



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
ШТИП

РОБЕРТ ЗИНЗОВСКИ

МАГИСТЕРСКИ ТРУД
ОПТИМИЗАЦИЈА НА РАБОТАТА НА РОТОРЕН БАГЕР ПРИ
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕН ВО ФУНКЦИЈА НА
МИНИМИЗИРАЊЕ НА ТРОШОЦИТЕ ЗА ПОМЕСТУВАЊЕ

Штип, декември 2011

Комисија за оценка и одбрана

Претседател: проф. д-р. Ристо Дамбов

професор на факултетот за природни и технички науки
при Универзитетот „Гоце Делчев“ – Штип

Член: проф. д-р Зоран Панов,

Декан на факултетот за природни и технички науки
при Универзитетот „Гоце Делчев“ – Штип

Член: доц. д-р Симеон Симеонов

професор на факултетот за природни и технички науки
при Универзитетот „Гоце Делчев“ – Штип

Датум на одбраната 16. 12. 2011 година.

РОБЕРТ ЗИНЗОВСКИ

ОПТИМИЗАЦИЈА НА РАБОТА НА РОТОРЕН БАГЕР ПРИ
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕН ВО ФУНКЦИЈА НА
МИНИМИЗИРАЊЕ НА ТРОШОЦИ ЗА ПОМЕСТУВАЊЕ

УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП

Краток извадок

Целта на оваа магистерска работа е да изврши анализа и да даде практичен придонес во потребната оптимизација на работата на роторен багер при експлоатација на јаглен во функција на минимизирање на трошоците за преместување со точно дефинирање на оптималните технолошки шеми за работа на багерот SRs 1050 како најнова багерска единица која е во функција во ПЕ Рудници и истата работи на откривка во новото наоѓалиште на подинските јаглени серии, како и да покаже дека со користење на одредени технички решенија за следење и позиционирање на багерот може да се постигне значајно намалување на времето за планирани застои а со тоа би се постигнало намалување на производствените трошоци.

Со оваа магистерска работа ќе се покаже во практичен пример и при реални услови на работа како може да се изврши ова намалување на трошоците со што би се отворило пат за во иднина истиот систем да се имплементира и на другите багерски единици.

Овде се анализирани придобивките според лично мислење само на еден помал дел на бенефити од употреба на ваков систем на позиционирање и пратење на багерска единица, додека за останатите потребни се уште подетални и посеопфатни анализи.

Клучни зборови

Позиционирање, контрола, технолошки шеми на работа, оптимизација, трошоци, поместување

Abstract

The purpose of this magisterial work is to analyze and give a practical contribution to the necessary optimization of work the rotoeren excavator in exploitation of coal in function of minimizing the costs to relocate the exact definition of the optimal technological schemes of work excavator SRs 1050 as the newest excavator unit which is to work in MU Mines Suvodol – Bitola and it works on the new site leyer of underground lignite coal series, and to show that by using certain technical solutions for tracking and positioning of the excavator we can achieve significant reduction in time of the planned delays this would be achieved reducing production costs.

With the this magisterial work will show in a practical example and the real operating conditions as We can perform the reduction of costs which would make way for the future to implement the same system and other excavator units.

Here we analyzed the benefits according to personal opinion only a small part of the benefits of using such a system of positioning and monitoring of the excavator unit while the other requires more detailed and comprehensive analysis.

Keywords

Positioning control, technological schemes of work, optimization, cost, displacement

1. ВОВЕД

Како основен двигател на денешното модерно општество се јавува енергијата, поконкретно електричната, а следствено на тоа процесите за добивање на таа енергија се од првостепен приоритет на секоја држава и народ.

Во нашата држава имаме ограничени можности за производство на електрична енергија со што може да се задоволат само околу 80% од вкупните наши сегашни потреби за истата. Фосилните горива се јавуваат како основен енергенс за ова наше производство, односно јагленот кој се експлоатира и употребува за производство на електрична енергија во двата наши рударско - енергетски комбинати Битола и Кичево.

Рударско - енергетскиот комбинат – Битола, во досегашниот триесет - годишен период за задоволување на потребите на трите блока со инсталирана моќ од 3 x 210 MW, а од 1994 год. 3 x 225 MW го експлоатираше јагленот од рудното наоѓалиште Суводол каде проектираниот сооднос на откривка и јаглен беше 4,5 : 1 со преостанати резерви од (са) 24 милиони тони јаглен. Од пред една година се започна со експлоатација на јаглен од наоѓалиштето Брод - Гнеотино кое е на оддалеченост од околу 10 km од Суводол каде проектираниот сооднос на откривка спрема јаглен е 9 : 1 со резерви на јаглен од (са) 30 милиони тони. Во подготовка е експлоатацијата на јаглен од наоѓалиштето на подинските јаглени серии на Суводол која би започнала следната година со проектиран сооднос на откривка наспрема јаловина од 4 : 1 и резерви на јаглен од (са) 50 милиони тони.

Во наредниот среднорочен период Р. Македонија своето производство на електрична енергија во најголем дел истотака ќе го базира врз користењето на јагленот, а со тоа и сè што е поврзано со експлоатација на ова суровина е од битен карактер. Основниот репер за исплатливоста на оваа експлоатација се нормално висината на трошоците. Тука треба да се напомене еден битен факт, дека има и сè повеќе ќе има разлика, односно зголемување на овие трошоци од проста причина што во иднина не очекува сè понеповолен сооднос на потребна ископана откривка за добивање на иста количина на јаглен.

Главна цел во понатамошното работење на Рударско - енергетскиот комбинат - Битола покрај, основната задача за остварување на планираното производство на електрична енергија, барем во делот на добивање на енергетската суровина – јагленот, ќе биде намалување на сè повисоките планирани трошоци.

Императив е ова намалување на трошоците да се постигне во сите сегменти на производството односно да се искористат сите техничко - технолошки можности што ги овозможува инсталираната опрема со ефикасно користење на планираното време за работа.

Конкретно, тоа би било изработка и нивно придржување во работа на оптималните технолошки шеми за работа на багерските единици и намалување на времето за планираните и непланираните застои.

1.1. Предмет на истражувањето

Предмет на истражување на оваа магистерска работа е оптимизација на работата на роторните багери. Во неа ќе се врши анализа на преместувањето на роторниот багер во површинскиот коп ПЈС - Битола. Анализата со мали адаптации ќе се примени и во другите копови на ПЕ Рудници како и во површинскиот коп Осломеј - Кичево

1.2. Цели на истражувањето

Целите на истражувањето се во функција на оптимизирање на работата на роторните багери при површинска експлоатација на јаглен во функција на минимизирање на трошоците за нивно преместување. Значи, основната цел на оваа магистерска работа е оптимизација на работата на роторните багери, пред сè од начини на поставување за работа, задржување на оптималните димензии на откопниот блок, оптимални технолошки шеми на работа.

1.3. Методологија на истражувањето

Во магистерскиот труд користени се современите методи на оптимизација од делот на операционите истражувања, пред сè алгоритамски пристапи на програмско управување, односно дефинирање на дефинициони области на оптимизација.

Методологијата на истражување во себе вклучува комплетно модел на автоматски режим на работа на роторен багер, со анализирање и оптимизирање на трошоците на поместување на багерот.

Во истражувањето направени се и компаративни анализи на работата на роторниот багер при разни услови на експлоатација.

1.4. Осврт на досегашните истражувања

Досегашни истражувања од проблематиката на оптимизација на работата на роторните багери се направени од страна на:

- D. Schröder во неговиот труд под наслов „Economic and technologic aspects of Bucketwheel Excavator – and Crusher / Conveyor-Systems”, во кој ги дава основните технолошко – економски аспекти на роторниот багер, со посебен акцент на симулација на работата на истиот.
- Андрија Лазик во неговиот труд под наслов „Selektivno otkopavanje rotornim bagerima na površinskim kopovima uglja” во кој ги дава основните поставки на автоматско управување со роторните багери
- Миливоје Макар во неговиот труд „Теорија бажеровања rotornim bagerima” дадени се основните елементи на управување на системите за експлоатација со користење на роторни багери.

2. СИСТЕМИ НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕН

Одвивањето на самиот систем за експлоатација на јаглен како технолошки процес и заокружена целина за добивање на јаглен која е една од основните енергетски сировини може да го поделиме на следните основни делови:

- ✚ Добивање,
- ✚ Транспорт,
- ✚ Одлагање

Покрај овие основни процеси на површинските копови се изведуваат и помошни процеси кои се во функција на правилното изведување на основните процеси и тоа:

- Земјени работи кои се изведуваат поради рамнење, планирање и изработки на косините;
- Преместување и померување на транспортните ленти;
- Површинско одводнување и
- Работи на одржување на опремата итн.

2.1. Добивање

Го опфаќа одвојувањето, односно откопувањето на откривката или јаглен како сировина од слоевите на лежиштето кои се товараат на транспортно средство. Откопувањето се врши по механички пат, со дупчалско – минерски работи или по хидроуличен пат со што се врши уситнување на помали делови подобни за товарење на транспортно средство со помош на багер или товарач.

Слоевите на откривка или јаглен во масивот се нарекува работна средина или карпа и истите имаат особини кои се одредени во согласност со видот на поединечните минерали и нивната меѓусебна поврзаност. Од сите особини како најанализирана се јавува цврстината, бидејќи од неа директно зависи и изборот на технолошкиот процес за добивање на енергетската сировина. Според цврстината се делат на цврсти и меки со што се дефинира

големина на отпорот кој треба да го совлада алатот, односно средството за откопување, а со тоа директно се дефинира можноста за добивање. Факторите кои влијаат на отпорот на карпата а со тоа и можноста за добивање се: кохезијата, гранулацијата, обликот на зрното, степен на поврзаноста, хомогеноста, агол на внатрешно триење, цврстината на сечењето, пластичноста.

Цврстите карпи се класифицирани според цврстината на притисок, но не секогаш постои правапропорцијалност со можноста за добивање.

Кај меките карпи еден од најзначајните фактори е тврдоста која се изразува преку специфичниот отпор на триење во N/cm по должината на работното сечило. Ова посебно е изразено при површинската експлоатација на јаглен кој го дефинира отпорот на стената при режењето од самиот масив кој се изведува со забите од уредот за откопување на машината како багер или булдузер.

Во Р. Македонија на површинските копови за јаглен се појавуваат меки карпи каде специфичниот отпор на режењето во најголема мера зависи од кохезијата и може да се изрази емпириски со следнава формула:

$$Fr = 104 \cdot c_s + 150 \text{ (N/cm)}$$

c_s единица за кохезија (МПа)

Видот на карпата директно го дефинира начинот на експлоатацијата и ја дефинира потребната механизација за остварување на технолошкиот процес.

Кај цврстите карпи добивањето се врши со помош на бушачко – минерски работи а товарењето се изведува со товарач или багери со еден работен елемент. Во случај на помалку цврсти карпи се користи риперирање со цел разбивање и ситнење пред товарење.

Кај меките карпи на површински копови за јаглен, посебно во Европа скоро без исклучок се применуваат континуирани багери како роторните и ведричарите додека багерите со корпа и дреглајните во најголема мера се користат за помошни работи.

2.2. Транспорт на откривка и јаглен

Транспортор го опфаќа превозот и извозот на откривка и јаглен од местото на добивање до местото на истовар, односно крајното одредиште што за откривката би било одлагалиштето за јагленот - депонија за јаглен.

Во денешни случаеви на сè поголеми длабочини и зголемен сооднос откривка и јаглен транспортот во целокупниот технолошки процес се јавува како носител на половина од трошоците на производствениот процес кој треба да работи во сè посложени работни услови и зголемена маса за транспорт.

Сето ова бара современа технологија на транспорт со висока продуктивност.

Технологијата на транспортот се разликува по самиот транспортен пат и начинот на транспорт кои се во зависност од експлоатационите услови и технологијата на добивање. Него може да го поделиме на следниот начин:

- Транспорт на етажи во кој спаѓа целокупниот транспорт во границите на површинскиот ископ односно масите се транспортираат по пат на самите етажи на откривката и јагленот, како и етажите на внатрешното одлагалиште. Истиот се изведува со транспортни траки, железнички и камионски транспорт или со посредство на скрепери.
- Директно одлагање на јаловината што подразбира најкраток транспорт на откривката од местото на копање до местото на одлагање. Овој начин се одликува со мали должини на транспортниот пат и се изведува со посредство на багери со корпа и дреглајни за директно префрлување, комбинирани машини багер – одлагач, мостови за внатрешно одлагање или попречни транспортни траки.
- Извоз на масите од површинскиот ископ кој го опфаќа транспортниот пат од етажата до граница на површинскиот откоп на површина а ретко транспортот по бочната косина од јагленовата етажа до површината на теренот. Истиот може да се изведува со посредство на транспортни траки, железнички и камионски транспорт или кога е случајно бочната косина со помош

на транспортни ленти поставени на померлив кос мост кој го следи адекватно напредувањето на работите во површинскиот коп.

- Надворешен транспорт кој го опфаќа транспортниот пат од работ на површински ископ до местото на истовар, односно депонија за јаглен или одлагалишен простор.

Според начинот на изведување транспортот може да го поделиме на две основни групи кои најчесто се среќаваат во површински копови:

- Континуиран транспорт што овозможува непрекинат транспорт на масите натоварени со машина за добивање во кој спаѓат транспортните ленти, директното префрлување со комбинирани машини багер – одлагач или мостови и хидроуличен транспорт. Во состав на овој транспорт, по правило, се користат континуирани машини за добивање како роторни багери и багери ведричари но во случаеви на користење на покретна дробилица или додавач се користат и багери со корпа, дреглајни или натоварачи.
- Дисконтинуиран транспорт што овозможува транспорт на масите, натоварени со машина за добивање во интервали (испрекинато) и во тој случај се користи железница, камиони самоодни скрепери, понекогаш и булдожери. Во овој дел спаѓа и директното префрлување на отквивката во откопаниот простор со посредство на багери со корпа и дреглајни.

Покрај овие во пракса се применува и комбиниран транспорт како комбинација од основните два транспорта посебно во ситуации каде:

- не треба одма да се транспортира целата количина на јаглен поради нерамномерност во производство или потрошувачка и треба времено да се депонира;
- поради економски причини и експлоатациони услови што би бил и пример новиот површински коп Брод-Гнеотино.

Самиот избор би зависел од неколку основни услови:

- длабина на површинскиот ископ,
- потребниот капацитет на транспорт,

- должини и нагиби на транспортните патишта,
- употребената опрема за добивање на отквивка односно јаглен,
- физичко-механичките својства на отквивката и јагленот
- носивоста на тлото по траста на транспортните патишта,
- конфигурација на теренот и
- потребното варирање во капацитетот

Како составни елементи на транспортот, како дел од технолошкиот процес, се јавува таварењето како почетна фаза и истоварот како крајна фаза кои имаат посебно значење за оптималната работа на целиот транспортен систем. Разликуваме три начини на товарење :

- Товарење со транспортно средство (самооден скрепер),
- Товарење со багер или товарач директно во транспортното средство,
- Товарење во транспортното средство со посредство на помошен уред (самоодна трака, самоодна дробилица и сл.),

Истоварот може да го класифицираме на следниов начин:

- Истовар од транспортното средство директно на одлагалиште, депонија или бункер,
- Истовар со помош на помошен уред кои масите ги презема од транспортното средство и одлага на одлагалиште на јаловина, депонија или бункер за јаглен и
- Истовар со дополнително одлагање на масите, истоварени од транспортното средство.

2.3. Одлагање на откривката

Одлагањето на откривката преставува завршна точка во синџирот на технолошкиот процес во кој се врши истовар и одлагање на масите кои со посредство на транспортното средство се транспортираат од површинските ископи и според употребената механизација и потребниот технолошки процес се делат на:

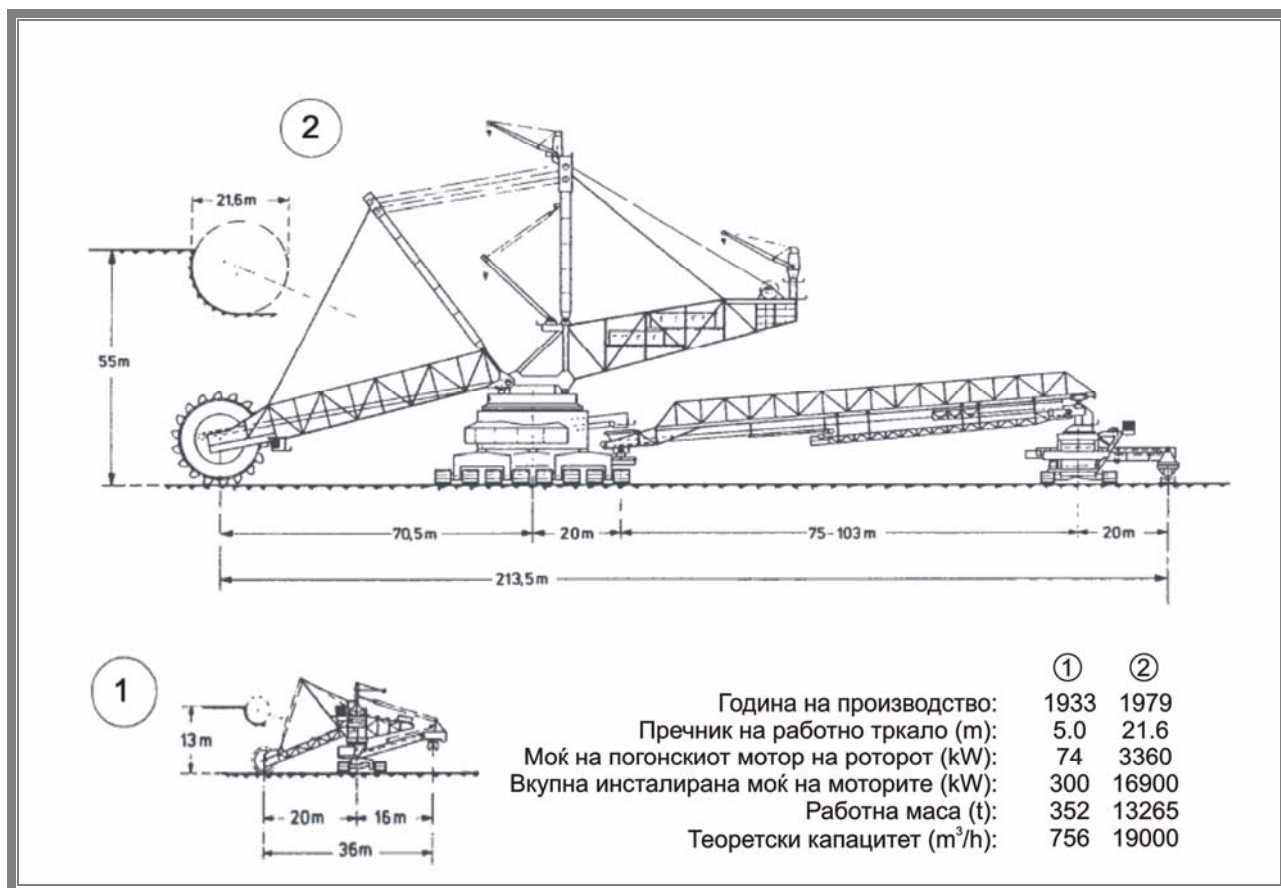
- Одлагалишта со одлагачи за континуиран режим на работа односно одлагачи со ленти кои се применуваат за поголеми капацитети и по правило во состав на системи со континуиран режим на работа при што се користат одлагачи со долга истоварна стрела,
- Одлагалишта за дисконтинуиран режим на работа кои се формираат со одлагање на истоварена јаловина од камиони или со посредство на багери дреглајни а понекогаш и багери со корпа,
- Одлагалишта со плуг кои исклучително се применуваат при транспорт со железница и при песковит материјал на откривка,
- Одлагалишта со булдузер се применуваат при камионски и железнички транспорт,
- Одлагалишта со директно префрлување на јаловината кои се применуваат во состав на системот за добивање и транспорт при што јаловината се одлага спротивно од напредувањето на одлагалиштето,
- Шпил - кипа односно одлагање со вода денес се применува за пополнување на откопните простори со јаловина од друг коп.

3. РОТОРЕН БАГЕР

3.1. Развој и област на примена

Конструиран со идеја да ги обедини најдобрите техничко – технолошки параметри од багерите ведричари и багери со корпа, односно големиот капацитет при континуираната работа кај багерите ведричари и релативно мало абење на корпата со добрите маневарски можности кај багерите со корпа за првпат се појавува во 1916 година како производство на фирмата Humbolt.

Во наредниот период до денешно време има брз развој во техничко, конструктивните и технолошките параметри на роторните багери така што во 1934 година за првпат е примент тригасеничен транспорт, во 1951 година се појавува работно тркало од полукоморен тип што значително го зголеми капацитетот, од 1955 година почнува сè помасовно производство на роторните багери за висинска и длабинска работа а подоцна и првите багери со променлива должина на работната стрела. Од 1960 година има производство на роторни багери со значително зголемен капацитет и зголемена резна сила при што во 1987 година од страна на германската фирма KRUPP е испорачан багер со капацитет од 19 200 m³/h.



Слика 1: Споредба на габаритите на роторните багери во временски интервал од 50 години

Figure 1: Comparison of the dimensions of the rotary excavators with an interval of 50 years

Роторниот багер претставува самоодна машина со континуирано работно дејство која е наменета за откопување на јаловина и енергетски и други сировини како на пример јаглен. Откопувањето на материјалот се врши со помош на корпи кои се рамномерно распоредени по ободот на работното тркало со истовремено вртење на работното тркало во вертикална рамнина и вртење на работната стрела заедно со платформата во хоризонтална рамнина при што секоја корпа откопува дел од материјалот кој е одреден во зависност од обликот и геометриските параметри.

3.2. Класификација

Поради задоволување на различните специфични услови на работните средини во согласност со барањата на корисниците на овие машини може да се класифицираат според бројни и разновидни конструкциски и технолошки обележја кои потекнуваат од мошне големи варијации на технолошко – кинематските параметри и тоа според :

- ✚ намената,
- ✚ теоретскиот капацитет,
- ✚ специфичната сила на копање,
- ✚ начинот на откопување на блокот,
- ✚ транспортниот уред,
- ✚ взаемната положба на вртливиот горен дел и невртливиот долен дел,
- ✚ тип и положбата на осата на вртење на претоварниот уред и
- ✚ типот на работната стрела и др.

Според намената:

- багери за површински копови,
- багери за градежни работи и
- специјални багери

Според теоретскиот капацитет:

- со мал капацитет (до $630 \text{ m}^3/\text{h}$),
- со среден капацитет (од 630 до $2500 \text{ m}^3/\text{h}$),
- со голем капацитет (од 2500 до $5000 \text{ m}^3/\text{h}$),
- со многу голем капацитет (од 5000 до $10000 \text{ m}^3/\text{h}$) и
- со екстремно висок капацитет (над $10000 \text{ m}^3/\text{h}$),

Според специфичната сила на копање:

- со нормалана специфична сила на копање (до 70 N/cm^2),
- со зголемена специфична сила на копање (од 70 до 140 N/cm^2),
- со голема специфична сила на копање (од 140 до 210 N/cm^2) и
- со многу голема специфична сила на копање (над 210 N/cm^2),

Според начинот на откопување на блокот:

- за висинска работа (со длабина на копање под нивелета на работниот планум не поголем од радиусот на работното тркало) и
- за висинска и длабинска работа

Според начинот на усекување во блокот:

- со усекување во блок со поместување на целиот багер (багери со работни стрели со константна должина и фиксно потпирање) и
- со усекување во блок со испуштање на работната стрела (багери со телескопски стрели и багери со константни должини на стрелите но поместливи потпирања на истите).

Според типот на транспортот:

- со гасеничен транспортен уред,
- со чекоречко – шински транспортен уред,
- со шинско – гасеничен транспортен уред,
- со шински транспортен уред,
- со чекоречки транспортен уред,

Според заемната положба на вртливата горна градба и невртливата долна градба:

- со уред за хоризонтирање и
- без уред за хоризонтирање

Според тип и положба на оската на вртење на претоварниот уред:

- со истоварна стрела чија оска на вртење се поклопува со оската на вртење на централната вртлива платформа,
- со истоварна стрела чија оска на вртење не се поклопува со оската на вртење на централната вртлива платформа,
- со претоварен мост на сопствен претоварен уред чија оска на потпирање се совпаѓа со оската на централната вртлива платформа и

- со претоварен мост на сопствен претоварен уред чија оска на потпирање не се совпаѓа со оската на централната вртлива платформа

Според типот на работната стрела

- со работна стрела со константна должина и фиксна точка на потпирање,
- со работна стрела со константна должина и поместлива точка на потпирање и
- со телескопска (продолжена)

3.3. Конструкција и составни делови

3.3.1. Основни конструктивни изведби

Големината, обликот и конструкцијата на роторниот багер најповеќе зависат од бараниот капацитет, начинот на товарење на материјалот и специфичните услови на површинскиот коп. Фактори кои битно влијаат на обликот и конструкцијата се дозволените наклон на работни косини во смисла на стабилност на откопната средина, цврстината на карпата која треба да се откопува како и дозволеното специфично оптеретување на тлото.

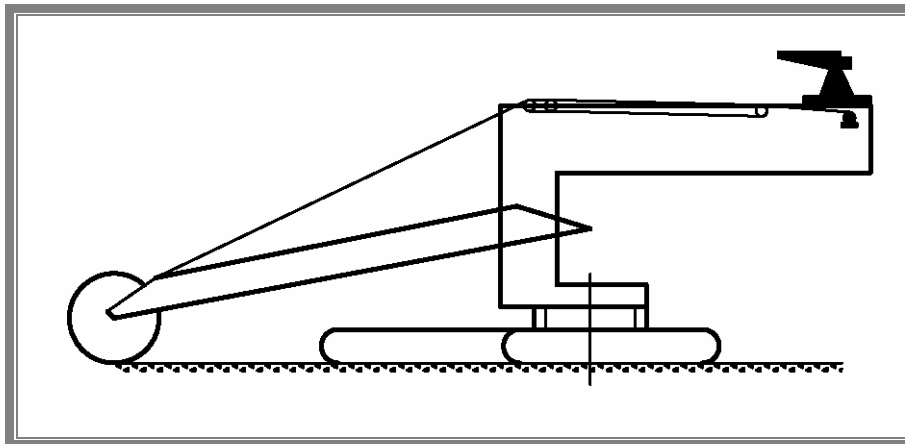
Обликот и конструкцијата треба да бидат прилагодени во насока за добро и лесно одржување, како и минимално потребно време за изведување на ремонтни активности.

На роторните багери разликуваме основни механизми во кои може да ги дефинираме механизмот за движење на работната стрела, транспортниот механизам, механизмот за транспорт на материјалот, погонскиот механизам и механизмот за управување. Како помошни механизми се дефинираат: уредот за подмачкување, осветлување, загревање, уредите за потребите на техничкото одржување и ремонти.

Конструктивно според конструкцијата на горниот вртлив дел има неколку видови на роторни багери и тоа:

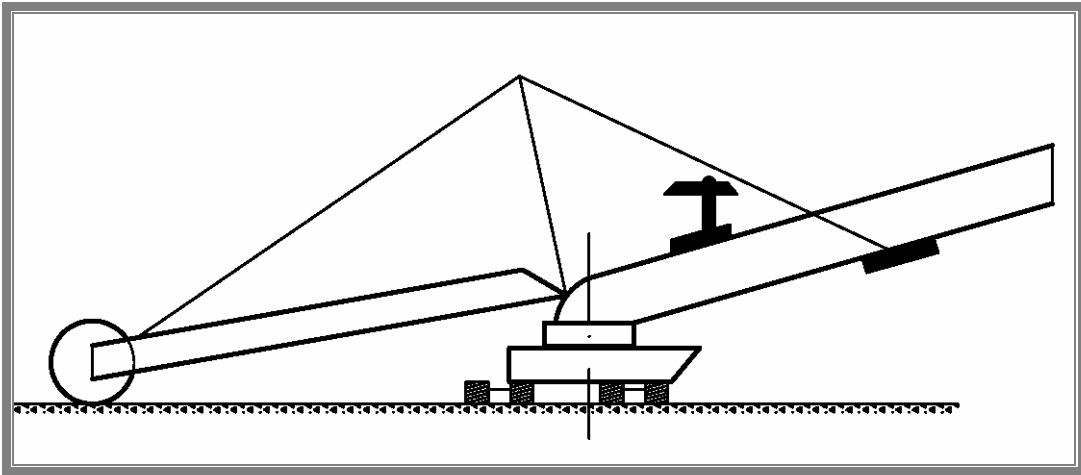
- Рам конструкција во облик на буквата „С“ што е карактеристично за роторни багери со мала и средна маса.
- Конструкција со една вертикална решетка што беше карактеристично за багери, произведени во Источна Германија.
- Конструкција со две вертикални решетки што беше карактеристично за багери, произведени во Западна Германија, при што предната решетка е зглобно поврзана а другата цврсто поврзана за вртливата платформа, а меѓусебно и со работната стрела со посредство на систем од јажиња.

На следниве слики се прикажани основни конструктивни изведби на роторните багери.

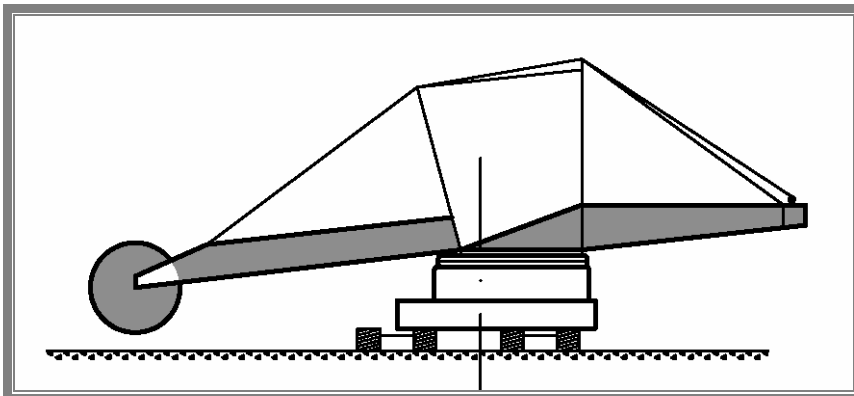


Слика 2: Шема на RAM конструкција со облик на горниот вртлив дел во облик на буквата „С“

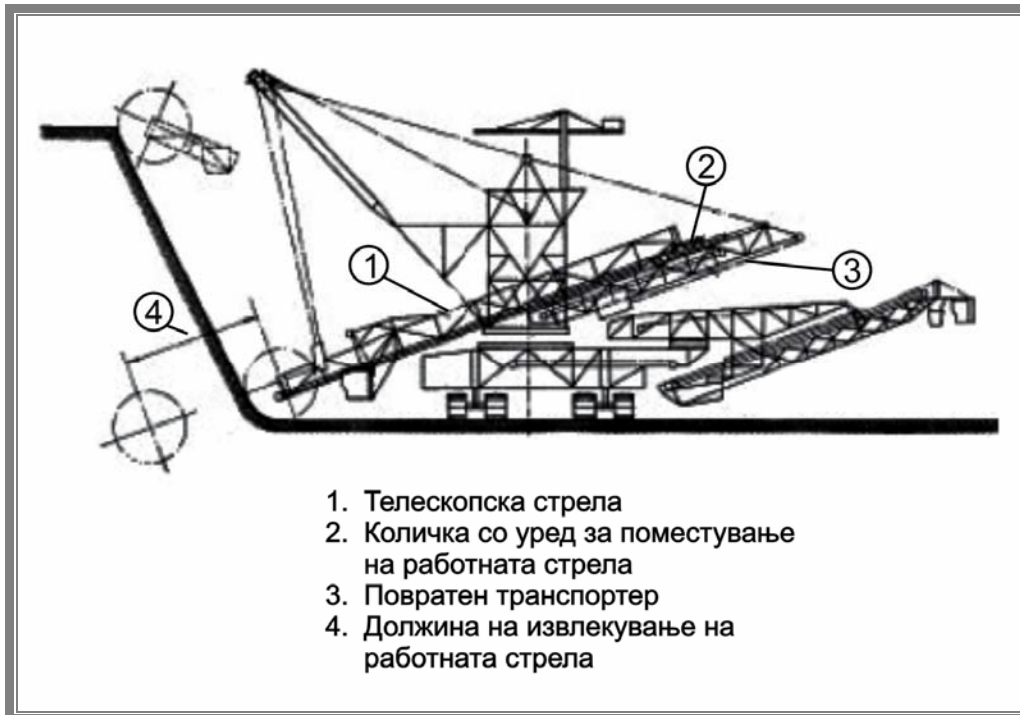
Figure 2: Scheme of RAM structure with the shape of the upper swivel part in the shape of the letter "S"



Слика 3: Шема на конструкција на роторен багер со една вертикална решетка
Figure 3: Scheme of construction of rotary excavator with a vertical grid



Слика 4: Шема на конструкција на роторен багер со две вертикални решетки
Figure 4: Scheme of construction of rotary excavator with two vertical bars

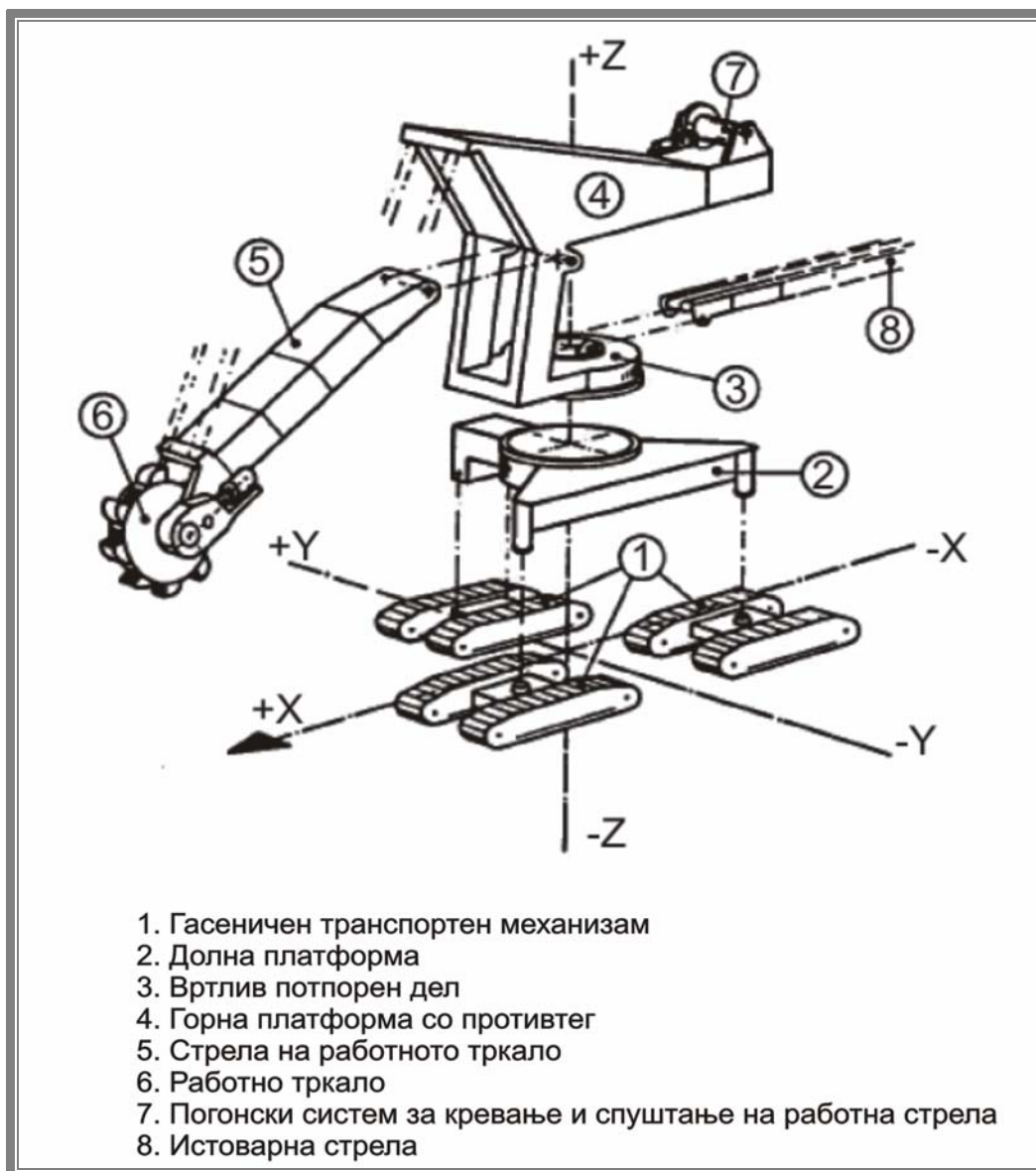


Слика 5: Шема на конструкција на роторен багер со телескопска работна стрела
Figure 3: Scheme of construction of the rotary excavator with extendable working shaft

3.3.2. Составни компоненти на роторен багер

Основната конструкција на роторен багер се состои од:

- транспортен (гасеничен) механизам,
- долна градба,
- потпорно вртлив дел,
- горна градба со против тег,
- работна стрела,
- работно тркало,
- погонски систем за кревање и спуштање на работната стрела и
- истоварна стрела



Слика 6: Главни делови на роторниот багер
Figure 6: Main parts of rotary excavator

Работниот орган на роторниот багер го сочинуваат работната стрела и работното тркало со погонот (тело на работното тркало, корпи, спојки, погонски мотор, редуктор).

➤ **Работна стрела**

Работната стрела припаѓа на главната носечка челична конструкција и претставува најоптеретен и најодговорен дел од конструкцијата на багерот.

Големо влијание на обликот на конструкцијата на работната стрела има диспозицијата на работното тркало со погонската група и пресипното место.

Покрај функцијата на кревање и спуштање на работното тркало работната стрела има функција на неа да бидат вградени и монтирани елементите за копање и транспорт на материјалот како и повеќе помошни конструкции како: конструкција за обесување на кабината, конструкции на пристапни патеки, пресипни места и повеќе механизми и уреди, неопходни за работа на багерот. Во вкупната тежина на багерот работната стрела учествува со околу 6 до 13 % чија носечка конструкција треба да ги пренесе сите сили и напрегања кои се јавуваат (во работа, транспорт и мирување). Типот на конструкција во прв ред зависи од габаритите на багерот, а со тоа и на самата стрела.

Се применуваат два основни типа на конструкција и тоа:

- конструкција на работната стрела со полни ѕидови и
- конструкција на работната стрела во облик на решетка

Конструкцијата со полни ѕидови односно кутиест пресек се користи кај малите багери со недостаток поради можноста од продирање на вода во внатрешноста со што има опасност до дојди до замрзнување и пластични деформации на ѕидовите од носачот.

Кај багерите со поголеми димензии се користи решеткаста конструкција кај која разликуваме лев и десен носечки ѕид кои се поврзани со горни и долни попречни врски.

Главните носачи на решеткастата конструкција се изработуваат во облик на „I” профил.

Материјалот од кој се изработува работната стрела треба да ги има следниве основни особини :

- голема затезна цврстина,
- висока граница на развлекување,
- висока отпорност на кртост,
- пристапна цена и
- добра заварливост.

Една од основните мери, а со тоа и во голема зависност од многу параметри, што потоа експлицитно ги одредува техничко – технолошките карактеристики на секој багер е должината на работната стрела. Параметри од кои зависи се следниве:

- дијаметар на работното тркало,
- диспозиција на уредите и механизмите вградени на работната стрела,
- висина на точката на влежиштување во однос на работниот планум,
- поречниот пресек на стрелата и
- габарит на транспортниот уред

Односите на должините на работните стрели во однос на дијаметарот на работното тркало за различни типови на багери и различни производители се дадени во подолните табели.

Табела 1. Однос на должините на работната стрела и дијаметарот за компактните багери

Table 1. Relation of lengths of the working shaft and the diameter for compact excavators

производител	тип на багер	однос должина / дијаметар
KRUPP	компактен	$L_{str} = (1,7 - 2,1) \cdot D_{rt}$
O&K	компактен	$L_{str} = (1,5 - 1,9) \cdot D_{rt}$
TAKRAF	компактен	$L_{str} = (1,95 - 2,4) \cdot D_{rt}$

Табела 2: Однос на должините на работната стрела
и дијаметарот за класичните багери

Table 2: Relation of lengths of the working shaft and
the diameter of conventional excavators

производител	тип на багер	однос должина / дијаметар
KRUPP и O&K	со класична конструкција	$L_{str} = (3,22 - 4,02) \cdot D_{rt}$
TAKRAF	со класична конструкција	$L_{str} = (2,40 - 4,55) \cdot D_{rt}$

➤ Работно тркало

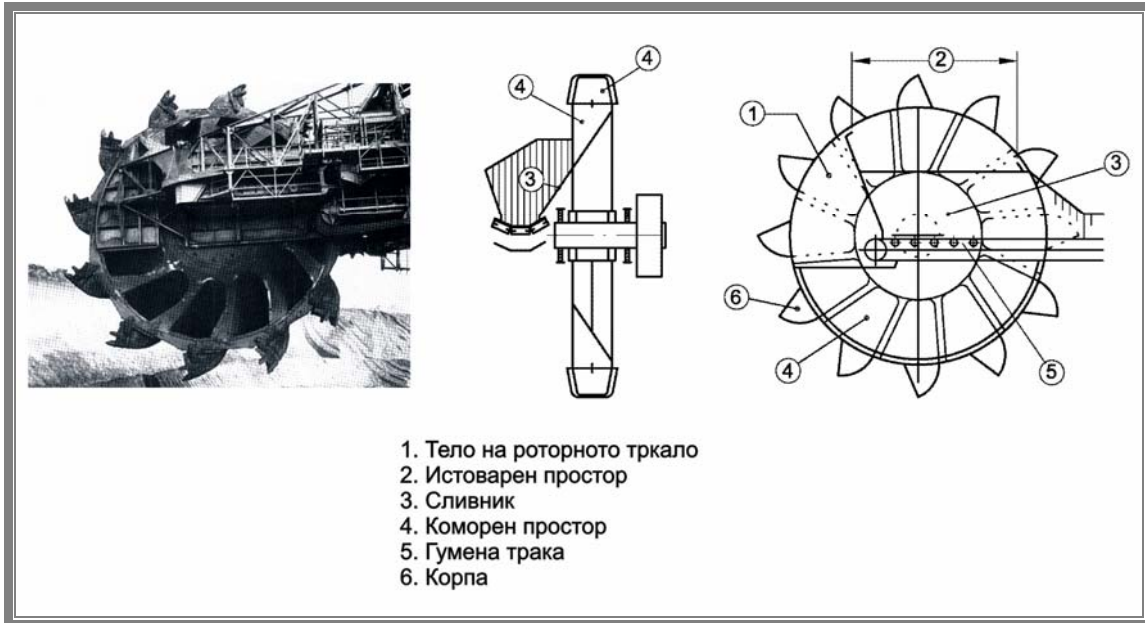
Работното тркало според кој и го добил своето име багерот преставува негов најкарактеристичен конструктивен дел и во повеќедеценискиот развој се развиени повеќе типови како и натамошното усовршување со цел да се одговори на сè поголемите и посложени технолошки барања во состав и намалување на неговата тежина, подобро и поквалитетно одржување и повисока работна сигурност. Главното барање за зголемен капацитет условия и зголемување на димензиите на работното тркало при што неговиот дијаметар се движи во граници од 4,2 m до 21,6 m, во зависност од големината и намената на багерот.

Неговите основни составни делови се:

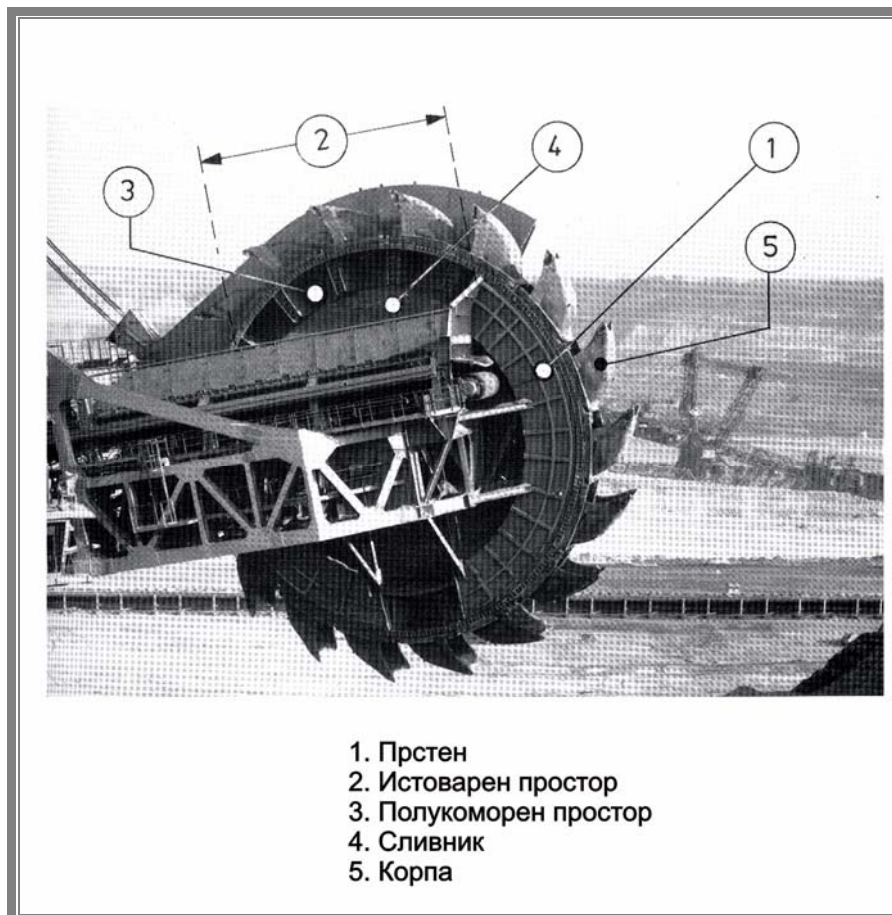
- носечка конструкција на работното тркало (тело),
- вратило со потпорни лежишта и
- корпи со резни елементи

Конструкцијата на работното тркало модифицираше преку првобитниот коморен тип, потоа безкоморен кој денес е најраспространет до полукоморен. Најголемиот багер со номинален капацитет од 240 000 m³/den цврста маса има работно тркало од полукоморен тип.

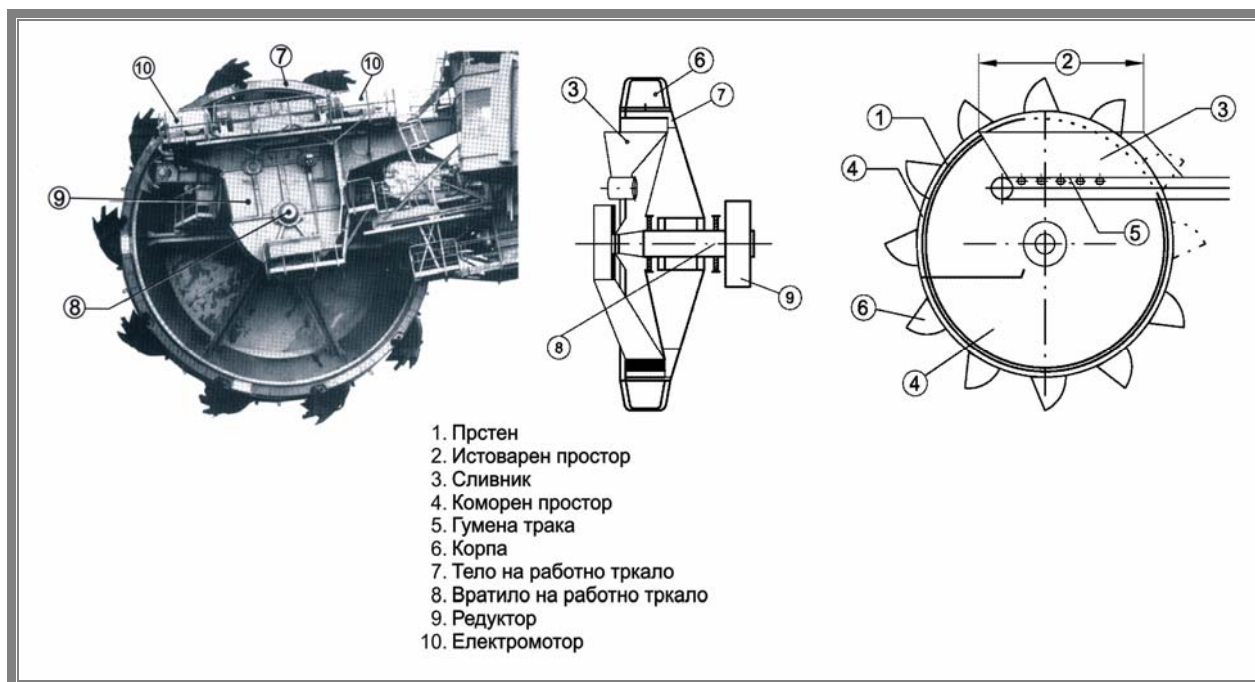
На следниве слики се претставени основните конструкции на работното тркало.



Слика 7: Работно тркало од коморен тип
Figure 7: Working wheel of the chamber type



Слика 8: Работно тркало од полукоморен тип
Figure 8: Working wheels half chamber type



Слика 9: Работно тркало од безкоморен тип
Figure 9: Working wheel without the chamber type

Еден од посложените проблеми при конструкција на багерите е и конструкцијата на погонот на работното тркало што се огледува од мнозинството на конструктивни концепти при што голема улога игра меѓусебната положба и поставеност на работното тркало, погонот и транспортната лента.

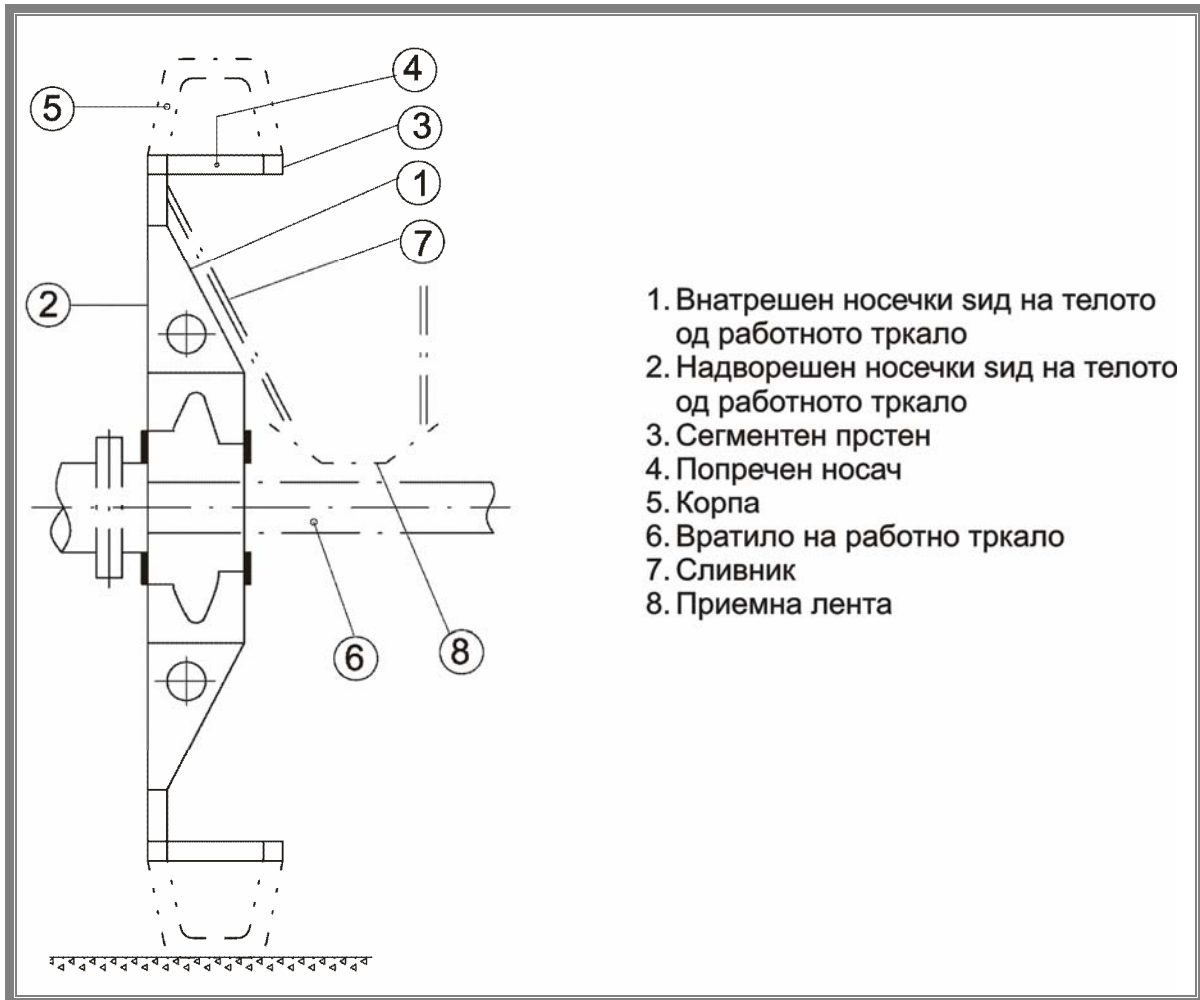
Самата позиционираност на работното тркало во однос на работната стрела приемната транспортна лента е многу битен и тежнее да го исполни условот да целиот процес на откинување на материјалот од масивот зависи исклучиво од висинската положба на резот и насоката на кружно движење на работното тркало кое се постигнува со тоа што рамнината на работното тркало се простира низ оската на вртењето на горната градба. Овој услов тешко е да се оствари поради испаѓањето на материјалот од работното тркало при што приемната лента треба да се внесе во работното тркало а тоа не е остварливо. Меѓутоа истиот ефект се постигнува со заротирање на рамнината на работното тркало околу хоризонталната оска.

Телото на работното тркало има функција да ја оствари цврстата врска помеѓу вратилото и корпите за да можат да бидат пренесени сите сили помеѓу овие елементи а исто така да обезбеди со минимално испаѓање пренесување на материјалот од корпите до приемната лента. Во текот на работата оваа

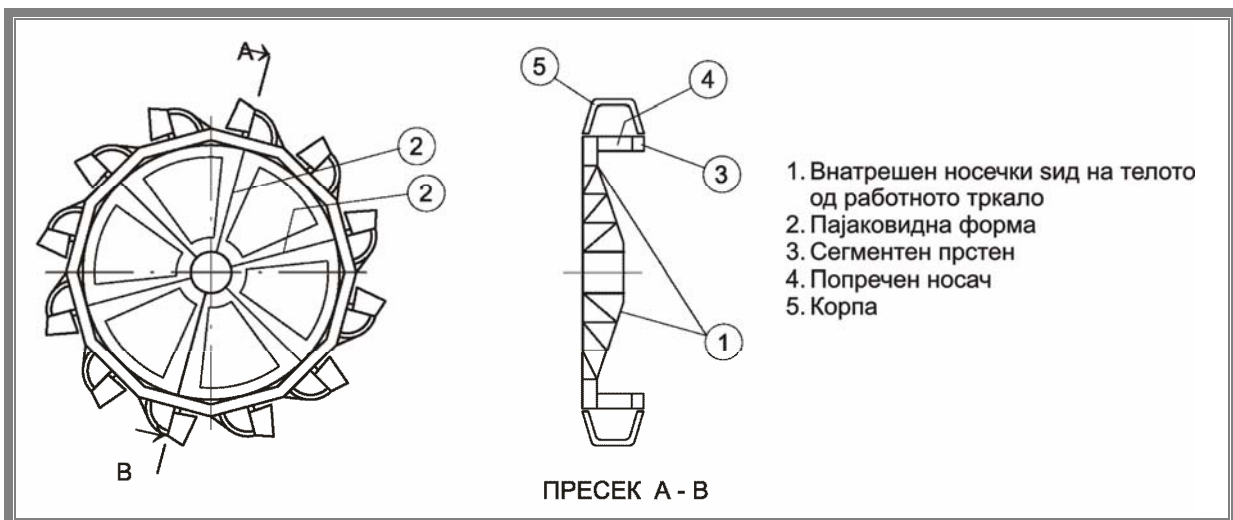
конструкција е силно изложена од широк спектар на динамички оптеретувања и во контакт со материјалот што се копа и во зависност од неговиот состав има големо абење. За заштита од абењето се користат облоги од материјали високо отпорни на абење но во целост не е можно да се заштити со што доаѓа до намалување на вкупната цврстина. Влијанието на корозијата кај споевите изведени со заварување или завртки е исто така фактор кој ја намалува цврстината на целокупната конструкција. Сето ова во корелација бара да се прифати висок степен на сигурност на конструкцијата на работното тркало што со себе повлекува и зголемена маса што во пример би било за секој зголемен тон тежина на работното тркало повлекува зголемување на целокупната маса на конструкцијата на роторниот багер од четири до пет тона со корекција на противтегот.

Во пракса најповеќе ги имаме во употреба следниве изведбени форми на телото на работното тркало:

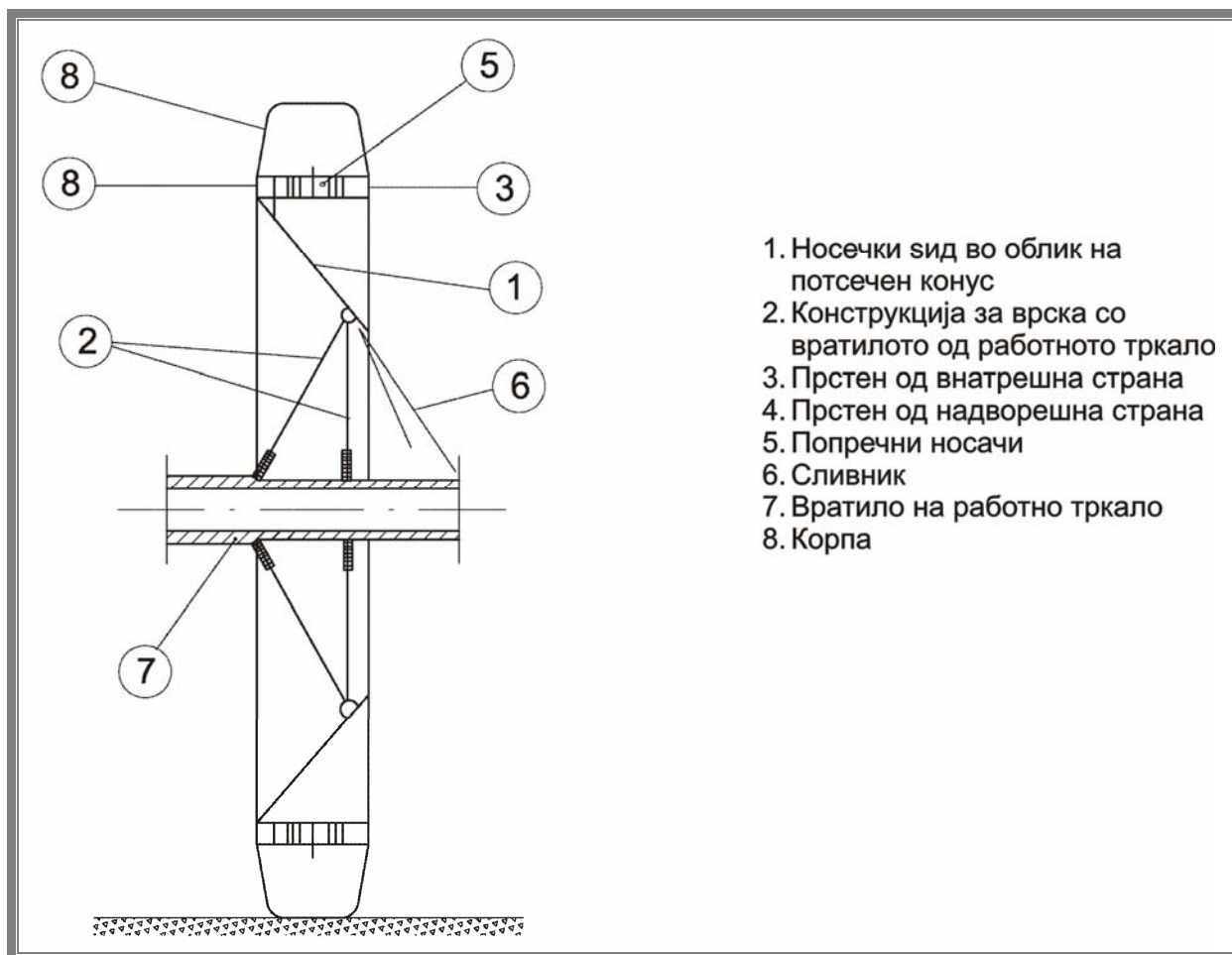
- тело на работното тркало со двојни сидови,
- тело на работното тркало со еден сид и пајаквидна мрежа на радијално поставени носачи и
- тело на работното тркало во облик на потсечен конус со еден сид.



Слика 10: Тело на работното тркало со двојни сидови
 Figure 10: Body of working wheel with double walls



Слика 11: Тело на работното тркало со еден сид и пајаквидна мрежа на радијално поставени носачи
 Figure 11: Body of work wheel with a wall and spider webs of girders placed radially



Слика 12: Тело на работното тркало во облик на потсечен конус со еден ѕид
Figure 12: Body working wheel in the form of a truncated cone with one wall

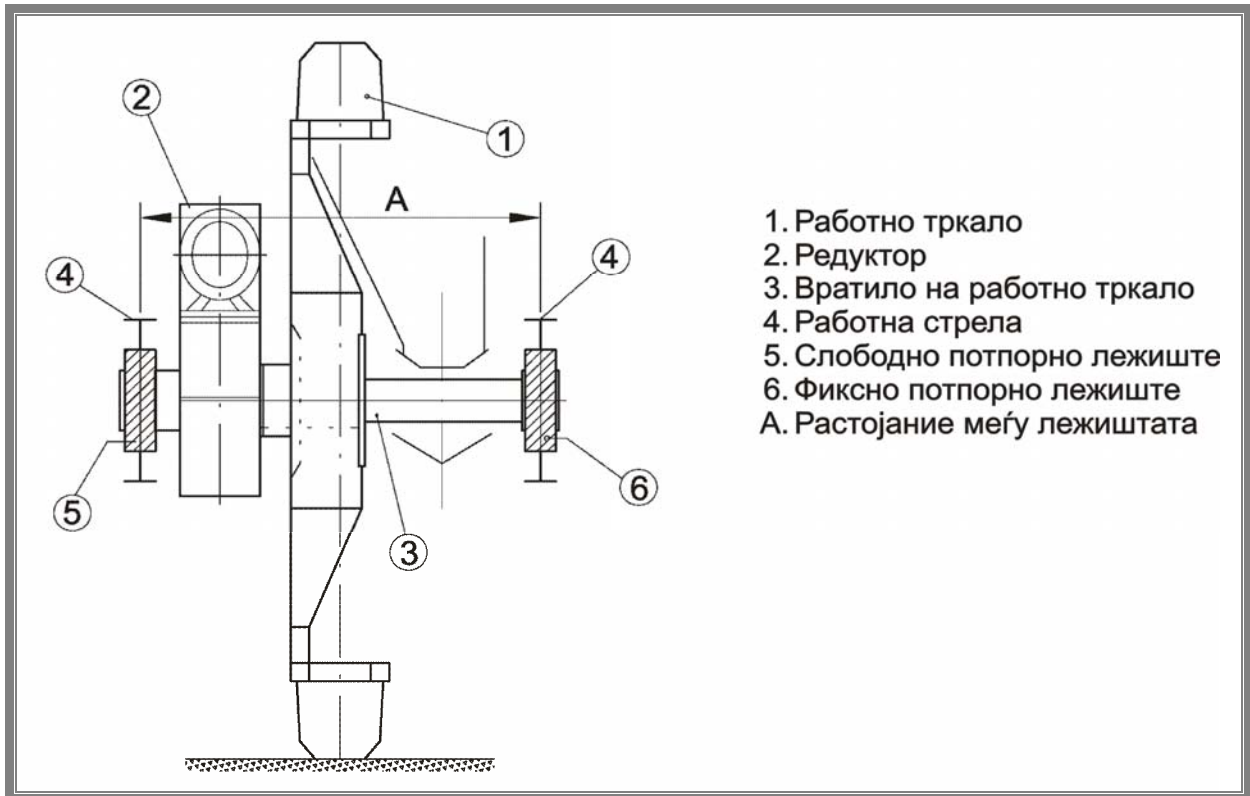
Негативната страна што се увиде во експлоатација кај работните тркала со двојни ѕидови кое беше постаро конструктивно решение дека се случува таложење на материјалот во коморите помеѓу ѕидовите се анулира со воведување на конструкции со еден ѕид. Ова таложење не е никако безизлено особено што има примери на багер во Германија таа наталожена маса да достигне 80 тони со што може значително да се загрози стабилноста на горната градба на багерот.

Самиот материјал од кој е направено работното тркало е високо квалитетен челичен лим со голема затезна цврстина а погоден за заварување. Најповеќе се користи ST – 52 – 3 по DIN норми односно C0563 што преставува челик за одговорни заварени конструкции осигурани од крто кршење.

Искуствата што се стекнаа со долгогодишните експлоатации како и тежнењето багерот максимално де се прилагоди на работните услови

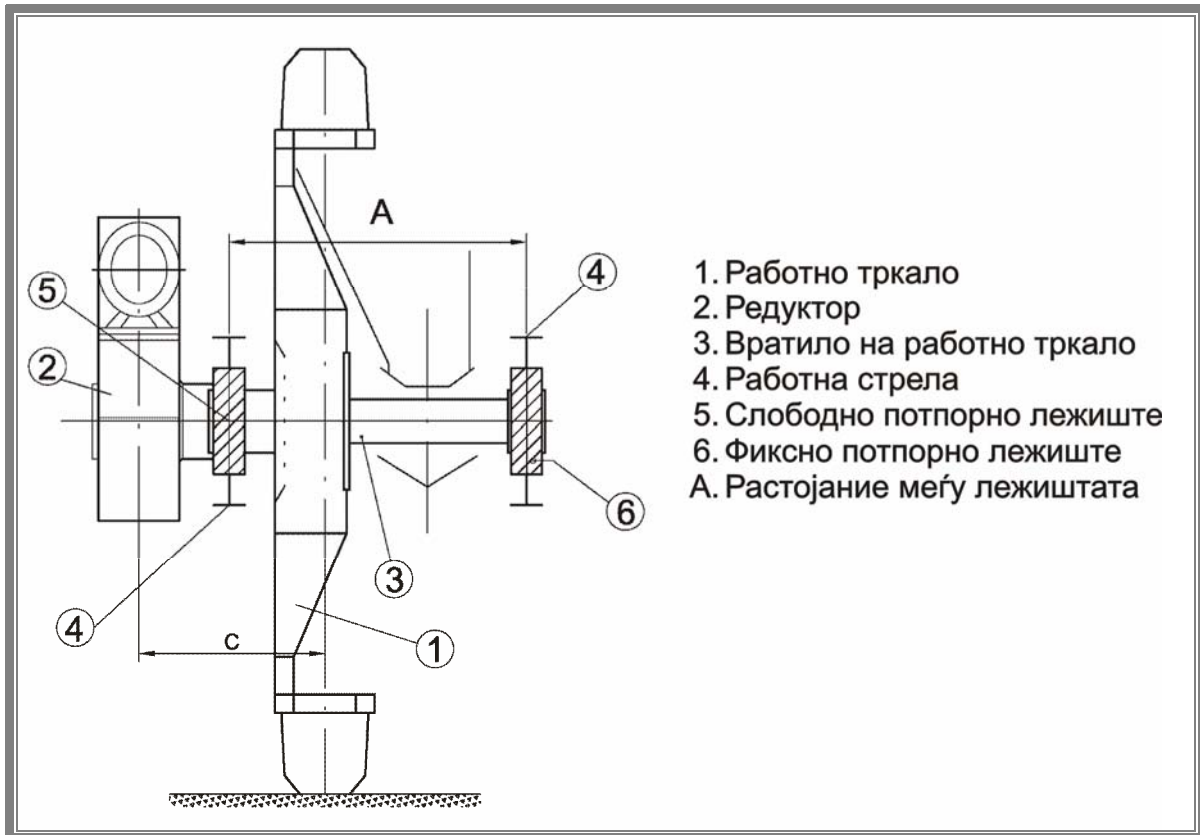
издиференцираа одредени решенија за диспозицијата на работното тркало и неговиот погон кои може да се класифицираат во следнава поделба:

- работното тркало и редуктор поставени помеѓу потпорните лежишта



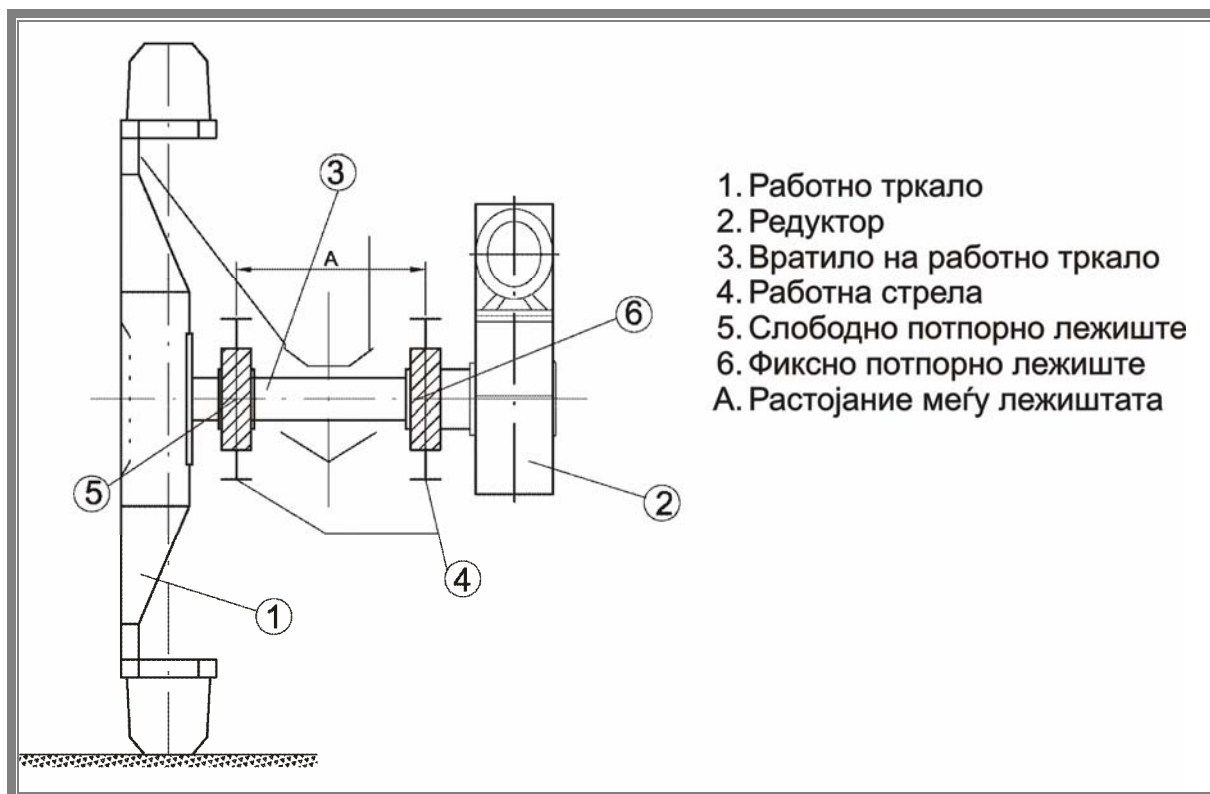
Слика 13: Работното тркало и редуктор поставени помеѓу потпорните лежишта
Figure 13: The working wheel and gearbox with bearings placed between the scaffold

- тело на работното тркало помеѓу лежишта а редуктор надвор надвор



Слика 14: Тело на работното тркало помеѓу лежишта а редуктор надвор
Figure 14: Body of work wheel between the bearings and gearbox outside

- работното тркало и редуктор надвор од лежиштата



Слика 15: Работното тркало и редуктор надвор од лежишта
Figure 15: The working wheel and gearbox outside of bearings

Редукторот на работното тркало служи за пренос на вртежен момент од погонските мотори на вратилото од работното тркало. Услов кој треба да го исполнуваат редукторите е да имаат висок преносен однос $i = 150 - 350$, бидејќи бројот на вртежите на погонските мотори се движи од 1000 до 1500 (min^{-1}), додека на работното тркало 6,0 до 7,0 min^{-1} .

Долги години редукторите на работните тркала се изведуваа во класична изведба како повеќестепени конусно цилиндрични што беа поволни за одржување и ремонти и се одликуваа со едноставна – лесно прегледна конструкција. Главен недостаток беа големите габаритни димензии и голема маса. Тоа доведе до примена и користење на планетарни редуктори кои имаат далеку помали тежини и габарити што повлекува овозможување на подобро формирање на бочните косини. Во спротивност на ова имаме покомплицирана изработка и мала толерантност на неточност во изработка и монтажа. Овие негативности во најголема мера се премостени со конструирањето на

комбинирани редуктори каде последниот степен е изведен како планетарен тип а претходниот како класичен тип.

Како најново конструктивно решение кое го промовира германската фирма TAKRAF е редуктор со класичен влезен пар, следен пренос е диференцијален или планетарен а излезниот цилиндричен запчаник.

Основни параметри на работното тркало се дијаметар, број на корпи, волумен и облик на корпите и геометрија на резните елементи.

- Дијаметар на работното тркало

Нема точно дефинирани критериуми по кои со сигурност би се добил потребниот дијаметар но тоа денес се добива со разгледување на неколку главни критериуми како што се: влијанието на работното тркало на теоретскиот капацитет на багерот, влијанието врз димензиите на погонскиот уред и транспортот. Постојат повеќе влијателните фактори кои треба да се земат предвид имајќи на ум дека со зголемување на пречникот на работното тркало се зголемува масата на багерот како и снагата за кревање на откопаниот материјал до висина на празнење од корпите. Од друга страна, поголемиот дијаметар овозможува поповолни агли на откопување и поголеми резни брзини.

Зависноста на дијаметарот на работното тркало од теоретскиот капацитет може да се претстави со следната релација:

$$Q = h \cdot s \cdot V_b$$

Таа покажува дека капацитетот е функција од параметрите: висина на резот (h), дебелина на резот (s) и брзината на вртење на горна градба (V_b).

Со дефинирање на овие параметри во функција од дијаметарот на работното тркало и внесување во претходниот израз се добива зависноста на дијаметарот на работното тркало од параметрите на копање, односно за

$$h = 0,5 \cdot D,$$

$$s = 0,1 \cdot D \text{ и}$$

$$\text{за } V_b = 0,133 \text{ m/s при } (8 \text{ m/min})$$

$$Q = 0,5 \cdot D \cdot 0,1 \cdot D \cdot 0,133 = 0,00665 D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0,00665}} = 12,26 \cdot \sqrt{Q} \quad (\text{m})$$

Можно е да се земе и техничкиот капацитет за одредување на критериумите

$$Q_t = \frac{60}{k_r} \cdot q \cdot n_c \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

каде:

q волумен на корпите (m^3)

n_c број на истресување во минута (min^{-1})

k_r коефициент на растреситост на материјалот

Примена на овој израз за одредување на дијаметарот на работното тркало е можна со дефинирање бројот на корпи, волуменот на корпите како и брзината на режење и со замена на тие големини се добива посакуваната зависност.

$$D = 3600 \cdot \frac{q \cdot z \cdot V_p}{\pi \cdot k_r \cdot Q} \quad (\text{m})$$

каде:

z број на корпи

n_c брзина на режење (m/s)

Бројот и волуменот на корпите исто така може да послужи за одредување дијаметарот на работното тркало. И овој метод поаѓа од теоретскиот капацитет:

за материјал на карпа со помала цврстина

$$r = (0,45 - 0,60) \cdot z \cdot \sqrt[3]{q} \quad (\text{m})$$

за јаглен и материјали со поголем отпор на копање

$$r = (0,29 - 0,30) \cdot z \cdot \sqrt[3]{q} \quad (\text{m})$$

каде:

r радиус на работ на режење (m)

q волумен на корпите без просторот од прстенот (m^3)

$z = 7$ до 10 за материјали со помала цврстина

$z = 16$ до 18 јаглен и материјали со поголема цврстина

- Број на корпи

Најголем фактор кој влијае за одредување бројот на корпите на работното тркало е видот на материјалот што ќе се откопува. За материјали со помала цврстина работното тркало има помал број корпи, а за поцврсти и јаглен се одбира поголем број. Дијаметарот на работното тркало нема некое влијание врз одредувањето на бројот на корпи и можат да се сретнат багери со големи дијаметри а мал број на корпи и обратно. Зголемувањето на бројот на корпи се прави со цел да се добие помала динамичност при откопувањето, односно помала разлика помеѓу максималниот и минималниот момент, поради фактот што во еден момент повеќе корпи се во зафат со материјалот а исто така и самата гранулација на откопаниот материјал е поповолна. Негативна страна на работните тркала со поголем број на корпи се зголемените отпори на режење, односно потребна е поголема снага за остварување на ист капацитет, потоа зголемено лепење на материјалот, посебно во зимскиот период, зголемени загуби поради триење на корпите со тлото и зголемена маса на елементите од работното тркало. Има општи препораки кои се добиени врз искусвена основа дека за багери кои служат за откопување на јаловина да бројот на корпи биде од 7 до 10 односно за јаглен и материјал со висок отпор на копање 16 или 18 корпи.

Бројот на корпи врз основа на статистички анализи се поврзува капацитетот на багерот со формулата која важи за помекви материјали:

$$z = 6 + 0.08 \cdot \sqrt{Q}$$

каде:

Q капацитет на багерот (m^3/h)

- Волумен на корпите

Пресметковниот волумен преставува збир од волуменот на самата корпа и волуменот од делот на прстенестиот простор од работното тркало

$$Q = q_1 + q_2$$

каде:

$$q_2 = 0,5 \cdot q_1$$

За одредување на теоретскиот капацитет се поаѓа од претпоставката дека волуменот на прстенастиот простор се полни со 50% од волуменот на корпата така да номиналниот волумен би бил:

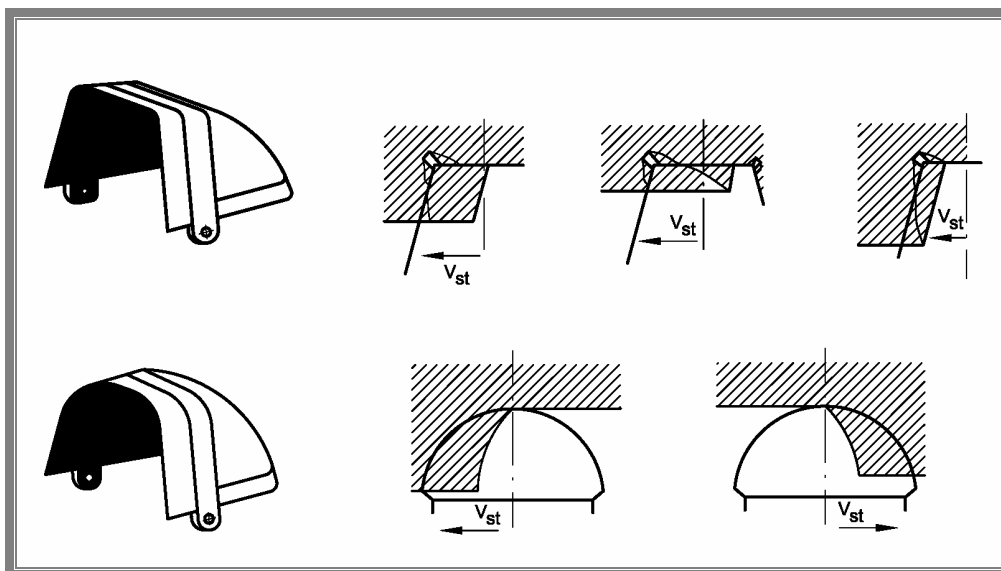
$$q_{\text{nom}} = q_1 + 0,5 \cdot q_2$$

$$q_{\text{nom}} = 1,25 q_1$$

Волуменот на корпата е во директна врска со капацитетот на багерот и се движи од $0,1 \text{ m}^3$ до 5 m^3 кај багери со голем капацитет. Вредноста на q_{nom} е меродавна за одредување на теоретскиот капацитет на багерот.

- Форма на корпите

Во однос на резната ивица разликуваме корпи со: правоаголна, трапезна и во форма на кружен лак от кои најзастапени форми се со лак и со трапез.



Слика 16: Основни облици на корпите и изглед на отсечокот при различни односи на дебелина према ширина на отсечокот

Figure 16: Basic shapes of the cups and stretch look at different relationships of obesity according to the width of the stretch

Површината на пресекот на отсечокот зависи од надоаѓањето и брзината на кружно движење на горна градба. Должината на резниот раб зависи од обликот на корпата. Исто така во голема мера положбата на работното тркало во однос на оската на работната стрела (агол на завртеност и наваленост) влијае на обликот на резниот раб.

Лачните корпи имаат неповолен однос на должината на резната ивица и површината на отсечокот така да во однос на трапезните корпи имаме зголемување од 40% на потребната снага. Друга негативност е што имаат помал волумен од трапезните при исти параметри на корпата. Позитивна страна кај лачните корпи е што се покорисни во тврди материјали бидејќи потребната сила на режење малку зависи од резниот раб а многу повеќе од површината на попречниот пресек на отсечокот.

Како општо правило може да се постави дека за хомогени и лесно копљиви материјали предност добиваат трапезните корпи а кај материјали со високи отпори на копање предност имаат лачните што се манифестира со

порамномерно режење на материјалот, односно порамномерно оптеретување на работното тркало и кружното движење како и поповолна гранулација на откопаниот материјал.

- Резни елементи

Во зависност од материјалот кој се откопува се користат следниве резни елементи за опремување на корпите:

- ножеви,
- аголни сечива и
- заби.

Под нож го подразбираме резниот раб на самата корпа што се користи при мали отпори на копање. Поради заштита од абење на овие рабови истите се појачуваат со наварување со тврда електрода. Аголните сечива се користат на места на премин на кривините на корпите кои се изложени најповеќе на абење. За цврсти материјали корпите се опремуваат со заби на агли кај правоаголните а кај лачните по цела должина. Со користење на забите расположивата сила на режење е концентрирана на мала резна должина со што се олеснува продирањето на корпата во материјалот.

Забите треба да задоволат повеќе критериуми меѓу кои:

- поволна геометрија од аспект на режењето,
- висока механичка цврстина,
- висока отпорност на абење и
- лесна заменливост

Геометриски параметрина забите се: должина на резна ивица, агол на оштрицата β , слободен агол α , агол на режење $\alpha + \beta$ и преден агол χ .

Вообичени вредности на аголот на режење се движи помеѓу 28° и 33° со слободен агол од 5° до 12° (при што поголема вредност за потврди материјали). Во пракса не се користат помали агли на режење поради недоволната цврстина и брзо абење и покрај помалите отпори на режење.

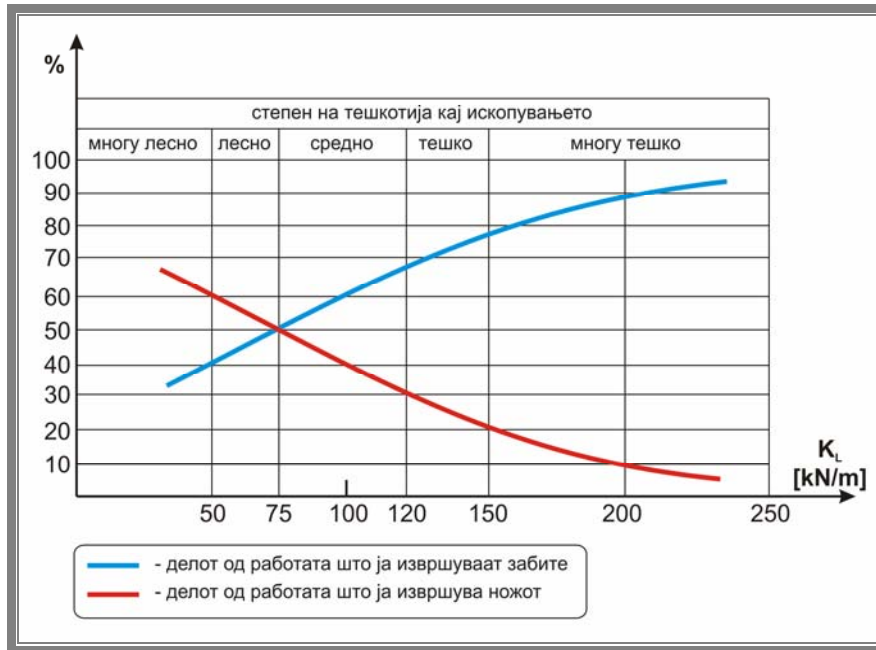


График 1: Распоред на работата на забите и ножевите во склоп на корпата

Chart 1: Schedule of work of the teeth and knives within the bucket

➤ Механизам за кревање на работната стрела

Механизмот за кревање на работната стрела е непходен за доведување на работната стрела во саканите работни положби, чија задача е:

- да ја позиционира работната стрела на посакуваната висинска положба и по потреба да ја променува при што тие промени треба да бидат прецизни поради изведување на селективната работа и
- при непредвидени и несакани оптеретувања да ја заштити конструкцијата на работната стрела од можни хаварии

Во прв ред тоа би се однесувало во случаи на потпирање на работната стрела на работната косина кога би дошло до можно нарушување на стабилноста на целиот багер и во случај на зарушување на работната косина кога доаѓа до преоптеретување на работната стрела и треба да се обезбеди стабилност на багерот.

При ремонтни активности кога се заменуваат корпи да обезбеди прецизна положба на работното тркало (висинска толеранција 2 до 5 mm) и при подолготрајно стоење на багерот се задржи константната положба.

Сите овие барања ги задоволуваат само два система и кои, воедно, се применети кај роторните багери и тоа:

- систем на витло со јажиња за кревање на работната стрела
- хидроуличен систем со цилиндар за кревање на работната стрела

- Механизам со витло и јажиња

Поради големите сили кои се јавуваат кај класичните багери со поголеми габарити кога се движи работната стрела во вертикална рамнина исклучиво се користи системот на витло и челични јажиња бидејќи само тој механизам може да ги совлада.

Основните елементи на овој систем се:

- систем на јажници со јажиња,
- барабан за намотување на јажината,
- погонски редуктори,
- механизми за кочење и
- мерно – регулаторни систем.

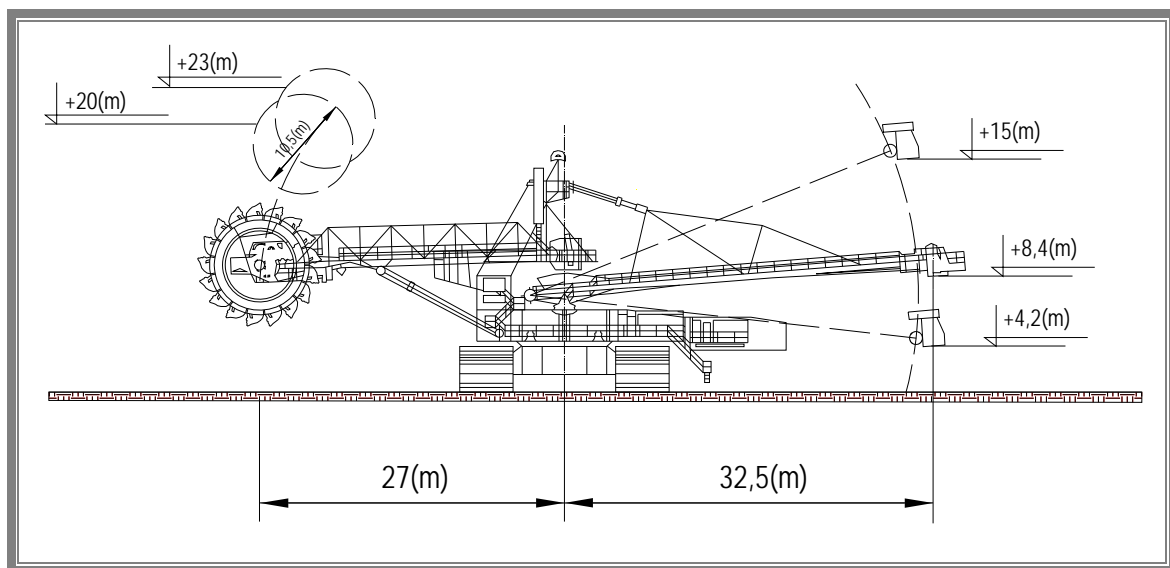
Сите овие елементи се вградуваат на сите типови багери, но нивниот број и распоред зависи од големината, типот и конструктивните изведби на самиот багер. Бидејќи сигурноста на багерот во најголема мера зависи од сигурноста и носивоста на јажето кај малите багери се вградува едно а кај средните и големите по две јажиња. Системот со две јажина е така изведен така што во случај на откажување на едното јаже другото во потполност да го преземи целокупното оптеретување и да ја задржи стрелата во иста положба.

- Хидрауличен систем

Хидрауличниот систем се применува кај компактни багери кои по конструкција имаат кратки работни стрели бидејќи за поголеми должини на стрелата би требало да се вгради цилиндар од десетина и повеќе метри. Истиот се вградува под работната стрела така што со едниот крај е врзан за неа а другиот се потпира на вртливата платформа при што тие места на врзување од конструкцијата појачани се дополнително.

Најкарактеристичен елемент кај овој систем преставува цилиндарот кој треба да ги овозможи основните технолошки параметри на багерот како што се максималната висина на копање и пропишаната длабочина. Истиот е со едномерно дејство и стално насоката на оптеретување е кон собирање на цилиндарот така да работната комора е стално под притисок без разлика дали се крева или спушта работната стрела. Најголем притисок се јавува при најниска положба на работната стрела и се намалува со кревањето. Спуштањето се врши без употреба на пумпа под дејство на сопствената тежина на стрелата.

Овој систем се одликува со релативно мал обем на работа за одржување при што треба да се води сметка за чистотата и квалитетот на маслото бидејќи на ова се должат 90% од сите пречки во хидроуличниот систем.

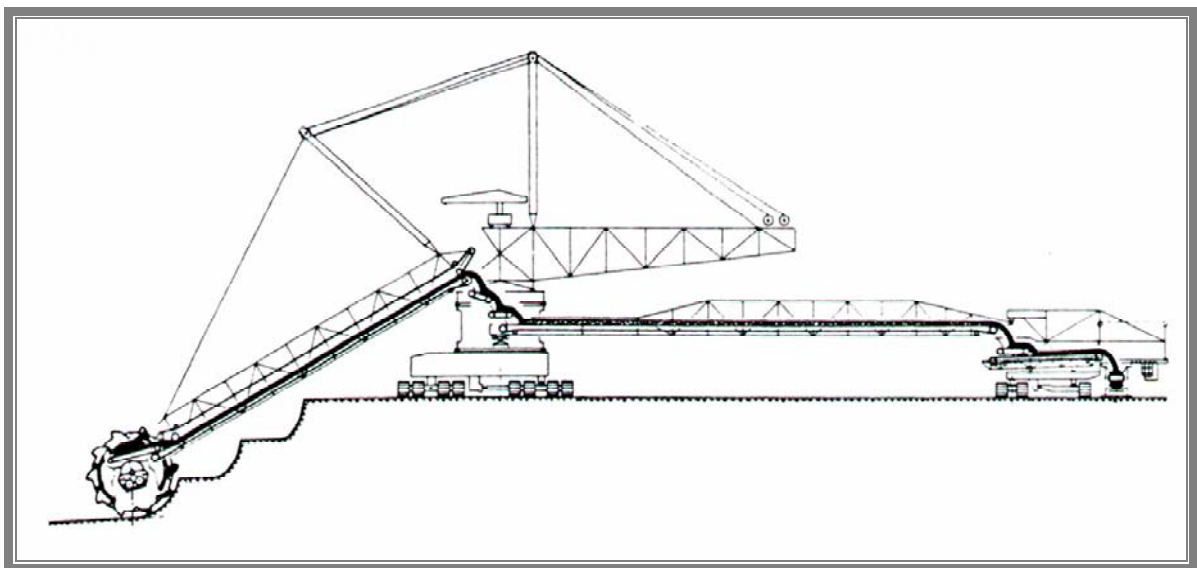


Слика 17: Хидрауличен систем на подигање на работната стрела
Figure 17: Hydraulic system of raising the working shaft

➤ Транспортен пат на откопаниот материјал

Транспортен пат на откопаниот материјал ги опфаќа сите оние делови кои го транспортираат откопаниот материјал од страна на работното тркало до местото на предавање на претоварниот уред или етажен транспортер односно, сите пресипни места и транспортни ленти на багерот. Истиот се состои од:

- транспортери на работна стрела,
- останати транспортери и
- транспортери за нечистотија.



Слика 18: Транспортен пат на материјалот на роторен багер
Figure 18: Transprtation way of the material of excavator rotary

➤ Механизам за кружно движење

Негова основна задача е да го оствари едно од основните движења за остварување на работниот технолошки процес а тоа е кружното движење и да го задржи работниот тркало, а со тоа и цела горна градба на багерот во одредена положба. Сместен е помеѓу долната градба која е врзана со возниот механизам и вртливата горна градба. Се состои од вртлива врска и погон за кружно движење.

▪ Вртлива врска

Вртлива врска, како најраспространета изведба на ова врска е прстенеста со топки која е составена од два прстена фиксирани на горната и долната градба поединачно помеѓу кои се движат топките при што секоја одделно на долниот прстен пренесува дел од вертикалните оптеретувања и хоризонтална сила во радијална насока.

▪ Погон за кружно движење

Погонот за кружно движење се состои од назабен венец и погон со мал запчаник кои мора да бидат поставени на различни градби од багерот

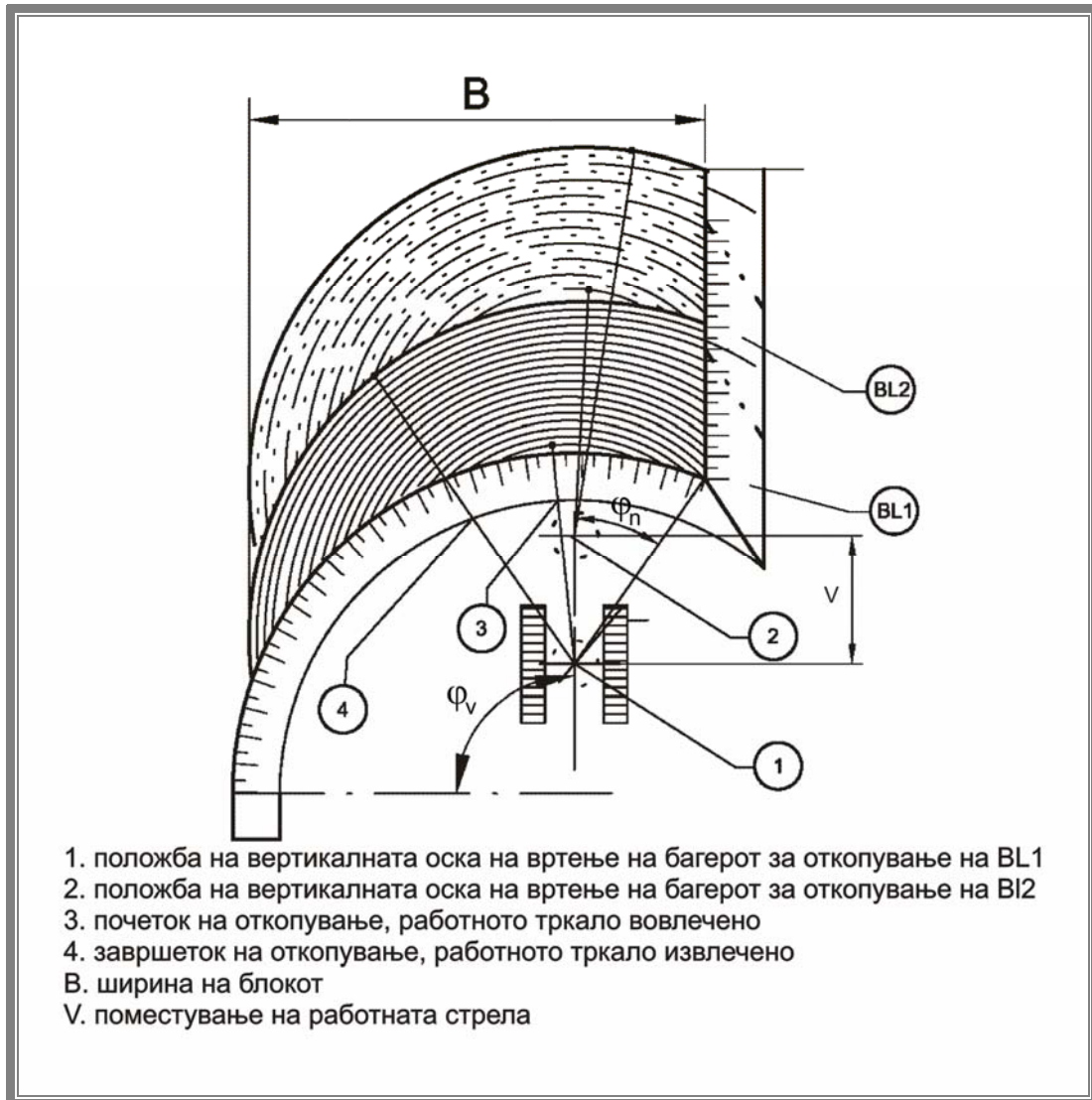
4. СИСТЕМИ НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА СО КОРИСТЕЊЕ НА РОТОРЕН БАГЕР

4.1. Технологија на работата на роторниот багер

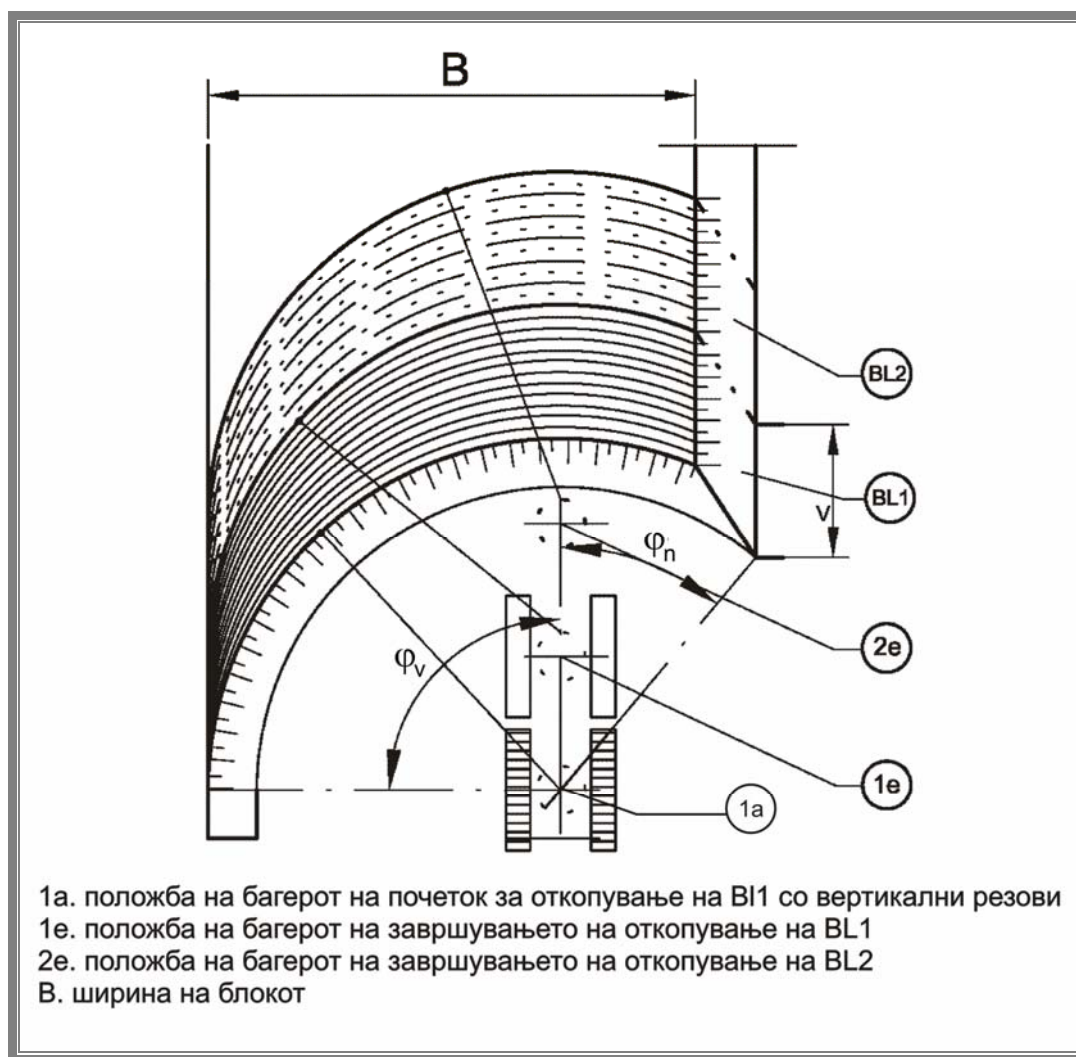
Системите кои користат роторен багер претставуваат системи за континуирана работа во површински копови кои се среќаваат во најголем дел при експлоатација на јаглен. Роторниот багер како најважен носител на работата во овие системи со својата технолошка работа ги диктира можностите за експлоатација. Технологијата на работа на роторниот багер е горе долу иста за сите типови и големини со незначителни измени кај багерите со телескопска работна стрела. Секој роторен багер е дефиниран со основните конструкциско - кинематски параметри :

- висина односно длабина H (m)
- радиус на копање R (m)
- дијаметар на работното тркало D (m)
- волумен на корпите q (m)
- број на истресување во минута n (min⁻¹)
- брзина на вртење на горна градба
(во оска и максимална брзина) Vb (m/min)
- брзина на кревање и спуштање Vd (m/min)
- брзина на транспорт на багерот Vt (m/min)
- висина на зглобното поврзување на
работна стрела од планумот y (m)
- хоризонтално растојание од оската на вртење
на багерот до зглобната врска на стрелата e (m)
- хоризонтално растојание од оската на вртење
на багерот до предниот раб на гасениците F (m)
- агол на слободно режење θ (°)
- хоризонтално растојание од бочниот раб на
гасеницата до надолжната оска на багерот E (m)
- растојание помеѓу долната ивица на стрелата до оската d (m)

- гранична оддалеченост на приближување на конструкцијата на стрела кон горната ивица на пониската етажа..... t (m)
- сигурно растојание..... f' (m)
- минимално растојание на предниот раб на гасениците до долниот раб на косината f (m)



Слика 19: Резови на роторниот багер со телескопска работна стрела
Figure 19: Cuts of rotary excavator with extendable working shaft



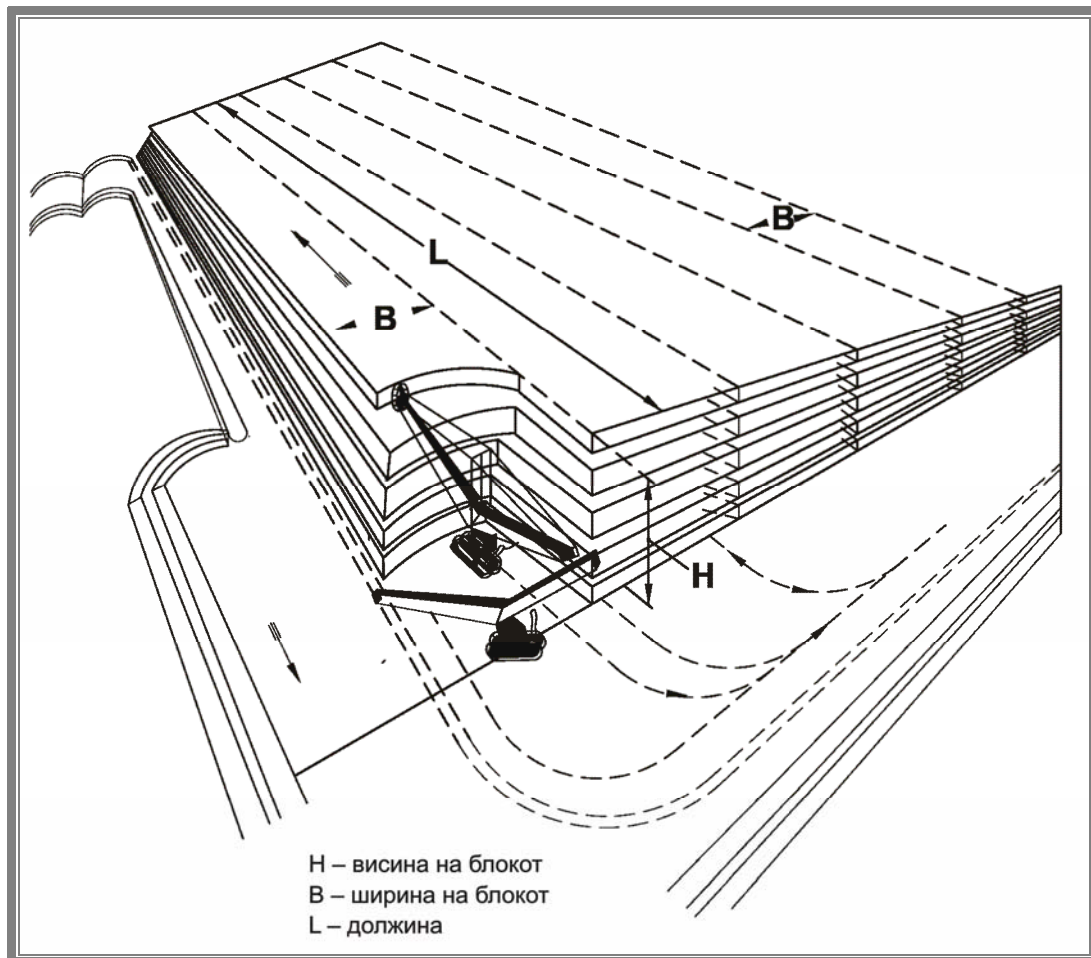
Слика 20: Резови на роторниот багер со константна должина на работната стрела

Figure 20: Cuts rotary excavator with constant length of the working shaft

Самите параметри на роторниот багер можиме да ги поделиме во две групи кои ги дефинираат најважните одлики на секој багер како технологијата на работа и капацитетот. На самата технологија на работа на роторниот багер влијание имаат: висината на откопувањето, аголот на наклон на работниот раб, ширина на блокот, дебелина на резот и дијаметарот на работното тркало. На капацитетот влијание имаат: брзината на режењето, бројот на празнењата на корпите, брзината на вртењето на работната стрела и обликот на отсечокот.

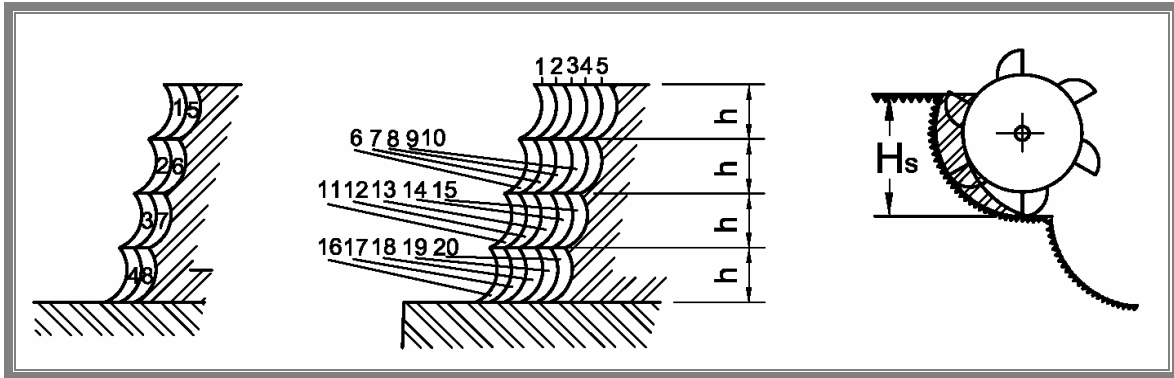
Сpreма начинот на работата на роторниот багер се разликуваат следниве технологии на работа: работа во блок, фронтална работа, работа во бочен блок, длабинска работа.

Роторниот багер конструктивно пред сè е предодреден за откопување на материјалот во блок и тоа најчесто за висински.



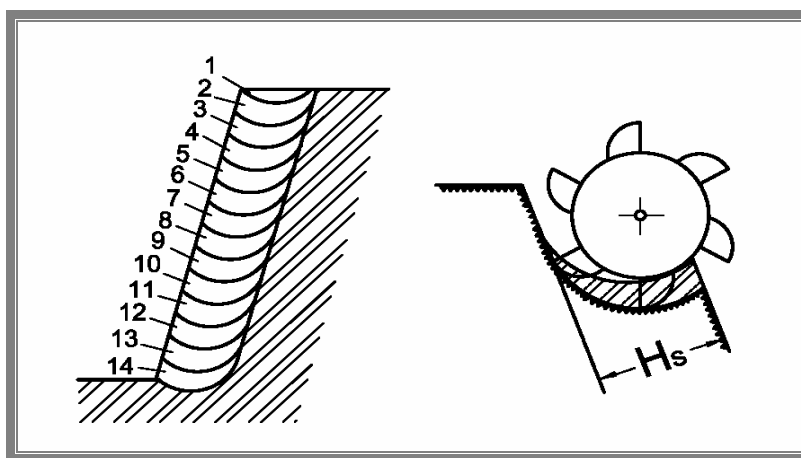
Слика 21: Висинска работа на багер во блок
Figure 21: Height work of excavator in the block

Блокот преставува дел од етажата што се откопува со помош на редоследно поврзани и непрекинати технолошки операции кои го сочинуваат технолошкиот циклус. При откопувањето работното тркало се врти околу својата оска со истовремено вртење на работната стрела околу вертикалната оска на багерот. Работниот уред на багерот при поминување низ материјалот се движи по резултанта од ободните брзини на вртењето на работното тркало и вртењето на работната стрела при што се откопуваат резони во срповидна форма кои во зависност од начинот на работата можат да бидат вертикални или хоризонтални. Во самиот процес на експлоатација се применуваат само хоризонтални, само вертикални или комбинирани едни и други што е преставено на следниве слики.



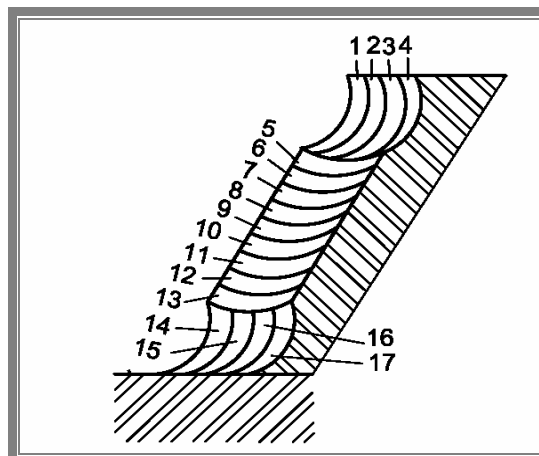
Слика 22 а: Откопување на етажа со работно тркало и примена на вертикални резови

Figure 22 a: Digging the storey with a working wheel and use of vertical cuts



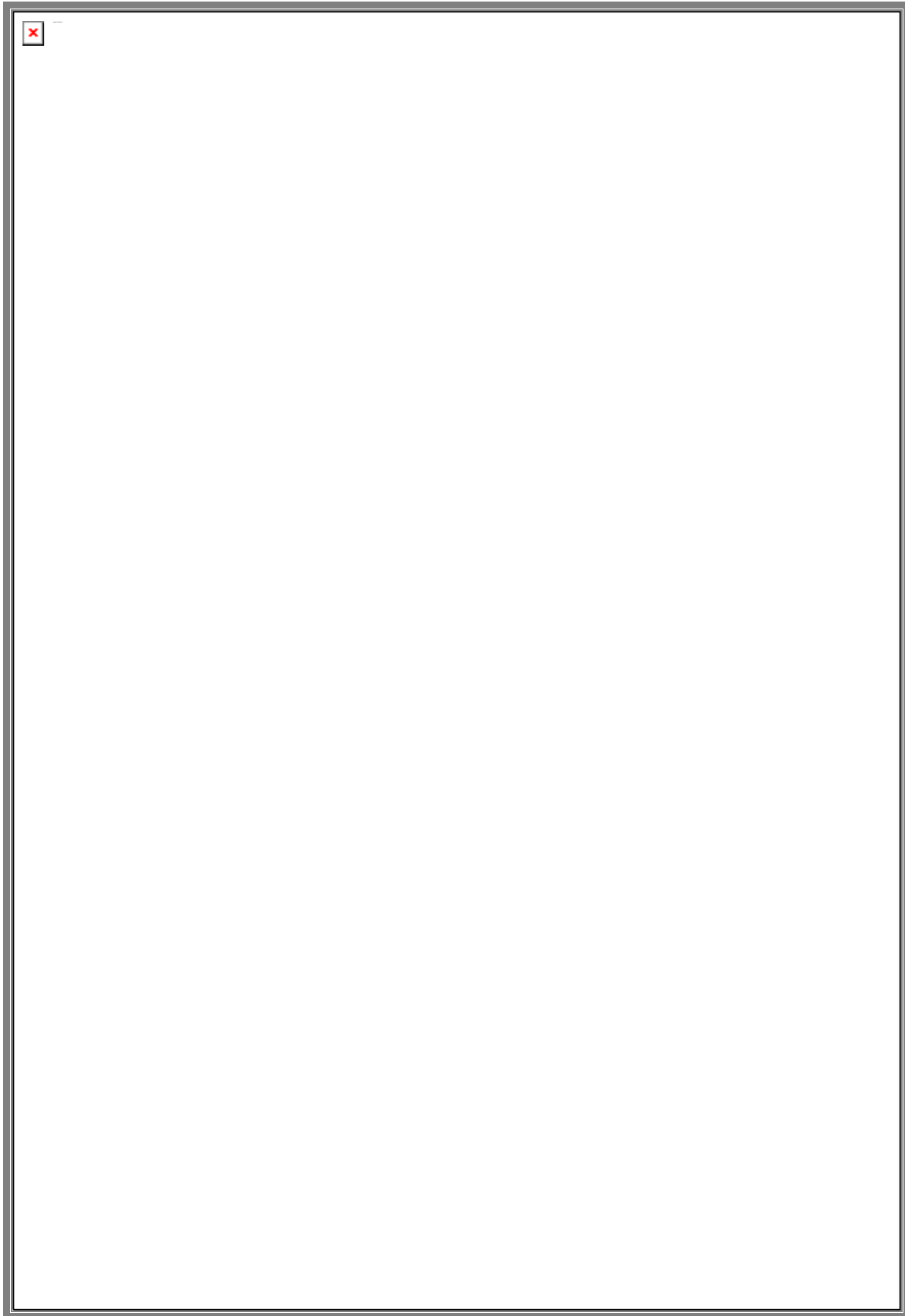
Слика 22 б: Откопување на етажа со работно тркало и примена на хоризонтални резови

Figure 22 b: Digging the storey with a working wheel and use of horizontal cuts



Слика 22 в: Откопување на етажа со работно тркало и примена на комбинирани резови

Figure 22 v: Digging the storey with a working wheel and use of combined cuts

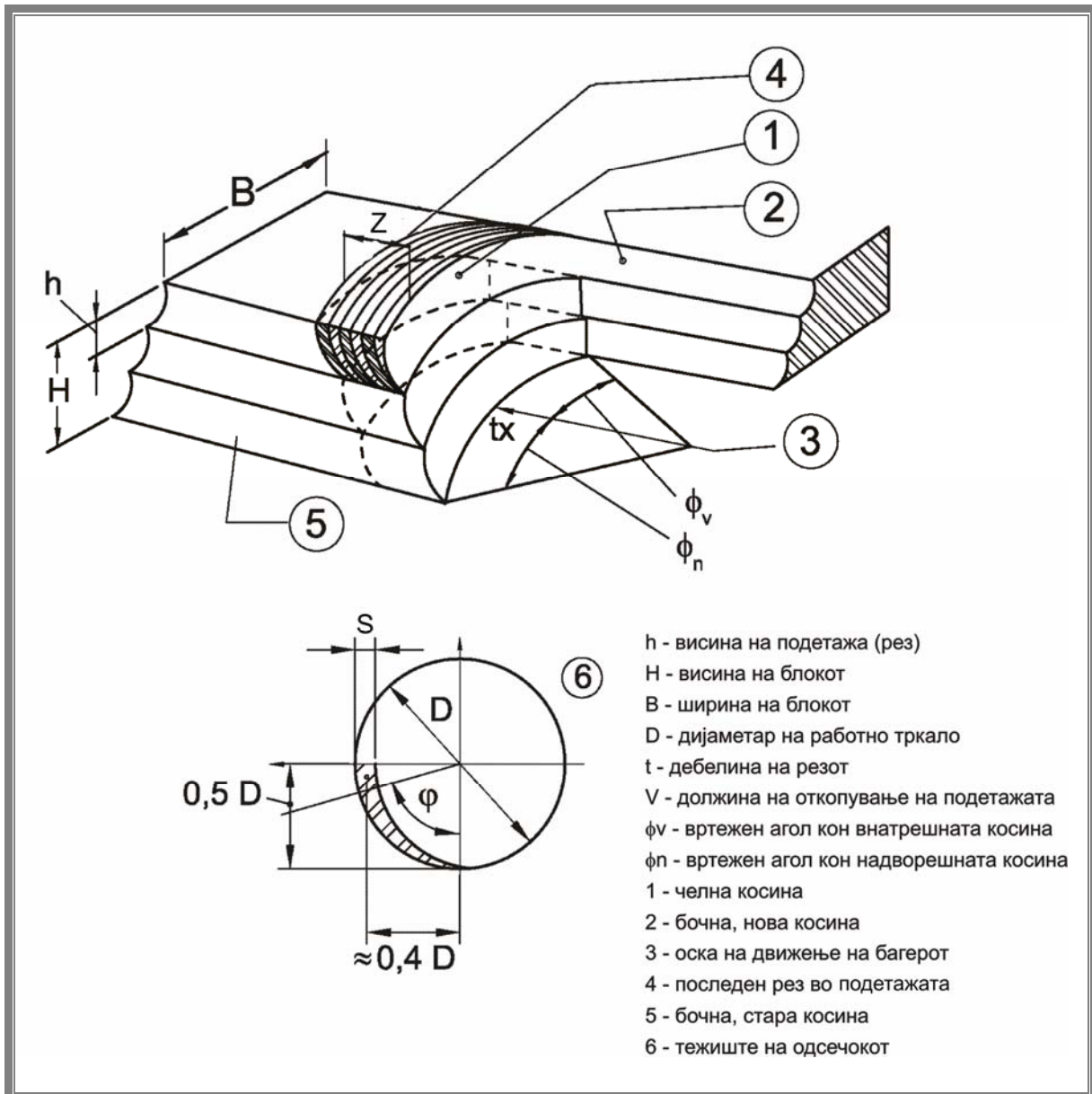


Слика 23: Агли на вртење на багерот и шема на отсечоци на резот
Figure 23: Angles of rotation of the excavator and the scheme cuts cut

Можеме да кажеме дека самиот процес на копање што го извршува роторниот багер се дели на следниве целини:

- вртење на работното тркало (во вертикална рамнина) и
- вртење на работната стрела односно горна градба (во хоризонтална рамнина)

Напредување на багерот за дебелината на отсечокот



Слика 24: Откопување на блок со роторен багер со константна должина на работната стрела

Figure 24: Digging on the block with rotary excavator with a constant length of the working shaft

4.2. Основни елементи на блокот

Основните геометриски елементи на секој блок се

- висина на блокот,
- ширина на блокот,
- должина на блокот,
- агол на наклон на челната косина и
- агол на наклон на бочната косина

4.2.1. Висина на блокот

Висината на блокот може, но немора да одговара на максималната откопна висина на багерот и покрај тежнењето кон тоа бидејќи во реални услови во коповите таа е често лимитирана од геомеханишките услови на стабилност и можноста на вертикална поделба на резовите со одредена висина.

Максималната висина може да се одреди од зависноста:

$$H_{\max} = L \cdot \sin(\alpha_g) + y + h_i - r \dots \dots \dots (m)$$

каде:

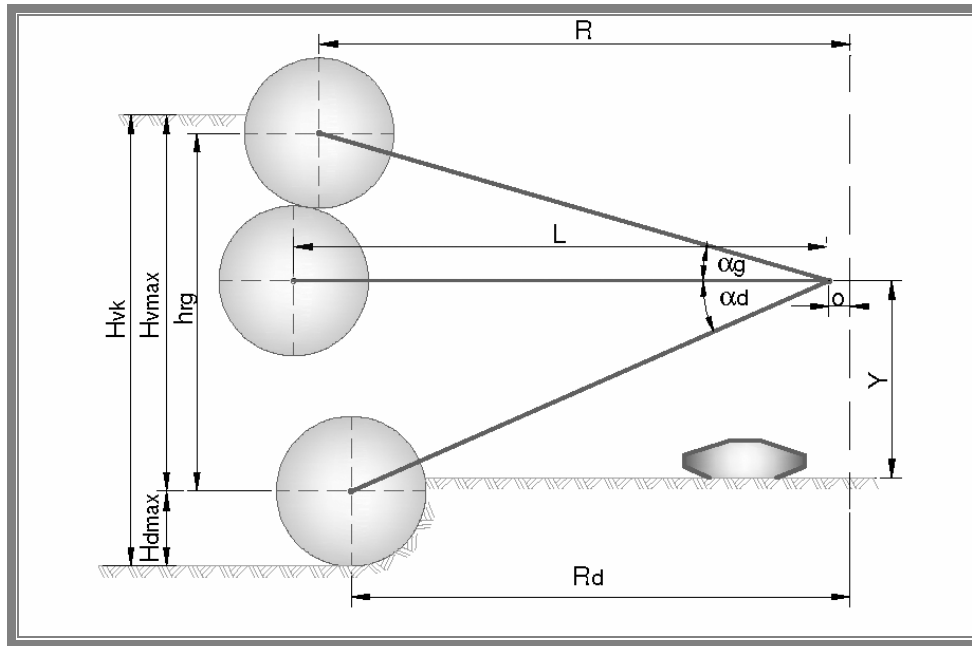
L – должина на стрелата на работното тркало од зглобната врска до
оската на роторот (m)

α_g – вертикален граничен агол на наклон на стрелата при
откопување на првиот рез во однос на хоризонталната рамнина која
минува низ зглобната врска на стрелата (°)

y – висина на зглобната врска на стрелата од нивелета на
работниот планум (m)

h_i – висина на првиот (горен) рез (m)

r – радиус на работното тркало (m)



Слика 25: Шема за одредување на максимални висини на блокот
 Figure 25: Scheme for determining the maximum height of the block

$$H_{max} = h_{rg} + 0,2 \cdot D$$

$$h_{rg} = L \cdot \sin(\alpha_g) + y$$

каде:

h_{rg} – висина на откопување, мерена од нивелета на планумот до оската ротор..... (m)

D – дијаметар на работното тркало (m)

Максималната длабина на откопување е ограничена од максималниот агол на угорнина на приемната лента на работната стрела, односно максималниот агол на наклонот на работната стрела (α_{dmax}):

$$H_{dmax} = L \cdot \sin(\alpha_{dmax}) - y + r \dots \dots \dots (m)$$

Максималната висина на копање според тоа изнесува:

$$H_{max} = H_{vmax} + H_{dmax} \dots \dots \dots (m)$$

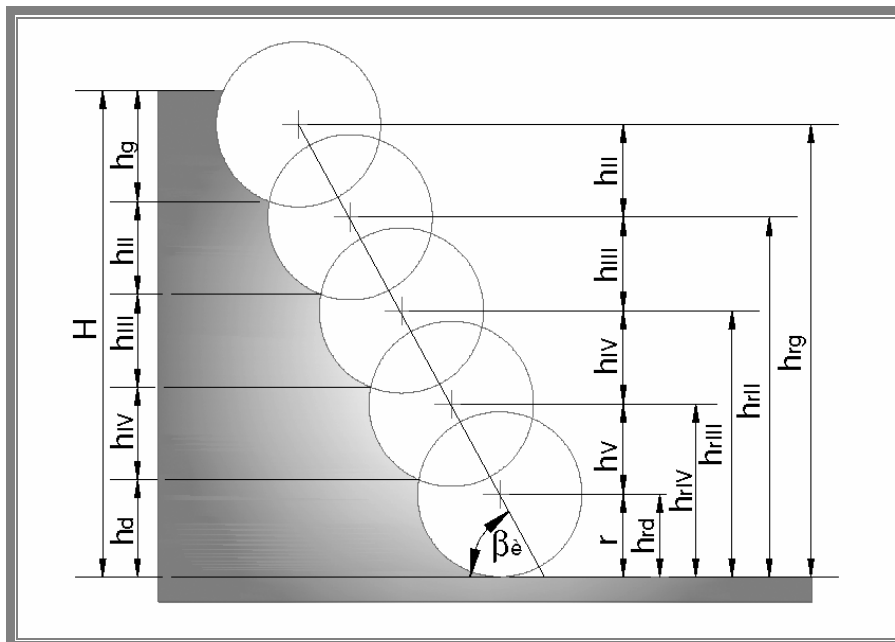
4.2.2. Висина и број на резови во блок

Висинската работа на роторниот багер во блок со вертикални резови се состои од откопување на вкупната висина на блокот во неколку резови. Висината на резовите треба да изнесува:

$$0,5 \cdot D < h_i < 0,7 \cdot D$$

Бројот на резовите што треба да биде цел број се добива од условот :

$$\frac{H}{0,5 \cdot D} > N > \frac{H}{0,7 \cdot D}$$



Слика 26: Шема за одредување на висини на резовите
Figure 26: Scheme for determining the height of cuts

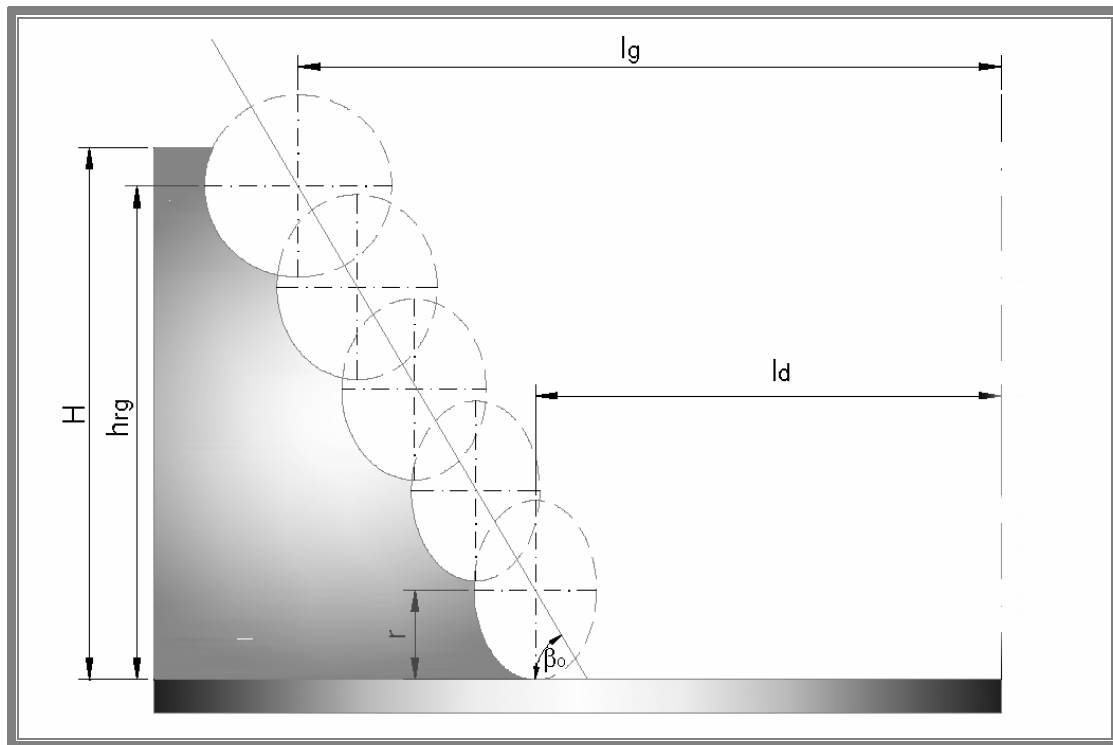
Поединечни висини на резовите се:

- горен(прв) рез
 $h_g = H - h_{rg} + r \dots\dots\dots(m)$
- останати резови
 $h_i = h_r (i - 1) - h_{ri} \dots\dots\dots(m)$
- долен (најнизок) рез
 $h_d = h_r (N - 1) - r \dots\dots\dots(m)$

4.2.3. Агол на наклон на бочната косина

Изработката на бочната косина на етажата на роторниот багер се изведува на тој начин што се врши сукцесивно намалување на внатрешниот агол на вртење на работната стрела при откопување на пониските резови. Аголот на наклонот на бочната косина (β_b) зависи од:

- радиус на откопување (R_g),
- граничен агол на вртење на стрелата при откопување на најдолниот рез (ρ_{udgr}) и
- висина на блокот (H)



Слика 27: Шематски приказ на бочна косина
Figure 27: Schematic representation of lateral slope

Агол на наклон на бочната косина може да се одреди од релацијата:

$$\beta_b = \arctg \left[\frac{h_{rg} - r}{l_g - l_d} \right]$$

каде:

h_{rg} – висина на откопување мерена од нивелета на планум до

центарот на оската на роторот при откопување на горниот рез ..(m)

r – радиус на работното тркало(m)

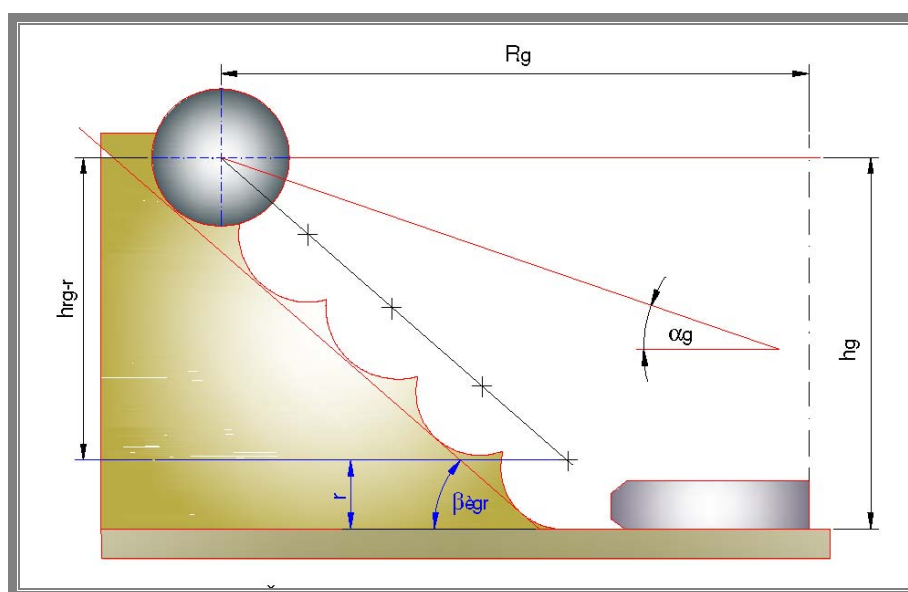
l_g – хоризонталното растојание помеѓу надолжната оска на багерот и оската на работното тркало при откопувањето на горниот рез ... (m)

l_d –хоризонталното растојание помеѓу надолжната оска на багерот и долниот раб на бочната косина (m)

4.2.4. Агол на наклон на челна косина

Работното тркало на багерот при изработка на етажната косина е поставен нормално на неа па лакот кој во резот го формира работното тркало преставува дел од круг. Аголот на наклон на челната косина може да се движи во граници:

$$\beta_{cgr} < \beta_c < \frac{\pi}{2}$$



Слика 28: Шема за одредување на граничен агол на наклон на челна косина
Figure 28: Scheme for determining the border the slope angle of incline background

Од шематски приказ на слика 27 може да се види дека граничниот агол на наклон на челната косина зависи од висината на откопувањето и конструктивните карактеристики на роторниот багер.

$$\beta_{crg} = \arctg \left[\frac{h_{rg} - r}{R_g - (F + f)} \right]$$

каде:

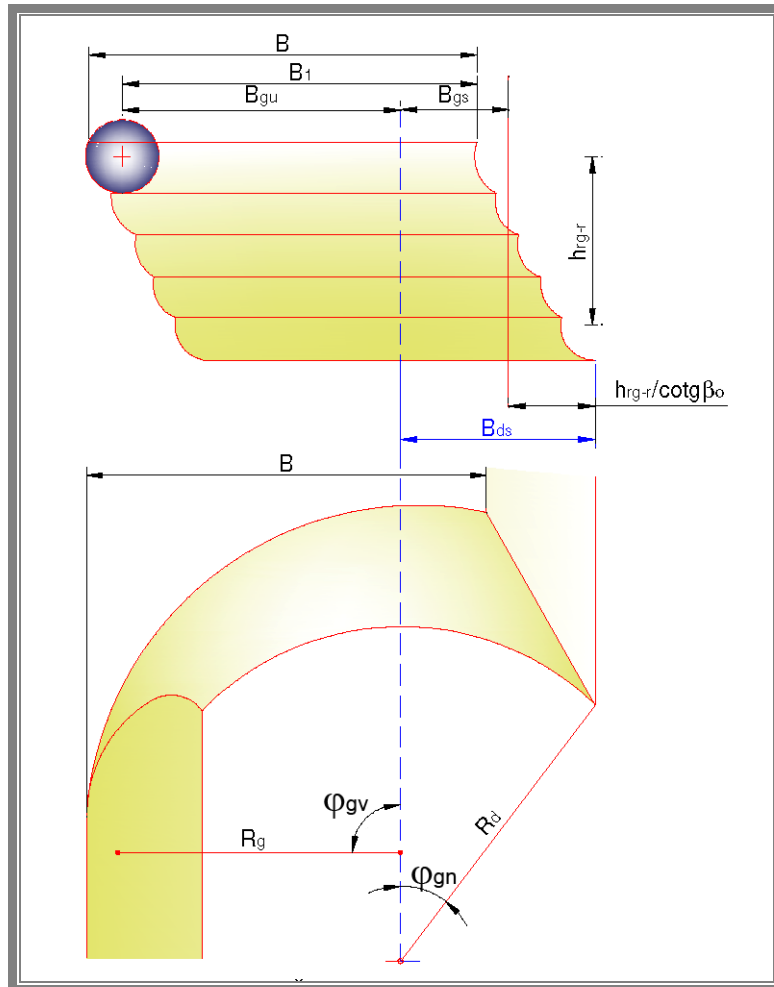
F – должина на гасениците, мерена од вертикалната оска на вртење на багерот до нејзината предна ивица..... (m)

f – минимално одстојание на крајниот преден раб на гасениците до долната ивица на косината..... (m)

4.2.5. Ширина на блокот

Параметри кои ја ограничуваат ширината на блокот се:

- оддалеченост на работ на внатрешната бочна косина од надолжната оска на багерот односно внатрешна горна ширина на блокот..... (B_g)
- оддалеченост на долниот раб на надворешната косина од надолжната оска на багерот, односно надворешна долна ширина..... (B_d)



Слика 29: Шема за одредување на ширина на блокот
Figure 29: Scheme for determining the width of the block

Ширината на блокот изнесува:

$$B = B_1 = B_{gu} + B_{gs}$$

Ширината на горниот внатрешен дел на блокот:

$$B_{gu} = R_g \sin(\varphi_{gv})$$

За агол ($\varphi_{gv} = 90^\circ$), $B_{gu} = R_g$,

Ширината на горниот внатрешен дел на блокот е:

$$B_{gs} = B_{ds} - (h_{rg} - r) \cdot \cotg(\beta_b)$$

Имајќи во предвид дека ширината на надворешниот долен дел на блокот е:

$$B_{ds} = R_d \cdot \sin(\varphi_{ds})$$

Следува дека вкупната ширина на блокот е:

$$B = R_g \cdot \sin(\varphi_{gv}) + R_d \cdot \sin(\varphi_{ds}) - (h_{rg} - r) \cotg(\beta_b) \dots \dots \dots (m).$$

Максималната ширина на блокот која може да се оствари со роторниот багер при одреден агол на вртење на работната стрела кон надворешната косина при откопување на долниот рез се смалува со порастот на висината на блокот и со намалување на аголот на бочната косина. Горна вредност на овој агол е ограничена на 50° (најчесто се усвојува 30°) бидејќи при надминување на ова вредност настанува истиснување на материјалот во страна со што се намалува полнењето на корпите.

4.2.6. Должина на откопниот блок

Должината на откопниот блок преставува збир на дебелини на поединечните резони по длабина на блокот кои се откопуваат во едно настапување на багерот по неговата оска на движење. Должината на отстапување на багерот кога се враќа назад за да го работи следниот подолен рез зависи од висината на блокот, аголот на челната косина, габаритите на работната стрела и гасеничниот транспортен систем.

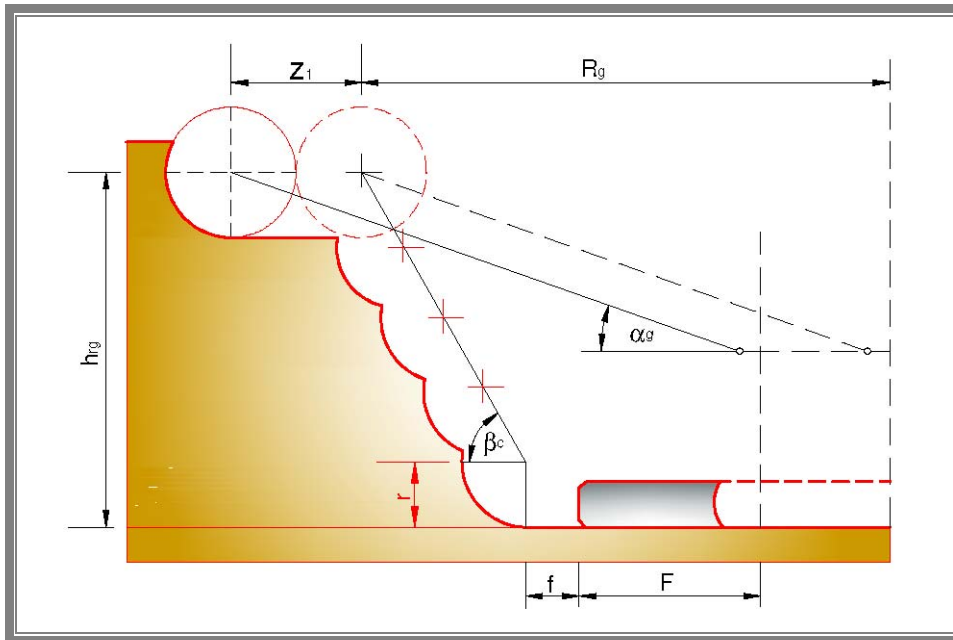
За вистински максималната должина на откопување на блокот се освојува помалата вредност врз основа на двете ограничувања:

$$Z_{\max} = \min (Z_1, Z_2)$$

каде:

Z_1 - должина на откопување ограничена од приоѓање на багерот на долната ивица на челната косина и

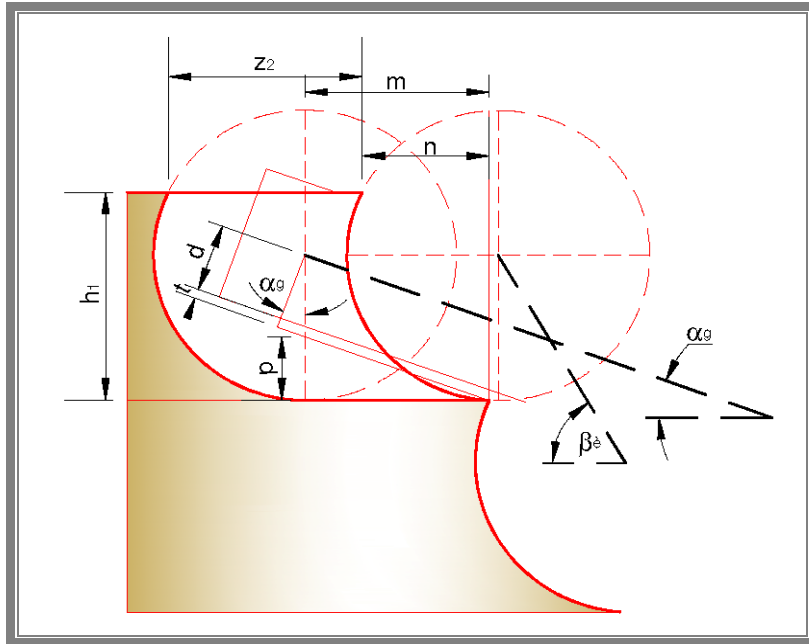
Z_2 - должина на откопување на блокот ограничена од допир на конструкцијата на работната стрела со долната ивица на подолниот рез.



Слика 30: Шема за одредување на должината на блокот според условот за приоѓање на долна ивица
Figure 30: Scheme for determining the length of the block according to condition for accession to the lower edge

Според ова шема должина на откопување на блокот може да се одреди со изразот:

$$Z_i = R_g - (f - F) - (h_{rg} - r) \cdot \cotg(\beta_c)$$



Слика 31: Шема за одредување на должината на блокот според условот за допир на конструкција

Figure 31: Scheme for determining the length of the block under the condition of touch of construction

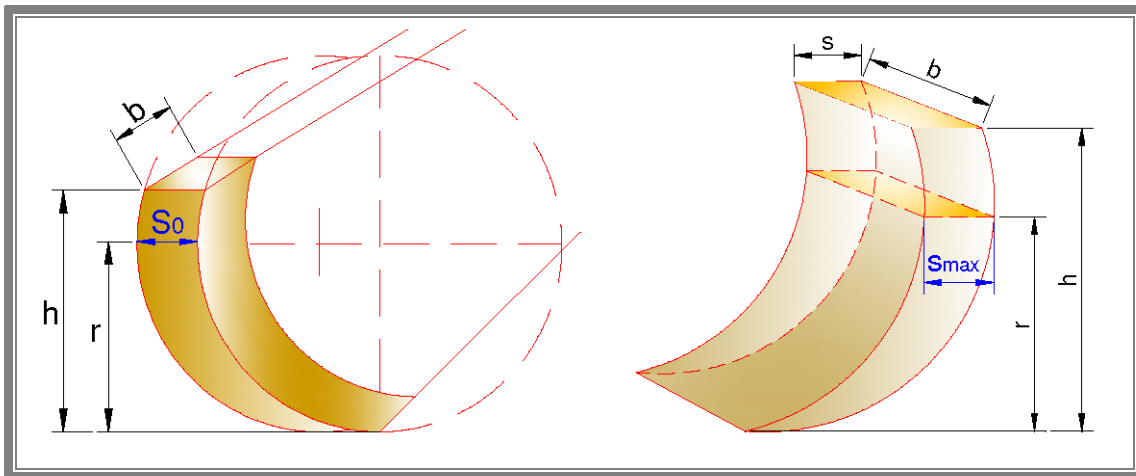
Должината на откопувањето на блокот кој произлегува од ограничувањето на допир на конструкцијата на работната стрела на горниот раб на вториот рез според погорната шема е

$$Z_2 = r + \left[r - \frac{d+t}{\cos(\alpha_g)} \right] \cdot \cotg(\alpha_g) - h_1 \cdot \cotg(\beta_c)$$

каде:

- d – растојание на крајниот долен раб на стрелата од нејзината оска (m)
- t – гранична оддалеченост на приоѓање на конструкцијата на стрелата кон горната ивица на вториот рез (m)
- h₁ – висина на првиот рез (m)
- α_g – вертикален агол на наклон на стрелата при откопување на првиот рез (°)

4.2.7. Технолошки параметри на отсечокот



Слика 32: Шема на технолошки параметри на отсечокот
Figure 32: Scheme of technological parameters of the cuts

h – висина на отсечокот која одговара на висината на резот (m)

s – дебелина на отсечокот која е во функција од вртењето на стрелата во однос на надолжната оска на багерот φ и аголот на режење ρ (m)

b – ширина на отсечокот која е функција од брзината на завртување на стрелата V_0 , односно аголот на завртување на стрелата во однос на надолжната оска на багерот φ .

➤ Висина на отсечокот

Висината е идентична со висината на резот и од аспект на искористеност на капацитетот на багерот трба да се движи во подрачје:

$$0,5 D < h < 0,7 D$$

при што најголемата вредност $h = 0,7 \cdot D$, се зема за првиот рез.

Ако се користи висина на отсечокот од $h = 0,5 \cdot D$ и помали тогаш не може да се оствари задоволително полнење на корпите дури иако се работи со максимални ширини и дебелини на отсечокот.

➤ Дебелина на отсечокот

Дебелината на отсечокот го дефинира поместувањето на багерот при промена на нов рез, односно кога стрелата е во крајна лева или десна положба во кој момент и се менува насоката на вртењето на истата. Дебелината се менува во зависност од аголот на завртување на стрелата во однос на надолжната оска:

$$s_{\alpha} = s_o \cdot \cos(\varphi)$$

и зависно од аголот на завртувањето на корпите околу хоризонталната оска на работното тркало по зависноста:

$$s_{\alpha} = s_o \cdot \sin(\varphi)$$

Во општ случај може да се искаже зависноста на дебелината на отсечокот од аголот на завртување на стрелата во однос на надолжната оска на багерот и положбата на корпата во рамките на аголот на режењето.

$$S_m = s_o \cdot \cos(\varphi) \cdot \sin(\rho)$$

каде:

S_m – моменталната вредност на дебелината во функција од аголот на завртувањето на стрелата φ и аголот на режење ρ

s_o – дебелина мерена висина од радиусот на работното тркало ($\rho=90^\circ$) и за положба на стрелата во правец на надолжната оска ($\rho=0^\circ$), во кој случај $s_o = s_{\max}$

Од конструктивна страна дебелината е ограничена од бочната должина на корпата односно

$$S_{\max} \leq L_{bv}$$

➤ Ширина на отсечокот

Се менува во зависност од брзината на вртењето на стрелата на работното тркало во однос на надолжната оска на багерот и бројот на празнење на корпите во минута. При константна брзина на вртење на стрелата ширината на отсечоците во рамките на резот се еднакви и изнесуваат:

$$b = V_b / n$$

додека при променлива брзина на вртење на стрелата променливи се и ширините на отсечоците:

$$b_{\varphi} = V_{b\varphi} / n$$

каде:

$$V_{b\varphi} = V_{bo} / \cos(\varphi)$$

V_b – константна брзина на вртењето на работната стрела (m/min)

V_{bo} – основна линеарна брзина на поместување

на работната стрела во правец на надолжната

оска на багерот односно за $\varphi = 0^\circ$ (m/min)

V_{bo} – променлива брзина на вртење на работната стрела ... (m/min)

n – број на празнење на корпите (min^{-1})

Максималната ширина на отсечокот е ограничена од ширината на корпата:

$$b_{\max} \leq B_k$$

каде:

B_k – ширина на корпата

4.3. Капацитет на багерот

Еден од најзначајните техничко – технолошки параметри на секој багер е неговиот капацитет, а со самото тоа пресметковното одредување спаѓа во редот на многу сложените и одговорни задачи. Сложеноста се манифестира во големиот број на влијателни фактори, а одговорноста во тоа што од точноста на овој податок зависи динамиката на изведувањето на работите на површинските копови.

Под капацитет на роторниот багер се подразбира волуменот на материјалот кој багерот го откопува од масивот и преку своите транспортери го пренеси на растојание согласно неговите работни параметри во единица време.

Факторите кои влијаат на капацитетот на роторниот багер можеме да ги поделиме во неколку групи:

Конструктивни и кинематски параметри на копањето и транспортот:

- дијаметар на работното тркало и должината на работната стрела,
- број и конструкција на корпите,
- број на вртење на работното тркало,
- тип и брзина на транспортниот уред,
- брзина на подигање, спуштање и вртење на работната стрела,
- опременост на багерот со средства за автоматска регулација на брзината на кружно движење на работната стрела и
- трајност и надежност на главните состави.

Физичко - механички карактеристики на материјалот што се откопува, во прв ред отпор на копање, растреситост, влажност, лепливост, абразивност и друго.

Степен на усогласеност на технолошката шема на работа и параметрите на етажата и блокот (ширина и должина на блокот, висина на блокот, агол на наклон на челната и бочната косина) во однос на конструктивните параметри на багерот.

Организациски и останати фактори како:

- организација на технолошкиот процес во површинскиот коп,
- системот на експлоатација,
- организација на одржување на опремата,
- траење и број на работните смени во текот и на годината и друго.

Од сите погоре наброени фактори само конструктивно - кинематските се одредени со конструкцијата на багерот и за одреден модел на багерот се непроменливи. Останатите фактори се променливи во рамките на различни копови и во рамките на еден етаж и блок па следствено на тоа има големи осцилации на капацитетот.

4.3.1. Поделба

Се разликуваат повеќе видови на капацитет:

- теоретски,
- технички и
- експлоатационен.

➤ Теоретски капацитет

Теоретскиот капацитет на роторниот багер е одреден од производот на пресметковниот волумен на корпите и максималниот број на празнења во минута кој го изразуваме со изразот:

$$Q_t = 60 \cdot q \cdot n \dots\dots\dots (m^3/h)$$

каде:

q – волумен на корпите (m³)

n – број на празнење на корпите во минута при
максимална брзина на вртење на работното тркало.....(min⁻¹)

При одредување на теоретскиот капацитет се користат пресметковни вредности на брзината и специфичната сила на копање на роторниот багер а се усвојува да коефициентите на полнење на корпите и растреситост на материјалот во корпата да се еднакви на единица. Корпите се полнат со растресит материјал, па и теоретскиот капацитет се изразува во (гм³/h) растресита маса. Користењето на вредноста на теоретскиот капацитет што го даваат производителите можно е, а има и смисла ако се исполнети следниве услови:

✚ Прв услов

$$\frac{\gamma_i}{k_{ri}} < \frac{\gamma_0}{k_{ro}}$$

каде:

γ_i , k_{ri} - волуменска маса и коефициент на растреситост кој се откопува,

γ_0 , k_{ro} - волуменска маса и коефициент на растреситост кој се усвоени од страна на производителот на багерот при пресметка и конструирање на истиот

Ако овој услов не е исполнет тогаш доаѓа до опасност од преоптовареност на виталните делови на конструкцијата на багерот како и погоните на транспортерите од багерот. Во тој случај теоретскиот капацитет на багерот би го определиле од зависноста:

$$Q_t = Q_t \cdot \frac{\gamma_0 \cdot k_{ri}}{\gamma_i \cdot k_{ro}}$$

 Втор услов

$$K_{FB} > K_F$$

$$K_{LB} > K_L$$

каде:

$K_F, (K_L)$ – специфичен отпор на материјалот
на копање N/cm^2 (N/cm)
 $K_{FB}, (K_{LB})$ – пресметковна специфична сила на
копање на багерот N/cm^2 (N/cm)

Ако доколку овој услов не е исполнет тогаш дадениот теоретски капацитет на багерот не може да се оствари и е лимитиран од расположивата снага на моторот од погонот на работното тркало.

Наведената формула за теоретскиот капацитет на багерот не ја зема предвид физичката суштина на процесот на багеровање. За да може капацитетот на багерот да се анализира како меѓусебна колерација на конструктивните параметри на багерот и технолошките параметри треба да се тргни од технолошките параметри на резот и отсечокот.

Се поаѓа од претпоставката дека волуменот на отсечокот кој се откопува е еднаков на волуменот на корпата односно:

$$q = h \cdot s \cdot b \dots \dots \dots (m^3)$$

теоретскиот капацитет претставува:

$$Q = 60 \cdot h \cdot s \cdot b \cdot n \cdot k_r \dots \dots \dots (m^3/h)$$

каде:

h – висина на отсечокот (m),
 b – ширина на отсечокот (m),
 s – дебелина на отсечокот (m),
 k_r – коефициент на растреситост на материјалот.

Помеѓу ширината на отсечокот, бројот на празнење на корпите и брзина на вртење на работната стрела постои зависноста:

$$b = V_b / n$$

Со замена на овој однос во погорната формула се добива:

$$Q = 60 \cdot h \cdot s \cdot V_b \cdot k_r \dots \dots \dots (\text{m}^3/\text{h})$$

➤ Технички капацитет

Техничкиот капацитет на роторниот багер е одреден од конструктивно кинематските карактеристики на багерот и преставува негов максимален капацитет при работа во блок и истиот ги зема предвид карактеристиките на откопуваната стена, димензиите на блокот и организацијата на процесот на багеровање а се пресметува према следниот израз:

$$Q_{\text{teh}} = Q_t \cdot \frac{k_p}{k_r} \cdot k_b \dots \dots \dots (\text{čm}^3/\text{h})$$

каде:

k_p – коефициент на полнење на корпите,

k_r – коефициент на растреситост на материјалот во корпата,

k_b – коефициент на блокот.

Коефициентот на полнење на корпите е однос на волуменот на материјалот во растресита состојба и пресметковната вредност на волуменот на корпата е претставен со изразот:

$$k_p = \frac{S_0 \cdot b \cdot h \cdot k_r}{q}$$

Истиот зависи од физичко - механичките особини на стената и е променлив во текот на откопување на резот или пошироко блокот и практично никогаш не достигнува вредност еден односно ретко во кратки временски интервали.

Коефициентот на растреситост преставува однос на волуменот на откопаниот материјал во цврста (γ - gamma) и растресита состојба (γ_r - gamar)

$$k_r = \frac{\gamma}{\gamma_r}$$

Коефициентот на блокот го зема предвид намаленото остварување на капацитетот условен од технолошките застои кои се неизбежна последица на проектираните шеми на работа и се изразува со формулата:

$$k_b = V_b \cdot k_r / 60 \cdot q \cdot n \cdot k_p \cdot T_b$$

каде:

V_b - волумен на материјалот на блокот кој багерот го откопува во рамките на еден технолошки циклус

$$V_b = H \cdot B \cdot Z \text{ (}\check{m}^3 \text{)}$$

каде:

H - висина на блокот,

B - ширина на блокот,

Z - должина на откопан блок за еден технолошки циклус и

T_b - време на откопување на блокот.

Покрај параметрите на блокот за одредување на коефициентот на блокот потребно да се дефинира времето на багеровање, односно откопувањето на еден блок (T_b) што се состои од чисто време на багеровање и време на помошни операции при откопување на работниот блок.

$$T_b = T_{\check{c}b} + T_{po} \dots \dots \dots (h)$$

каде:

$T_{\check{c}b}$ - време на чисто багеровање во рамки на еден технолошки циклус (h)

T_{po} - време на помошни операции при откопување на работниот блок..... (h)

➤ Експлоатационен капацитет

За разлика од теоретскиот и техничкиот капацитет кои се пресметуваат при идеални услови на работа, експлоатациониот се пресметува за конкретни услови на работа и претставува потенцијал на багерот за одреден временски интервал (ден, месец, година) со учество на сите губитоци и застои на работењето. Се пресметува според изразот:

$$Q_e = Q_{teh} \cdot k_v \cdot T_k \dots\dots\dots (\text{čm}^3/\text{h})$$

каде:

k_v - коефициент на временско искористување

T_k - посматрано календарско време за кое се пресметува капацитетот

Коефициентот на временско искористување е:

$$k_v = \frac{T_k \cdot t_{pz} \cdot t_{nz}}{T_k}$$

каде:

t_{pz} - време на планирани застои

t_{nz} - време на непланирани застои

Бидејќи, како што се гледа од формулата, експлоатациониот капацитет е функција од теоретскиот капацитет, коефициентот на временско искористување и календарскиот фонд на време, и истиот неможи да се одржи во подолг временски период поради неможноста од непрекинатата работа во регуларен блок што повлекува неминовни загуби на капацитетот при усекување во нов блок ја модифицираме формулата и се добива изразот:

$$Q_e = Q_{teh} \cdot k_g \cdot k_v \cdot T_k \dots\dots\dots (\text{čm}^3/\text{h})$$

каде:

k_g – коефициент на загуба на капацитетот поради исекување во нов блок и нов рез сведен на капацитет во регуларен блок

Од експлоатациониот капацитет произлегува ефективниот капацитет под што подразбираме стварен капацитет односно откопана маса на материјал во единица време:

$$Q_{ef} = V / h \dots\dots\dots (\text{čm}^3/\text{h})$$

каде:

V - волумен на материјалот што багерот ја откопува
односно ја натовари на средствата за транспорт
за еден час багеровање (cm³)

h - време на багеровање (h)

5. АВТОМАТИЗАЦИЈА НА РАБОТНИОТ ПРОЦЕС НА РОТОРЕН БАГЕР

5.1. Можност и потреба од автоматско управување со роторен багер

Со развојот на кинематско - технолошките карактеристики на роторните багери и сè поголемото барање за искористеност на проектираниот капацитети неминовно доведоа до промени во начинот на управување со истите. Се покажа дека рачното управување со работата на роторниот багер е недоволно ефикасно и не секогаш можат да се обезбедат оптималните параметри на работниот блок и рез бидејќи пресметаните поместување на работното тркало при премини од еден во друг рез или слој се изведуваат од око и се резултат на професионалната способност на ракувачот во текот на работната смена. Сето ова има влијание на точноста на откопување на етажата и често имаме случај на големи отстапување на оптималните технолошки параметри и режими на работа како и до преоптеретувања на уредите и конструкцијата на роторните багери. Како резултат на сите овие отстапувања доаѓа до опаѓања на капацитетот и загуба на времето на чисто багеровање.

Рачното регулирање на режимот на работата на багерот не дава оптимални резултати поради сложеноста на оптималните закони на раегулација како и краткото време за дејствување за регулирање на погоните на роторниот багер.

Бидејќи има точно определени процедури за секој начин на откопување на етажата со роторниот багер на нив одговараат потполно одредени процедури на командувањето на багерот кои го осигуруваат неговото движење во просторот по проектаната траекторија. Ова движење заедно со неговите кинематски закони релативно лесно се подложува на алгоритмизација што е предуслов за користење на автоматското управување со роторниот багер за извршување на потребните операции за остварување на технолошкиот процес.

Во суштина на автоматското управување се подразбира работа на роторниот багер во оптимален режим кој е независен од критериумот за

оптималност на површинскиот коп во целост. Критериумот на оптималност на работа на роторниот багер подразбира исполнување на можниот максимален капацитет што ги зема предвид конструктивно - технолошките ограничувања во граници на дозволения режим на работа. Со остварување на зголемен капацитет се намалуваат вкупните специфични трошоци по единица производ и покрај зголемувањето на одреден тип на трошоци.

Оптималното искористување на сите техничко - технолошки можности на роторниот багер се овозможува со рационалното проектирање на површинскиот коп и технолошките шеми на работа со што дефинитивно или за подолго време се одредува вертикалната поделба на откривката и корисните минерални сировини на етажата, се одредуваат аглите на генералните, работните етажни и завршни косини и се проектира технологијата на работа на секоја етажа.

Технологијата на работа на етажата, главно, зависи од залегањето на стената и нејзините особини, наводнетост на површинскиот коп, потреба од селективно копање и др. Оптималниот начин на откопување на еден површински коп се одредува со споредбена анализа на повеќе варијанти.

Имајќи ги во предвид како услов геометриските параметри на роторните багери и тежнењето за нивно максимално искористување вклучително, максималното користење на времето на багеровање за чисто време на багерување и минимизирање на потребното време за технолошки застои (промена на рез и слој и слично) се одредуваат основните технолошки параметри на блокот: ширина, висина и должина.

Многу посложена задача е одредувањето на микротехнолошките карактеристики: димензии на отсечокот, рационалната поделба на етажите по слоеви, одредување на оптималниот број на отсечоци во слојот итн. Бидејќи врз нив имаат влијание не само кинематските зависности туку и физичко - механичките особини на карпата која се откопува и нивната променливост по хоризонтала и вертикала насока.

Комплетни и адекватни испитувања на физичко - механичките особини на карпата кои ќе се откопуваат со роторниот багер се од првенствена важност бидејќи од нив зависи дали конструкцијата на работните уреди и изборот на параметрите на отсечокот ќе бидат оптимални.

Меѓусебниот однос на дебелината и ширината на отсечокот (S_0 / b) кој можиме да го одредиме поаѓајќи од максималниот моментен капацитет како критериум за оптималност или како критериум за оптималност се зема најмалиот отпор на копање односно минимум потрошена специфична енергија во процесот на багерување.

Во првиот случај имаме

$$\frac{S_0}{b} = \frac{r \cdot \varphi}{h}$$

додека во вториот случај имаме

$$\frac{S_0}{b} = \frac{\varphi}{\frac{3\varphi}{\pi} - 0,425}$$

пресметковно при исти услови односно

$$\varphi = 90^\circ \quad \text{и} \quad h = r$$

добиваме 1,57 односно 1,46 за вториот случај при што се добиени минимални и занемарливи разлики.

При поделба на етажата како услов на оптималност се усвојува најмалото време за откопување на еден блок што се добива со метода по пат на споредување на различни варијанти.

Минималното време за помошни операции и снагата на моторите можат да се внесат како ограничувачки фактори во случевите на оптимирање на микротехнологијата во функција на автоматско управување со работата на роторниот багер.

Технолошките параметри на отсечокот можат да варираат но сепак се ограничени во граници на реалните дијапазони на брзината на вртење на работното тркало, работната стрела, димензиите на корпите и слично.

Како случајни функции, но со битно влијание на потрошувачка на енергија се појавуваат времето на помошните операции и отпорот на карпата при откопувањето. При избор на параметрите на отсечокот со непотполни информации за овие функции ќе се бара од автоматизацијата можност за промена на истите во самиот процес на откопување на етажата што повлекува намалување на капацитетот.

Битно влијание на остварениот ефект од работата на роторниот багер има обликот на блокот кој е формиран со претходните резови согласно со тоа

промената на висината (должината) и дебелината на отсечокот по правило влијаат на намалување на капацитетот при следниот рез. Поради овие причини висината (должината) на отсечокот треба да се менува после откопувањето на целиот блок но не и во рамките на блокот. Дебелината на отсечокот препорачливо е да не се менува во рамките на еден рез туку после откопување на целиот рез. Единствен геометриски параметар на отсечокот кој може да се менува во текот на откопување на резот е ширината.

Задачите на оптимално командување со работата на роторниот багер во контекст на анализираните карактеристики на технологијата на работа се следни:

Обезбедување на зададениот редослед на откопување на блокот од етажата при зададени оптимални или блиски на нив вредности на технолошките параметри (не земајќи ја ширината на отсечокот во предвид) што практично би било просторно командување на движењето на работното тракало по некоја оптимална траекторија. Технолошките параметри односно траекторијата на движење на работното тркало врз база на објективни информации што се собираат во текот на работата на багерот и кои овозможуваат оценка на ефикасноста во текот на подолг временски интервал според општиот критериум на оптималност (максимален технички капацитет) подлежат на периодична оптимизација односно промена.

Регулирање на работниот режим на работното тркало во процесот на откопување на поединечните резови со непрекинато оценување на ефектите на командување според тесни критериуми за оптималност како: максимален моментален капацитет, максимално искористување на снаганата на погонот на работното тркало, искористеност на пропустната моќ на транспортните ленти од багерот и слично со искористување на можностите за промена на брзината на ротирање на работното тркало, вртење на работната стрела и промена на ширината на отсечокот.

5.2. Основни правци на автоматско управување со роторен багер

Врз основа на погоре дефинираните задачи за оптималното управување со роторниот багер може да се постават основните правци на автоматизацијата:

- автоматско регулирање на режимот на работа на работното тркало во процесот на багеровање на поединечните резиви
- автоматско програмско командување на утврдените поместувања и работни движења на работното тркало во просторот на откопување на блокот.

5.2.1. Автоматско регулирање на режимот на работа

Ова регулирање се извршува на следниве начини:

- со систем на автоматско стабилизирање на оптеретување на моторот од работното тркало,
- со систем за автоматска стабилизација на капацитетот на багерот и
- со систем за автоматска оптимизација на капацитетот според потребниот минимум на специфичната потрошувачка на енергија по единица производ во текот на процесот на откопување

Системот за автоматско стабилизирање на оптеретување на моторот од работното тркало е наједноставен и најлесно применлив и истиот се состои во тоа што оваа стабилизација се остварува со промена на брзината на вртење на работната стрела односно горна градба при непроменета брзина на ротирање на работното тркало околу својата оска. На овој начин се зголемува или намалува ширината на отсечокот, а со самото тоа и полнењето на корпите. Оваа стабилизација овозможува максимално искористување на снагата на погонот на работното тркало но не секогаш е оптимално во поглед на добивање на максимално можниот капацитет.

Задачата на системот за стабилизација на капацитетот на багерот е да го одржува зададениот (оптимален) капацитет во различни услови на работа

што не секогаш е можно поради ограниченоста што произлегува од снагата на моторите и конструкцијата на багерот и како резултат недобивање стално на оптимален режим на работа на багерот.

За разработка на системот за автоматска оптимизација на капацитетот според потребниот минимум на специфичната потрошувачка на енергија се користи зависноста дека специфичната потрошувачка на енергија зависи воглавно од димензиите на отсечокот што преставува и една од неговите функции односно стабилизација на зададените оптимални димензии на отсечокот. Со овој систем се обезбедува стабилизација на потребната снага на погонот на работното тркало и стабилизација на ширината на отсечокот со одржување на постојаниот однос на линеарните брзини на елементите за режење во хоризонтална и вертикална рамнина.

Регулацијата на режимот на работа при багерување се сведува на стабилизација на капацитетот по еден метар должен тежина или волумен маса што се транспортира по транспортерите.

Евентуалните отстапувања од проектираната технологија поради отстапувања на работното тркало од оптималните траектории автоматската регулација на режимот на работа на работното тркало не ги отстранува. Според тоа може да се заклучиме дека системите за автоматска регулација се ефикасни само тогаш кога е обезбедено оптимално поставување и движење на багерот во однос на откопниот блок.

5.2.2. Автоматско програмско управување

Може да се постави паралела помеѓу програмското управување на роторните багери со програмското управување на струговите, машини за валање и други машини бидејќи според обликот на обработка движењето на работното тело треба да е одредено со точност до крива, површина или волумен односно се разликува контурно, површинско и волуменско управување.

Во текот на целото време потребно за извршување на одреден затворен технолошки циклус автоматскиот систем кој управува со поместувањето на работното тркало во простор треба го осигура управувањето. Технолошки циклус преставува редослед на операции со цел откопување на блокот или

негов дел (слој). Траекторијата на движење на работното тркало во просторот при извршување на циклусите на операциите претставува збир од работни делови според кои се изведува багерувањето на стената и се преминува од една операција во друга.

Системот за управување треба да ги задоволи различните барања во текот на целата зададена траекторија на откопувањето вклучително и на деловите на премин (од рез во рез, од слој во слој) каде што управувањето се извршува по координати бидејќи обликот на траекторијата не е толку важен.

Површинско автоматско управување се применува во случај на селективно откопување и чистење на нерамниот работен планум на етажата. Давањето на вредност за аголот на наклон на траекторијата односно односот на брзината на кревање на работната стрела и брзината на нејзиното вртење за секој интервал помеѓу точките на траекторијата го подобрува обликот на истата.

Волуменското управување се користи при откопување на многу хомогени стени и во овој случај може да се користи управување со помош на координати.

Од сите овие изнесени согледувања се изведува заклучокот дека програмското управување со роторните багери е аналогно со програмското управување на струговите и другите машини, со некои свои специфичности и тоа:

Можност од локално зарушување на материјалот од бочните и челните косини со што доаѓа до нарушување на обликот на блокот.

Непостоење на цврста врска на подвижниот координатен систем со статичниот систем на блокот и сложеноста на контрола на подвижниот систем кој има шест степени на слобода во однос на статичниот систем.

Овие специфичности во голема мера ги ограничуваат можностите на системот за автоматско управување и го стеснува подрачјето на негова примена.

Појавата на зарушување на материјалот што има за последица промена на обликот на блокот ја носи потребата од промена на алгоритмот на управување на багерот, но поради непостоење на совршени средства за автоматска контрола на обликот на блокот не овозможуваат примена на можните системи со користење на самоизменувачки алгоритми. Денес имаме користење на релативно прости системи за управување кои работат со „цврсти”

алгоритми одредени според дефинираниот начин на откопување на блокот. Ваков вид на алгоритам се нарекува програм кој преставува пропишан редослед на операции со наведени вредности на координатите на точките од траекторијата на работното тркало и е во зависност од освоените технолошки параметри.

Во зависност од начинот на задавање на влезните информации системите за автоматско управување на багерите според програми ги делиме на:

Системи кои работата според порано пресметани програми - системи на цврсто програмско управување.

Системи за управување кои обезбедуваат пресметка на траекторијата на работното тркало според зададени технолошки параметри и координати на точките од површините кои ја разделуваат етажата на слоеви. Влезната информација се обработува од компјутерски систем кој е составен дел на системот за управување. Со овие системи можно е остварување автоматска оптимизација на технолошките параметри.

Разработката и воведувањето на овие системи на управување е отежнато поради специфичноста на рударските работи, условите на експлоатација, потребата на запазување на сигурносни мерки поради кое се почна со најпростите и најлесно изводливите системи со програмско управување на поедини операции од технолошкиот циклус. Автоматизирани се воглавно следните операции:

Промена на брзината на кружно движење на работната стрела по законот $V_0 / \cos(\varphi)$ со цел одржување на стален волумен на отсечокот.

Десни и леви агли на вртење на работната стрела поради одржување на константна вредност на аголот на наклон на бочната косина.

Поместување на багерот за дебелина на отсечокот и вкупно поместување за должина на блокот.

6. ОПТИМИЗАЦИЈА НА РАБОТА НА РОТОРЕН БАГЕР

6.1. Модели

Оптимизацијата на работењето на роторен багер со цел намалување на експлоатационите трошоци можеме да ја извршиме според повеќе модели за оптимизација од кои како најадекватни, според можноста за нивно остварување и добиените ефекти од нив во реални услови на работа во рудниците за јаглен на РЕК - Битола може да ги одвоиме следниве:

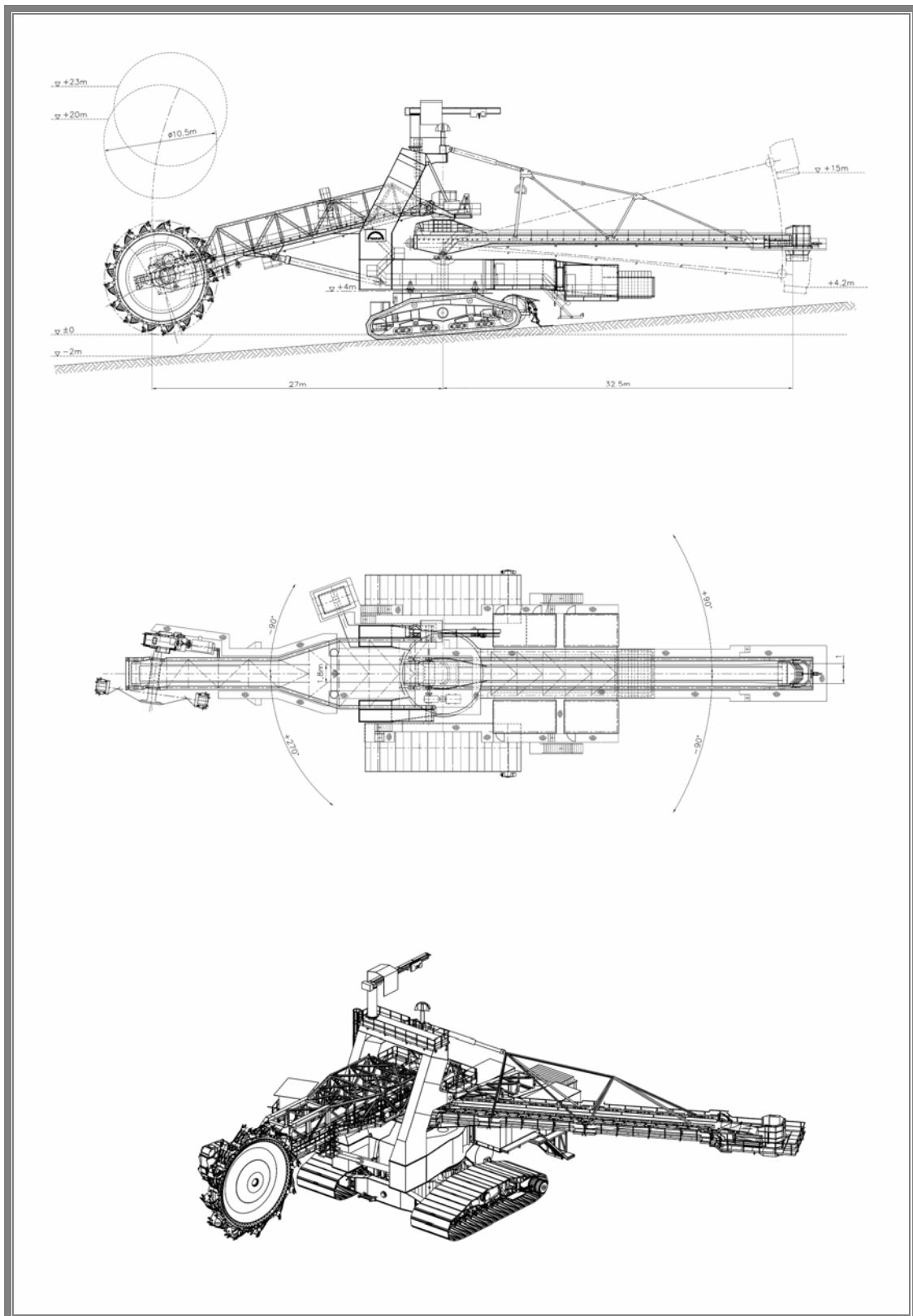
- модел за оптималност на технолошките шеми за работа
- модел за работа на роторниот багер во оптимален режим

Модел за оптималност на технолошките шеми за работа на багерските единици ги одредува вредностите на технолошките параметри во функција на постигнување на максимален капацитет при различни случаи на работа на багерот во блокот на етажата и поделбата на етажата со цел за постигнување на најмало потребно време за откопување на еден блок.

Модел за работа на роторниот багер во оптимален режим опфаќа исполнување на можниот максимален капацитет земајќи ги предвид конструктивно - технолошките ограничувања во граници на дозволен режим на работа што се постигнува со оптимално командување со работата на роторниот багер. **Со ова командување треба да се обезбеди да багерот врши откопување на блокот по зададен редослед односно да се постигне просторно командување на движењето на работното тркало по оптимална траекторија.**

Во овој труд ќе се осврниме на оптимизација на работата на роторниот багер SRs (H) 1050 кој во склоп со бандвагенот BRs 1800 работи во подинската јагленова серија на рудникот Суводол во РЕК – Битола со следниве техничко – технолошки параметри:

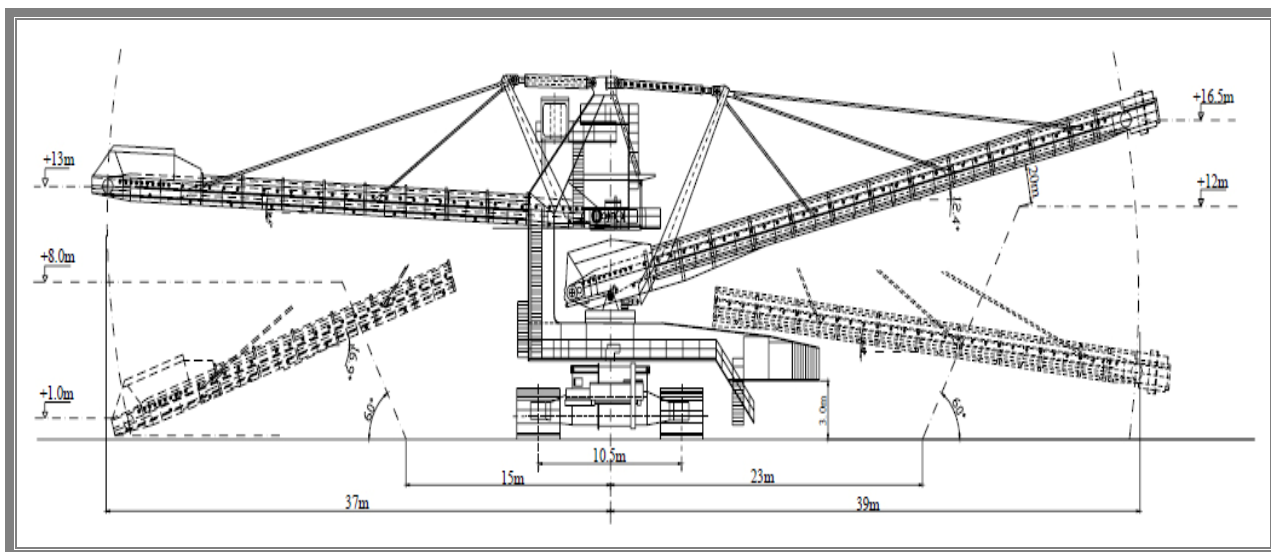
➤ Техничко - технолошки карактеристики на багер SRs(H) 1050



Слика 33: Роторен багер тип SRs(H) 1050 · 23/2 (900 kW)
Figure 33: Rotary excavator type SRs(H) 1050 · 23/2 (900 kW)

- Теоретски капацитет 4.800 m³/h растр.маса
- Работна тежина на багерот 1.050 t
- Отпор на сечење 1000 N/cm
- Максимална висина на откопување 23 m
- Длабочина на откопување 2 m
- Специфичен притисок..... 9 N/sm²
- Максимална ширина на блокот. 43 m
- Пречник на работното тркало..... 10,5 m
- Број на корпи 17 парчиња
- Волумен на корпите 1,05 m³
- Должина на одложна стрела 32,5 m
- Должина на приемна стрела 27 m
- Инсталирана моќност на работното тркало 900 kW
- Вкупна инсталирана моќност на багерот 1.900 kW
- Максимален попречен наклон во работата 3 %
- Максимален надолжен наклон во работата 11 %
- Брзина на движењето 6 m/min
- Ширина на транспортните ленти 1.800 mm
- Брзина на движење на транспортните ленти..... 4,8 m/sek

➤ Техничко-технолошки карактеристики на бандваген BRs1800



Слика 34: Бандваген BRs1800/37+39 × 16,5

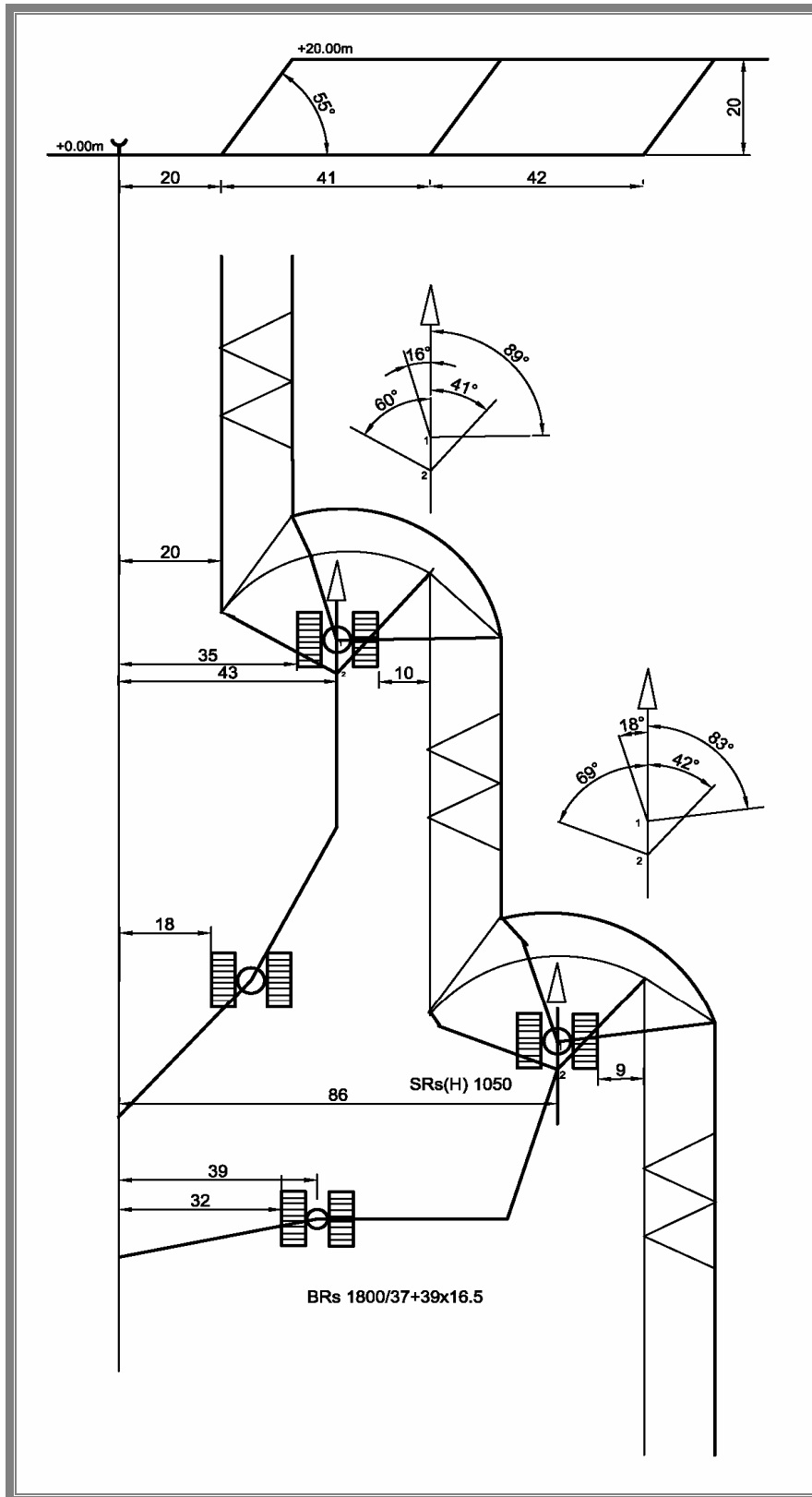
Figure 34: Bandwagen BRs1800/37+39 × 16,5

- Теоретски капацитет5.500 m³/h
- Специфичен притисок на гасениците 9 N/cm²
- Работна тежина на бандвагенот 678 t
- Најниска точка на спуштање на истоварна стрела 3,5 m
- Висина на кревање на приемната стрела 13 m
- Висина на кревање на истоварната стрела 16,5 m
- Дилжина на истоварна стрела 39 m
- Должина на приемна стрела 37 m
- Максимален попречен наклон при работата 3 %
- Максимален надолжен наклон при работата 5 %
- Максимален надолжен наклон при транспорт 11 %
- Брзина на движењето 2 до 6 m/min
- Ширина на транспортните ленти..... 1800 mm
- Должина на гасениците 11,76 m
- Ширина на гасениците 3,15 m
- Вртење на горната конструкција 0+180°; -180°
- Брзина на транспортните ленти 5,2 m/sek

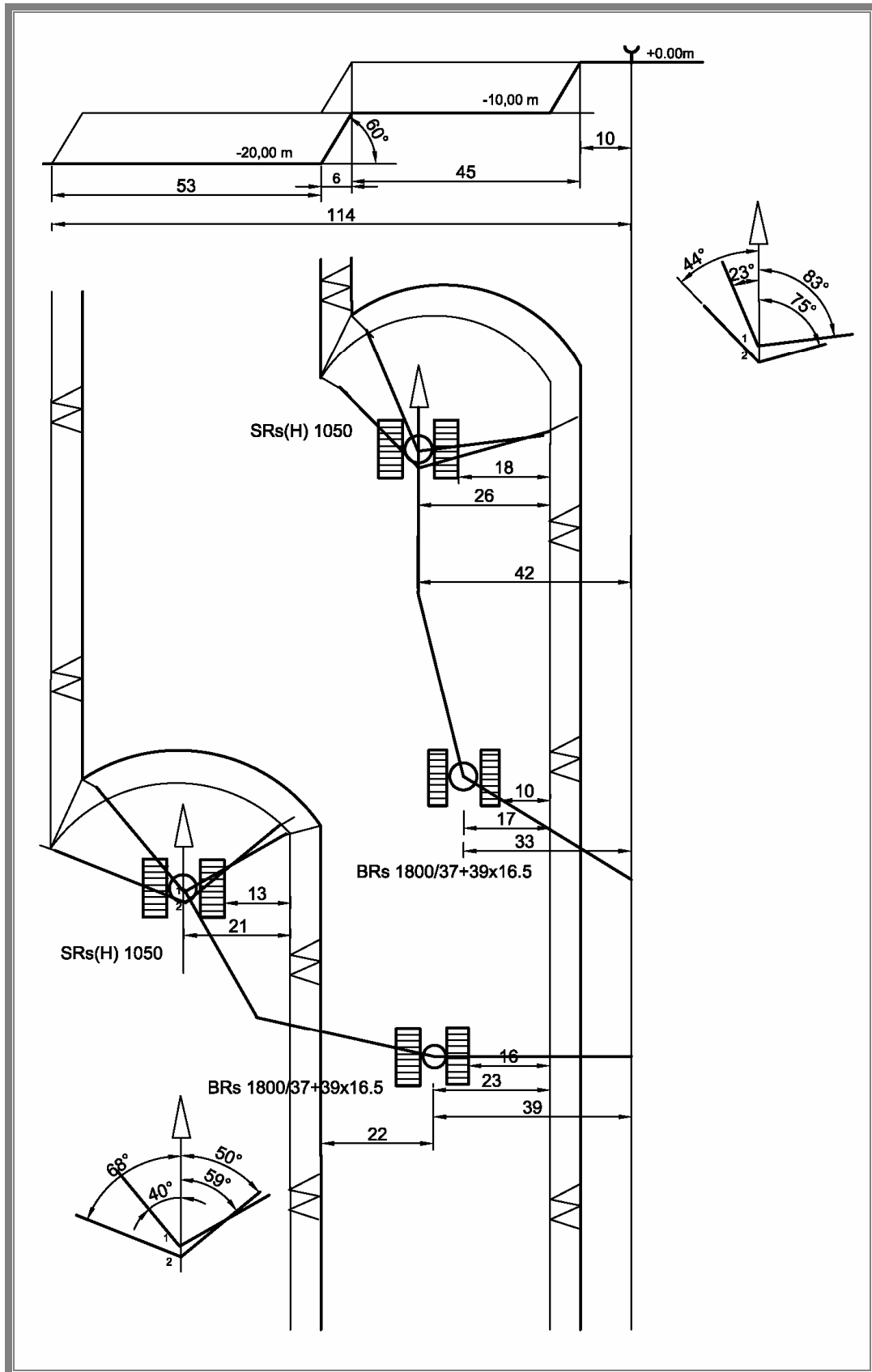
6.1.1. Оптимални технолошки шеми на работа на багер во различни ситуации

Во наредните слики се претставени разработени технолошки шеми на работа кои во пракса најповеќе се користат. При разработката водено е сметка да се искористат до максимум сите техничко – технолошки параметри на опремата со цел на максимално искористување на времето за багеровање а со тоа и да се намалат трошоците предизвикани од неискористеност на ефективното време и неисполнување на ефективниот капацитет.

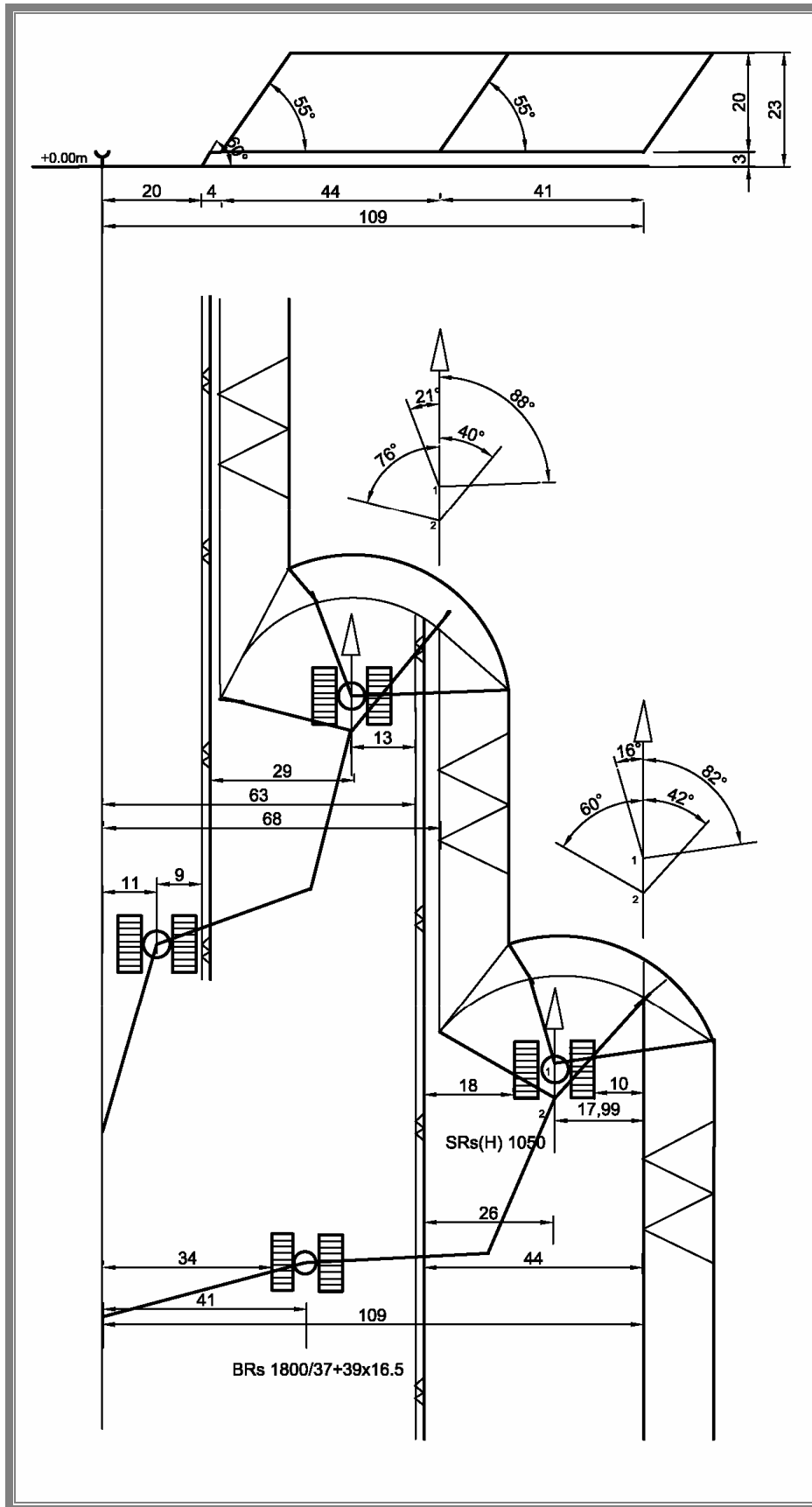
Непридржувањето кон овие технолошки шеми на работа како последица ќе има зголемување на поместувањата како на багерските единици така и на етажниот транспортер поради неоткопување на можниот волумен на материјалот и ред други негативни влијанија поврзани со искористеноста на времето и празни движења во текот на производството, односно откопувањето на материјалот.



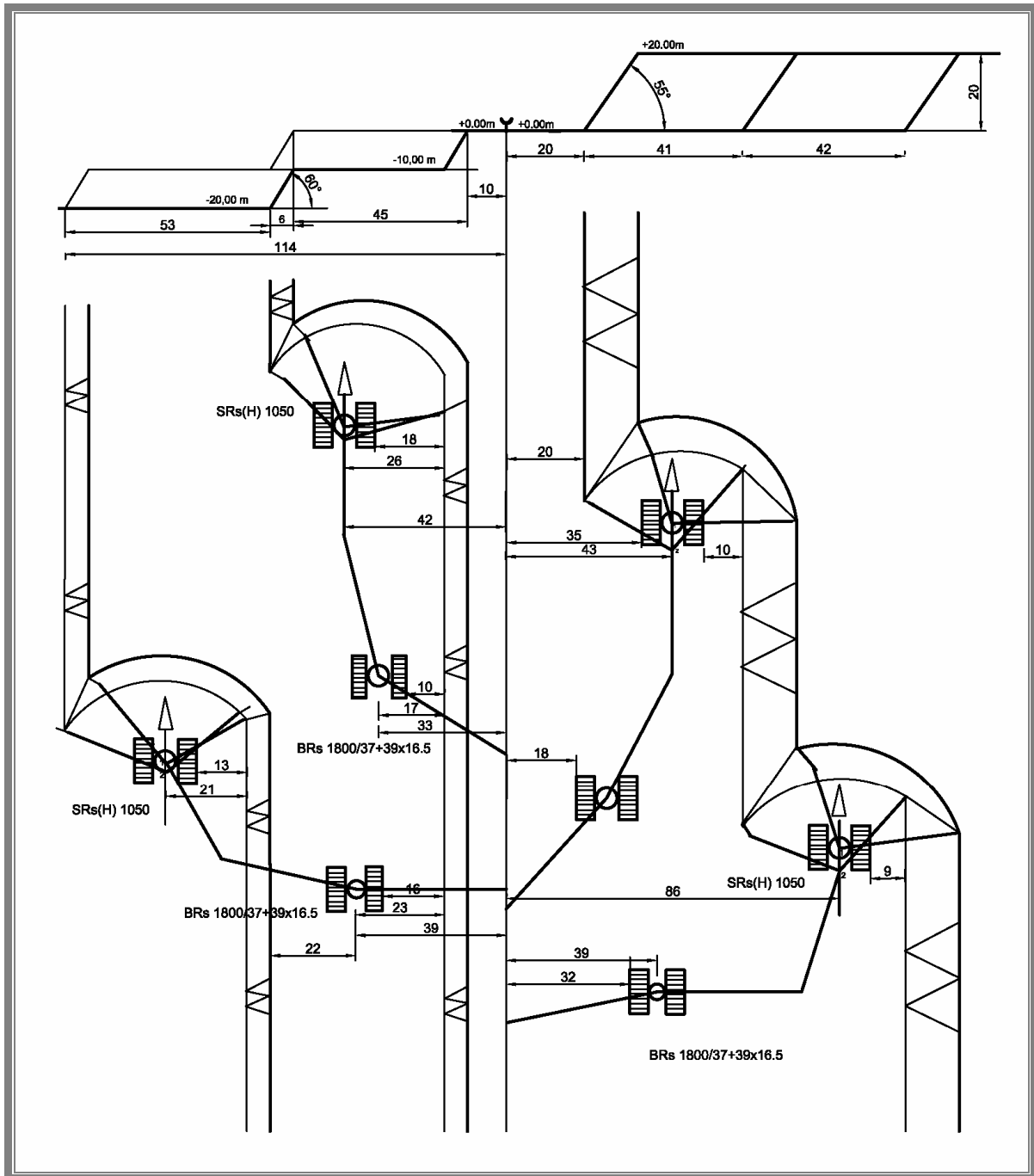
Слика 35: Шема на багер во висински блок од 20 m
Figure 35: Scheme of excavator in block height of 20 m



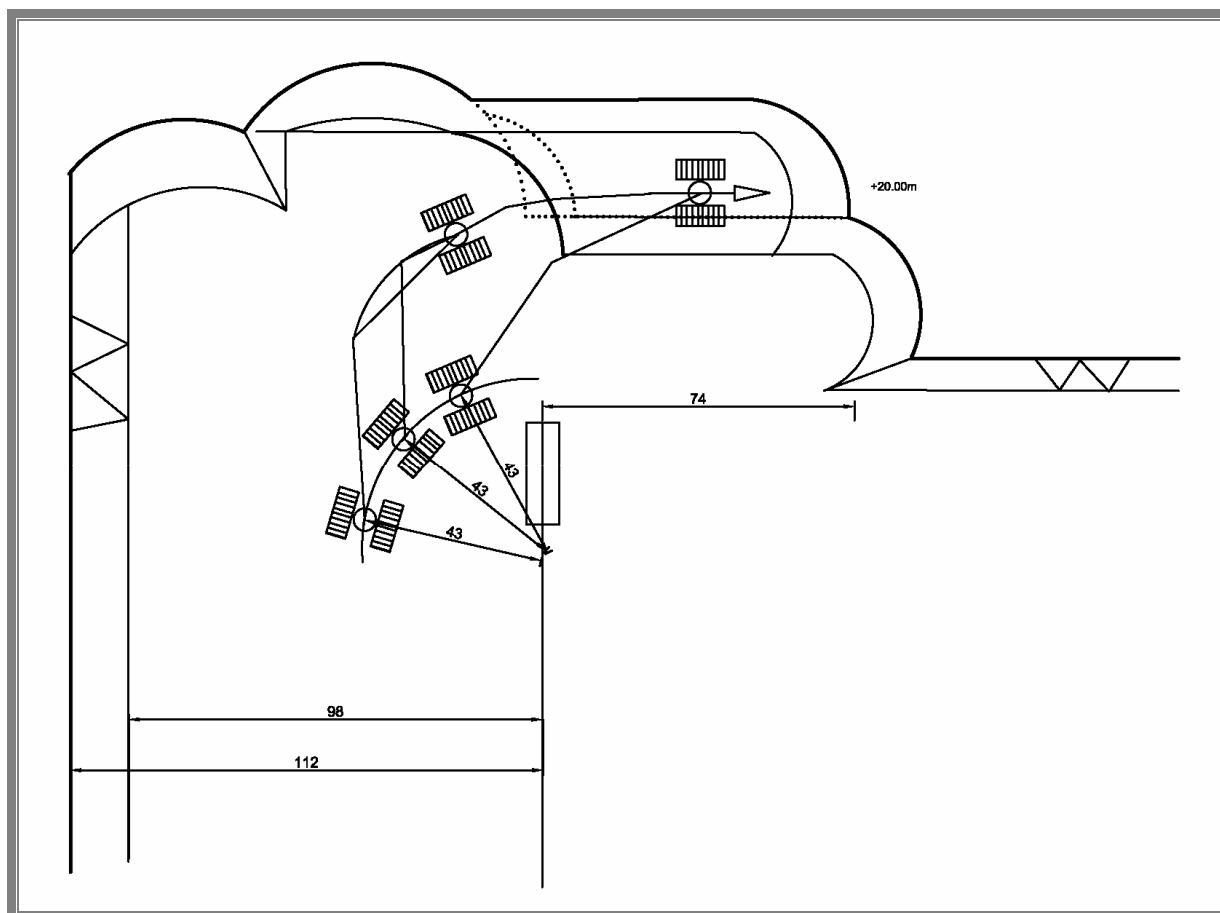
Слика 36: Шема на багер во длабински блок од -20 m
 Figure 36: Scheme of the dredge depth of -20 m block



Слика 37: Шема на багер во висински блок со подетажа од 3 м
Figure 37: Scheme of excavator in height block under the floor of 3 m



Слика 38: Шема на багер во откопен блок
Figure 38: Scheme of the excavator disinterred block



Слика 39: Шема на багер во откопен блок со ротација
Figure 39: Scheme of the excavator disinterred block with rotation

6.1.2. Модел на оптимален режим на багер SRs(H) 1050

Модел за работа на роторниот багер во оптимален режим опфаќа исполнување на можниот максимален капацитет земајќи ги предвид конструктивно - технолошките ограничувања во граници на дозволен режим на работа што се постигнува со оптимално командување со работата на роторниот багер. Со ова командување треба да се обезбеди да багерот врши откопување на блокот по зададен редослед, односно да се постигне просторно командување на движењето на работното тркало по оптимална траекторија.

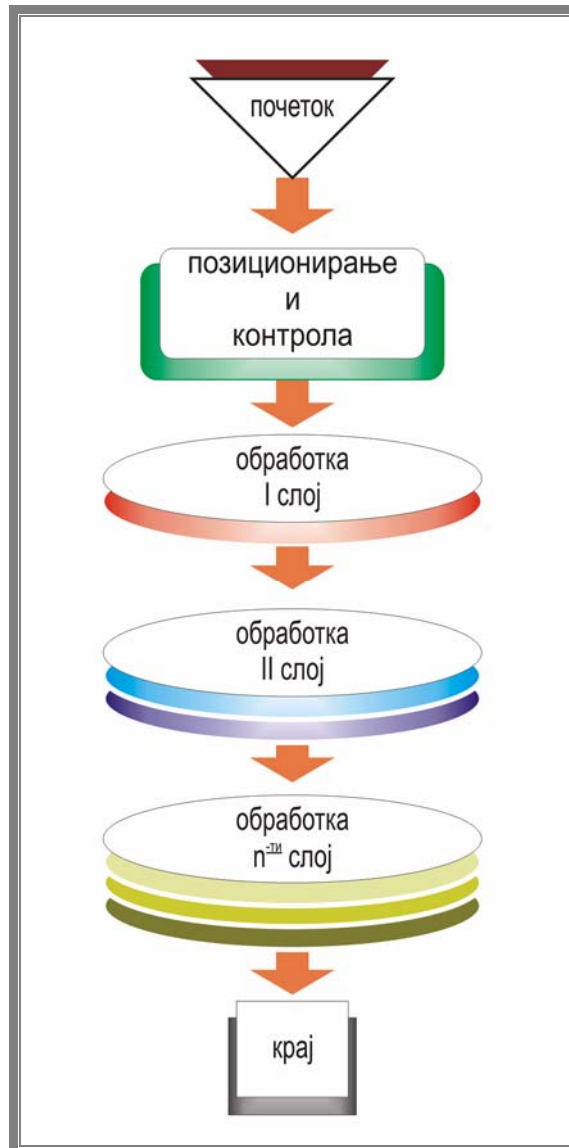
За постигнување на целите на моделот за работа на роторниот багер во оптимален режим се користи автоматското управување со работата на роторниот багер кој понатаму ќе го разгледуваме со акцент на автоматското програмско командување на утврдените поместувања и работни движења на работното тркало во просторот на откопување на блокот.

Во конкретниот случај ќе се дефинира системот за автоматско управување на роторниот багер SRs (H) 1050 кој обезбедува пресметка на траекторијата на работното тркало според зададени технолошки параметри и координати на точките од површините кои го разделуваат етажот на слоеви. Влезните информации се обработуваат од компјутерски систем кој е составен дел на системот за управување. На овај начин ќе оствариме автоматизираност на поместување на багерот за дебелина на отсечокот, вкупно поместување за должина на блокот и исполнување на зададените гранични агли на вртење на работната стрела со што би се постигнала саканата оптимизација на работењето на роторниот багер во функција на минимизирање на трошоците за преместување.

За овој багер ќе се зададат оптималните алгоритми за програмско управување со неговата работата кои го одредуваат редоследот на изведување на операциите при откопување на резевите, слоевите и блокот. Ќе се анализираат пет случаи кои овозможуваат работа на багерот во блок со максимални параметри.

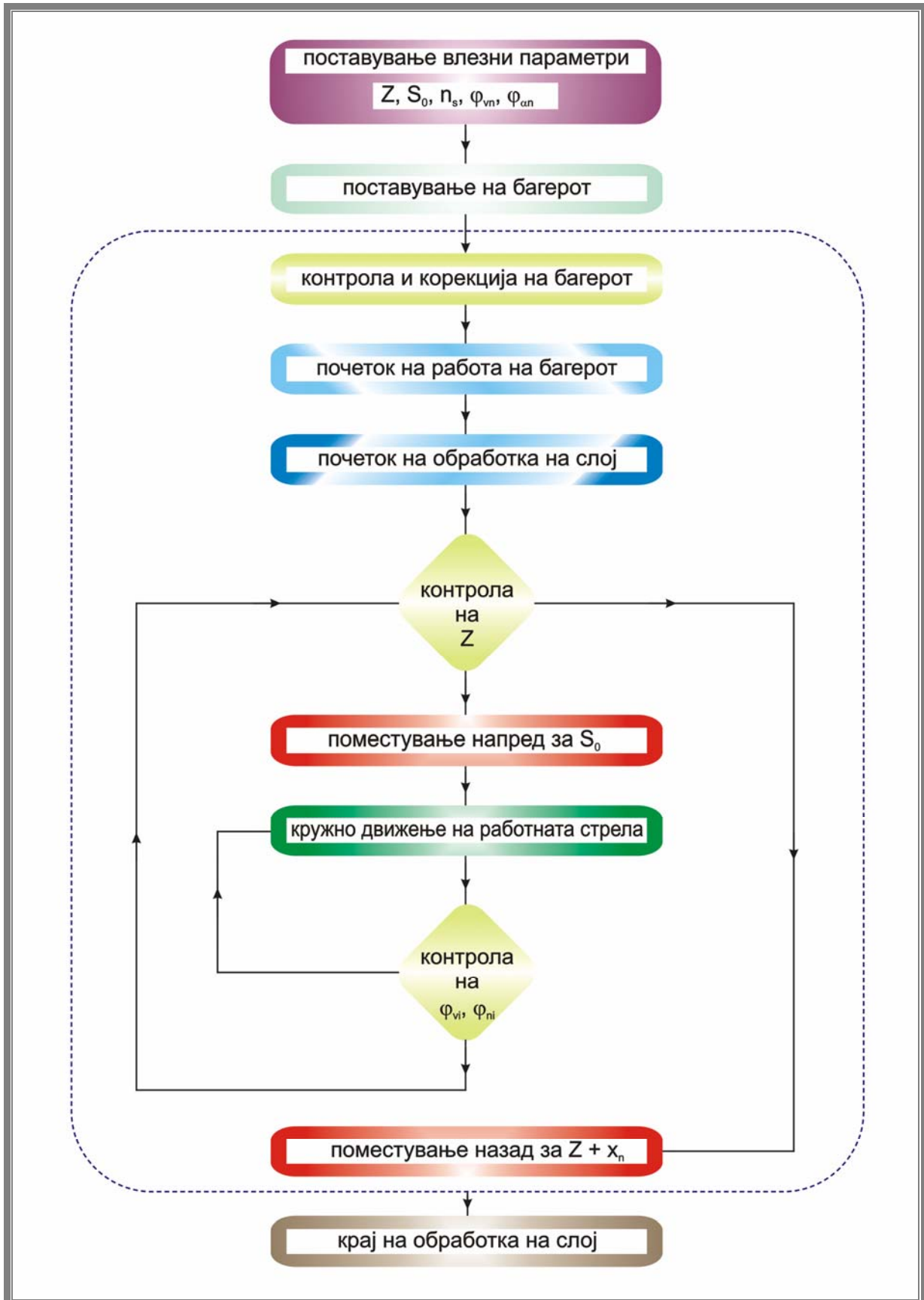
6.1.3. Алгоритам на управување

Принципиелен алгоритам за програмското управување шематски е претставено на сликата 40.



Слика 40: Принципиелен алгоритам за програмското управување
Figure 40: Principled algorithm for programmatic management

Од самиот алгоритам се гледа дека основен предуслов е правилно позиционирање на роторниот багер со цел на остварување на зададените технолошки шеми на работа. Следно е остварување на зададените гранични агли за вртење и со поместување на ширината на отсечокот со контрола на остварување на оптимално можно поместување на багерот за должината на обработка на слоевите односно блокот. Вградено и разработено со овие основни услови и цели би добиле алгоритам во општ вид како на сликата 41.



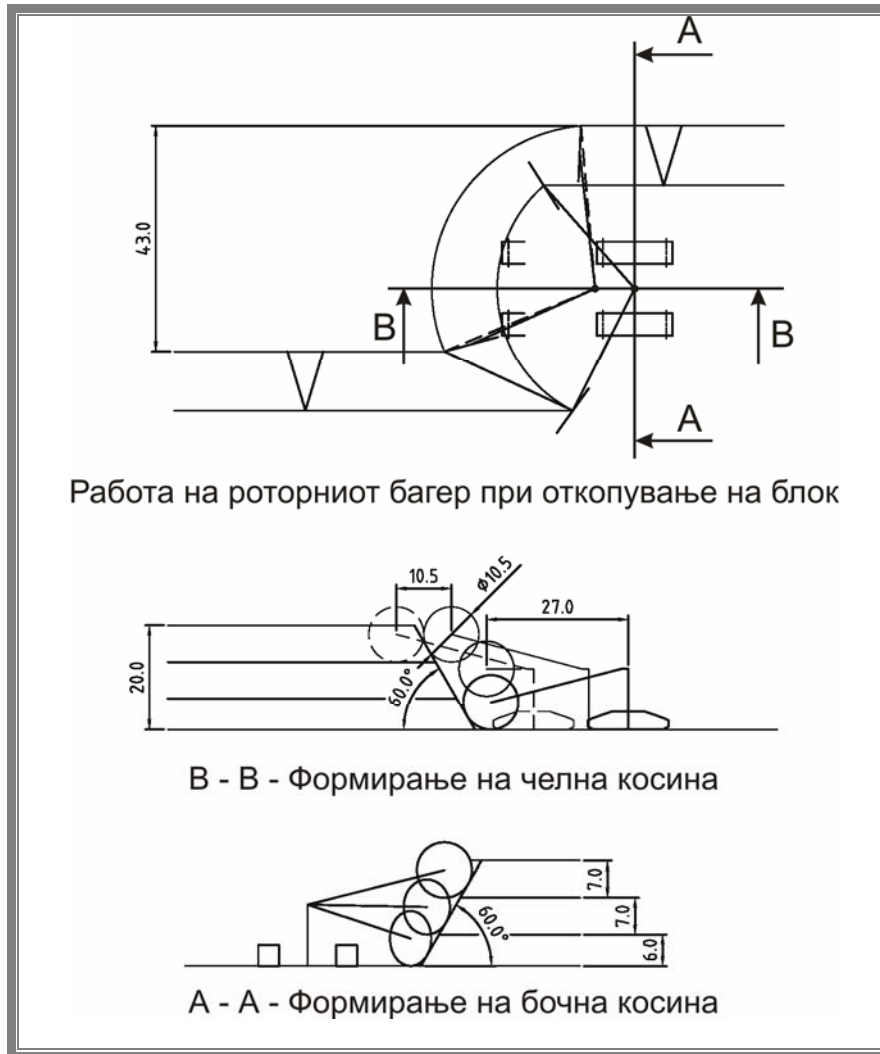
Слика 41: Алгоритам за програмското управување
Figure 41: Algorithm for programmatic management

Ќе поставиме алгоритми за програмско управување на роторниот багер SRs(H) 1050 во реални случаи на работа за остварување на зададените технолошки шеми со цел минимизирање на трошоците при работа.

➤ Алгоритам на управување - I варијанта

Во овој случај анализираме работа во висински блок со следниве технолошки параметри на блокот :

- висина на етажа $H=20$
- должина на блокот $Z=10,5$
- агол на наклон на челна косина $\beta_c=60$
- агол на наклон на бочна косина $\beta_b=60$
- ширина на блокот $B=43$
- број на слоеви $n_s=3$
- висина на слоеви $h_1=7, h_2=7, h_3=6$

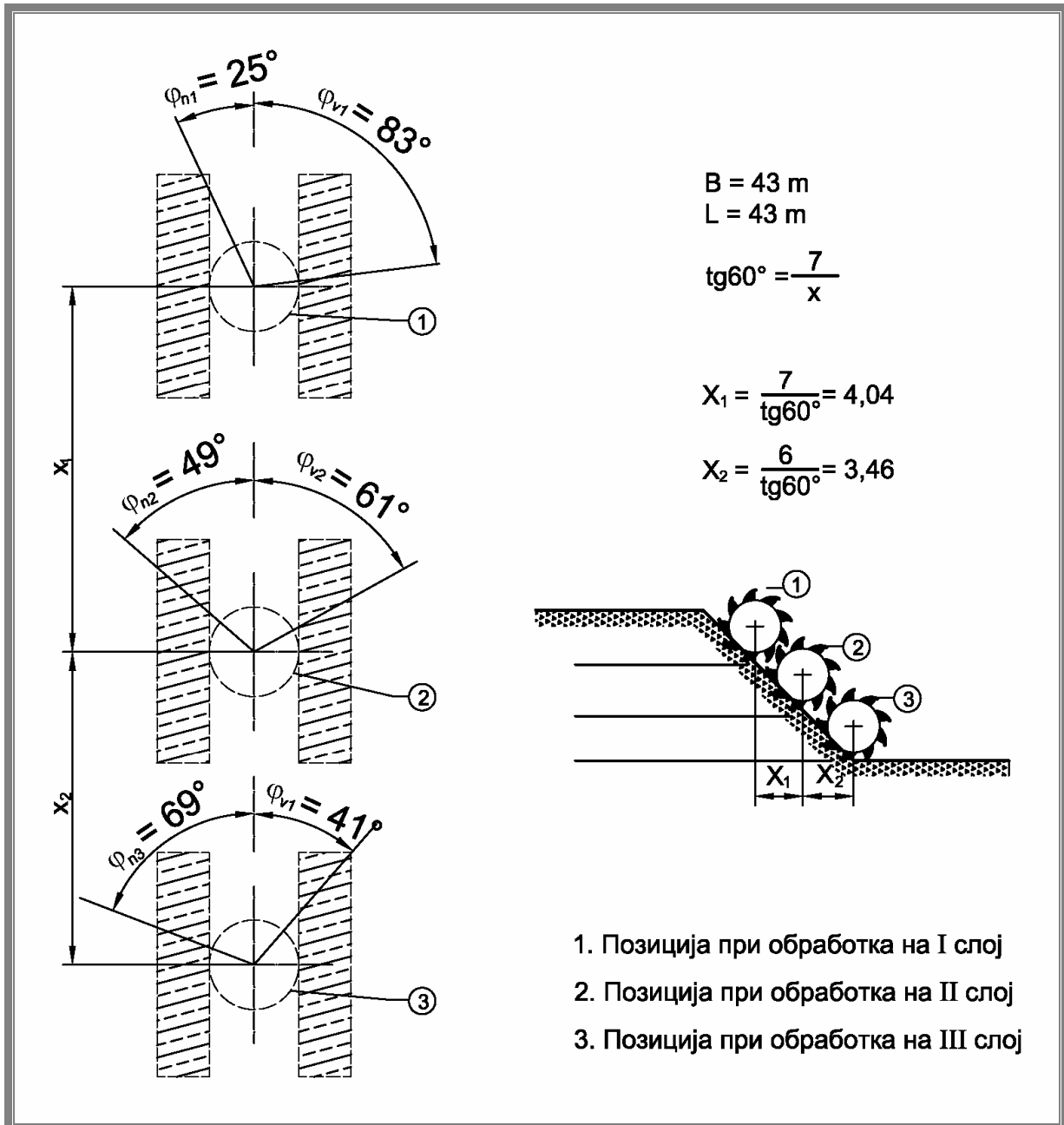


Слика 42: Принципиелна шема на поставеност на багер при откопување – случај I

Figure 42: Principle scheme available to the excavator digging - case I

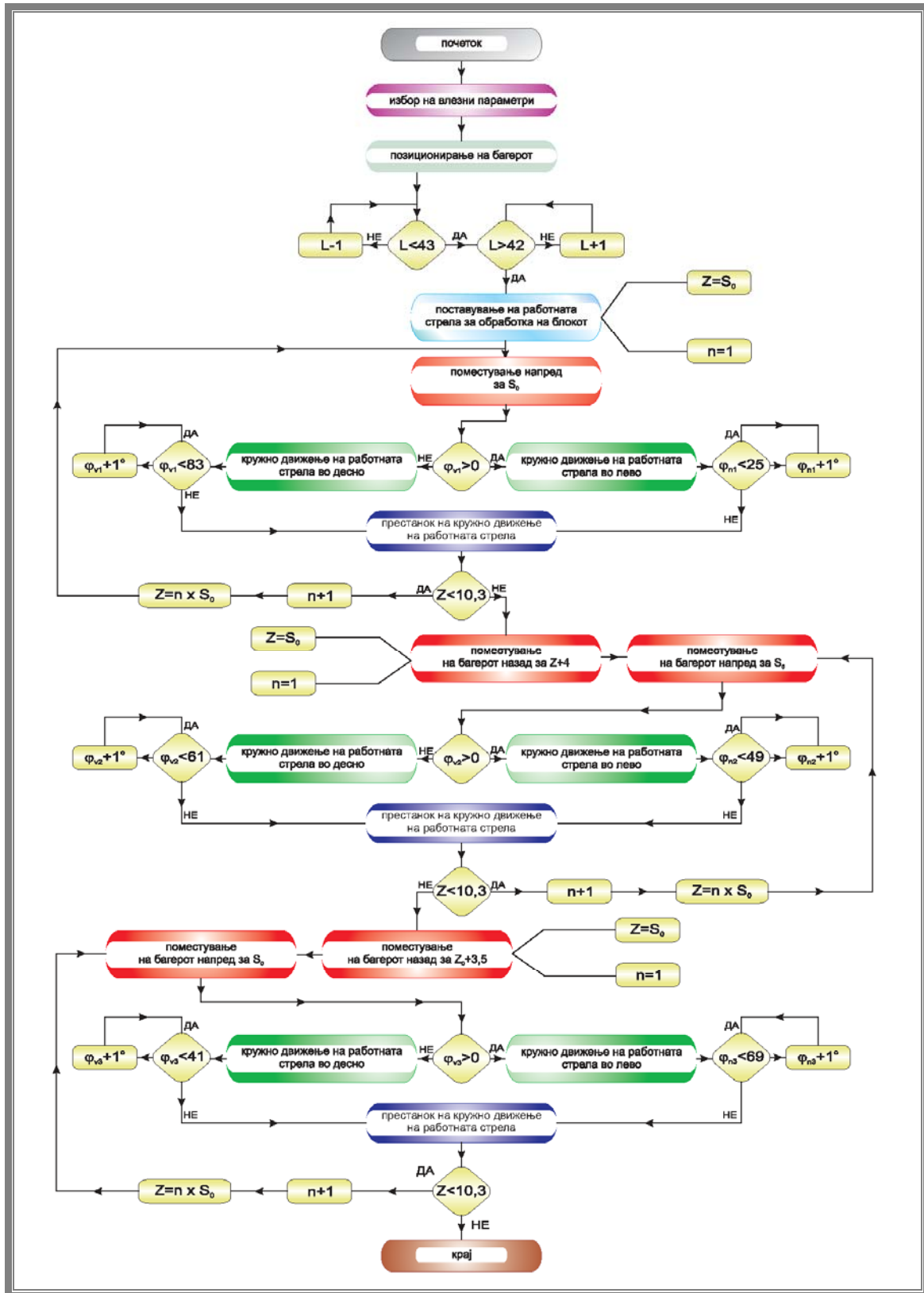
Поставеноста на багерот во однос на етажниот транспортер е на растојание од $L = 43$ m со следниве гранични агли на вртење на работната стрела:

- внатрешен агол на вртење $\varphi_{v1}=83^0$, $\varphi_{v2}=61^0$, $\varphi_{v3}=41^0$
- надворешен агол на вртење..... $\varphi_{n1}=25^0$, $\varphi_{n2}= 49^0$, $\varphi_{n3}=69^0$
- дебелина на отсечокот $S_0= 0,5$
- поместување за промена од прв на втор слој..... $x_1=4$ m
- поместување за промена од втор на трет слој $x_2=3,5$ m







Слика 43: Гранични агли на завртување на работната стрела при откопување на блокот – случај I

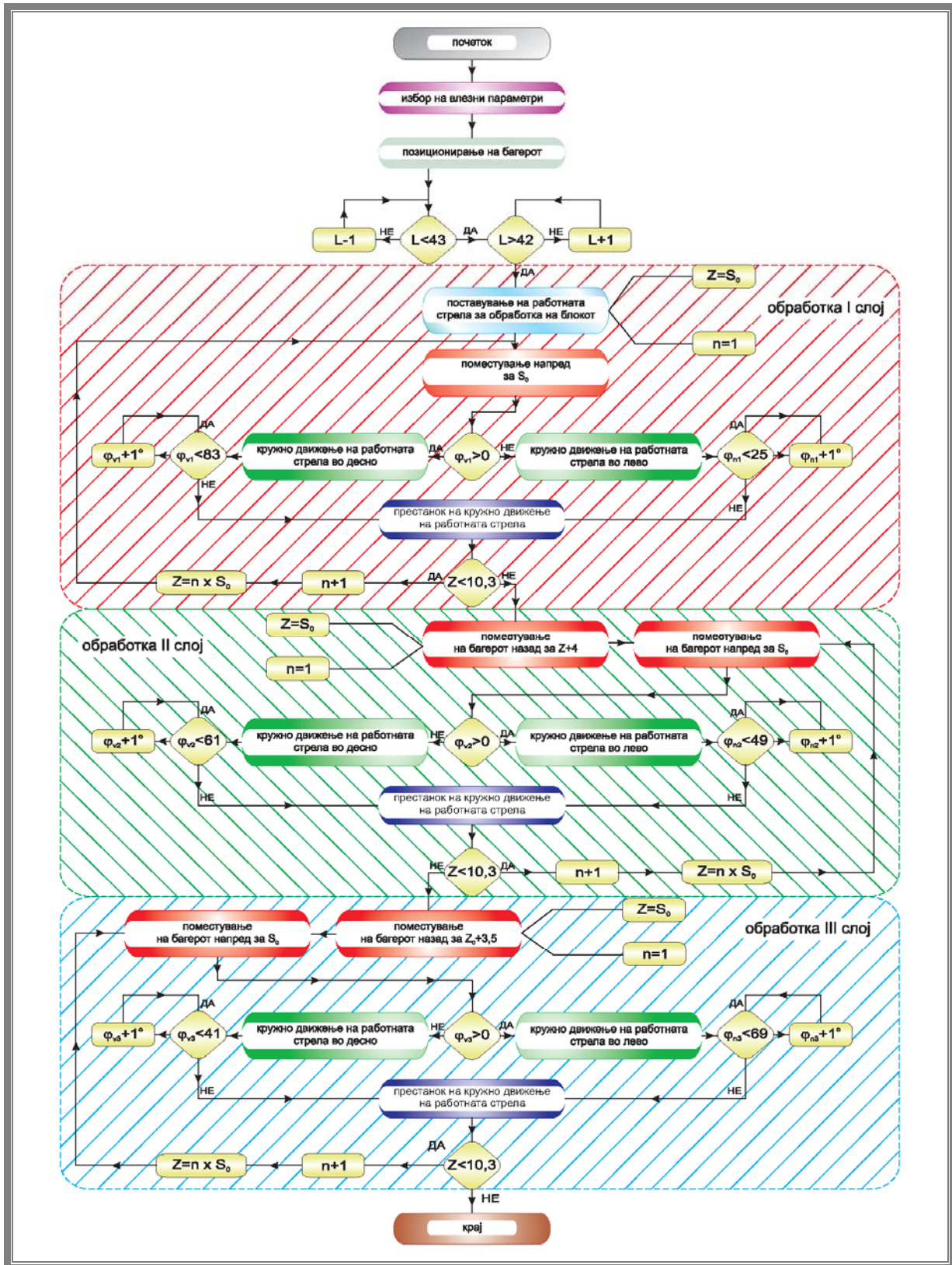
Figure 43: Limit the turning angles of the working shaft excavation on the block - case I



Слика 44: Алгоритам за програмско управување варијанта I
Figure 44: Algorithm for programmatic management case I

За прикажаниот алгоритам ќе го претпоставиме и самиот тек на обработката и контролата на зададените влезни параметри низ стеблото на алгоритамот. За прегледност ќе го поделиме на неколку природни целини.

-  позиционирање
-  обработка I слој
-  обработка II слој
-  обработка III слој



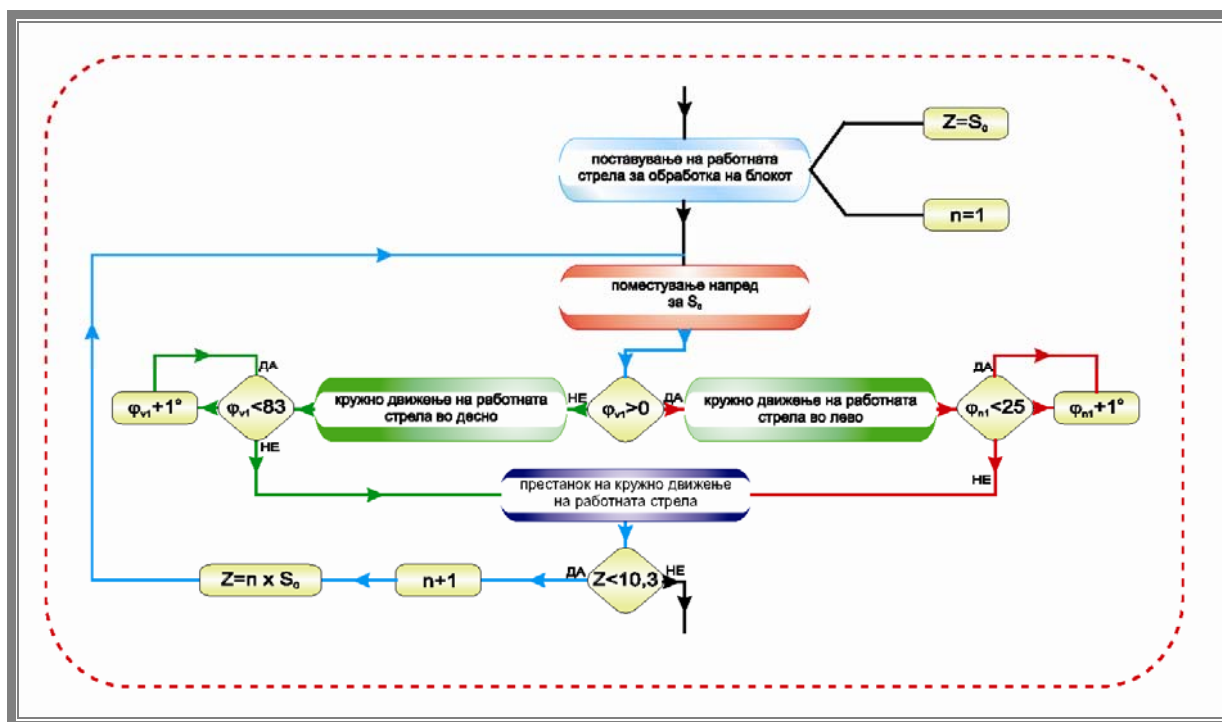
Позиционирањето се сведува на контрола при оптималната поставеност на багерот во однос на етажниот транспортер со грешка од 1 m, што претставува процентуална грешка од 2,3 % .Во натамошната разработка ќе покажеме зошто дозволуваме толку мал процент на грешка односно ќе се покаже со мали зголемувања на оваа грешка колку ќе се зголемат трошоците на работењето на роторниот багер. Со боја се означени текот и контролата кружното движење и поместување на багерот за обработка на следниот рез со контрола на вкупното отстапување на багерот при откопување на слојот.

После завршувањето со обработка на слојот багерот се поместува наназад за да започне со обработка на следниот, сè до целосна обработка на блокот.

Со контролата на сите овие параметри се постигнува:

- максимално искористување на времето за работа а со тоа и намалување на трошоците,
- исполнување на зададените оптимални шеми за работа,
- оформување на пропишаните челни и бочни косини битни од аспект на сигурност при работа и
- анулирање на субјективниот човечки фактор кој најповеќе доаѓа до израз при намалена видливост што е чест случај во поголем дел од годината.

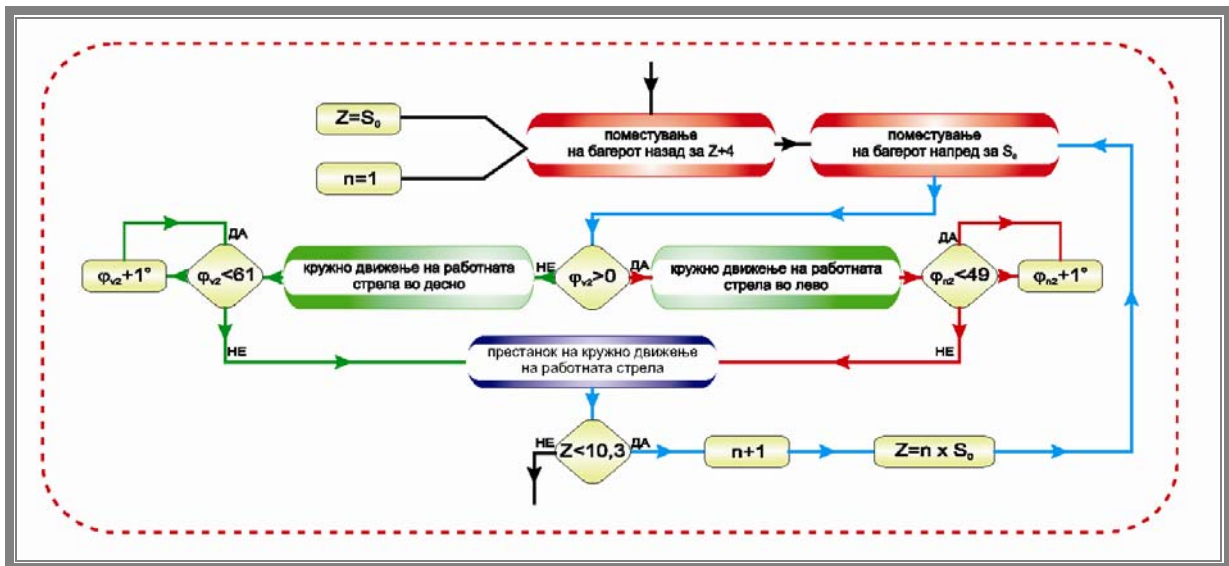
➤ Обработка на првиот слој



п	поместување	контрола φ_{n1}	вртење на работната стрела	контрола на граничната вредност на агол	престанок на кружното движење	контрола на поместување на багерот $Z = n \cdot S_0$
1	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_n < 83$	десно	$0.5 < 10.3$
2	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 25$	лево	$1.0 < 10.3$
3	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_n < 83$	десно	$1.5 < 10.3$
4	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 25$	лево	$2.0 < 10.3$
5	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_n < 83$	десно	$2.5 < 10.3$
6	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 25$	лево	$3.0 < 10.3$
7	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_n < 83$	десно	$3.5 < 10.3$
8	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 25$	лево	$4.0 < 10.3$
9	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_n < 83$	десно	$4.5 < 10.3$
10	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 25$	лево	$5.0 < 10.3$
11	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_n < 83$	десно	$5.5 < 10.3$
12	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 25$	лево	$6.0 < 10.3$
13	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_n < 83$	десно	$6.5 < 10.3$
14	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 25$	лево	$7.0 < 10.3$
15	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_n < 83$	десно	$7.5 < 10.3$
16	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 25$	лево	$8.0 < 10.3$
17	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_n < 83$	десно	$8.5 < 10.3$
18	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 25$	лево	$9.0 < 10.3$
19	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_n < 83$	десно	$9.5 < 10.3$
20	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 25$	лево	$10.0 < 10.3$
21	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_n < 83$	десно	$10.5 > 10.3$

промена на слој

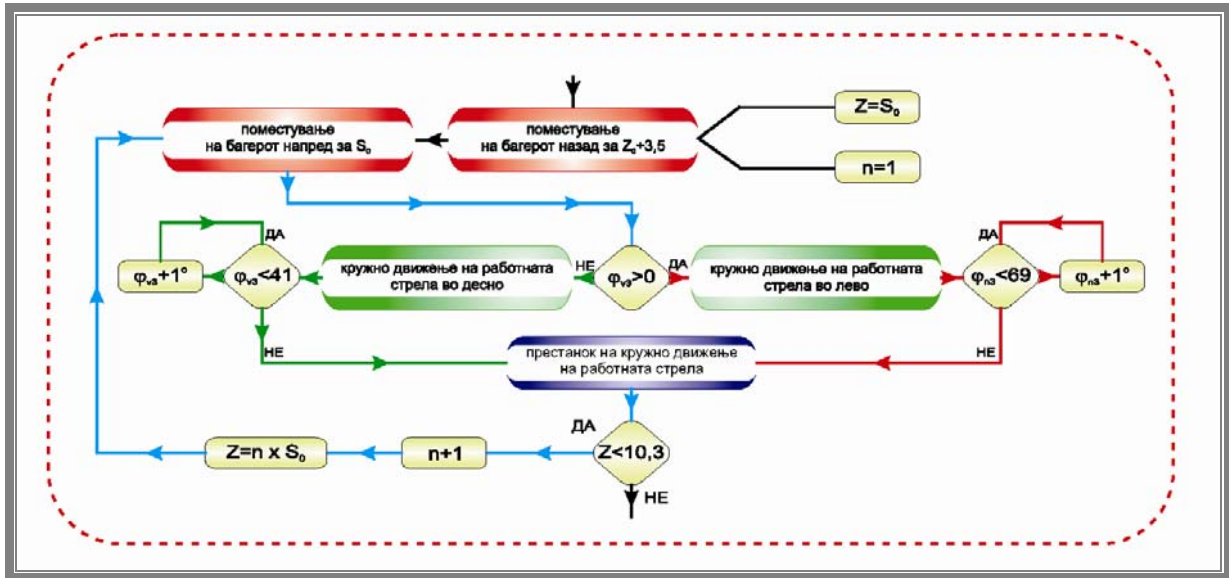
➤ Обработка на втор слој



n	поместување	контрола φ_{v1}	вртење на работната стрела	контрола на граничната вредност на агол	престанок на кружното движење	контрола на поместување на багерот $Z = n \cdot S_0$
1	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	лево	$\varphi_n < 49$	лево	$0.5 < 10.3$
2	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	десно	$\varphi_v < 61$	десно	$1.0 < 10.3$
3	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	лево	$\varphi_n < 49$	лево	$1.5 < 10.3$
4	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	десно	$\varphi_v < 61$	десно	$2.0 < 10.3$
5	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	лево	$\varphi_n < 49$	лево	$2.5 < 10.3$
6	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	десно	$\varphi_v < 61$	десно	$3.0 < 10.3$
7	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	лево	$\varphi_n < 49$	лево	$3.5 < 10.3$
8	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	десно	$\varphi_v < 61$	десно	$4.0 < 10.3$
9	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	лево	$\varphi_n < 49$	лево	$4.5 < 10.3$
10	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	десно	$\varphi_v < 61$	десно	$5.0 < 10.3$
11	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	лево	$\varphi_n < 49$	лево	$5.5 < 10.3$
12	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	десно	$\varphi_v < 61$	десно	$6.0 < 10.3$
13	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	лево	$\varphi_n < 49$	лево	$6.5 < 10.3$
14	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	десно	$\varphi_v < 61$	десно	$7.0 < 10.3$
15	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	лево	$\varphi_n < 49$	лево	$7.5 < 10.3$
16	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	десно	$\varphi_v < 61$	десно	$8.0 < 10.3$
17	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	лево	$\varphi_n < 49$	лево	$8.5 < 10.3$
18	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	десно	$\varphi_v < 61$	десно	$9.0 < 10.3$
19	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	лево	$\varphi_n < 49$	лево	$9.5 < 10.3$
20	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	десно	$\varphi_v < 61$	десно	$10.0 < 10.3$
21	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	лево	$\varphi_n < 49$	лево	$10.5 > 10.3$

промена на слојот

➤ Обработка на трет слој



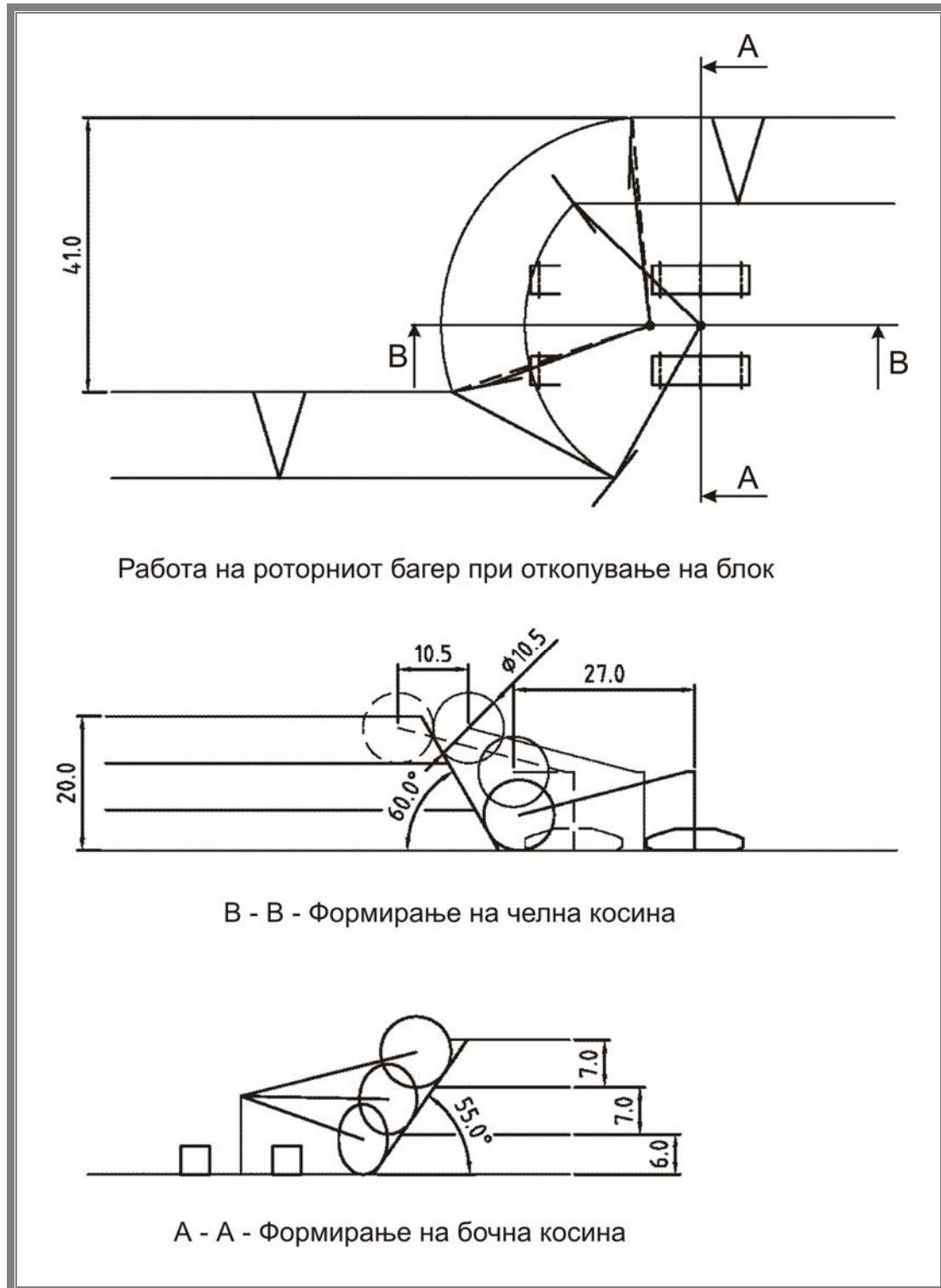
n	поместување	контрола φ_{v1}	вртење на работната стрела	контрола на граничната вредност на агол	престанок на кружното движење	контрола на поместување на багерот $Z = n \cdot S_0$
1	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_v < 41$	десно	$0.5 < 10.3$
2	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 69$	лево	$1.0 < 10.3$
3	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_v < 41$	десно	$1.5 < 10.3$
4	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 69$	лево	$2.0 < 10.3$
5	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_v < 41$	десно	$2.5 < 10.3$
6	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 69$	лево	$3.0 < 10.3$
7	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_v < 41$	десно	$3.5 < 10.3$
8	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 69$	лево	$4.0 < 10.3$
9	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_v < 41$	десно	$4.5 < 10.3$
10	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 69$	лево	$5.0 < 10.3$
11	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_v < 41$	десно	$5.5 < 10.3$
12	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 69$	лево	$6.0 < 10.3$
13	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_v < 41$	десно	$6.5 < 10.3$
14	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 69$	лево	$7.0 < 10.3$
15	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_v < 41$	десно	$7.5 < 10.3$
16	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 69$	лево	$8.0 < 10.3$
17	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_v < 41$	десно	$8.5 < 10.3$
18	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 69$	лево	$9.0 < 10.3$
19	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_v < 41$	десно	$9.5 < 10.3$
20	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi > 0$	лево	$\varphi_n < 69$	лево	$10.0 < 10.3$
21	$S_0 = 0.5 \text{ m}$	$\varphi < 0$	десно	$\varphi_v < 41$	десно	$10.5 > 10.3$

завршеток на обработка на слојот

➤ Алгоритам на управување – варијаната II

Во овој случај анализираме работа на роторниот багер во висински блок со следниве технолошки параметри на блокот :

- висина на етажа $H=20$
- должина на блокот $Z=10,5$
- агол на наклон на челна косина $\beta_c=60$
- агол на наклон на бочна косина $\beta_b=55$
- ширина на блокот $B=41$
- број на слоеви $n_s=3$
- висина на слоеви..... $h_1=7, h_2=7, h_3=6$

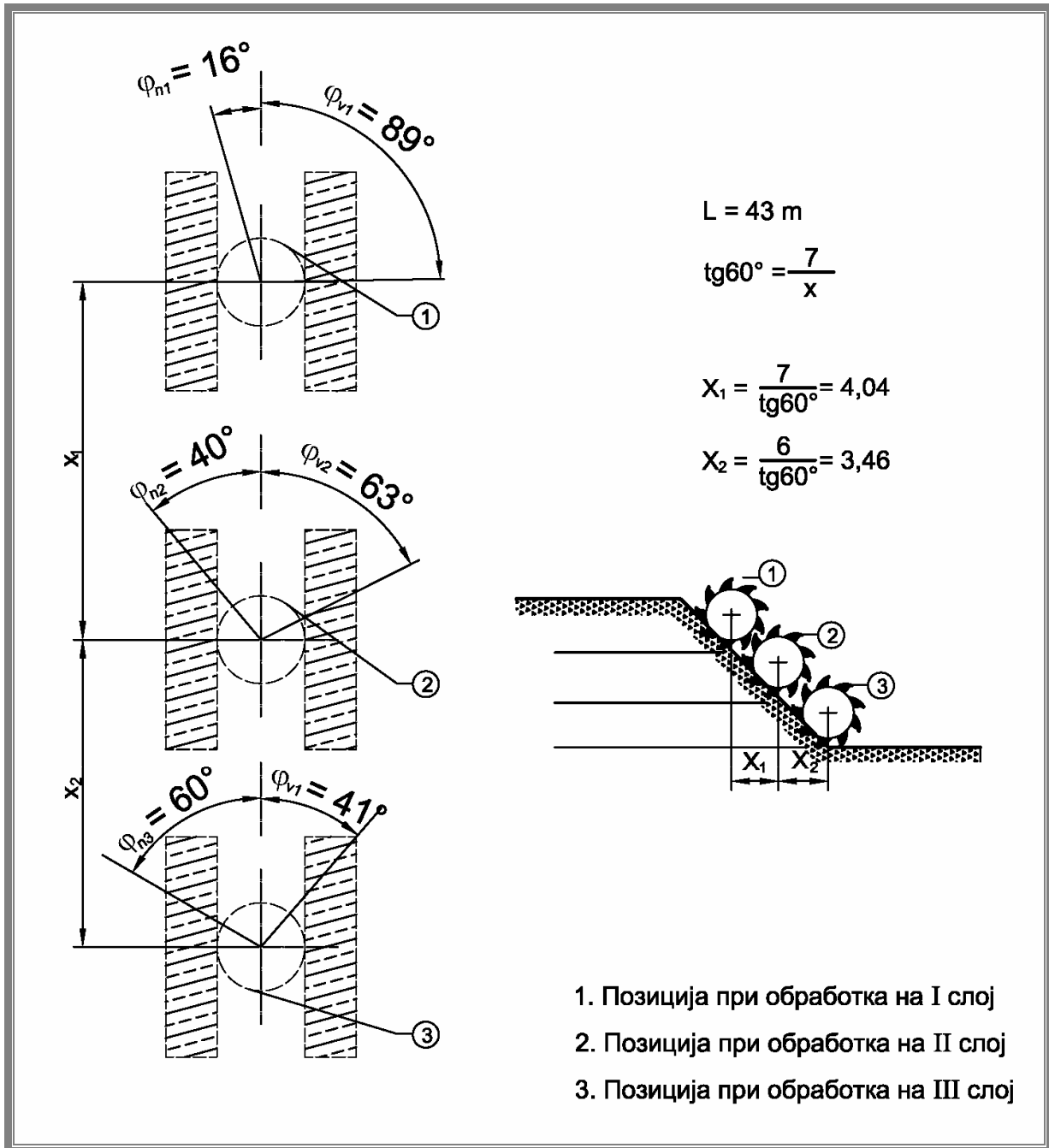


Слика 45: Принципиелна шема на поставеност на багер при откопување – случај II

Figure 45: Principle scheme available to the excavator digging - case II

Поставеноста на багерот во однос на етажниот транспортер е на растојание од $L = 43$ m, со следниве гранични агли на вртење на работната стрела:

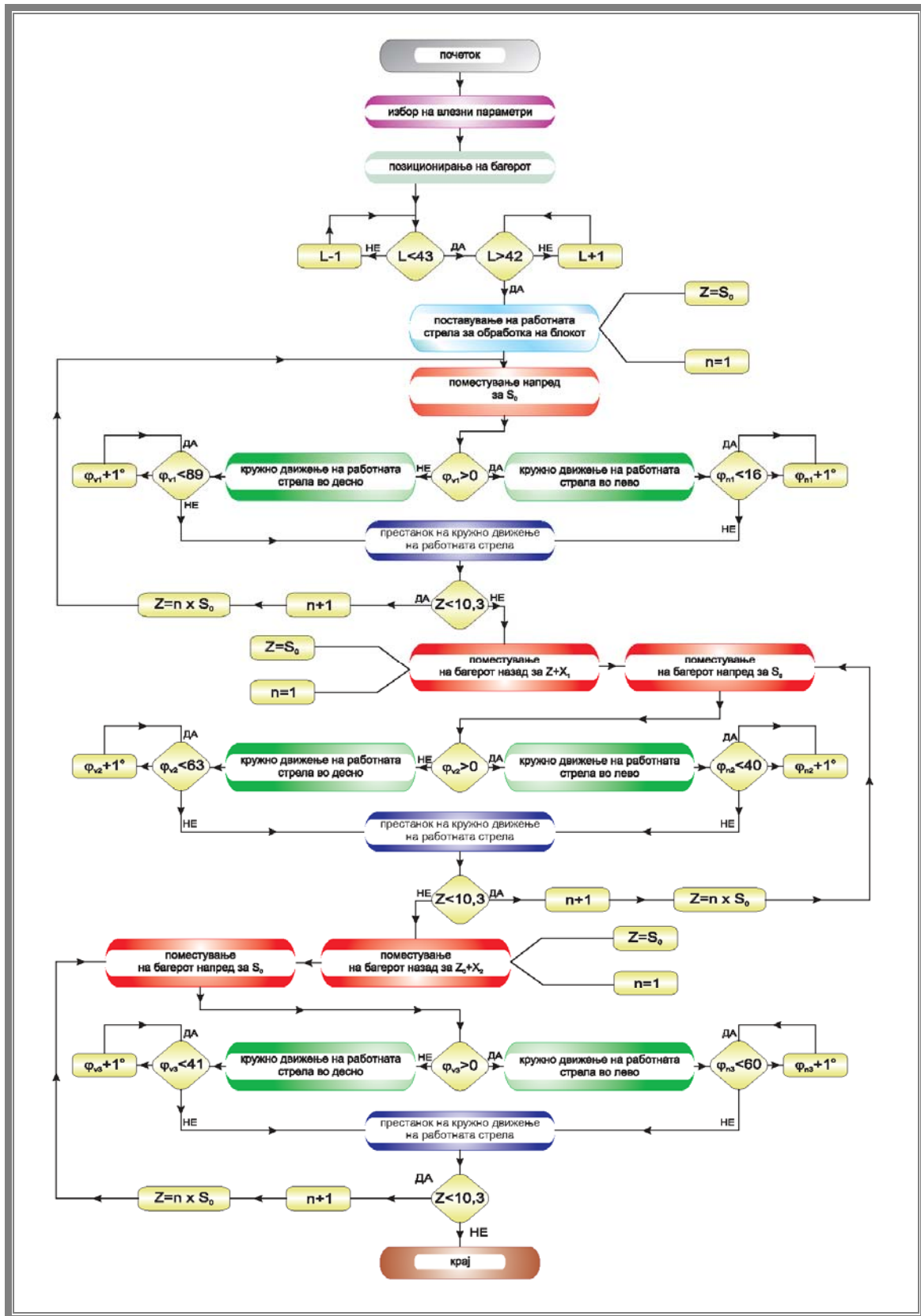
- внатрешен агол на вртење $\varphi_{v1}=89^{\circ}$, $\varphi_{v2}=63^{\circ}$, $\varphi_{v3}=41^{\circ}$
- надворешен агол на вртење..... $\varphi_{n1}=16^{\circ}$, $\varphi_{n2}=40^{\circ}$, $\varphi_{n3}=60^{\circ}$
- дебелина на отсечокот $S_0=0,5$
- поместување за промена од прв на втор слој..... $x_1=4$ m
- поместување за промена од втор на трет слој $x_2=3,5$ m



Слика 46: Гранични агли на завртување на работната стрела при откопување на блокот – случај II

Figure 46: Limit the turning angles of the working shaft excavation on the block - case II

Алгоритам за програмско управување варијанта II

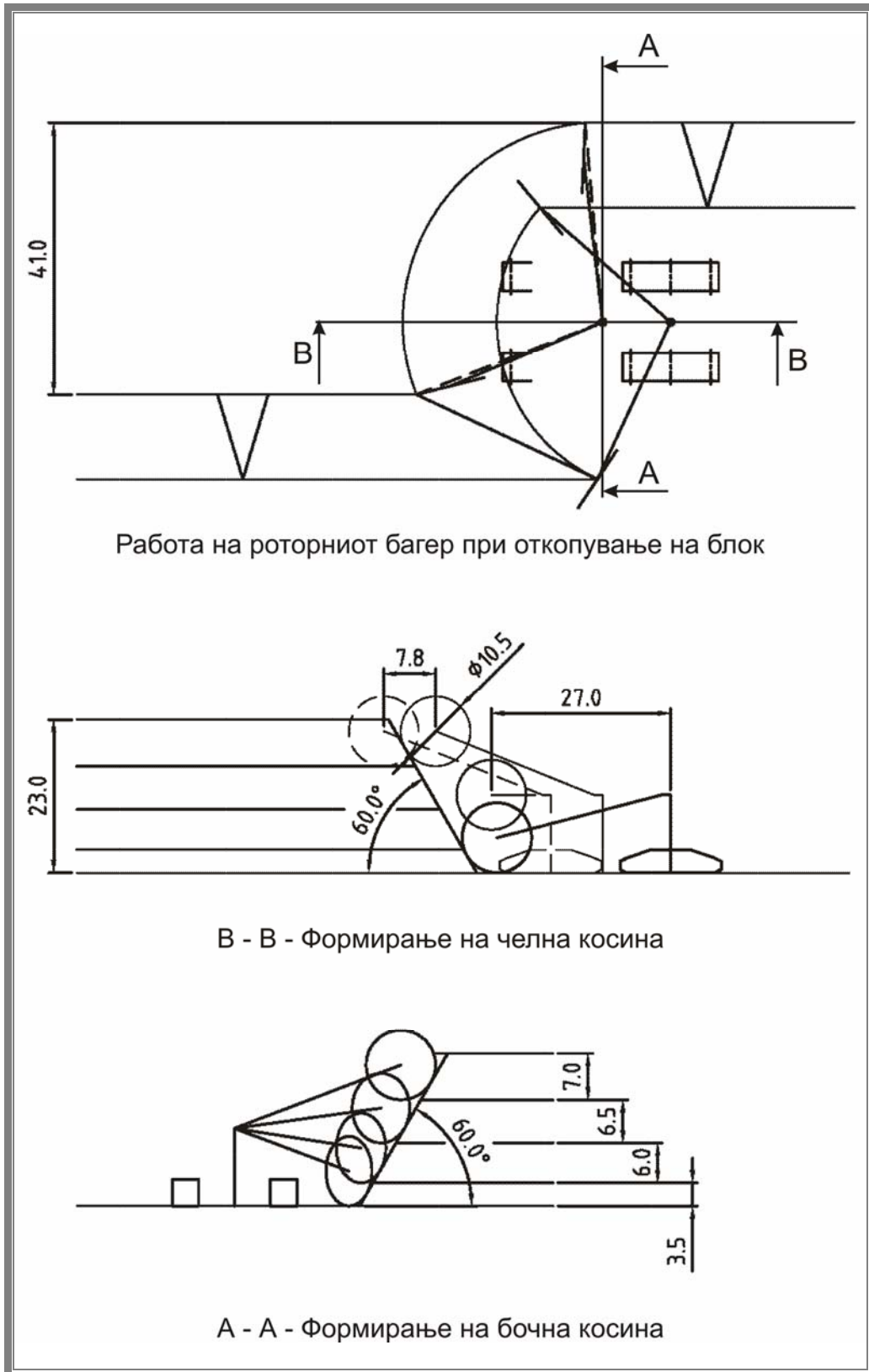


Слика 47: Алгоритам за програмско управување варијанта II
Figure 47: Algorithm for programmatic management case II

➤ Алгоритам на управување – варијаната III

Во овај случај анализираме работа во висински блок со следниве технолошки параметри на блокот:

- висина на етажа $H=23$
- должина на блокот $Z=7,8$
- агол на наклон на челна косина $\beta_c=60$
- агол на наклон на бочна косина $\beta_b=60$
- ширина на блокот $B=41$
- број на слоеви $n_s=4$
- висина на слоеви..... $h_1=7, h_2=7, h_3=6, h_4=3,5$

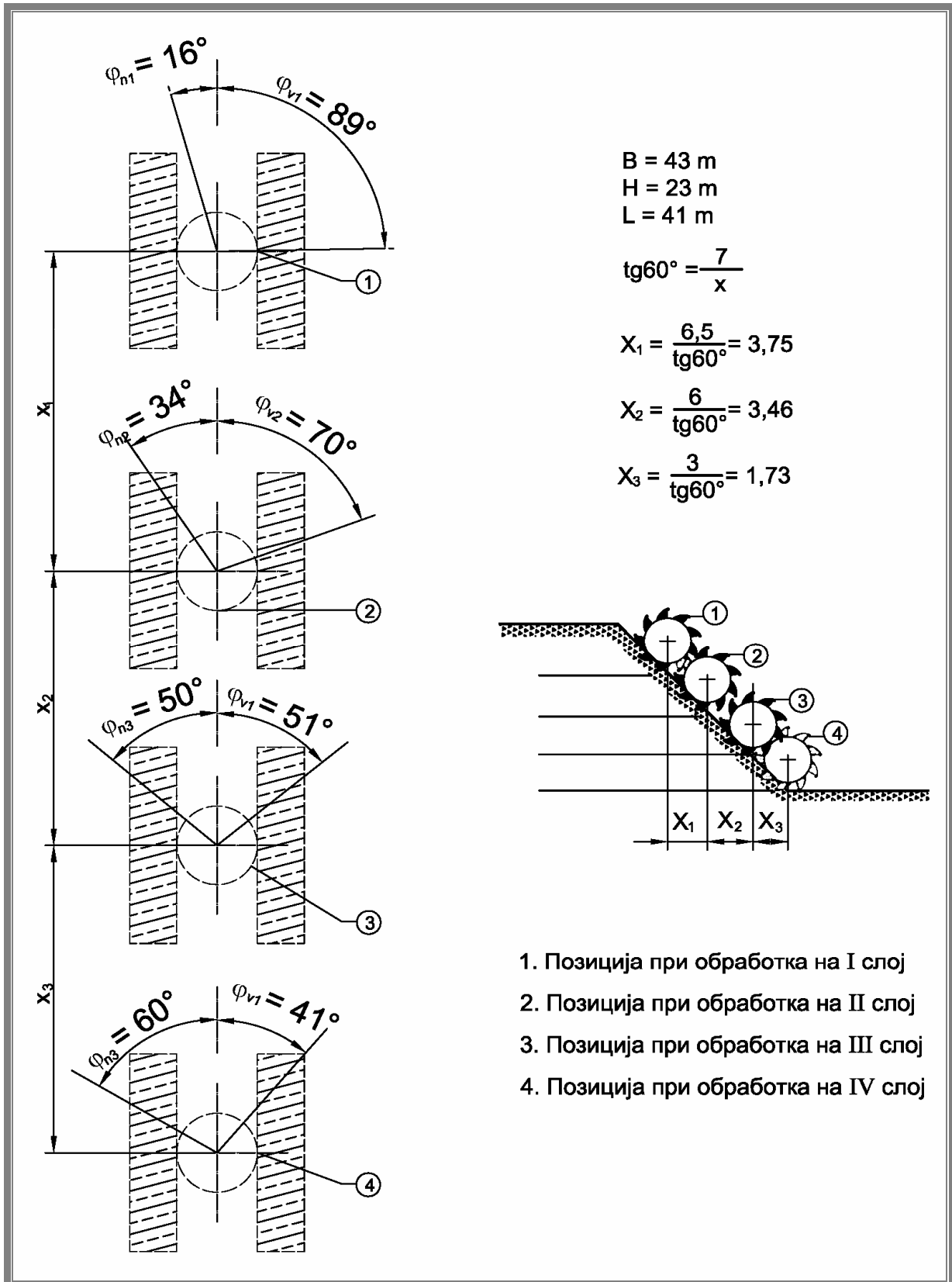


Слика 48: Принципиелна шема на поставеност на багер при откопување – варијанта III

Figure 48: Principle scheme available to the excavator digging - case III

Поставеноста на багерот во однос на етажниот транспортер е на растојание од $L = 43$ m со следниве гранични агли на вртење на работната стрела

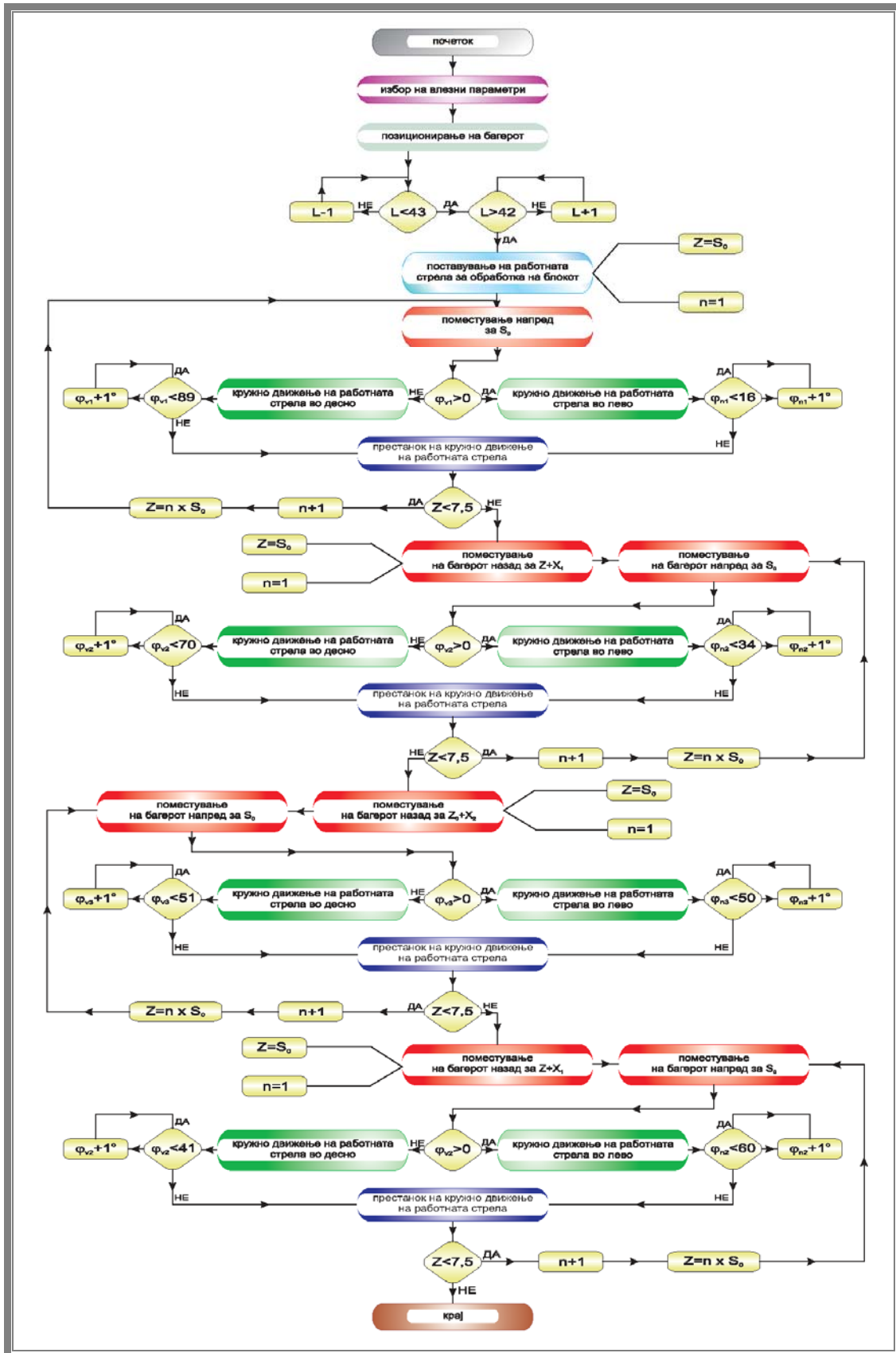
- внатрешен агол на вртење $\varphi_{v1}=88^{\circ}$, $\varphi_{v2}=70^{\circ}$, $\varphi_{v3}=51^{\circ}$, $\varphi_{v4}=41^{\circ}$
- надворешен агол на вртење..... $\varphi_{n1}=16^{\circ}$, $\varphi_{n2}=34^{\circ}$, $\varphi_{n3}=50^{\circ}$, $\varphi_{n4}=60^{\circ}$
- дебелина на отсечокот $S_0 = 0,5$
- поместување за промената од прв на втор слој $x_1=3,75$ m
- поместување за промената од втор на трет слој..... $x_2=3,5$ m
- поместување за промената од трет на четврт слој $x_3=1,7$ m



Слика 49: Гранични агли на завртување на работната стрела при откопување на блокот - варијанта III

Figure 49: Limit the turning angles of the working shaft excavation on the block - case III

Алгоритам за програмско управување варијанта III

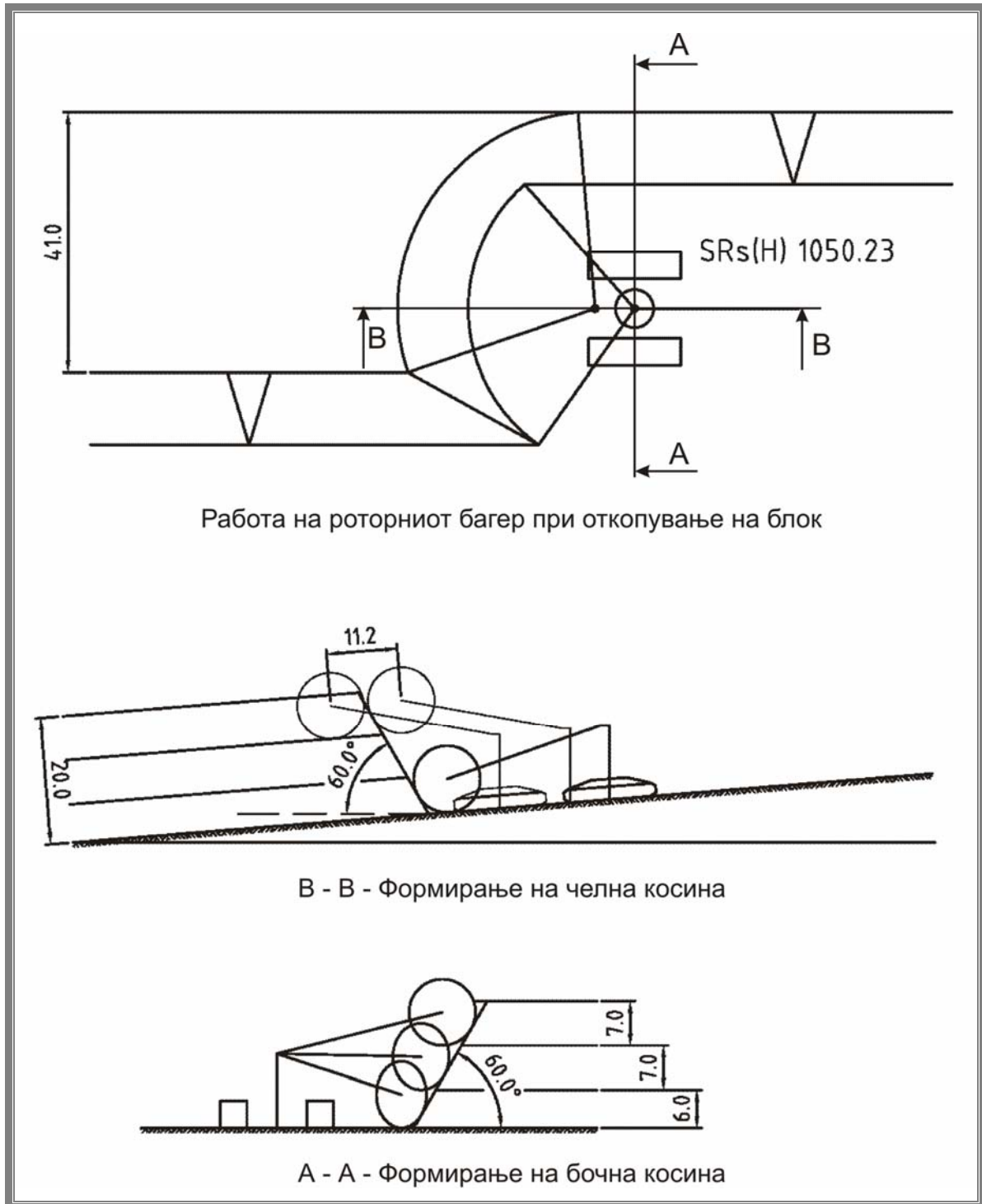


Слика 50: Алгоритам за програмско управување варијанта III
Figure 50: Algorithm for programmatic management case III

➤ Алгоритам на управување – варијаната IV

Во овај случај анализираме работа во висински блок со максимален негативен надолжен наклон на работниот планум од 11% и хоризонтирана горна градба на багерот со следниве технолошки параметри на блокот :

- висина на етажа $H=20$
- должина на блокот $Z=11,2$
- агол на наклон на челна косина $\beta_c=60$
- агол на наклон на бочна косина $\beta_b=60$
- ширина на блокот $B=41$
- број на слоеви $n_s=3$
- висина на слоеви..... $h_1=7, h_2=7, h_3=6$

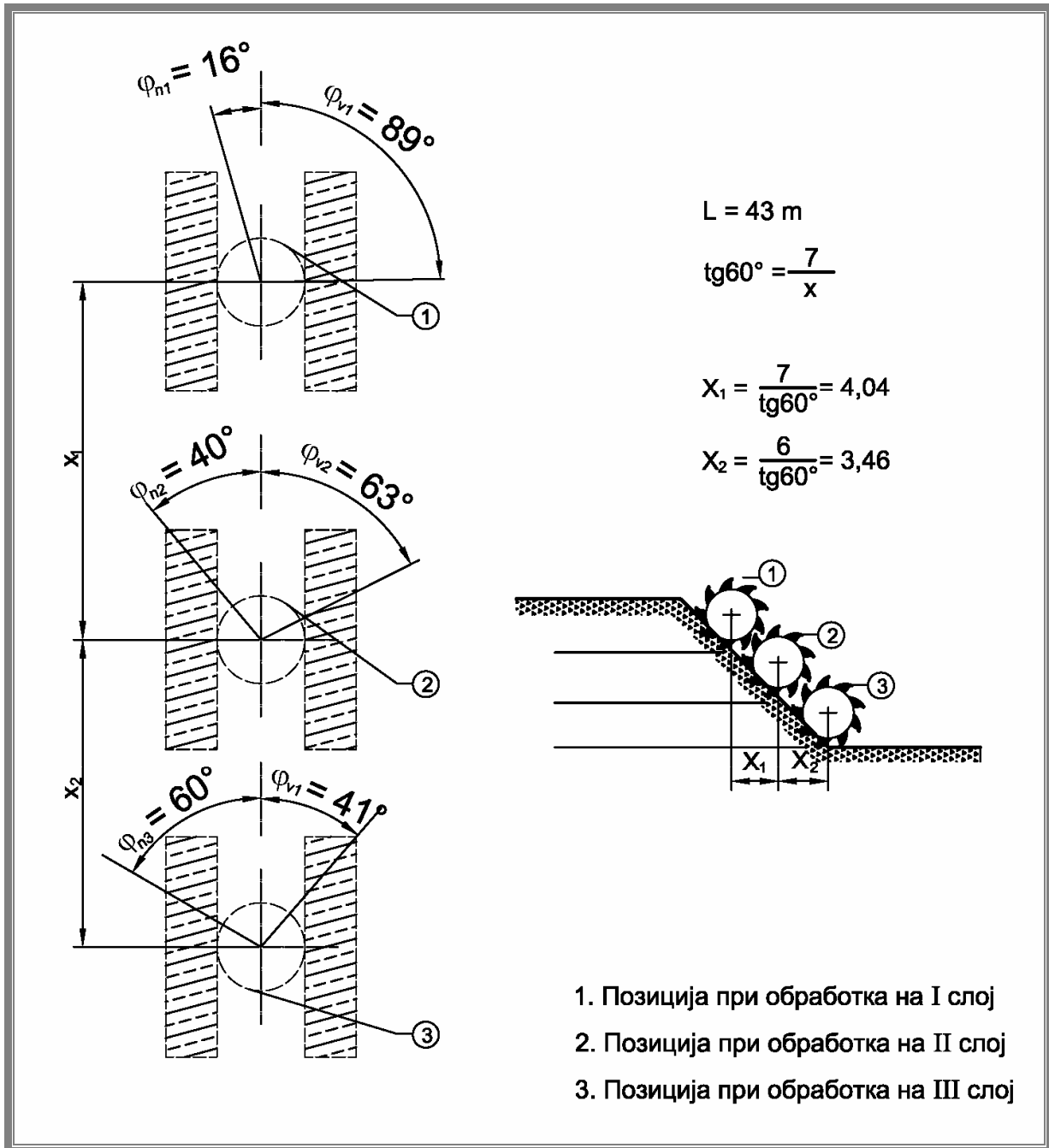


Слика 51: Принципиелна шема на поставеност на багер при откопување - случај IV

Figure 51: Principle scheme available to the excavator digging - case IV

Поставеноста на багерот во однос на етажниот транспортер е на растојание од $L = 43$ m, со следниве гранични агли на вртење на работната стрела:

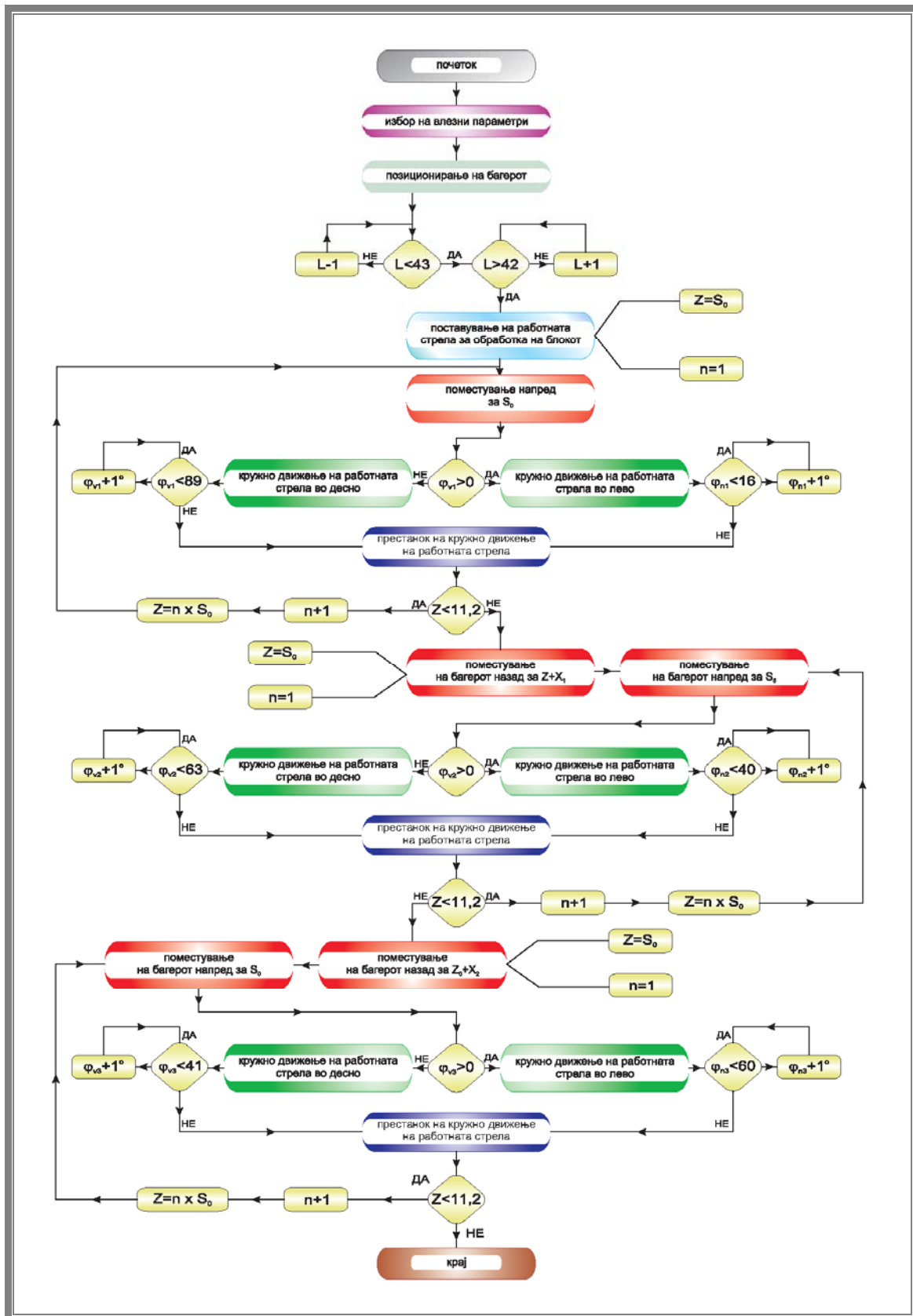
- внатрешен агол на вртење $\varphi_{v1}=89^0$, $\varphi_{v2}=63^0$, $\varphi_{v3}=41^0$
- надворешен агол на вртење..... $\varphi_{n1}=16^0$, $\varphi_{n2}=40^0$, $\varphi_{n3}=60^0$
- дебелина на отсечокот $S_0=0,5$
- поместување за промена од прв на втор слој..... $x_1=4$ m
- поместување за промена од втор на трет слој $x_2=3,5$ m



Слика 52: Гранични агли на завртување на работната стрела при откопување на блокот - варијанта IV

Figure 52: Limit the turning angles of the working shaft excavation on the block - case IV

Алгоритам за програмско управување варијанта IV

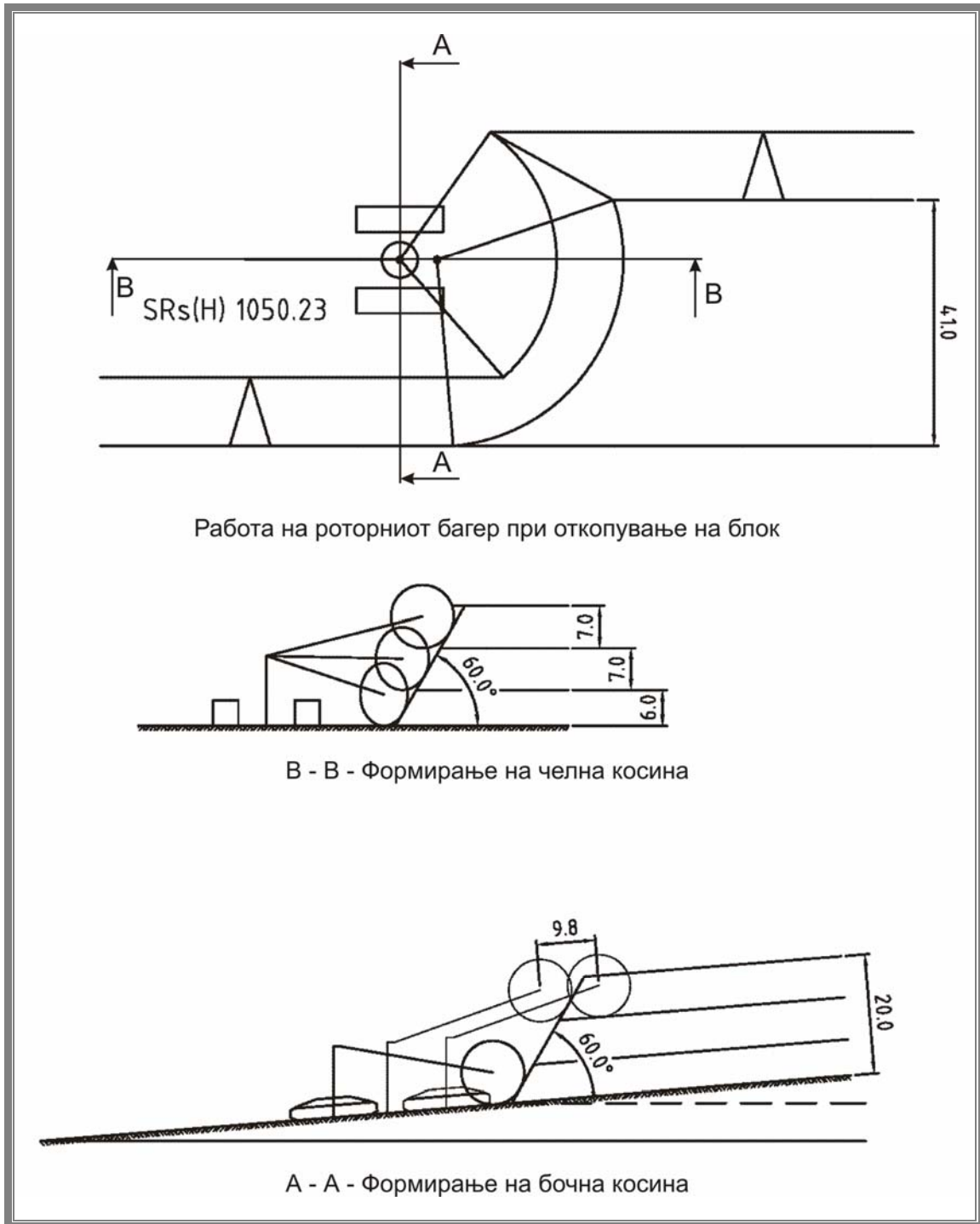


Слика 53: Алгоритам за програмско управување варијанта IV
Figure 53: Algorithm for programmatic management case IV

➤ Алгоритам на управување - V варијанта

Во овој случај анализираме работа во висински блок со следниве технолошки параметри на блокот :

- висина на етажа $H=20$
- должина на блокот $Z=10,5$
- агол на наклон на челна косина $\beta_c=60$
- агол на наклон на бочна косина $\beta_b=60$
- ширина на блокот $B=43$
- број на слоеви $n_s=3$
- висина на слоеви $h_1=7, h_2=7, h_3=6$



Работа на роторниот багер при откопување на блок

В - В - Формирање на челна косина

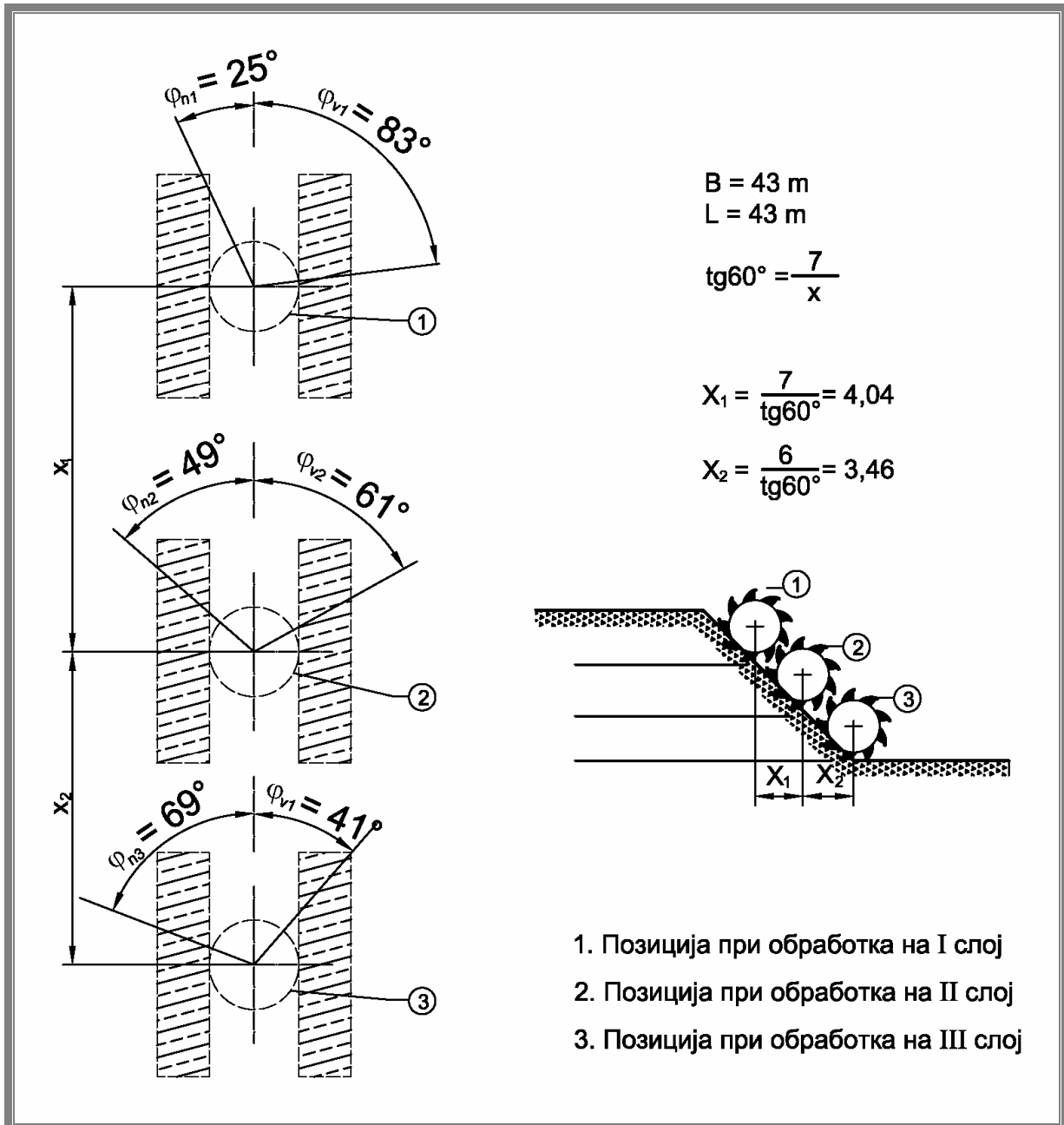
А - А - Формирање на бочна косина

Слика 54: Принципиелна шема на поставеност на багер при откопување – варијанта V

Figure 54: Principle scheme available to the excavator digging - case V

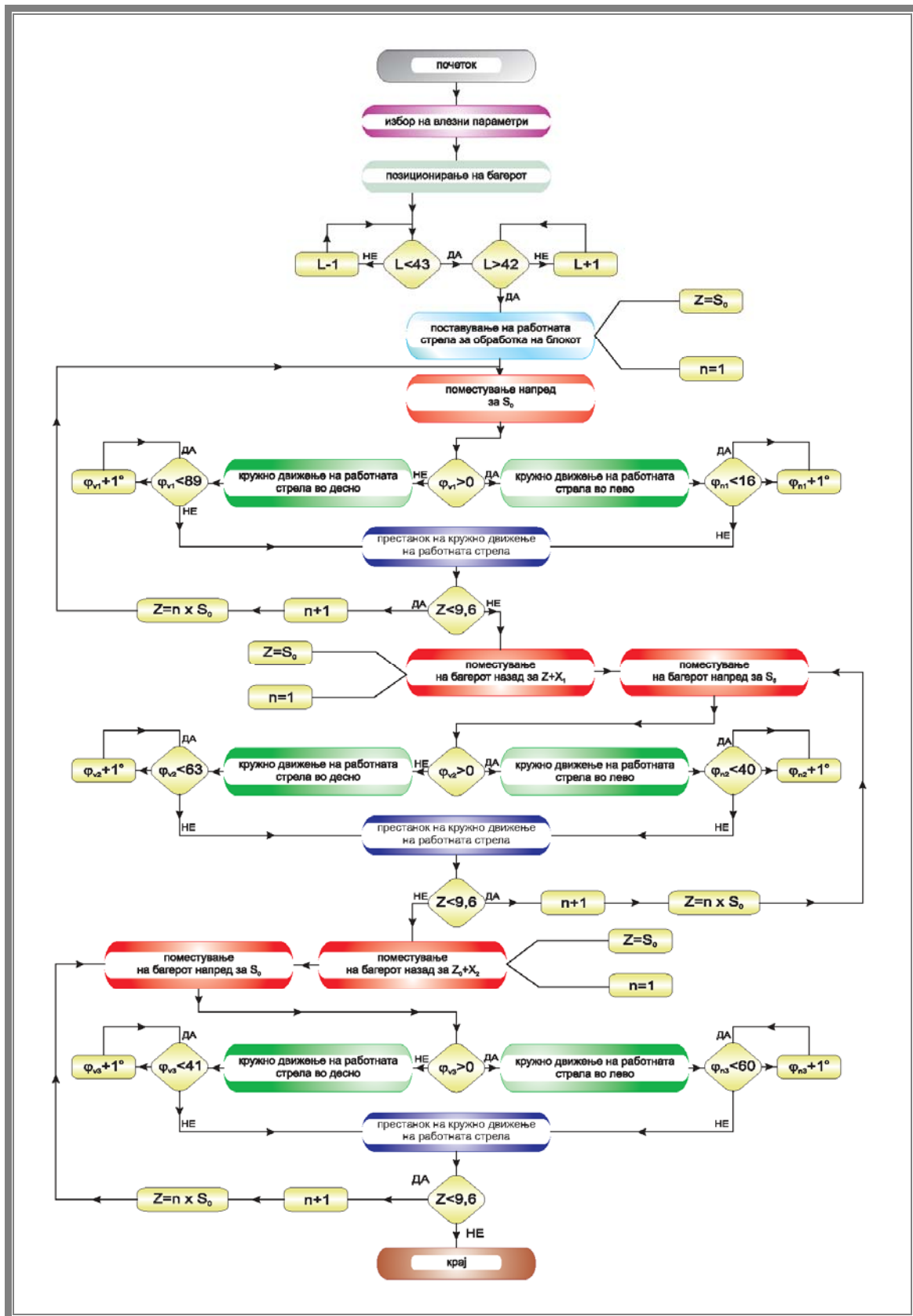
Поставеноста на багерот во однос на етажниот транспортер е на растојание од $L = 43$ m со следниве гранични агли на вртење на работната стрела:

- внатрешен агол на вртење $\varphi_{v1}=83^{\circ}$, $\varphi_{v2}=61^{\circ}$, $\varphi_{v3}=41^{\circ}$
- надворешен агол на вртење..... $\varphi_{n1}=25^{\circ}$, $\varphi_{n2}= 49^{\circ}$, $\varphi_{n3}=69^{\circ}$
- дебелина на отсечокот $S_0= 0,5$
- поместување за промената од прв на втор слој $x_1=4$ m
- поместување за промената од втор на трет слој..... $x_2=3,5$ m



Слика 55: Гранични агли на завртување на работна стрела при откопување на блокот - варијанта V
Figure 55: Limit the turning angles of the working shaft excavation on the block - case V

Алгоритам за програмско управување варијанта V



Слика 56: Алгоритам за програмско управување варијанта V
Figure 56: Algorithm for programmatic management case V

7. ДИСКУСИЈА

Предноста на системот за автоматско управување на роторниот багер SRs (H) 1050 ќе ја презентираме преку реални случаи на работа при што ќе ги покажеме загубите во случаи кога нема користење на ваков систем односно ќе покажеме што значи примената на овој систем на оптимизација во насока на намалување на трошоците за преместување.

На роторниот багер постои одреден вид на автоматско управување со неговата работа но истиот е изведен со цел постигнување на оптимален експлоатационен капацитет изразен преку фреквентна регулација на погонот на работното тркало и погонот за кружно движење на работната стрела.

За разлика од постоечкиот во презентираниот систем имаме надградба за постигнување и одржување на некои битни параметри како:

- изведување на откопувањето на роторниот багер согласно со оптималните шеми за работа
- позиционираност на багерот во однос на етажниот транспортер со цел постигнување и одржување на оптимална ширина на откопниот блок и
- исполнување на оптималната вредност на настапување на багерот при обработка на откопниот слој од блокот

Во презентираната анализа ќе покажеме дека и покрај исполнување на задачата на вградениот систем за автоматско управување на багерот т.е. одржување на ефективниот капацитет има можности за понатамошни надградби и подобрувања со цел на намалување на експлоатационите трошоци кои тука се искажани како трошоци за поместување.

Во набљудуваните случаи земаме дека експлоатациониот капацитет е константен:

$$Q_e = 1500 \text{ (m}^3 \text{ / h)}$$

Роторниот багер работи на етажен транспортер во реални услови во висински блок со следниве карактеристики:

- должина на етажен транспортер $L_b = 300 \text{ m}$
- висина на откопниот блок $H = 20 \text{ m}$
- ширина на откопниот блок за едно поместување
на етажниот транспортер $V_{vk} = 41 + 42 = 83 \text{ m}$

Акцентот ќе го ставиме врз анализа на еден од параметрите кои со овој систем возможно е да се следи и корегира односно ќе дадеме приказ на загуба на можен волумен за откопување како последица од недоволно прецизно позиционирање на багерот во однос на етажниот транспортер кое повлекува зголемување бројот на поместувања на етажниот транспортер а со тоа и зголемување на трошоците при исполнување на експлоатациониот капацитет и искористување на дефинираното време за откопување.

Ќе разгледаме пример каде багерот треба да ја откопа етажата во два блока односно затворен и отворен со што би се создале услови за паралелно поместување на етажниот транспортер. Во табелите земени се можни реални отстапувања на позиционираноста на роторниот багер во однос на етажниот транспортер што ќе продуцира намален ископан волумен во однос на реално можниот што повлекува по одреден број на поместувања да се има дополнително поместување што не би го имало ако багерот е правилно позициониран и со тоа можно е да откопува блок со оптимални параметри.

Грешката во позиционирањето е отприлика адекватна на можната грешка што се прави во реални работни услови кога позиционирањето на багерот е оставено на човечкиот фактор кој ни оддалеку не може да ја постигне прецизноста на еден софистициран систем за позиционирање и контрола на истото, а најповеќе би дошло до израз во случаи на намалена видливост поради атмосферски влијанија.

Во табелата бр.3 и табелата бр.4 дадени се податоци во случаи на откопување на блокови во должина на етажата кога е запазено позиционирањето на багерот што е услов за запазување на оптималната ширина на истиот и случаи кога е направена грешка во тоа позиционирање во однос на етажниот транспортер што за последица има намалена откопна ширина на блокот.

Табела 3: Откопување на висински блок по должина на етажата
при затворена поставеност на багерот

Table 3: Digging height of block along the floor in the closed
position of the excavator

L ₁ (m)	B(m)	H(m)	L _b (m)	V(m ³)	Q(m ³ /h)	T(h)	t/den
43	41	20	300	246000	1500	164	12,6154
41	39	20	300	234000	1500	156	12
40	38	20	300	228000	1500	152	11,6923
39	37	20	300	222000	1500	148	11,3846
38	36	20	300	216000	1500	144	11,0769
37	35	20	300	210000	1500	140	10,7692
36	34	20	300	204000	1500	136	10,4615

Табела 4: Откопување на висински блок по должина на етажата
при отворена поставеност на багерот

Table 4: Digging height of block along the floor of open position of excavator

L ₂ (m)	B(m)	H(m)	L _b (m)	V(m ³)	Q(m ³ /h)	T(h)	t/den
43+43	42	20	300	252000	1500	168	12,9231
43+41	40	20	300	240000	1500	160	12,3077
43+40	39	20	300	234000	1500	156	12
43+39	38	20	300	228000	1500	152	11,6923
43+38	37	20	300	222000	1500	148	11,3846
43+37	36	20	300	216000	1500	144	11,0769
43+36	35	20	300	210000	1500	140	10,7692

Во следнава табелата се преставени зависностите помеѓу можната изгубена ширина на блокот односно изгубена ширина при едно поместување на етажниот транспортер и негативните влијанија продуцирани од тоа, како што се:

- дополнително поместување на етажниот транспортер за откопување на ист волумен на материјал при ист ефективен капацитет и време на работа поради неоткопувањето на блокови со оптимални димензии односно со намалени ширини.
- изгубено време за дополнителното поместување
- неоткопан можен волумен на материјал поради изгубено време за дополнително поместување и
- зголемување на трошоци што произлегуваат од дополнителното поместување

Табела 5: Корелација меѓу изгубената ширина на блокот и зголемувањето на планираните трошоци

Table 5: Correlation between the lost block and the width of the planned rising costs

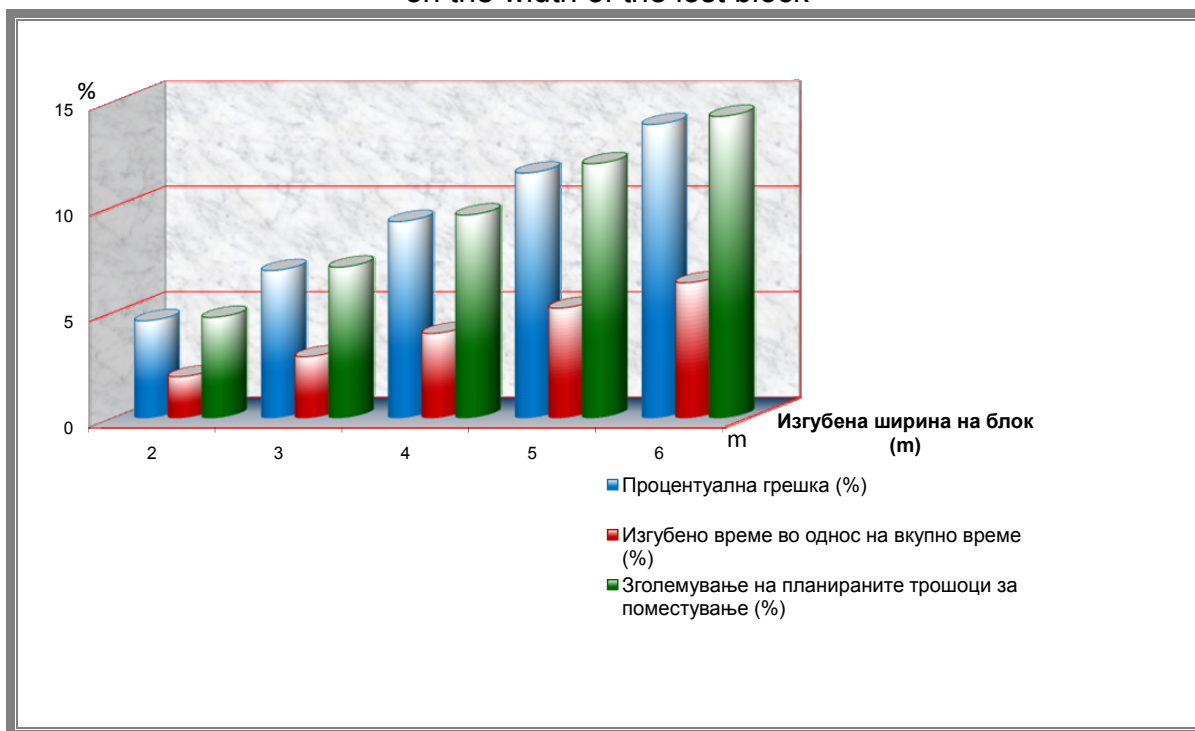
n	изгубена ширина на блок (m)	процентуална грешка на позиционирање	изгубена ширина при едно поместување на Е.Т. (m)	дополнително поместување после секое....	загубено време при дополнително поместување (h)	неископан можен волумен (m ³)	изгубено време во однос на вкупно време на работа (%)	зголемување на планираните трошоци за поместување на Е.Т. (%)
1	/	/	/	/	/	/	/	/
2	2	4,6	4	21	26	39000	1,95	4,76
3	3	6,98	6	14	26	39000	2,9	7,14
4	4	9,3	8	10,4	26	39000	4	9,61
5	5	11,6	10	8,3	26	39000	5,2	12,04
6	6	13,9	12	7	26	39000	6,4	14,28

Овие трошоци за остварување на дополнителното поместување не се воопшто за потценување бидејќи ако земиме реален случај на трошоци за ангажирана механизација и работници потребни за остварување на вакво поместување со денешни цени би дошле до бројка од са. 100 000 € (евра).

Ако кон оваа вредност се додаде и вредноста за откопување на можниот а не откопан волумен од 39 000 m³ што во денешни услови е са 2 €/m³.

Ова вредност сигурно го прави системот за автоматско управување на роторниот багер крајно исплатлив бидејќи ако земиме случај за грешка на позиционираност од 6 метри што отприлика е половина од дијаметарот на работното тркало и во пракса очекувана и реална грешка на ракувачот на багерот доаѓаме до фактот дека посматраниот волумен за седум поместувања на етажниот транспортер што е са. 3 500 000 m³ а кои багерот би ги ископал за помалку од една година а следствено на тоа и трошокот е на годишно ниво.

График 2: Графички приказ на процентуалните загуби во зависност од изгубената ширина на блокот
Graf 2: Graphic representation of the percentage losses depending on the width of the lost block



8. ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ ЗА ПОНАТАМОШНИ ИСТРАЖУВАЊА

Основните цели на магистерската работа се во целост исполнети односно оптимизирање работата на роторните багери во функција за минимизирање за трошоците за нивно преместување. Магистерската работа се обиде да даде еден нов научен придонес кон изведување на ваква оптимизација од аспект на:

- ✚ оптимално поставување и работа на роторниот багер со запазување на разработените оптимални шеми за работа
- ✚ автоматско управување на роторниот багер со цел постигнување на оптимално позиционирање на истиот и запазување на оптималните димензии на блокот

Од изнесеното во овој труд јасно се гледа дека некористење на ваков вид на управување со роторниот багер задолжително продуцира загуби кои неможат да се избегнат бидејќи посматраните случаеви се реални и многу пати потврдени во пракса. Во прв ред можеме загубите да ги лоцираме во зголеменото време на планирани застои, количина на можен а не откопан материјал и дополнителни трошоци за поместување.

Самиот факт дека по одреден број на поместувања на етажниот транспортер во набљудуваните случаи задолжително потребно е додатно поместување за да се откопа истиот волумен на материјал при исполнување на експлоатациониот капацитет на багерот ги дефинира дополнителните трошоци кои воопшто не се за потценување.

Како предлог за натамошни истражувања и анализи би требало да бидат искористувањето на можностите што ги дава овој систем а не се разгледувани во овој труд (поради обемноста, прегледноста и меѓусебното преклопување) и тоа :

- дефинирање на загуби поради почести поместувања на роторниот багер во настапување за обработка на блокот поради намалената оптимална ширина на блокот
- дефинирање на загуби поради неисполнување на оптималното поместување при настапување на багерот при обработка на слоевите од блокот
- дефинирање на загуби поради неминовно намалување на експлоатациониот капацитет

$$Q_e = Q_{\text{teh}} k_g k_v T_k \quad (\text{m}^3 / \text{h})$$

Што е последица од намалени кофициенти :

- K_gкофициент на усекување во нов блок поради дополнителното поместување
- k_v кофициент на временско искористување

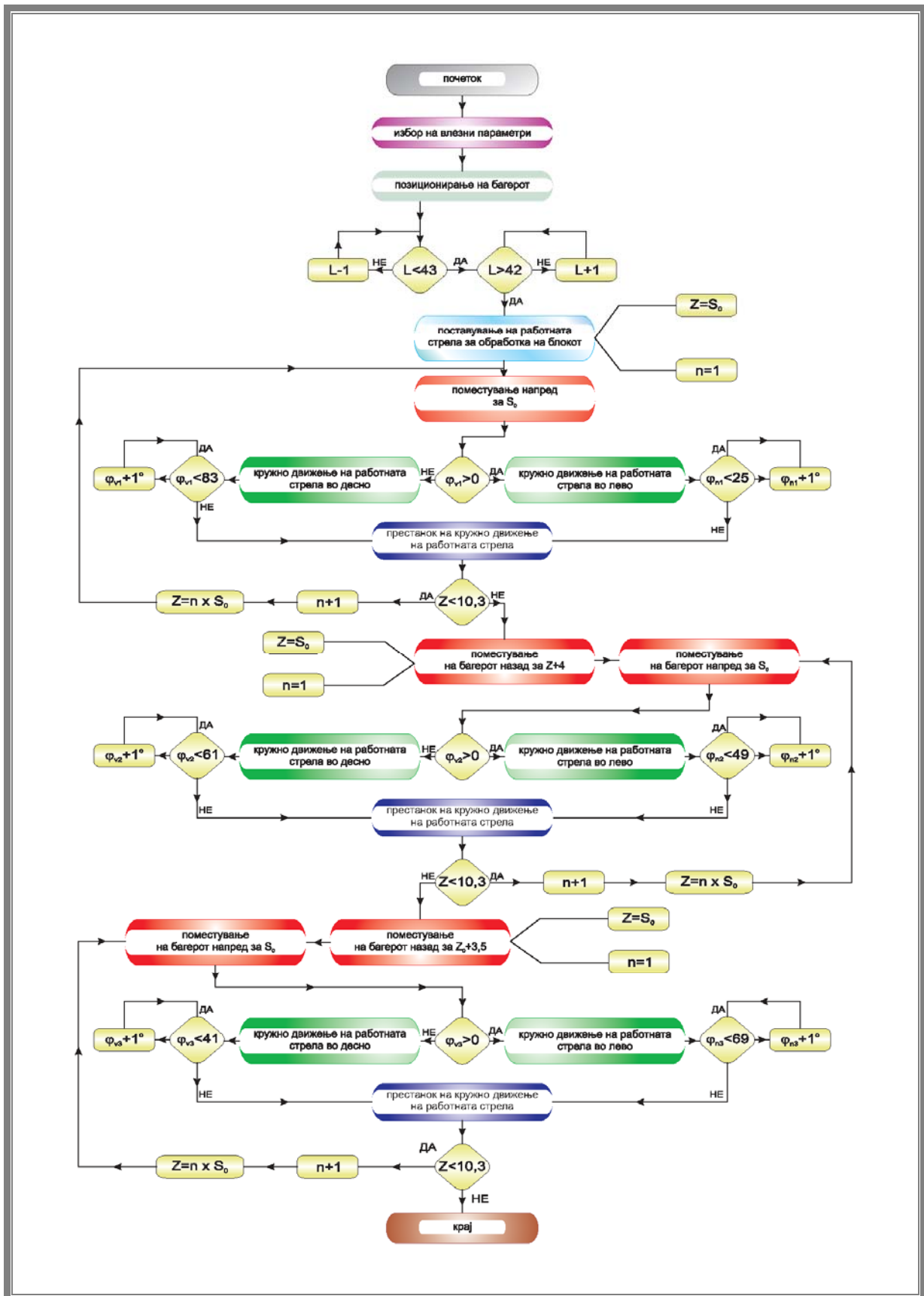
$$k_v = (T_k - t_{pz} - t_{nz}) / T_k$$

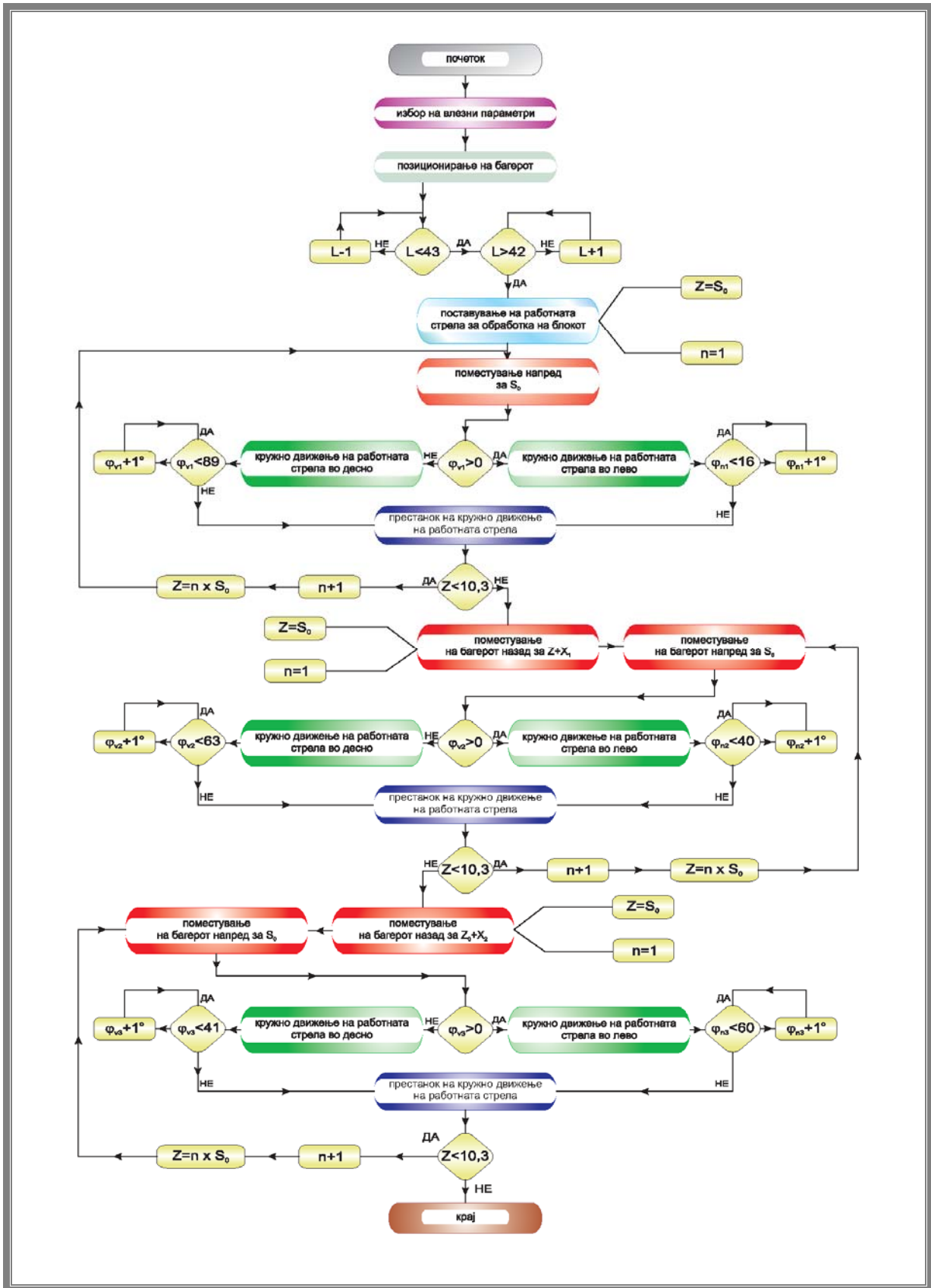
поради зголемување на времето на планирани застои t_{pz}

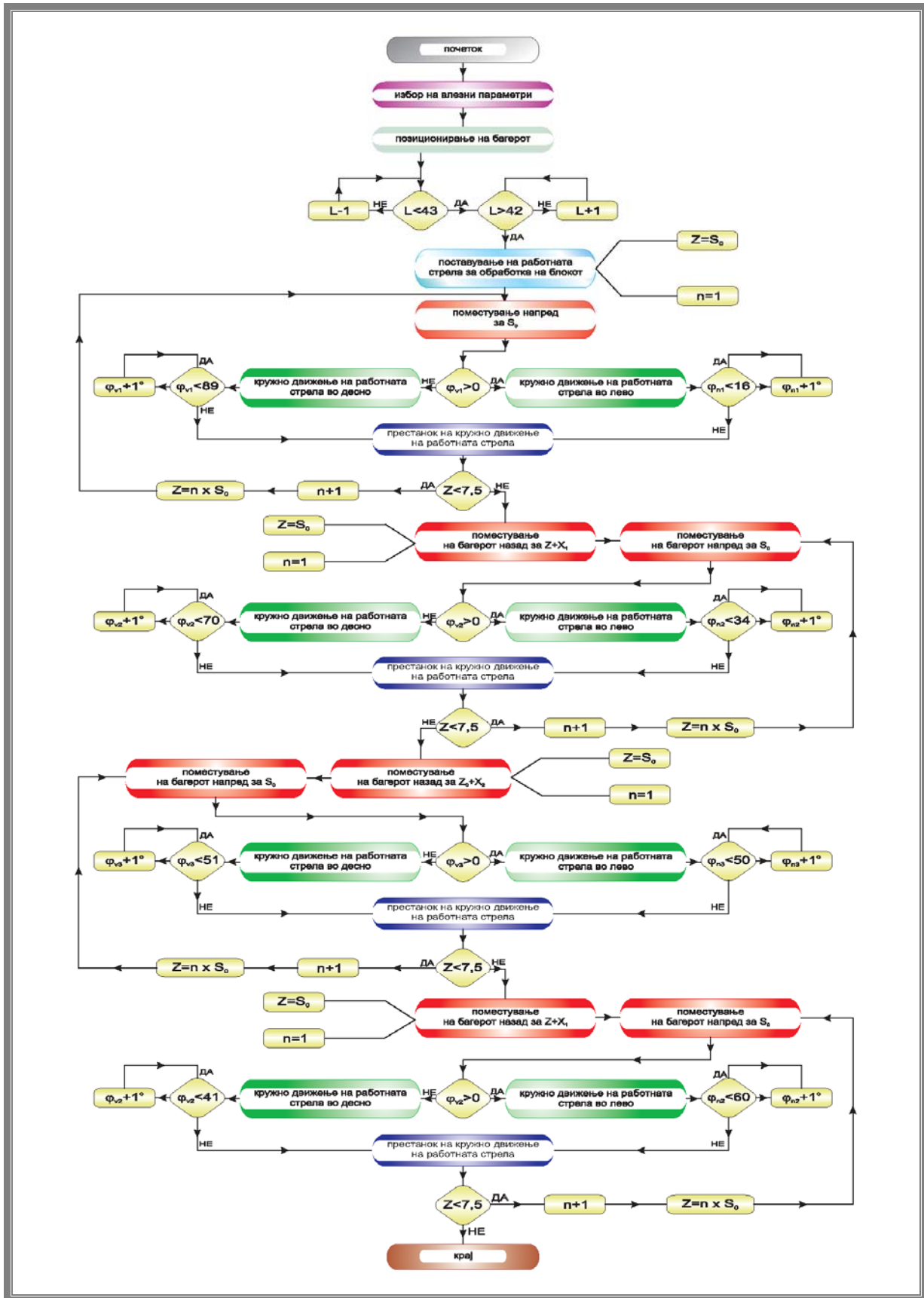
Во анализата е земен роторниот багер SRs (H) 1050 кој во ПЕ Рудници – РЕК Битола е најнов багер а следствено на тоа и технички најнапреден багер.

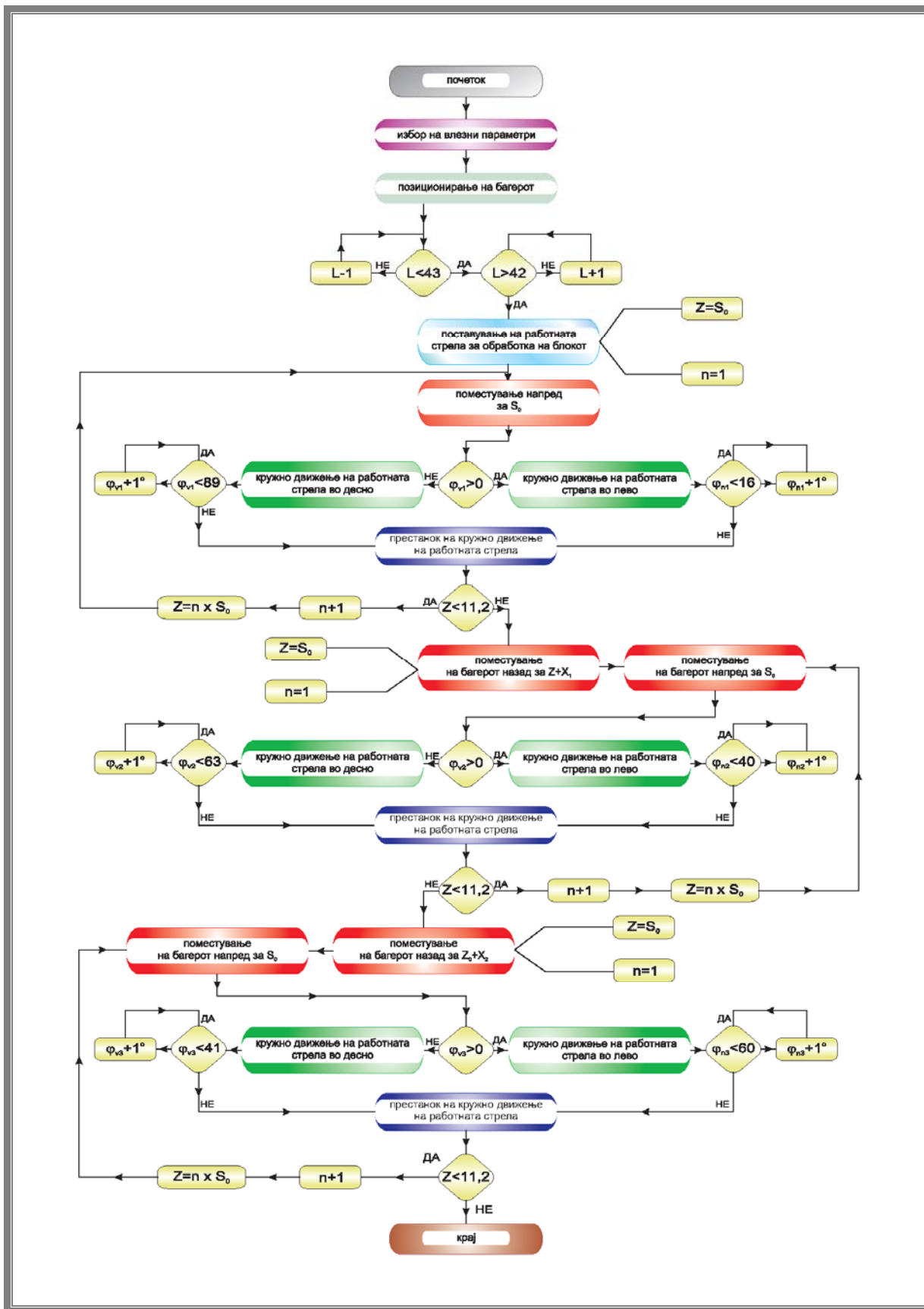
Ако се изврши имплементација на ваков систем на другите багерски единици кои се 20 и 30 години стари може само да се претпостави колкави би биле заштедите.

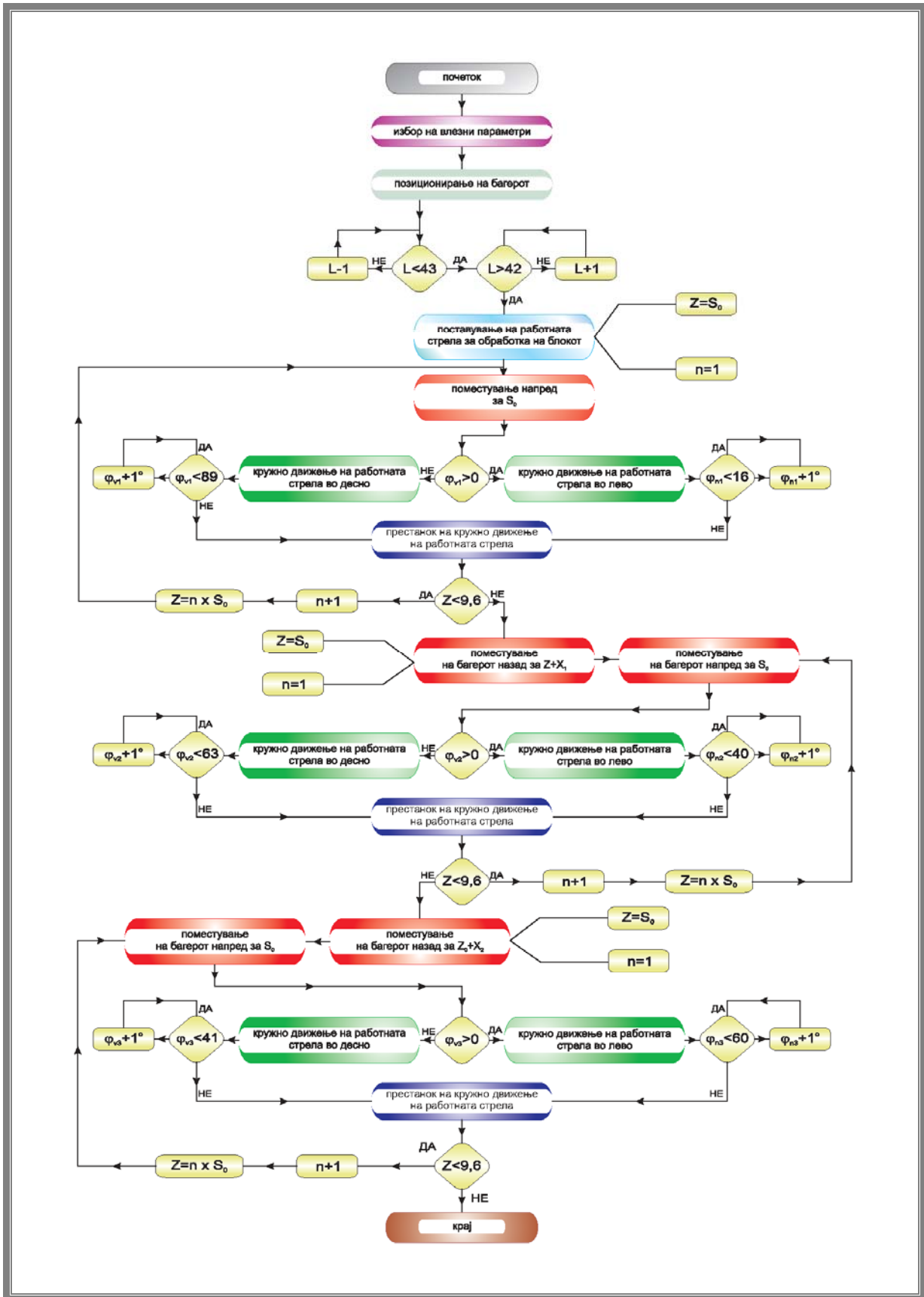
9. ПРИЛОЗИ











Слика 1: Споредба на габаритите на роторните багери во временски интервал од 50 години.....	16
Слика 2: Шема на РАМ конструкција со облик на горниот вртлив дел во облик на буквата „С”.....	20
Слика 3: Шема на конструкција на роторен багер со една вертикална решетка	21
Слика 4: Шема на конструкција на роторен багер со две вертикални решетки.....	21
Слика 5: Шема на конструкција на роторен багер со телескопска работна стрела	22
Слика 6: Главни делови на роторниот багер	23
Слика 7: Работно тркало од коморен тип.....	27
Слика 8: Работно тркало од полукоморен тип.....	27
Слика 9: Работно тркало од безкоморен тип	28
Слика 10: Тело на работното тркало со двојни зидови.....	30
Слика 11: Тело на работното тркало со еден зид и пајаковидна мрежа на радијално поставени носачи.....	30
Слика 12: Тело на работното тркало во облик на потсечен конус со еден зид.....	31
Слика 13: Работното тркало и редуктор поставени помеѓу потпорните лежишта	32
Слика 14: Тело на работното тркало помеѓу лежишта а редуктор надвор.....	33
Слика 15: Работното тркало и редуктор надвор од лежишта.....	34
Слика 16: Основни облици на корпите и изглед на отсечокот при различни односи на дебелина према ширина на отсечокот.....	39
Слика 17: Хидрауличен систем на подигање на работната стрела	43
Слика 18: Транспортен пат на материјалот на роторен багер	44
Слика 19: Резови на роторниот багер со телескопска работна стрела	47
Слика 20: Резови на роторниот багер со константна должина на работната стрела	48
Слика 21: Висинска работа на багер во блок.....	49

Слика 22 а: Откопување на етажа со работно тркало и примена на вертикални резови.....	50
Слика 22 б: Откопување на етажа со работно тркало и примена на хоризонтални резови.....	50
Слика 22 в: Откопување на етажа со работно тркало и примена на комбинирани резови.....	50
Слика 23: Агли на вртење на багерот и шема на отсечоци на резот.....	51
Слика 24: Откопување на блок со роторен багер со константна должина на работната стрела.....	52
Слика 25: Шема за одредување на максимални висини на блокот	54
Слика 26: Шема за одредување на висини на резовите.....	55
Слика 27: Шематски приказ на бочна косина.....	56
Слика 28: Шема за одредување на граничен агол на наклон на челна косина.....	57
Слика 29: Шема за одредување на ширина на блокот	59
Слика 30: Шема за одредување на должината на блокот според условот за приоѓање на долна ивица	61
Слика 31: Шема за одредување на должината на блокот според условот за допир на конструкција.....	62
Слика 32: Шема на технолошки параметри на отсечокот.....	63
Слика 33: Роторен багер тип SRs(H) 1050 · 23/2 (900 kW).....	83
Слика 34: Бандваген BRs1800/37+39 × 16,5	85
Слика 35: Шема на багер во висински блок од 20 m.....	87
Слика 36: Шема на багер во длабински блок од -20 m	88
Слика 37: Шема на багер во висински блок со подетажа од 3 m	89
Слика 38: Шема на багер во откопен блок.....	90
Слика 39: Шема на багер во откопен блок со ротација.....	91
Слика 40: Принципиелен алгоритам за програмското управување	93
Слика 41: Алгоритам за програмското управување	94
Слика 42: Принципиелна шема на поставеност на багер при откопување – случај I	96

Слика 43: Гранични агли на завртување на работната стрела при откопување на блокот – случај I	97
Слика 44: Алгоритам за програмско управување варијанта I.....	98
Слика 45: Принципиелна шема на поставеност на багер при откопување – случај II	106
Слика 46: Гранични агли на завртување на работната стрела при откопување на блокот – случај II	108
Слика 47: Алгоритам за програмско управување варијанта II.....	109
Слика 48: Принципиелна шема на поставеност на багер при откопување – варијанта III	111
Слика 49: Гранични агли на завртување на работната стрела при откопување на блокот - варијанта III	113
Слика 50: Алгоритам за програмско управување варијанта III.....	114
Слика 51: Принципиелна шема на поставеност на багер при откопување - случај IV.....	116
Слика 52: Гранични агли на завртување на работната стрела при откопување на блокот - варијанта IV.....	118
Слика 53: Алгоритам за програмско управување варијанта IV	119
Слика 54: Принципиелна шема на поставеност на багер при откопување – варијанта V	121
Слика 55: Гранични агли на завртување на работна стрела при откопување на блокот - варијанта V.....	123
Слика 56: Алгоритам за програмско управување варијанта V	124

Табела 1: Однос на должините на работната стрела и дијаметарот за компактните багери	25
Табела 2: Однос на должините на работната стрела и дијаметарот за класичните багери	26
Табела 3: Откопување на висински блок по должина на етажата при затворена поставеност на бегерот	127
Табела 4: Откопување на висински блок по должина на етажата при отворена поставеност на бегерот	127
Табела 5: Корелација меѓу изгубената ширина на блокот и зголемувањето на планираните трошоци.....	128
График 1: Распоред на работата на забите и ножевите во склоп на корпата	41
График 2: Графички приказ на процентуалните загуби во зависност од изгубената ширина на блокот	129

10. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. Гашић, М., Савковић, М., Новаковић, Д., Здравковић, Н.: ” Анализ
приводног механизма рабочего колеса роторног багера”,
МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ИНТЕРСТРОЙМЕХ-2009 – Бишкек, Кыргызская Республика, 2009
2. Гашић, М., Савковић, М., Новаковић, Д., Здравковић, Н.: ” Анализ
приводног механизма рабочего колеса роторног багера”,
МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ИНТЕРСТРОЙМЕХ-2009 – Бишкек, Кыргызская Республика, 2009
3. Пантелић М.: Анализа утицаја положаја тежишта надградње на
динамичко понашање роторних багера, Техника - Машинство
57(2008)4, с. 1-10. (ISSN 0040-2176)
4. Савковић М., Гашић, М., Здравковић, Н., Новаковић, Д.: ”Анализа
варијантних решења погона копања роторног багера SRs”, IMK -
14- Istraživanje i razvoj . 2009, vol (32-33) 3-4/2009 p. 69-75. ISSN
0354-6829.
5. Савковић М., Гашић, М., Здравковић, Н., Новаковић, Д.: ”Анализа
варијантних решења погона копања роторног багера SRs”, IMK -
14- Istraživanje i razvoj . 2009, vol (32-33) 3-4/2009 p. 69-75. ISSN
0354-6829.
6. Bahr, J. und U. Großpietsch - Probleme der Beanspruchung von
Schaufelradbaggern in schwersten Böden; Neue Bergbautechnik 3
(1973), Heft 12, S. 910-915
7. Bolokbasi, N; Koncagul, O; Pasamehmetoglu, Material diggability
studies for the assessment of bucket wheexcavator performance : A
G Min Sci TechnoIV13, N3, Dec 1991, P271–277
8. Chironis, N. (1984). Bucket Wheel Excavators of Compact Design
Growing Popular. Coal Age, 84(10), 84-91.
9. Design fundamentals of large-scale equipment in open pit mine
(Berechnungsgrundlagen für Großgeräte in Tagebauen). Düsseldorf:
Der Minister für Wirtschaft und Verkehr des Landes Nordrhein-
Westfalen; 1960..

10. E. Rusinski, J. Czmochowski and P. Moczko, Half-shaft undercarriage systems-designing and operating problems. *J Achieve Mater Manuf Eng*, **33** 1 (2009), pp. 62–69.
11. E. Rusinski, J. Czmochowski, A. Iluk and M. Kowalczyk, An analysis of the causes of a BWE counterweight boom support fracture. *Eng Fail Anal*, **17** (2010), pp. 179–191
12. E. Rusinski, P. Harnatkiewicz, M. Kowalczyk and P. Moczko, Examination of the causes of a bucket wheel fracture in a bucket wheel excavator. *Eng Fail Anal*, **17** (2010), pp. 1300–1312
13. Gozon, J. - Bocsanczy, J. - Bruzsa, F.: Investigations on Lignite Extraction Techniques and Technology. *Neue Bergbautechnik*. Vol. 3. August 1973. pp. 573-578.
14. Gozon, J. - Bocsanczy, J. - Bruzsa, F.: Rock Cutting Tests at the Visonta Thorez Surface Mine. *Hungarian Journal of Mining and Metallurgy*. Mining. Vol. 105. February 1972. pp.83-90.
15. Gozon, J. - Bocsanczy, J.: Dynamic and Technologic Investigations on the Bucket Wheel Excavator Type Sch Rs 1200 at the Visonta Surface Mine. *Hungarian Journal of Mining and Metallurgy*. Mining. Vol. 105. June 1972. pp. 361-368.
16. Gozon, J. - Bocsanczy, J.: Speed Synchronization for Coal Plow and Face Chain Conveyor. *Publications of the Hungarian Mining Research Institute*. Vol. 10. Budapest. 1967. pp. 183-186.
17. Gozon, J.: Capacity Utilization Factor of the Bucket Wheel Excavators at Selective Stripping. *Hungarian Journal of Mining and Metallurgy*. Mining. Vol. 98. March 1966. pp.154-158.
18. Gozon, J.: Capacity Utilization Factor of the Bucket Wheel Excavators at Selective Stripping. *Publications of the Technical University of Heavy Industry*. Vol. 32. Miskolc. 1972. pp. 25-34.
19. Gozon, J.: Investigations on the Technological Conditions of the Surface Mine Development Regarding Lignite Deposits of Hungary. *Abstracts of the Ph. D. Thesis*. Moscow. 1967. p. 16.
20. Gozon, J.: Investigations on the Technological Conditions of the Surface Mine Development regarding Lignite Deposits of Hungary. *Ph. D. Thesis*. Moscow. 1967. p. 267.

21. Grathof, H. (1986). Design (Constructional Characteristics) of Large Bucket Wheel Excavators. *Journal of Mines, Metals, and Fuels*, 34(4), 204-213.
22. Jahn, D. and B. Schlecht - The Krupp Truck Bucket Wheel Excavator for Continuous Mining and Discontinuous Transport by Heavy Truck Bulk Solids Handling, Vol. 17 (1997), No. 4, pp. 509-518
23. Jovanovic, P., Semolic B., Kovacev, S., Obradovic, V., Improving Repair Management of Bucket Wheel Excavator SRs1200 by Application of Project Management Concept, *Journal of Mechanical Engineering*, ISSN: 0039-2480, broj: 7-8, 2008, volumen: 54, 2008 god, str. 565-573
24. King, R.H. and L. Eros, 1988, "Microcomputer Based Mine Monitoring System Proves Successful at Deserado Coal Mine," *Mining Engineering*, vol. 40, no. 2. King, R.H. and L. Eros, 1986, "Deserado Mine Computer Monitoring and Control Systems Evaluation," Preprint 87 13, Annual Meeting of SME/AIME.
25. King, R.H., D. R. Schricker, P.J.A. Lever, and R. E. Cameron, 1989, "AI Techniques to Improve Management Information from Monitoring Systems," Preprint for the Annual SME/AIME Meeting, Las Vegas, NV.
26. Kolonja B., Stanković R., Vuković F. (2000): Production Information System of The Pljevlja Coal Mine. 9th International Symposium on Mine Planning & Equipment Selection 2000, pp. 821-827, Athens, Greece.
27. Lever, P.J.A., R.H. King, D. R. Schricker, and R. E. Cameron, 1989, "Knowledge Representation Concepts for an Intelligent Decision Support System," 21st Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry, A. Weiss, editor.
28. M. Kowalczyk, J. Czmochowski and E. Rusinski, Construction of diagnostic models of the states of developing fault for working parts of the multi-bucket excavator, *Maint Reliab*, 2 42 (2009), pp. 17–24.
29. Muff, T., L. Johnson, R. King and M.B. Duke, 2004, A Prototype Bucket Wheel Excavator for the Moon, Mars and Phobos, AIP Conference Proceedings, February 4, 2004, Volume 699, Issue 1, pp. 967-974.

30. Pantelic M., Kovacev S.: Impact of Superstructure Weight and Center of Gravity Position to the Bucket Wheel Excavator Dynamic Stability, Communications in Dependability and Quality Management, An International Journal, Vol. 11, No. 3, 2008, pp.31-53. (ISSN 1450-7196)
31. Radomir Simic, Bozo Kolonja, Nikola Lilic, Ratomir Stanic (2001): Using Simulation and Knowledge Based Approach for Surface Coal Mine Design in Yugoslavia, ISCSM, pp. 419-427, Freiberg, Nemačka
32. Schlecht B., Simulation of the Bucket Wheel Drive of a Compact Bucket Wheel Excavator, Schlecht Krupp Foerdertechnik GmbH Einsiedelstrasse 6, 23554 Luebeck,
33. Schricker, D.R., P. J. A. Lever, R. H. King, and R. E. Cameron, 1990, "Intelligent Decision support System for Mine Managers," Technical Note, Mining Engineering, vol. 42, no. 9, pp 1096 - 1098.
34. Trümper, R. - Mining with Standard Bucket Wheel Excavators Bulk Solids Handling, Volume 16, No. 3, September 1996

СОДРЖИНА

1. ВОВЕД	5
1.1. Предмет на истражувањето	7
1.2. Цели на истражувањето	7
1.3. Методологија на истражувањето	7
1.4. Осврт на досегашните истражувања	8
2. СИСТЕМИ НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕН	9
2.1. Добивање	9
2.2. Транспорт на откривка и јаглен	11
2.3. Одлагање на откривката	14
3. РОТОРЕН БАГЕР	15
3.1. Развој и област на примена	15
3.2. Класификација	17
3.3. Конструкција и составни делови	19
3.3.1. Основни конструктивни изведби	19
3.3.2. Составни компоненти на роторен багер	23
4. СИСТЕМИ НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА СО КОРИСТЕЊЕ НА РОТОРЕН БАГЕР	46
4.1. Технологија на работа на роторен багер	46
4.2. Основни елементи на блокот	53
4.2.1. Висина на блокот	53
4.2.2. Висина и број на резиви во блок	55
4.2.3. Агол на наклон на бочната косина	56
4.2.4. Агол на наклон на челна косина	57
4.2.5. Ширина на блокот	58
4.2.6. Должина на откопниот блок	60
4.2.7. Технолошки параметри на отсечокот	62
4.3. Капацитет на багерот	66
4.3.1. Поделба	67

5. АВТОМАТИЗАЦИЈА НА РАБОТНИОТ ПРОЦЕС НА РОТОРЕН БАГЕР	74
5.1. Можност и потреба од автоматско управување со роторен багер	74
5.2. Основни правци на автоматско управување со роторен багер	78
5.2.1. Автоматско регулирање на режимот на работа	78
5.2.2. Автоматско програмско управување	79
6. ОПТИМИЗАЦИЈА НА РАБОТА НА РОТОРЕН БАГЕР	82
6.1. Модели	82
6.1.1. Оптимални технолошки шеми на работа на багер во различни ситуации	86
6.1.2. Модел на оптимален режим на багер SRs(H) 1050	91
6.1.3. Алгоритам на управување	93
7. ДИСКУСИЈА	125
8. ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ ЗА ПОНАТАМОШНИ ИСТРАЖУВАЊА	130
9. ПРИЛОЗИ	132
10. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА	141
