

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Машински елементи

Број индекса: 726/2013

Игор М. Ћосић

Улежиштење код вратила великих димензија
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

**1. Ванредни професор Мирко Благојевић -
ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да да основне информације о вратилима, о улежиштењу вратила, са посебним аспектом на вратила великих димензија. Такође, кандидат треба да дефинише технолошки поступак замене лежаја на централном вратилу за кружно кретање роторног багера SRs 1200.

Препоручена литература:

1. Николић Вера – Машински елементи, Крагујевац 2004.
2. Недимовић Богољуб – Вратила, Београд 1996.

Крагујевац, _____

ментор:

Мирко Благојевић, ванредни професор

РЕЗИМЕ РАДА

Тема овог рада је УЛЕЖИШТЕЊЕ КОД ВРАТИЛА ВЕЛИКИХ ДИМЕНЗИЈА. Рад је теоријско-практичан и подељен је на четири целине: Улежиштење вратила, Карактеристике и изглед роторног багера SRs 1200, Прорачун доњег лежаја на централном вратилу за кружно кретање роторног багера SRs 1200 и Технолошки поступак замене лежаја на централном вратилу за кружно кретање роторног багера SRs 1200. Прве две целине су чисто теоријске и њихов циљ је да ближе упознају са појмовима улежиштења и карактеристикама самог багера. Трећа целина се бави прорачуном и одабиром одговарајућег лежаја. Четврта целина детаљно описује поступак замене лежаја, као и мере безбедности којих се мора придржавати приликом извођења те операције.

КЉУЧНЕ РЕЧИ:

вратило, улежиштење, лежај, роторни багер, одложна трака, зупчаник, хидраулични цилиндар, кућиште, заштита на раду

SUMMARY

The topic of this paper is BEARING OF LARGE SHAFTS. The work is theoretically-practical and is divided into four parts: Shaft bearing, Characteristics and appearance of the bucket wheel excavator SRs 1200, Calculation of the lower bearing of the central shaft for rotation of the bucket wheel excavator SRs 1200, Technology of replacing a bearing on the central shaft for rotation of the bucket wheel excavator SRs 1200. The first two parts are purely theoretical and their goal is to make more familiar the concepts of bearing and characteristics of the excavator. The third part deals with the calculating and selecting a suitable bearing. Fourth part describes bearing replacement operation, as well as safety measures to be observed during the execution of the operation.

KEY WORDS:

shaft, bearing, bucket wheel excavator, gear, hydraulic cylinder, bearing housing, safety measures

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	5
2. УЛЕЖИШТЕЊЕ ВРАТИЛА.....	6
2.1.Вратила.....	6
2.2.Лежишта.....	7
3. КАРАКТЕРИСТИКЕ И ИЗГЛЕД РОТОРНОГ БАГЕРА SRs 1200.....	11
3.1.Технички подаци.....	11
3.2.Радни точак.....	12
3.3.Главно оруђе.....	12
3.4.Претоварно оруђе.....	14
3.5.Траке.....	15
3.6.Електрични уређаји.....	17
3.7.Радна маса и притисак на тло.....	17
3.8.Дизалица.....	17
3.9.Кабловски бубањ.....	18
4. ПРОРАЧУН ДОЊЕГ ЛЕЖАЈА НА ЦЕНТРАЛНОМ ВРАТИЛУ ЗА КРУЖНО КРЕТАЊЕ РОТОРНОГ БАГЕРА SRs 1200.....	22
5. ТЕХНОЛОШКИ ПОСТУПАК ЗАМЕНЕ ЛЕЖАЈА НА ЦЕНТРАЛНОМ ВРАТИЛУ ЗА КРУЖНО КРЕТАЊЕ РОТОРНОГ БАГЕРА SRs 1200	25
5.1.Увод.....	25
5.2.Технолошки поступак.....	25
5.3.Мере заштите на раду.....	37
6. ЗАКЉУЧАК.....	41
7. СПИСАК КОРИШЋЕНЕ ЛИТЕРАТУРЕ И ПРОПИСА.....	42

1. УВОД

Вратила великих димензија се користе најчешће код рударске и сличне механизације. Приликом прорачуна истих, у обзир се узима и тежина самог вратила, као и тежина свих елемената на њему. У случајевима вертикалних вратила, најчешће се у доњем улежиштењу уграђује дворедни самоподесиви прстенасто бачvasti лежај, због великих и радијалних и аксијалних сила. У том случају у горњем улежиштењу се обично уграђује клизно лежиште због тога што дејства аксијалних сила готово да и нема.

У случају када уместо вратила имамо осовину, у доњем улежиштењу се може уградити, а најчешће се и уграђује, радијално-аксијални лежај.

Пошто је замена лежаја на вратилима великих димензија сложена операција, мора се пазити да се испоштује редослед потребних радњи и уградња свих пратећих елемената (на пример, не сме се заборавити да се стави одговарајућа заптивка, јер по завршеној монтажи немогуће је исту уградити без поновне демонтаже). Такође, због великих димензија лежаја, тешко је исти загрејати због монтаже, па се приступа хлађењу самог вратила сувим ледом (обично се убацује у само вратило 24 часа пре саме уградње лежаја).

2. УЛЕЖИШТЕЊЕ ВРАТИЛА

2.1. ВРАТИЛА

Вратила су машински елементи обртног кретања на којима се налазе делови за пренос снаге (зупчаници, каишници, ланчаници, фрикциони точкови) – чији је заједнички и истовремени задатак да преносе механичку енергију од погонске (мотора) до радне машине или машинског система. Услед деловања сила, вратила могу бити изложена увијању, савијању и увијању, али и затезању или притиску услед аксијалних сила. У зависности од носећих елемената обртног кретања на вратилу и наменске функције оствареног склопа, разликују се вратила преносника снаге, погонска и специјална вратила.

Вратила преносника снаге су делови преносника снаге на којима се налазе носећи елементи који се обрћу заједно са вратилом на коме се налазе.



Слика 2.1 – Пример вратила преносника снаге

Погонска вратила ротора енергетских машина преносе обртни моменат електромотора, вентилатора, турбина и др.



Слика 2.2 – Пример погонског вратила ротора турбине

Специјална вратила се примењују за извршавање посебних наменских функција у машинским подсистемима или системима. У специјална вратила убрајају се коленаста вратила мотора са унутрашњим сагоревањем, савитљива (гипка) вратила чији се положај осе може мењати и др.



Слика 2.3 – Пример коленастог вратила

Вратила примају и преносе оптерећења просторног система сила и спрегова. Код дугачких и тешких вратила рударске и сличне механизације, које ћемо овде обрадити, при прорачуну вратила не смемо занемарити сопствену тежину (која представља континуално оптерећење које код хоризонталних вратила делује попречно а код вертикалних вратила аксијално), као ни тежину носећих елемената.

Вратила се ослањају у лежајевима – ослонцима вратила. Део вратила којим се оно ослања у лежају се назива рукавац. Геометријски облик и мере рукавца обезбеђују да се оптерећење пренесе на ослонце – лежаје који могу да приме оптерећења. Рукавци се у лежајима ослањају и обрћу.

2.2. ЛЕЖИШТА

2.2.1. Клизна лежишта

Клизна лежишта су тип лежишта где се међусобна покретљивост делова у додиру и преношење оптерећења остварује када покретна површина (рукавац) клиза по непокретној површини лежишта.

Постоји више предности клизних лежишта у односу на котрљајна:

- У односу на пречник рукавца вратила су знатно мањих димензија од котрљајних.
- Монтажа вратила са клизним лежиштима је јеноставнија од монтаже вратила са котрљајним лежиштима.
- Клизна лежишта због великих површина клизања амортизују ударе и ударна оптерећења.
- Могу да раде са врло великим бројевима обртаја.

Такође постоје и недостаци:

- Велики губици енергије због трења.

- Хабање додирних површина.

Основна подела клизних лежишта је према правцу дејства силе и деле се на радијална и аксијална.



Слика 2.4 – Радијална клизна лежишта

2.2.2. Котрљајна лежишта

Котрљајна лежишта, за која се често користи само израз лежаји, су тип лежишта где се међусобна покретљивост делова у додиру и преношење оптерећења остварује преко котрљајних тела.

Главне особине котрљајних лежаја су:

- Висок степен искоришћења
- Добро подмазивање
- Рад при релативно малим бројевима обртаја
- Веома тачно међусобно растојање вратила

Основна подела котрљајних лежаја је према правцу дејства сила и ту разликујемо следеће типове:

- Аксијални
- Радијални
- Радијално-аксијални

Аксијални лежаји се још називају и колутни, док се радијални и радијално-аксијални називају прстенасти.



Слика 2.5 – Аксијални (колутни) лежај



Слика 2.6 – Радијално-аксијални лежај



Слика 2.7 – Радијални (прстенасти) лежај

Лежаји могу да имају један ред (једноредни лежаји) или два реда (дворедни лежаји). Дворедни лежаји имају већу моћ ношења.

Према типу котрљајних тела лежаји се деле на:

- Кугличне
- Ваљчане
- Бачвасте
- Игличасте

Најбоље карактеристике имају самоподесиви лежаји јер имају велику моћ ношења, подносе велике ударе и могу да се прилагођавају еластичним деформацијама вратила. Самоподесиви лежаји имају угаону покретљивост и самим тим нису осетљиви на угаона одступања. Код вратила великих димензија најчешће се користи дворедни самоподесиви прстенасто бачvasti лежај. Он поред великих радијалних сила преноси и знатне аксијалне силе у оба смера. Омогућава углове нагиба вратила од $0,5^\circ$ до 2° .



Слика 2.8 – Дворедни самоподесиви прстенасто бачвасти лежај

3. КАРАКТЕРИСТИКЕ И ИЗГЛЕД РОТОРНОГ БАГЕРА SRs 1200

3.1. ТЕХНИЧКИ ПОДАЦИ

Климатски услови.....умерена клима
Температурно подручје за рад.....-25°C до +35°C
Испод -5°C може доћи до смањења учинка, које је условљено транспортованом јаловином

Максимална дозвољена брзина ветра:
Док постројења раде.....20 m/s
Док постројења не раде.....36 m/s

Особине транспортоване масе.....оцењена, без оштрих ивица

Дозвољени нагиб:
Нагиб радне равни:
Уздужни нагиб.....1:33 = 3%
Попречни нагиб.....1:33 = 3%

Нагиб транспортне равни:
Уздужни нагиб.....1:20 = 5%
Попречни нагиб.....1:33 = 3%
или
Уздужни нагиб.....1:33 = 3%
Попречни нагиб.....1:20 = 5%

Максимални дозвољени нагиб у правцу вожње (кретања) 10 % уз следећа ограничења:

- Ако су конзола ротора, обртна столица и утоварни уређај у правцу кретања
- Ако је нагиб попреко на правац кретања 2 % без ветра
- Ако је доња ивица ротора око 1 м изнад планума кретања

Теоретски капацитет (насута јаловина при 100 % пуњењу кашике, 50 % удео прстенастог простора и најмање 3,2 m висине реза).....3465 m³/h

Димензије:
Највећа дужина.....98 m
Највећа ширина.....24 m
Највећа висина.....32 m
Истуреност пријемне стране (од средине оруђа до средине радног точка).....36,5 m
Висина копања.....24 m
Дубина копања.....4 m
Минимални радијус кривине.....60 m

3.2. РАДНИ ТОЧАК

Пречник радног точка.....	8,2 m
Број кашика.....	8
Запремина кашике.....	0,8 m ³
Пуњење кашике, +50% прстенастог простора.....	1,2 m ³
Број истресања.....	48 min ⁻¹
Брзина резања.....	2,58 m/s

Погонски мотор:

Погонска снага.....	400 kW
Погонски број обртаја.....	1480 min ⁻¹

Редуктор:

Конструкција погона.....	конусни преносник са цилиндричним зупчаницима
Пренос.....	i = 247
Снага.....	400 kW
Нормална обимна сила.....	225 kN
Специфична резна сила (код теоретског учинка копања од 2300 m ³ /h недирутог природног тла).....	600 N/cm

Слободни угао резања:

Леви.....	40°
Десни.....	42°
Клиренс.....	2,5 m

Механизам за дизање конзоле точка:

Брзина дизања на роторном точку.....	3,8 m/min
Максимална висина дизања средине роторног точка изнад планума.....	22,4 m

Погонски мотор:

Погонска снага.....	2 x 75 kW
Погонски број обртаја.....	985 min ⁻¹

Редуктор:

Конструкција погона за дизање.....	преносник са цилиндричним зупчаницима
Пренос.....	i = 31,5
Снага.....	63 kW

3.3. ГЛАВНО ОРУЂЕ

ГОРЊА ГРАДЊА

Подручје заокретања горње градње код заједничког заокретања, односно заједничког кретања утоварног оруђа..... ± 270°

Погонски мотор:

Погонска снага.....2 x 17 kW

Погонски број обртаја.....1470 – 3000 min⁻¹

Редуктор..... конусни преносник са цилиндричним зупчаницима

Пренос.....i = 452

Снага.....24kW

Брзина кружног кретања катарке Р.Т.....10 – 33 m/min

Спојница између мотора и редуктора.....еластична спојница са осовиницама

Сигурносна спојница у редуктору.....ламеласти клизна спојница са осигурањем против преоптерећења

Кочница..... двострука чељусна кочница са апаратом Elhy

Заокретни механизам обртне столице:

Подручје заокретања конзоле точка према обртној столици.....± 90°

Погонски мотор:

Погонска снага.....2 x 15 kW

Погонски број обртаја.....965 min⁻¹

Редуктор..... конусни преносник са цилиндричним зупчаницима

Пренос.....i = 452

Снага.....24kW

Брзина заокретања средине утоварног оруђа.....5 m/min

Спојница у редуктору..... ламеласти клизна спојница са осигурањем против преоптерећења

Кочница..... двострука чељусна кочница са апаратом Elhy

ДОЊА ГРАДЊА

Прстен са куглама:

Пречник круга кретања.....8500 mm

Број кугли.....203

Пречник кугли.....110 mm

Гусенични кретни механизам:

Распоред гусеница.....4 појединачне гусенице

Растојање гусеница:

Унутрашњи пар.....12500 mm

Спољни пар.....18900 mm

Подела гусеничних плоча (корак).....925 mm

Растојање од средине између погонског и затезног точка.....9600 mm

Ширина папуче.....2800 mm

Брзина вожње.....6 m/min

Конструкција кретног погона.....4 конусна преносника са цилиндричним зупчаницима

Погонска снага.....4 x 80 kW

Број обртаја погона.....980 - 500 min⁻¹

Редуктор:

Укупни пренос..... $i = 1110$

Снага.....73 kW

Спојница између мотора и редуктора.....еластична канџаста спојница са кочним диском

Кочница.....челична кочница

3.4. ПРЕТОВАРНО ОРУЂЕ

Распон претоварног оруђа од обртне тачке до средине ослоног кретног механизма:

Главно и претоварно оруђе ± 0 :

Минимално.....27,5 m

Максимално.....37,5 m

Дужина путање.....10,0 m

Главно оруђе ± 5 према претоварном оруђу ± 0 :

Минимално.....30,0 m

Максимално.....37,5 m

Дужина путање.....7,5 m

Истурање врха утоварне конзоле која се диже и спушта од обртне траке до средине утоварне склизнице.....14,0 m

Брзина дизања мерено у средини склизнице.....1,0 m/min

Висина одбацивања доње ивице утоварне склизнице до планума претоварног оруђа ± 0 :

Главно оруђе.....Максимално 7,5 m Минимално 1,0 m

Главно оруђе +5 m.....Максимално 6,6 m Минимално 1,0 m

Главно оруђе -5 m.....Максимално 7,0 m Минимално 3,5 m

Ослањање обртне столице са међутраком од средине багера.....4,5 m

Гусенични кретни механизам:

Распоред гусеница.....2 појединачне гусенице

Број покретних гусеница.....2

Размак гусеница.....6300 mm

Ширина гусеничних плоча.....2240 mm

Подела гусеничних плоча.....650 mm

Размак од средине између погонског и пресмерног ланчаника.....5600 mm

Погон за кретање:

Конструкција погона за кретање...2 конусна преносника са цилиндричним зупчаницима

Погонска снага.....2 x 30 kW

Погонски број обртаја.....980 min⁻¹

Редуктор:

Укупни

пренос..... $i = 730$

Спојница између мотора и редуктора.....еластична канцаста спојница са кочним диском

Кочница.....двострука чељусна кочница за апаратом Elhy

Подручје заокретања претоварног оруђа у односу на обртну столицу..... $\pm 70^\circ$

3.5. ТРАКЕ

ПРИЈЕМНА ТРАКА – ТРАКА РАДНОГ ТОЧКА

Осно растојање бубњева.....36 m

Ширина транспортера.....1600 mm

Конфекција траке.....ЕП-500

Заштитни уметак, горе.....1

Текстилни уложак.....3

Заштитни уложак, доле.....1

Квалитет гуме.....Н

Горњи слој.....12/4

Угао корита траке..... 30°

Брзина траке.....3,75 m/s

Конструкција утоварног бункера.....са гумираним носећим ваљцима

Пречник бубњева траке:

Бубањ погонски траке.....800 mm

Бубањ пресмерни траке (2 ком).....630 mm

Бубањ потпорни траке.....630 mm

Бубањ затезни траке.....630 mm

Бубањ повратни траке.....800 mm

Конструкција затезног уређаја.....затезни уређај са навојним вретеном

Дужина затезања.....1000 mm

Погонски мотор:

Погонска снага.....315 kW

Погонски број обртаја..... 1475 min^{-1}

Редуктор:

Конструкција погона.....конусни преносник са цилиндричним зупчаницама

Пренос..... $i = 16$

Снага.....250 kW

МЕЋУТРАКА

Осно растојање бубњева.....8 m

Ширина транспортера.....	1600 mm
Конфекција траке.....	ЕП-500
Заштитни уметак, горе.....	1
Текстилни уложак.....	3
Заштитни уложак, доле.....	1
Квалитет гуме.....	Н
Горњи слој.....	12/4
Угао корита траке.....	30°
Брзина траке.....	3,9 m/s
Конструкција утоварног бункера.....	са гумираним носећим ваљцима

Пречник бубњева траке:	
Бубањ погонски траке.....	800 mm
Бубањ затезни траке.....	630 mm

Конструкција затезног уређаја.....	ручно затезање са навојним вретеном
Дужина затезања.....	800 mm

Погонски мотор:	
Погонска снага.....	132 kW
Погонски број обртаја.....	1485 min ⁻¹

Редуктор:	
Конструкција погона.....	конусни преносник са цилиндричним зупчаницама
Пренос.....	i = 16
Снага.....	124 kW

ОДЛОЖНА ТРАКА

Осно растојање бубњева.....	50 m
Ширина транспортера.....	1600 mm
Конфекција траке.....	ЕП-500
Заштитни уметак, горе.....	1
Текстилни уложак.....	3
Заштитни уложак, доле.....	1
Квалитет гуме.....	Н
Горњи слој.....	12/4
Угао корита траке.....	30°
Брзина траке.....	3,9 m/s
Конструкција утоварног бункера.....	са гумираним носећим ваљцима

Пречник бубњева траке:	
Бубањ погонски траке.....	800 mm
Бубањ потпорни траке.....	630 mm
Затезни систем (3 бубња).....	630 mm
Бубањ потисни траке.....	500 mm
Бубањ повратни траке.....	800 mm

Конструкција затезног уређаја.....затезни уређај са теговима
 Дужина затезања.....1500 mm

Погонски мотор:

Погонска снага.....2 x 132 kW

Погонски број обртаја.....1485 min⁻¹

Редуктор:

Конструкција погона.....конусни преносник са цилиндричним зупчаницима

Пренос.....i = 16

Снага.....124 kW

3.6. ЕЛЕКТРИЧНИ УРЕЂАЈИ

Инсталисана снага.....1810 kW

Једновремена снага.....1267 kW

Прикључни напон.....6 kV трофазна струја, 50Hz

Пресек проводника за довод енергије.....3 x 120 (3 x 16,7) mm²

Радни напони:

Високи напон.....6 kV трофазна струја

Ниски напон.....380V трофазна струја, 220V наизменична струја

Светлосни и командни напон.....220V наизменична струја, 220V једносмерна струја

Заштитни напон.....42V наизменична струја

Сигнални напон.....24V наизменична струја

3.7. РАДНА МАСА И ПРИТИСАК НА ТЛО

Радна маса (без јаловине и слепљене масе).....1528 t

Главно оруђе.....1143 t

Претоварно оруђе.....260 t

Електрика.....125 t

Притисак на тло:

Главно оруђе.....10,5 N/cm²

Претоварно оруђе.....9,6 N/cm²

3.8. ДИЗАЛИЦА

Пречник бубња за уже.....630 mm

Број бубњева за уже.....1

Димензије и тип челичног ужета.....Н 18 x 160; ТГЛ 17555

Дужина челичног ужета.....2 x 160 m

Намотавање витла.....двоструко
 Сигурносни намотаји.....3
 Број кочница.....2
 Кочница.....кочница са двоструким чељустима и апаратом Elhy
 Спојница између мотора и преносника.....еластична спојница са осовиницама

Механизам за заокретање:

Подручје заокретања..... $\pm 190^\circ$

Погонски мотор:

Погонска снага.....2,2 kW

Погонски број обртаја..... 700 min^{-1}

Конструкција погона.....конусни преносник са цилиндричним зупчаницама

Пренос..... $i = 125$

Снага.....1,3 kW

Витло:

Пречник бубња за ужад.....1500 mm

Број бубњева.....1

Димензије и тип челичног ужета.....Р 42 x 180 ТГЛ 17555 с/с са slabим увијањем

Дужина челичног ужета.....2 x 160 m

Омотавање дизалице.....12-струко

Сигурносни намотаји.....4

Број кочница.....4

Механизам за дизање кабине багеристе:

Брзина дизања на кабини.....47 m/min

Подручје дизања конзоле кабине багеристе.....1,5 – 20 m

Погонски мотор:

Погонска снага.....16,5 kW

Погонски број обртаја..... 960 min^{-1}

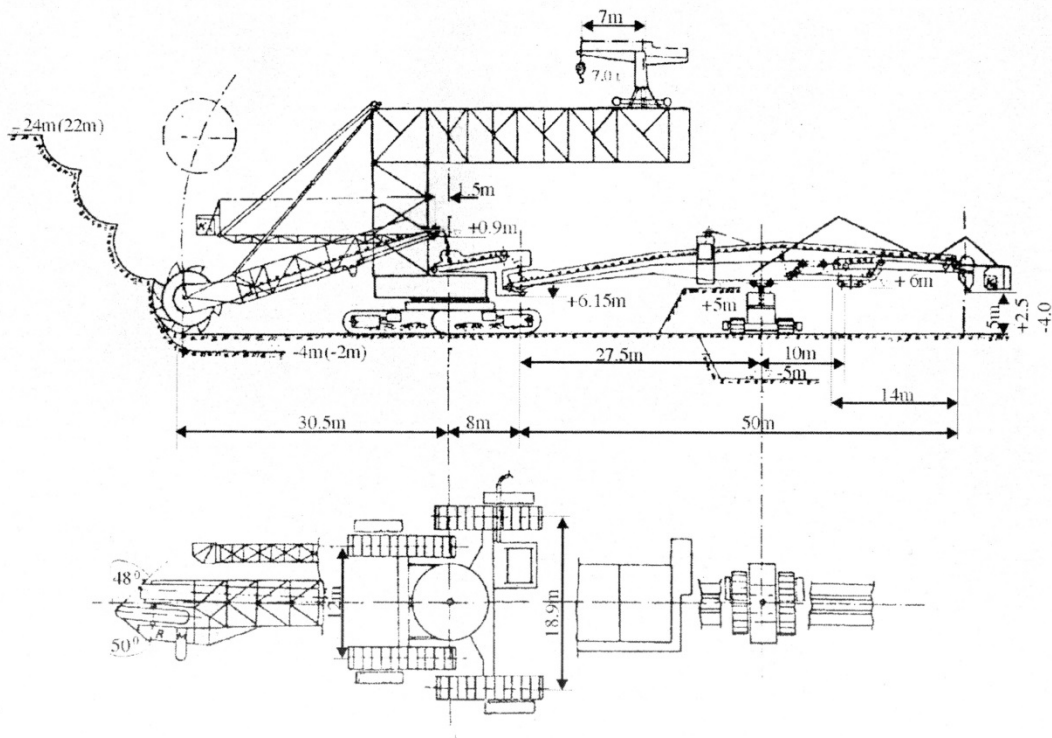
Конструкција погона.....преносник са цилиндричним зупчаницама

Пренос..... $i = 100$

Снага.....15,8 kW

3.9. КАБЛОВСКИ БУБАЊ

Капацитет.....1200 m



Слика 3.1 – Изглед роторног багера



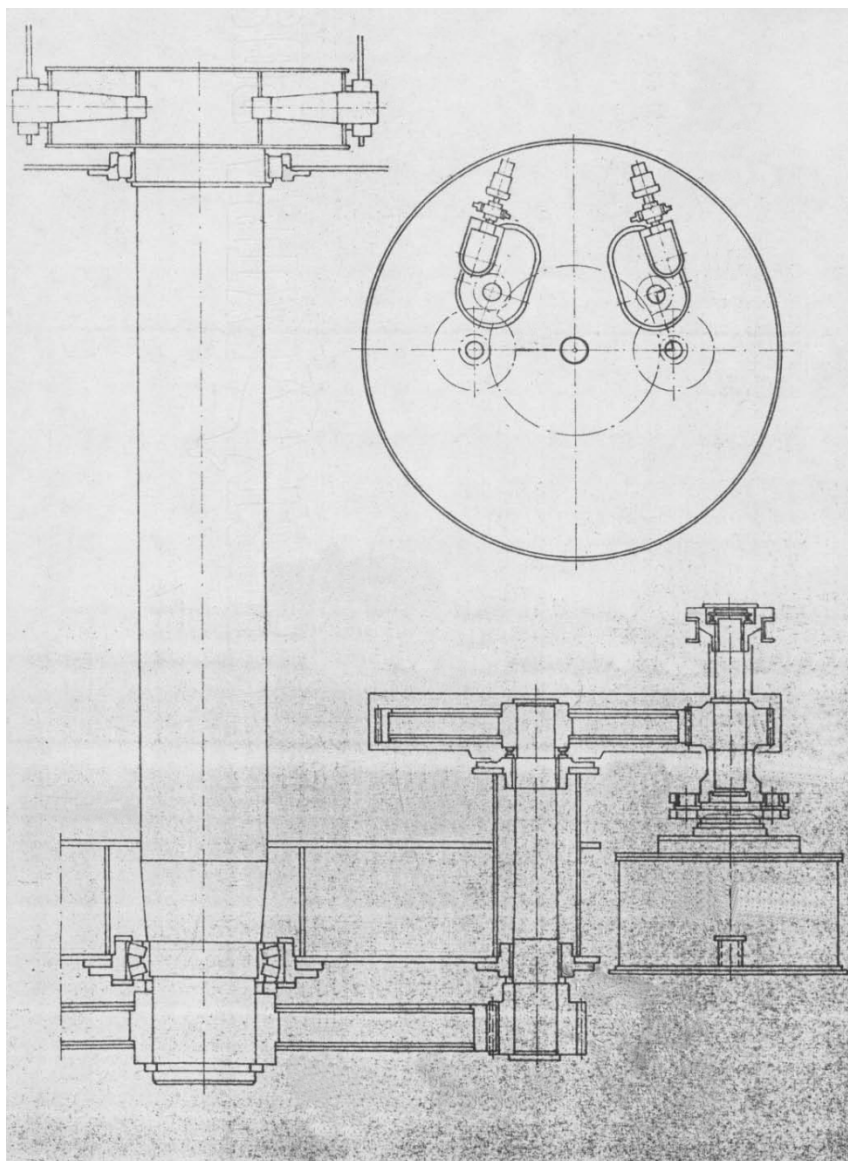
Слика 3.2 – Роторни багер на плацу за оправку

Роторни багер SRs 1200 се користи за откоп јаловине на површинским коповима. Материјал (јаловина) се транспортује од радног точка, преко три траке, до истоварног левка и даље на траку трачног транспортера. На самом багеру постоје три траке – пријемна трака, међутрака и одложна трака.



Слика 3.3 – Роторни багер у раду

Централно вратило роторног багера SRs 1200 служи за окретање одложне траке, у односу на роторни багер. На централном вратилу се налази у горњој зони клизно лежиште а у доњем делу самоподесиви прстенасто бачвасти лежај.

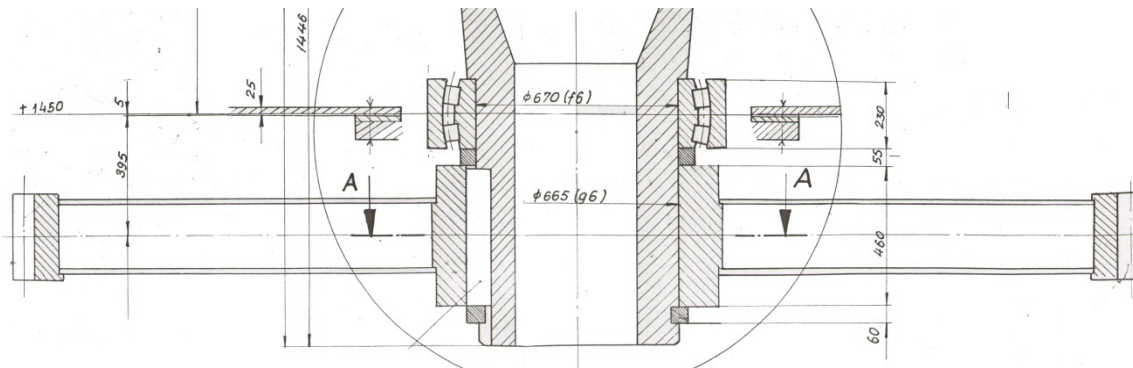


Слика 3.4 – Изглед механизма за окретање одложне траке

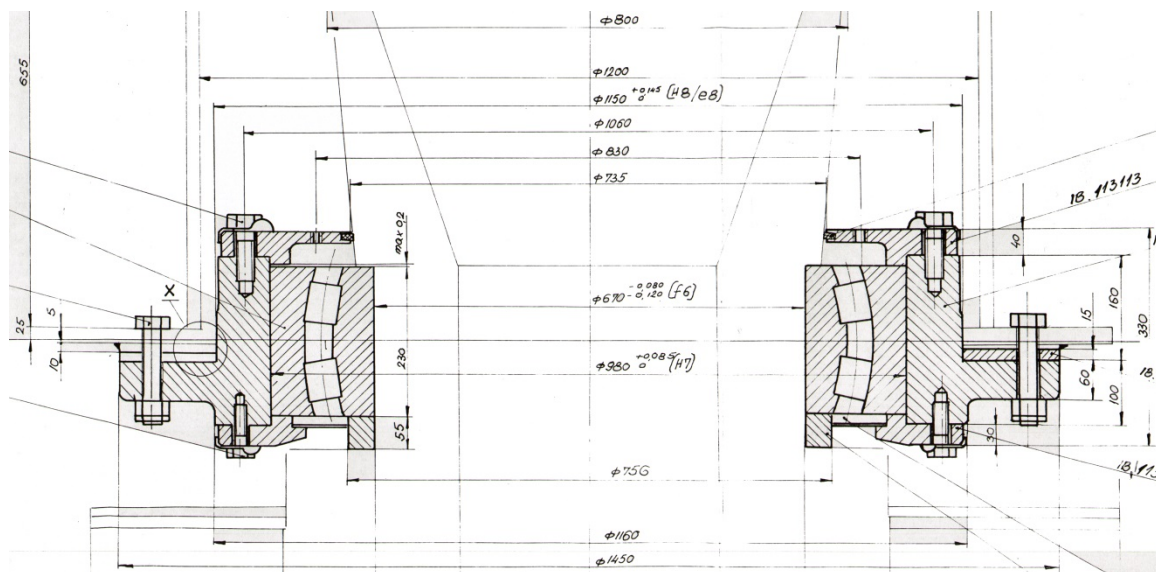
4. ПРОРАЧУН ДОЊЕГ ЛЕЖАЈА НА ЦЕНТРАЛНОМ ВРАТИЛУ ЗА КРУЖНО КРЕТАЊЕ РОТОРНОГ БАГЕРА SRs 1200

Механизам за окретање одложне траке је погођен са два електромотора снаге по 15 kW и броја обртаја $n = 950 \text{ min}^{-1}$, а преко редуктора преносног односа $i_{red} = 452$. Преносни однос спољашњег зупчастог пара $i_{1-2} = 6,47$, из чега произилази да је број обртаја централног вратила $n_{vr} = 0,3 \text{ min}^{-1}$.

Вратило има степенasti попречни пресек. Највећим делом је пречника $\varnothing 800 \text{ mm}$. на месту где се налази самоподесиви прстенасто бачвасти лежај, пречник је $\varnothing 670 \text{ mm}$, а на месту зупчаника је $\varnothing 665 \text{ mm}$. Дужина вратила је 6305 mm.



Слика 4.1 - Цртеж доњег дела централног вратила са зупчаником и лежајем



Слика 4.2 – Цртеж улежиштења и лежаја

Избор лежаја се врши на основу задатих радних услова: оптерећења, броја обртаја, радног века и сигурности у раду. Прво се бира тип лежаја (у овом случају то је **самоподесиви прстенасто бачvasti лежај**).

Пошто је у овом случају број обртаја вратио мали ($n = 0,3 \text{ min}^{-1}$), као основу за прорачун се узима статичка моћ ношења.

$$C_0 = k_0 F_0$$

Статички фактор сигурности k_0 (статичка карактеристика лежаја) за велика ударна оптерећења и високу тачност се усваја у границама $k_0 = 1,5 \dots 2,5$. У овом случају се усваја $k_0 = 2,2$.

Еквивалентно статичко оптерећење лежаја при истовременом дејству радијалног и аксијалног оптерећења је:

$$F_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a$$

где је X_0 коефицијент радијалног оптерећења и Y_0 коефицијент аксијалног оптерећења.

Маса платформе са међутраком и припадајућим редуктором које носи централно вратило износи приближно 3800 kg. Маса зупчаника на вратилу износи 5822 kg. Маса самог вратила износи 6080 kg. Из овог се добија да је аксијална компонента отпора ослонца на месту лежаја

$$F_a = 154036,62 \text{ N}$$

Из горе наведених података за дати механизам можемо да се израчуна радијална компонента отпора ослонца на месту лежаја

$$F_r = 179037,285 \text{ N}$$

Из табеле за прорачун лежаја произвођача SKF се усваја

$$X_0 = 1$$

$$Y_0 = 3,2$$

Из овога даље произилази

$$F_0 = 1 \cdot 179037,285 + 3,2 \cdot 154036,62 = 671954,184 \text{ N}$$

Сада може да се израчуна и статичка моћ ношења

$$C_0 = 2,2 \cdot 671954,184 = 1478299,204 \text{ N}$$

На основу прорачунате статичке моћи ношења и потребних димензија ($d = 670 \text{ mm}$, $D = 980 \text{ mm}$) из таблице произвођача SKF се усваја самоподесиви прстенасто бачvasti лежај **230/670 САК/W33** са следећим карактеристикама:

Унутрашњи пречник	$d = 670 \text{ mm}$
Спољашњи пречник	$D = 980 \text{ mm}$
Ширина	$B = 230 \text{ mm}$
Динамичка моћ ношења	$C = 7650 \text{ kN}$
Статичка моћ ношења	$C_0 = 14600 \text{ kN}$

5. ТЕХНОЛОШКИ ПОСТУПАК ЗАМЕНЕ ЛЕЖАЈА НА ЦЕНТРАЛНОМ ВРАТИЛУ ЗА КРУЖНО КРЕТАЊЕ РОТОРНОГ БАГЕРА SRs 1200

5.1. УВОД

Замена лежаја се врши када дође до оштећења.



Слика 4.1 – Изглед оштећеног лежаја

Да би се обавила замена лежаја радови се морају обавити у неколико фаза:

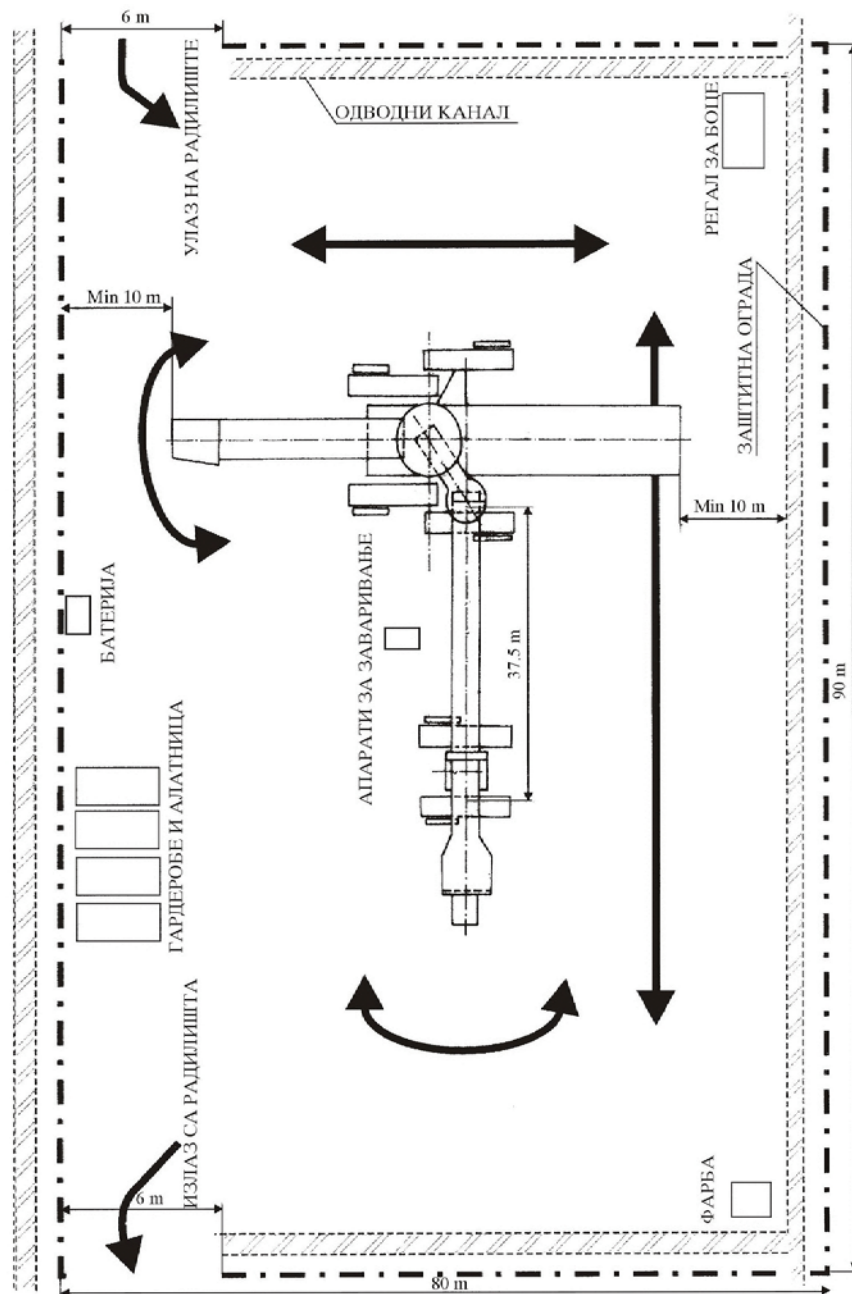
- припрема радилишта са одговарајућим местима за ослањање (скелама),
- чишћење роторног багера од нечистоћа и навожење багера на радилиште,
- радови око припреме и осигурања багера,
- демонтажа делова који сметају замени лежаја,
- демонтажа лежаја,
- уградња новог лежаја,
- враћање свих демонтираних делова на багер.

5.2. ТЕХНОЛОШКИ ПОСТУПАК

5.2.1. Приремни радови

- а) планум радилишта мора бити раван, без уздужног и попречног нагиба.
- б) целокупно радилиште системом одводних канала обезбедити од евентуалних бујица.
- в) након навожења справе на планум и довођења у ремонтни положај, припремити рупе у плануму за постављање база подупирача (база или стопа се гради од дрвених прагова) и рупу за демонтажу великог зупчаника.
- г) пре навожења справе на планум, транспортне траке се празне.
- д) пре навожења, са справе се детаљно уклањају наслаге материјала.

- ђ) справа се након чишћења навози на планум и поставља у прописани ремонтни положај
- е) справа се осигурава од сваког нежељеног кретања.
- ж) обезбедити прилазне и манипулативне путеве на радилишту.
- з) одложна трака је постављена под углом од 90° у односу на багер.
- и) транспорт II је у крајњем положају од багера (до граничника).
- ј) гусенице транспорта II су под углом од 90° у односу на траку III.
- к) кабина багеристе и левак су у најнижем положају.

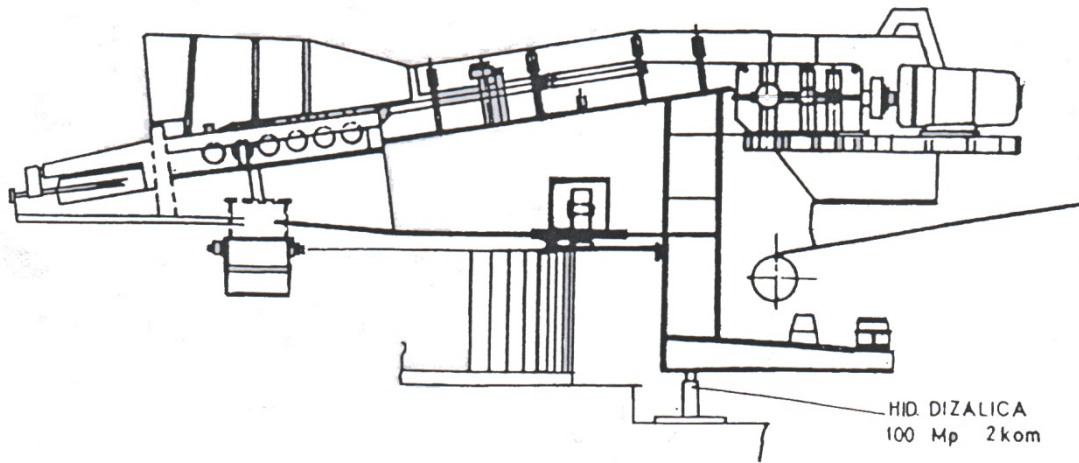


Слика 5.2 - Изглед радилишта, распоред опреме и ремонтни положај роторног багера

5.2.2. Ослањање кружне столице

1. На конструктивно предвиђеном месту поред кружног венца, а испод конструкције Тк-2 поставити металну плочу димензија 400 x 600 x 30 mm па затим две хидрауличне дизалице носивости 100 t.

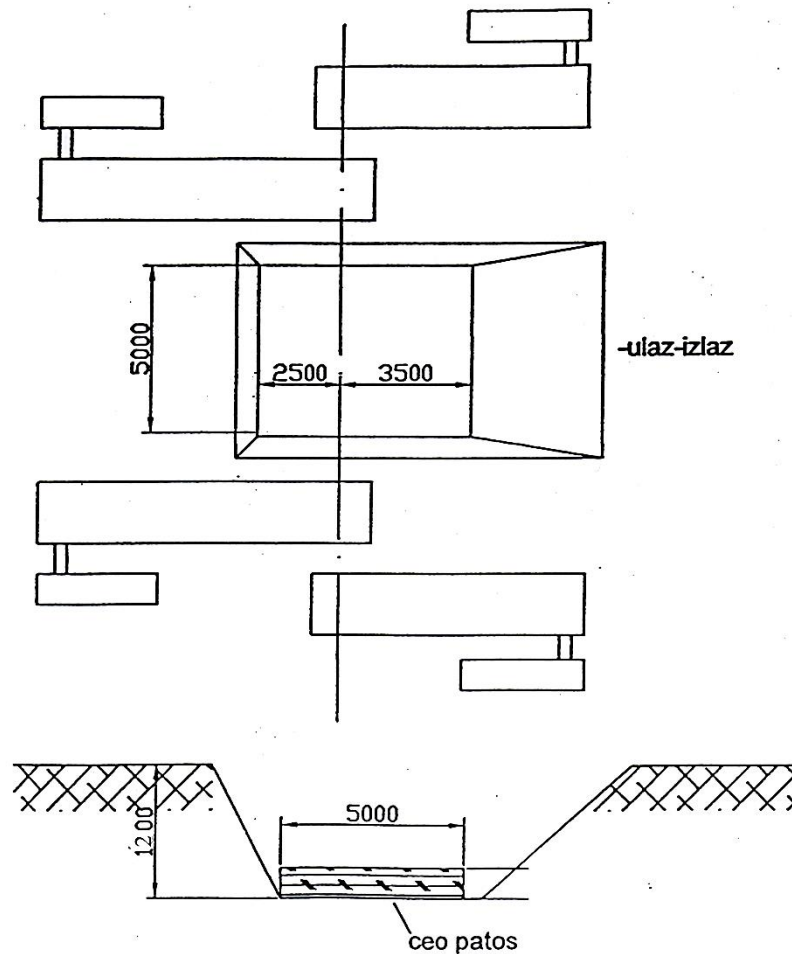
2. Хидрауличним дизалицама деловати на конструкцију Тк-2 само онолико колико је потребно да се обезбеди да зазор између рукавца вертикалног вратила и клизног лежаја буде приближно једнак по целом обиму.



Слика 4.3 – Задизање конструкције Траке-2

5.2.3. Демонтажа великог зупчаника за кружно кретање одложне траке и кружне столице

1. Пре навожења багера на планум потребно је ископати рупу димензија 5000 x 5000 mm и дубине 1200 mm, тако да се према задњем делу багера, према стрели противтега, направи косина за улажење и уношење потребне опреме. Дно рупе испунити са једним редом дрвених прагова димензија 240x260x5000 mm, (потребно је 20 прагова).



Слика 5.4 – Положај и димензије рупе

2. После тога се врши демонтажа заштитног лима, "картера", испод великог зупчаника, раздвајањем везе са завртњевима М12. Заштитни лим се извлачи из рупе и оставља иза багера.

3. Демонтажа великог зупчаника

- Због велике тежине зупчаника потребно га је прихватити са три ланчасте дизалице носивости од по 3,2 t и челичним ужадима у три тачке од по 120° и потребно је испод зупчаника направити две скеле од дрвених прагова од 3000 mm и 1000 mm (3 до 4 реда) због прихватања и ослањања зупчаника после демонтаже.

- Пре демонтаже зупчаника демантирају се полупрстенови који аксијално осигуравају зупчаник.

- Помоћу хидрауличног цилиндра са шупљим цилиндром, носивости 100 t, округле плоче и голог завртња са навојем М36 изврши се прво демонтажа четири цилиндрична клина Ø20x320 на вези вратила и зупчаника.

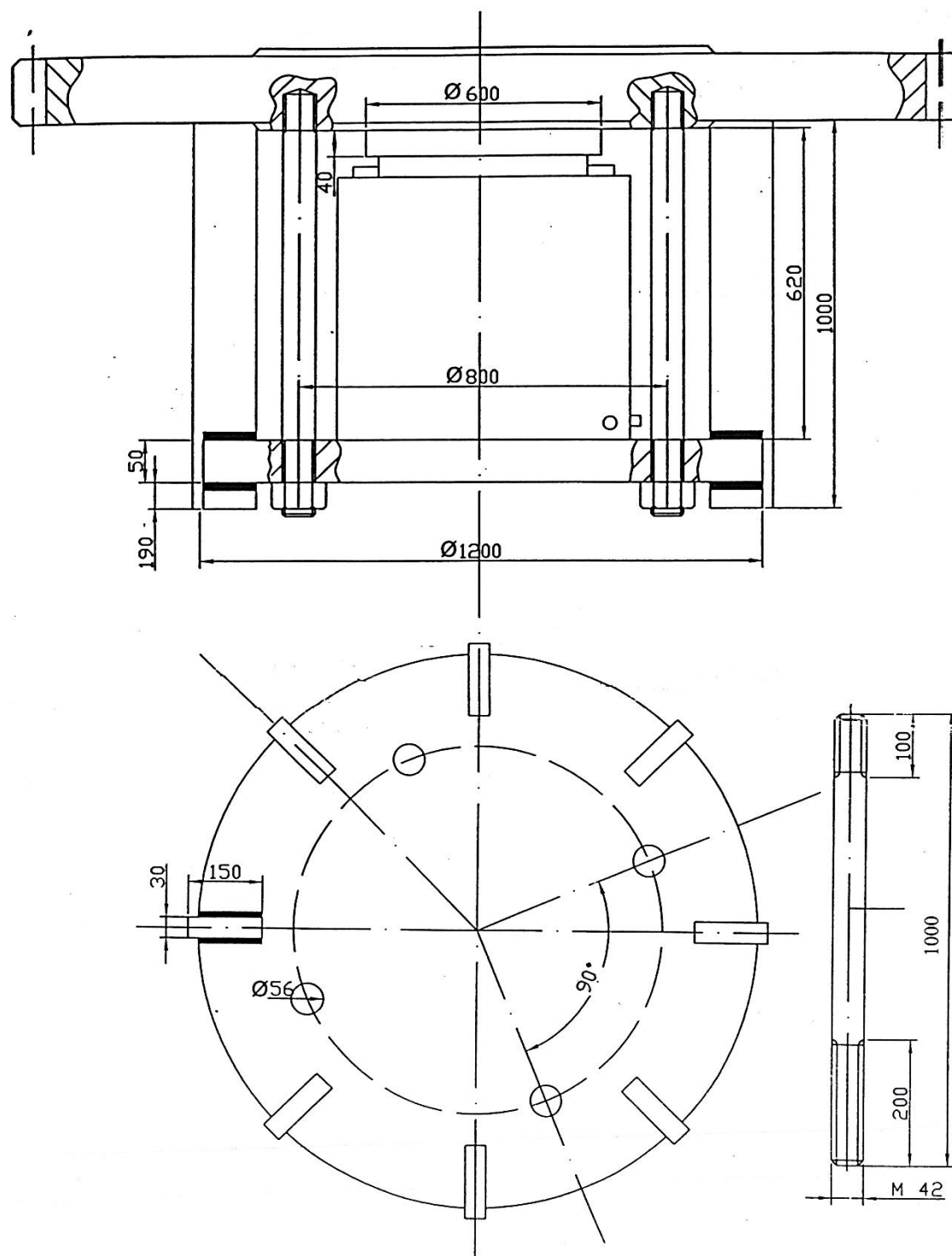
- Завртањ се кроз хидраулички цилиндар увије у клин око 80 mm, са доње стране стави се плоча и завију две навртке. Прикључењем хидрауличног

цилиндра на пумпу и остваривањем притиска оствари се сила и преко завртња М36 врши извлачење клина. Тај поступак се понови за сва четири клина.



Слика 5.5 – Хидраулички цилиндар са шупљим клином

- Затим се врши монтажа алата за демонтирање зупчаника: 4 завртња М42х1000 увије се у зупчаник. Са доње стране се на њих намонтира унапред припремљена, избушена и ојачана плоча дебљине 50 mm и завију се по две навртке М42. Због евентуалних великих отпора трења између вратила и зупчаника, веза доње плоче и зупчаника се по потреби ојачава заваривањем плоча $\varnothing 30 \times 80 \times 900$ mm.



Слика 5.6 – Скица алата за демонтиражу зупчаника



Слика 5.7 – Монтажа алата за демонтажу зупчаника

- Хидраулични цилиндар носивости 400 t постави се на алат између плоче и зупчаника. Између клипа цилиндра и централног вратила постави се плоча дебљине 40 mm да би се сила са клипа пренела на вратило.

- Хидраулични цилиндар се повеже са агрегатом и постизањем притиска оствари се сила која се са плоче помоћу завртњева и додатних ојачања преноси на зупчаник и демонтажа га са вратила. Потребан притисак зависи од силе трења између зупчаника и вратила и креће се од 10 до 30 МПа (у крајњем случају и до 50 МПа).
- Уколико при претходној операцији – демонтажи клинова не дође до њиховог извлачења (због великог трења) онда се пре демонтаже самог зупчаника изврши хлађење шупљег вратила убацивањем сувог леда у шупље вратило и то у зони контакта вратила и зупчаника, а дан пре демонтаже зупчаника.
- Зупчаник се помоћу ланчастих дизалица спушта на дрвене скеле за висину кућишта лежаја централног вратила.



Слика 5.8 – Качење и спуштање зупчаника

5.2.4. Демонтажа кућишта са лежајем

- После демонтаже великог зупчаника и његовог ослањања на скелу врши се демонтажа прстена испод лежаја.
- Кућиште ваљкастог лежаја са доње стране централне осовине је за конструкцију везано са 10 завртњева М30х140, који се морају одвити и кућиште са све лежајем спустити на дрвену скелу.

- Слично као при демонтажи зупчаника помоћу плоче, завртњева, хидрауличног цилиндра и пумпе изврши се демонтажа кућишта лежаја са вратила. Уместо плоче и завртњева може се направити другачији, импровизовани алат.
- Уколико је велики отпор при демонтажи лежаја, кућиште и лежај треба загрејати, а у крајњем случају лежај се мора исећи.



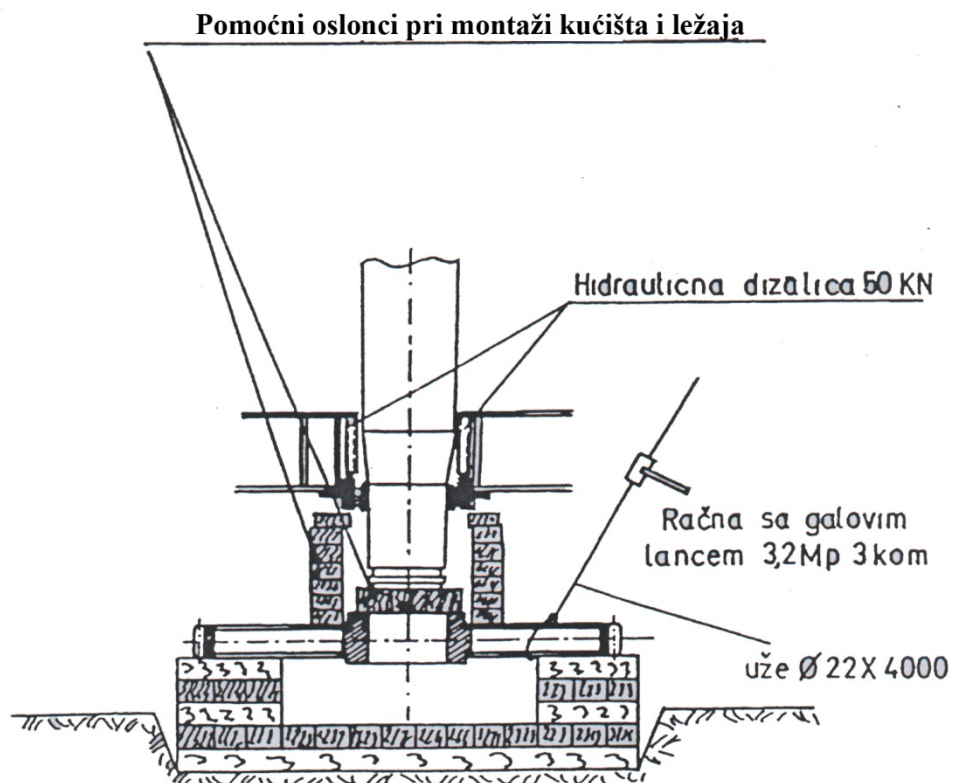
Слика 5.9 – Грејање кућишта лежаја ради лакше демонтаже



Слика 5.10 – Монтажа импровизованог алата за демонтажу кућишта са лежајем

5.2.5. Замена лежаја

- После демонтаже кућишта лежаја изврши се у радионици замена лежаја у кућишту.
- Централно вратило се на местима контакта са лежајем и зупчаником добро очисти и по потреби фино пребруси.
- У вратило се (по потреби) убаци посуда са сувим ледом (дан пре навлачења лежаја и зупчаника).
- Прво се изврши монтажа лежаја са кућиштем док се унутрашњи прстен лежаја не ослони на прелаз пречника на вратилу.
- Притегну се завртњеви М30х140 на вези кућишта лежаја са конструкцијом.
- Намонтира се дистантни прстен.
- Намонтира се велики зупчаник помоћу алата и хидрауличног цилиндра и уграде клинови.
- Уграде се осигуравајући полупрстенови у жлеб на централном вратилу.
- Намонтира се заштитни лим зупчаника (картер).
- При поновној уградњи свих елемената понавља се сличан поступак као при демонтажи, с'тим што је распоред ослонаца и хидрауличких дизалица другачији. Користе се по две хидрауличке дизалице у пару као на скици:



Слика 5.11 – Монтажа кућишта и лежаја



Слика 5.12 – Положај ослонаца и хидрауличких дизалица при монтажи лежаја и зупчаника

5.2.6. Ангажована радна снага

Машински инж.	1
Маш. пословођа	1
Вк. маш. бравар	3
Кв. маш. бравар	2
Вк. заваривач	3
Нк. радник	3

5.2.7. Потребна механизација

- Теретно кранско возило
- Ровокопач
- Цевополагач

5.2.8. Потребан алат и прибор

- Дрвени прагови димензија 260x260x5000 mm (20 ком)
- Дрвени прагови димензија 260x260x1000 mm (40 ком)
- Хидраулична пумпа притиска до 60 МПа
- Хидраулична дизалица носивости 400 t
- Хидраулична дизалица са шупљим цилиндром носивости 100 t
- Алат за демонтажу зупчаника
- Дизалица са галовим ланцем од 3,2 t (3 ком)
- Хидраулична дизалица носивости 100 t (2 ком)
- Хидраулична дизалица носивости 50 t (2 ком)
- Ужад са две омче Ø22x4000 mm (3 ком)
- Апарат за ел.лучно заваривање
- Гарнитура за гасно заваривање
- Комплет браварског алата

5.3. МЕРЕ ЗАШТИТЕ НА РАДУ

5.3.1. Мере заштите при везивању терета

- Безбедност код подизања терета постиже се правилним повезивањем и вешањем терета како би се спречила могућност одвезивања терета или испадања његових делова из свежња. За правилност везивања терета одговоран је сигнариста.
- С обзиром да ће се у току радова подизати и преносити различити профили и димензије материјала сигнариста посебно мора обратити пажњу код везивања дугачких предмета у виду шипки, греда, дужих профила, дасака и

- сл. Такви предмети се не смеју везивати на једном месту већ на најмање два места како би се смањила могућност њиховог испадања.
- Код преношења терета неправилног облика мора се обезбедити стабилност и равнотежа терета. Ово се постиже на тај начин што се терет везује у тачкама које је предвидео и обележио произвођач опреме, а затим се после везивања терет подигне на висину 20-30 cm да би се проверила његова стабилност и равнотежа. У случају да проба не покаже добре резултате, терет се мора спустити и извршити поновно везивање и поновна проба, па тек онда, ако резултат пробе задовољи наставити са радом.
 - Када су у питању предмети оштрих ивица обавезно се морају ставити подметачи како би се спречила оштећења носећих средстава или оштећења предмета.
 - Предмети већих димензија и тежина за које је произвођач предвидео да се дижу уз помоћ траверзни, морају се дизати искључиво помоћу њих.
 - Уравнотежење терета и навођење сме се вршити искључиво некидљивим ужадима чија дужина мора бити таква да се сигнариста који изводи ове операције мора налазити ван опасних зона. Ови послови смеју се поверити искључиво сигналисти. Дизаличар и сигнариста у току рада морају се споразумевати утврђеним или договореним знацима. Са овим знацима морају бити упозната и сва лица која раде на манипулацији теретом, а давање знакова дизаличару мора изводити само једно лице.
 - Челична ужад која ће се употребљавати за везивање терета морају бити атестирана. Завршна ужад морају бити прописно уплетена и осигурана атестираним стезником. Нестручно уплетена, настављена или кородирана ужад не смеју се употребљавати као помоћно средство.
 - Скраћивање ужади у чворовима је најстрожије забрањено.

5.3.2. Мере заштите при заваривању и сечењу метала

Различите опасности које прете при заваривању и сечењу метала налажу обавезно предузимање одређених мера заштите и то како пре почетка тако и у самом току рада. Иако се ова два поступка у технолошком погледу разликују, и код једног и код другог постоји читав низ истих опасности односно предпоставки да би грешка ланчано изазвала нежељене последице. Заједничке мере заштите су:

- Послове заваривача могу обављати квалификована и стручно обучена лица.
- Извођење радова на висини смеју вршити само лица која су предходно здравствено прегледана и за која постоји мишљење здравствене установе да иста могу обављати те радове.
- Приликом извођења радова на тешко приступним местима, заваривачи морају бити привезани атестираним ужетом преко заштитног појаса.
- Свим лицима која раде на заваривању конструкције морају бити стављена на располагање одговарајућа лична средства која одобри Служба заштите.
- Радна места заваривача морају бити снабдевена једним противпожарним апаратом ТИП С-6 и азбестним платном 1x1m.
- У близини места заваривања не смеју се налазити запаљиви материјали.
- Сваки материјал који се заварује који се предходно погледати, очистити од блата, уља, уљане прљашине, корозије и сл.

- Уколико се послови изводе на отвореном простору и ако је ниска температура, дува јак ветар или пада киша радови се морају прекинути.

5.3.3. Мере заштите при електро заваривању

- Провера исправности кућишта уређаја, каблова, електрода и свих спојева.
- Провера прикључења повратних проводника за предмет који се заварује (маса).
- Провера исправности прикључка за напојну мрежу.
- Сви каблови морају бити заштићени од механичког оштећења и не смеју представљати препреке приликом кретања.
- Приликом прегледа послова у току рада електроде се морају одлагати на изоловано место, а апарате искључити из напона.

5.3.4. Мере заштите при гасном сечењу

- Пре употребе боце са ацетиленом и кисеоником мора се извршити контрола исправности боца.
- Боце морају бити неоштећене и кородивно исправне.
- Пре почетка рада мора се извршити контрола заптивности на вентилима и другим спојевима. Ма какво притезање мора се вршити одговарајућим алатом. Уколико се на овај начин не постигне потпуно заптивање, неисправне боце се морају удаљити са места рада на безбедно место. У току рада боце морају бити на колицима осигуране од пада и заштићене од дејства топлоте и других механичких оштећења.
- Вентили на празним и пуним боцама на којима нису прикључени регулатори притиска морају бити осигурани заштитним капама које се чврсто притежу.
- За рад се смеју употребљавати само испитани одобрени редуccionи вентили, који не смеју бити оштећени нити пак замашћени. Манометри редуцира морају имати ознаке гаса и морају бити исправни.
- Замрзнути редуцири не смеју се одмрзнути отвореним пламеном или ужареним предметима. За ово се може употребити врућа вода, пара или врућ песак.
- Црева за довод флуида морају бити неоштећена а смеју се употребљавати само за оне гасове за коју су предвиђени.
- Спајање црева за редуccionи вентил и горионик морају се изводити искључиво обујмицама. Импровизације са жицом и друго није дозвољено.
- На прелазима, црева морају бити заштићена од механичког оштећења, а такође не би смела представљати препреку при ходању.
- Приликом сечења, црева не смеју бити пребачена преко оштрих ивица конструкције кеко не би дошло до оштећења и могућности неконтролисаног истицања гаса.
- С обзиром на могућност примене различитих врста горионика, заваривачи су дужни да пре пуштања горионика у рад у свему поступају по прописима за рад и упуству за рад произвођача.
- Најстрожије је забрањено остављати упаљене горионике.
- Боце са флуидима за варење не смеју бити ближи од 5 m од места рада.

- У случају пожара код вентила, повратног удара пламена, спољашњег загревања боце или паљења црева, мора се најхитније интервенисати уз употребу противпожарног апарата и азбесног платна, а у свему поступати према упутствима за рад са апаратима за аутогено заваривање и одговарајућим прописима.

5.3.5. Остале мере заштите

- Сви остали послови који ће се изводити сматраће се опасним уколико су радници изложени раду на висини или опасностима које се у току процеса рада могу јавити.
- За извођење изведених радова употребљаваће се алат сходно технолошким операцијама.
- Лица која ће распоређивати раднике на појединим пословима мораће приликом распореда као и у току рада у више наврата вршити преглед опремљености радника личним заштитним средствима као и установити здравствено стање и интервенисати код непридржавања мера заштите при раду.
- Остало руководеће и руководно особље које ће спроводити радове или пак вршити контролу, дужно је такође предузимати потребне мере у циљу спровођења мера заштите на раду.
- Сви радови на електро пословима изводиће се искључиво у безнапонском стању.
- Сва лица која улазе у зону радилишта морају бити снабдевена шлемом и осталим заштитним средствима предвиђеним прописима за рад на радилишту.

5.3.6. Упутство за употребу челичних ужади са две омче

1. Сва челична ужад морају бити у исправном стању и поседовати атесте произвођача.
2. Изричито је забрањена употреба ужади у доле наведеним случајевима:
 - на дужини од 3 x пречника ужета - 4 прекинуте жице
 - на дужини од 6 x пречника ужета - 6 прекинутих жица
 - на дужини од 30 x пречника ужета - 16 прекинутих жица
 - прекинуто уже везано у чвор
 - деформација ужета при којој је уже спљоштено за више од 20% називног пречника
 - ако је уже савијено преко неке оштре ивице те се траг превијања јасно оцртава на ужету
 - ако је на ужету због попречног руковања настало „окце” (влакнасти уложак испао изван струкова ужета)
 - оштећење пресоване чауре
 - нарочито јака оштећења жица хабањем
 - уже захваћено корозијом

6. ЗАКЉУЧАК

Из свега претходно наведеног може се закључити да је замена лежаја на вратилима великих димензија један скуп процес који изискује и доста времена и ангажовање великог броја извршилаца. Из тог разлога препоручљива је уградња лежаја са већим радним веком од прописаног. Строго се мора поштовати редослед операција као и контрола сваког уграђеног елемента, да не би накнадно морала да се врши демонтажа целог вратила.

7. СПИСАК КОРИШЋЕНЕ ЛИТЕРАТУРЕ И ПРОПИСА

1. Николић Вера – Машински елементи, Крагујевац 2004.
2. Недимовић Богољуб – Вратила, Београд 1996.
3. Трбојевић Милан, Јанковић Момчило, Вугделија Јово, Ивковић Слободан, Латиновић Војислав – Редуктори, Београд 1984.
4. Budynas Richard, Nisbett J. Keith – Shigley's mechanical engineering design, New York 2011.
5. Благојевић Тодор – Приручник за репаратуру багера SRs 1200 x 22/2 (24/4) и одлагача A₂Rs-B.3500.60 + BRs, Аранђеловац 2004.
6. Каталог багера – TAKRAF SRs 1200 x 24/4
7. Правилник о општим мерама и нормативима заштите на раду, ПД РБ КОЛУБАРА д.о.о.
8. Упутство за употребу челичних ужади са две омче, НОВКАБЕЛ Нови Сад