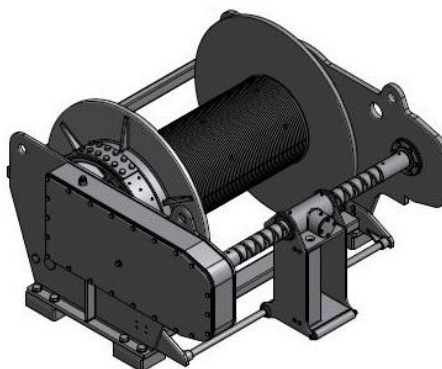
Имају функцију да рибарску мрежу држе на одговарајућем одстојању и одговарајућој дубини. Поред осталих витала ова витла имају једну од најодговорнијих функција а то је да током рибарења вуку целокупни систем мреже са уловом. Како је тема овог рада баш једно такво витло биће више речи о самом витлу.



Слика 36. Повлачно витло

3.2. Витла за регулацију отварања мреже (*Net Sounding Winch*)

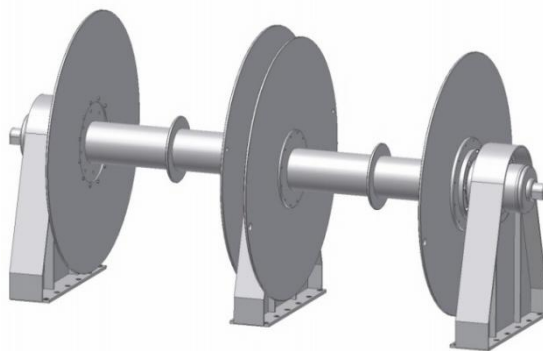
Функција му је да по потреби затеже или опушта уже које је директно повезано за мрежу и које у зависности од формације јата рибе има функцију да контролише попречни пресек улазног дела мреже. Како би се знало какав и колики је попречни пресек улаза у мрежу на ужету се налазе сонари који у сваком тренутку на контролној табли дају јасну слику читавог процеса.



Слика 37. Витло за регулацију отварања мреже

3.3. Вишеделно витло за извлачење и складиштење мреже (*Net Drum Winch*)

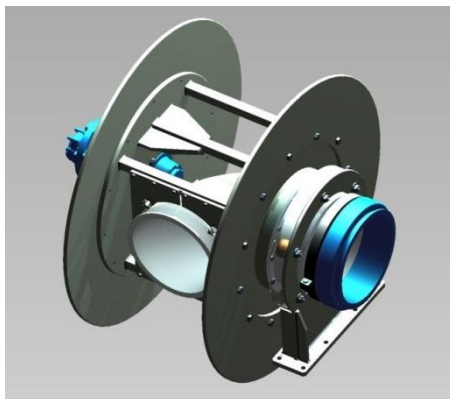
Функција ових витала је складиштење празне мреже између рибарења као и сакупљање мреже након истих. Најчешће су вишеделна и налазе се на средини радног дела брода обично изнад осталих витала, све у зависности од величине и структуре брода.



Слика 38. Витло за намотавање мреже

3.4. Витло за намотавање црева за усисавање улова (*Hose Reel Winch*)

Сврха овог витла је намотавање и одмотавање црева које се користи како би се помоћу рибље пумпе улов из мреже усисао и спровео на брод.



Слика 39. Витло за намотавање црева

3.5. Погоњење и управљање системом

Извори снаге за погоњење палубне опреме код бродова за рибарење повлачним мрежама могу бити:

- Електрични
- Хидраулични ниског притиска
- Хидраулични високог притиска

Избор погона понајвише зависи од могућности брода, величине, капацитета и намене брода.

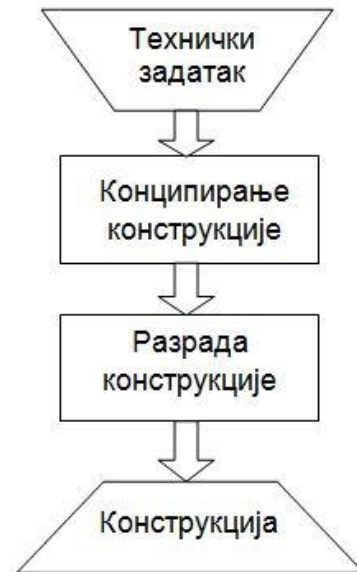
Као најчешћи вид погона код “тролинг” бродова у примени је хидраулични погон ниског притиска који се одликује великом снагом и једноставним контролисањем. Хидраулични систем се напаја хидрауличном пумпом која се погони директно путем погонског уређаја брода.

Управљање системом се изводи помоћу одговарајућих соланоидних (електро-магнетних) разводника којима се управља путем контролне табле која се налази у кабини брода, заједно са осталом опремом за управљање. Поред управљања помоћу контролне табле постоји и могућност мануалног управљања директно путем управљачке ручице која контролише управљачки разводник.

4. ПРОЦЕС КОНСТРУИСАЊА

Процес конструисања је један веома комплексан процес чија правилна и усмерена реализација доводи до импресивних решења која се уграђују у конструкцију и којима конструкција поприма жељени облик у функцију. Како би се што боље одвијао процес конструисања конструктор би трбало да се води неким већ дефинисаним редоследом који води до исправних и што бољих решења. На Слици 40 је приказана шема са главним сегментима процеса конструисања. Поред ових сегмената постоје и други пратећи сегменти који нису уопште занемарљиви и који су међусобно уско повезани и испреплетани, а неки од њих су:

- Истраживање
- Стварање идеја
- Скицирање
- Анализа и синтеза (прорачун)
- Испитивања и провере
- Цртање [1]



Слика 40. Блок дијаграм процеса конструисања

4.1. Технички задатак

На самом почетку процеса конструисања неопходно је дефинисати технички задатак као прву одредницу шта би финални производ требало да задовољи. Технички захтев се углавном у пракси формира у договору са наручиоцем конструкције чиме се дефинише сврха конструкције са основним геометријским особинама како главних тако и помоћних елемената. Понекад је веома тешко усагласити жеље поручиоца са могућностима реализације конструкције, али уз добро разматрање, разумевање, договор, мале измене у зависности од потребе и стрпљења, квалитетна и функционална конструкција не изостаје. Пролазећи кроз процес конструисања повремено је потребно учинити осврт на технички задатак како не би дошло до удаљавања функције конструкције од унапред утврђених потреба и сврхе. Полазећи од техничког задатка треба стваралачким радом и стрпљењем доћи до целокупне конструкције тежећи да она буде оптимална с обзиром на постављене техничке и економске захтеве. Технички задатак приложен у наставку садржи захтеве потребне за реализацију конструкције витла у оквиру овог рада издвојене од низа захтева дефинисаних у оквиру пројекта:

• Ознака витла	TWS-10030CS
• Димензије бубња	Ø 521[mm]/ Ø 2480[mm] x 1500[mm]
• Димезија ужета	Ø50
• Димензија челичног ужета	Ø28
• Позиција усмеривача ужета	Испод нивоа бубња
• Усмеривач ужета	Прилагођен пречнику оба ужета
• Тип кочнице	Појасна хидраулична кочница контролисана опругом
• Маса без ужета приближно	9500[kg]
• Погон	Погонска јединица са четири хидро-мотора за тешке услове
• Снага	268[kW]

Табела 1. Карактеристике повлачног витла

Ниво ужета	Диа.(mm)	Корак 1 36,36	Корак 2 27,27	Корак 3 18,18	Радна брзина хидраули.
Први ниво ч. уже	571	35,0 t/ 31 m/min.	26,3 t/ 41 m/min.	17,5 t/ 64 m/min.	150 m/min.
Средњи ниво ч. уже	1053	19,0 t/ 58 m/min.	14,3 t/ 77 m/min.	9,5 t/ 115 m/min.	276 m/min.
Задњи ниво ч. уже	1389	14,4 t/ 76 m/min.	10,8 t/ 101 m/min.	7,2 t/ 152 m/min.	365 m/min.
Средњи ниво уже	1771	11,3 t/ 96 m/min.	8,5 t/ 128 m/min.	5,6 t/ 192 m/min.	465 m/min.
Задњи ниво уже	2371	8,4 t/ 130 m/min.	6,3 t/ 172 m/min.	4,2 t/ 257 m/min.	633 m/min.

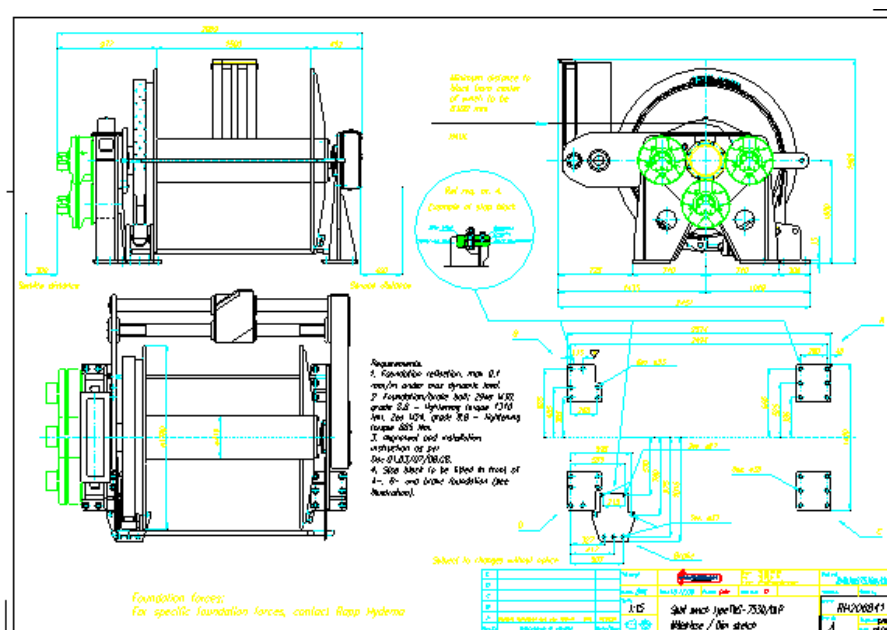
Табела 2. Брзине рада повлачног витла у карактеристичним слојевима ужета

4.2. Конципирање конструкције повлачног витла

Бродска витла попут овог раде се као фамилија производа који имају јединствену примену. Витла из ове фамилије су сличног конструктивног решења са промењеним габаритним мерама што у многама убрзава процес конструисања, а тако и саму производњу витла што доводи до продуктивнијег и ефикаснијег пословања компаније за израду датог производа.

У овом случају било је потребно прилагодити концепцију датом техничком задатку како би се дефинисала основна габаритна шема конструкције.

Као референтна скица током израде ове конструкције послужила је конструкција витла (Слика 41) за исту намену и из исте фамилије само габаритно много мања.



Слика 41. Концепциона шема повлачног витла ознаке TWS 7500

5. ПРОРАЧУН СИЛА И МОМЕНАТА НА ЕЛЕМЕНТИМА ДОБОША ПОВЛАЧНОГ ВИТЛА ПО DNV (DOT NORSKE VERITAS) СТАНДАРДУ

Прорачун који следи претставља прорачун оптерећења на одговарајућим деловима витла као што су: добош витла, ослонци и кочница. Читав прорачун израђен је по DNV стандарду.[6]

$$\sigma_h = C \times \frac{S}{p \times t}$$

- ☐ opterecenje uzeta bez step. s.
opterecenje uzeta
korak uzeta na dobosu
debljina ljske dobosa
☐ faktor nivoa uzeta
1 nivo C = 1; za vise od 3 nivoa
C = 1.75

$$t_{av} = C \frac{S}{p \times \sigma_h}$$

- ☐ napon na granici tecenja
opterecenje uzeta (*110%)
korak uzeta na dobosu
faktor nivoa uzeta
dozvoljeni napon obruca
(bubnja) *85%

Opterecenje dobosa

$$\sigma_h = 306562500 \text{ N/mm}^2$$

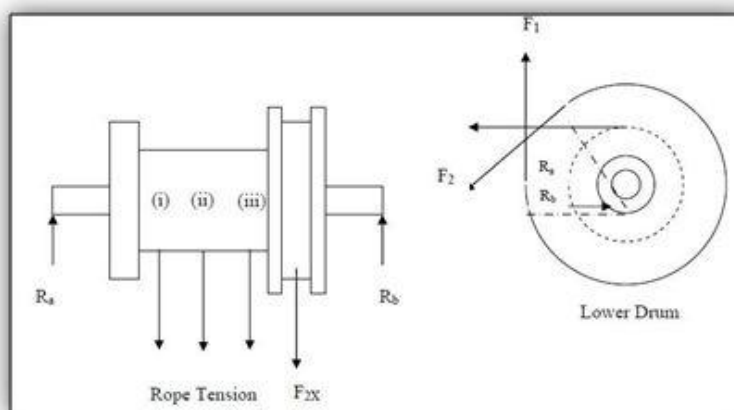
$$\begin{aligned} U_t &= 35 \text{ t} \\ S &= 343350 \text{ N} \\ p &= 0.028 \text{ m} \\ t_{av} &= 0.07 \text{ m} = 70 \text{ mm} \\ C &= 1.75 \end{aligned}$$

Minimalna potrebna debljina dobosa

$$t_{av} = 0.07317775 \text{ m} = 73.17775 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_{eH} &= 345 \text{ N/mm}^2 \\ S &= 343350 \text{ N} \\ p &= 0.028 \text{ m} = 28 \text{ mm} \\ C &= 1.75 \\ AHS &= 293250000 \text{ N/m}^2 = 293.25 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sile na elementima vitla



☐ Zadata sila kocenja

$$F_{\text{brake}} = 53 \text{ t} = 519.93 \text{ kN}$$

Konacna sila kocenja (*110%)

$$F_B = 571.923 \text{ kN}$$

Konacna vucna sila (*120%)

$$F_P = 623.916 \text{ kN}$$

☐ Ugao odmotavanja uzeta

$$\alpha = 275^\circ = 4.80 \text{ rad}$$

Koeficijent trenja

$$\mu = 0.3$$

poluprecnik dobosa vitla

$$r_1 = 0.521 \text{ m} = 521 \text{ mm}$$

poluprecnik dobosa kocnice

$$r_2 = 1.5 \text{ m} = 1500 \text{ mm}$$

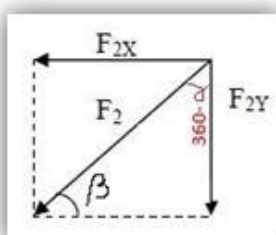
Obrtni moment na dobosu

$$T_B = 297.971883 \text{ kNm}$$

kocnice usled sila F_1 i F_2

$$F_1 = 260.39 \text{ kN}$$

$$F_2 = 61.75 \text{ kN}$$



$$F_{2X} = 61.51 \text{ kN}$$

$$F_{2Y} = 5.38 \text{ kN}$$

Otpori oslonaca (R_a i R_b)

Otpori oslonaca se proveravaju za 3 slucaja

Rastojanja zatezne sile od oslonca a

$$a_I = 0.34 \text{ m} = 340 \text{ mm}$$

$$a_{II} = 1.1 \text{ m} = 1100 \text{ mm}$$

$$a_{III} = 1.84 \text{ m} = 1840 \text{ mm}$$

Rastojanje kocnica - oslonac (a)
astojanje oslonac (b) - oslonac (a)

$$b = 2.14 \text{ m} = 2140 \text{ mm}$$

$$c = 2.34 \text{ m} = 2340 \text{ mm}$$

I

$$R_a = 538.52 \text{ kN}$$

$$R_b = 146.91 \text{ kN}$$

II Ravan H-H

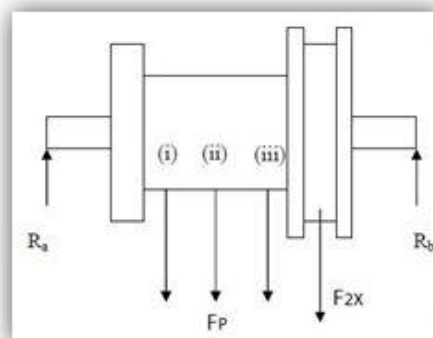
$$R_a = 335.88 \text{ kN}$$

$$R_b = 349.55 \text{ kN}$$

III

$$R_a = 138.57 \text{ kN}$$

$$R_b = 546.85 \text{ kN}$$



$$R_a = 21.80 \text{ kN}$$

$$R_b = 233.22 \text{ kN}$$

I

$$R_{aR} = 538.96 \text{ kN}$$

$$R_{bR} = 275.63 \text{ kN}$$

II Ravan V-V

$$R_{aR} = 336.59 \text{ kN}$$

$$R_{bR} = 420.21 \text{ kN}$$

III

$$R_{aR} = 140.28 \text{ kN}$$

$$R_{bR} = 594.51 \text{ kN}$$

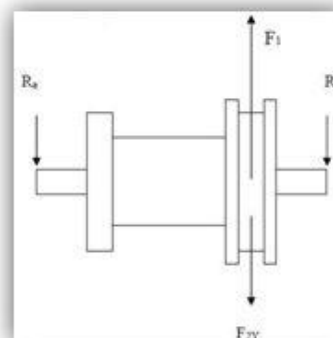


Tabela proračunatih sila

Slučaj	[kN]	I	II	III
Horiz. sila	Ra	538.52	335.88	138.57
	Rb	146.91	349.55	546.85
Vert.sila	Ra	21.80		
	Rb	233.22		
Rezul.sila	Ra	538.96	336.59	140.28
	Rb	275.63	420.21	594.51

Momenti na elementima vitla

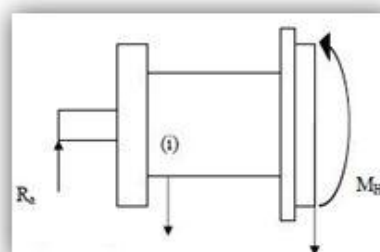
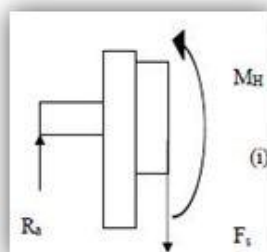
Ravan H-H

I Moment u položaju uzeta I

$$M_H = 183.10 \text{ kNm}$$

Moment na kocnici slučaj I

$$M_{Hbrake} = 29.38 \text{ kNm}$$

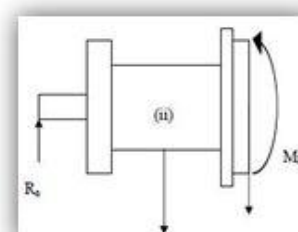
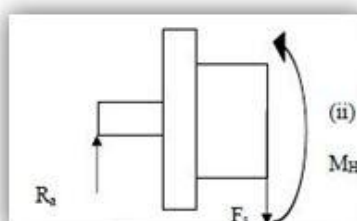


II Moment u položaju uzeta II

$$M_H = 369.47 \text{ kNm}$$

Moment na kocnici slučaj II

$$M_{Hbrake} = 69.91 \text{ kNm}$$

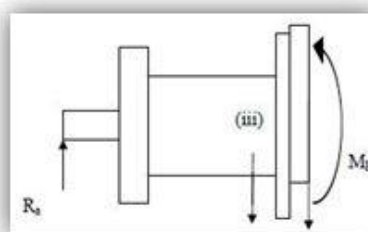
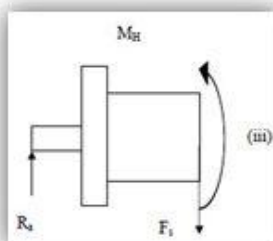


III Moment u položaju uzeta III

$M_H = 254.97 \text{ kNm}$

Moment na kocnici slucaj III

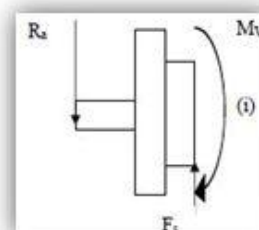
$M_{H\text{brake}} = 109.37 \text{ kNm}$



Ravan V-V

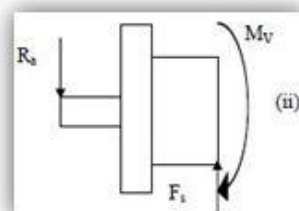
I

$M_V = 7.41 \text{ kNm}$



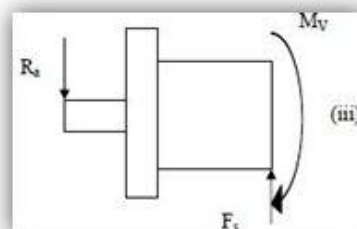
II

$M_V = 23.98 \text{ kNm}$



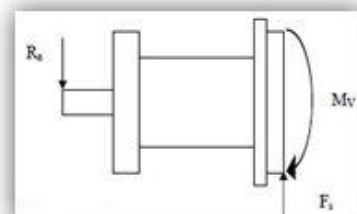
III

$M_V = 40.10 \text{ kNm}$



Moment na kocnici

$M_{V\text{brake}} = 46.64 \text{ kNm}$



Rezultujući momenti

I

MR =	183.25 kNm
MR brake =	55.13 kNm

II

MR =	370.24 kNm
MR brake =	84.04 kNm

III

MR =	258.11 kNm
MR brake =	118.90 kNm

Slučaj	[kNm]	I	II	III
Hor.mom.	pol. uzeta	183.10	369.47	254.97
	kocnica	29.38	69.91	109.37
Ver.mom.	pol. uzeta	7.41	23.98	40.10
	kocnica		46.64	
Rez.mom.	pol. uzeta	183.25	370.24	258.11
	kocnica	55.13	84.04	118.90

Слика 42. Прорачун оптерећења витла по DNV стандарду урађен у Excel-у

6. МОДЕЛ ПОВЛАЧНОГ ВИТЛА

За израду 3D модела повлачног витла коришћен је CAD софтвер Autodesk Inventor. Коришћени софтвер, као и многи други CAD софтвери данашњице, претставља моћно оруђе за израду 3D модела који у многоне убрзавају и олакшавају рад инжењера чиме се долази до што бољих решења при конструисању и изради реалних конструкција.

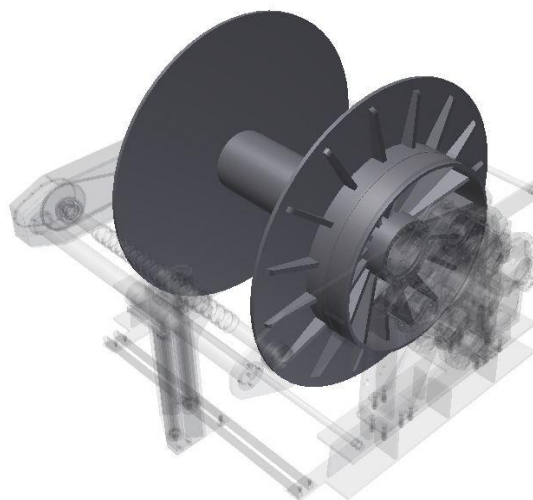
На већ израђеним 3D моделима се врло лако могу извршити и одређене преправке уз стални приказ извршених промена и уз уочавање предности, или мана, учињених преправки, тако да је у сваком тренутку могуће усавршавање имплементираних решења до најбоље могућег.

У данашње време један од честих изазова претставља комуникација између наручиоца конструкције или дизајнера и конструктора. Често се дешава да је у исто време потребно објединити атрактивни дизајн и функционалност конструкције што се на први поглед и не чини као велики проблем. Како би се дошло до што бољег решења овог проблема, примена 3D софтвера игра велику улогу јер у исто време дозвољава како физички и естетски тако и функционални приказ конструкције чиме се решавају велике несугласице везане за „лепо и корисно“.[4]

На основу обављеног конципирања и изабраних решења која у највишој мери задовољавају тражене особине конструкције, израђен је 3D модел као веродостојни приказ будуће реалне конструкције.

Кроз даљи текст биће покушано да се на што бољи начин образложе и објасне основни делови система датог витла, како би се створила што реалнија слика функције целокупног система као и самих делова датог система.

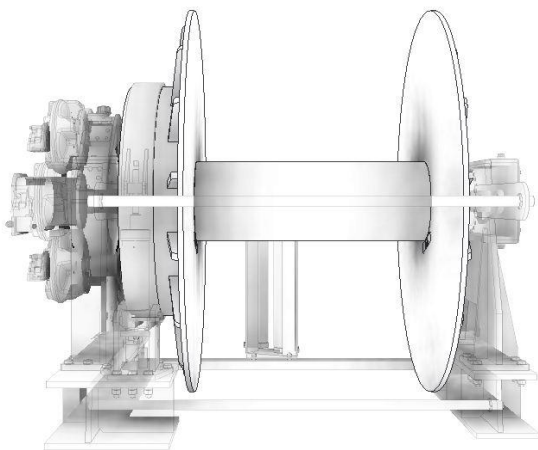
6.1. Добош витла



Слика 43. Положај добоша на конструкцији

Усвојени изглед добоша повлачног витла претставља једну снажну укрупњену конструкцију која има намену да носи, одмотава и повлачи уже оптерећено одређеним теретом.

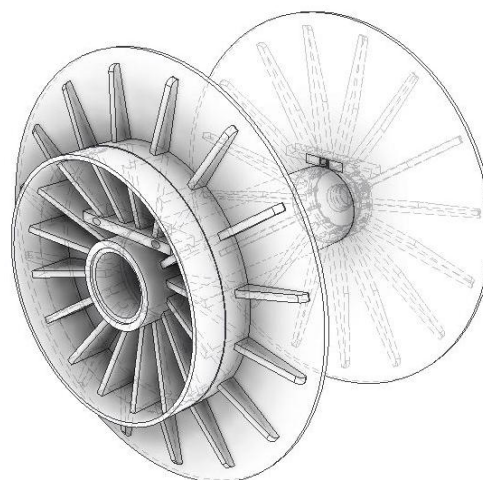
Дата конфигурација добоша витла предвиђена је као заварена конструкција састављена од стандардних плоча и цеви обрађених одсецањем и стругањем на жељену димензију.



Слика 44. Приказ добоша витла посматрано са задње стране конструкције

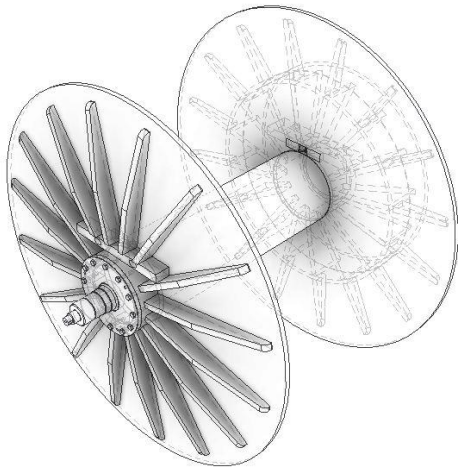
На страни добоша која је ближа погону може се уочити добош кочнице. Појасна кочница директним деловањем на обрађену површину овог добоша извршава своју функцију. С обзиром на потребу за великим оптерећењем при кочењу, унутрашњост

Пречник и дебљина лјуске цеви добоша су прилагођени на основу већ урађеног прорачуна оптерећења. Са обе стране цеви добоша се налазе бочне стране неопходне за вишеслојно намотавање ужета на добош витла.



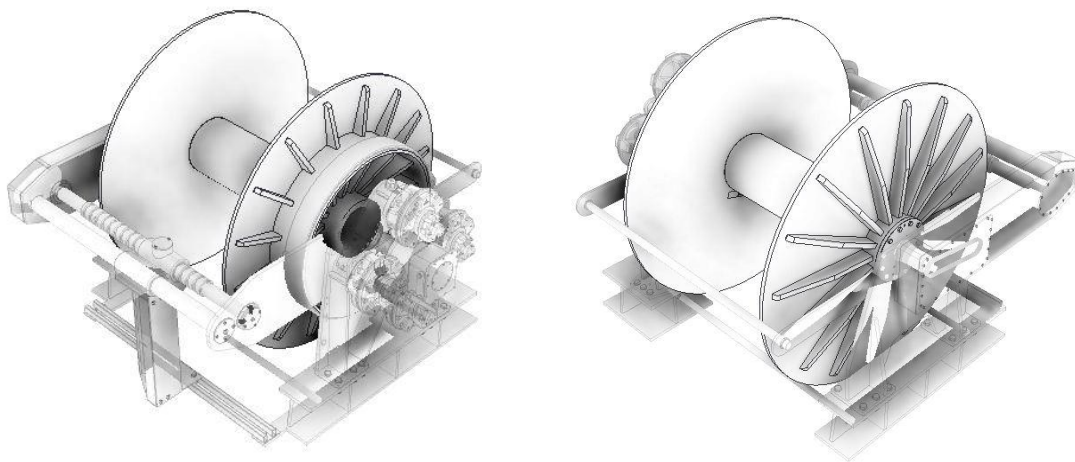
Слика 45. Приказ добоша на страни погонске јединице

добоша кочнице је знатно укрућена одговарајућим ребрима како не би дошло до нежељених деформација приликом деловања појасне кочнице. Ова ребра уједно поред додатних ребара изнад добоша кочнице претстављају и укрућење бочне стране добоша витла. Погон се са ове стране завртањском везом везује за цев добоша витла чиме се остварује обртно кретање добоша.



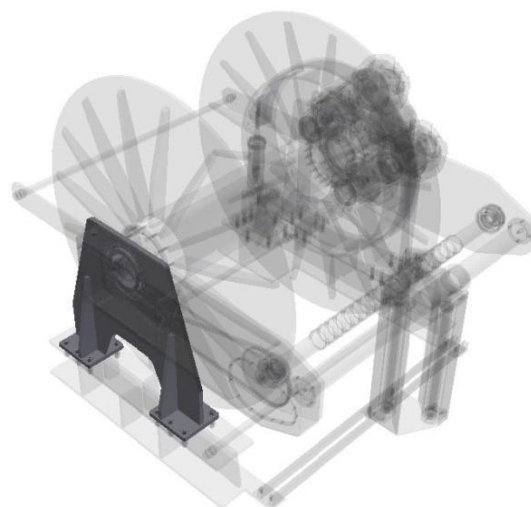
Слика 46. Приказ добоша на страни ланчаног преносника

На страни добоша приказаној на Слици 47 налази се аксијално укрућена бочна страница. Са ове стране такође, завртањском везом причвршћен је рукавац добоша којим се добош ослања на носач добоша, који уједно преноси обртно кретање путем ланчаног преносника на завојно вретено усмеривача ужета. Са обе стране добоша се могу приметити попречне плоче које служе за спровођење и причвршћивање ужета за добош витла

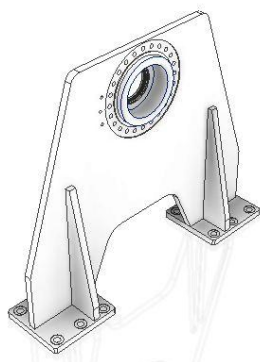


Слика 47. Приказ конструкције I

6.2. Ослонац добоша повлачног витла

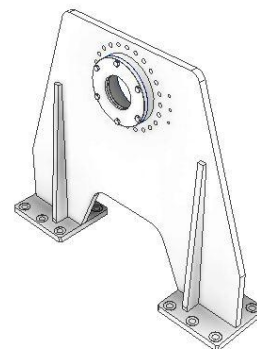


Слика 48. Положај ослонца добоша на конструкцији



Слика 50. Приказ ослонца гледан са спољашње стране конструкције

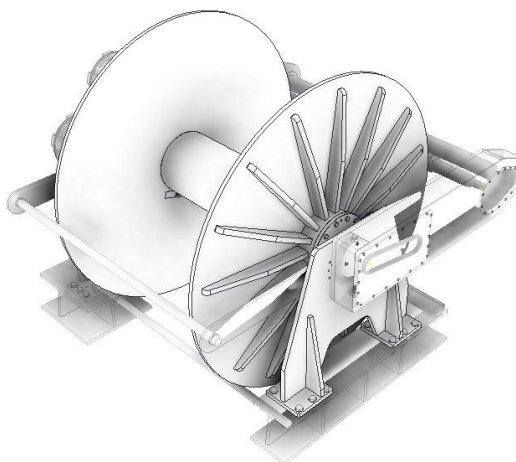
Ослонац добоша витла претставља део конструкције витла који има функцију улежиштења добоша витла. Претставља заварену конструкцију која би била израђена од одсечених стандардних плоча и лежишног гнезда које би се добило стругањем.



Слика 49. Приказ ослонца гледан из унутрашњости конструкције

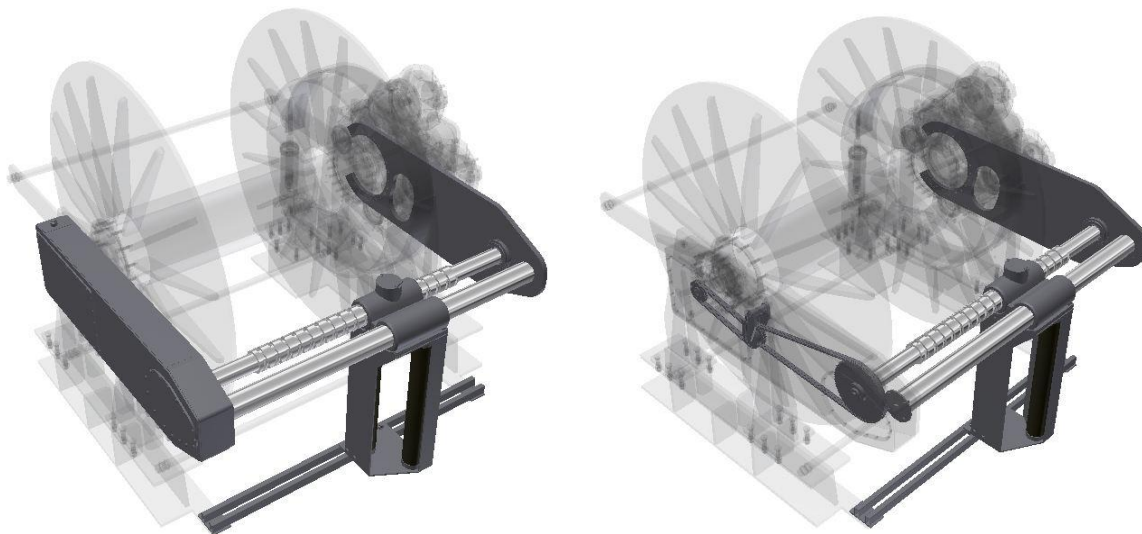
Улежиштење је изведено помоћу радијално-аксијалног лежаја који је смештен у лежишном гнезду и путем кога се добош витла преко рукавца ослања на ослонац.

Како би се стабилност ослонца повећала постављена су ребра за укрућење са предње и задње стране ослонца.



Слика 51. Приказ конструкције II

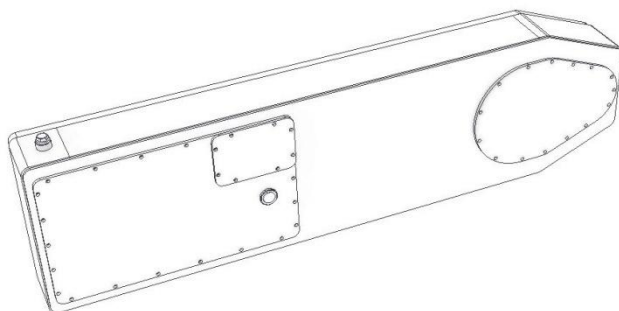
6.3. Уређај за усмеравање ужета



Слика 52. Положај уређаја за усмеравање ужета

Уређај за усмеравање ужета претставља део конструкције витла чија је намена усмеравање ужета ради правилног намотавања ужета на добош у виду калема. Овај део конструкције је сачињен од више сегмената и то су:

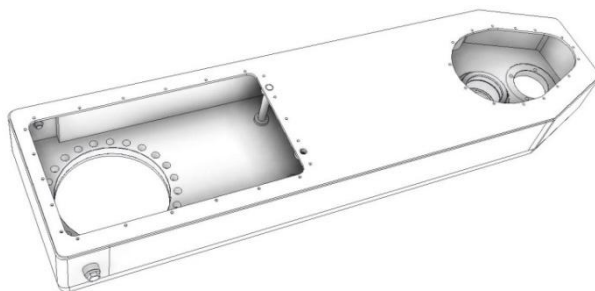
Кућиште ланчаног преносника – претставља део конструкције кутијастог облика у коме се налази ланчани преносник за покретање усмеривача ужета. Кућиште је заварена конструкција сачињена од одсечених стандардних плоча. Са горње и доње задње стране кућишта се налазе отвор за одвођење (доле) и доливање (горе) уља за подмазивање ланчаног преносника.



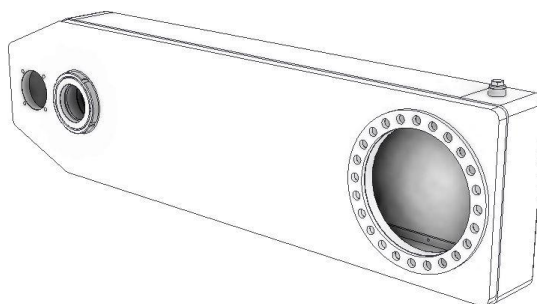
Слика 53. Кућиште ланчаног преносника

Са предње стране кућишта се налазе поклопци за приступ ланчаном преноснику при монтирању и сервисирању. На већем поклопцу постоји отвор са мерачом нивоа уља као и већи правоугаони отвор за приступ затезачу ланца. Сви поклопци су за кућиште причвршћени завртањским везама.

Унутар кућишта се може приметити осовиница за ношење затезача ланца. Поред заштите ланчаног преносника кућиште има и сврху носача вођице и завојног вретена усмеривача ужета. Завојно вретено је ослоњено на кућиште путем лежаја који се налази у лежишном гнезду које је навојним спојем причвршћено за кућиште.

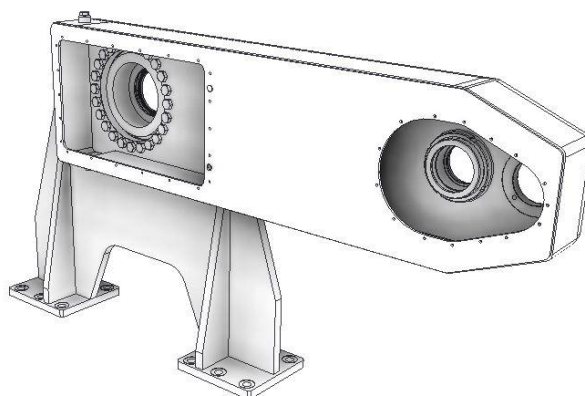


Слика 54. Приказ кућишта са предње стране

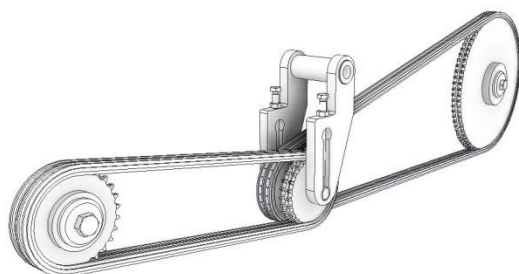


Слика 55. Приказ кућишта са задње стране

Цело кучиште је завртањским везама причвршћено за ослонац добоша витла, као на Слици 56.



Слика 56. Кућиште везао за ослонац добоша

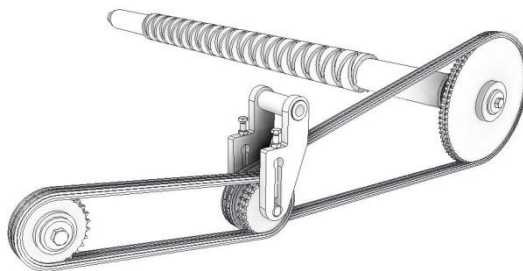


Слика 57. Ланчани преносник

Ланчани преносник унутар кућишта има намену да обртно кретање добоша витла са одговарајућим преносним односом пренесе на завојно вретено усмеривача ужета (Слика 57) како би се за сваки окрет добоша усмеривач померио за одговарајући корак ужета, чиме се обезбеђује правилно намотавање ужета на добош витла.

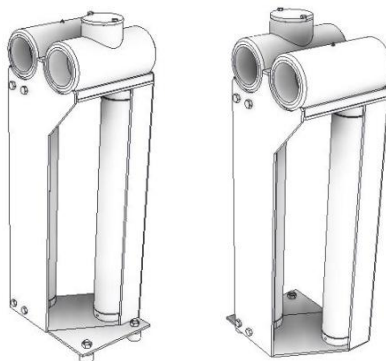
Преносник чине два ланчана пара и затезач ланца чија је намена да при одређеном истезању ланца обезбеди одговарајућу затезну силу између

ланчаника, чиме се добија правилан рад преносника. Затезање се изводи путем два дугачка завртња као што се види на Слици 58.

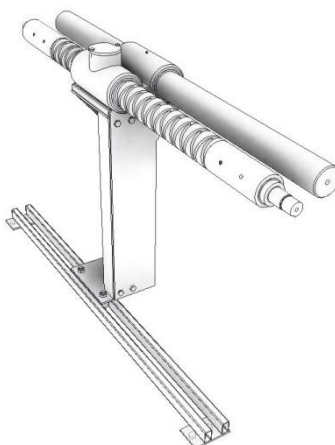


Слика 58. Ланчани преносник повезан са завојним вretenом усмеривача ужета

Веома битан сегмент витла претставља усмеривач ужета (Слика 59) који је заварена конструкција коју чини рам сачињен од плоча одговарајућег облика и димензија, ваљака који се налазе у директном контакту са ужетом при усмеравању истог и цилиндричних вођица од којих се једна креће по цилиндру док се друга креће по завојном вретену као што је приказано на Слици 60.



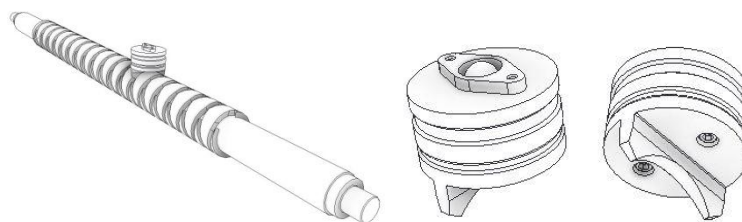
Слика 59. Усмеривач ужета



Слика 60. Положај усмеривача

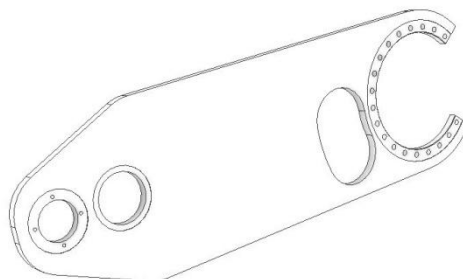
Унутар цилиндричне вођице усмеривача ужета налази се део који се налази у директном контакту са завојним вretenом и чији се доњи испупчени део креће по завојници завојног вретена. На тај начин се остварује праволинијско кретање усмеривача при обртном кретању завојног вретена. Како би се усмеривач ужета

синхронизовано кретао лево-десно, на завојном вретену су израђене две завојнице истог корака и дужине, али супротних смерова окретања.

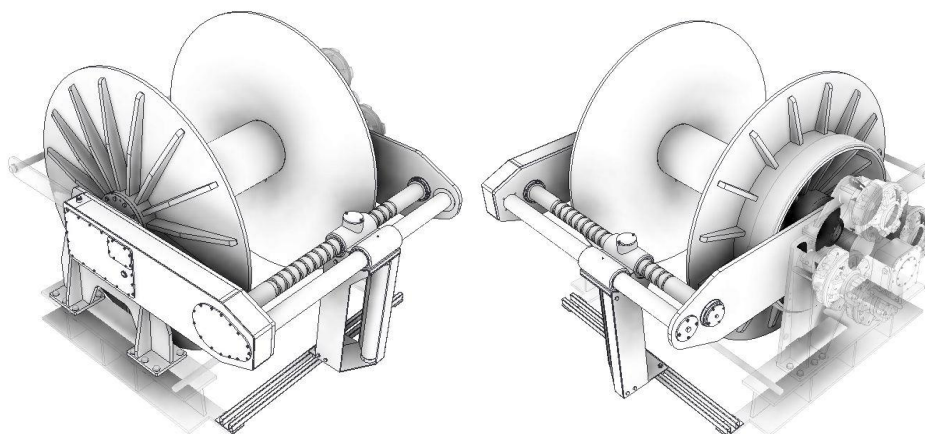


Слика 61. Део за покретање усмеривача дуж завојног вретена

Са стране погона налази се други носач усмеривача ужета који је завртањским везама причвршћен за погонску јединицу (Слика 62).

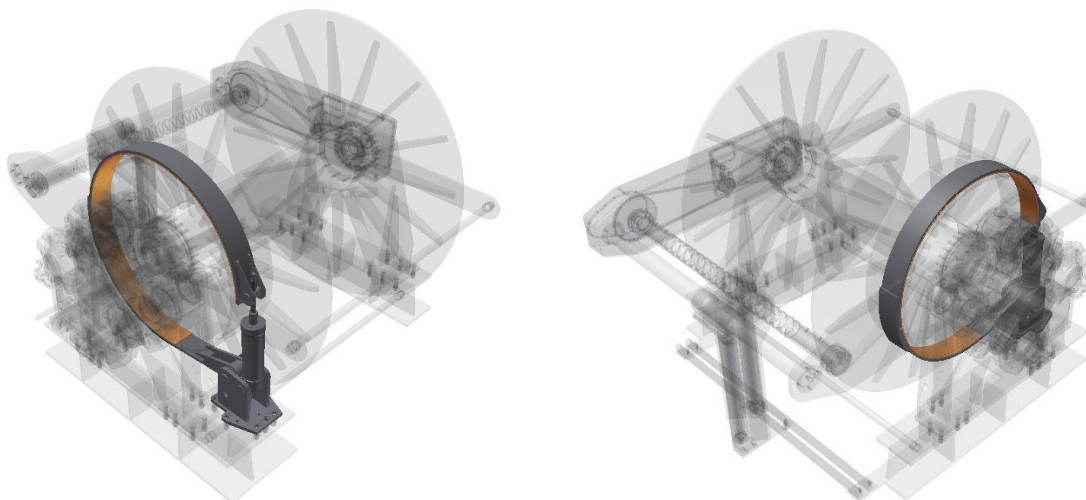


Слика 62. Други носач усмеривача ужета



Слика 63. Приказ конструкције III

6.4. Систем за кочење повлачног витла



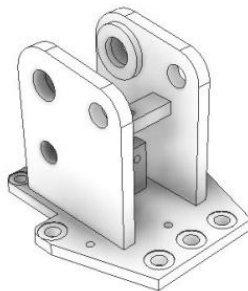
Слика 64. Положај система за кочење на конструкцији

Систем за кочење витла израђен је тако да појасна кочница која је са једне стране осовиницом причвршћена за постоље кочнице (Слика 64), а другим крајем за клип хидрауличног цилиндра, при повлачењу цилиндра директно делује на добош кочнице при чему долази до заустављања обртног кретања добоша витла.

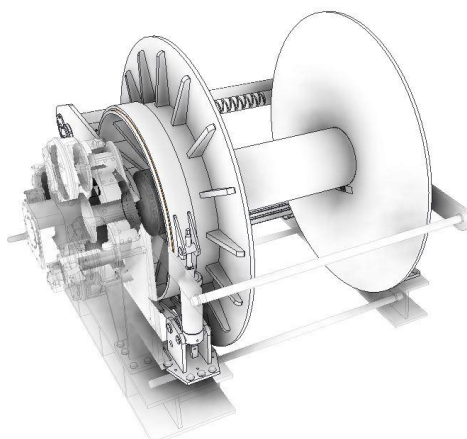
Обруч појасне кочнице се израђује кружним савијањем тракасте плоче. Савијена плоча се одсеца на два дела, а затим се делови настављају један на други завртањским везама преко плочасте спојнице (Слика 65). Као посредни кочиони елемент на савијени обруч се причвршћује ферода помоћу закивака.



Слика 65. Обруч појасне кочнице

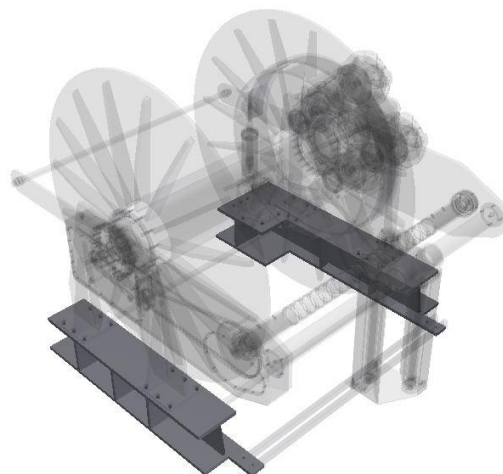


Слика 66. Ослонац кочнице



Слика 67. Приказ конструкције IV

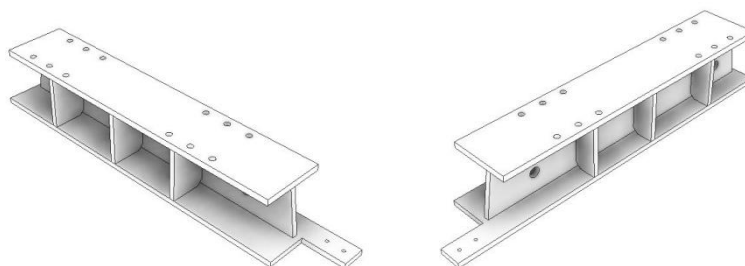
6.5. Стопе повлачног витла



Слика 68. Положај стопа на конструкцији

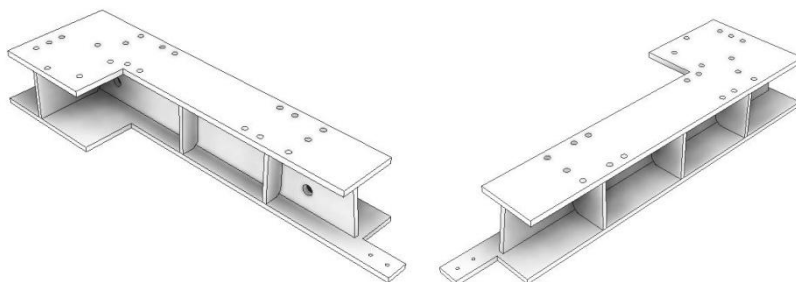
Стопе повлачног витла су предвиђене као заварена конструкција у виду нестандартних I профила са одговарајућим укрућењима.

Стопа са стране ланчаног преносника је приказана на Слици 69 и на горњој страни се могу приметити рупе за причвршћење ослонца добоша. Веза се остварује завртањским везама.

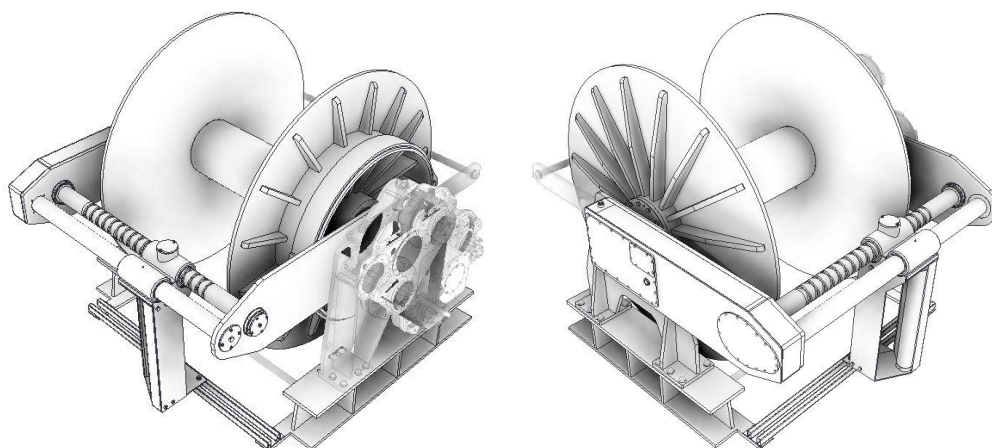


Слика 69. Стопа на страни ланчаног преносника

Стопа са стране погона је скоро иста као и стопа са стране ланчаног преносника уз додатни део за постављање ослонца кочионог цилиндра. Конфигурација отвора за везивање погонске јединице је израђена на основу отвора стопа погонске јединице. Веза се остварује завртњевима.

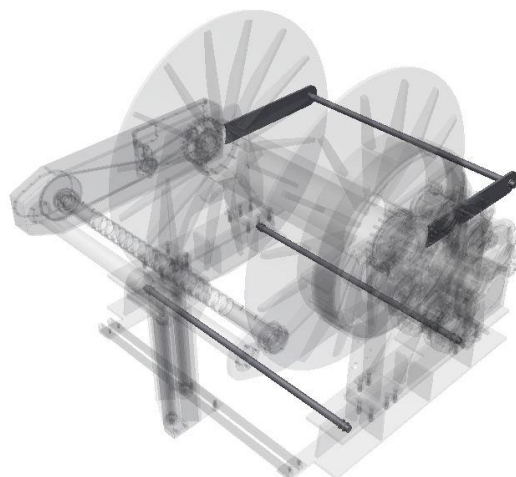


Слика 70. Стопе на страни погонске јединице

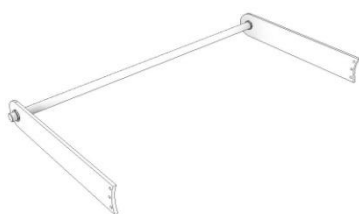


Слика 71. Приказ конструкције V

6.6. Елементи за аксијално укрућење повлачног витла

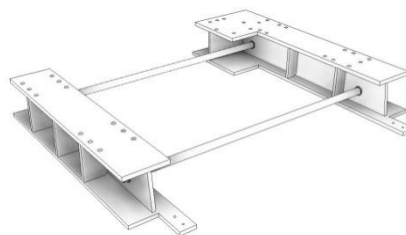


Слика 72. Положај елемената за аксијално укрућење на конструкцији



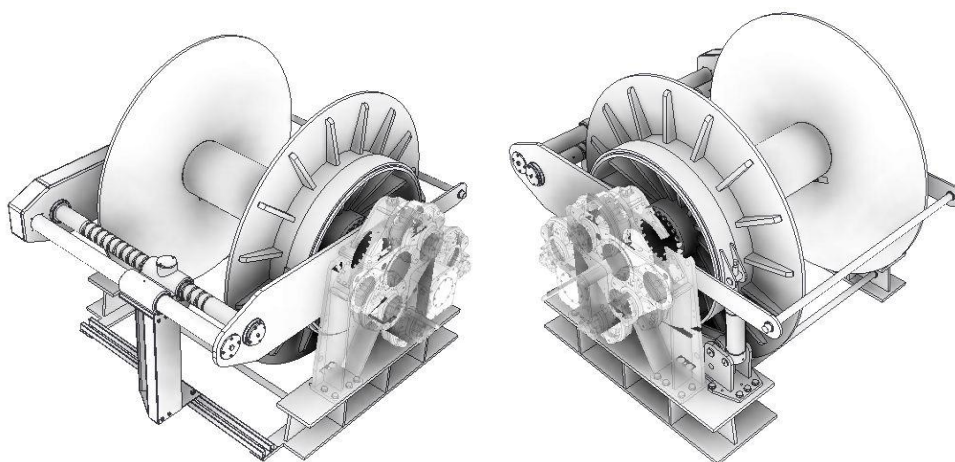
Слика 73. Елемент за аксијално укрућење са задње стране конструкције

Елементи за аксијално укрућивање повлачног витла су у виду стандарних цилиндричних шипки са израђеним навојима на крајевима истих путем којих се везују наврткама за конструкцију витла. Елемент за укрућење на Слици 72 садржи помоћне носаче који се везују завртањским везама, један за ослонац добоша са стране ланчаног преносника и један за погонску јединицу и налази се са задње стране витла као што је приказано на Слици 73.



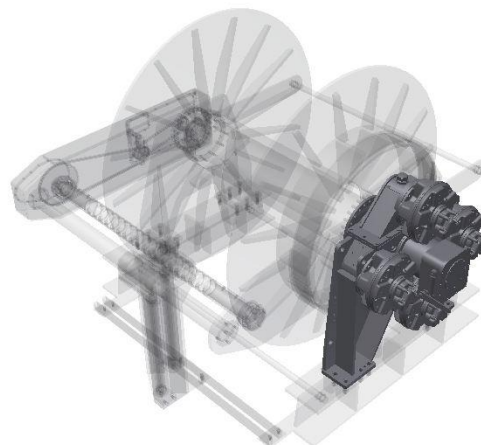
Слика 74. Елементи за аксијално укрућење конструкције са доње стране конструкције

Елементи за укрућење на Слици 74 су наврткама причвршћени за стопе витла и налазе се испод добоша витла.



Слика 75. Приказ конструкције VI

6.7. Погонска јединица

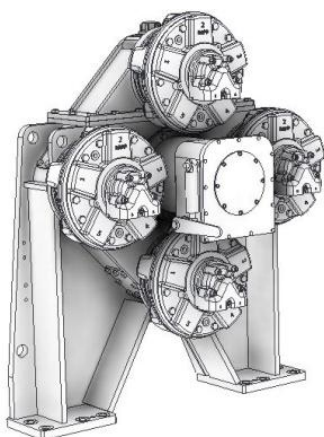


Слика 76. Положај погонске јединице на конструкцији

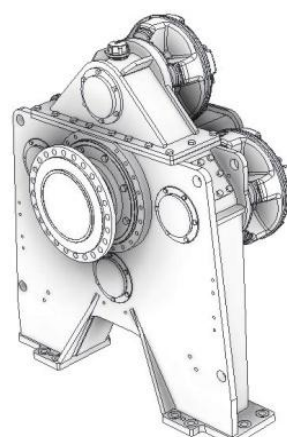
Погонска јединица датог повлачног витла је сачињена од планетарног преносника у виду ослонца добоша и четири хидро-мотора са задње стране као погонска елемента. Са предње стране јединице се налази рукавац који се директно путем завртањских веза везује за добош витла.

Модел ове погонске јединице је преузет као степ фајл (step file) од произвођача, јер се овакве погонске јединице производе као стандардни уређаји, а њихов одабир зависи од захтеване снаге витла.

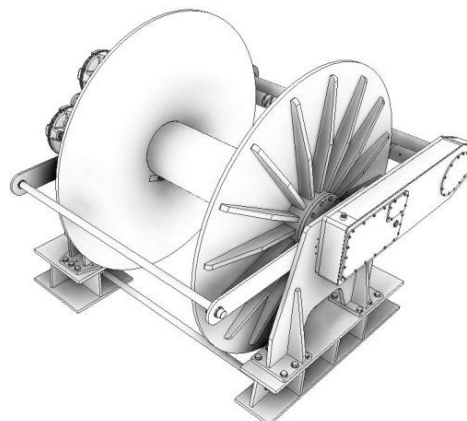
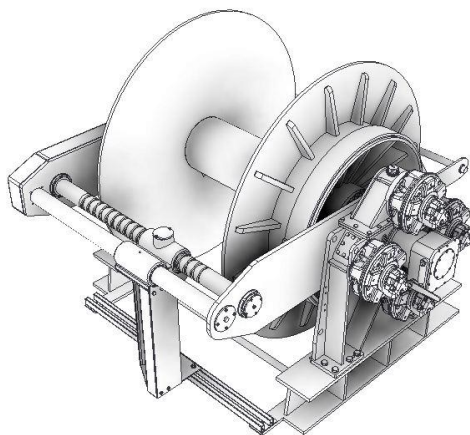
Тачна ознака овог модела погонске јединице је WDU 10002.



Слика 77. WDU Погонска јединица посматрана са задње стране

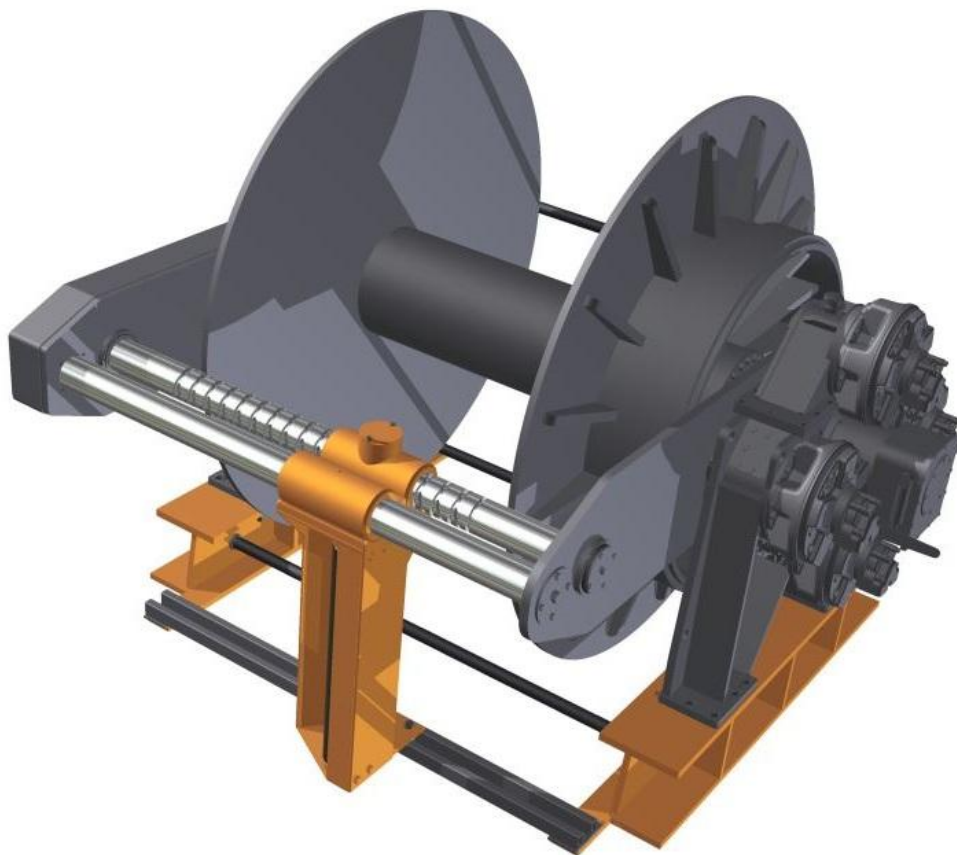


Слика 78. WDU Погонска јединица посматрана са предње стране

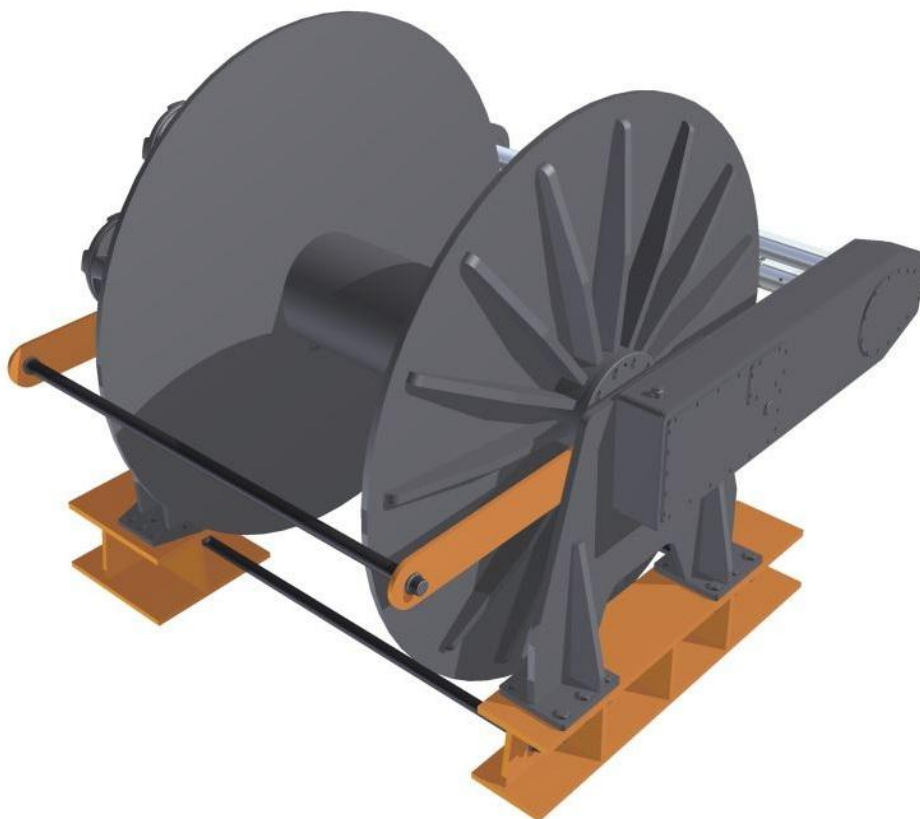


Слика 79. Приказ конструкције VII

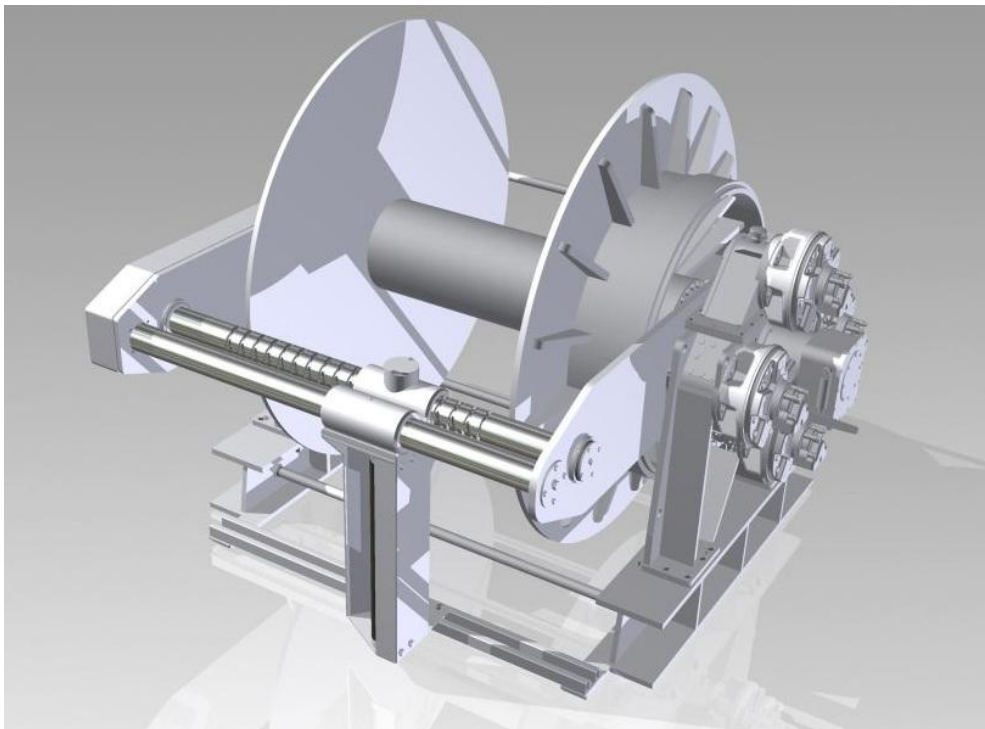
6.8. Рендеровани приказ повлачног витла



Слика 80. Рендеровани приказ модела I



Слика 81. Рендеровани приказ модела II



Слика 82. Рендеровани приказ III

* * *

Овим поглављем је приказана визуализација и приказ финалног изгледа конструисаног повлачног витла кроз наглашавање одређених сегмената конструкције. С обзиром да је аутор имао приступ техничкој документацији, односно радионичким цртежима повлачног витла ознаке TWS 7500, као и склопном цртежу датог витла ознаке TWS 10030 (који је добијен из матичне фирме Rapp Hydema, и који је служио као оквирни приказ тражене конструкције) израда модела повлачног витла је у многоме била олакшана, јер није било много места лутању. Главна проблематика била је како на самосталан начин прилагодити величине елемената конструкције витла TWS 7500 новој конструкцији TWS 10030 непознавајући индивидуалне димензије и типизационе факторе елемената, како би се добила функционална конструкција са траженим карактеристикама. Приказани модел повлачног витла приказује тражену конструкцију добијену самосталним типизирањем већ познатих елемената старе конструкције повлачног витла.

7. АНАЛИЗА ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНАТА ПОМОЋУ CAD СОФТВЕРА

Применом одговарајућих опција за прорачун стандардних елемената унутар софтвера Autodesk Inventor извршене су провере основних усвојених елемената конструкције повлачног витла. Резултати извршених анализа биће даље у тексту приказани табеларно уз одговарајуће графике и објашњења.

7.1. Провера изабраног лежаја на страни ланчаног преносника

Провера усвојеног лежаја извршена је применом опције Bearing Generator.

Bearing radial load	F_r	536080 N
Bearing axial load	F_a	74121 N
Speed	n	17 rpm
Required static safety factor	S_0	1.4 ul

Табела 3. Оптерећење, бр. обртаја и степен сигурности изабраног лежаја



Слика 83. Попречни пресек усвојеног лежаја

Designation		DIN 635 SKF- with Tapered Bore (SKF 22228 CCK/W33)
Bearing inside diameter	d	140.000 mm
Bearing outside diameter	D	250.000 mm
Bearing width	B	68.000 mm
Nominal contact angle of the bearing	α	5 deg
Basic dynamic load rating	C	1500000 N
Basic static load rating	C_0	900000 N
Dynamic radial load Factor	X	1.00 ul / 0.67 ul
Dynamic axial load Factor	Y	2.60 ul / 3.90 ul
Limit value of F_a/F_r	e	0.26 ul
Static radial load Factor	X_0	1.00 ul
Static axial load Factor	Y_0	1.00 ul
Limiting speed lubrication grease	n_{Lim1}	1700 rpm
Limiting speed lubrication oil	n_{Lim2}	2200 rpm

Табела 4. Ознака и карактеристике усвојеног лежаја

Calculation Method		SKF AG
Required rating life	L_{req}	10000 hr
Required reliability	R_{req}	90 ul
Life adjustment factor	a_{SKF}	1.00 ul
Working temperature	T	100 c
Factor of Additional Forces	f_d	1.00 ul

Табела 5. Параметри прорачуна

Friction factor	μ	0.0018 ul
Lubrication		Grease

Табела 6. Подмазивање

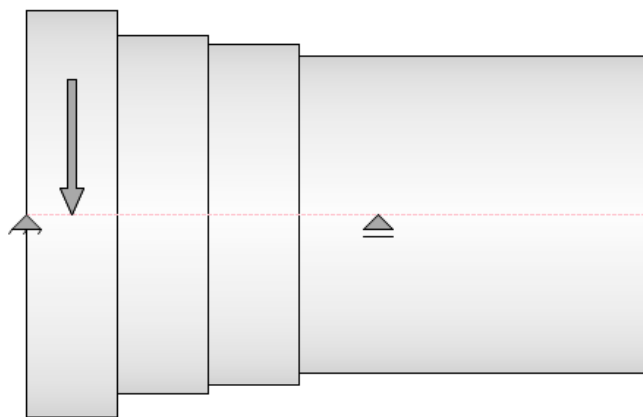
Basic rating life	L_{10}	10672 hr
Adjusted rating life	L_{na}	10672 hr
Calculated static safety factor	S_{0c}	1.47492 ul
Power lost by friction	P_z	166.55290 W
Necessary minimum load	F_{min}	18000 N
Static equivalent load	P_0	610201 N
Dynamic equivalent load	P	728795 N
Over-revolving factor	k_n	98.152 ul
Life adjustment factor for reliability	a_1	1.00 ul
Temperature factor	f_t	1.00 ul
Equivalent speed	n_e	17 rpm
Minimum speed	n_{min}	17 rpm
Maximum speed	n_{max}	17 rpm
Strength Check		Positive

Табела 7. Резултати прорачуна

На основу извршене анализе при деловању оптерећења који су усвојена из прорачуна повлачног витла по DNV стандарду добија се позитивна анализа којом се гарантује исправан рад усвојеног лежаја при овим условима.

7.2. Провера рукавца добоша на страни ланчаног преносника

Провера рукавца на страни ланчаног преносника је извршена применом Shaft Component Generator-a.



Слика 84. Шема оптерећења рукавца

Material	Steel
Modulus of Elasticity E	206000 MPa
Modulus of Rigidity G	80000 MPa
Density ρ	7860 kg/m ³

Табела 8. Карактеристике усвојеног материјала рукавца

Index	Location	Radial Force				Deflection				Deflection Angle	
		Y	X	Size	Direction	Y	X	Size	Direction		
1	20 mm	623916.000 N		623916.000 N		-7.225 microm		7.225 microm	180.00 deg		0.02 deg

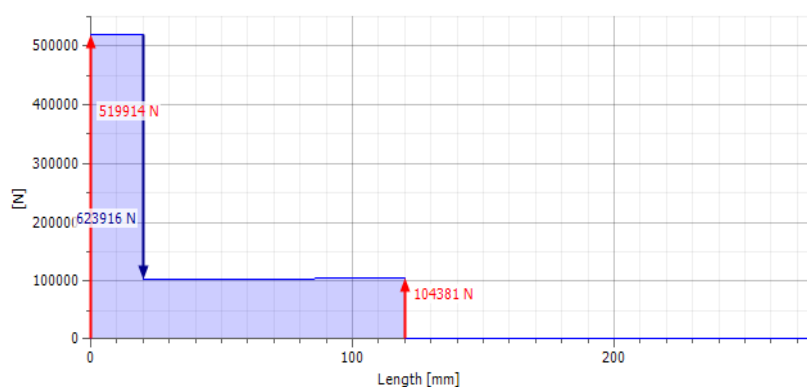
Табела 9. Вредност оптерећења

Index	Type	Location	Reaction Force					Yielding	Type	Deflection				Deflection Angle
			Y	X	Size	Direction	Axial Force			Y	X	Size	Direction	
1	Fixed	0 mm	519913.599 N		519913.599 N				User					0.00 deg
2	Free	120 mm	104381.492 N		104381.492 N				User	-0.000 microm		0.000 microm	180.00 deg	0.01 deg

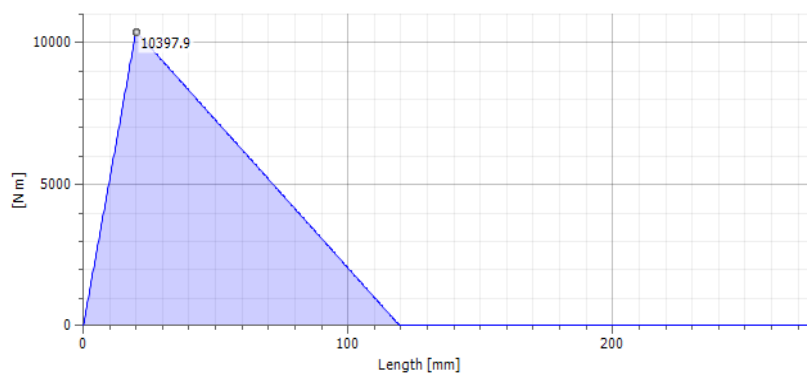
Табела 10. Реакције ослонаца

Length	L	276.500 mm
Mass	Mass	38.657 kg
Maximal Bending Stress	σ_B	21.477 MPa
Maximal Shear Stress	τ_S	20.431 MPa
Maximal Torsional Stress	τ	0.000 MPa
Maximal Tension Stress	σ_T	0.000 MPa
Maximal Reduced Stress	σ_{red}	39.773 MPa
Maximal Deflection	f_{max}	7.225 microm
Angle of Twist	φ	0.00 deg

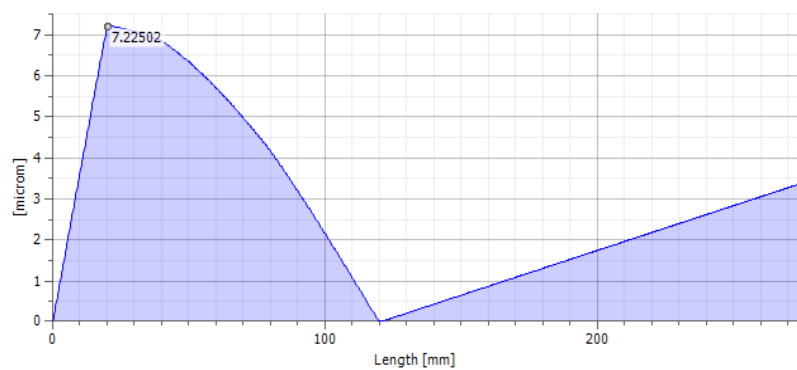
Табела 11. Резултати анализе рукавца



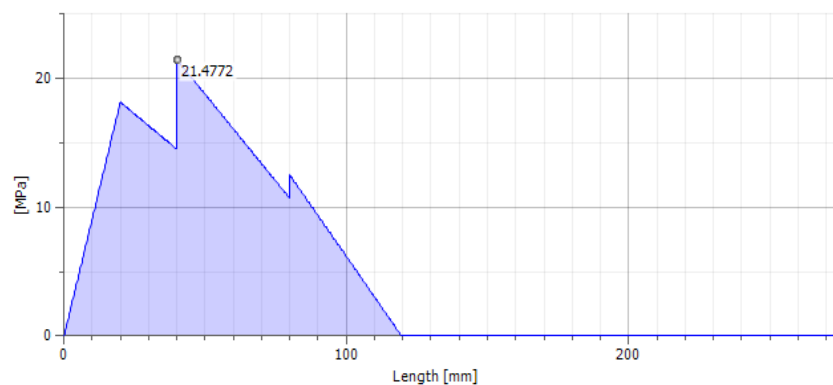
Слика 85. Дијаграм радијалних сила



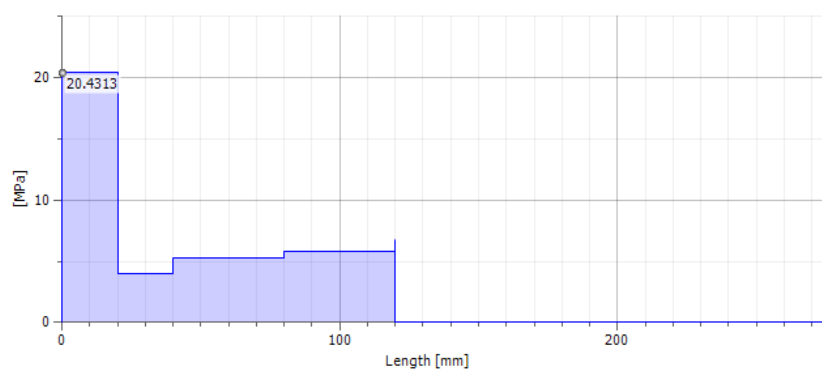
Слика 86. Дијаграм момента савијања



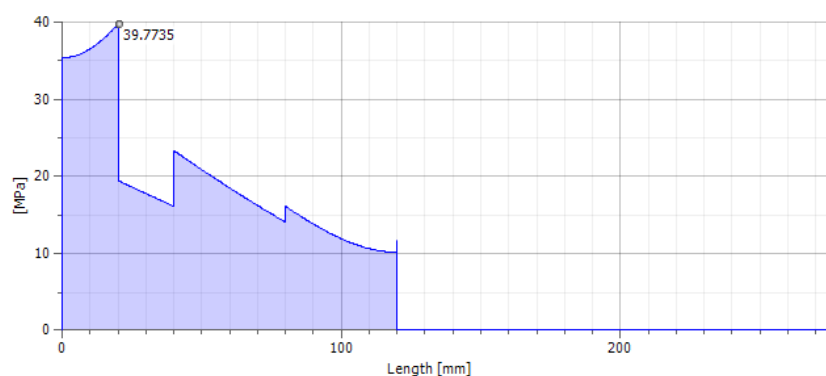
Слика 87. Дијаграм померања



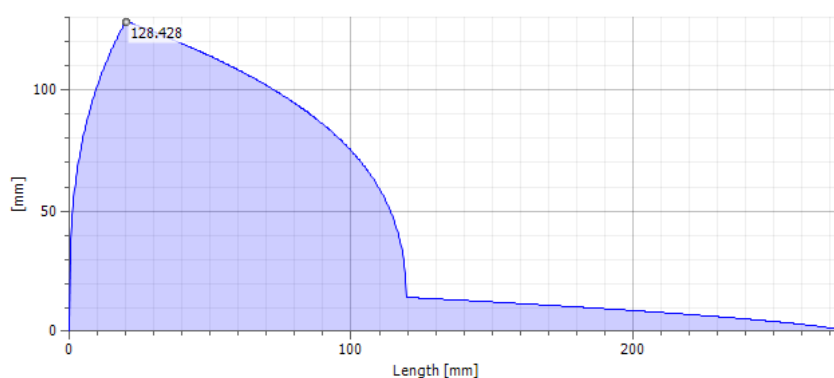
Слика 88. Дијаграм напона савијања



Слика 89. Дијаграм смичућих напона



Слика 90. Дијаграм редукованог напона



Слика 91. Прорачуном препоручени пречник рукавца

На дијаграму идеалних пречника који је добијен применом прорачуна вратила у Shaft Generator-у види се као највећи предложени пречник од 128.428 [mm], што је у ствари много мањи пречник од усвојеног. На основу тога се може констатовати да је рукавац довољно способан да носи дато претпостављено оптерећење.

7.3. Прорачун отпора ужета при вођењу

На основу већ прорачунате повлачне силе $F_p = 623916 \text{ N}$ извршен је избор одговарајућег армираног ужета:



Endurance DYFORM® 18 & 18PI



Diameter mm	Approx. nominal length mass kg/m	Minimum breaking force (Fmin)		Axial stiffness @20% load MN	Torque generated @20% load		Metallic cross section mm²
		kN	tonnes		Ordinary N.m	Lang's N.m	
16	1.27	216	22.0	14	21	31	143
17	1.44	244	24.8	15	25	37	161
18	1.61	273	27.8	17	29	44	181
19	1.79	304	31.0	19	35	52	201
20	1.99	337	34.4	21	40	61	223
21	2.19	372	37.9	23	47	70	246
22	2.41	408	41.6	26	54	81	270
23	2.63	446	45.4	28	62	92	295
24	2.86	485	49.5	31	70	105	321
25	3.11	527	53.7	33	79	119	349
26	3.36	570	58.1	36	89	133	377
27	3.62	614	62.6	39	100	149	407
28	3.90	661	67.4	42	111	167	437
29	4.18	709	72.3	45	123	185	469
30	4.47	759	77.3	48	137	205	502
32	5.09	863	88.0	54	166	249	571

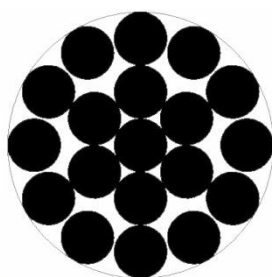


Слика 92. Карактеристике усвојеног ужета

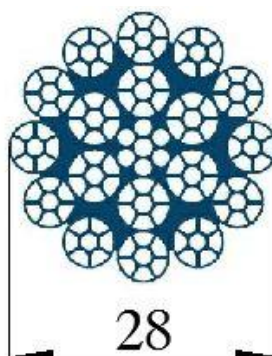
Да би се дошло до оријетационе силе при којој усмеривач делује на уже како би га усмерио на наредни ред при намотавању, пошло се од претпоставке да се уже при довољно великом затезном оптерећењу понаша као чврсто тело са моментом инерције који је апроксимиран на основу површине попречног пресека металне структуре.

Апроксимација момента инерције на основу попречног пресека је извршена тако што је израчунат момент инерције конфигурације попречног пресека као на слици и који износи:

$$I_w \approx 4000 [mm^4]$$

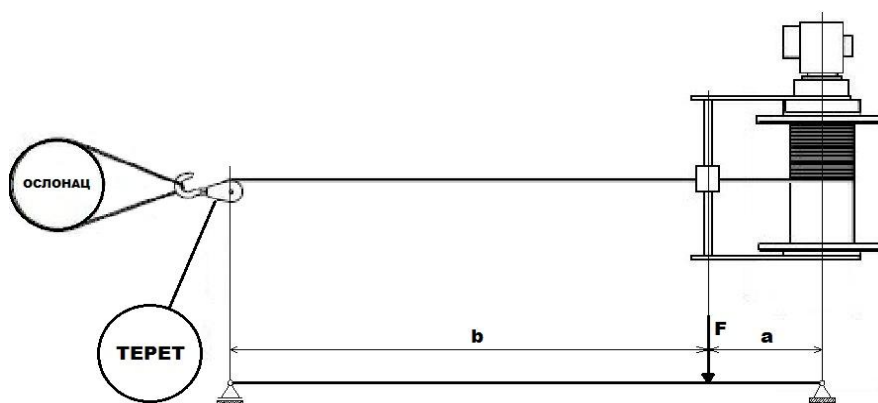


Слика 93. Карикирани профил усвојеног ужета



Слика 94. Стварни профил усвојеног ужета

Под усвојеном претпоставком постављена је шема као на Слици 95 при чему се до оријентационе силе долази путем обрасца за прорачунавање угиба дате конфигурације.[5]



Слика 95. Шема оптерећења ужета при померању

$$f = \frac{F \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I_w} \cdot \left(\frac{a}{l}\right)^2 \cdot \left(\frac{b}{l}\right)^2$$

$$F = \frac{f \cdot 3 \cdot E \cdot I_w}{l^3 \cdot \left(\frac{a}{l}\right)^2 \cdot \left(\frac{b}{l}\right)^2}$$

- b - растојање од усмеривача ужета до катураче за остваривање жељеног правца кретања ужета
 a - растојање од усмеривача ужета и осе добоша витла
 l - укупно растојање од катураче до осе добоша витла
 E - модул еластичности материјала ужета
 I_w - момент инерције усвојеног ужета

На основу прорачуна израђеног у Microsoft Office Excel-у добија се:

D=	28	mm
f=	500	mm
a=	1200	mm
b=	5000	mm
l=	6200	mm
E=	210000	Nmm ²
I=	4000	mm ⁴
F=	217	N
Ss=	10	
F=	2170	N
T=	47.95219	Nm

Табела 12. Прорачун оптерећења при померању ужета

Ss – степен сигурности силе померања (усвојени степен сигурности претпостављен у зависности од растојања и положаја усмеривача у односу на катурачу)

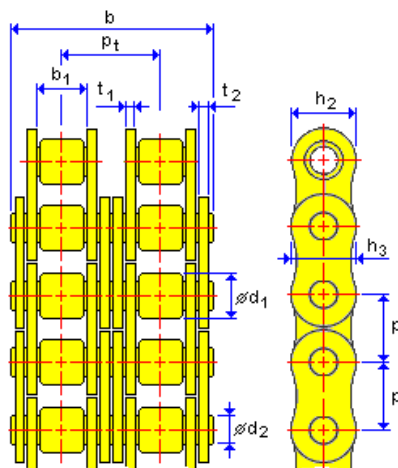


Слика 96. Положај ужета у коме је оптерећење највеће

7.4. Прорачун ланчаног преносника

Из претходног прорачуна усвојени обртни момент је искоришћен као оптерећење на гоњеном ланчанику на основу кога је урађена провера ланчаног преносника коришћењем опције Roller Chains Generator већ поменутог софтвера.

У табелама које следе дати су подаци и резултати извршене провере.



Слика 97. Карактеристичне димензије ланца

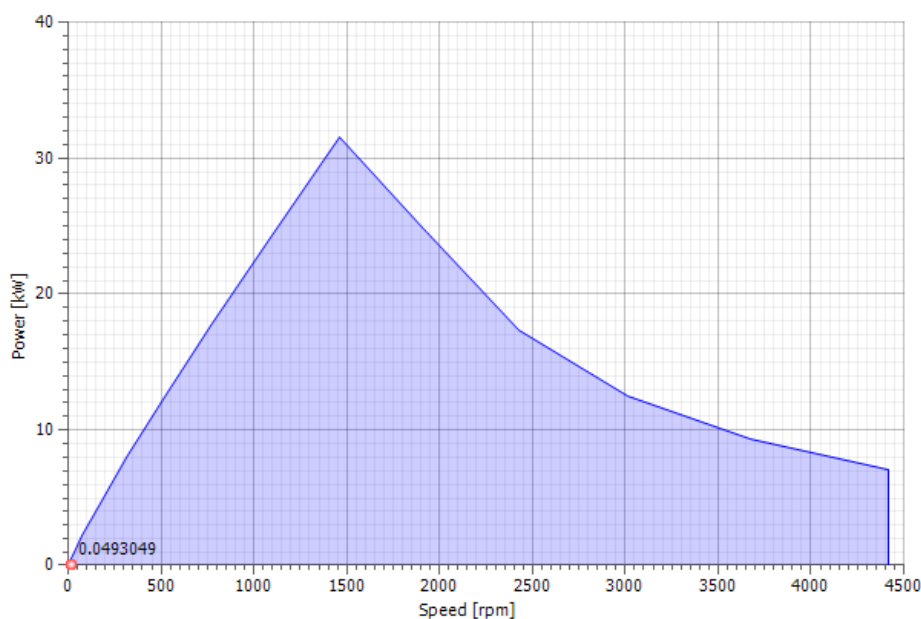
У табели су приказане карактеристике усвојеног ланца.

Chain : DIN 8187:1984 - Short-pitch transmission precision roller chains (EU)		
Chain size designation		10B-2-166
Pitch	p	15.875 mm
Number of Chain Links	X	166.000 ul
Number of Chain Strands	k	2.000 ul
Minimum width between inner plates	b ₁	9.650 mm
Maximum Roller Diameter	d ₁	10.160 mm
Maximum pin body diameter	d ₂	5.080 mm
Maximum inner plate depth	h ₂	14.730 mm
Maximum outer or intermediate plate depth	h ₃	13.720 mm
Maximum width over bearing pins	b	36.200 mm
Maximum inner plate width	t ₁	1.500 mm
Maximum outer or intermediate plate width	t ₂	1.500 mm
Transverse pitch	p _t	16.590 mm
Chain bearing area	A	134.000 mm ²
Tensile Strength	F _u	44500.000 N
Specific Chain Mass	m	1.800 kg/m
Chain construction factor	φ	1.000 ul

Табела 13. Карактеристике усвојеног ланца

Power	P	0.087 kW
Torque	T	47.950 N m
Speed	n	17.320 rpm
Efficiency	η	0.980 ul
Required service life	L_h	15000.000 hr
Maximum chain elongation	ΔL_{max}	0.030 ul
Application	Smooth running	
Environment	Clean	
Lubrication	Recommended (see notes below)	

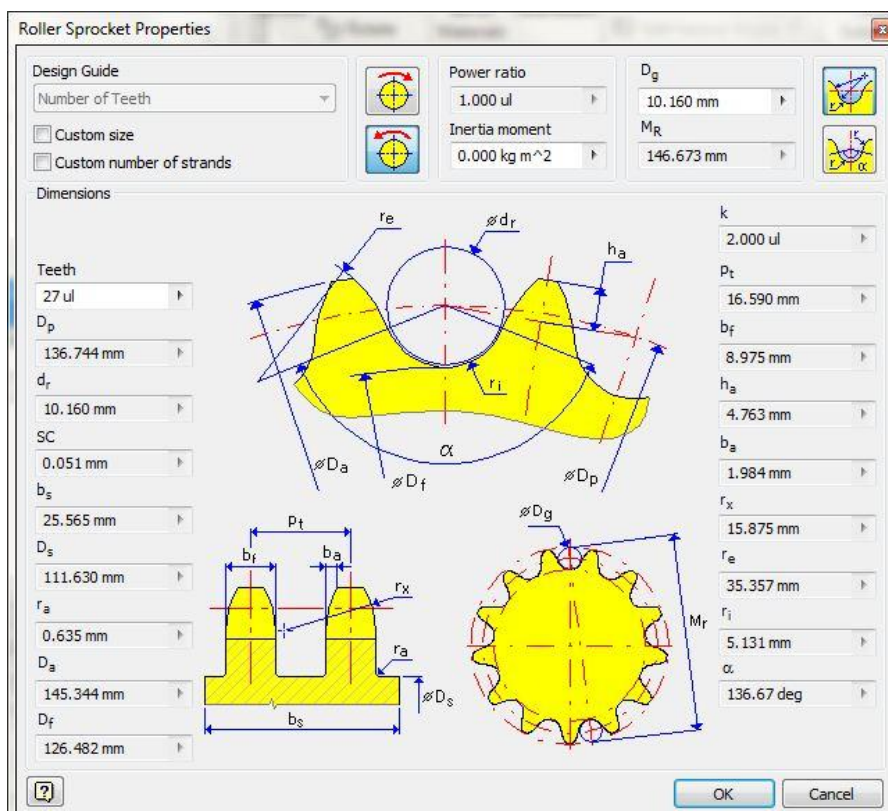
Табела 14. Параметри потребни за прорачун ланца



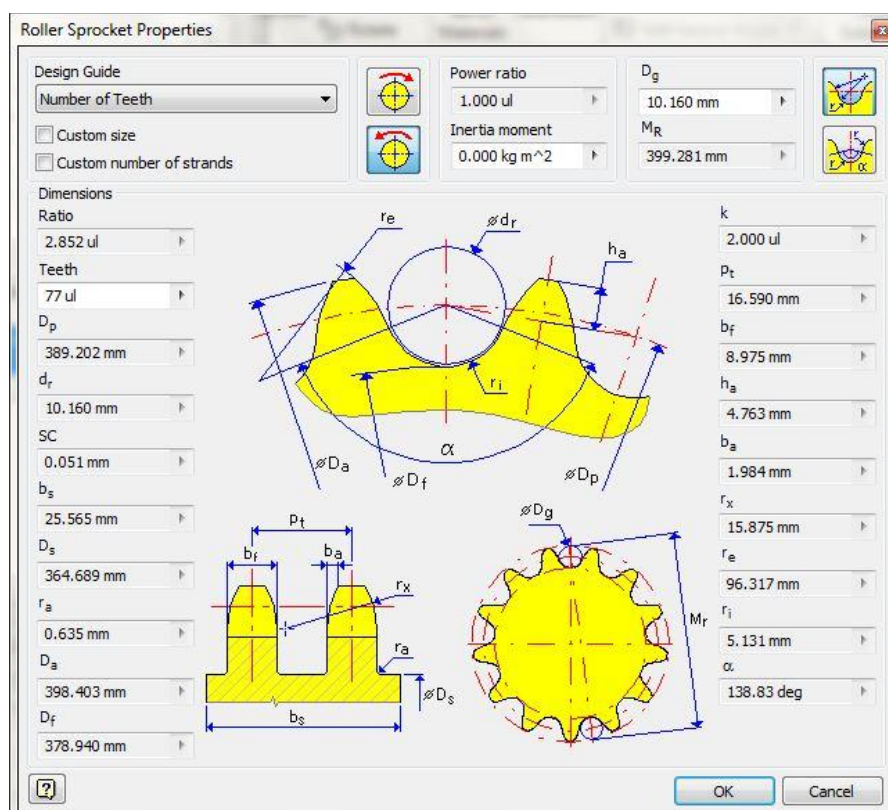
Слика 98. Дијаграм зависности снаге од броја обртаја усвојеног ланца

Chain Speed	v	0.124 mps
Effective pull	F_p	701.311 N
Centrifugal force	F_C	0.028 N
Maximum tension in chain span	F_{Tmax}	701.339 N
Static safety factor	$S_S > S_{Smin}$	63.450 ul > 7.000 ul
Dynamic safety factor	$S_D > S_{Dmin}$	63.450 ul > 5.000 ul
Bearing pressure	$p_B < p_0 * \lambda$	5.234 MPa
Permissible bearing pressure	p_0	32.627 MPa
Specific friction factor	λ	1.207 ul
Design power	$P_D < P_R$	0.049 kW
Chain power rating	P_R	0.583 kW
Chain service life for specified elongation	$t_h > L_h$	2777778 hr
Chain link plates service life	$t_{hL} > L_h$	2777778 hr
Roller and bushing service life	$t_{hr} > L_h$	2777778 hr

Табела 15. Резултати анализе ланчаног преносника



Слика 99. Профил погонског ланчаника



Слика 100. Профил гоњеног ланчаника

* * *

Приказани прорачуни, односно анализе главних елемената конструкције претстављају проверу већ димензионисаних елемената током израде модела конструкције. На овај начин је проверена способност израђених елемената да издрже усвојене радне услове и оптерећења претпостављена на основу реалних радних услова.

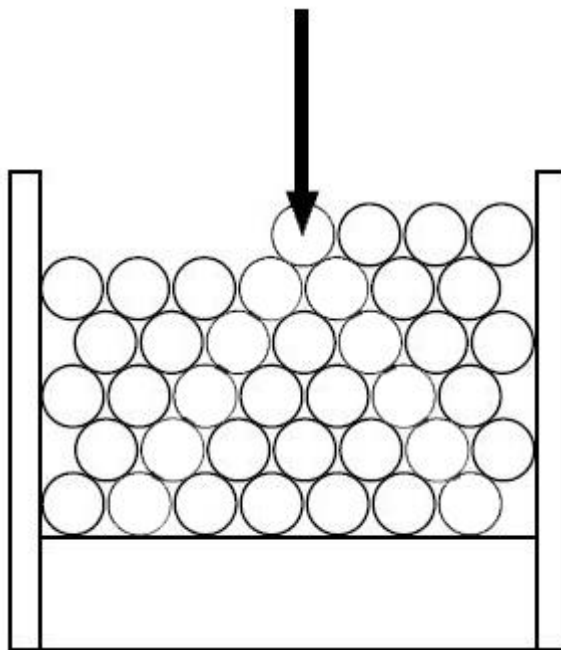
Главна проблематика била је одабир валидних фактора и оптерећења која су већ претпостављена и усвојена као номинална оптерећења. Као главни проблем код анализе елемената конструкције јавља се сумња у претпостављене услове и да ли претпостављени услови и оптерећења могу стопостотно симулирати реалне услове. Због недостатка емпиријских података, који су углавном пресудни и од велике користи при анализи конструкције, сви елементи су израђени са одговарајућим степеном сигурност како би се избегла нежељена сумња.

Између осталог, приложени резултати анализе претстављају максимално искоришћење одговарајућих опција (генератора) за прорачун елемената конструкције које CAD софтвер Autodesk Inventor нуди.

8. АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА ДОБОША ВИТЛА

Читава проблематика анализе добоша витла је расподела оптерећења у калему ужета. Неправилност расподеле оптерећења у самом калему ужета а самим тим и неправилност расподеле оптерећења на добош и ободне странице добоша путем калема ужета доводи до потребе за мало комплекснијом анализом.

Главно оптерећење које се узима у обзир при анализи добоша витла претставља номинално оптерећење које витло повлачи и које путем ужета директно или индиректно путем калема ужета делује на добош.



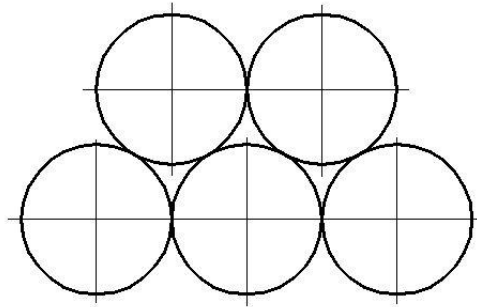
Слика 101. Шема попречног пресека добоша са намотаним калемом ужета

На Слици 101 је приказан попречни пресек добоша витла са намотаним калемом. Уцртана сила претставља номиналну силу на крају добоша, односно главно оптерећење по коме се врши димензионисање добоша витла, као и читава витло.

Приказани пресек претставља карикирану конфигурацију добоша са ужетом како би се објаснио ток анализе и понашања оптерећења унутар калема.

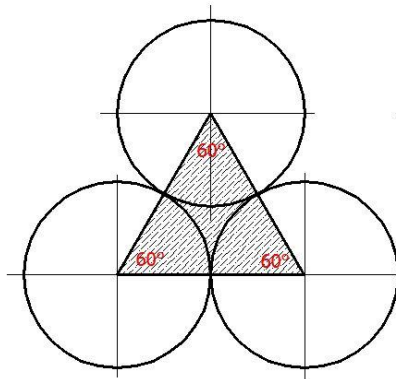
8.1. Главне претпоставке битне за анализу

- Номинално оптерећење је оптерећење које се при анализи примењује на било ком нивоу калема без одузимања живог оптерећења (тежине ужета)
- Попречни пресек ужета је правилан круг који претставља круто тело
- При анализи је посматран поперчни пресек калема у коме су намотаји ужета распоређени као на Слици 102



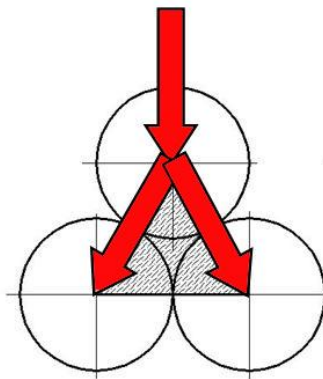
Слика 102. Расподела навојака у калему

- Центри кружница поперчног пресека калема у положају као на Слици 103 се налазе на крајевима јенакостраничног троугла



Слика 103. Позиције оса поперчних пресека ужета

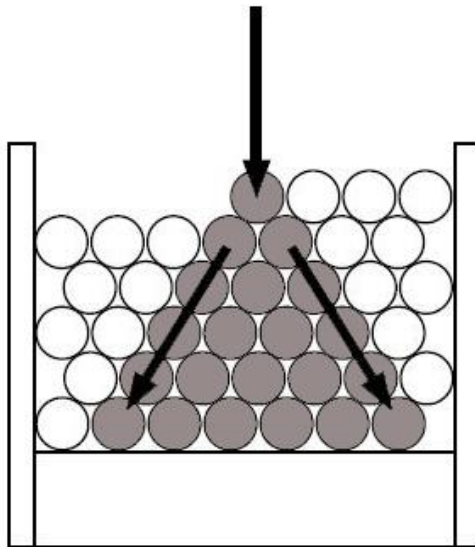
- Сила се подједнако разлаже на суседна два обмотаја као на Слици 104



Слика 104. Расподела оптерећења у суседним калемовима

8.2. Процедура анализе тока оптерећења унутар калема ужета

За поступак истраживања унутар калема је потребно уочити троугао тока оптерећења унутар калема, што је приказано на Слици 105.



Слика 105. Карактеристични троугао тока оптерећења

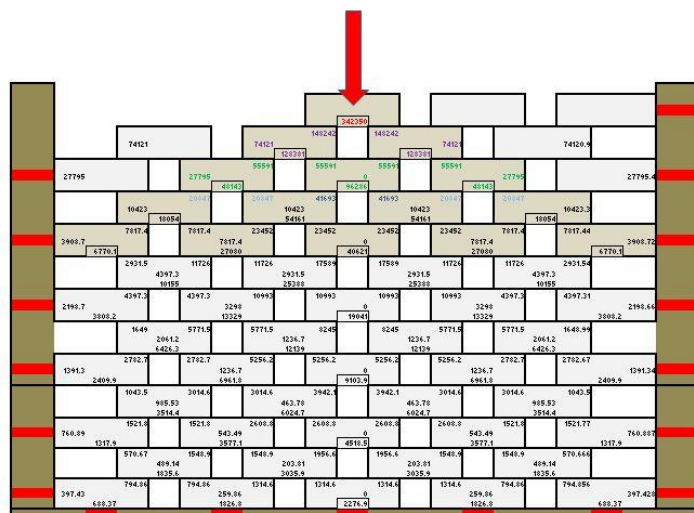
Троугао приказан на Слици 105 претставља троугао унутар кога се дешавају главне промене оптерећења. Како би се дошло до података валидних за предвиђање тока оптерећења за било који конкретни модел конфигурације добоша витла, било је потребно осмислити и направити виртуелни модел који би се користио за анализу и помоћу кога би се дошло до валидних података неопходних за процену оптерећења који ће даље бити коришћени за анализу 3D модела добоша витла.

8.3. Виртуелни Excel блок модел

Као виртуелни модел за анализирање дате проблематике тока оптерећења, осмишљен је и израђен виртуелни модел у софтверу Microsoft Office Excel (Слика 106).

Виртуелни Excel модел претставља карикирану шему попречног пресека конфигурације добоша са калемом.

Виртуелни Excel блок модел је осмишљен и израђен тако да са дате конфигурације модела, приликом уношења номиналне вредности оптерећења, је могуће читати вредности оптерећења у сваком навојку ужета, што је даље коришћено за израду графика зависности оптерећења у зависности од испитиваног правца деловања оптерећења.

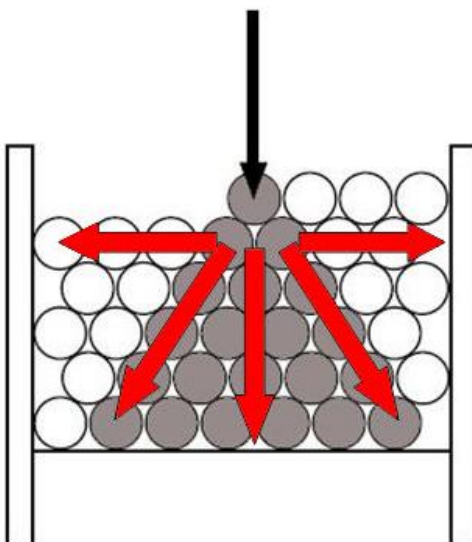


Слика 106. Excel блок модел

Како би се утврдиле промене оптерећења у зависности од правца деловања прво су дефинисани правци деловања оптерећења, што је приказано на Сlici 107. На основу дефинисаних праваца извршено је прикупљање података потребних за дефинисање зависности.

Анализе извршене коришћењем виртуелног блок модела се састоје од прикупљених података радијалних и аксијалних оптерећења у:

- Радијалном правцу
- Аксијалном правцу
- Правцу дуж страница дефинисаног једнакостраничног троугла приказаном на Сlici 105



Слика 107. Карактеристични правци кретања оптерећења кроз калем ужета

8.4. Преглед анализе

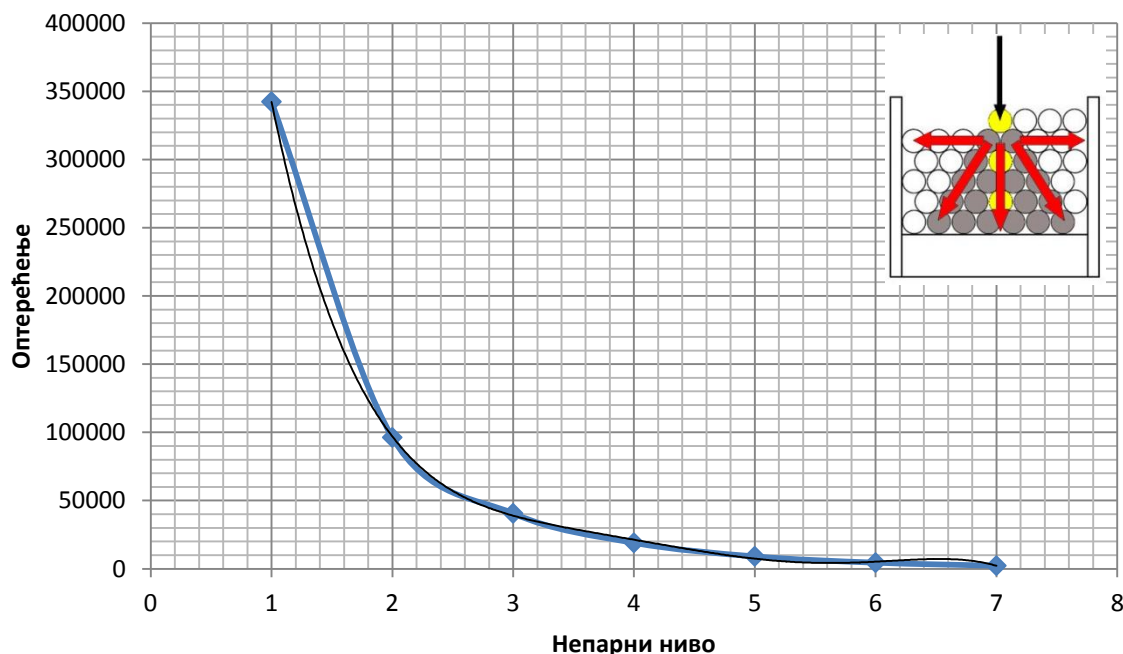
На приложеним графицима се може видети линија са тачкама која претставља функцију података сакупљених са виртуелног блок модела и друга линија која претставља математичку нелинеарну функцију најприближнију графику података са модела помоћу које се може доћи до оптерећења у било ком навојку калема ужета.

8.4.1. Анализа оптерећења у карактеристичним правцима

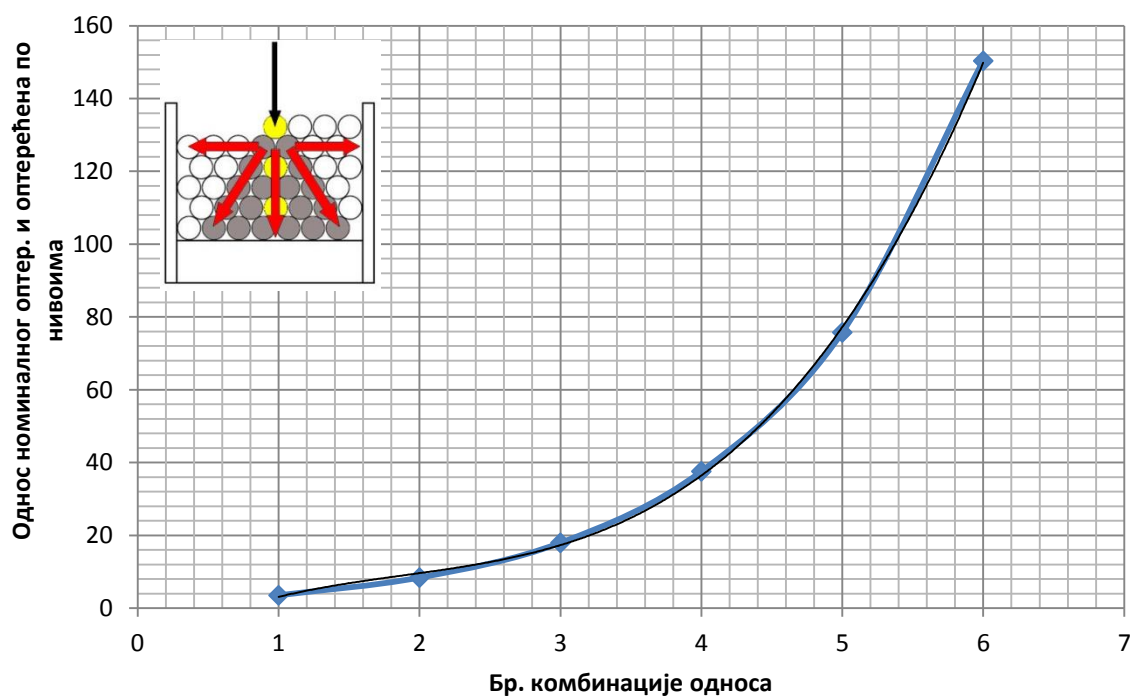
8.4.1.1. Резултати анализе радијалних оптерећења у правцу управном на добош

На основу прикупљених података са навојака у правцу управном на добош, односно правцу деловања номиналног оптерећења, односи оптерећења у зависности од нивоа намотаја приказани су на графику на Слици 108.

На графику на Слици 109 је приказана зависност односа између номиналног оптерећења и радијалних оптерећења сваког следећег нивоа кренувши од површинског слоја калема ужета.



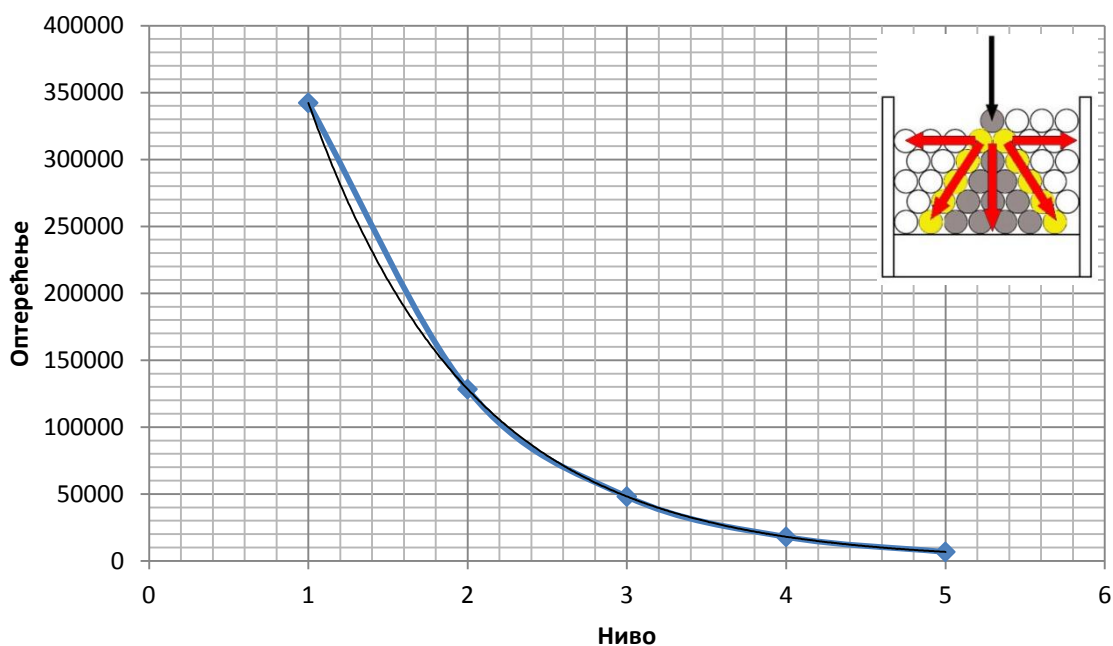
Слика 108. Промена радијалних оптерећења у радијалном правцу



Слика 109. Промена односа оптерећења и оптерећења по нивоима

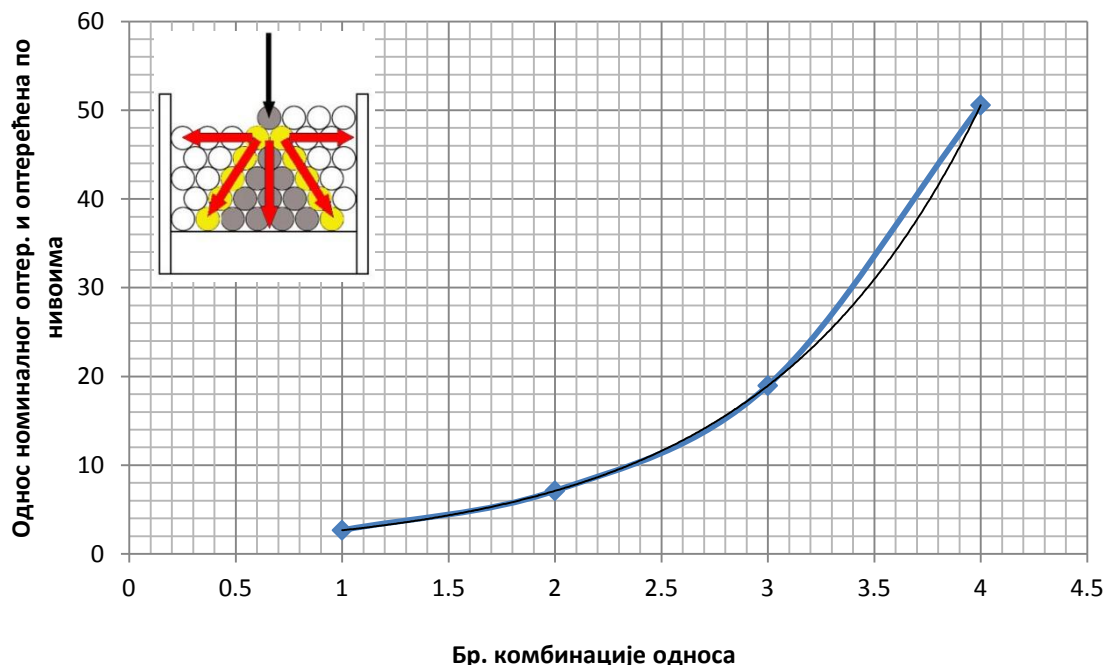
8.4.1.2. Резултати анализе радијалних оптерећења у правцу страница карактеристичног једнакостраничног троугла

На графику на Слици 110 је приказана зависност пада оптерећења дуж странице карактеристичног троугла крећући се по слојевима калема од врха.



Слика 110. Промена радијалних оптерећења у правцу страница карактеристичног троугла

На графику на Слици 111 је приказана зависност односа између номиналног оптерећења и радијалних оптерећења сваког следећег нивоа кренувши од површинског слоја калема ужета по страници карактеристичног троугла.



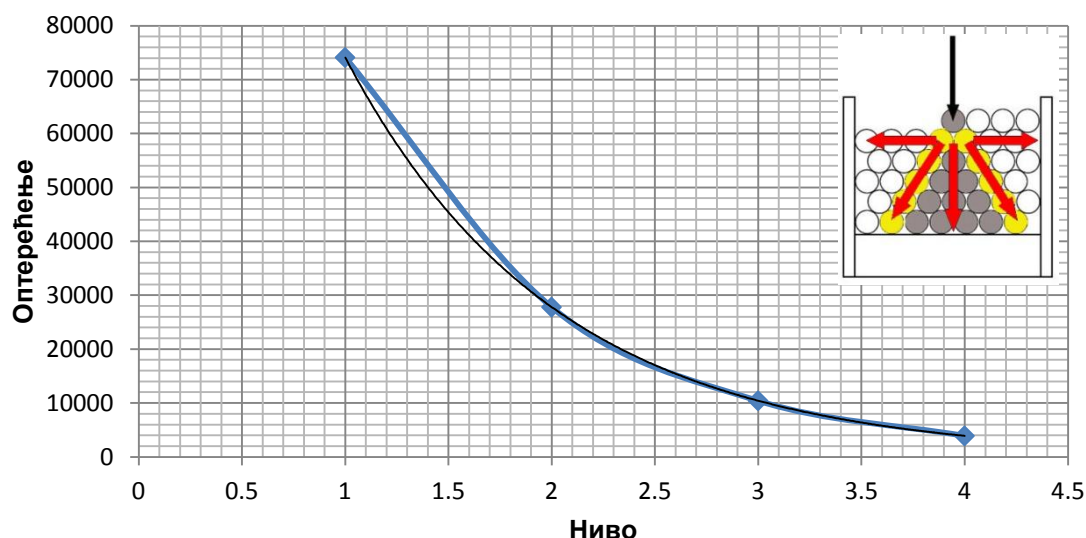
Слика 111. Промена односа номиналног оптерећења и оптерећења по нивоима

8.4.1.3. Резултати анализе аксијалних оптерећења у правцу управном на добош

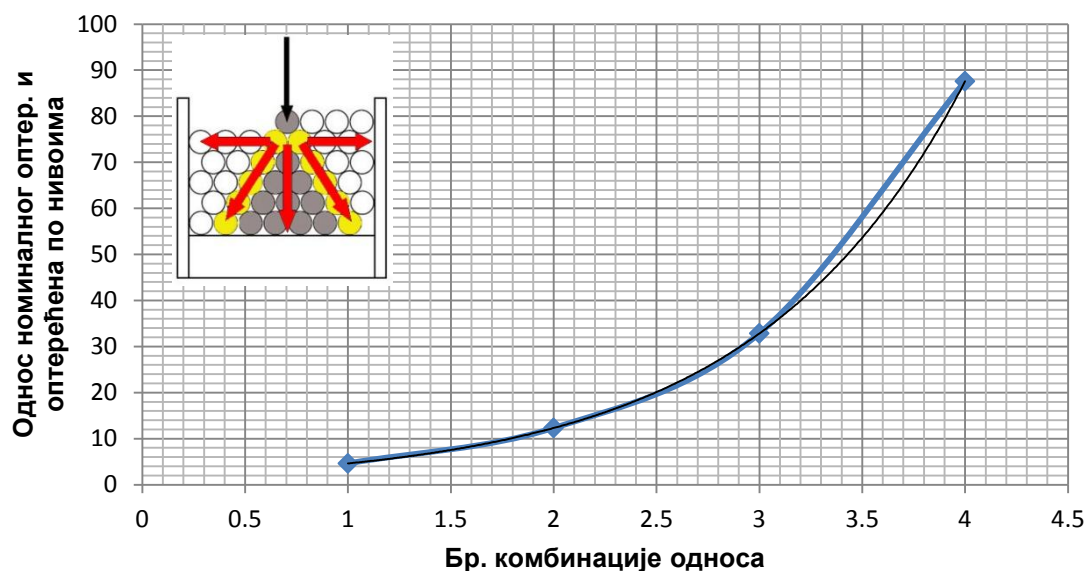
На основу прикупљених података са блок модела долази се до закључка да аксијалних оптерећења у завојцима у правцу нормалном на добош нема.

8.4.1.4. Резултати анализе аксијалних оптерећења у правцу страница карактеристичног једнакостраничног троугла

На страницама карактеристичног једнакостраничног троугла долази до промене оптерећења по функцији приказаној на следећем графику:



Слика 112. Промена аксијалних оптерећења у правцима карактеристичног троугла

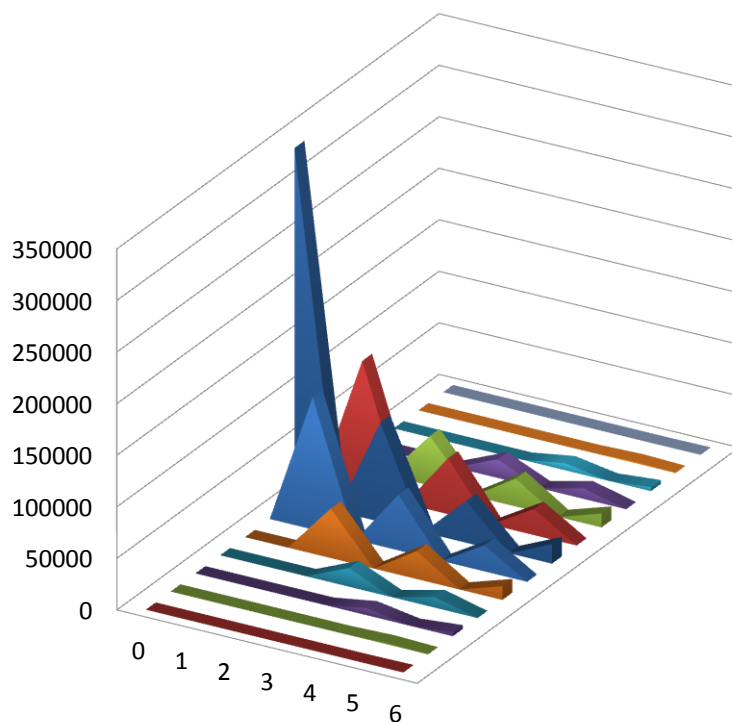


Слика 113. Промена односа номиналног оптерећења и оптерећења по нивоима

8.4.2. Анализа оптерећења унутар карактеристичног једнакостраничног троугла

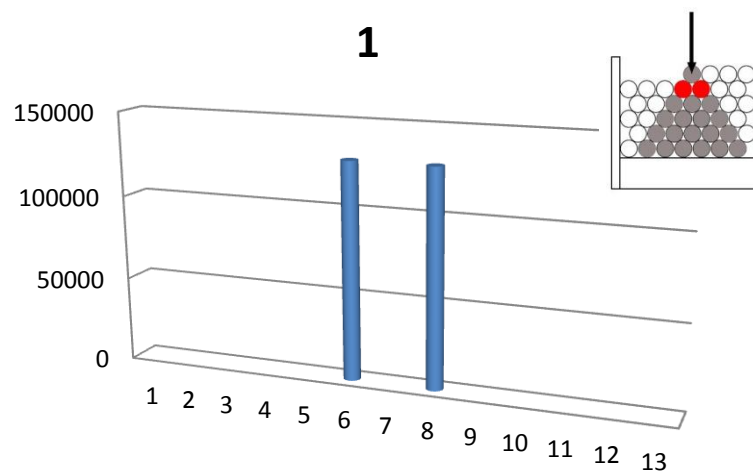
Унутар карактеристичног једнакостраничног троугла долази до одређених промена оптерећења која су изазвана променама оптерећења у карактеристичним правцима. У даљем тексту биће речи о томе како та оптерећења, већ анализирана у претходном делу, утичу на промену самих оптерећења и које су узајамне зависности оптерећења унутар датог троугла.

8.4.2.1. Анализа радијалних оптерећења унутар карактеристичног троугла

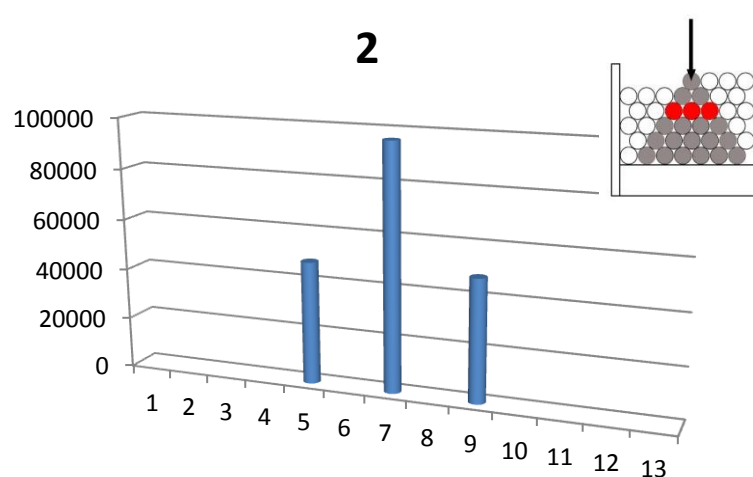


	0	1	2	3	4	5	6
■							476.023006
■						1269.39468	
■					6770.10498		3808.18405
■				18053.6133		10155.1575	
■			48142.9688		27080.4199		13328.6442
■		128381.25		54160.8398		25387.8937	
■	342350		96285.9375		40620.6299		19040.9203
■		128381.25		54160.8398		25387.8937	
■			48142.9688		27080.4199		13328.6442
■				18053.6133		10155.1575	
■					6770.10498		3808.18405
■						1269.39468	
■							476.023006

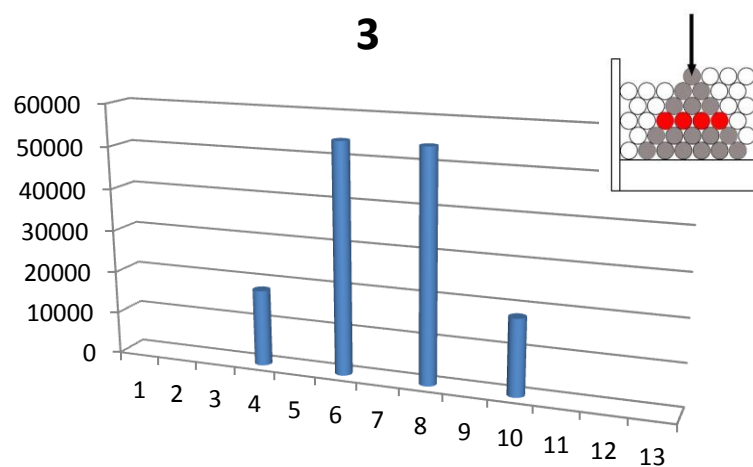
Слика 114. Приказ промене радијалних оптерећења у калему ужета унутар карактеристичног троугла



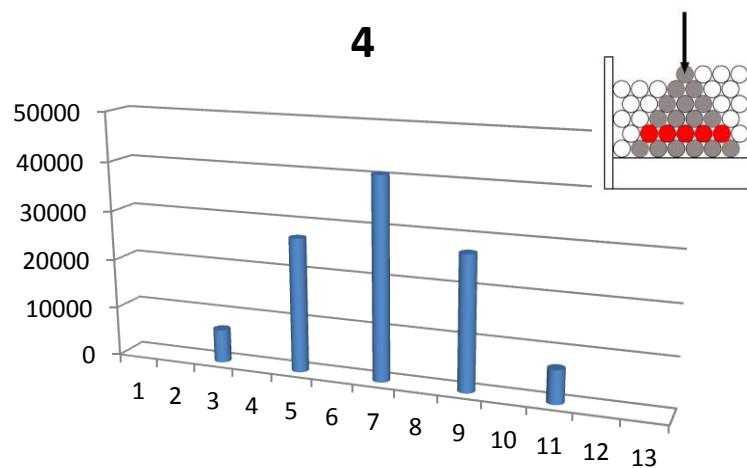
Слика 115. Радијална оптерећења у другом слоју



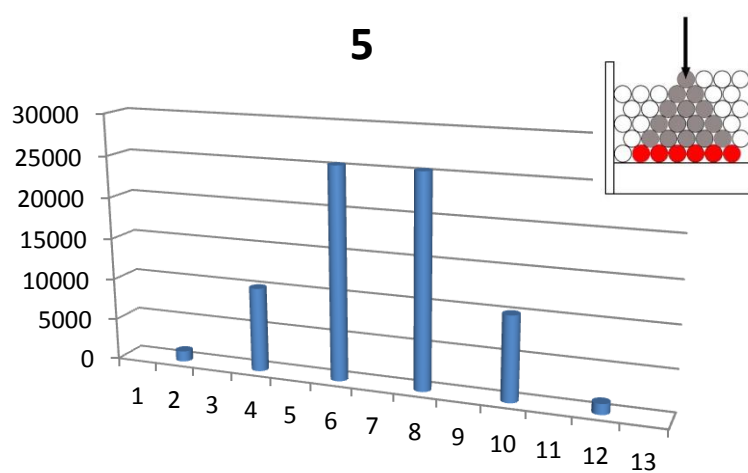
Слика 116. Радијална оптерећења у трећем слоју



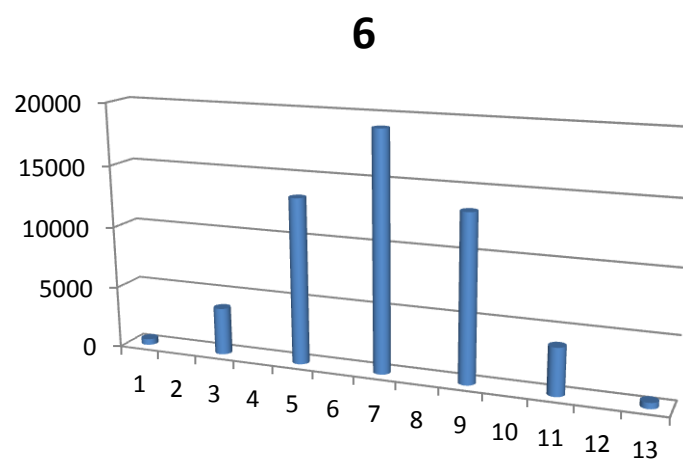
Слика 117. Радијална оптерећења у четвртном слоју



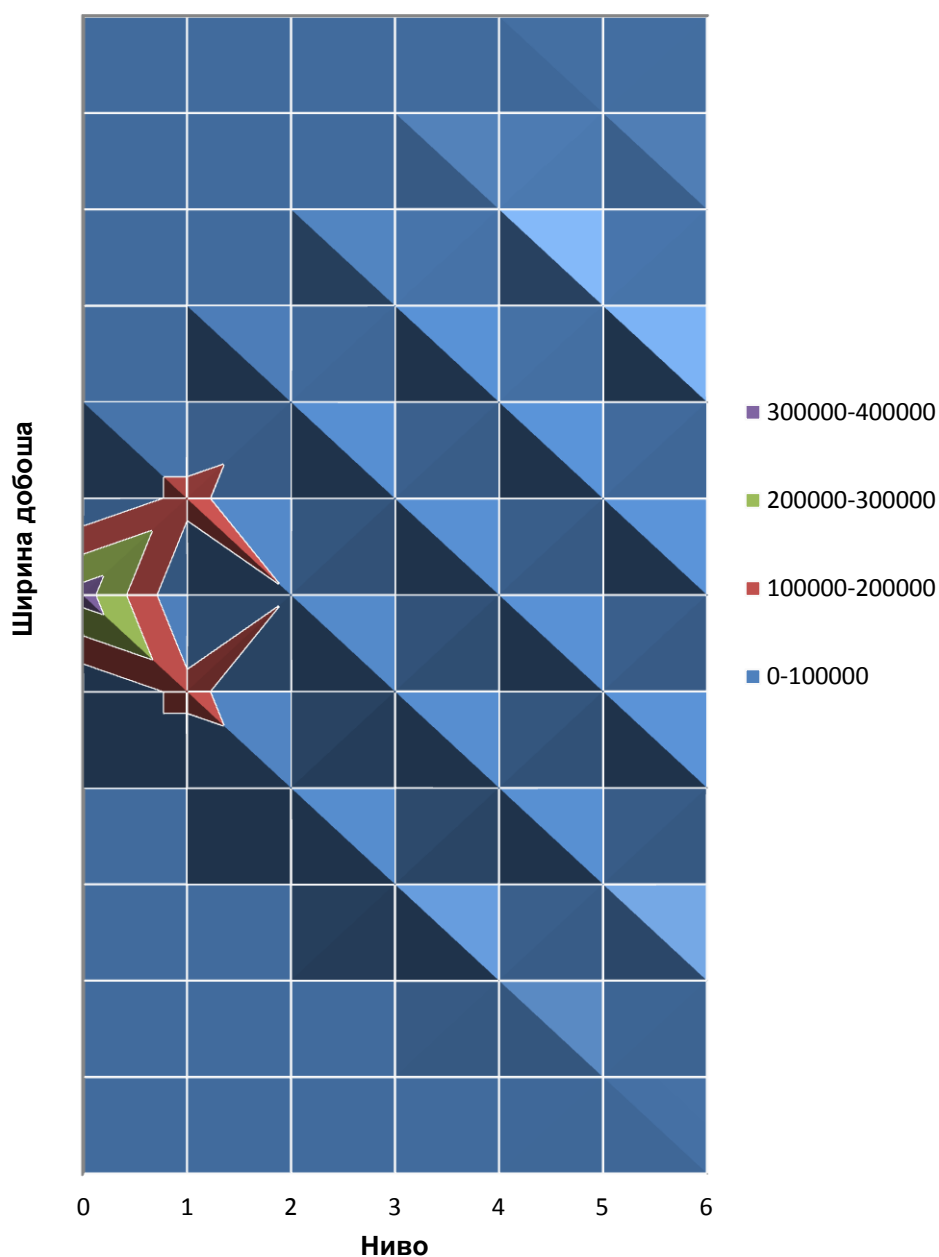
Слика 118. Радијална оптерећења у петом слоју



Слика 119. Радијална оптерећења у шестом слоју



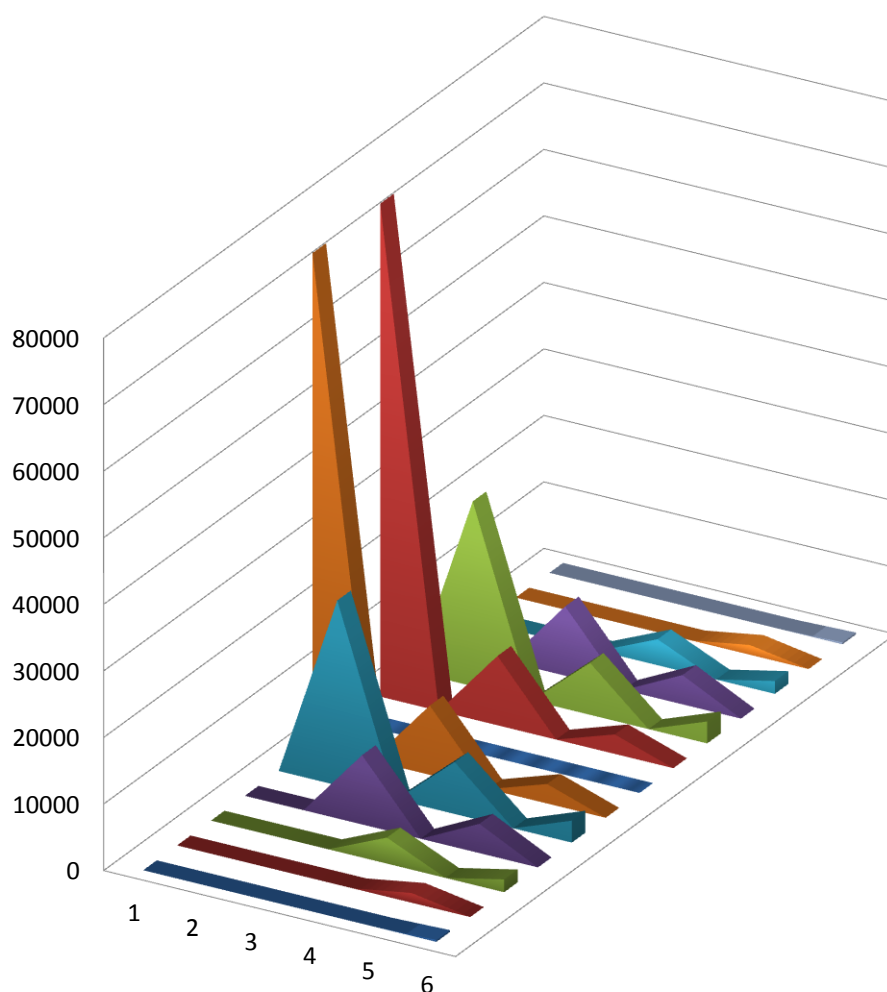
Слика 120. Радијална оптерећења у седмом слоју



Слика 121. Промена радијалних оптерећења

На претходним графицима лако се може уочити нагли пад вредности оптерећења крећући се по нивоима ужета. Такође је могуће и уочити правило по коме се главно оптерећење распоређује унутар калема ужета.

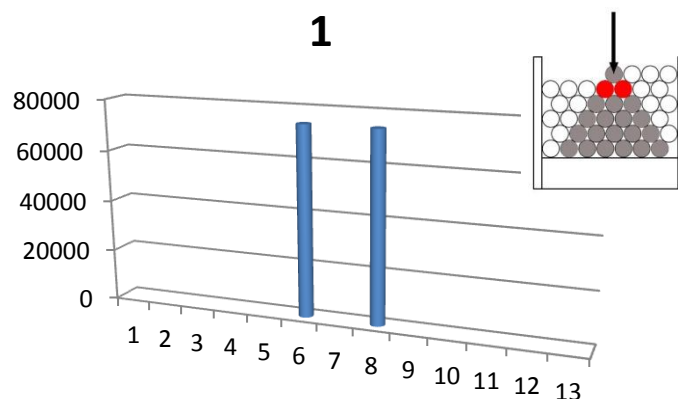
8.4.2.2. Анализа аксијалних оптерећења унутар карактеристичног троугла



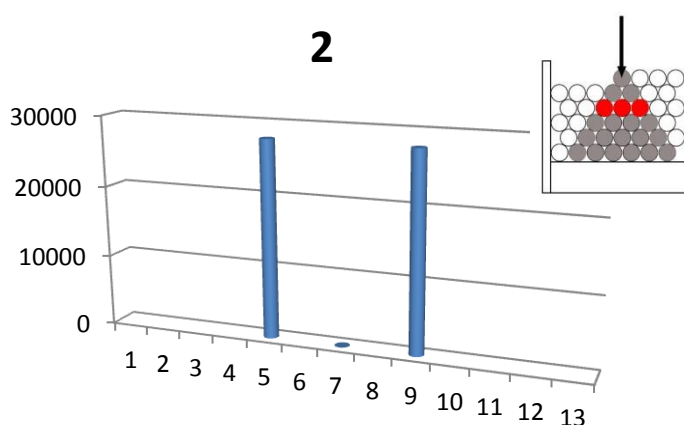
	1	2	3	4	5	6
■						274.8320109
■					1465.770725	
■				3908.721933		1923.824076
■			10423.25849		4397.312175	
■		27795.35597		7817.443866		3297.984131
■	74120.94925		10423.25849		2931.54145	
■		0		0		0
■	74120.94925		10423.25849		2931.54145	
■		27795.35597		7817.443866		3297.984131
■			10423.25849		4397.312175	
■				3908.721933		1923.824076
■					1465.770725	
■						274.8320109

Слика 122. Приказ промене аксијалних оптерећења у калему ужета унутар карактеристичног троугла

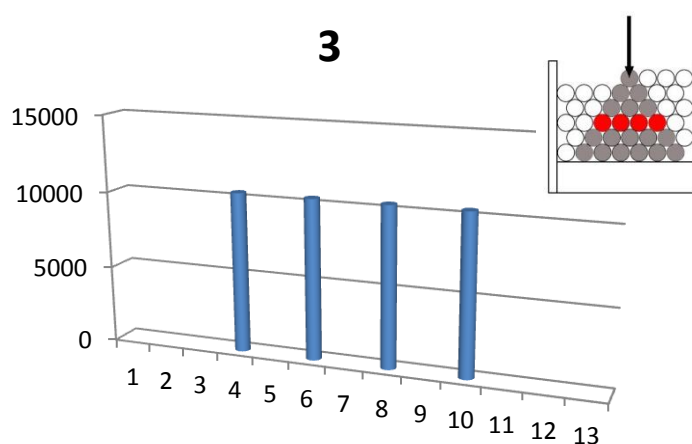
Пратећи редом приказане графике, може се приметити промена оптерећења у зависности од нивоа ужета. Изнад сваког графика налази се слика како би се што лакше уочила промена аксијалних оптерећења у одговарајућем реду унутар карактеристичног троугла.



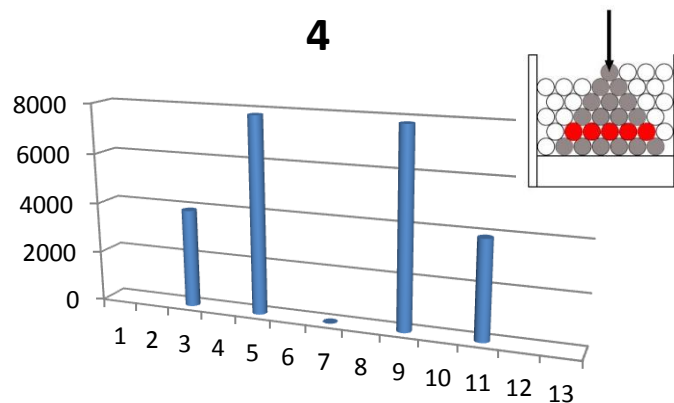
Слика 123. Аксијална оптерећења у другом слоју



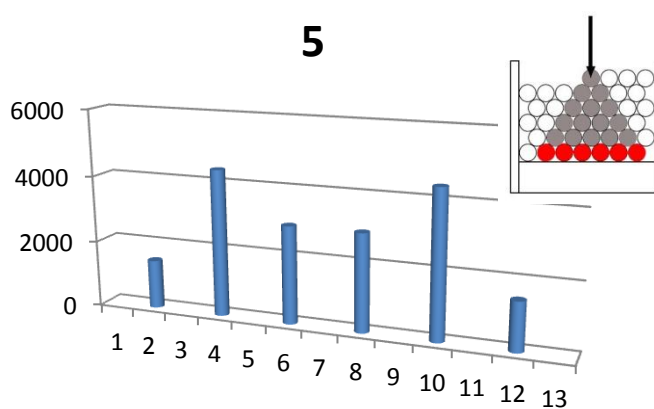
Слика 124. Аксијална оптерећења у трећем слоју



Слика 125. Аксијална оптерећења у четвртном слоју

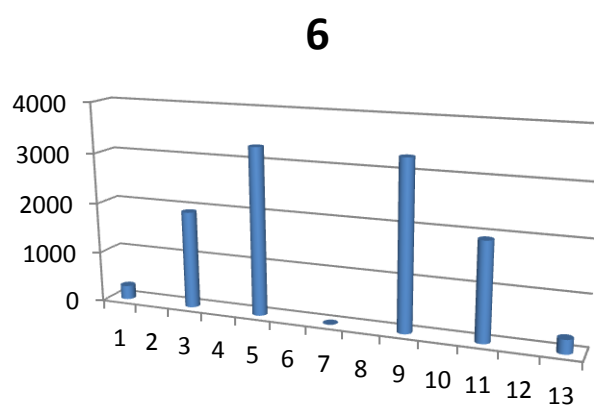


Слика 126. Аксијална оптерећења у петом слоју

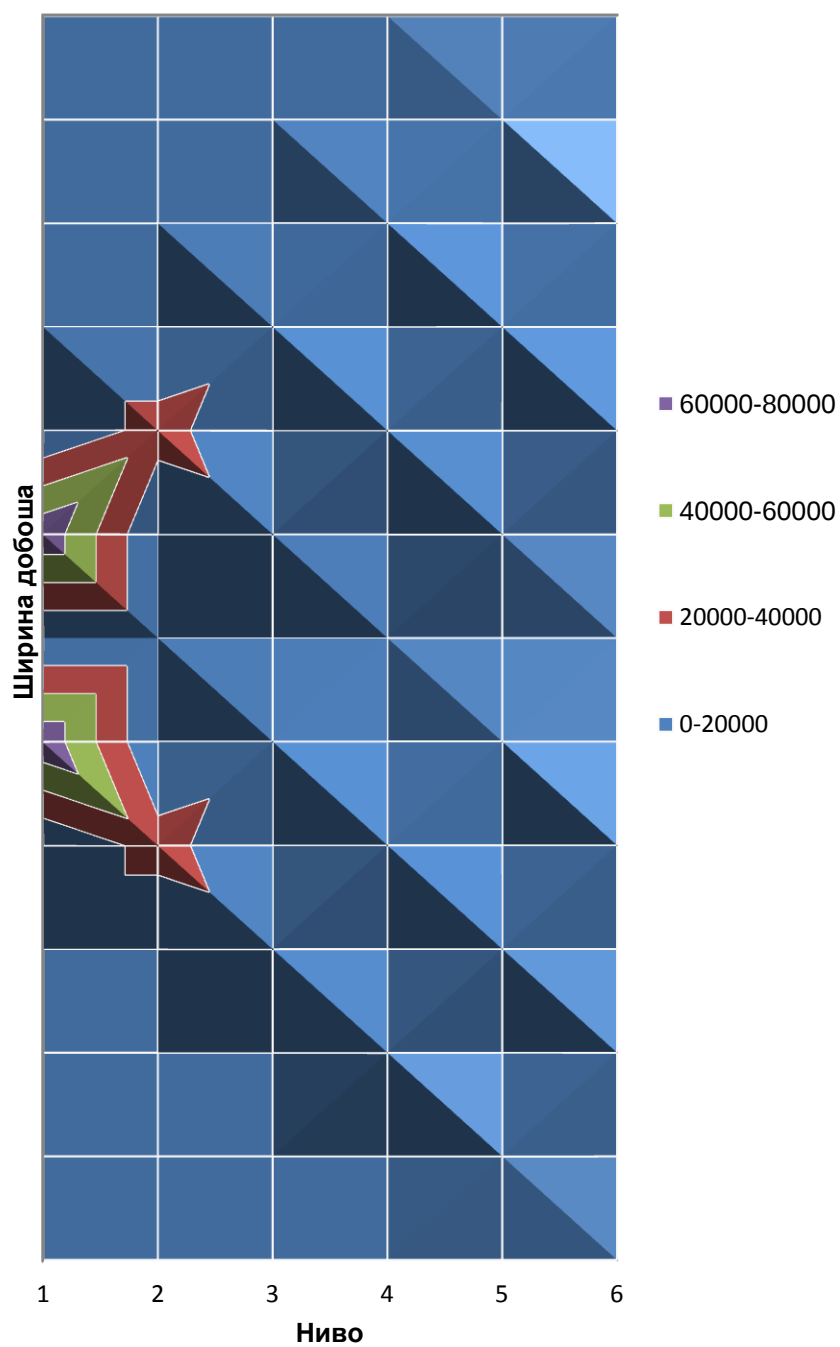


Слика 127. Аксијална оптерећења у шестом слоју

На графику на Слици 128 је приказано каква би била расподела у наредном реду који није уцртан на скици.

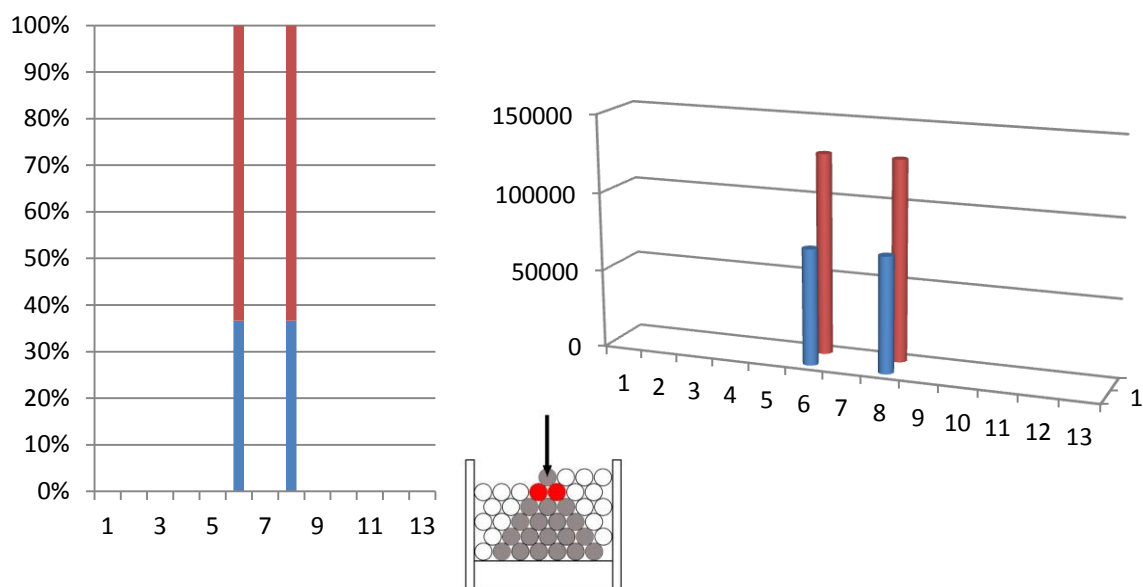


Слика 128. Аксијална оптерећења у седмом слоју

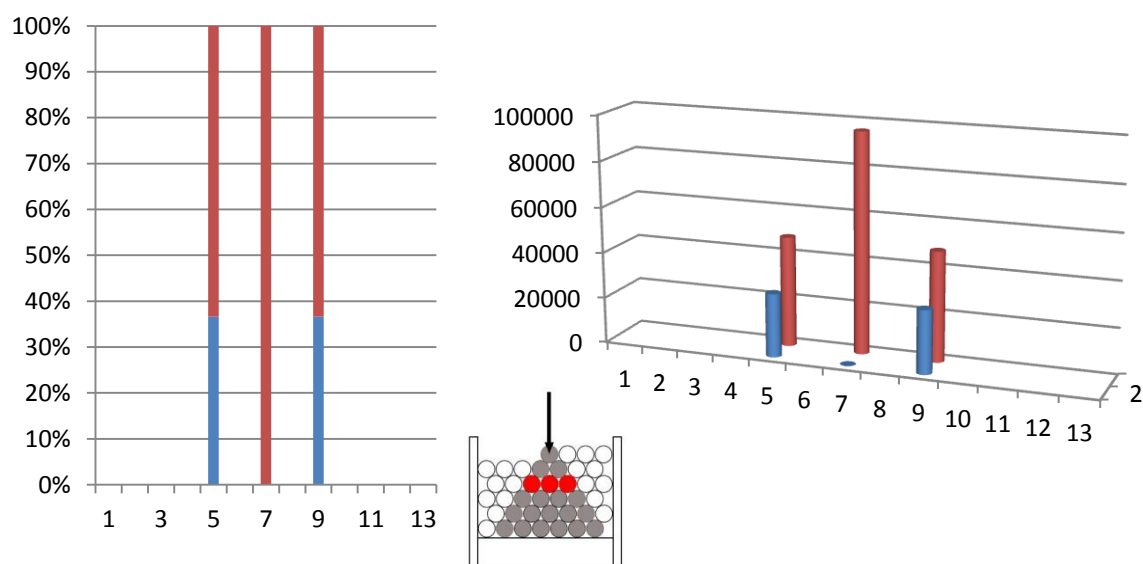


Слика 129. Промена аксијалних оптерећења

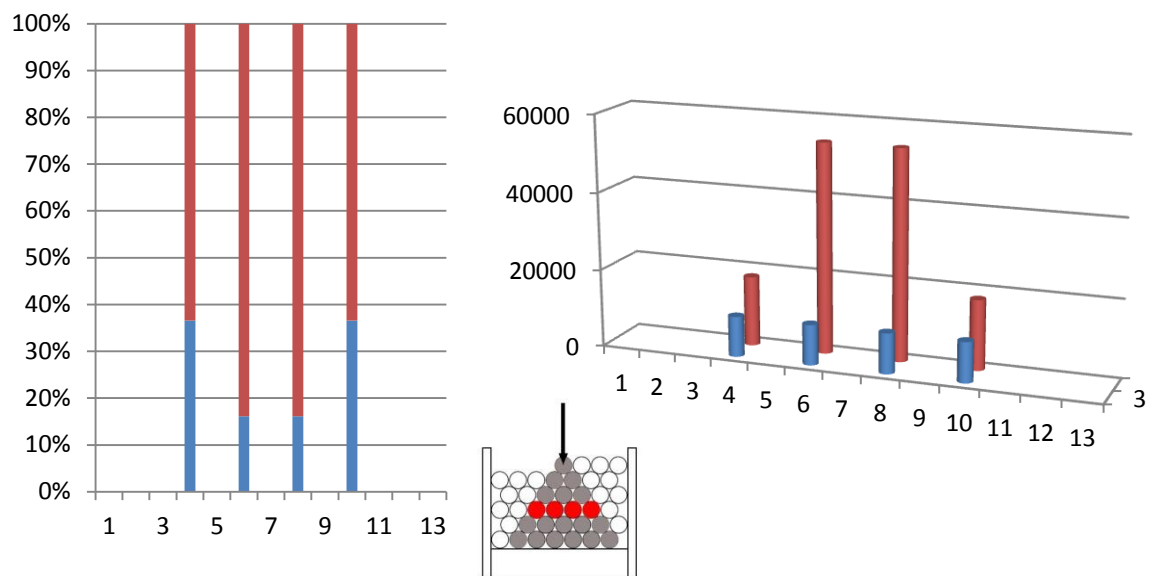
8.4.3. Узајамна зависност између радијалних и аксијалних оптерећења унутар карактеристичног једнакостраничног троугла



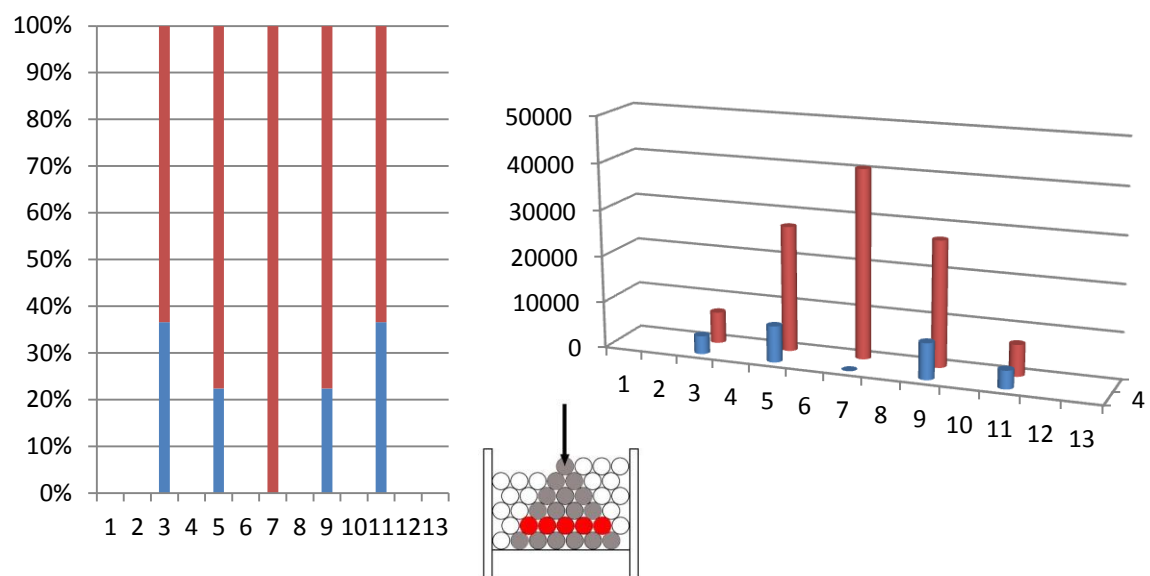
Слика 130. Зависност радијалних и аксијалних оптерећења у другом слоју



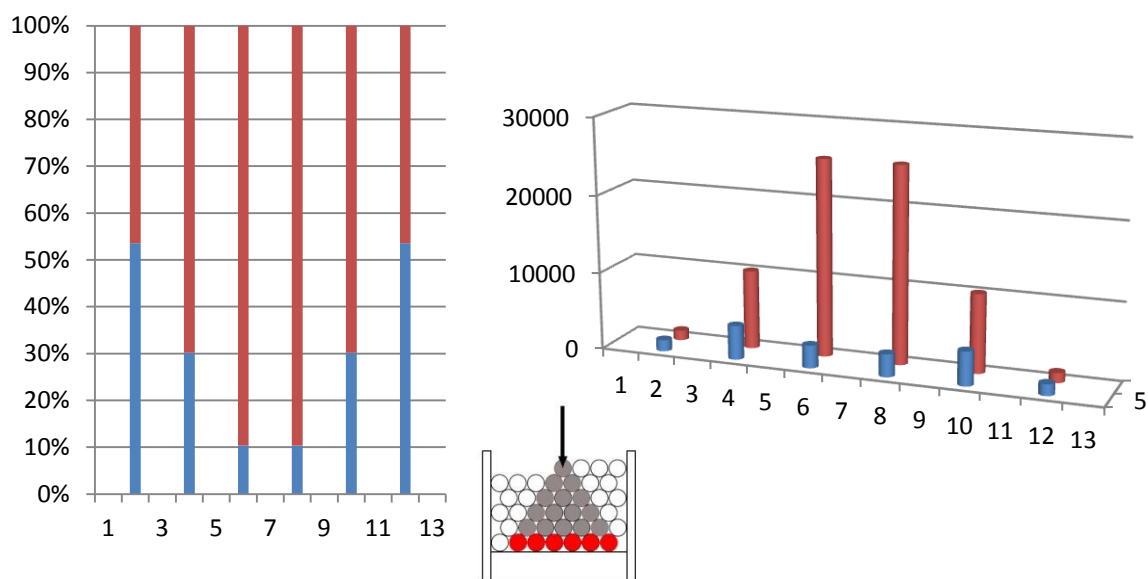
Слика 131. Зависност радијалних и аксијалних оптерећења у трећем слоју



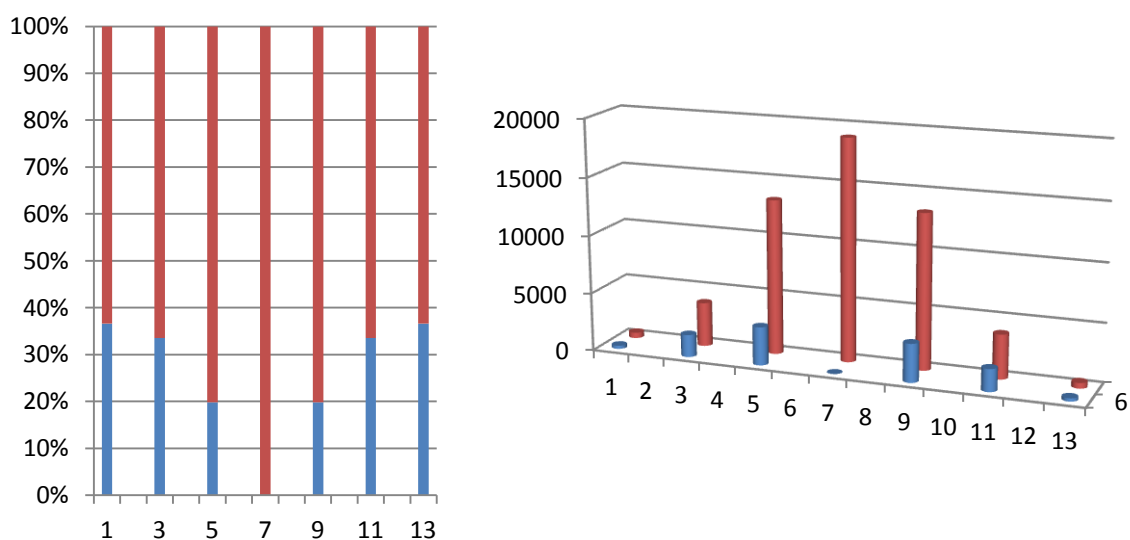
Слика 132. Зависност радијалних и аксијалних оптерећења у четвртм слоју



Слика 133. Зависност радијалних и аксијалних оптерећења у петом слоју



Слика 134. Зависност радијалних и аксијалних оптерећења у шестом слоју



Слика 135. Зависност радијалних и аксијалних оптерећења у седмом слоју

Пажљиво посматрајући приложене дијаграме извршене анализе може се закључити да оптерећења унутар завојака, у зависности од нивоа, драстично опадају и да се након неколико слојева практично изједначавају. Такође се може приметити и велика разлика између радијалних и аксијалних оптерећења.

* * *

Приказана анализа претставља оригинално осмишљену методу аутора којом је извршен приказ понашања оптерећења унутар калема ужета. Приказана анализа претставља само део могућих анализа овом методом, али и поред тога уочљиво дочарава ток оптерећења. Анализа је извршена у равни, али свакако оставља могућност проширења анализе и у простору.

Ова метода је настала из потребе да се добије увид оптерећења у свим правцима калема како би се створила свест о понашању оптерећења у реалним условима и како би се одговарајући подаци искористили за даље анализе.

Идеја за израду ове методе је настала од већ вршених анализа других аутора који су се бавили овом проблематиком¹, али који се баве долажењем до резултујућих података помоћу математичког модела. Како би се избегла анализа математичког модела као већ доступног начина анализирања, осмишљена је приказана метода која коришћењем софтвера Microsoft Office Excel табеларним путем омогућава долажење до зависности између оптерећења унутар калема ужета.

¹ Литература из које је проистекла идеја за анализом:

- Design of Hoist winches with multi layer spooling, presented by Walter Länge

9. АНАЛИЗА ДОБОША ПОВЛАЧНОГ ВИТЛА

Анализа добоша повлачног витла иведена је у софтверу Autodesk Inventor коришћењем радног окружења Stress Analysis. Ово окружење као вид анализе користи нумеричку методу коначних елемената (МКЕ) и даје визуелну претставу напонско-деформационих стања анализираног елемента услед деловања оптерећења која се задају на основу реалних услова рада.

9.1. Метода коначних елемената

Метод коначних елемената (МКЕ) спада у методе дискретне анализе. Заснива се на физичкој дискретизацији посматраног домена. Посматрани континуум са бесконачним бројем степени слободе се апроксимира дискретним моделом међусобно повезаних коначних елемената са коначним бројем степени слободе. Суштина апроксимације континуума по МКЕ се састоји у следећем:

- Посматрани домен континуума се дели на поддомене коначних димензија који се називају коначним елементима и заједно чине мрежу коначних елемената
- Коначни елементи су међусобно повезани у коначном броју тачака које се налазе на контури елемената и називају се чворови
- Стање променљиве поља у сваком коначном елементу се описује помоћу интерполационих функција (или функција облика)
- Интерполационе функције су унапред задате функције за један тип коначног елемента и представљају везу између вредности променљиве поља у било којој тачки коначног елемента и вредности променљиве поља у чворовима.

Управо начин превођења континуалних физичких система у дискретне, односно начин формирања система алгебарских једначина помоћу којих се апроксимира одређени контурни задатак, одређује варијанту МКЕ, која се разликује од осталих само у погледу формалног приступа. Постоје четири основна вида МКЕ: директна метода, варијациона метода, метода резидуума и метода баланса енергије. За основну формулацију у МКЕ, због своје општости и једноставности примене, сматра се варијациона формулација, која се заснива на варијационим принципима механике континуума (принцип о минимуму потенцијалне енергије, принцип о минимуму комплементарне енергије и Рајснеров варијациони принцип). Када се полази од принципа о минимуму потенцијалне енергије за основне непознате се усвајају кинематичке (деформацијске) величине, а по другом принципу о минимуму комплементарне енергије основне непознате су статичке величине. Рајснеров принцип као основне непознате усваја и статичке и кинематске величине. На тај начин су

добијена три облика варијационе формулације МКЕ, под називом: метода деформација, метода сила и мешовита метода.

Функције помоћу којих се представља поље променљивих у елементу, називају се интерполационе функције, функције облика или апроксимативне функције. Помоћу интерполационих функција се успоставља непосредна веза између вредности функције у било којој тачки елемента и основних непознатих параметара у чворовима. Вредност функције у некој тачки се интерполира између њених вредности у чворовима. Помоћу ових функција одређена је само квалитативно промена функције у елементу, што значи да је дефинисан само њен облик док је интезитет те промене одређен вредностима параметара у чворовима. Од избора интерполационих функција зависи испуњење континуитета између појединих елемената. Према томе да ли су, или нису, задовољени услови континуитета односно компатибилности на границама између појединих елемената, елементи могу бити компатибилни и некомпатибилни односно конформни или неконформни. Елементи са вишим степеном континуитета дају тачнија решења од оних са нижим, али је њихово дефинисање знатно сложеније. 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:

1. Идентификација проблема
2. Дефинисање елемената
3. Формирање једначина за елеменат
4. Повезивање једначина елемената
5. Нумеричко решавање глобалних једначина [7]

9.2. Избор параметара и ограничења

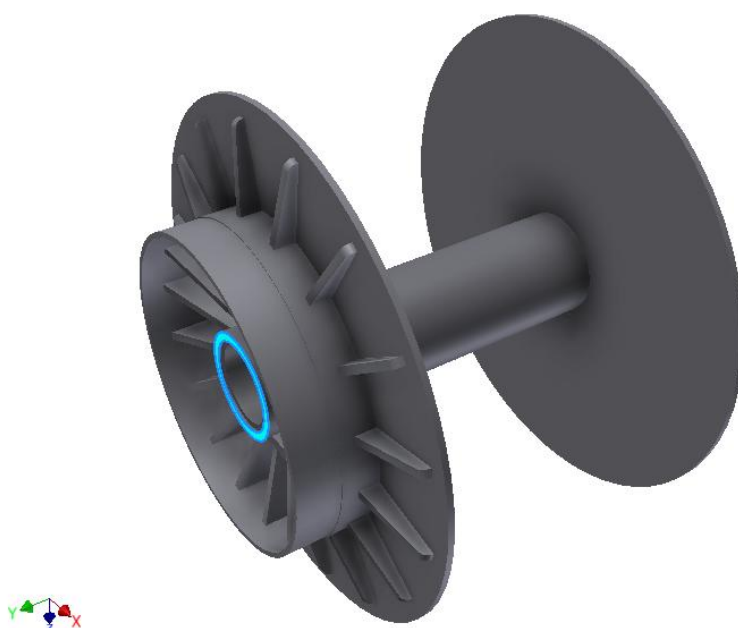
Да би се извела анализа коришћењем окружења Stress Analysis потребно дефинисати одговарајуће услове и параметре при којима се анализа изводи и они су:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0.1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0.2
Grading Factor	1.5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

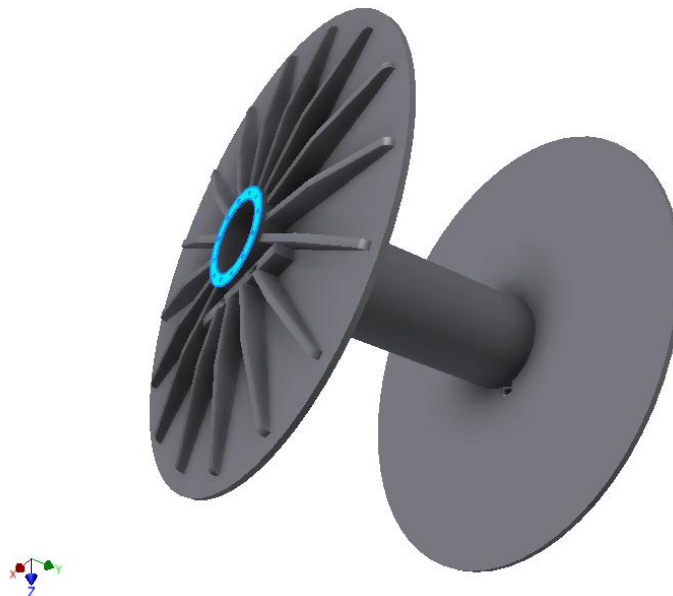
Табела 16. Параметри мреже

Name	Steel	
General	Mass Density	7.85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0.3 ul
	Shear Modulus	80.7692 GPa
Stress Thermal	Expansion Coefficient	0.000012 ul/c
	Thermal Conductivity	56 W/(m K)
	Specific Heat	460 J/(kg c)

Табела 17. Параметри усвојеног материјала добоша витла



Слика 136. Ограничење добоша на страни погонске јединице



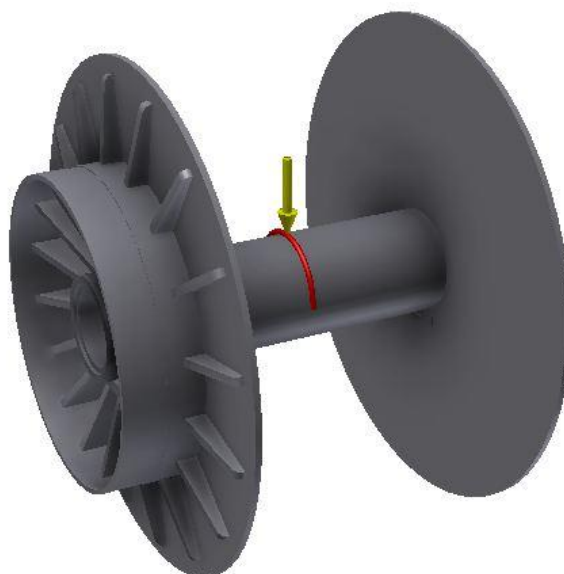
Слика 137. Ограничење добоша на страни ланчаног преносника

9.3. Анализа цеви добоша повлачног витла

Приликом извођења анализа напонско-деформационог стања на 3D моделу, један од највећих проблема је како на што бољи начин поставити оптерећења која би што је реалније могуће симулирала реална оптерећења приликом експлоатације испитиваног елемента у реалним условима.

На основу анализа урађених помоћу виртуелног Excel блок модела долази се до податка да је у тренутку када се уже нађе на средини цеви добоша у првом слоју намотавања оптерећење на цеви добоша највеће.

Да би се на што реалнији начин поставило оптерећење, направљен је помоћни модел половине намотаја ужета који се налази на месту оптерећења, а затим је оптерећење у виду силе постављено тако да делујући на калем опонаша притисно оптерећење ужета на цев добоша (Слика 136).



Слика 138. Приказ начина постављања оптерећења

Задата оптерећења на цеви добоша су оптерећење услед сопствене масе елемента и оптерећење услед деловања вучног оптерећења.

Load Type	Force
Magnitude	343350.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	343350.000 N

Load Type	Gravity
Magnitude	9810.000 mm/s ²
Vector X	0.000 mm/s ²
Vector Y	0.000 mm/s ²
Vector Z	9810.000 mm/s ²

Табела 18. Задато оптерећења и утицај сопствене масе

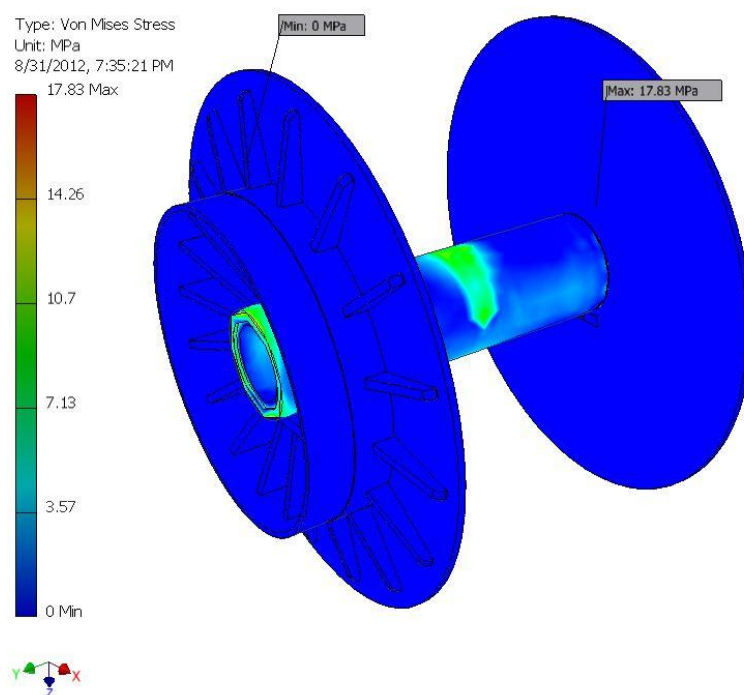
Резултати урађених анализа су приказани на следећим табелама и сликама:

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	184462 N	0 N	82276.8 N m	82276.7 N m
		-7736.12 N		0 N m
		-184300 N		61.4769 N m
Fixed Constraint:2	211179 N	0 N	93540.2 N m	-93540.1 N m
		7743.85 N		0 N m
		-211037 N		109.968 N m

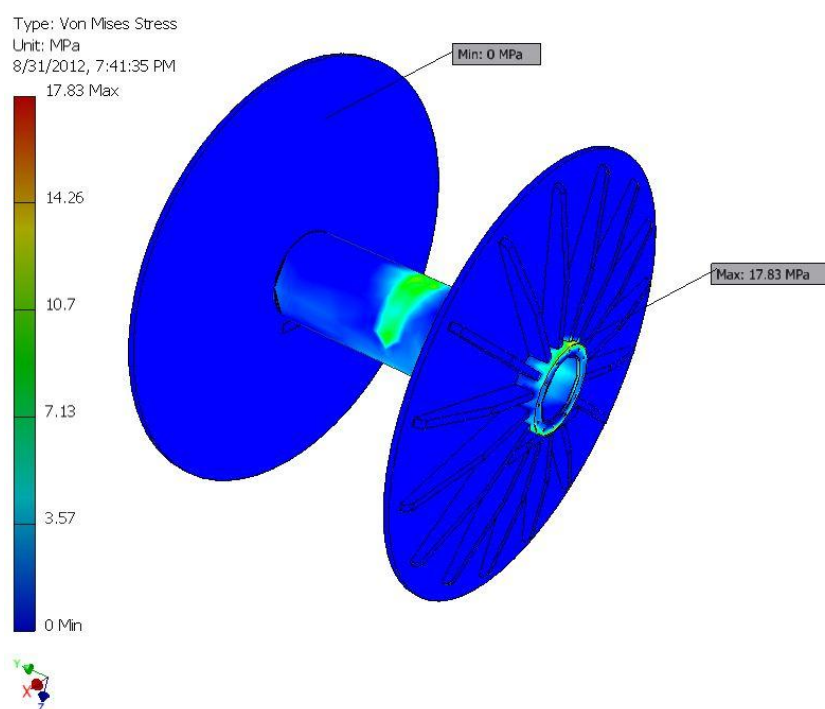
Табела 19. Реакције ослонаца

Name	Minimum	Maximum
Volume	665504000 mm ³	
Mass	5224.21 kg	
Von Mises Stress	0.000672534 MPa	65.3099 MPa
1st Principal Stress	-8.68851 MPa	70.6179 MPa
3rd Principal Stress	-52.1544 MPa	11.0659 MPa
Displacement	0 mm	0.0722902 mm
Safety Factor	3.1695 ul	15 ul
Stress XX	-43.3868 MPa	49.957 MPa
Stress XY	-7.52295 MPa	10.8476 MPa
Stress XZ	-30.6157 MPa	29.4918 MPa
Stress YY	-23.5911 MPa	28.3324 MPa
Stress YZ	-24.9845 MPa	25.3898 MPa
Stress ZZ	-13.6349 MPa	22.1182 MPa
X Displacement	-0.00555831 mm	0.00538104 mm
Y Displacement	-0.0543309 mm	0.059451 mm
Z Displacement	-0.00187621 mm	0.0722835 mm
Equivalent Strain	0.00000000281934 ul	0.000279938 ul
1st Principal Strain	0.00000000169997 ul	0.000316861 ul
3rd Principal Strain	-0.000213961 ul	0.000000103026 ul
Strain XX	-0.000159685 ul	0.000188961 ul
Strain XY	-0.0000465706 ul	0.0000671515 ul
Strain XZ	-0.000189526 ul	0.000182568 ul
Strain YY	-0.0000894679 ul	0.000100224 ul
Strain YZ	-0.000154666 ul	0.000157175 ul
Strain ZZ	-0.0000708011 ul	0.000102503 ul
Contact Pressure	0 MPa	88.3797 MPa
Contact Pressure X	-59.2321 MPa	59.6172 MPa
Contact Pressure Y	-56.5556 MPa	46.4779 MPa
Contact Pressure Z	-34.1274 MPa	67.4514 MPa

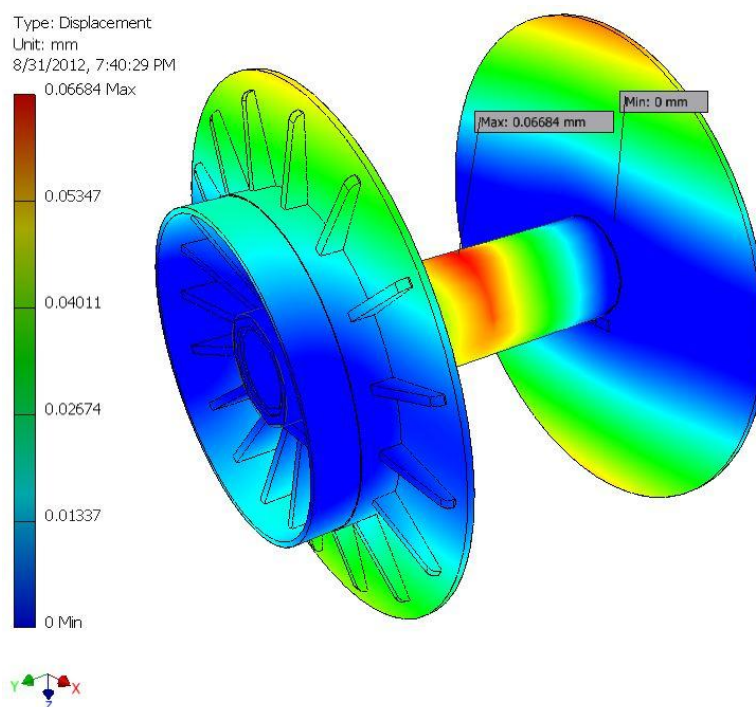
Табела 20. Резултати извршене анализе



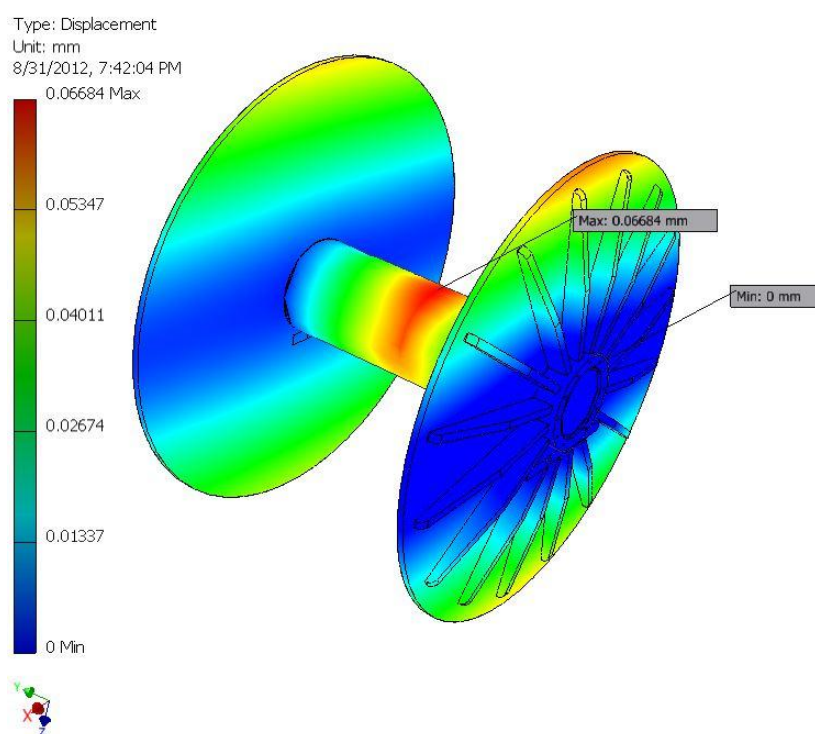
Слика 139. Вон Мизесов напон – приказ 1



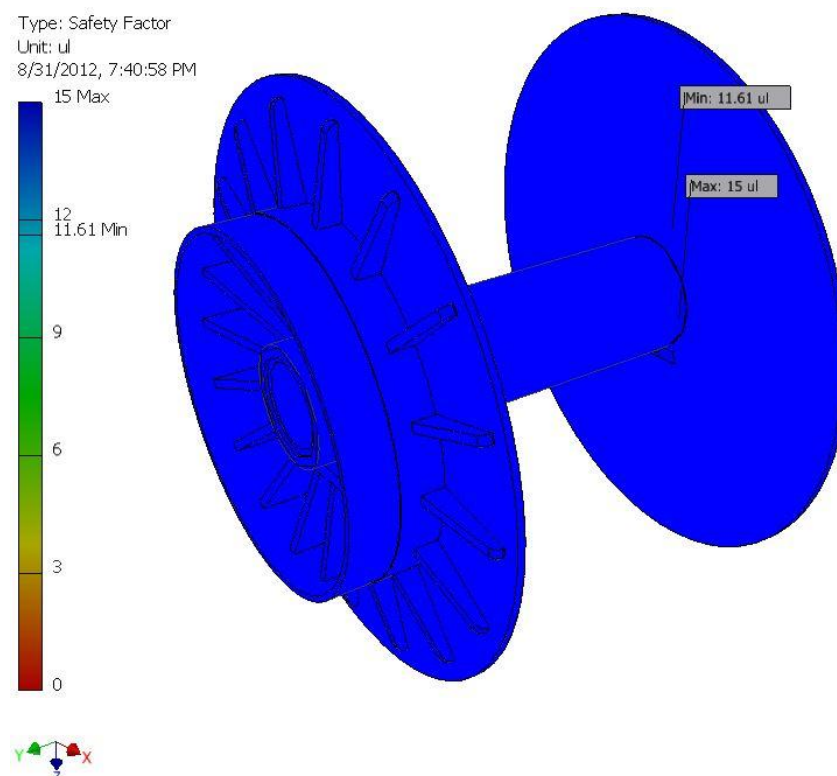
Слика 140. Вон Мизесов напон – приказ 2



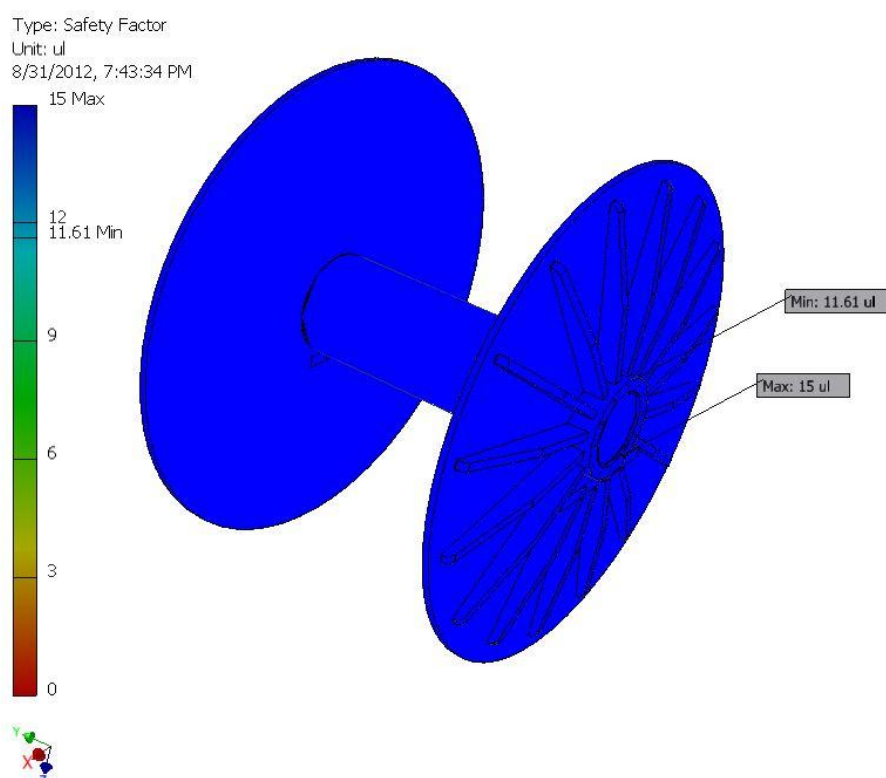
Слика 141. Померање - приказ 1



Слика 142. Померање - приказ 2



Слика 143. Фактор сигурности - приказ 1

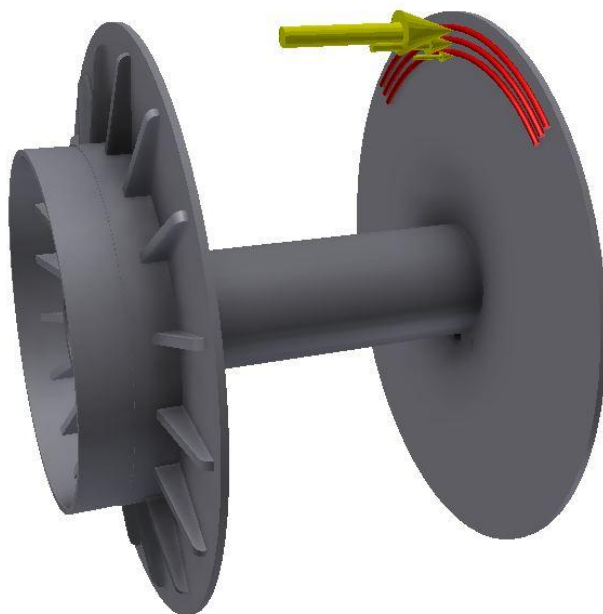


Слика 144. Фактор сигурности - приказ 2

9.4. Анализа бочне стране (фланже) са стране ланчаног преносника

Оптерећења на бочне стране добоша са стране ланчаника су такође постављена делујући директно путем помоћних модела ужета на одговарајућим пречницим нивоа ужета. Вредности и начин оптерећења на бочне стране су преузети из анализе изведене помоћу виртуелног Excel блок модела.

Помоћни модели ужета претстављају непарне слојеве гледајући од последњег слоја калема ужета.



Слика 145. Приказ начина постављања оптерећења

Вредности оптерећења и резултата анализе су приказани у наредним табелама и сликама.

Load Type	Force
Magnitude	74121.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-74121.000 N
Vector Z	0.000 N

Load Type	Force
Magnitude	10423.260 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-10423.260 N
Vector Z	0.000 N

Load Type	Force
Magnitude	2931.540 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-2931.540 N
Vector Z	0.000 N

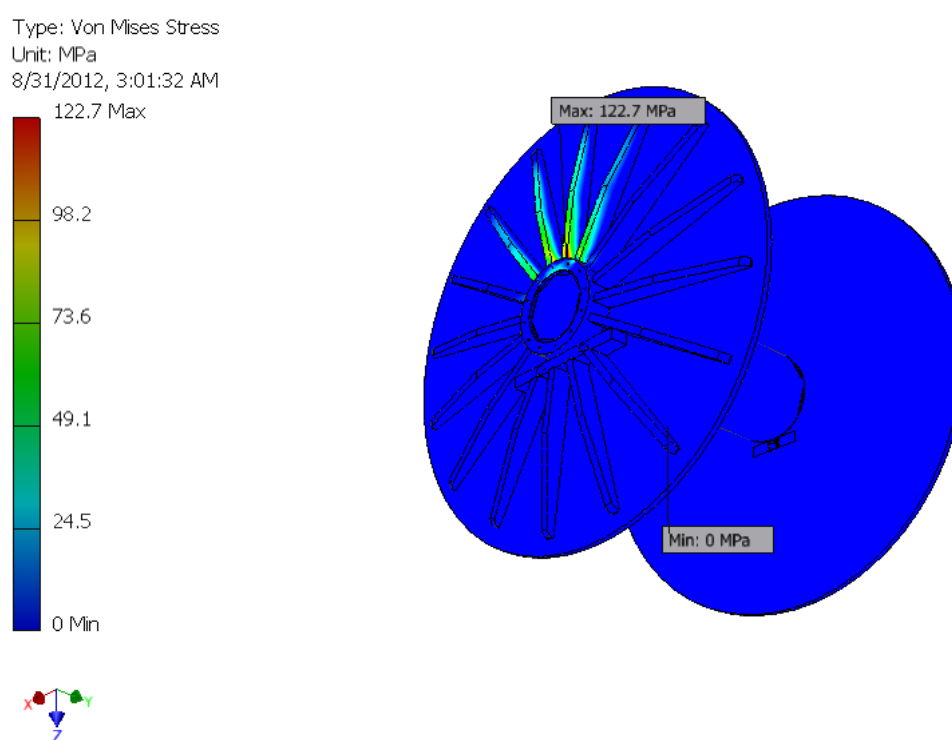
Табела 21. Задато оптерећење

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	9218.53 N	-371.25 N	8041.57 N m	-8033.66 N m
		838.131 N		259.853 N m
		-9172.84 N		-244.156 N m
Fixed Constraint:2	96644.4 N	0 N	62568 N m	62564.2 N m
		86652.4 N		-261.399 N m
		-42796 N		-638.105 N m

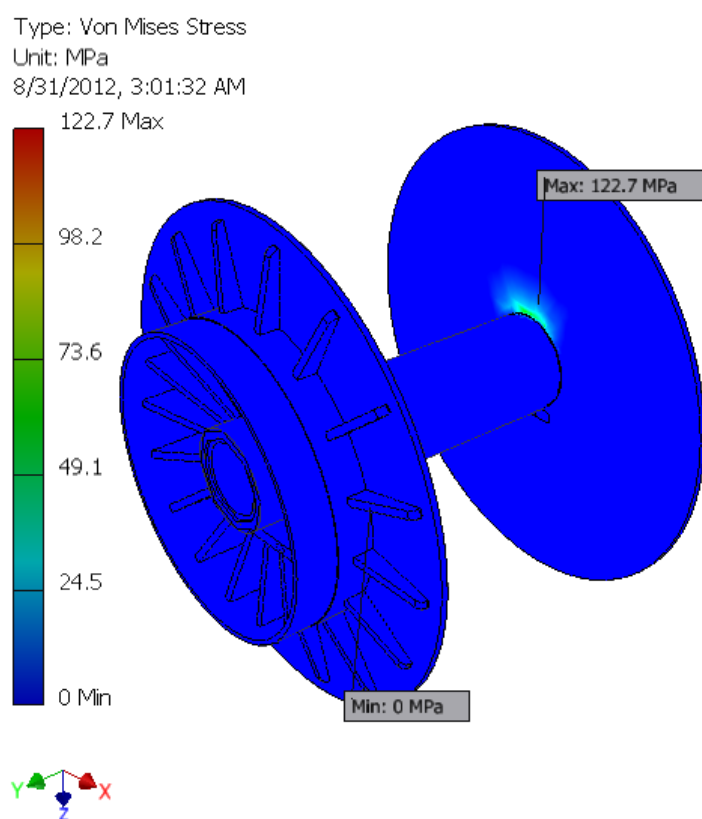
Табела 22. Реакције ослонаца

Name	Minimum	Maximum
Volume	665504000 mm ³	
Mass	5224.21 kg	
Von Mises Stress	0.000262691 MPa	122.693 MPa
1st Principal Stress	-21.7905 MPa	120.369 MPa
3rd Principal Stress	-135.973 MPa	28.9825 MPa
Displacement	0 mm	2.15146 mm
Safety Factor	1.68714 ul	15 ul
Stress XX	-64.1769 MPa	54.1263 MPa
Stress XY	-21.6628 MPa	19.5126 MPa
Stress XZ	-46.673 MPa	54.4667 MPa
Stress YY	-67.4193 MPa	62.2084 MPa
Stress YZ	-28.0831 MPa	35.9438 MPa
Stress ZZ	-134.174 MPa	105.652 MPa
X Displacement	-0.0265506 mm	0.0334311 mm
Y Displacement	-2.14884 mm	0.122915 mm
Z Displacement	-0.189308 mm	0.189482 mm
Equivalent Strain	0.00000000111541 ul	0.000527451 ul
1st Principal Strain	-0.00000443262 ul	0.000472363 ul
3rd Principal Strain	-0.000606767 ul	0.0000000358767 ul
Strain XX	-0.000218939 ul	0.00024278 ul
Strain XY	-0.000134103 ul	0.000120792 ul
Strain XZ	-0.000288928 ul	0.000337175 ul
Strain YY	-0.000263837 ul	0.00021537 ul
Strain YZ	-0.000173848 ul	0.000222509 ul
Strain ZZ	-0.000595634 ul	0.000386501 ul
Contact Pressure	0 MPa	342.792 MPa
Contact Pressure X	-47.8755 MPa	68.8789 MPa
Contact Pressure Y	-211.191 MPa	68.5664 MPa
Contact Pressure Z	-175.378 MPa	264.878 MPa

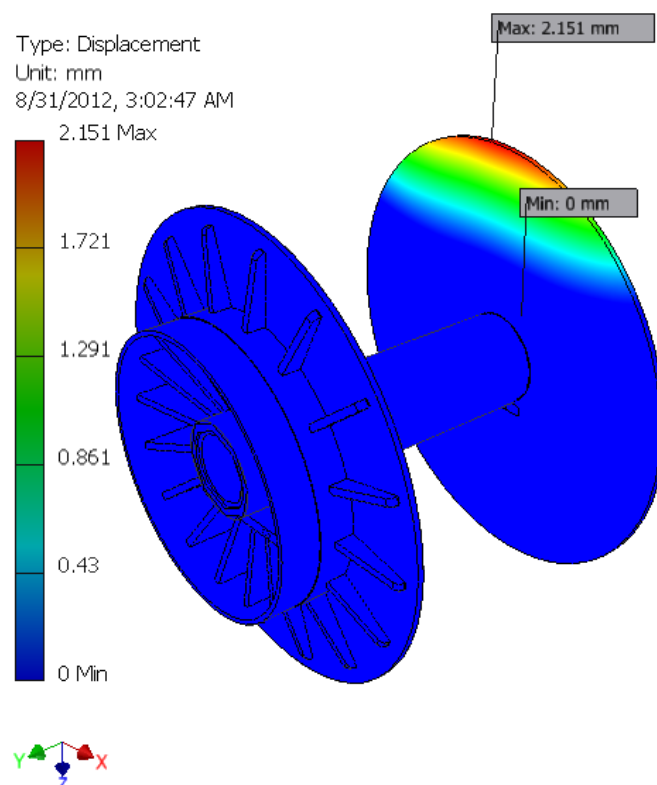
Табела 23. Резултати анализе



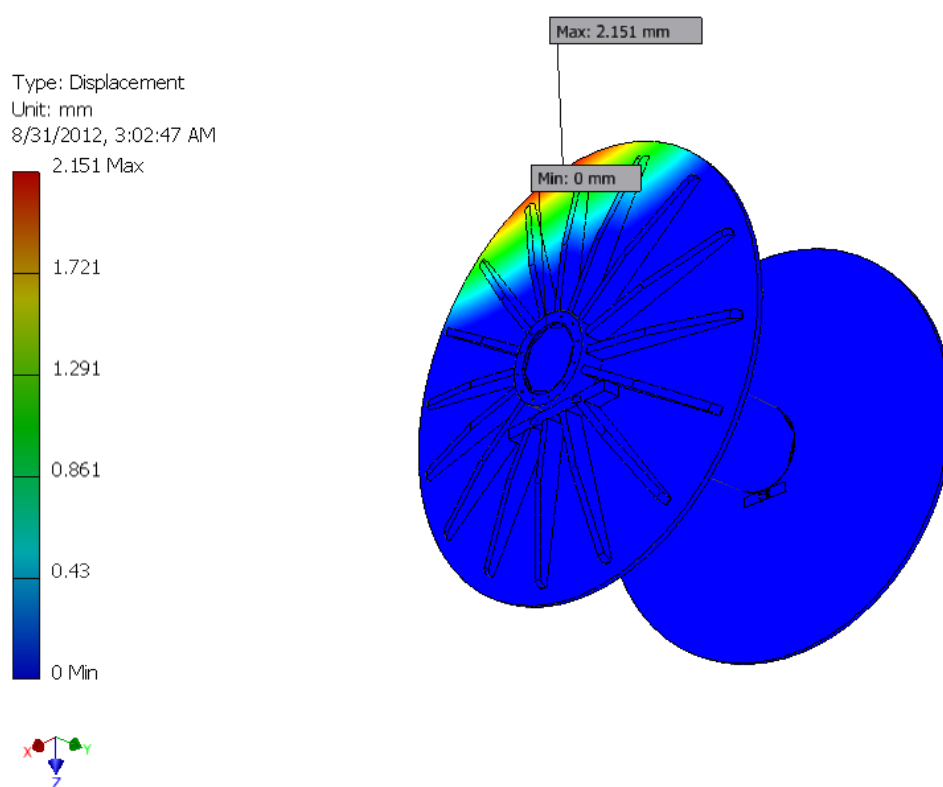
Слика 146. Вон Мизесов напон – приказ 1



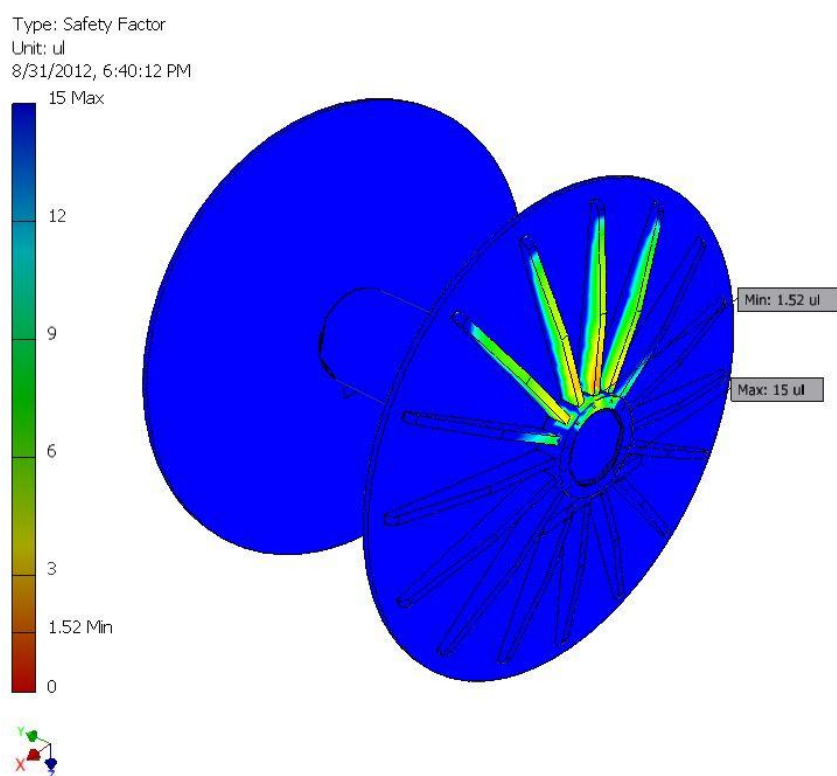
Слика 147. Вон Мизесов напон – приказ 2



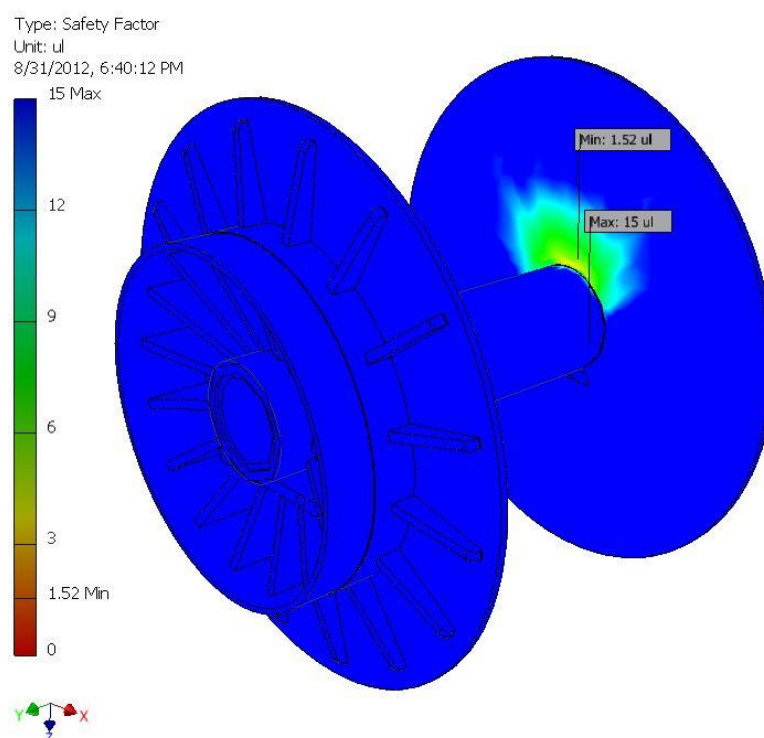
Слика 148. Померање - приказ 1



Слика 149. Померање - приказ 2



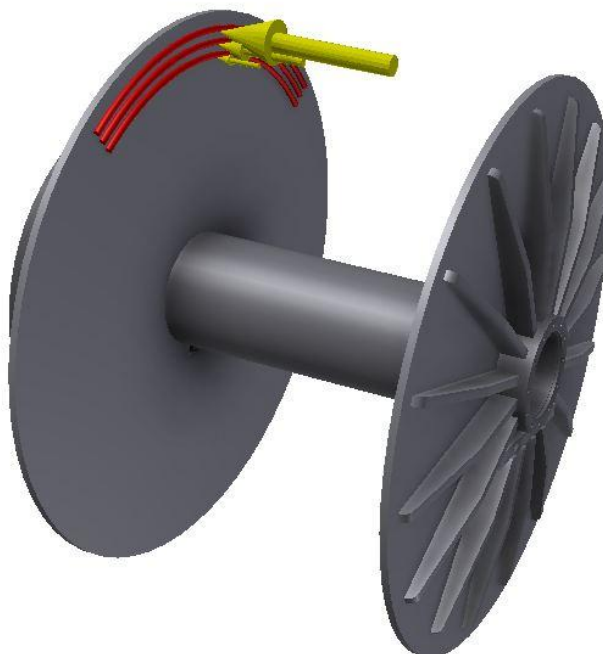
Слика 150. Фактор сигурности - приказ 1



Слика 151. Фактор сигурности - приказ 2

9.5. Анализа бочне стране (фланже) са стране погонске јединице

Анализа бочне стране добоша са стране погонске јединице је изведена на готово исти начин као и анализа бочне стране са стране ланчаног преносника.



Слика 152. Приказ начина постављања оптерећења

Load Type	Force
Magnitude	74121.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-74121.000 N
Vector Z	0.000 N

Load Type	Force
Magnitude	10423.260 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-10423.260 N
Vector Z	0.000 N

Load Type	Force
Magnitude	2931.540 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-2931.540 N
Vector Z	0.000 N

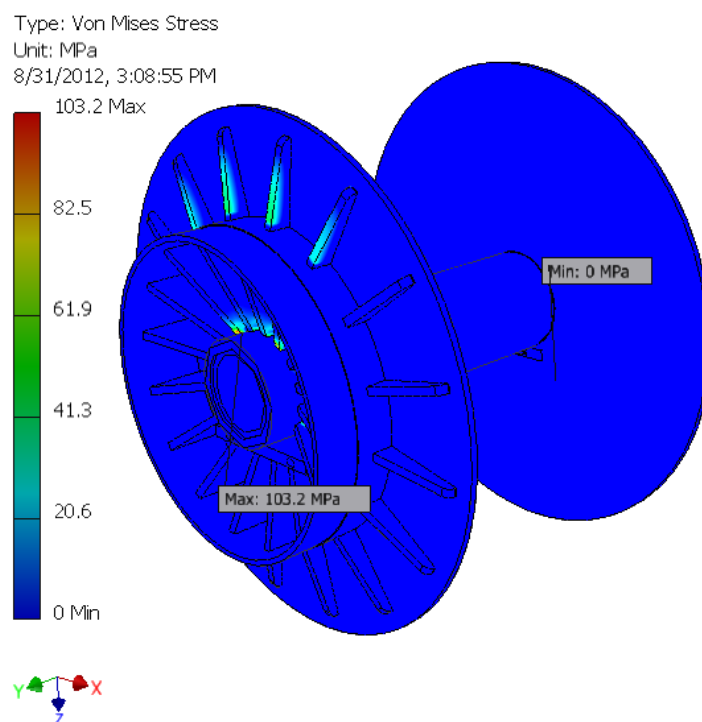
Табела 24. Задато оптерећење

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	101752 N	0 N	47156.3 N m	-47156 N m
		-84672.2 N		176.082 N m
		-56427.5 N		0 N m
Fixed Constraint:2	5298.9 N	89.1996 N	12232.2 N m	12230.8 N m
		-2827.62 N		-160.592 N m
		4480.51 N		-87.1649 N m

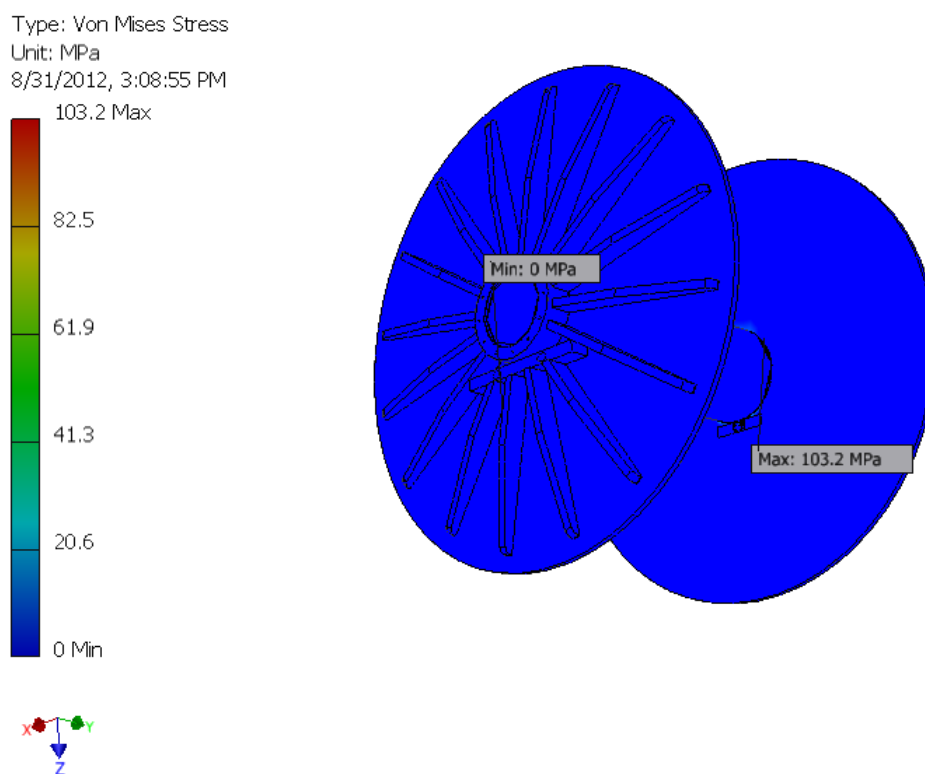
Табела 25. Реакције ослонаца

Name	Minimum	Maximum
Volume	665504000 mm ³	
Mass	5224.21 kg	
Von Mises Stress	0.00145347 Mpa	103.175 Mpa
1 st Principal Stress	-23.1031 Mpa	75.2671 Mpa
3 rd Principal Stress	-122.764 Mpa	21.196 Mpa
Displacement	0 mm	1.14133 mm
Safety Factor	2.00629 ul	15 ul
Stress XX	-80.0622 Mpa	39.2494 Mpa
Stress XY	-25.2354 Mpa	24.7111 Mpa
Stress XZ	-39.8635 Mpa	49.758 Mpa
Stress YY	-49.2135 Mpa	35.7896 Mpa
Stress YZ	-20.8853 Mpa	25.9249 Mpa
Stress ZZ	-116.395 Mpa	50.0916 Mpa
X Displacement	-0.0531354 mm	0.0569889 mm
Y Displacement	-0.379938 mm	1.13952 mm
Z Displacement	-0.103068 mm	0.23901 mm
Equivalent Strain	0.00000000606994 ul	0.000450341 ul
1 st Principal Strain	-0.0000168668 ul	0.000378779 ul
3 rd Principal Strain	-0.000526691 ul	0.00000461145 ul
Strain XX	-0.000268301 ul	0.000144743 ul
Strain XY	-0.000156219 ul	0.000152973 ul
Strain XZ	-0.000246774 ul	0.000308026 ul
Strain YY	-0.000259734 ul	0.000131693 ul
Strain YZ	-0.00012929 ul	0.000160487 ul
Strain ZZ	-0.000487264 ul	0.00029843 ul
Contact Pressure	0 Mpa	166.645 Mpa
Contact Pressure X	-88.3124 Mpa	92.1987 Mpa
Contact Pressure Y	-93.122 Mpa	69.6207 Mpa
Contact Pressure Z	-71.2134 Mpa	138.209 Mpa

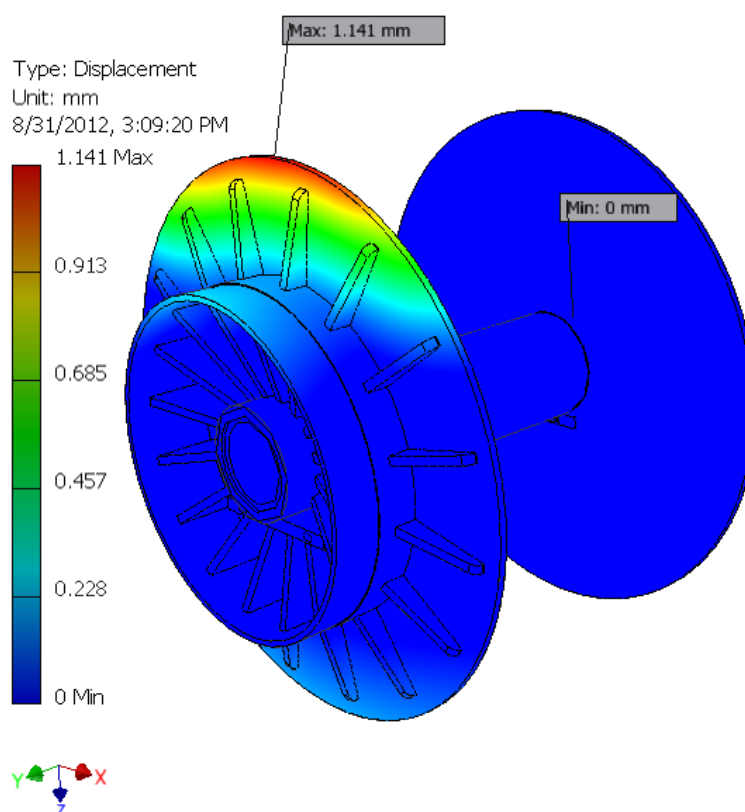
Табела 26. Резултати анализе



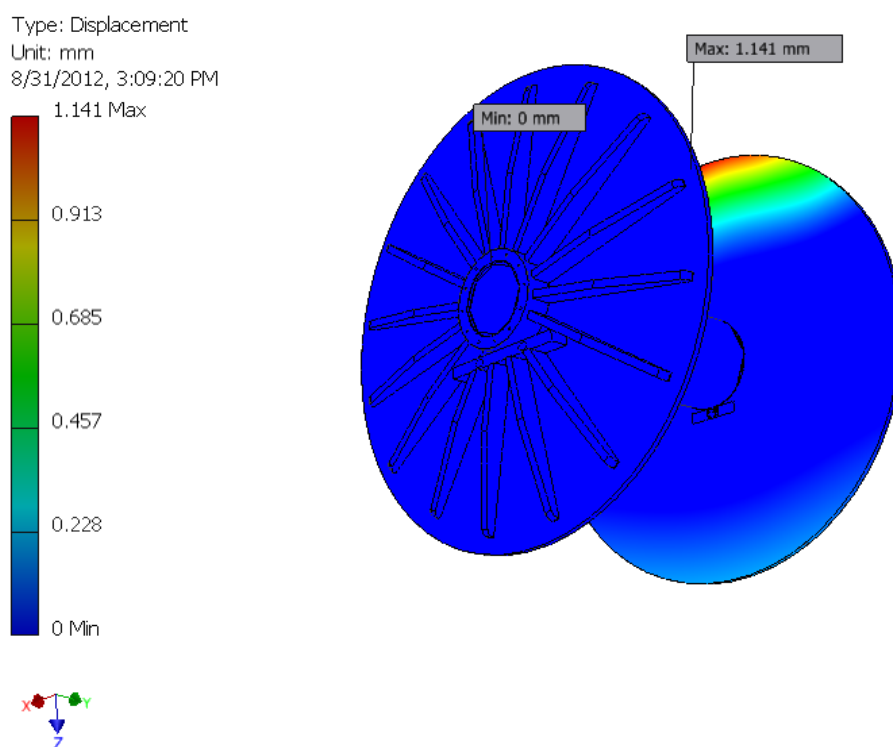
Слика 153. Вон Мизесов напон - приказ 1



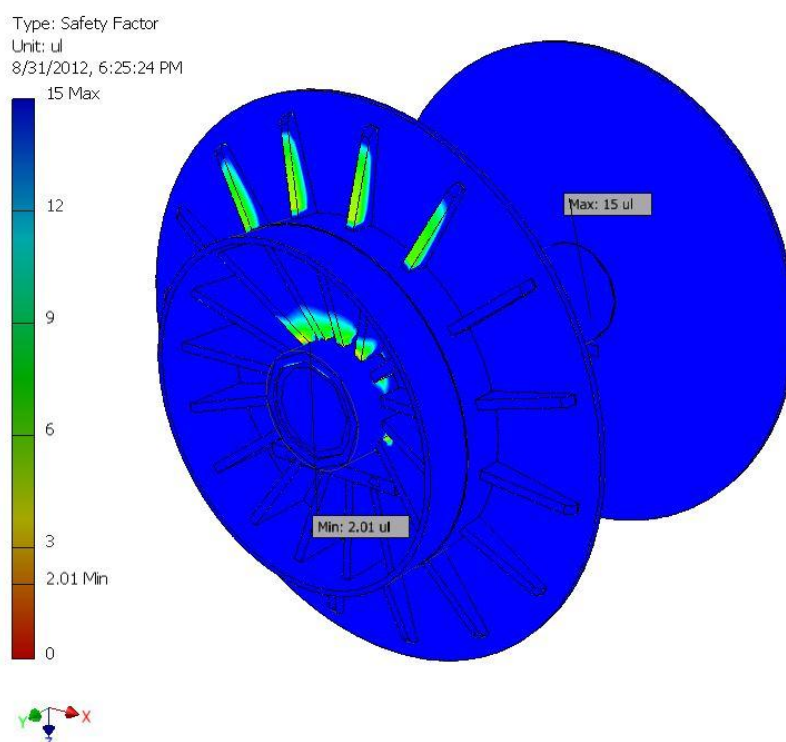
Слика 154. Вон Мизесов напон - приказ 2



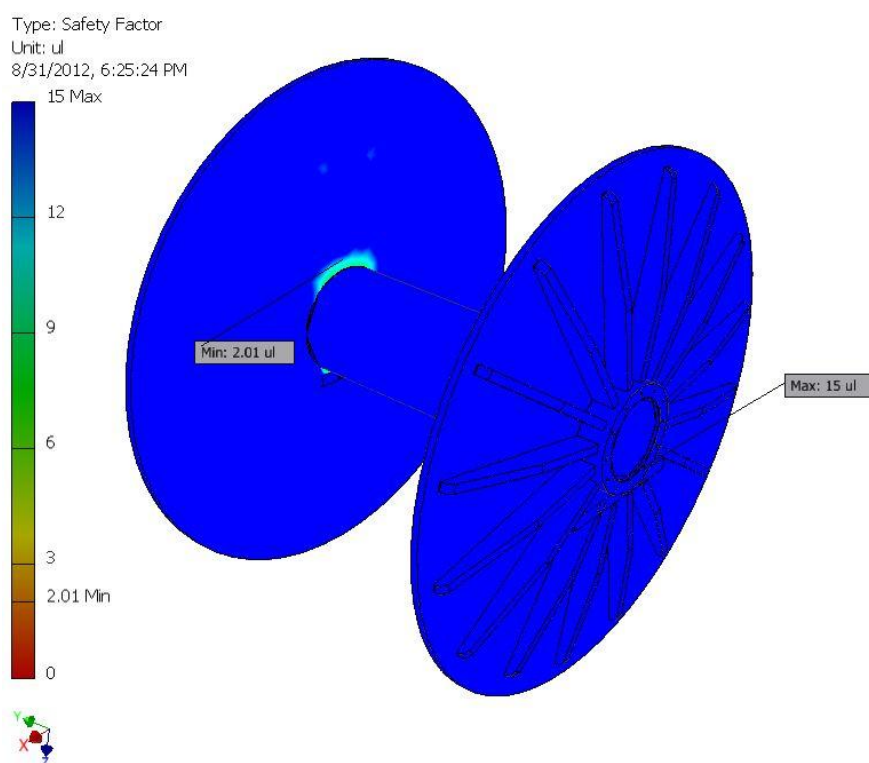
Слика 155. Померање - приказ 1



Слика 156. Померање - приказ 2



Слика 157. Фактор сигурности - приказ 1



Слика 158. Фактор сигурности - приказ 2

* * *

Целокупна извршена анализа применом окружења Stress Analysis софтвера Autodesk Inventor претставља коришћење података добијених помоћу виртуелног Excel блок модела, како би се визуелно дочарало понашање добоша витла услед претпостављених оптерећења која симулирају реална оптерећења током експлоатације. Као главни проблем приликом анализе овом методом јавља се потреба за што бољом проценом и претпоставком деловања реалних оптерећења. Да би резултати ових анализа у потпуности били валидни и поуздани, неопходно је извршити одговарајуће анализе и на физичком моделу, како би се сумирањем и анализом целокупних добијених података свим анализама дало реално стање о понашању конструкције у експлоатационим условима.

10. ЗАКЉУЧАК

На основу овог мастер рада, који даје увид у читав процес конструисања, може се закључити да процес конструисања није баш тако једноставан процес и да поред техничког знања захтева један активан период проучавања и упознавања са конструкцијом кроз доступан материјал сличних решења. Први део овог рада претставља баш тај део упознавања са конструкцијом и примењеним решењима у зависности од примене конструкције, са фокусом на примењивана решења потребним за дату конструкцију обрађену у раду.

Велику предност у току упознавања са датом конструкцијом је претстављало ауторово стечено практично знање из области израде, примене и одржавања конструкција витала.

Применом знања стечених истраживањем и упознавањем са конструкцијом долази се до одређених закључака који у даљем раду читав процес усмеравају у смеру ка добијању најбољег решења.

Наравно, да би се почело са израдом модела потребно је пре свега извршити одређена димензионисања конструкције чиме би се обезбедио исправан рад у одређеним условима. На самом почетку извршени прорачун потребне дебљине даје главну полазну одредницу која мора бити задовољена. Да би се направила једна поуздана конструкција, читав процес од идеје до израђеног модела био је испраћен одређеним пропратним анализама како би се стекао увид у могућности изабраних решења.

Као велику олакшицу процесу конструисања дате конструкције бродског витла чини примена CAD софтвера, чији широки спектар алата процес конструисања диже на један напредни ниво. С тога се може закључити да је инжењерима данас дато широко поље развијања креативности кроз брзу могућност визуелизације и анализе израђиване конструкције, што је случај и са овим радом.

Дати резултати одрађених анализа израђеног модела конструкције дају зелено светло за израду дате конструкције витла, али наравно уз одређену дозу храбрости. Може се закључити да је одређена доза храбрости неопходна при одобравању израде одређене конструкције, јер све анализе које се изводе при изради модела претстављају оквирне резултате који су добијени на основу оптерећења израчунатих на основу претпостављених услова рада. Све те претпоставке се испоставе или тачне или нетаче тек при пуштању конструкције у рад.

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] Брчић В. : *Отпорност материјала, Грађевински факултет*, Београд, 1989.
- [6] Det Norske Veritas (DNV), Oct 2005, "Offshore Standard DNV-OS-D101,"
- [7] Јовичић, Г.: *Педавања из предмета Инжињерски алати 2*, школске 2010/2011, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2010.