

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Хидростатички преносници снаге

Број индекса: 318/2012

Александра З. Момчиловић

**Примена хидростатичке трансмисије код
грађевинских возила**

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Вања Шуштершич

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да прикаже примену и употребу хидростатичких трансмисија код грађевинских возила и изврши прорачун хидростатичке трансмисије код дозера и багера.

Препоручена литература:

- [1] Јаношевић Д.: "Пројектовање мобилних машина", Машински факултет, Универзитет у Нишу, 2006.
- [2] М. Велизар, Примена метода техничке дијагностике на булдожеру, Универзитет у Новом Саду Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, 2012.
- [3] В. Келић, Хидропреносници, Научна књига, Београд, 1989

Крагујевац, 15.05.2014.

ментор:

Име, презиме и звање ментора

Проф. др Вања Шуштершич

Садржај

САДРЖАЈ	1
РЕЗИМЕ.....	2
1. УВОД.....	3
2. ХИДРОСТАТИЧКА ТРАНСМИСИЈА.....	6
2.1 ЗАПРЕМИНСКЕ ПУМПЕ И ХИДРОМОТОРИ	7
2.2 ЗУПЧАСТЕ ПУМПЕ И ХИДРОМОТОРИ.....	8
2.3 КРИЛНЕ ПУМПЕ И ХИДРОМОТОРИ	9
2.4 РАДИЈАЛНЕ КЛИПНЕ ПУМПЕ И ХИДРОМОТОРИ.....	10
2.5 АКСИЈАЛНЕ КЛИПНЕ ПУМПЕ И ХИДРОМОТОРИ	12
2.6 ЗАВОЈНЕ ПУМПЕ И ХИДРОМОТОРИ	13
3. ИЗБОР КОНСТРУКЦИЈЕ ХИДРАУЛИЧНОГ СИСТЕМА.....	14
4. ГУСЕНИЧНА ВОЗИЛА У ГРАЂЕВИНАРСТВУ	19
4.1 БАГЕРИ	21
4.2 СКРЕЈПЕРИ	32
4.3 ГРЕЈДЕРИ.....	34
4.4 УТОВАРИВАЧИ.....	35
4.5 ТРАКТОРИ.....	39
4.6 БУЛДОЖЕРИ	41
4.7 ДОЗЕРИ.....	46
4.8 АУТОДИЗАЛИЦЕ.....	55
5. ПРОРАЧУН ХИДРОСТАТИЧКЕ ТРАНСМИСИЈЕ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ МАШИНУ ГУСЕНИЧНО ВОЗИЛО-ДОЗЕР	60
6. ПРОРАЧУН И ШЕМА ХИДРОСТАТИЧКЕ ТРАНСМИСИЈЕ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ МАШИНУ ГУСЕНИЧНО ВОЗИЛО-БАГЕР	68
7. ЗАКЉУЧАК	74
ЛИТЕРАТУРА	75

Резиме

Наслов рада "Примена хидростатичке трансмисије код грађевинских машина" одредио је проблематику истраживања хидростатичке трансмисије за возило које има једно од најзахтевнијих режима рада комбиновано са бројним ограничењима. Последњих година постигнут је велики напредак у развоју и практичној примени хидростатичког погона и управљања у свим гранама привреде. Посебно се широко примењују хидростатички преносници у области мобилних машина у грађевинарству, рударству, пољопривреди и шумарству и то, како за покретање радних органа који изводе технолошке операције, тако и за погоне кретања. Циљ рада је да се прикаже примена, прорачун и шема модела хидростатичког преносника снаге.

Кључне речи: Хидростатичка трансмисија, гусенична возила, багер, дозер.

Abstract:

Title of the paper "Application of hydrostatic transmission with construction machinery" determined the issue of research hydrostatic transmission for a vehicle that has one of the most challenging mode combined with a number of limitations. In recent years there has been great progress in the development and practical application of hydrostatic drive and control in all branches of the economy. Especially widely applied hydrostatic transmissions in mobile construction machinery, mining, agriculture and forestry and to how to run the working parts that perform technological operations and for driving power. The aim of this paper is to present the application, calculation and scheme model hydrostatic power transmission.

Key words: Hydrostatic transmissions, caterpillars, excavator, a dozer.

1. Увод

Рад на градилишту или експлоатацији материјала из површинских и подземних копова је, данас, готово незамислив без машина. Посматрано уже, везано за грађевинарство, примена грађевинских машина је један од најбитнијих фактора за реализацију било ког инвестиционог пројекта. Да би грађевинарство бележило стални напредак, неопходан је бржи развој и усавршавање радних карактеристика машина (брзина кретања, величина радних органа, маневарске способности).

Преносници снаге су уређаји који су намењени да снагу, добијену од погонског мотора пренесу на радни орган гоњене машине.

Они морају да испуне следеће задатке:

- ❖ да регулишу обртни момент, број обртаја, смер обртања, итд. у зависности од врсте спољашњег оптерећења;
- ❖ да регулишу радне карактеристике (проток, напор) пумпи, компресора, итд.
- ❖ да изврше сумирање потребне снаге мотора при групном погону више различитих уређаја,
- ❖ да обезбеде миран старт и заштиту од преоптерећења погонског мотора.

Код групног и код индивидуалног погона преносници снаге морају да обезбеде оптималну дистрибуцију снаге уз минималне губитке.

Они такође морају да буду:

- ❖ поуздани у раду,
- ❖ лаки за управљање, транспорт, одржавање, опслуживање, итд.

Системи преноса снаге и трансформације обртног момента код моторних возила имају основни задатак да пренесу снагу погонског агрегата до погонских точкова или ланчаника гусенице, уз одговарајућу трансформацију обртног момента.

Основни елементи трансмисије су:

- ❖ спојница,
- ❖ мењач,
- ❖ карданско вратило,
- ❖ водећи мост са диференцијалом и полуосовином.

Трансмисија обухвата све делове и склопове на возилу који преносе снагу од мотора до погонских точкова возила. Она има задатак не само да пренесе снагу од мотора до погонских точкова возила него и да изврши промену облика погонских карактеристика мотора, односно промену параметара његове снаге.

Подела трансмисије може да се врши по различитим критеријумима, а најчешће према начину преношења снаге. Постоје четири основне врсте:

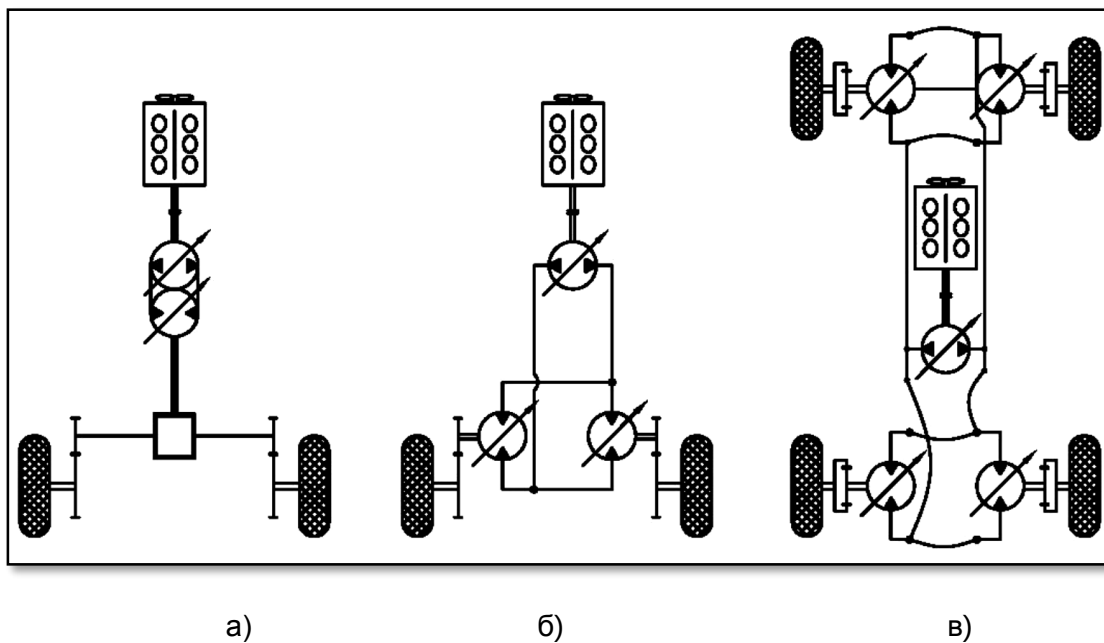
- ❖ механичке,
- ❖ хидрауличке,
- ❖ електричне и
- ❖ комбиноване.

Уређаји помоћу којих се преноси снага од погонског до радне машине, а који раде на принципима хидростатике зову се хидростатички преносници. Хидростатички преносници се користе код мобилних, индустријских и авионских система где је потребно остварити велике снаге са уређајима малих димензија. Овакви системи су једноставни, имају поуздану контролу, флексибилност, изврсне динамичке карактеристике и добру продуктивност и могућност линеарног / ротационог кретања са великим силама / моментима. Из овог је видљива јасна предност у односу на друге врсте преноса као што су механички или електрични. Као трансмисија на возилима хидростатички преносник има бројне предности. Промена брзине је континуална, једноставно је за управљање има једноставну промену смера кретања, брзина је за оба два смера кретања иста, а елементи се подмазују помоћу радне течности. Надаље, постоји конструкцијска слобода код слагања хидрауличких елемената у простору јер се веза између пумпе и хидромотора у точковима остварује помоћу крутих или еластичних цеви, без обзира на њихов релативни положај. Такође је могуће остварити континуално варијабилну трансмисију унутар целог радног опсега при чему се остварују оптимални преносни однос између погонског мотора и точка што смањује потрошњу горива и повећава динамичке перформансе.

Недостаци свих хидростатичких система су компресибилност радне течности, промена вискозности радне течности са променом температуре и притиска. Из наведених недостатака се може закључити да је већина негативних карактеристика хидростатичких система везана уз радну течност (уље). Хидростатичка трансмисија се као и сви остали хидростатички системи темеље на Паскаловом закону. Код трансмисије возила најчешће се користи затворено извођење хидростатичког система (хидростатички мењач). Хидростатичка трансмисија се углавном изводи са пумпом и хидромотором променљивог протока који имају могућност промене запремине радних комора, а што директно утиче на проток радне течности. Из тога следи и неколико начина регулације брзине обртања хидромотора. Прва је са променом запремине пумпе, друга са променом запремине хидромотора, а трећа са променом запремине и пумпе и хидромотора. Код регулације брзине обртања хидромотора са променом запремине пумпе и хидромотора, брзина се прво повећава, повећањем протока кроз пумпу, а онда смањењем протока кроз хидромотор.

Погон точкова возила са хидростатичком трансмисијом конструкцијски се може извести на неколико начина. Први начин, а уједно и најједноставнији је конструкција пумпе и хидромотора у истом кућишту (сл. 1а) при чему се погонски момент доводи на точкове преко диференцијала са додатном редукцијом у точковима. Други начин је са пумпом која покреће два хидромотора везана за

редукторе точкова (погон возила на два точка), (сл. 1б) а трећи начин је онај који се користи за погон возила на сва четири точка при чему пумпа покреће хидромоторе уграђене у точковима возила са планетарним редуктором (сл. 1в).



Слика 1. Варијанте погона точкова возила са хидростатичком трансмисијом:
[1]

2. *Хидростатичка трансмисија*

Примарна функција сваке хидростатичке трансмисије (ХСТ) је пренос енергије од стране примарног покретача (обично мотора СУС), који има своје специфичне радне карактеристике, до оптерећења. У току рада хидростатичка трансмисија углавном мора да регулише брзину, обртни момент, снагу или, у неким случајевима, смер обртања. У зависности од своје конструкције хидростатичка трансмисија може да преноси оптерећење од максималне брзине у једном смеру до максималне брзине у другом смеру, са бесконачним бројем варијација брзина између два максимума - при чему за све варијације брзина примарни покретач ради са константном брзином [2].

Принцип рада хидростатичке трансмисије је једноставан: састоји се од хидрауличне пумпе, која је повезана са примарним покретачем и ствара проток који служи за покретање хидрауличног мотора, који је, пак повезан са оптерећењем. Ако су радне запремине регулационе пумпе и регулационог мотора константне, хидростатичка трансмисија се једноставно понаша као мењач који преноси снагу од примарног покретача ка оптерећењу. Главна предност хидростатичких преносника снаге је коришћење регулационе пумпе променљиве запремине, регулационог мотора или оба уређаја заједно, тако да се брзина, обртни момент или снага могу регулисати.

Хидростатички преносници се израђују за снаге до 2200 kW, са бројем обртаја до 3500 o/min. Могу бити регулисани или нерегулисани.

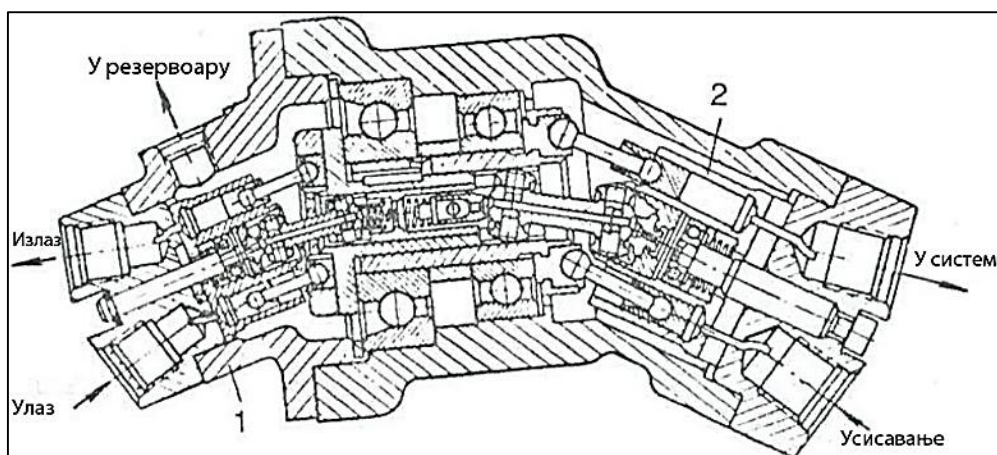
Када се израђују као регулисани преносници, тачност регулације је око 5%, а могу бити:

- ❖ преносници са регулацијом количине течности која долази у хидропумпу,
- ❖ преносници са регулацијом радне запремине хидромотора.

Хидростатички преносници се користе на свим оним местима где је потребно реализовати велики обртни момент уз мале габарите погонског уређаја као и на свим оним местима где се јавља потреба за променом броја обртаја у опсегу до 40:1, код пумпе, односно 4:1, код мотора.

Пумпа (једна или неколико њих), која добија погон од мотора, потискује под притиском течност кроз цевоводе у хидраулични мотор. Захваљујући практичној нестишљивости течности при овоме се успоставља чврста кинематска веза између хидрауличног мотора и пумпе.

Хидрауличне компоненте или уређаји који претварају механички рад у хидростатичку енергију су пумпе и обратно, које претварају хидростатичку енергију у механички рад су мотори. Према начину формирања радне запремине хидрауличне машине (пумпе и мотори) се могу поделити као што је то приказано на слици 2.



Слика 2. 1-Склоп мотора, 2-склоп пумпе [3]



Слика 3. Подела хидростатичких пумпи

2.1 Запреминске пумпе и хидромотори

У запреминским пумпама претварање механичког рада у струјну енергију радне течности остварује се путем периодичне промене њихових радних запремина. Радни органи који врше промене радних запремина ових пумпи дејствују на принципу клипног механизма, а могу бити конструкцијски изведени као клипови, покретне обртне плоче, зупчаници и мембране [2].

Запреминске пумпе се могу поделити на:

- ❖ Зупчасте пумпе,
- ❖ Крилне,

- ❖ Радијалне клипне пумпе,
- ❖ Аксијалне клипне пумпе,
- ❖ Завојне пумпе.



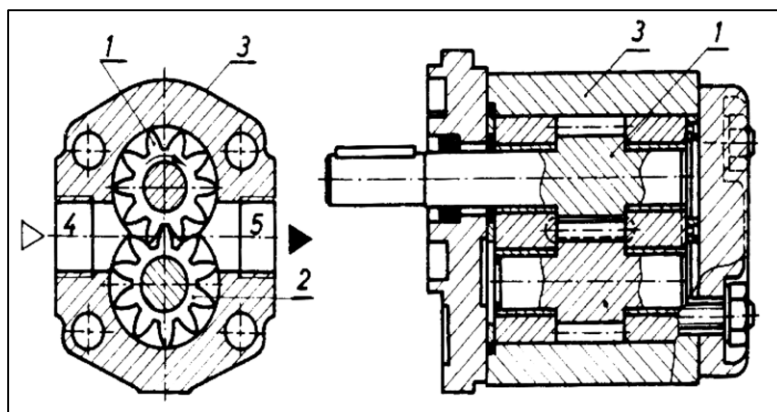
Слика 4. Подела запреминских пумпи

Запремински хидромотори представљају енергетске машине за претварање струјне енергије радне течности у механички рад ротационог кретања свог вратила. По својој конструкцији запремински хидромотори су, готово, идентични, или веома слични, запреминским пумпама, па су им, самим тим, идентични и типови и класификација.

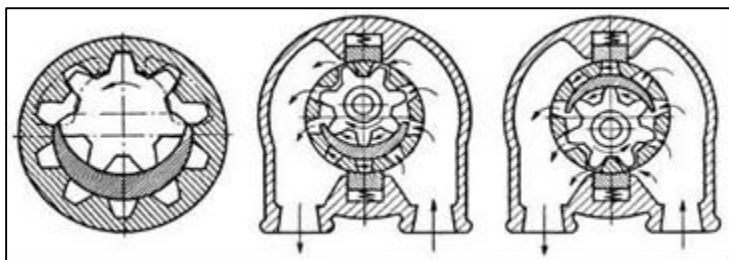
2.2 Зупчасте пумпе и хидромотори

Зупчасте пумпе спадају у групу запреминских пумпи, код којих су радни елементи за потискивање течности зупци зупчаника. Према конструктивном решењу разликујемо зупчасте пумпе и хидромоторе са: спољашњим и унутрашњим спрезањем.

Зупчасте пумпе са спољашњим спрезањем спадају у најпростије и најјефтиније запреминске пумпе. На слици 5. приказан је шематски приказ зупчасте пумпе са спољашњим спрезањем зупчаника. Обртањем погонског зупчаника (на погонском вратилу 2) доводи се у погон и гоњени зупчаник (на осовини 3) [2].



Слика 5. Шематски приказ зупчасте пумпе са спољашњим спрезањем [2]



Слика 6. Зупчасте пумпе са унутрашњим озубљењем [2]

Зупчasti хидромотори се знатно ређе примењују од пумпи, а разлог овоме је што имају релативно велике губитке код малих бројева обртаја. Примењују се као брзо ротирајући хидромотори, у подручју броја обртаја од 500 до 3500 o/min .

При вишим притисцима и бројевима обртаја зупчasti хидромотори са спољашњим спрезањем имају непријатан звук, те радне притиске изнад 100 бара треба избегавати.

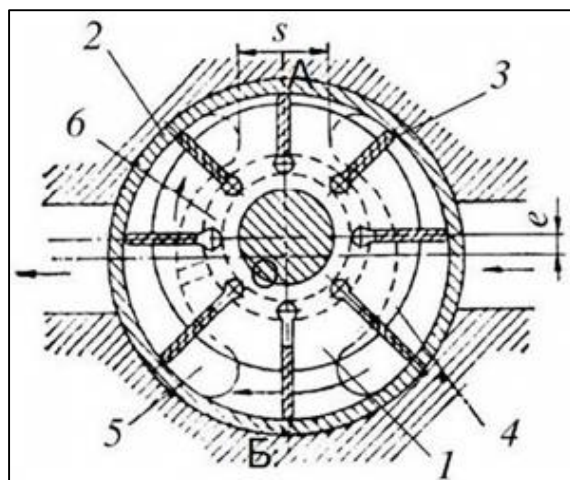
2.3 Крилне пумпе и хидромотори

Конструктивно се разликују крилне пумпе и хидромотори:

- ❖ са крилцима у жљебовима ротора,
- ❖ са крилцима у жљебовима статора.

Крилне пумпе и хидромотори са крилцима у жљебовима ротора могу бити:

- ❖ једноструког дејства са ексцентрично постављеним ротором у односу на статорски прстен,
- ❖ двоструког дејства са центрично постављеним ротором у елиптичном или специјално обликованом статорском прстену.



Слика 7. Шематски приказ крилне пумпе са ексцентрично постављеним ротором
1 - ротор, 2 - статор, 3 - крилце, 4 - усисни отвор, 5 - потисни отвор,
6 - прстенасти канал, е - ексцентрицитет, s - дужина преграда између усисног и
потисног отвора [2]

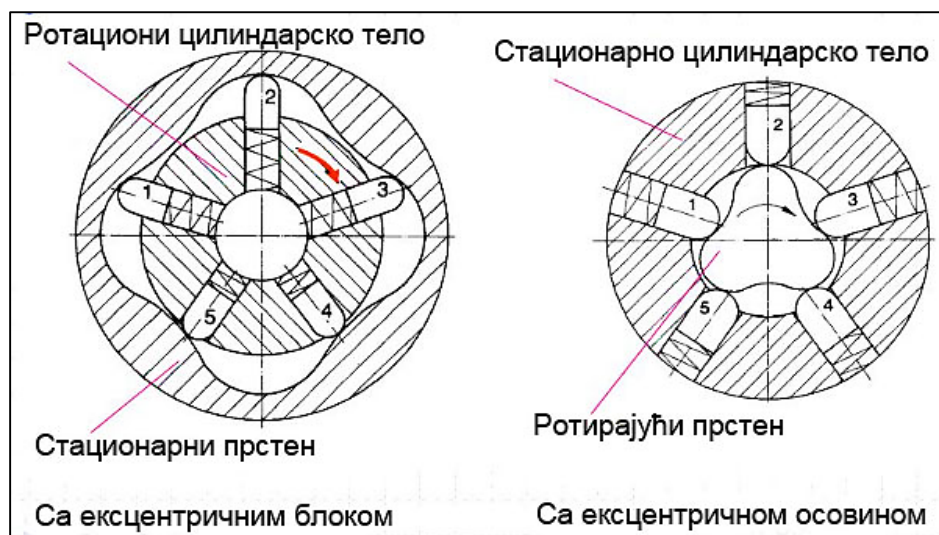
Крилни хидромотори са крилцима у ротору се најчешће изводе као хидромотори двоструког дејства (са елиптичним статором). Обично се производе само за један смер обртања (са крилцима постављеним под углом). Крилни хидромотори са ексцентрично постављеним ротором могу бити изведени и са променљивом радном запремином.

Хидромотори са крилцима у жљебовима ротора производе се за притиске до 160 бара. При номиналном оптерећењу ови хидромотори раде у дијапазону броја обртања 200-2000 o/min , а при смањеном оптерећењу минимални број обртања може се смањити до 100 o/min [2].

2.4 Радијалне клипне пумпе и хидромотори

Радијалне клипне пумпе и хидромотори добили су назив по распореду клипова у односу на осу ротације. По конструкцији могу бити:

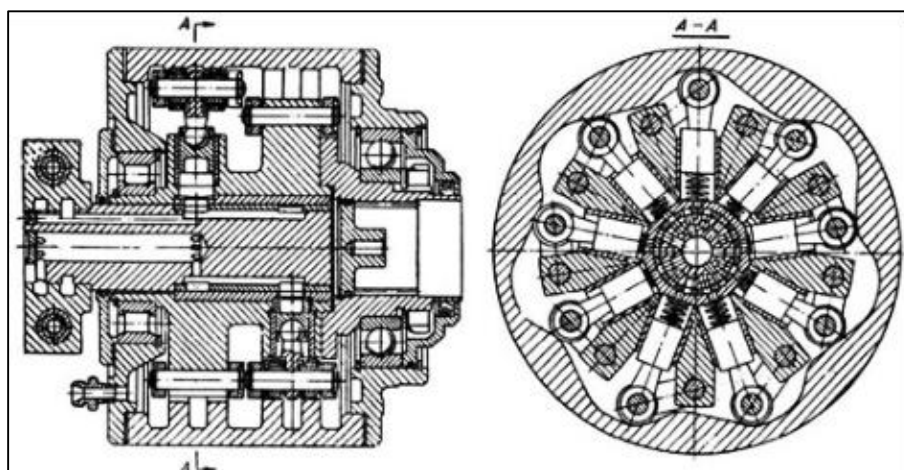
- ❖ са клиповима у статору (радијалне клипне пумпе и радијалне клипне пумпе и хидромотори са ексцентром),
- ❖ са клиповима у ротору (ротационе радијалне клипне пумпе и хидромотори).



Слика 8. Радијално клипне пумпе [2]

Код хидромотора са ексцентром (и клиповима у статору) степен неравномерности обртног момента је релативно мали. Хидромотори овог типа раде се и са више клипова (најчешће се изводе са пет), постављеним у више паралелних равни (најчешће две). Хидромотори овог типа су великих радних запремина (и до 8000 cm^3), те могу да раде и са врло малим бројевима обртаја ($n_{\min}=5 \text{ o/min}$, па и мање), а због великог ексцентрицитета остварују велике обртне моменте, чак и до 50.000 Nm , што је незамисливо код других типова хидромотора.

На слици 9. дат је пресек високомоментног радијалног клипног хидромотора са клиповима у ротору. Ротор је постављен центрично у отвор специјално профилисаног статорског прстена. Статорски прстен приказаног хидромотора профилисан је тако да за један обртај ротора клипови изврше седам радних хода.



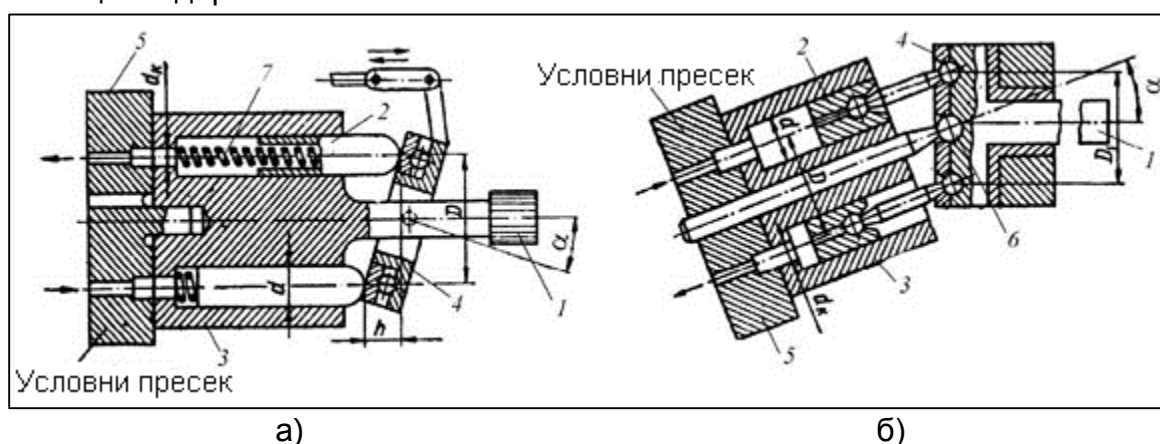
Слика 9. Високомоментни хидромотор са профилисаним статорским прстеном [2]

2.5 Аксијалне клипне пумпе и хидромотори

Аксијалне клипне пумпе и хидромотори су, због низа изванредних својстава, најчешће коришћени агрегати у хидрауличним системима преноса снаге. Одликују се компактном констукцијом, малим моментом инерције, високим радним притиском, великим радним запреминама и погодним конструктивним могућностима за уградњу уређаја за регулацију величине радне запремине и смера струјања. Недостатак им је што траже радну течност (уље) високог степена чистоће (10-20 mm). Зависно од конструкције имају радни век 5000-10000 сати. [2]

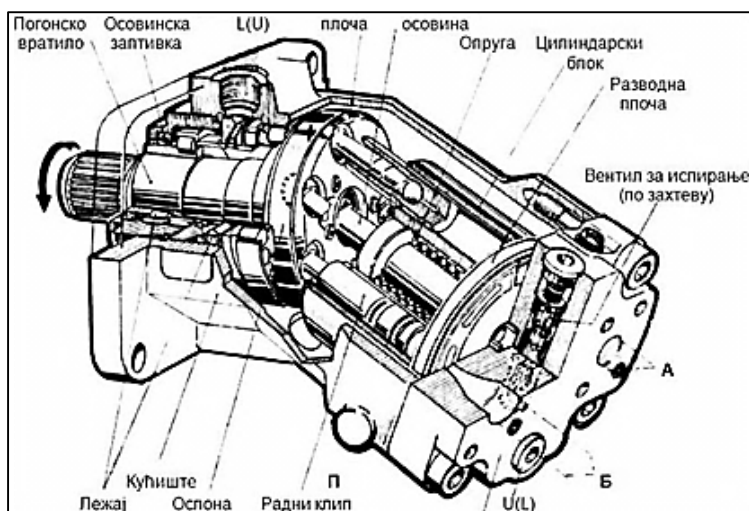
Према конструкцији се у основи деле на две групе:

- ❖ аксијалне клипне пумпе и хидромоторе са косом нагибном плочом и
- ❖ аксијалне клипне пумпе и хидромоторе са косо постављеним (нагибним) цилиндарским блоком.



Слика 10. Шематски приказ аксијалних клипних пумпи а) са косом нагибном плочом, б) са косим цилиндарским блоком 1- погонско вратило, 2- клип, 3- цилиндарски блок, 4-а нагибна плоча, 4-б вертикална плоча, 5- чеона разводна плоча, 6- кардански зглоб, 7- опруга [2]

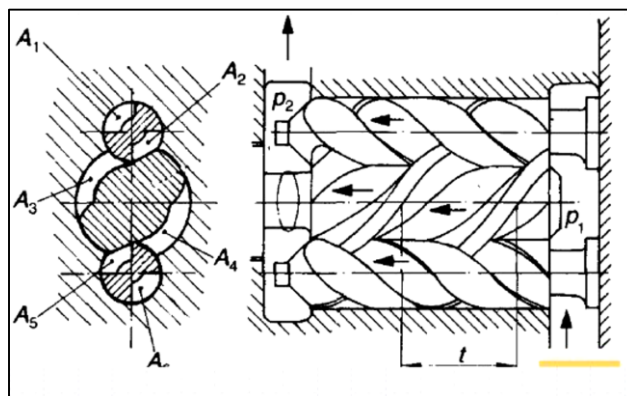
Аксијалне клипне пумпе и хидромотори са чеоним разводом производе се за радне притиске до 420 bar и протоке до 1000 l/min . Пумпе и хидромотори су обично са максималним трајним бројем обртаја до 3000 o/min . Код хидромотора класичне конструкције број обртаја је стабилан од $n_{min}=50$ o/min , а код специјалних конструкција је $n_{min}=5,7$ o/min . На слици 11 је приказана шема једног аксијалног клипног хидромотора са косим цилиндарским блоком који се производи у “Првој Петолетки” -Трстеник.



Слика 11. Аксијални клипни хидромотор са косим цилиндарским блоком [2]

2.6 Завојне пумпе и хидромотори

Завојне пумпе обезбеђују бешуман и поуздан рад, равномеран проток уља, због чега су доста примењене у хидрауличним системима. Нарочиту примену су нашле код аутоматизације машина и процеса, због лаке регулације и управљања њиховим радом. Пумпе се употребљавају за притиске од $25 \div 100 \text{ bar}$, а оптималан рад се постиже притиском од 50 bar . По конструкцији се разликују завојне пумпе са два, три или пет завојних вретена. Најчешће је у употреби пумпа са три завојна вретена [2].



Слика 12. Шематски приказ завојне пумпе [2]

3. Избор конструкције хидрауличног система

Конфигурација хидростатичке трансмисије без обзира да ли има регулациону пумпу са константном или променљивом радном запремином, регулациони мотор или оба уређаја - одређује њене радне карактеристике. Најједноставнији облик хидростатичке трансмисије користи регулациону пумпу са константном радном запремином за покретање регулационог мотора, који је такође са константном радном запремином.

Основни приступ ка решавању неког проблема из области хидраулике је избор хидрауличног система који ће се употребити за погон. Хидраулични систем се састоји од међусобно повезаних хидрауличних компоненти.

Оне се, могу раздвојити у три групе:

- ❖ трансформаторе механичке у хидрауличну енергију (пумпе)
- ❖ регулационо-управљачке елементе (разводни вентили, притисни вентили, регулатори протока и други помоћни елементи)
- ❖ трансформаторе хидрауличне енергије у механичку енергију (хидраулични мотори и цилиндри)

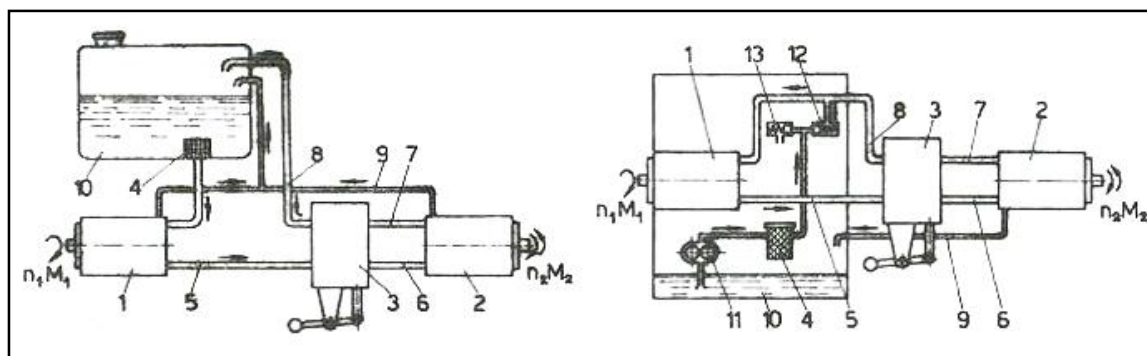
Конструкција хидрауличног система може бити различитог степена сложености. Хидраулични системи се могу поделити на различите начине.

Основна подела хидрауличних система према току кретања уља на релацији резервоар пумпа - хидраулични мотор-резервоар је на:

- ❖ отворене,
- ❖ затворене,
- ❖ полузатворене.

У отвореном кругу, флуид улази у регулациону пумпу кроз резервоар, који је повезан са регулационим мотором, после чега се флуид поново враћа у резервоар, после проласка кроз регулациони мотор. У затвореном кругу, путања флуида је непрекидна - флуид протиче сталном путањом од излаза регулационе пумпе ка улазу у регулациони мотор, затим од излаза из регулационог мотора назад ка улазу у регулациону пумпу.

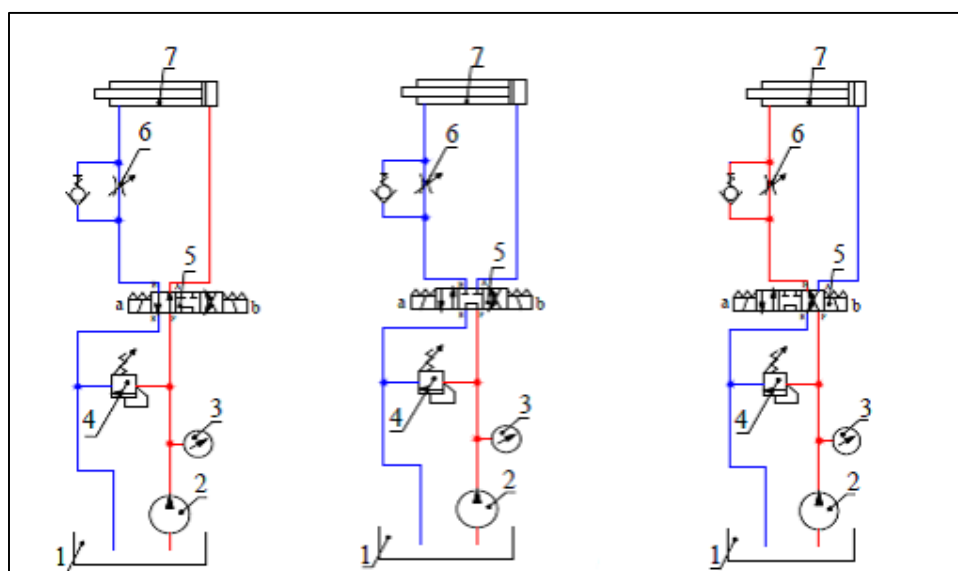
Систем отвореног кола не подразумева повратну спрегу за брзину, притисак, проток или регулацију обртног момента. Сва променљива контролна подешавања врше се мануелно од стране оператора. Контрола затвореног кола, међутим укључује уређаје повратне спреге, који обезбеђују комуникацију између регулационе пумпе и регулационог мотора, тако да се трансмисија аутоматски прилагођава променама у радним режимима оптерећења, мотора или оба.



а) б)
Слика 13. Принципијелна шема хидростатичке трансмисије:
а) отвореног типа, б) затвореног типа [3]

Код хидрауличних трансмисија отвореног типа (сл 13.а) при обртању вратила пумпе течност из резервоара 10 кроз филтер 4 се усисава у пумпу 1 и потискује кроз разводник 3 у хидраулични мотор 2, а затим се течност кроз цевовод 8 враћа назад у резервоар. За време рада настају неизбежни губици течности кроз зазоре између тарних површина радних елемената пумпе и хидрауличних мотора. За одвод ове течности у резервоар предвиђени су дренажни цевоводи 9.

На слици 14. је приказана шема типичног отвореног хидрауличног система у три карактеристична положаја: клип хидрауличног цилиндра мирује (слика 14.б), клип се креће улево (слика 14.а) и клип се креће удесно (слика 14.в).



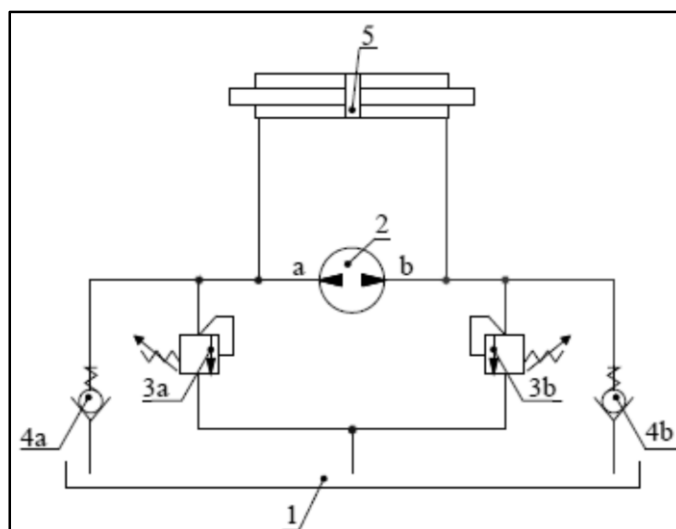
а) б) в)
Слика 14. Карактеристични положаји хидрауличног система 1. резервоар, 2. пумпа, 3. манометар, 4. вентил за ограничење притиска, 5. разводни вентил, 6. неповратно-пригушни вентил, 7. хидраулични цилиндар [4]

Из резервоара (1), пумпа (2) усисава уље и потискује га према електромагнетном разводном вентилу (5). Електромагнети (а, б) су под напоном, па опруге држе клип вентила у средњем положају, приказан на слици 14.б. Из шеме се види да ће уље преко њега отицати у резервоар. Овај положај се назива растеређени, јер је пумпа у погону, али ради са веома ниским притиском, који је једнак суми супростављајућих отпора од пумпе до разводног вентила и од њега до резервоара.

За покретање клипа хидрауличног цилиндра (7) у лево, под напон се ставља електромагнет (а), клип разводног вентила помера у десно и у функцију долази леви положај разводног вентила (слика 14.а). Кроз вентил се остварују токови Р-А и В-Р, уље се потискује у клипну страну хидрауличног цилиндра, а из клипњачине стране се уље преко пригушног дела регулационог вентила (6), потискује према резервоару. У овом случају се брзина кретања клипа регулише преко повратног тока уља. Овај правац кретања клипа се усваја увек као радни, јер је због веће површине клипа сила већа, а због веће слободне запремине унутар цилиндра, мања је брзина кретања клипа. Највећи дозвољени радни притисак уља у хидрауличном систему се подешава преко вентила за ограничење притиска (4). С обзиром да се у овом радном такту проток уља ограничава, због смањења брзине кретања клипа, у систему ће владати притисак подешен на вентилу за ограничење притиска (4). Он ће бити све време у полуотвореном положају, како би се одвео вишак уља у резервоар [4].

Повратни ход (слика 14.в) клипа хидрауличног цилиндра (7) се остварује ако се под напон стави електромагнет (б) разводног вентила (5). Кроз њега се остварују токови кретања уља: П-Б и А-Р, па се уље потискује преко неповратног вентила у клипњачину страну хидрауличног цилиндра. Количина уља коју потискује пумпа се не регулише, па је вентил за ограничење притиска (4) затворен. Брзина кретања клипа је функција капацитета пумпе и величине запремине клипњачине стране.

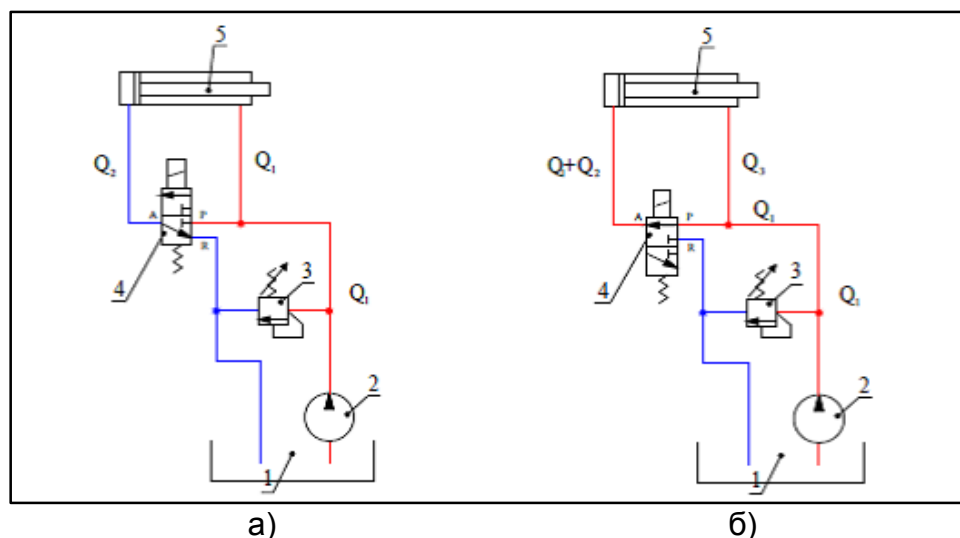
Затворени хидраулични системи се најчешће користе у случајевима када се за радни и повратни ход цилиндра или хидрауличног мотора може користити количина уља из повратне гране, која би се код отвореног хидрауличног система враћала у резервоар. У затвореним хидрауличним системима користе се пумпе двосмерног деловања (2), код којих је у једном радном такту страна (а) усисна и (б) потисна, а у другом такту страна (б) усисна и страна (а) потисна [4].



Слика 15. Шема затвореног хидрауличног система 1. резервоар, 2. пумпа, 3. вентил за ограничење притиска, 4. неповратни вентил, 5. хидраулични цилиндар [4]

На тај начин се уље из леве или десне стране хидрауличног цилиндра усисава, а пумпа га потискује у супротну клипњачину страну. У идеалном случају остварује се затворени круг циркулације, али, како систем никада није идеално затворен, увек постоје хидраулични губици. Вентили за ограничење притиска се повремено отварају због преоптерећења или неусаглашених токова уља, па је неопходно обезбедити и накнадно напајање додатном количином уља. Када је страна пумпе (а) усисна, потребна додатна количина уља се допуњава преко цевовода на коме је постављен неповратни вентил (4а), а када је страна пумпе (b) усисна, напајање се врши преко цевовода на коме је постављен неповратни вентил (4b). У систему су постављена два вентила (3а) и (3b) који врше ограничење притиска у водовима. Приказани затворени хидраулични систем на слици 15. је веома једноставне конструкције.

На слици 16. приказана је шема два карактеристична положаја полузатвореног хидрауличног система, и то када се клип хидрауличног цилиндра креће лево-повратни ход клипа (слика 16.а) и када се клип креће десно-радни ход клипа (слика 16.б). Не постоји неутрални положај система. Пумпа увек ради, а вишак уља се потискује у резервоар преко вентила за ограничење притиска. У овом случају систем је стално изложен деловању високог притиска, а за све време троши се енергија пропорционална величини капацитета пумпе и притиска који влада у систему.



Слика 16. Карактеристични положаји полузатвореног хидрауличног система
 1.резервоар, 2.пумпа, 3.вентил за ограничење притиска, 4.разводни вентил,
 5.хидраулични цилиндар [4]

Положај елемената хидрауличног система приказан на слици 16.а обезбеђује повратни ход клипа. Електромагнет разводног вентила (4) није под напоном, па опруга са супротне стране доводи клип вентила у положај који обезбеђује ток уљу правцем A-R, а прикључак (P) је затворен. То значи да се уље од пумпе (1) потискује преко разводног вентила правцем AR према резервоару. Брзина кретања клипа ће бити функција дотока количине уља (Q_1) и површине клипњачине стране (површина клипа умањена за површину клипњаче). Радни ход клипа се остварује када се електромагнет разводног вентила (4) стави под напон. Клип разводног вентила се доводи у положај приказан на слици 16.б. Уље тече током PA, а прикључак (P) је затворен. Самим тим, пошто је површина клипњачине стране већа, сила на клипњачиној страни је већа, такав положај разводног вентила омогућује да се у клипну страну потискује збирна количина уља, коју потискује пумпа (Q_1) и уља из клипњачине стране (Q_2) које ће се истискивати због кретања клипа. Брзина кретања клипа у радном ходу ће бити повећана и функција је укупне количине уља (Q_1+Q_2) и површине клипа. Следи закључак, да се полузатворени хидраулични системи користе када је конструкцијом система потребно повећати брзину радног хода клипа [4].

4. Гусенична возила у грађевинарству

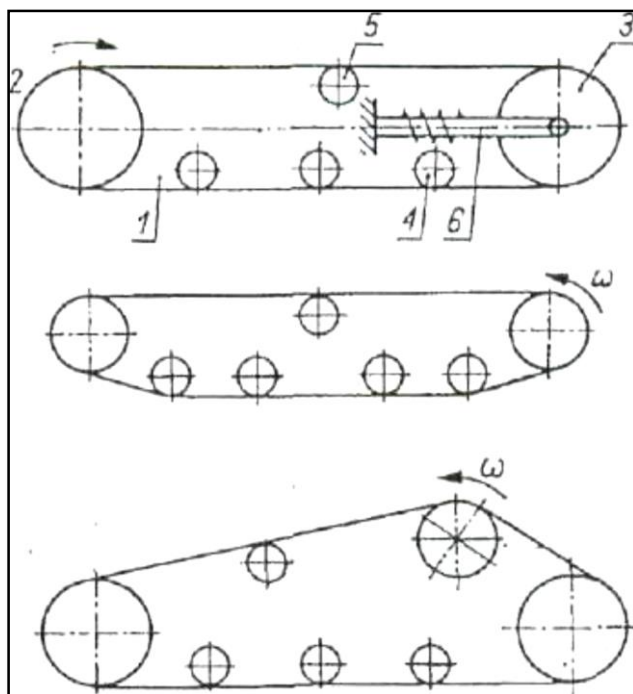
Гусенична возила примењују се за услове кретања по беспућу, мекој подлози и насутим путевима. Разлог томе је што осим нагиба које возило мора савладати постоји неравна површинска структура тла с удубљењима, избочинама и препрекама. Због тога се јавља различит момент оптерећења на точовима што директно утиче на различито оптерећење хидростатичке трансмисије.

Гусенични транспортни уређај се одликује релативно малим специфичним притиском на ослону површину. Брзине кретања машина на гусеничном транспортном уређају се крећу од 10 до 15 km/h , за мање машине и до 6-10 m/min за веће машине.

Специфични притисак на тло машина са гусеничним транспортним уређајем знатно је нижи него код машина на пнеуматичима, јер је ослона површина гусеница на тло знатно већа и ако је по правилу маса гусеничних машина исте снаге далеко већа него код машина на пнеуматичима исте снаге.

Ширина и дужина гусеница је различита, а одређује се у зависности од инсталисане снаге, врсте и намене машине и носивости тла на којем машина треба да ради. У слабо носивом или блатњавом тлу, користе се машине са широким гусеницама, док се за рад машина по чврстој подлози по правилу користе уже гусенице.

Гусенични систем чини склоп: гусеница, погонски и водећи точкови, носећа и потпома ролна и механизам за регулисање затезања гусенице. Разликујемо гусенични равни, коси и троугласти систем.



Слика 17. Гусенични систем: равни, коси, троугласти 1) гусенични ланац, 2) погонски точак, 3) водећи точак, 4) носећи точак, 5) потпорни точак, 6) склоп за затезање гусенице [1]

Земљани материјали су материјали у тлу чије честице нису везане за (некохерентни: природни песак, шљунак, честице распаднуте стене итд.) или су повезане са извесном кохезијом (кохерентни: црница, иловача, глина, лапорац), али немају изражену тврдоћу нити чврстоћу на притисак. Најчешће долазе као мешавина једних и других (песковита црница, шљунковита иловача, мало песковита глина, иловачаста глина).

Карактеристични технолошки процес земљаних радова су:

- ❖ ископ,
- ❖ утовар,
- ❖ транспорт,
- ❖ разастирање,
- ❖ збијање.

Начини ископа земљаних материјала могу бити:

- ❖ Механички (ту спадају: багери, дозери, скрепери, грејдери и утоваривачи),
- ❖ Хидраулички.

4.1 Багери

Настали су још у 16. веку. У Америци је 1834. год. настао багер са чеоном кашиком на парни погон, а пре 40 година на багеру инсталисана је хидраулична трансмисија.

Багери су самоходне машине намењене за откопавање, пренос односно транспорт на релативно кратко растојање и утовар откопаних маса (јаловине или корисне супстанце) у средства транспорта или откопавање, пренос односно транспорт на већа растојања и истовар јаловине на гомилу или одлагање у откопани простор (унутрашње одлагалиште) површинског копа. Има, међутим, багера, пре свега из велике и веома разуђене фамилије универзалних и полууниверзалних багера са једним радним органом, који по потреби могу бити опремљени са неким од заменљивих радних органа који служе не за земљане, већ за неке друге специфичне радове (набијање шипова, вађење пањева, подизање и преношење терета и др.) [5].

Подела багера:

- ❖ багери са једним радним органом (кашиком) односно багери са прекидним (цикличним, дисконтинуираним) радним дејством и
- ❖ багери са више радних органа (ведрица) односно багери са непрекидним (континуираним) радним дејством.



Слика 18. Багери са једним радним елементом [5]



Слика 19. Багери са више радних елемената [4]

Основна карактеристика багера са једним радним органом је цикличност извођења операција у оквиру технолошког циклуса по одређеном редоследу: откопавање тј. пуњење кашике материјалом, окретање горње градње багера са пуном кашиком до места истовара, истовар тј. пражњење кашике и окретање горње градње багера са празном кашиком до места поновног утовара.

Класификација багера:

- ❖ По намени,
- ❖ По типу радног органа,
- ❖ По запремини кашике,
- ❖ По степену окретања,
- ❖ По типу примењеног транспортног уређаја,
- ❖ По кинематском обележју,
- ❖ По врсти погонског уређаја,
- ❖ По систему управљања.

По намени деле се на:

- ❖ универзални,
- ❖ полууниверзални и
- ❖ специјални багери.

По типу радног органа деле се на:

- ❖ багери са чврсто (круто) везаним радним елементима – багер са чеоном (висинском) кашиком, багер са обрнутом (дубинском) кашиком, багер са кашиком за стругање (вагер струг) и др.
- ❖ багери са гипко (еластично) везаним радним елементом – багер са повлачком (дреглајнском) кашиком, багер са кашиком грабилицом (грејфер), багер са куком за дизање и премештање терета (кран) и др.

По запремини кашике на:

- ❖ багере са врло малом запремином кашике до $0,3 \text{ m}^3$,
- ❖ багере са малом запремином кашике од $0,3$ до $2,0 \text{ m}^3$,

- ❖ багере са средњом запремином кашике од 2,0 до 6,0 m^3 ,
- ❖ багере са великом запремином кашике изнад 6,0 m^3 (данас већ до 168 m^3).

По степену окретања на:

- ❖ делимично окретни, код којих је угао окретања горње градње са радним органом у хоризонталној равни ограничен (обично на 180° до 270°) и
- ❖ потпуно окретни (за угао 360°).

По типу транспортног уређаја деле на:

- ❖ на пнеуматцима (примена ограничена на универзалне багере малог капацитета и мале снаге),
- ❖ на гусеницама (најраспрострањенији тип транспортног уређаја),
- ❖ на корачајућем транспортном уређају (најшира примена код багера са дреглајнском кашиком средњег и великог капацитета),
- ❖ на шинском транспортном уређају (примена ограничена на специјалне багере намењене за рад дуж железничких пруга), и
- ❖ пловећи (примена ограничена на специјалне багере намењене за откопавање материјала испод воде).

По кинематском обележју деле на:

- ❖ једномоторни са групним погоном, код којих се сва радна кретања остварују помоћу једног мотора (дизел или електричног)
- ❖ вишемоторни са индивидуалним погоном, код којих се укључивање, регулисање и кочење сваког од механизма врши индивидуалним електромотором једносмерне или наизменичне струје, и
- ❖ комбиновани, код којих се одређени број механизма погони једним заједничким мотором (обично су то механизми за подизање кашике, за вучу кашике и транспорт багера) док се један механизам (по правилу механизам за кружно кретање горње градње) погони сопственим тј. индивидуалним мотором.

По врсти погонског уређаја деле се на:

- ❖ једномоторни са погоном од мотора са унутрашњим сагоревањем или електромотора,
- ❖ вишемоторни са електропогоном појединачних механизма или групе механизма електромоторима једносмерне или наизменичне струје,
- ❖ хидраулични са погоном радних органа и механизма индивидуалним хидроцилиндрима или хидромоторима.

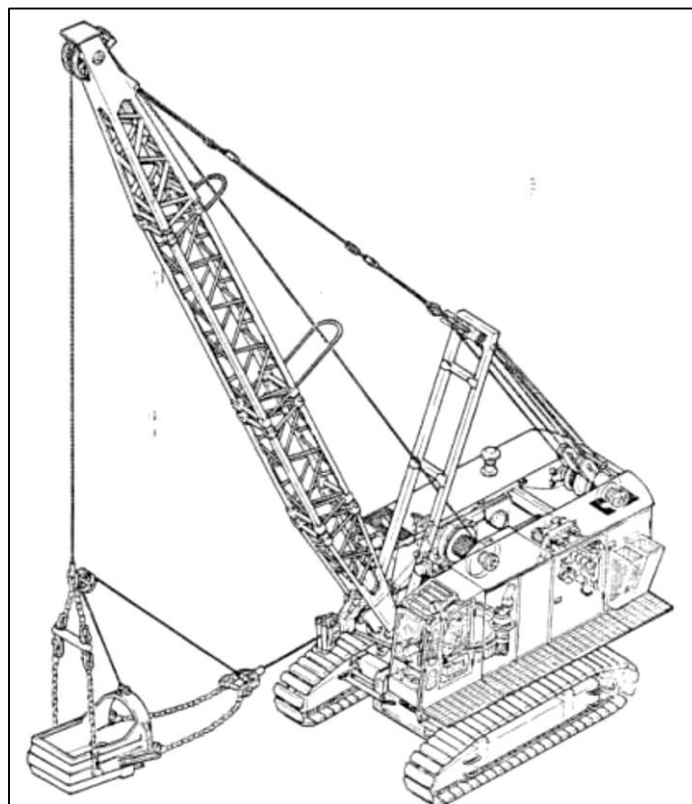
По систему управљања на:

- ❖ механичким управљањем,
- ❖ електричним управљањем,
- ❖ хидрауличним управљањем,
- ❖ пнеуматским управљањем и
- ❖ комбинованим управљањем.

Багери сајлаши су врста багера углавном на гусеницама или на неком пловилу (пловни багери), код којих се кретање крака и опреме за ископ управља, покреће и изводи преко плетене челичне ужади (сајли), разних витла и котурова. У пракси се зову механички, као пандан хидрауличним багерима [3].

Деле се у две групе:

- ❖ Дреглајне са непромењеном решеткастом стрелом, имају повлачну кошару (скрејпер). Уколико имају механичку захватну лопату (грајфер) зову их у пракси само грајфери. Дреглајни, односно грајфери (то је у ствари један те исти багер - сајлаш са једним од наведених кошара или лопата) служе за масовни ископ шљунка и песка из воде и то са копна или пловила.
- ❖ Багери - сајлаши са дводелним зглобно везаним краком и углавном утоварном (чеоном) лопатом. Користе се углавном у рударству где их зову багери лопатари.



Слика 20. Багер сајлаш

Багери рефулери (eng. *suction dredgers*) су врста пловних багера који подводни ископ (углавном алувијалних камених материјала) изводе усисавањем са дна преко цеви. Њихов саставни део је наравно компресор за ваздух, пумпе за извлачење мешавине воде са ископаним материјалом и даље гурање кроз цеви на копно. Деле се на рефулере у ужем смислу и на рефулере са ротирајућом откопном главом која олакшава ископ јаче збијених материјала. Откопна ротирајућа глава може бити различитог облика: коло са ведрима, коло са зубима, ротирајућа решетка, итд. Конструкцијских облика ових багера има много, а разликују се у погледу величине, снаге и учинка, начина пловљења, опреме за ископ под водом [5].



Слика 21. Багери рефулери [5]

Багер-утоваривач, "комбинирка" (eng. *backhoe loader*) је комбинација багера и утоваривача у једној машини. То је трактор на гуменим точковима који спреда има утоварну лопату, а позади багерски крак са дубинском кашиком багера. Ти алати се могу мењати, па је ово једна од кориснијих машина за разне врсте операција, најчешће код земљаних радова и монтажних - полагање цеви у ископане ровове.



Слика 22. Багер-утоваривач

Багери ведичари (eng. *bucket excavator*) су врста багера на шинама или гусеницама или пловни багери, с више ведрца које омогућавају непрекидан ископ земљаних и алувијалних материјала.

Деле се на:

- ❖ Багере ведричаре са ланцем ведрица (eng. *bucket chain dredger, bucket chain excavator*),
- ❖ Багере ведричаре са колом ведрица (eng. *bucket wheel excavator*).

Као багери са великим учинком углавном раде у отвореним коповима руде (компактни роторни багери). Код багера са ланцем ведрица стаза ланца је везана зглобно за возни механизам. Користе се и у одржавању водотока (пловни багери ведричари), као и коповима у шљункарама (багери ведричари на шинама или гусеницама). У ову врсту багера могу се сврстати ровокопачи и дренаполагачи.



Слика 23. Багери ведричари [3]

Хидраулични багери (eng. *hydraulic excavators*) су универзалне грађевинске машине и могу се дефинисати као "стандард" у погледу коришћења багера. Посебно су битни снажни хидраулични багери са ломљивим краком (eng. *crawler-mounted hydraulic excavator*). Код њих су механизми преноса и рада прикључака на хидраулични погон. Лопата хидрауличних багера може бити утоварна, дубинска или захватна лопата (грајфер). Могу бити опремљени са телескопском продужном стрелом или краком, као телескопски багери. Неки од мањих хидрауличних багера имају постоље на гуменим пнеуматичима, док су јачи увек на гусеницама. [5]

Багери са хидрауличним погоном се називају још и багерима са чврстим овесом радног органа, за разлику од ужадних багера који имају гипки овес радног органа. Овес, односно вешање, се назива чврстим ради тога што омогућава фиксирање свих елемената радног органа у простору.

Конструктивно-кинематичка шема радног органа хидрауличног багера са обрнутом кашиком обезбеђује чврст пренос сила при било каквом кретању кашике, што је створило посебне услове за рад кашике - тачност и могућност промене брзине и смера кретања, који су недостижни код ужадних система. Главна посебност је могућност непосредног дејства погона на извршне органе багера без примене сложених механичких и других трансмисија. Елементе трансмисије у овом случају замењују цевоводи, који преносе течност од пумпи у

извршне радне цилиндри, чије клипњаче дејствују, преко простих полужних система, на радне органе. Због тога што се радни цилиндри крећу заједно са радним органом, довод цевовода до цилиндара у основи се врши гпким металним цревима. Сложено управљање механичким преносима на овај начин је замењено лаким управљањем вентилима, којима се мења смер кретања течности, којом пумпе високог притиска напајају радне цилиндри. Ипак, у тим механизмима, који треба да извршавају рад стављања у кретање извршних и радних органа (погонских точкова транспортног уређаја, гусеница, обртне платформе) делимично су задржани зупчасти преноси, али је до максимума редукован њихов број услед примене моторног точка, високомоментних хидрауличних мотора сл [5].

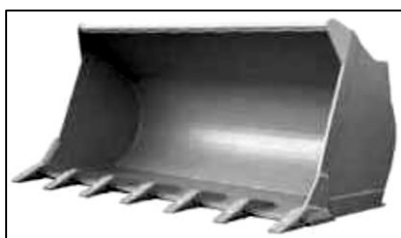
На тај начин, главна особина хидрауличног багера је мали број елемената трансмисије. Основни правац техничког развоја хидрауличних багера је повећање радног притиска пумпи и мотора (до 40 МПа), што смањује габарите и масу хидрауличних уређаја.

Лопата хидрауличних багера може бити

- ❖ прочелна или утоварна лопата (eng. *loading shovel*) слика 24.а,
- ❖ дубинска или ископна лопата (eng. *backhoe*) слика 24.б и
- ❖ захватна лопата (тзв. грајфер) слика 24.в.



а)

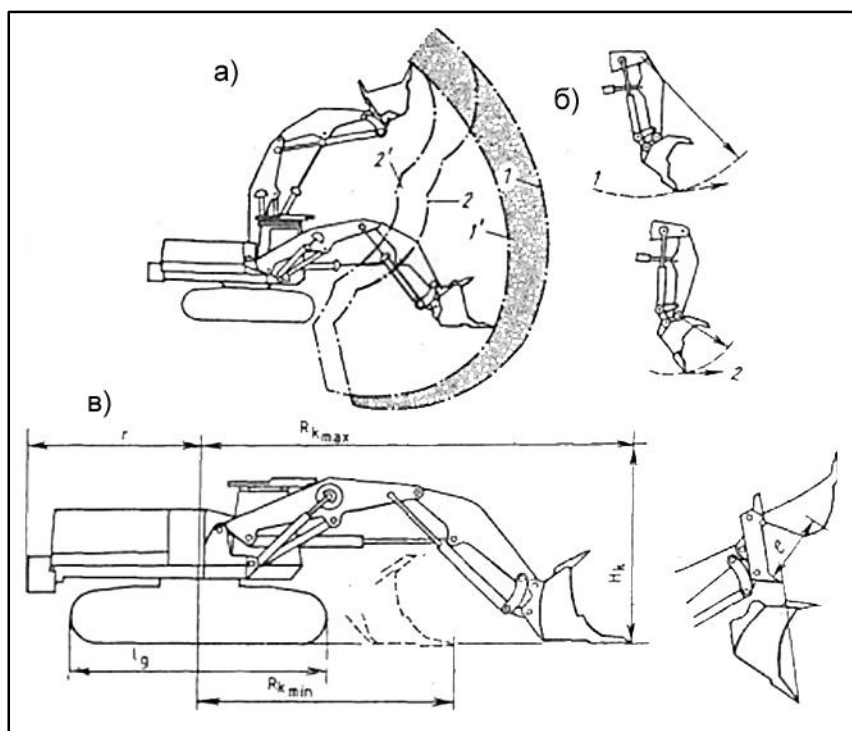


б)

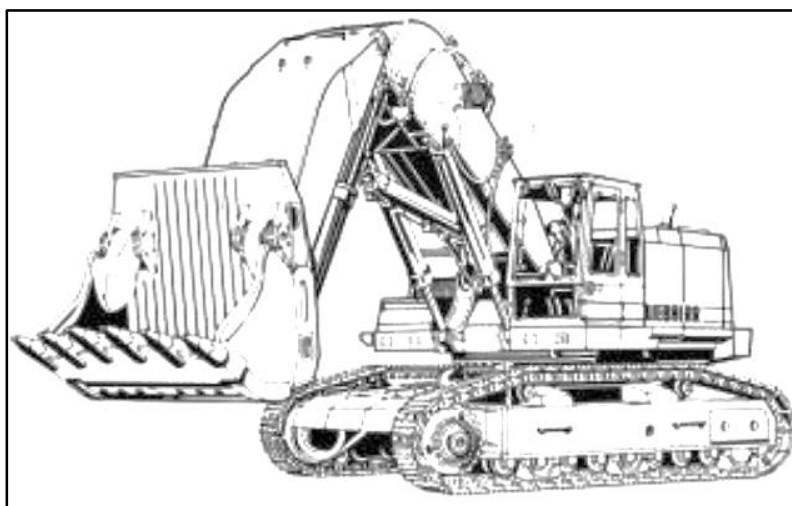


в)

Слика 24. Дубинска, утоварна лопата и захватна лопата. [5]



Слика 25. Радни орган хидрауличног багера са нормалном кашиком: а) радна трајекторија за машину масе 65 т (1, 2); б) копање високог радилишта окретањем ручки (1) и ниског радилишта обртањем кашике (2); в) општа шема багера



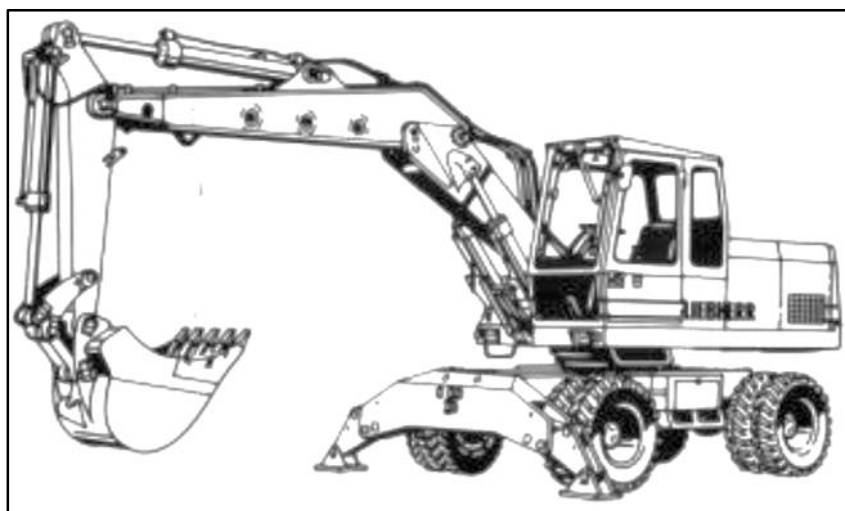
Слика 26. Прочелна или утоварна лопата багера са гусеницама [6]

Радни уређај са нормалном кашиком (слика 25) представља уређај примењен код хидрауличних багера намењених за масовне земљане радове на површинским откопима и у грађевинарству. Овим радним уређајем се опремају машине масе од 5 до 500 т, са кашикама запремине од 0,2 до 50 m^3 (слика 24.а). На резној ивици кашике ствара се сила за 15-30% већа него код радних уређаја са обрнутом кашиком истог типа багера. Немогућност да се ова сила користи услед мале масе машине, условила је примену специјалне технологије рада са

малим радијусима, који не премашују 0,4-0,5 радијуса дејства ове машине. На овим радијусима они могу да реализују укупну расположиву силу (слика 25.б).

Због тога се ове машине опремају кратким стрелама и ручкама често исте дужине, реда 4-5,5 *m* код великих машина. Овим обезбеђује високу цикличност и откопавање на радијусима, који задовољавају рад багера чије су масе и до 200 *t*. Хидраулични багери са нормалном кашиком већих снага са малим - кратким стрелама и ручкама имају један цилиндар за истовар кашике окретањем или за окретање задњег зида кашике. Уколико се ради о расклопној кашици, тада имају још један цилиндар за истовар кашике.

Један цилиндар служи за окретање ручки и два за подизање и спуштање стреле. Угао окретања ручки ка стрели мења се од 45 до 120 односно 130°, а угао окретања кашике ка оси горњег дела ручки - од 60 до 130°. Ови углови омогућавају да велике машине (масе до 200 *t*) могу да имају максимални радијус копања до 12 *m*, максималну висину копања до 14,5 *m*, висину истовара до 10 *m* и дубину копања до 5 *m* [5].



Слика 27. Дубински лопата багера са точковима [2]

Радни уређај са обрнутом (дубинском) кашиком (слика 27) представља једну од основних врста радног уређаја код хидрауличних багера, обзиром да је примена обрнуте кашике доста честа.

Дужина полуга и њихова позиција се бирају тако да би се обезбедио максимални угао обртања кашике од 175-180°. Ход полуга, димензије и капацитет хидрауличних елемената усклађује се са дужином елемената циклуса [5].

Радни уређај са кашиком грабилицом (грајфером) примењен је доста широко код хидрауличних багера чија маса не прелази 65 *t*, а запремина кашике око 5 *m*³ и то за утовар крупних стенских комада, разне помоћне радове, радове под водом итд. За кашике грабилице користе се нормалне стреле радног уређаја

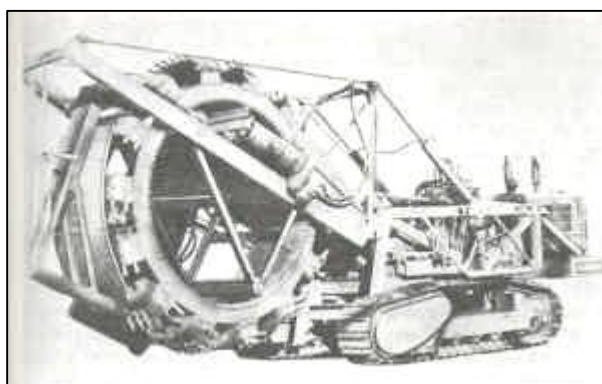
хидрауличног багера са обрнутом кашиком и уместо ручки, ради обезбеђења покретљивости - кратки наглавци којима се управља хидрауличним цилиндрима. Маса грабилице на 1 m³ запремине, а код вишекрилних, односно вишеперајних на 1 t масе износи око 0,9-1,1 t [5].

Мини багери (eng. *mini excavator*) су умањене врло сличне конструкције великих хидрауличних багера. Користе се за мање ископе и рад у градским условима, тамо где је узак фронт рада. Понекад имају гумене гусенице да не би уништавали травњаке или асфалт. Стандардно их праве исте фирме.



Слика 28. Мини багери

Ровокопачи, тренчери (eng. *trencher*) су посебна врста багера за ископ врло дубоких, а уских ровова у земљи и шљунковитом материјалу. Уобичајено се зову тренчери. Тренчери за ископ рова у тлу слични су багерима ведричарима с колом или ланцем мањих ведрица. Постоје различита конструктивна решења ових багера. Подврста њих су дренаполагачи, за постављање цеви или неких других водова у ископане ровове.



Слика 29. Ровокопачи, тренчери

Телескопски багери (eng. *hydraulic excavator with telescopic boom*) су универзални хидраулични багери с крутим краком који се продужује телескопским, по потреби. Дохват је око 20 m. Све врсте телескопских кракова су окретне у пуном кругу. Ови багери се користе за разастирање и планирање

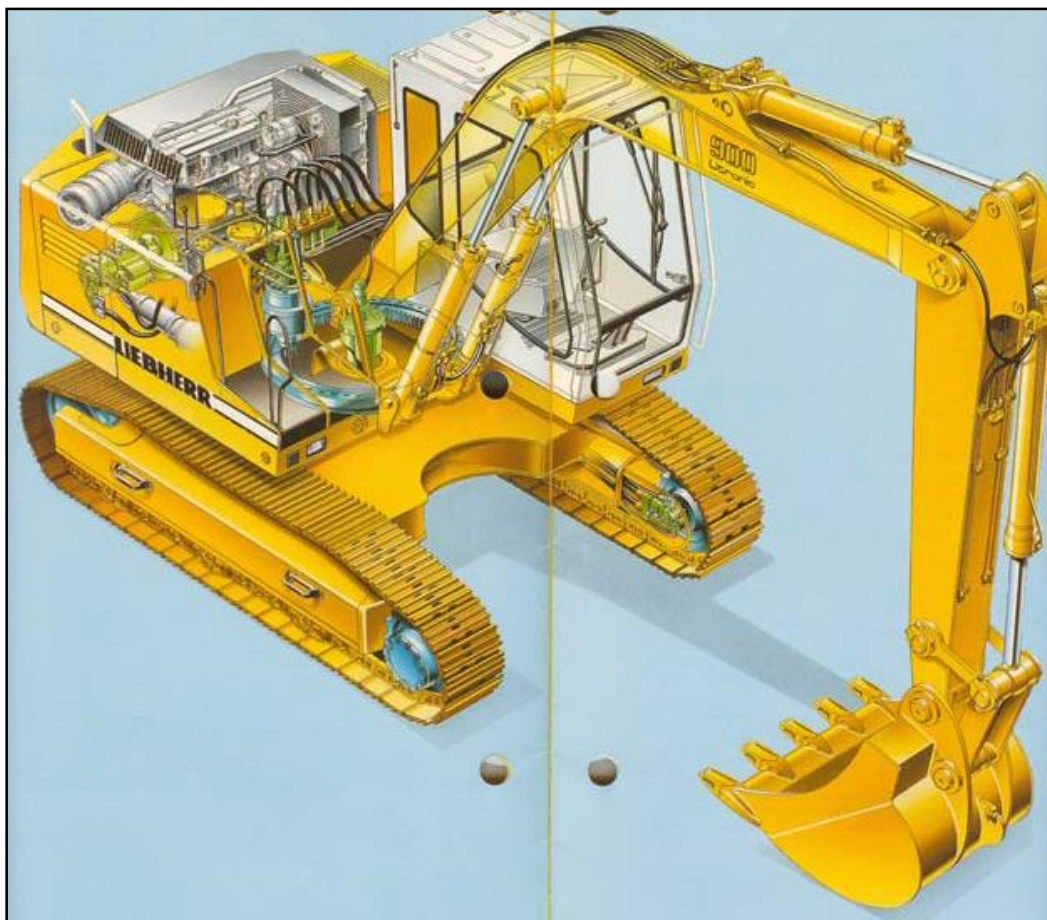
земљаних материјала, израду насипа, чишћење и уређење водотокова, затим у тунелоградњи и сл. Могу бити на гусеницама или на камионском постољу (телескопски аутобагери).



Слика 30. Телескопски багер

Основни делови багера су:

- ❖ Носиви део: постоље-шасија са гусеницама и точковима која носи радну-обртну платформу са кућиштем за погонски мотор и хидраулични систем.
- ❖ Мобилни део: дво/тро-делни механизам руке, са хидрауличким цилиндрима за покретање.
- ❖ Погон: дизел-мотор (хидрауличка турбина). Електро погон се користи само за стална радилишта-каменолами и сл.
- ❖ Трансмисија: хидраулична.
- ❖ Радни орган: кашика, различитих облика (према намени-врсти ископа: уске, широке, са зубима) и величина (0,25-0,5-0,7-0,9-1,1-1,3-1,5-1,8- 2,0 m^3) – за рад у грађевинарству.
- ❖ Снага погонског мотора је најчешће у распону од 80 - 400 kW, маса машине је 10 - 40 t, радни фронт-дохват: висина 6 - 12 m, дубина 5 - 8 m, даљина 6 - 9 m, систем управљања (команде) су хидрауличне, са притисцима уља у систему од 10 - 25 Pa и 40 MPa.



Слика 31. Конструкција багера [7]

4.2 Скрејпери

Потиче од енглеске речи „to scrape“ eng. <skrejp> што значи стругати, гребати. Настао је као варијанта булдожера (има проблем осипања материјала при транспорту). Прво је коришћен као вучени уређај, а онда и као самоходни – мото-скрејпер. Намена му је ископ/утовар – транспорт – разастирање (4 до 5 *m* дубине код природно влажних материјала). Уз претходно разривање ријачима); слаб ефекат има са песком – просипа се. Стандардне транспортне даљине су му од 500 – 1.500 *m*. Ради само са одређеним врстама материјала и уз одговарајућу влажност. Терен мора бити без већих подужних и попречних падова, раван, широк и необрастао.

Састоји се од посебно обликованог предњег дела - неке врсте машине која подсећа на трактор са гуменим пнеуматичима, носивог оквира на који је обешен посебно обликовани сандук или тзв. скрејперски кош (по коме је цела машина добила име), задњег носећег дела такође на гуменим пнеуматичима. Отварањем дна сандука и спуштањем посебно обликованог ножа изводи се у смеру кретања ископа тла стругањем, а сандук се истовремено пуни. При пражњењу сандука, његово отварање је у другом смеру од смера кретања саме машине. Може имати сандук са елеватором који олакшава његово пуњење.

Скрепер такође може имати погон и вучу (моторе), осим на предњим и на задњим точковима. Данас се користи углавном за изградњу путева и то у јединицама Северноатланског савеза - НАТО пакта. Полако нестаје из употребе јер га учинком потискује комбинација: хидрауличних багера и утоваривача са камионима киперима и дамперима.

Трактор скрејпера може поред пнеуматика бити и гусеничар, са једном или две осовине. По капацитету скрепери се деле на:

- ❖ Скрејпере мале запремине (до 6 m^3),
- ❖ Скрејпере средње запремине ($6 - 15 \text{ m}^3$),
- ❖ Скрејпери са великом запремином (15 и више m^3).

Конструктивно се разликују:

- ❖ Вучени скрејпер - код кога су трактор за вучу и скреперски кош два одвојена елемента,
- ❖ Мотоскрејпер - машина која представља јединствену целину.



Слика 32. Скрејпер [8]



Слика 33. Троосовински скрејпер [7]

4.3 Грејдери

Грејдер (eng. *grader, motor grader*) је врло брза, покретљива машина за разастирање, планирање и обликовање свих врста растреситих материјала. Грејдер чини тракторска основа на гуменим пнеуматичима (два или четири позади, два напред), на чији је средишњи оквир (повезује предњи и задњи део) учвршћен у свим смеровима дугачак и узак нож. То је основни алат чија покретљивост у радним положајима даје грејдеру обележја универзалне грађевинске машине. Може бити с предње стране опремљен мањим дозерским ножем, а са задње ријачем који омогућују олакшан ископ разарањем неких врста тла.

Намењени су за:

- ❖ Фино планирање и прецизно профилирање сипких материјала; евентуално мешање (eng. *mixing*) материјала за стабилизације,
- ❖ Ископавање мекших материјала (хумус, песак, шљунак) у слојевима,
- ❖ Специјално ископавање (риголи, јаркови) и уређење косина усека и насипа.

Грејдери могу бити вучени (прикључени) и самоходни, такозвани мотогрејдери. Код вучених грејдера разликују се два следећа типа:

- ❖ Лакши тип са вучном силом од 30 до 40 kN,
- ❖ Тежи тип са вучном силом од 100 до 120 kN

Табела 1. Класификација мотогрејдера [8]

Мотогрејдер	Тежина	Снага мотора
лаки	70 - 90 kN	45 - 55 kW
средњи	100 - 120 kN	65 - 75 kW
тешки	130 - 150 kN	115 - 135 kW
нарочито тешки	170 - 230 kN	275 - 315 kW

Састоји се од носивог дела:

- шасије (са мотором и кабином) која у предњем делу прелази у издужени рам који носи предњу (управљачку) осовину и радни орган – нож,
 - мобилног дела: три осовине са пнеуматичима,
 - погона: дизел мотор са хидрауличном турбином,
 - трансмисије: хидраулична,
 - радног органа: нож (главни); предњи нож и рипери (помоћни),
 - управљање је уз помоћ хидрауличних команда, са системима вођења:
- ❖ визуелно вођење- руководиоца користи ознаке на колчићима са стране, процењује положај ножа и ручно активира хидрауличне команде, настојећи да нож доведе у жељени положај,
 - ❖ електро-механичко вођење,

- ❖ електрооптичко (ласерско) вођење,
- ❖ ГПС-пријемник за вођење монтиран на ножу, и спрегнут са компјутерским системом који обрађује дигиталне информације и на бази утврђене разлике даје инструкције командном систему за померање ножа.

Дужина машине је 6 - 10 *m*. Ширина ножа 3,5 – 5 *m*. Снага 80 – 150 *kW* (отпори нису велики), брзине напред: I-VI (max. 45 *km/h*), брзине назад: I-VI (max. 35 *km/h*).



Слика 34. Грејдер [7]

4.4 Утоваривачи

Утоваривачи (eng. *loader*) се користе за утовар везаног и неvezаног земљаног материјала, или за ископ земље прве и друге категорије и утовар. Утоваривач је самоходна машина, а радни орган је издужена кашика, монтирана на трактору са гусеницама или пнеуматичима. Запремина кашике се креће од 0,3 до 4,0 m^3 , а може бити и већа. Принцип који треба користити за остварење економичног рада транспортних возила је да она морају бити 3 - 5 пута веће запремине од запремине утоварне лопате. Руковање је помоћу механичких или хидрауличних команди. Утоварном лопатом утоваривач захвата материјал, те га истреса углавном чеоно или бочно у транспортно средство. Због тога у раду изводи тзв. "V" кретање. Код стандардних зглобних утоваривача на гуменим пнеуматичима предњи точкови и утоварна лопата зглобно су везани за задњи део машине на другом пару пнеуматика. Гумени пнеуматици утоваривача су најчешће заштићени од оштећења мрежом ланаца која их обавија. Могућност вишеструке измене радних алата даје утоваривачу обележје универзалне грађевинске машине. Посебне целине чине багери - утоваривачи (комбинирке),

телескопски утоваривачи, тунелски (подземни) утоваривачи посебно конструисани за рад у подземљу, затим мини утоваривачи.

У зависности од конструкције утоваривача и начина рада могу да врше утовар:

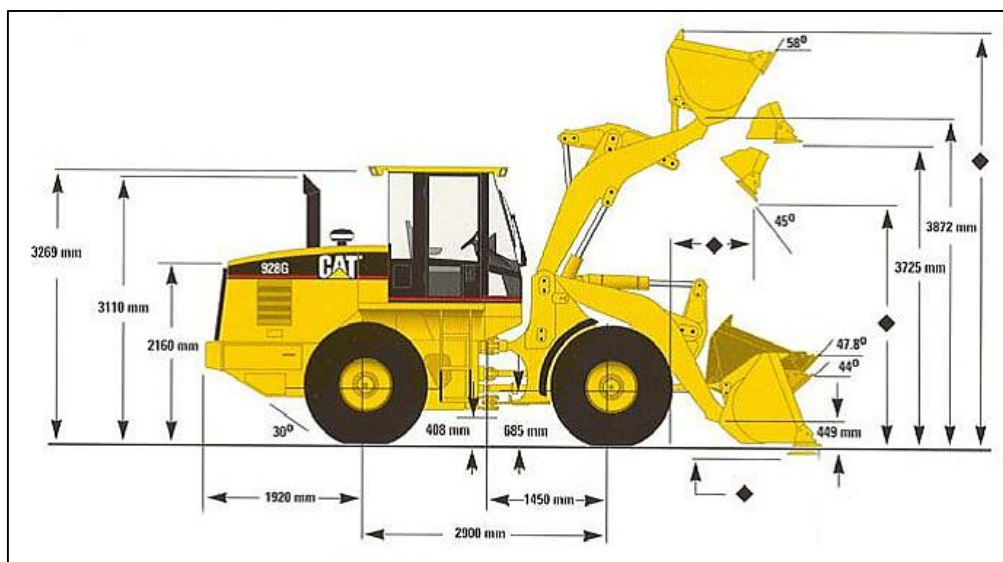
- ❖ са чела,
- ❖ "преко главе", тј. преко себе,
- ❖ са стране – бочно.

По врсти погона постоји друга подела на оне:

- ❖ Са мотором са унутрашњим сагоревањем,
- ❖ Са пнеумо погоном,
- ❖ Са дизел - електричним погоном.

Према врсти уређаја за кретање деле се:

- ❖ Точкаше на пнеуматцима,
- ❖ Точкаше за кретање по шинама,
- ❖ Гусеничаре.



Слика 35. Конструкција утоваривача [7]

Састоји се од носивог дела:

- ❖ шасије (крута или зглобна-чешће) која носи осовине, мотор, кабину и механизам са кашиком/лопатом,
- ❖ мобилног дела: осовине са точковима (често имају мрежу од ланаца као заштиту и ради повећања силе),
- ❖ погона: дизел-мотор,
- ❖ трансмисије: хидрауличне,
- ❖ радног органа: кашика/лопата, са носивим зглобним механизмом и хидрауличким системом за померање,
- ❖ управљања: хидрауличке команде.

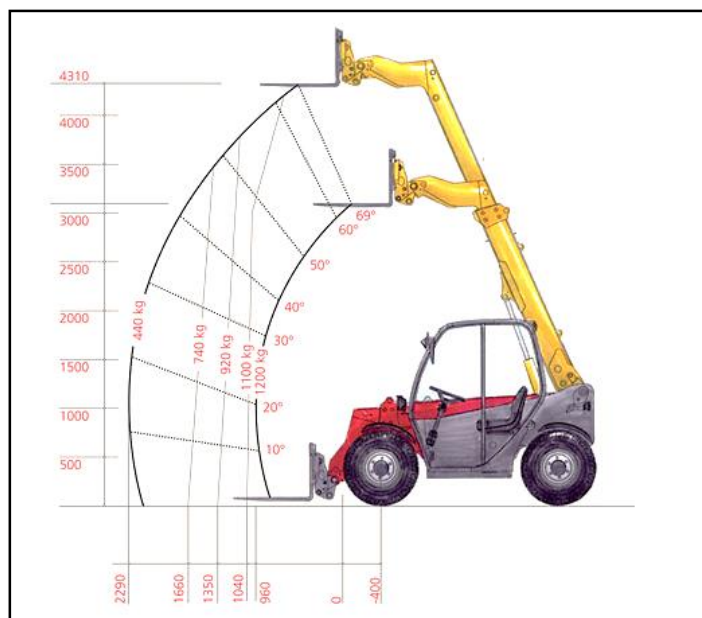
Запремина кашике је 1,5, 1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 m^3 /код мини утоваривача запремина кашике је 0,2 - 0,5 m^3 . Снага: 80-200 kW , брзине кретања: напред I-IV (до 40 km/h); назад I-III (до 30 km/h).

Мини утоваривачи (eng. *skid -steer loader*) су мали, робусни, врло покретљиви и у месту врло окретни утоваривачи на пнеуматичима, намењени за утовар и пренос свих земљаних материјала. Предња утоварна лопата учвршћена је на задњу страну возне конструкције, па могутоварити преко себе. Покретљивост се постиже могућим независним окретањем свих пнеуматика. Посебно је битно да постоји могућност измене разних алата и спреда и позади на додатном багерском краку. То га чини универзалном грађевинском машином и готово је немогуће да било какав рад у градским условима - реконструкција улица прође без мини утоваривача. Постоји велики број различитих мини утоваривача у смислу њихове величине, снаге, концепције кретања, а такође постоји 20-так алата који се монтирају на њега.



Слика 36. Мини утоваривач [8]

Телескопски утоваривачи - хандлери (eng. *telescopic materials handlers*) су посебна врста утоваривача на врло покретљивој возној конструкцији са гуменим пнеуматичима са телескопским (продужним) краком, који се може кретати у хоризонталном и вертикалном смислу. Користи се за утовар, пренос и дизање свих врста грађевинских материјала. Такође користи се као покретно постоље за рад на висини и положајима који су тешко доступни са земље или другим начинима. Постоји могућност коришћења више радних алата, што га чини универзалном грађевинском машином.



Слика 37. Телескопски утоваривач [8]

Тунелски (подземни) утоваривачи (eng. *underground loaders*) је посебна врста утоваривача за утовар и пренос свих врста растреситих материјала у тесним подземним просторима и тунелима. Постоји неколико врста конструкција тунелских утоваривача. Једни су ниски зглобни подземни утоваривачи на гуменим пнеуматцима с великом утоварном лопатом која је зглобно везана на задњи део машине. Други су мањи тунелски утоваривачи на гусеницама, пнеуматцима или шинама, који товаре транспортна средства пребацавањем утоварне лопате иза себе. Могу бити на дизел, електрични, хидраулични или пнеуматски погон. Посебна врста су утоваривачи са грабилицом који захватају материјал у транспортну траку која кроз њих пролази, те тако допремају материјал иза себе. Конструктивно, по снази, прикључцима и сл. разликујемо огроман број ових машина.



Слика 38. Тунелски (подземни) утоваривач [8]

4.5 Трактори

Трактор је возило на моторни погон конструисано да вуче, потискује или носи измењива оруђа за разне привредне радове, односно да служи за покретање таквих оруђа или за вучу прикључних возила. Трактор је возило специјално дизајнирано да пружи високу вучну силу при мањим брзинама, за потребе вучне приколице или машине које се користе у пољопривреди. Реч трактор је преузета из латинског језика, као заступник именице *trahere* – да се повуче. Прва забележена употреба речи која значи “мотор или возило за вучу кола или плугови” догодила се 1901. године. Трактор репрезентује најважнију машину у пољопривреди, конструисану да вуче и погони варијанте разних прикључних машина и додатака примењених у комплексним технолошким операцијама пољопривредне производње. Данас се на многим поседима индивидуалних произвођача употребљава трактор са прикључцима у обради земљишта, ђубрењу, сетви, неги, заштити од биљних болести и штеточина, берби и транспорту пољопривредних производа као и за многе радове у сточарству. Конструкционе карактеристике трактора који се користе у високо-развијеним земљама у задњих 30 година су се значајно промениле. Западно-европски и северно-амерички земљорадници захтевају модерне, тзв. “*high-tech*” тракторе, опремљене најновијим техничким достигнућима која омогућавају високу продуктивност и ефективност. Трактор се, током друге половине XIX века и прве половине XX века, развио у данашњу, конвенционалну форму. Сама конструкција трактора се користи предностима распореда тежине на задње погонске тачкове, што доводи до повећања вучне силе. Овако конструисано возило је веома стабилно у хоризонталној равни због тога што прикључна машина прати путању трактора, а својим отпором кретању доводи цео агрегат у праву линију [9].

Пољопривредни трактори се могу поделити према својим конструктивним карактеристикама и намени.

Према врсти употребних мотора деле се на:

- ❖ тракторе са ото мотором (Otto-motor - бензиски мотор)
- ❖ тракторе са дизел-мотором (Diesel-motor).

По врсти уређаја за вожњу односно типу ходног система трактори се деле на:

- ❖ тракторе са точковима,
- ❖ тракторе гусеничаре,
- ❖ тракторе са точковима и гусеницама.

Од стандардних трактора користе се једноосовински или двоосовински точкаши (или гусеничари) са дво- или четворотактним дизел или бензинским мотором, који може да има 1 - 4 цилиндра [9].

Једноосовински трактори имају предност за мање површине и за земљишта лакшег механичког састава. Вучна снага им је до 10 kW. Обично имају два точка (ређе само један), полуге са руковима уз помоћ којих се управља, бензински или дизел мотор, рам за прикључке и контратегове са предње стране (код једноосовинских трактора веће снаге) због повећања учинка вучне силе трактора при тежим радним операцијама (дубоко орање).

Двоосовински трактори могу бити са погоном на задњим точковима или на сва четири точка уз могућност блокирања диференцијала. Зглобна конструкција омогућава маневрисање на мањим површинама. Вучна снага им је обично од 10 - 50 kW (али и до 480 kW) што је довољно за већину радних операција.



Слика 39. Трактор са точковима [10]



Слика 40. Трактор гусеничар [11]

Код трактора гусеничара ходни систем су посебно конструисане гусенице. Нова техничка решења и посебна прилагођеност електричне трансмисије и ходног система, чине трактор гусеничар знатно конкурентнијим у односу на тракторе са точковима.

Задатак трансмисионих уређаја трактора је да располаживу снагу мотора пренесу на погонске точкове који могу бити задњи (4 x 2) или задњи и предњи (4 x 4). У трансмисији се велики број обртаја мотора редукује на мали број обртаја погонских точкова чиме се постиже одговарајућа брзина потребна за рад у пољу. Пренос снаге од мотора до погонских точкова иде преко спојнице, мењача брзина са редуктором, конусно-тањирастог преносника, диферен-цијала, полуосовина и завршних преносника.



Слика 41. Идеја трактора будућности [12]

4.6 Булдожери

Булдожер је једна од најпотребнијих машина готово на сваком површинском копу, јер обавља низ помоћних радова и операција у производним процесима откривке, добијања и др. Булдожери се по снази деле на мале (до 100 kW), средње (100 - 250 kW) и велике (> 250 kW).

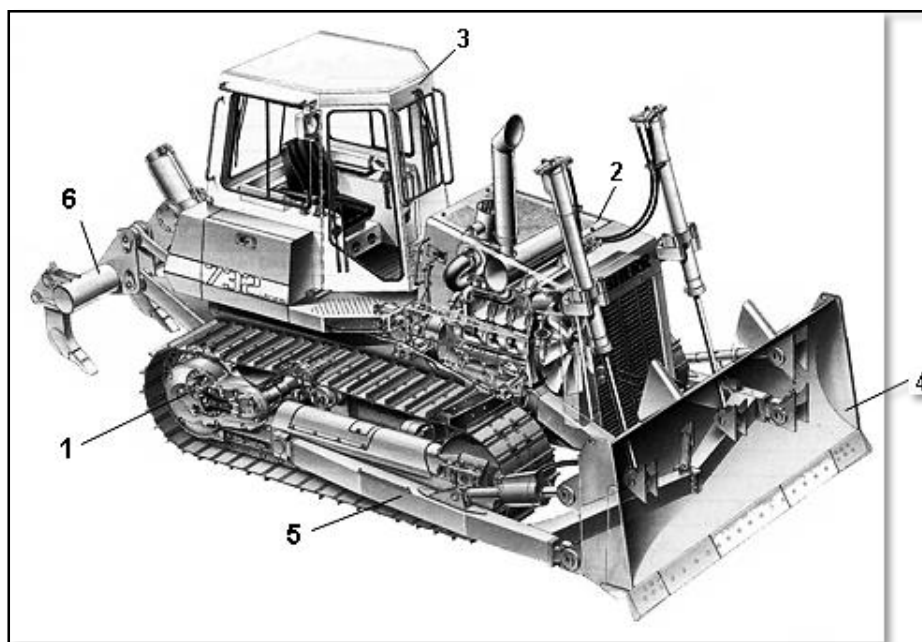
По уређају за транспорт разликују се булдожери на гусеницама и на точковима који могу бити и зглобни.

Булдожери на точковима нарочито са погоном на сва четири точка у последње време све више потискују булдожере на гусеницама, нарочито на лакшим радовима, већим удаљеностима транспорта стенског материјала и премештања, већој раздаљини градилишта и површинских копова где постижу знатно већи капацитет и мање трошкове. Велики недостатак булдожера на точковима је ограничена вучна сила по услову силе точкова са подлогом, нарочито на влажним глиновитим стенама и лошим климатским условима. За такве услове још увек остају незаменљиви булдожери на гусеницама.

Булдожер врши копање обично у првом степену преноса на тај начин што спушта плуг који се зарива у тло и одваја рез дебијине 20 - 50 *cm* зависно од чврстоће стене. Одвојени стенски материјал се скупља испред плуга образујући вучне призме до његове висине када се подизањем плуга прекида даље копање, па булдожер врши само транспорт (премештање). У процесу транспорта се један део стенског материјала губи, па се зависно од намене булдожера бира одређени облик и димензије плуга.

Главне делови булдожера су (слика 42):

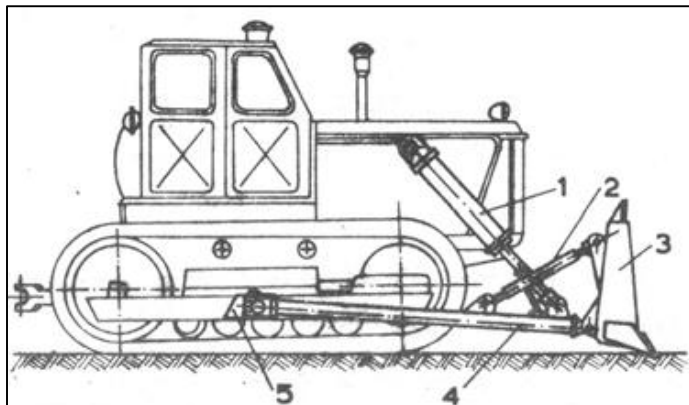
- ❖ возни уређај (обично на гусеницама – ради мањег специфичног притиска на тло, а ређе на точковима),
- ❖ погонски мотор (дизел мотор велике снаге, и до 850 *kW* (нпр. Caterpillar D11R-CD: 698 *kW*, Komatsu D575: 858 *kW*), зависно од величине машине),
- ❖ управљачка кабина (с добром амортизацијом седишта возача),
- ❖ радни елемент - дозерски нож (раоник, плуг); то је закривљена челична плоча на доњем делу ојачана тврђим металом, обично легираним челиком (оштрица, сечиво),
- ❖ носећи оквир ножа са хидрауличким цилиндрима за манипулисање ножем (дизање, спуштање, закретање и потискивање),
- ❖ риачки (риперски) уређај – поставља се на задњи део машине у сврху претходне припреме тврђег тла, како би се лакше обавио ископ гурањем (риачки уређај се састоји од 1 или више зубаца који се забијају у тло и разваљују га).



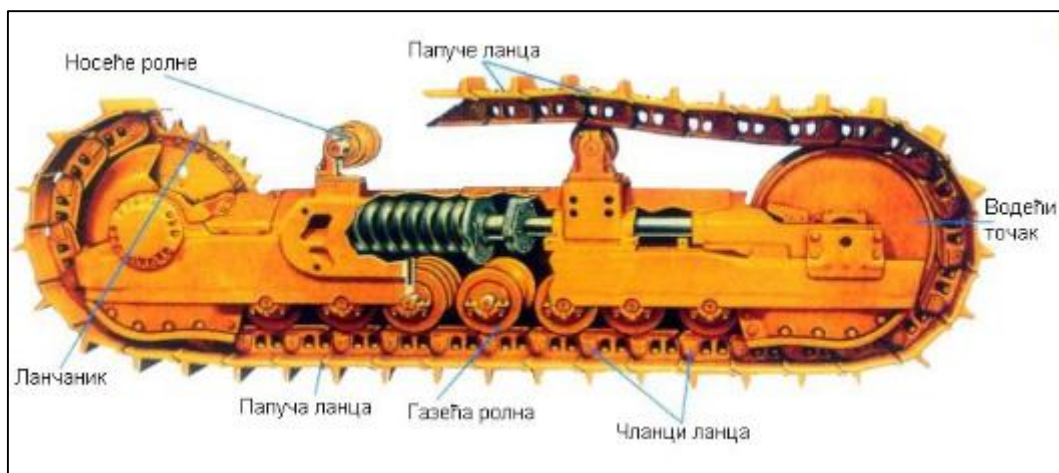
Слика 42. Основни делови булдожера [6]

Код булдожера је нож постављен на уздужну осу саме машине тј. смер кретања и круто је везан на носећи оквир тако да се заједно са оквиром може

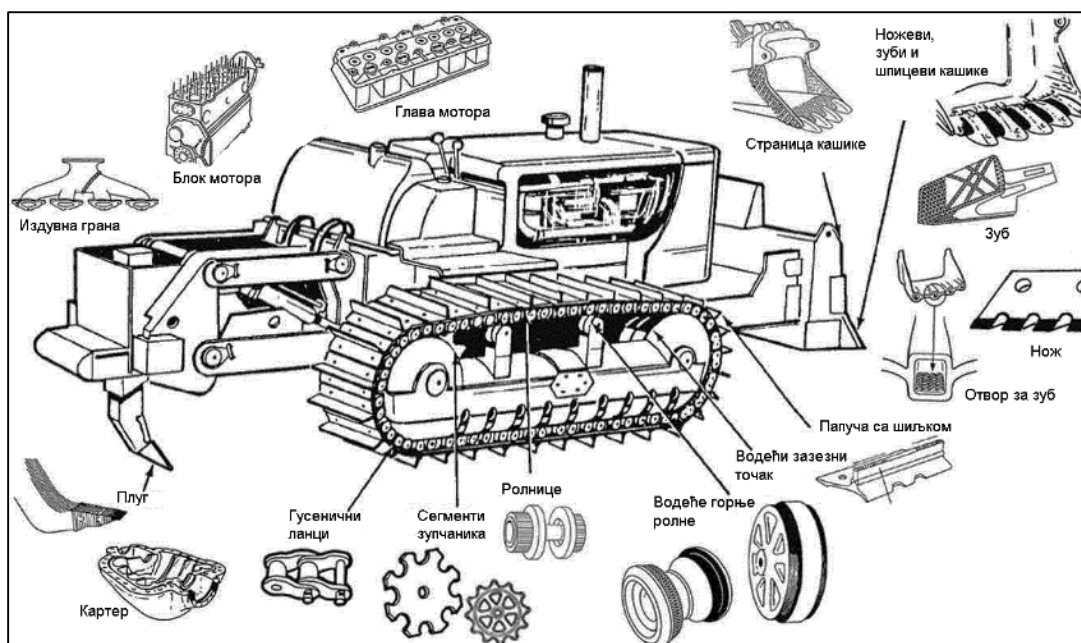
померати само у вертикалном смеру, што значи да се може само подизати и спуштати (слика 43). Булдожер се користи за претходно наведене намене (скидање хумуса, ископ, гурање и премештање ископаног материјала, планирање (равнање), расчишћавање терена, итд.



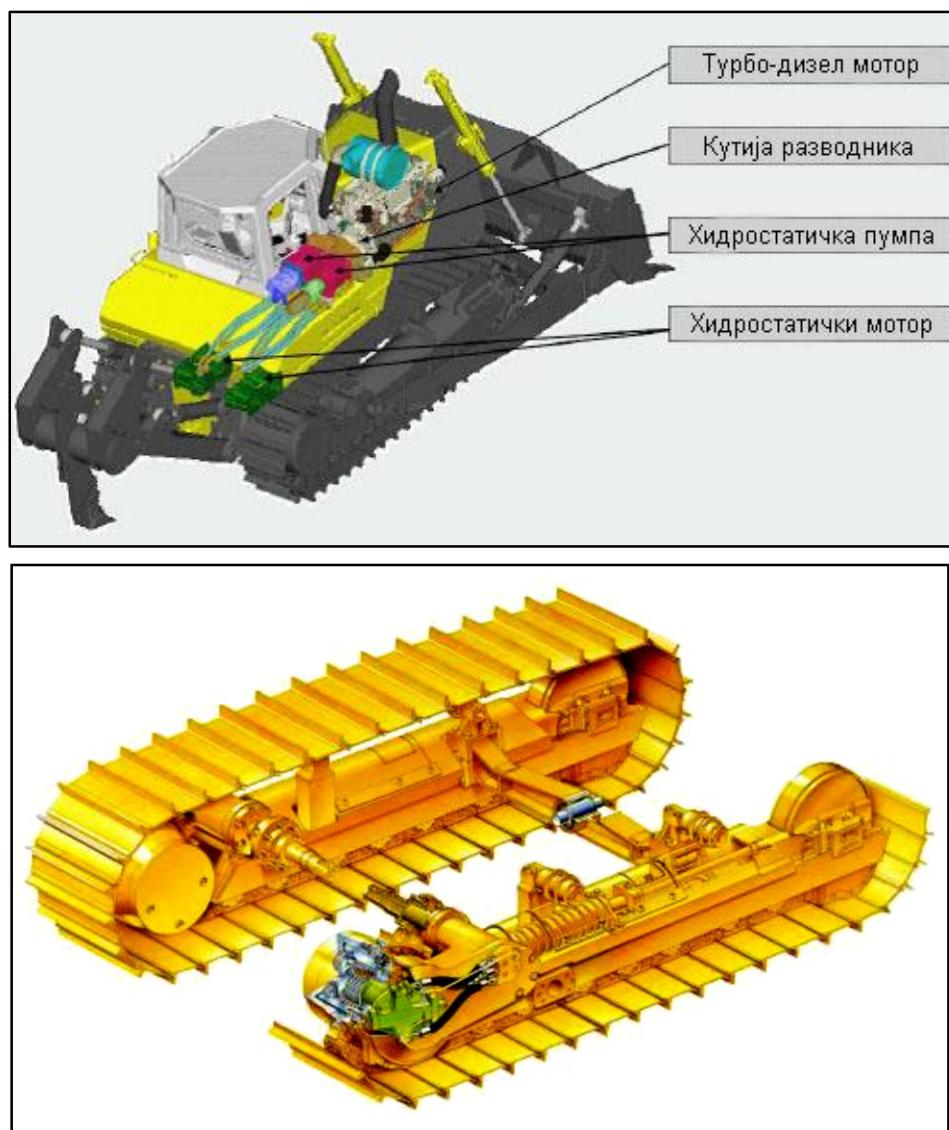
Слика 43. Радни орган булдожера (дозера са неокретним плугом); 1. цилиндар за подизање плуга; 2. дијагонале (косници); 3. плуг; 4. греда рама (носача плуга); 5. ослонац греде.



Слика 44. Доње постројење [13]



Слика 45. Шема радних делова булдожера [6]



Слика 46. Систем трансмисије булдожера LIEBHERR PR 752 LITRONIK и хидростатички пренос снаге [14]

Хидраулички систем на булдозеру TD 40M у свом склопу има хидраулички систем за радне елементе машине и хидраулички систем за погон вентилатора. Ова два система, међусобно су одвојена али користе исти резервоар за уље, због ефикаснијег рада система. Овај систем је врло сложен и у њему се налази поред резервоара за уље и три зупчасте пумпе (једна је за погон радних елемената, друга пумпа за управљање и претакање уља из мењача и трећа пумпа за погон вентилатора за хлађење машине), хидроцилиндри, једносекцијски, тросекцијски разводници, вентил растеређења, вентили сигурности, неповратни вентили, усмеравајући вентили, као и хидромотор који се налази на хладњаку мотора преко кога се енергија доведена хидростатичким начином преноса енергије претвара у механичку енергију обртања пераја вентилатора [15].

У систему се развијају велики притисци, до 270 bar, па стога систем мора бити веома поуздан и сигуран. И сама експлоатација машине то налазе, пошто

машина ради у врло тешким условима што директно делује на хидраулички систем, конкретно при заглави машине врло често се начин њеног вађења заснива на снази њене хидраулике.

Сам булдожер TD 40М спада у категорију такозваних „деветки“ чија маса износи 45 тона и висине преко 3,5 m. Због саме масе и његове величине мора имати јаку и сигурну хидраулику. Поготово што сам нож (радни елемент) булдожера тежи 7 тона.



Слика 47. Булдожер TD 40М

4.7 Дозери

Настали су у II светском рату, ради изградње аеродрома, монтажом ножа на тенк, добијен је прототип булдожера. Имао је механичку трансмисију путем зупчаника, добоша и ужади (која је била врло осетљива на тешке услове рада и велика напрезања), па је шездесетих година замењена хидрауличком трансмисијом.

Дозери су најзаступљеније помоћне машине на површинским коповима угља, како по врсти тако и по обиму помоћних радова који се њима могу успешно обављати. Од мноштва помоћних радова који се по правилу обављају дозерима најважнији су: израде траса за транспорт багера и одлагача, израде планума за померање транспортера, нагуривање расутих маса у зону дејства роторног точка, разбијање и планирање “венаца” одложеног материјала на одлагалиштима, израде траса за саобраћајнице, израде рампи, обликовање косина, чишћење етажа и транспортних путева, вуча погонских и повратних станица, итд. Дозери се у основи састоје од базне машине (трактора на гусеничном транспортном уређају или на пнеуматичима) и овесног радног органа чији је основни елемент плуг.

Дозери се могу класификовати по бројним обележјима:

- ❖ по номиналној вучној сили базне машине,
- ❖ по снази мотора базне машине,
- ❖ по типу транспортног уређаја,
- ❖ по начину управљања,

- ❖ по положају тј. могућности заокретања плуга у хоризонталној и вертикалној равни,
- ❖ по намени, итд.

По номиналној вучној сили дозере можемо класификовати на:

- ❖ веома тешке (изнад 300 kN),
- ❖ тешке (250 ÷ 300 kN),
- ❖ средње (135 ÷ 200 kN),
- ❖ лаке (25 ÷ 135 kN) и
- ❖ веома лаке или малогабаритне (до 25 kN).

По снази мотора дозере можемо поделити на:

- ❖ веома снажне (изнад 300 kW),
- ❖ снажне (190 ÷ 300 kW),
- ❖ средње снаге (120 ÷ 190 kW),
- ❖ мале снаге (45 ÷ 120 kW) и
- ❖ врло мале снаге (испод 45 kW).

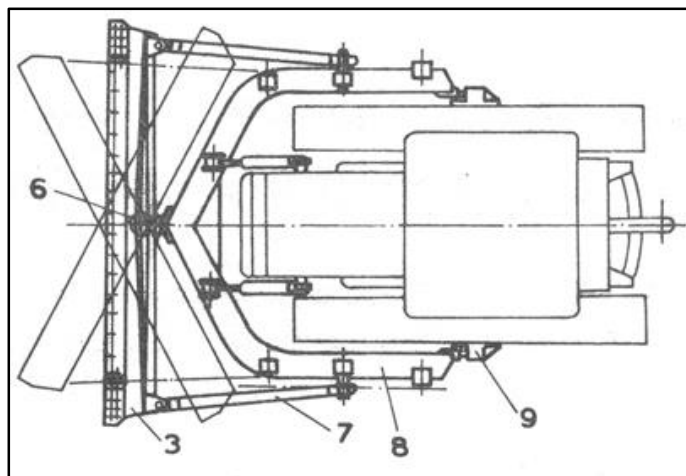
По типу транспортног уређаја, дозери могу бити на гусеничном транспортном уређају или на пнеуматичима, при чему у условима радне средине на површинским коповима угља, гусенични транспортни уређај има апсолутну предност. По начину управљања радним органом дозери могу бити са ужетним или хидрауличним системом управљања. Због немогућности принудног утискивања, резног дела плуга у тло, ужетни систем управљања је скоро у потпуности истиснут из употребе и замењен хидрауличним системом управљања радним органом. Наиме, хидраулични систем управљања обезбеђује интензивније утискивање резног дела плуга у тло и то на рачун могућности преношења дела тежине базне машине на резни део плуга.

Дозери су машине којима се обавља ископ и премештање земљаног материјала гурањем. Примењују се као основне и помоћне машине на површинским коповима (уз багере као главне), нпр. за скидање откривке, нивелисање терена, разбијање материјала пре ископа (применом рипера), и за експлоатацију минералне сировине ако се ради о мекшим и невезаним материјалима (нпр. готово увек се користе код експлоатације кварцног песка). На малим површинским коповима понекад се користе као главне машине за скидање откривке и/или површинског покривача. Такође се примењују код израде путева, за израду насипа и усека, за разастирање ископаног материјала, за набијање материјала на депонијама, расчишћавање терена - рушење и уклањање дрвећа, уклањање већих комада камења, пањева, растиња, корења, вуча других машина (набијача, транспортера), чишћење снега и др. задатке. У зависности од могућег положаја дозерског ножа и његовог облика, односно о примени дозера разликују се: булдожери, англдозери и тилтдозери.

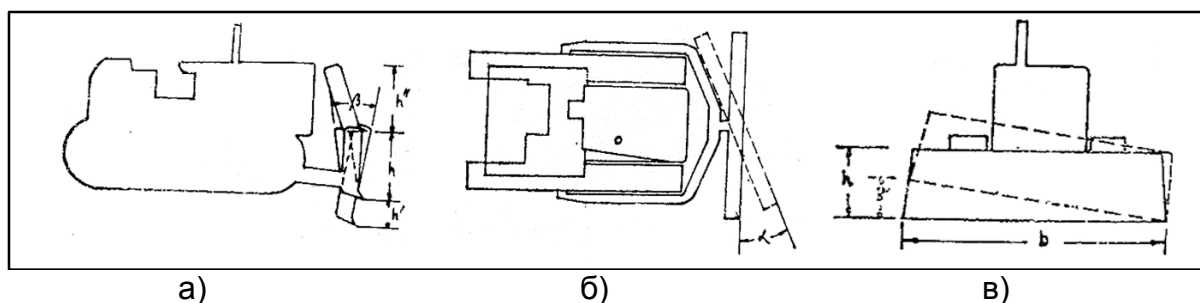
Код англдозера нож се може закретати за одређени угао око своје попречне осе, тј. може бити нормалан или закошен у једну или другу страну у

односу на смер кретања машине (слика 48). Коси положај ножа омогућује бочно гурање материјала (у страну), па су англдозери поготово прикладни за израду засека, расчишћавање терена, затрпавање канала, темеља, рупа и сл.

Тилтдозери су машине код којих се нож, осим око своје попречне осе, може за одређени угао закретати и у вертикалној равни (слика 49.в). Овај тип дозера се све више примењује јер може обављати све радове које обављају булдозери и англдозери. Предност им је и што положајем ножа могу створити услове за највећи могући притисак на материјал који се копа, па су погодни и за рад у тврђем материјалу.



Слика 48. Радни орган англдозера (дозера са окретним плугом); 3- плуг; 6- сферични (лоптасти) ослонац; 7- бочни ослонац; 8- рам; 9- ослонац рама



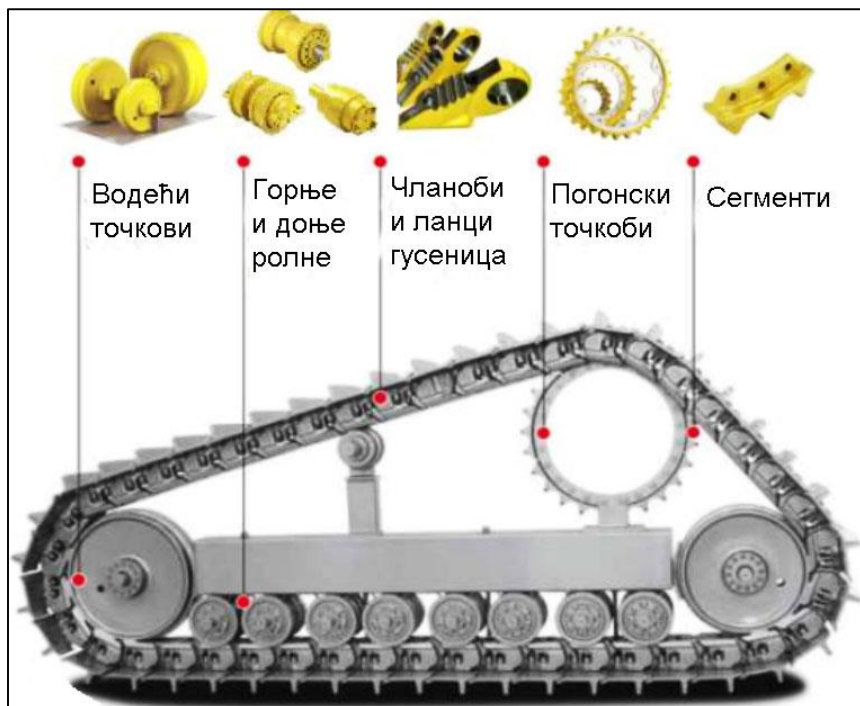
Слика 49. Типови дозера према могућем положају ножа: булдожер (а), англдозер (б) и тилтдозер (в) [3]

Намењени су за:

- ❖ ОСНОВНИ ИСКОП (ископ земљаних материјала, са гурањем и транспорт на краћа растојања (до 10 m), раскопавање чврстих материјала, уз помоћ наменског органа – риача/репера,
- ❖ ДОПУНСКИ (транспорт материјала на удаљеност 30 - 100 m, грубо планирање/разастирање земљаних и каменитих материјала,
- ❖ СПЕЦИЈАЛНИ (потискивање нпр. скрејпера, при ископу, обарање стабала, вађење-чупање пањева, тегљење – 'шлепање' машина и возила које су се “заглавиле”) [7].

Постоје три карактеристична начина ископа дозером:

- ❖ Раван ископ,
- ❖ Клинасти ископ,
- ❖ Гребенаст ископ.



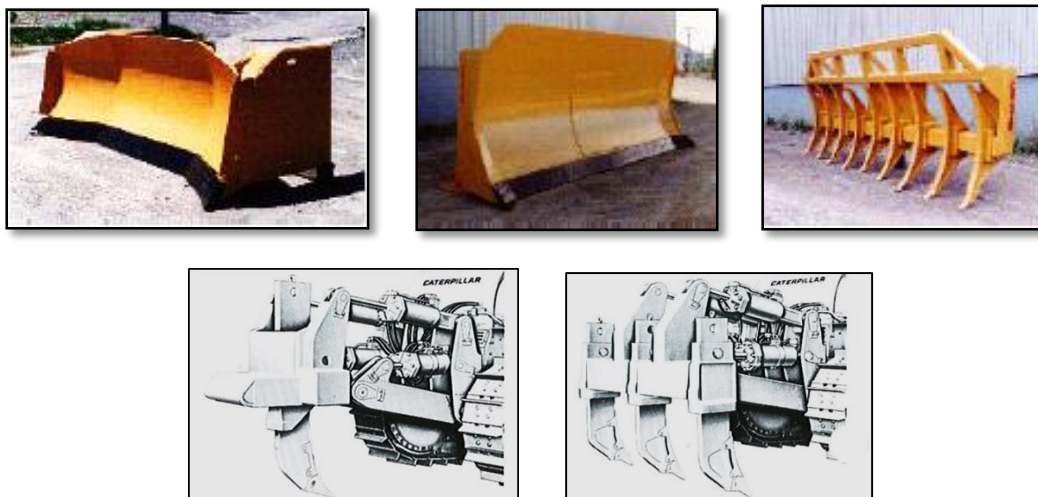
Слика 50. Делови гусенице дозера [16]

Основна машина има носиви део шасију на коју су фиксирани погонски мотор, возно постоље, рам са радним органом, кабина, хидраулични систем, затим мобилни део, кога чине: возно постоље – гусенице, са погонским и вођеним точком и низом мањих точкића за ослањање (0,6 - 1,2 m). Погон је дизел мотор, трансмисија: хидраулична (хидростатичка или хидродинамичка), радни орган чине:

- ❖ основни нож на раму са хидро цилиндрима за померање,
- ❖ допунски ријач са хидрауличним механизмом.

Нож дозера (eng. *blade*) је основни радни алат дозера смештен на његову возну конструкцију са предње стране. Може бити различито обликован, тј. може бити заобљен и са стране затворен (U - нож за ископ тврдог тла и каменог материјала), може бити раван (S -нож служи углавном за разастирање и планирање растреситих материјала), може се делимично закретати и подизати хидрауличним путем у свим ортогоналним равнинама. Нож може бити посебно обликован и ојачан на доњем делу, зависно од тога да ли се користи за планирање растреситих материјала или ископ каменог материјала. Нож исто тако може бити у облику решетке (чишћење терена) или двостраног рала (В-нож за чишћење терена од грмља и дрвећа) [3].

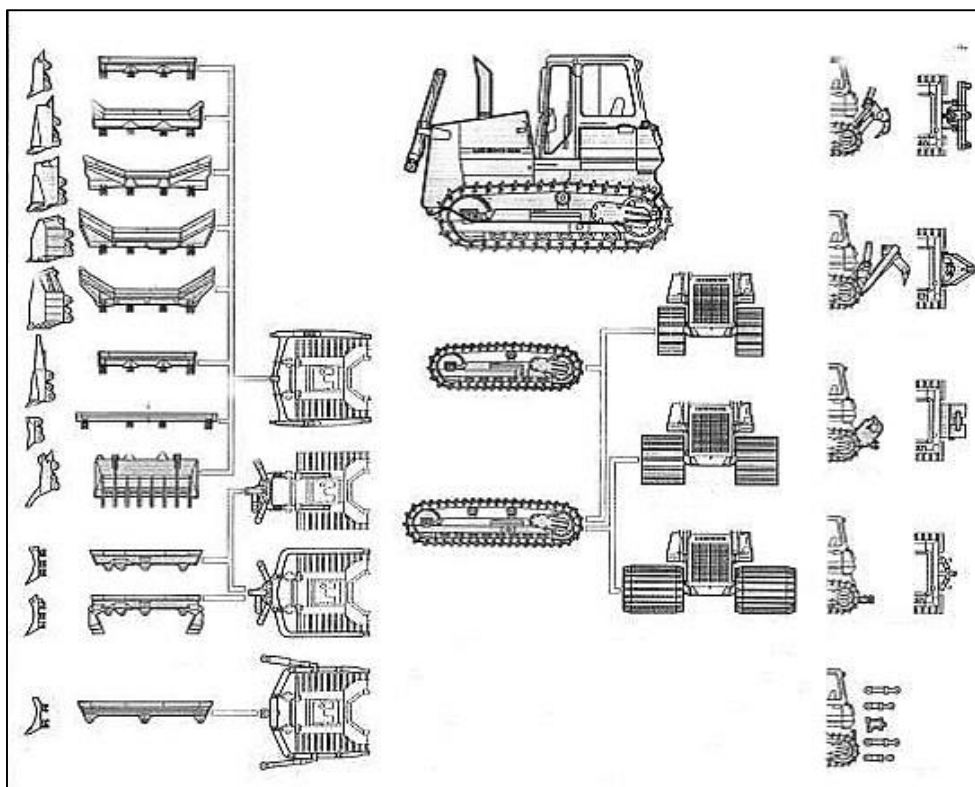
Ријач, рипер (eng. *ripper*) је алат за разарање тла или стене. Облика је неке врсте издуженог уског рала (сличног полусавијеном, мало дужем клину) које се утискује и повлачи кроз тло или стену. Учвршћује се углавном зглобно са задње стране дозера (најчешће) или дозер - утоваривача, а може и на грејдер. Може бити једнострук, двострук или трострук у смислу броја ријача. Може бити покретни и непокретни, с тим да се покретни више практикује јер се при наиласку на већу препреку сам подиже, док непокретни запиње и отежава рад. Једноструки ударни ријач у облику ударног чекића омогућава дозеру ископ свих врста стенског материјала.



Слика 51. Основни ножеви дозера, U-нож –ископ, равни нож – “лаки” ископ, разастирање, ријач-рипер [6]

Табела 2. Брзине кретања дозера (m/min) [8]

Врста тла	Операција			
	ископ	транспорт	разастирање	празан ход
песак, сува глина, земља без вегетације	50 - 80	60 - 120	70 – 120	100 - 150
влажна и тврда глина, смрзнута земља, тло са ниском вегетацијом	50 - 55	60 - 75	60 – 80	65 - 110
дробина, распаднути слојеви меканих стена, мокар и збијен шљунак	10 - 20	35 - 50	40 – 55	40 - 75



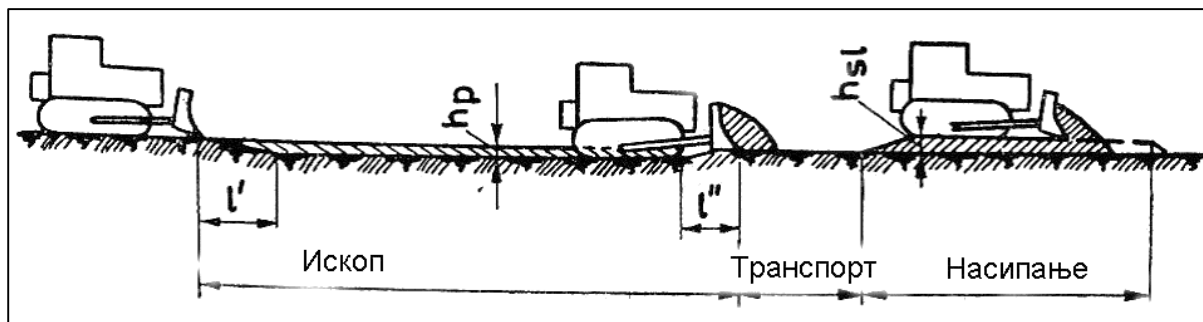
Слика 52. Основни и помоћни радни уређаји и алати, врсте гусеница [6]

Радни циклус дозера се у принципу састоји од кретања напред и назад, тј. од радног и повратног хода. У радном ходу, нож булдозера се спушта и утискује у тло до потребне дубине.

Покретањем саме машине према напред, испред дозерског ножа струже (реже) се слој материјала и на тај начин обавља његов ископ. Одвојени материјал скупља се испред ножа формирајући вучну призму. Кад та призма дође до висине горњег руба ножа, подизањем ножа до нивоа терена прекида се даље копање (ископ се обично завршава на дужини до око 10 m) и булдозер даље обавља само гурање (транспорт) ископаног материјала до места истовара или насипања. По завршеном истовару машина се с подигнутим ножем враћа уназад у почетни положај за ископ (повратни ход), те започиње следећи радни циклус. Просечне брзине кретања дозера при ископу (резању) крећу се од 2 до 4 km/h, при транспорту (гурању) материјала од 6 до 12 km/h, а у повратном ходу брзине су веће у сврху скраћења радног циклуса. Брзине кретања дозера на точковима са гумама су до 43 km/h. Код већих транспортних удаљености, ход булдозера је само према напред. Дубине засецања (резања) материјала крећу се од 0,1 до 0,5 m, зависно од његове компактности и чврстоће.

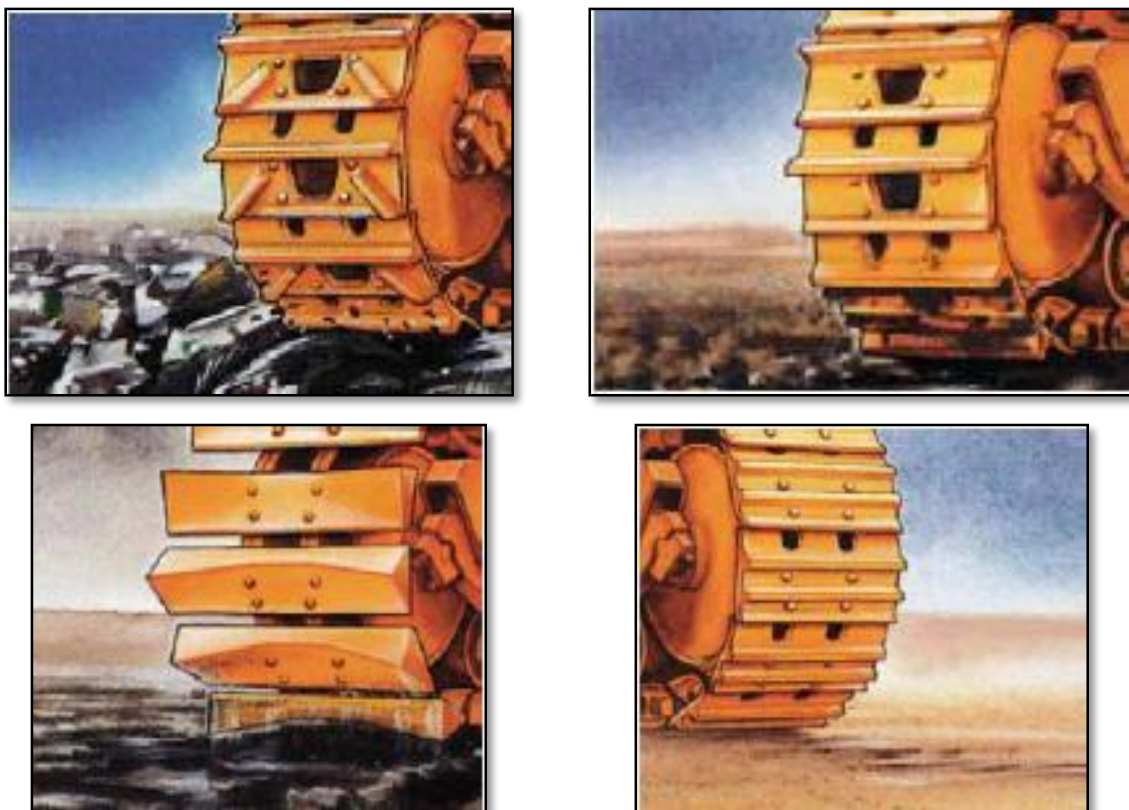
Гурање (транспортивање) материјала булдозерима економично је само на кратке удаљености (за булдозере на гусеницама оптималне транспортне удаљености се крећу од 30 до 60 m, а не препоручују се веће од 100 m; оптималне удаљености за дозере на точковима са гумама су од 40 до 150 m). Уопштено, што је дужи транспортни пут, већа су расипања материјала. Да би се

смањили такви губици материјала, булдозер редовно ради у плићем усеку (тзв. рад “у јарку”) а чест је и тзв. “тандем” начин рада, где се 2 булдозера крећу паралелно један до другог, чиме се остварује већа ширина јарка и већа количина захваћеног материјала. Код дозера увек ради или само ријач или дозерски нож. Ако се ријач не скида, а ради нож, тада се зубци ријача обавезно подижу путем хидрауличких цилиндара. Зубци ријача се у материјал потискују под деловањем властите тежине, тежине дозера и силе потиска хидрауличких цилиндара. Ради повећања деловања, ријач може имати дограђен допунски склоп помоћу којег зупци ријача делују на материјал и ударањем (вибрирањем).



Слика 53. Принцип рада дозера: ископ, транспорт, насипање (истовар) [3]

Гусенице (eng. *track*) су део постоља већине грађевинских машина дозера, багера, бушилица, транспортних средстава (дампери или мини дампери), сложених постројења (глодалице, финишери, покретне дробилице) за лакше и сигурније кретање по свим врстама подлога, клизавим и неравним теренима. Многе машине по гусеницама су и добиле назив као утоваривач гусеничар, багер гусеничар и сл. Омогућавају споро кретање, а тиме и велику снагу при ископу. Гусенице су у ствари велики бескајни ланци који се крећу -окрећу по челичним точковима. На ланцу се налазе мале учвршћене плочице, које се делимично преклапају. Гусеничари обавезно и најмање имају један пар гусеница. Гусеничар се окреће тако што једна гусеница не ради или стоји или се окреће у супротном смеру од друге стране. У зависности од врсте машине, тла и радова гусенице могу бити разне ширине и дужине, уже за рад на каменој подлози или шире за рад на слабо носивом тлу. Плочице имају такође велики асортиман - са једним или више уздужних ребара, са комбинацијом уздужних и косих ребара, са нижим или вишим ребрима, са већим или мањим преклопом или без преклопа.



Слика 54. Врсте гусеница [6]

Главне предности дозера су:

- ❖ снажна, робусна конструкција која омогућава рад у врло тешким условима (рад у блату, прашини, савладавање теренских препрека и великих нагиба, итд.),
- ❖ покретљивост и велике маневарске способности,
- ❖ енергетска независност,
- ❖ релативно мала набавна цена.

Дозери за посебне намене:

- ❖ пусхдозери – за гурање других машина при раду (нпр. скрепера; на дозерски нож се поставља равна плоча која упире у одбојник на задњем делу скрепера),
- ❖ амфибиј-дозери – за рад под водом, даљински управљани, нпр. за чишћење и продубљивање дна водотока, и др.



Слика 55. Дозери за посебне намене [6]



Слика 56. Дозер са пнеуматичима [8]



Слика 57. Дозер гусеничар [8]

Данас се у свету производи велики број модела дозера (снага до 600 kW и масе до 100 t), а највећи произвођачи су “Caterpillar”, “Dresser”, “Stalowa Wola”, “Komatsu”, “Liebherr” и други (“Dressta” као фузионисана компанија).



Слика 58. *Dressta TD 25 H, Caterpillar CAT D8R, Shangai PD 320Y-1 [3]*



Слика 59. *Stalowa Wola TD 25 G, Liebherr PR 752 lit [3]*

4.8 Аутодизалице

Аутопревоз у грађевинарству се, углавном, обавља возилима разних конструкција на пнеуматичима. То су возила која карактерише велика брзина на отвореним путевима као и велика маневарска способност и прилагодљивост свим радним (теренским) условима (временске прилике, особине самог пута, дневна или ноћна светлост). Развој аутомобилског транспорта иде у правцу интензивног повећања носивости камиона кипера и усавршавању њихове конструкције на принципијално новим техничким поставкама, а то омогућује да се могу веома успешно и технички и економски да решавају задаци експлоатације лежишта минералних сировина са различитим природним и монтажано-геолошким условима. Средствима камионског транспорта могуће је транспортовати све врсте материјала без обзира на њихове физичко-механичке особине (крупни комади, глинасти материјали са различитим примесама глине итд.).

Велика могућа покретљивост, гипкост, изванредна маневарска својства при раду и велика независност од извора енергије су особине које при коришћењу средстава аутопревоза долазе до пуног изражаја и обећавају најбољу економику у експлоатацији лежишта неправилног облика, селективно откопавање као и веома брзо отварање односно најкраћи период инвестирања.

Типичне врсте грађевинских возила за транспорт материјала, односно, камиона су дампера и камиони кипери.

Дампери представљају велика и врло снажна возила за превоз растреситих терета (земље, шљунка, каменитог материјала свих величина) до

растојања од неколико километара и у тешким условима рада на градилишту. Посебно обликован и ојачан сандук подизањем уназад омогућава истовар терета. Због габарита и великог осовинског притиска, дампер није могуће користити за транспорт путевима којима се крећу друга возила. Посебан проблем је њихово одржавање [8].



Слика 60. Дампер [5]

Мини дампери (eng. *mini-haulers*) мали су, робусни дампери за превоз разних грађевинских материјала унутар градилишта. Уместо пнеуматика могу имати гусенице. Зглобна веза, као и погон на свим осовинама, омогућава дамперу велику прилагодљивост разним подлогама по којима се креће (блато, неравнине, бразде, нагиби). Они се могу користити на јавним путевима, јер поседују габаритне мере камиона кипера.



Слика 61. Минидампер [5]

Камиони кипери или камиони самоистоваривачи најчешће су коришћена превозна средства за превоз грађевинских материјала изван градилишта. То су возила са ојачаном возном конструкцијом, на којој се налази посебно обликован, такође ојачан, сандук за превоз растреситих материјала. Сандук се несметано празни (самоистовара) дизањем уназад или у страну. Праве се углавном сериски у фабрикама у којима се производе возила и камиони друге намене. Конструкција ових камиона дозвољава њихово коришћење у јавном саобраћају [17].



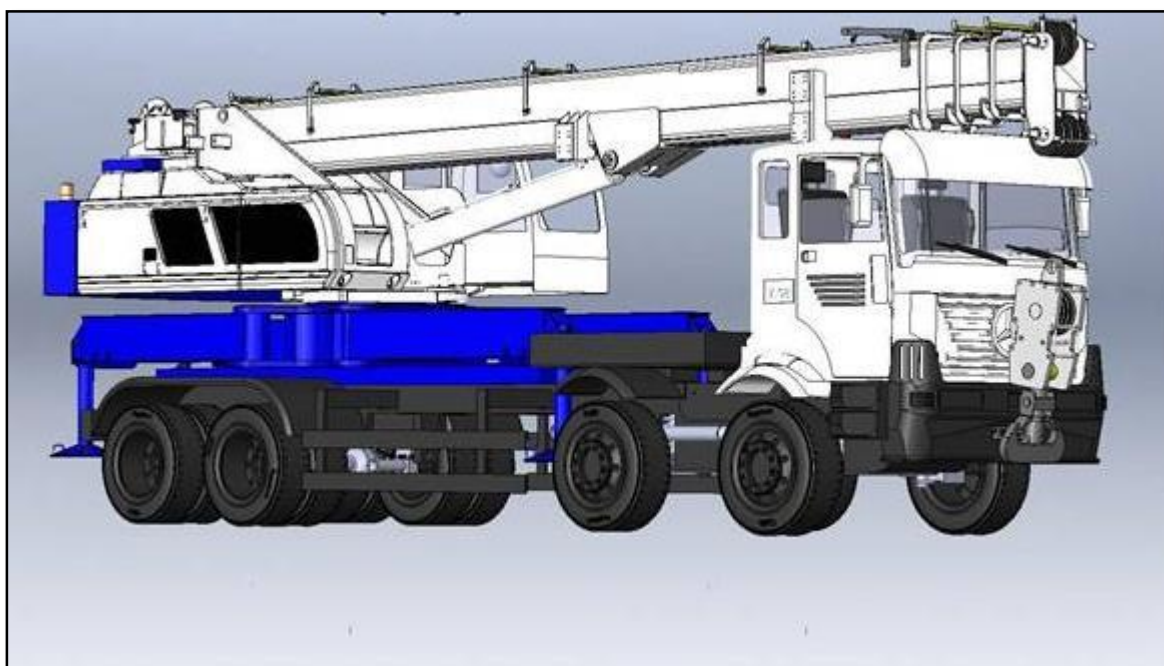
Слика 62. Камион кипер или камион самоистоваривач [8]

Група машина за пренос и дизање терета на самом градилишту обухвата:

- ❖ Аутодизалице,
- ❖ Торањске, порталне, мостне, кабл, дерик и друге специјалне кранове,
- ❖ Пумпе за бетон, платформе, виљушкаре, лифтове, друга средства за пренос на велике висине.

Аутодизалице (eng. *truck cranes*) су врста покретних дизалица монтираних на камионској платформи. Састоје се од камиона на којем се окреће постоље које носи стрелу или крак дизалице. Могу бити: аутодизалице са непромењивом решеткастом стрелом или аутодизалице с телескопским краком тј. телескопске аутодизалице.

Аутодизалице са решеткастом стрелом су биле прве аутодизалице. Једноставна конструкција саме дизалице има неколико предности у односу на телескопску дизалицу и то јачом и незамењивом у многим приликама. Као прво, конструкцију стреле чини решеткасти носач при чему су елементи носача бешавне челичне цеви. На крајевима стреле налазе се котури преко којих прелази челично уже које је једним крајем причвршћено на бубањ, а на другом крају се налази кука. Бубањ служи за намотавање и одмотавање челичног ужета чиме се врши подизање и спуштање терета. Додатно челично уже врши подизање и спуштање стреле.



Слика 63. Аутодизалица с телескопом и стрелом [18]

Телескопске аутодизалице су карактеристичне по промјењивој дужини крака дизалице. При томе, за разлику од аутодизалица са решеткастом стрелом, код ових дизалица је могућа доста прецизна регулација дубине крака. Та регулација се постиже хидрауликом. Управо ова хидрауличка компонента чини ове дизалице захтевнијима у погледу одржавања [17].



Слика 64. Телескопска аутодизалица [8]

Торањски кранови (eng. tower cranes) су најчешће коришћене машине за транспорт и пренос материјала унутар градилишта. Незаменеиви су у високоградњи и код других високих конструкција. Састоји се од окретног торња и по потреби покретног на шинама, на коме се налази стрела (крал) са опремом за дизање терета помоћу ужади. Стрела може бити хоризонтална (по њој путује опрема за дизање) или коса стрела покретна у вертикалном смислу (постоји опрема за дизање у виду куке). Углавном преовлађују кранови са хоризонталном стрелом [17].



Слика 65. Торањски кран [8]

5. *Прорачун хидростатичке трансмисије за грађевинску машину гусенично возило-дозер*

Код прорачуна дозера усваја се да је снага на замајцу погонског дизел мотора према ISO 9249:

$$P_e = 72kW$$

Тежина основне машине и радног уређаја машине:

$$G = 117kN$$

Потребна снага на погон управљања хидросистемом:

$$P_u = 1.25kW$$

Снага за погон пумпе радног уређаја:

$$P_{oru} = 1.42kW$$

Преносни однос планетарног редуктора:

$$i_G = 48.5$$

Кинематски пречник погонског ланчаника:

$$D_t = 860mm$$

Снага за погон једне гусенице без погона радног уређаја:

$$P_1 = \frac{1}{2}(P_e - P_u - P_{oru}) = 34.665kW$$

Максимална брзина кретања усваја се да је:

$$v_{max} = 10km / h$$

Максимална вучна сила:

$$\phi = 0.9$$

$$F_{max} = \phi \cdot G = 105.3kN$$

Максимална вучна сила једне гусенице:

$$F_{1max} = 0.5 \cdot F_{max} = 52,65kN$$

Укупни степен искоришћења планетарног редуктора:

$$\eta_{Rg1} = 0.95$$

Укупни степен искоришћења гусеница:

$$\eta_{Gg1} = 0.9$$

Укупни степен искоришћења хидропумпе:

$$\eta_{Pg1} = 0.85$$

Укупни степен трансформације хидростатичког мењача:

$$R = \frac{v_{max} \cdot F_{1max}}{\eta_{Rg1} \cdot \eta_{Gg1} \cdot \eta_{Pg1} \cdot P_1} = 5,805$$

Укупан степен трансформације хидростатичког мењача дели се процентуално на пумпу R_p и хидромотор R_m :

$$R_M = 2.41 \quad R_p = 2.41$$

$$p_{max} = 320bar$$

$$\eta = 0.9$$

$$n_p = 2100 min^{-1}$$

$$q_{pmax} = \frac{v_{max} \cdot F_{1max}}{p_{max} \cdot n_p \cdot \eta_{Gg1} \cdot \eta_{Pg1} \cdot \eta_{Pg1} \cdot R_M} = 74.555 cm^3$$

Из каталога ППТ Хидраулика АД усвајамо клипно-аксијалну хидропумпу ND100 промењиве запремине.

Специфичан проток се усваја

$$q_{pmax} = 100.3 cm^3 / obrt$$

Радни притисак

$$p = 420bar$$

Максимални број обртаја:

$$n_{max} = 2800 min^{-1}$$

Максимални број обртаја:

$$n_{Mmax} = 50 s^{-1}$$

$$\Delta p_{max} = 320bar$$

$$\eta_{Mhm} = 0.95$$

Специфичан проток мотора:

$$q_{Mmax} = \frac{v_{max} \cdot F_{1max}}{n_{Mmax} \cdot \Delta p_{max} \cdot \eta_{Gg1} \cdot \eta_{Pg1} \cdot \eta_{Pg1}} = 112.535 cm^3$$

Из каталога *Intermot* усваја се клипно-радијални хидромотор IAM 150 сталне запремине:

Специфичан проток мотора усвојен из каталога је:

$$q_{M \max} = 157 \text{ cm}^3 / \text{obrt}$$

Максимални број обртаја:

$$n_{M \max} = 1050 \text{ min}^{-1}$$

Момент хидромотора.

$$M_{M \max} = 647.5 \text{ Nm}$$

Максимална вучна сила:

$$F_{\max} = \frac{2 \cdot M_{M \max} \cdot \eta_{Gg1} \cdot \eta_{Rg1} \cdot i_G}{0.5 \cdot D_t} = 124.885 \text{ kN}$$

Према максималној усвојеној транспортној брзини (6-12 km/h) и радној брзини (2-4 km/h):

$$i_R = \frac{9}{3} = 3$$

Вучне силе и брзине у радној области:

$$F_0 = \frac{i_R \cdot i_G \cdot \eta_{Rg1} \cdot \eta_{Gg1}}{0.5 \cdot D_t} = 289.308 \text{ Mm}$$

$$v_k = \frac{0.337 \cdot 0.5 \cdot D_t}{i_R \cdot i_G} \cdot n_m = 0.000996 \cdot n_m$$

Тачка 1:

$$p_{\max} = 250 \text{ bar}$$

$$Q_p = 100 \text{ l} / \text{min}$$

$$q_{m \max} = 157 \text{ cm}^3 / \text{obrt}$$

$$M_{\max1} = 0.0159 \cdot q_{m \max} \cdot p_{\max} \cdot n_{Mhm} = 592.871 \text{ Nm}$$

$$F_{01} = F_0 \cdot M_{\max1} = 171522.396 \text{ N}$$

$$n_{m1} = \frac{Q_p \cdot \eta_{Rg1} \cdot 10^3}{q_{m \max}} = 605.096 \text{ min}^{-1}$$

$$v_{1R} = 0.000996 \cdot n_{m1} = 0.603 \text{ km} / \text{h}$$

Тачка 2:

$$p_1 = 100 \text{ bar}$$

$$Q_{p \max} = 230 \text{ l / min}$$

$$q_{m \max} = 157 \text{ cm}^3 / \text{obrt}$$

$$M_{\max 2} = 0.0159 \cdot q_{m \max} \cdot p_1 \cdot n_{Mhm} = 237.149 \text{ Nm}$$

$$F_{02} = F_0 \cdot M_{\max 2} = 68608.958 \text{ N}$$

$$n_{m2} = \frac{Q_{p \max} \cdot \eta_{Rg1} \cdot 10^3}{q_{m \max}} = 1391.72 \text{ min}^{-1}$$

$$v_{2R} = 0.000996 \cdot n_{m2} = 1.386 \text{ km / h}$$

$$q_m = \frac{q_{m \max}}{R_M} = 65.145 \text{ cm}^3 / \text{h}$$

Тачка 3:

$$M_{\max 3} = 0.0159 \cdot q_m \cdot p_{\max} \cdot n_{Mhm} = 246.005 \text{ Nm}$$

$$F_{03} = F_0 \cdot M_{\max 3} = 71171.119 \text{ N}$$

$$n_{m3} = \frac{Q_p \cdot \eta_{Rg1} \cdot 10^3}{q_m} = 1458.28 \text{ min}^{-1}$$

$$v_{23} = 0.000996 \cdot n_{m3} = 1.452 \text{ km / h}$$

Тачка 4:

$$M_{\max 4} = 0.0159 \cdot q_m \cdot p_1 \cdot n_{Mhm} = 98 \text{ Nm}$$

$$F_{04} = F_0 \cdot M_{\max 3} = 7117.112 \text{ N}$$

$$n_{m4} = \frac{Q_{p \max} \cdot \eta_{Rg1} \cdot 10^3}{q_m} = 3354.045 \text{ min}^{-1}$$

$$v_{24} = 0.000996 \cdot n_{m4} = 3.341 \text{ km / h}$$

У транспортном подручју

$$F_{o1T} = \frac{F_{01}}{i_R} = 57174.132N$$

$$v_{1T} = v_{1R} \cdot i_R = 1.808km / h$$

$$F_{o2T} = \frac{F_{02}}{i_R} = 22869.653N$$

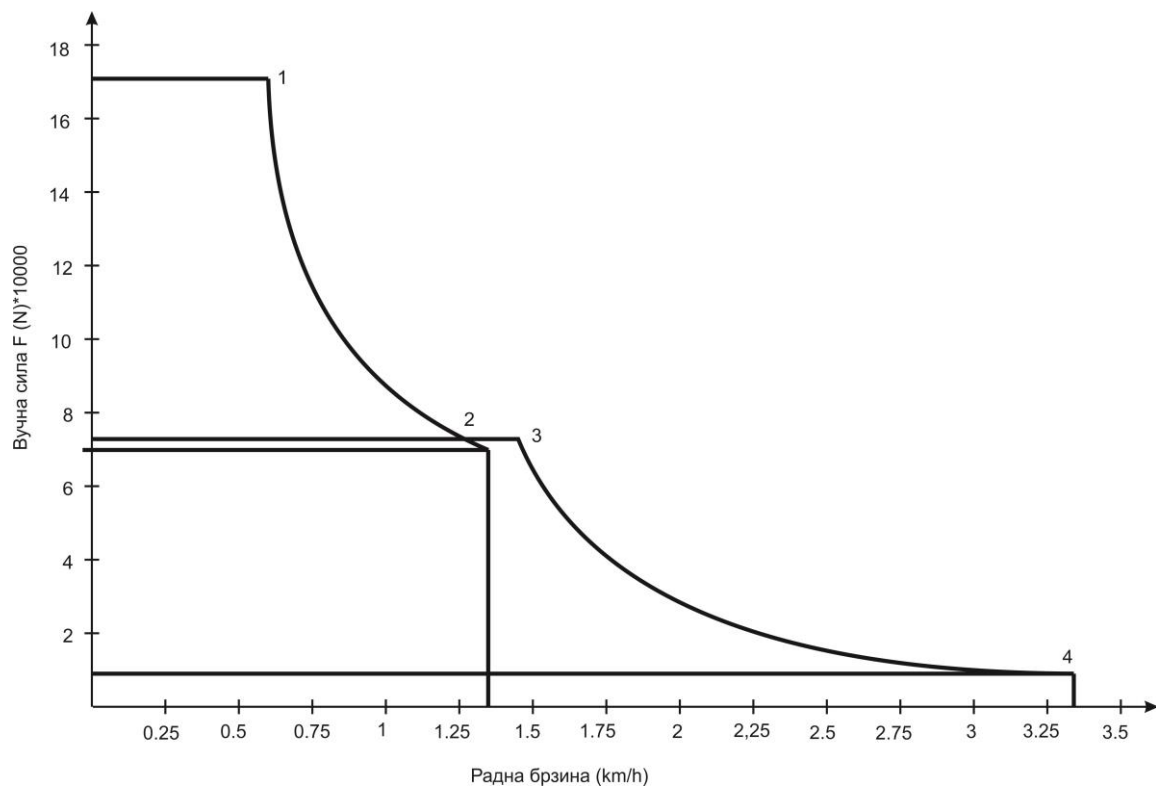
$$v_{2T} = v_{2R} \cdot i_R = 4.158km / h$$

$$F_{o3T} = \frac{F_{03}}{i_R} = 23723.706N$$

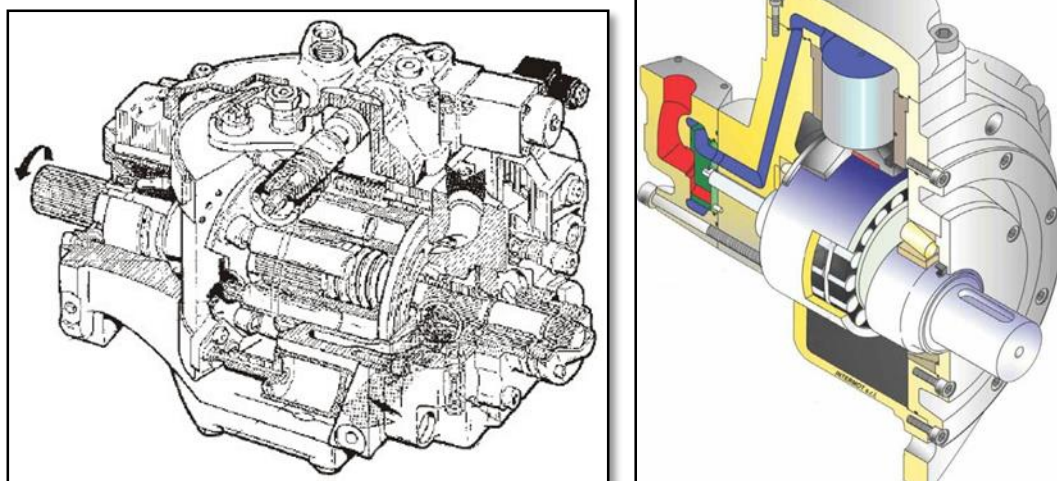
$$v_{3T} = v_{3R} \cdot i_R = 4.357km / h$$

$$F_{o4T} = \frac{F_{04}}{i_R} = 2372.371N$$

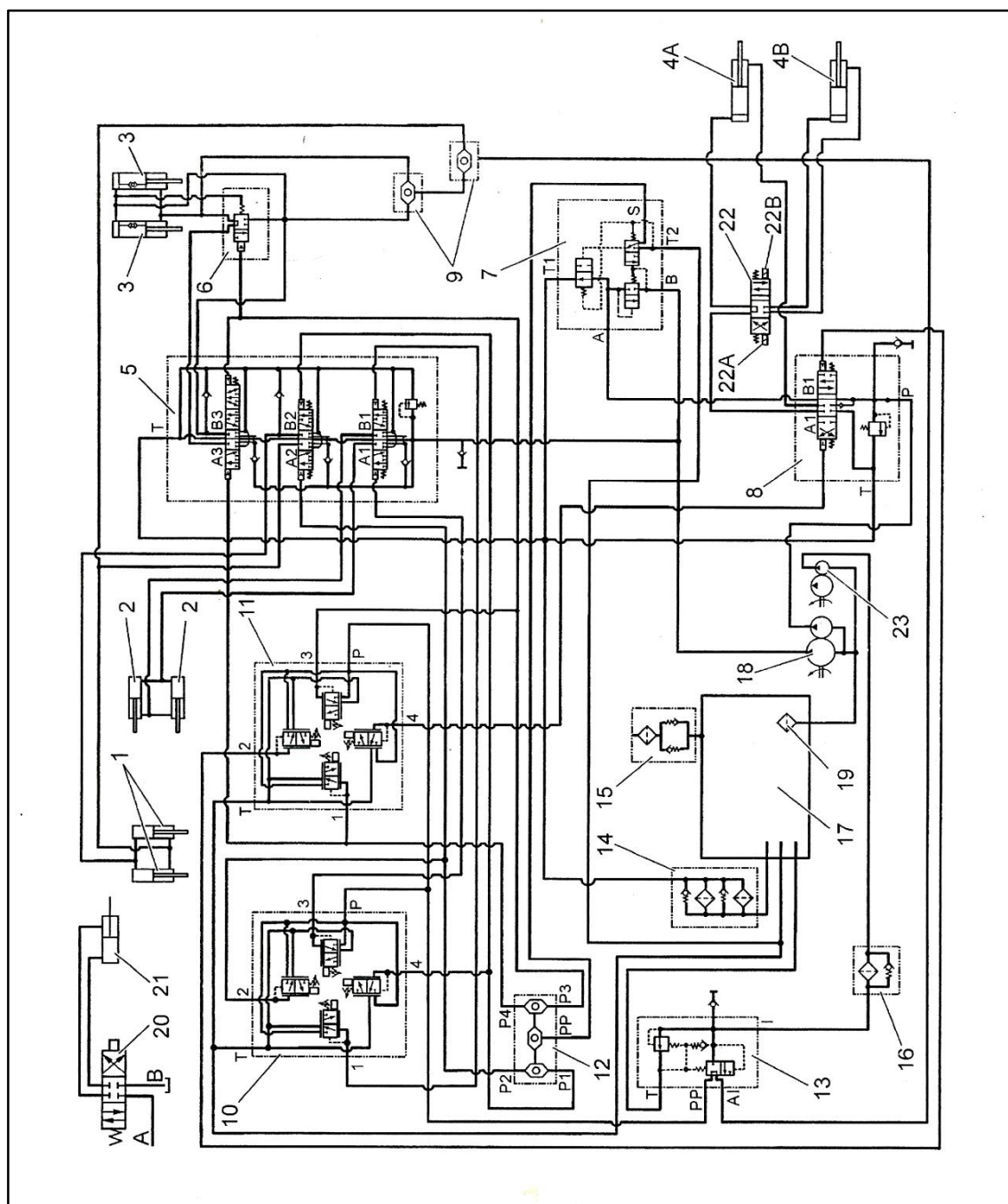
$$v_{4T} = v_{4R} \cdot i_R = 10.022km / h$$



Слика 66. Вучни дијаграм



Слика 67. Хидропумпа и хидромотор [19]



Слика 68. Шема хидрауличког система DRESTA TD 40M [15]

1. Цилиндар за подизање/спуштање рипера, 2. Цилиндар за искретање рипера, 3. Цилиндар за подизање/спуштање ножа, 4А. Цилиндар за искретање/нагиб ножа, 4В. Цилиндар за двојно искретање/нагиб ножа, 5. Тросекцијски разводник, 6. Вентил брзог падања ножа, 7. Вентил растеређења, 8. Разводник искретања/нагин ножа, 9. Једносмерни вентил, 10. Командни вентил са ручицом за подизање/спуштање рипера, 11. Командни вентил са ручицом за подизање/спуштање ножа, 12. Усмеравајући вентил, 13. Вентил за регулацију притиска уља за управљање командним, вентилом, 14. Филтери за уље (повратни), 15. Одушак са вентилима, 16. Филтер за уље под притиском, 17. Резервоар за уље система радних елемената, 18. Двосекцијска пумпа за уље радних елемената, 19. Усисни филтер, 20. Командни вентил за извлачење/увлачење осовине у отвор

зуба, рипера, 21. Цилиндар за извлачење/увлачење осовинице у отвор зуба рипера,
22. Електромагнетни вентил за двојно искретање/нагиб ножа, 22А.

Електромагнетни вентил за нагиб ножа, 22В. Електромагнетни вентил за двојно
искретање ножа, 23. Двосекцијска пумпа за управљање, А. Спој за довод уља из
главног регулационог вентила (М) који се налази на мењачу, В. Повратни ток уља у
задњи део главног рама

6. Прорачун и шема хидростатичке трансмисије за грађевинску машину гусенично возило-багер

Код прорачуна багера усваја се трансмисија за погон машине са два отворена хидростатичка кола. Прорачун се ради при претпоставци да машина није у транспортном ходу у току манипулацијског рада, а транспортна брзина је до 7 km/h.

Полазни параметри за прорачун:

$P = 130 \text{ kW}$	улазна снага дизел мотора,
$n_{en} = 4500 \text{ o/min}$	број обртаја дизел мотора,
$m_m = 18.000 \text{ kg}$	маса машине,
$M_u = 800 \text{ Nm}$	улазни обртни момент,
$p_{max} = 20 \text{ MPa}$	максимални радни притисак.

На основу познате максималне снаге дизел мотора одређује се максимална хидраулична снага P_e трансмисије:

$$P_e = \frac{P}{k_e} = \frac{130}{1,08} = 120,37 \text{ kW}$$

k_e - коефицијент повећања снаге дизел мотора за погон осталих система при кретању машине

За изабрану вредност опсега регулације ($e=2,4-2,5$), одређује се максимални проток хидропумпе:

$$Q_p = Q_{max} = \frac{60 \cdot P_e \cdot e \cdot \eta_{pu}}{2 \cdot p_{max}} = \frac{60 \cdot 120,37 \cdot 2,5 \cdot 0,9}{2 \cdot 20} = 406,25 \frac{l}{min}$$

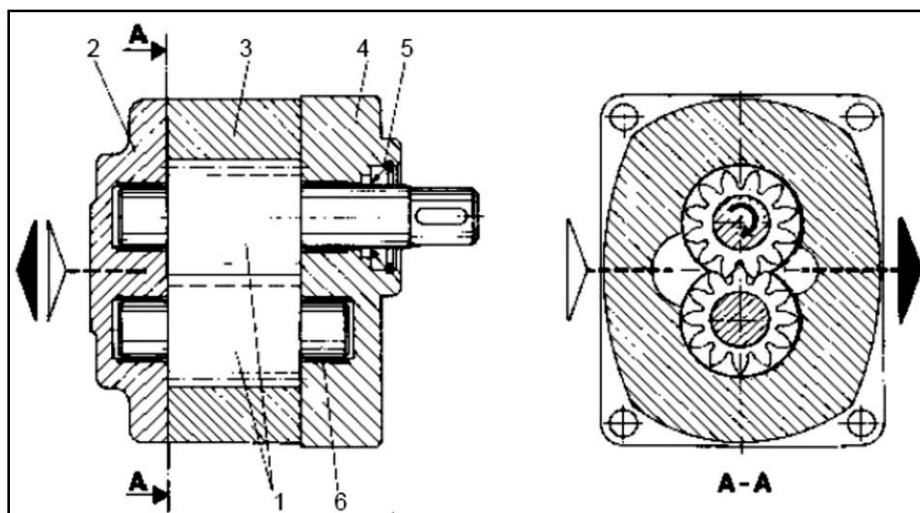
$\eta_{pu} = 0,9$ – укупан степн корисности за клипноаксијалну пумпу

На основу максималног протока Q_{max} одређује се максимална специфична запремина q_{prmax} хидропумпе:

$$q_{prmax} = \frac{1000 \cdot Q_{max}}{n_p \cdot \eta_{pv}} = \frac{1000 \cdot Q_{max}}{n_{en} \cdot \eta_{pv}} \cdot i_z = \frac{1000 \cdot 406,25}{4500 \cdot 0,96} \cdot 1 = 94,039 \text{ cm}^3$$

$\eta_{pv} = 0,96$ — запремински степен корисности хидропумпе

На основу потребне максималне специфичне запремине q_{prmax} према каталогу произвођача „PPT HIDRAULIKA AD“ [20] бира се најближа расположива вредност специфичне запремине хидропумпе, тако да се усваја зупчаста пумпа ниског пристиска са спољашњим озубљењем специфичне запремине $q_{prmax}=106,66 \text{ cm}^3$.



Слика 69. Зупчаста пумпа ниског притиска са спољашњим озубљењем - 3115.276.38S. 1. Зупчасти пар, 2. Задњи поклопац, 3. Кућиште, 4. Предњи поклопац, 5. Осовинска заптивка, 6. Лежишна чаура [20]

Табела 3. Каталог пумпи „PPT HIDRAULIKA AD“

oznaka designation		radna zapremina displacement (cm ³)	pritisk pressure		broj obrtaja speed		radna tečnost working fluid		masa mass (kg)
			nom.	max	min	max	viscosity	temperature	
levi smer anticlockwise	desni smer clockwise			(bar)		(min ⁻¹) (rpm)		(mm²/s)	
3115.266.37S	3115.266.38S	6,6	20	30	500	2100	mineralno ulje mineral oil 16 ... 90	-20 ... +80	2,0
3115.266.39S	3115.266.40S	6,6							1,4
3115.913.37S	3115.913.38S	8,0							1,4
3115.820.37S	3115.820.38S	14,0							2,2
3115.269.37S	3115.269.38S	26,66							2,7
3115.271.37S	3115.271.38S	42,0							3,1
3115.272.37S	3115.272.38S	50,0							3,5
3115.273.37S	3115.273.38S	66,66							3,7
3115.276.37S	3115.276.38S	106,66							5,5

Како постоји разлика између величине потребне и расположиве специфичне запремине (односно протока) $q_{pr\max} \neq q_{p\max}$ да би се задржао жељени и максимални проток $Q_{\max}$ хидропумпе и при изабраном специфичном протоку $q_{pr\max}$ из једнакости:

$$Q_{\max} = \frac{q_{pr\max} \cdot n_{en} \cdot \eta_{pv}}{1000} = \frac{q_{p\max} \cdot n_p \cdot \eta_{pv}}{1000}$$

потребан преносни однос i_z зупчастог разделника снаге хидропумпе, одређује се као однос:

$$i_z = \frac{n_{en}}{n_p} = \frac{q_{p\max}}{q_{pr\max}} = \frac{106.66}{94.039} = 1.134$$

при чему је на основу табеле за зупчасту пумпу ниског притиска са спољашњим озубљењем $q_{p\max} = 106.66 \text{ cm}^3$.

Избор погона кретања

Из услова постизања максималне брзине кретања багера добија се потребна специфична запремина хидромотора (посматрана је варијанта са клипно-аксијалним хидромоторима и вишестепеним међупреносником):

$$q < \frac{Q_{\max} \cdot \eta_v \cdot r_g \cdot \pi}{v \cdot i_p} = \frac{406,25 \cdot 0,96 \cdot 0,5 \cdot 3,14}{60 \cdot 0,694 \cdot 27} = 544,6 \text{ cm}^3 / \text{obrt}$$

где је:

$$Q_{\max} = 406 \text{ l/min}$$

$$r_g = 0,5 \text{ m}$$

$$v = 5 \text{ km/h} = 0,694 \text{ m/s}$$

Познате и усвојене величине су:

$$\eta_v = 0,96 \text{ - хидраулични степен корисности}$$

$$i_p = 27 \text{ - преносни однос редуктора}$$

Потребна вучна сила за кретање багера уз успон од 80%:

$$F_{\max} = m_m \cdot (\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha) = 139.008 \text{ kN}$$

где је:

$$\alpha = 38,5^\circ$$

$$G_m = 18.000 \text{ kg} \text{ – тежина машине}$$

$$m_m = m \cdot g = 18000 \cdot 9,81 = 176.58 \text{ kN}$$

$$M_g = \frac{F_v \cdot r_g}{2z} [\text{Nm}]$$

$$M = \frac{F_v \cdot r_g}{2 \cdot i_p \cdot \eta_{gl}} \leq 15 \cdot 10^{-3} \cdot q \cdot \Delta p_{\max} [\text{Nm}]$$

$$p'_{\max} = 300 \text{ bar}$$

$$\Delta p_g = 0,1 \cdot p'_{\max} = 30 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{\max} = p'_{\max} - \Delta p_g = 270 \text{ bar}$$

Потребна специфична запремина хидромотора:

$$q > \frac{F_v \cdot r_g}{2 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta p_{\max} \cdot i_p \cdot \eta \cdot \eta_p \cdot \eta_{hm}} = \frac{139.008 \cdot 10^3 \cdot 0,5}{2 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 270 \cdot 27 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,92} = 451.556 \text{ cm}^3 / \text{obrt}$$

$$q > 451.556 \text{ cm}^3 / \text{obrt}$$

Из интервала $451,556 \div 544,6 \text{ cm}^3/\text{obrt}$ усваја се вредност специфичне запремине хидромотора из каталога произвођача „PPT HIDRAULIKA AD“ [21],

тако да усвојени радијално клипни високог притиска спороходни хидромотор типа 144 специфичног протока $q=510 \text{ cm}^3/\text{obrt}$.

Максимална брзина коју багер са усвојеним хидромотором може да развије:

$$V_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot \eta_v \cdot r_g \cdot \pi}{q \cdot 60 \cdot i_p} = \frac{406 \cdot 0,96 \cdot 0,5 \cdot 3,14}{510 \cdot 60 \cdot 27} = 0,7411 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Максимална вучна сила на гусеници је:

$$F_{v\max} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta p_{\max} \cdot i_p \cdot \eta \cdot \eta_p \cdot \eta_{nm} \cdot q}{r_g} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 270 \cdot 27 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,92 \cdot 510}{0,5} = 156.999 \text{ kN}$$

Пошто је израчуната вредност веома блиска вредности са којом се ушло у прорачун багер ће моћи да савлада успон од 80%.

Израчунавање максималног броја обртаја горњег склопа багера

Уобичајно је да се ради функције за погон обртања горњег склопа багера усваја исти хидромотор као за погон кретања. Са хидромотором специфичне запремине $q=510 \text{ cm}^3/\text{obrt}$ једносмерним преносником између хидромотора и малог зупчаника на обртном кругу највећи број обртаја горњег склопа износи:

$$n_{ob} = \frac{Q_{\max} \cdot \eta_v}{2 \cdot i \cdot i_{mp} \cdot q} = \frac{406 \cdot 0,96}{2 \cdot 11 \cdot 3 \cdot 510} = 11,58 \text{ min}^{-1}$$

$i = 11$ - преносни однос зупиастог пара на обртном кругу,

$i_{mp} = 3$ - преносни однос једносмерног међупреносника.

Вучне карактеристике

За дефинисани погон кретања гусеница и познат дијаграм регулације хидропумпи може се одредити дијаграм вуче машине као зависност:

Брзине кретања V_i :

$$V_i = \frac{d_0 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot Q_{\max}}{2 \cdot 30 \cdot q} \cdot \eta_{nm} \cdot \frac{1}{i_r}$$

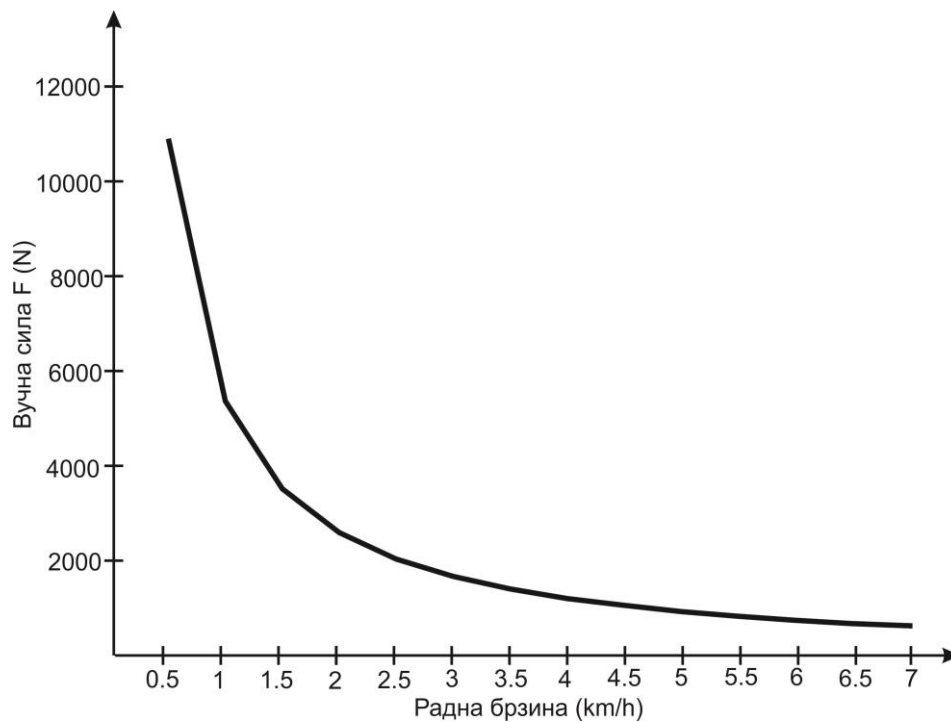
и вучне силе F_v :

$$F_v = 2 \cdot \frac{2}{d_0} \cdot \frac{(p - p_0)}{2\pi} \cdot \eta_{nm} \cdot i_r \cdot \eta_r$$

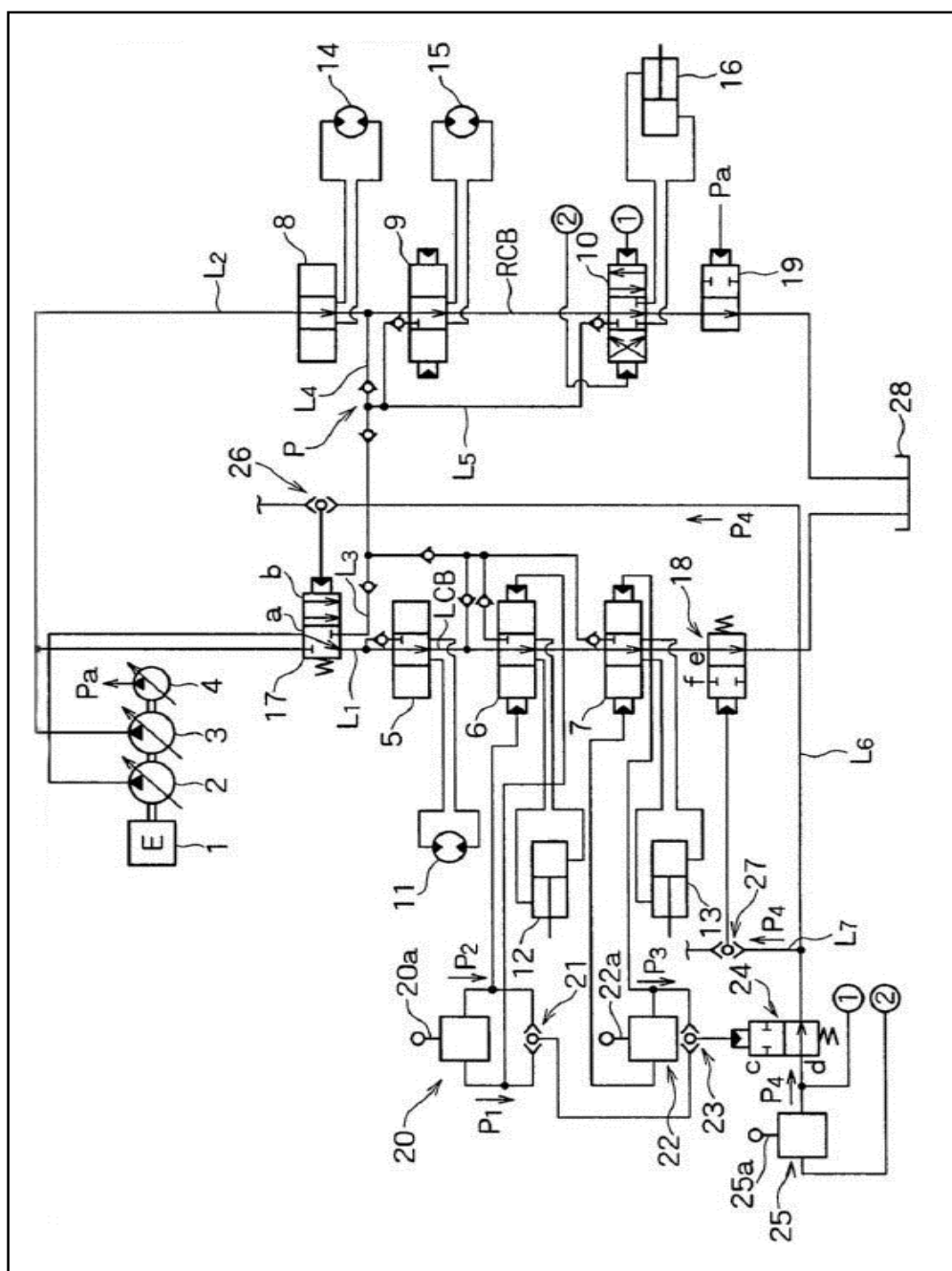
$\eta_r = 0,9$ - степен корисности редуктора

На основу приказаних једначина и вредности за Q_{min} - Q_{max} и промене притиска Δp добија се следећи дијаграм вучних карактеристика:

$$F_v \cdot v_i = \frac{Q_{max} \cdot \eta_{nm}^2 \cdot \eta_r \cdot \Delta p_{max}}{30 \cdot q} = 6452.206 N \cdot km/h$$



Слика 70. Вучна карактеристика



Слика 71. Шема хидрауличког система управљања багером [31]

1-мотор, 2-хидраулична пумпа, 3-мотор, 4-хидраулична пумпа, 5-вентил, 6-вентил, 7-вентил, 8 –вентил, 9 –венти, 10 -вентилл, 11-деснокретни мотор, 12-цилиндар кашике багера, 13 цилиндар за подизање, 14-левокретни мотор, 15-мотор руке, 16-цилиндар руке, 17-вентил за кретање унапред, 18-леви вентил за контролу протока, 19-десни вентил за контролу протока, 20-вентил за контролу кашике, 20а-ручица за контролу кашике, 21-вентил за избор притиска P_1 или P_2 , 22-вентил за контролу, 23-вентил за избор притиска, 24-вентил за контролу протока 25-вентил за контролу руке, 25а-ручица за контролу руке, 26-вентил преноса, 27-вентил преноса, 28-резервоар уља

7. Закључак

У овом раду дат је детаљан опис хидростатичке трансмисије. Предност хидростатичке у односу на остале трансмисије је то што је елиминисано степенасто мењање брзина, што може погодовати за операције на путу, а поготово у пољу учинити много лакшим. Практични успех се у великој мери односи на чињеницу да максималан степен искоришћења трансмисије добијамо аутоматским усклађивањем броја обртаја мотора и преносног односа трансмисије, што омогућује да се при великим транспортним брзинама смањује број обртаја мотора, у области константне снаге, а тиме се смањује потрошња горива и повећава степен искоришћења трансмисије. На основу приложене материје и детаљне анализе долази се до закључка да хидростатичка трансмисија има бројне предности у односу на хидродинамичку трансмисију.

Предност хидростатичке у односу на остале трансмисије је:

- ❖ континуална регулација брзине,
- ❖ теоретски неограничен преносни однос,
- ❖ једноставност управљања,
- ❖ сигурност у раду погонског мотора и компоненти од преоптерећења,
- ❖ стабилност и бешумност у раду.

Недостаци хидростатичке у односу на остале трансмисије су:

- ❖ већа цена,
- ❖ промена вискозности радног флуида са температуром,
- ❖ низак η услед трења,
- ❖ проблем заптивања спојева.

Континуално варијабилне трансмисије (Continuously Variable Transmissions - CVT) су трансмисије које омогућавају постизање било ког преносног односа унутар неког датог дијапазона. Хидростатички преносници се састоје од најмање једне хидрауличне пумпе и најмање једног хидрауличног мотора, повезаних у јединствени систем. Код дозера се претежно користе пумпе и мотори клипно-аксијалног типа са нагибном плочом. Даљи развој континуално варијабилних трансмисија тече у правцу коришћења фрикционих и електричних континуалних преносника снаге, али и хибридног погона помоћу дизел мотора и електромотора напајаног из електричних батерија и електрогенератора.

Литература

- [1] Г. Грегов, Прилог истраживању моделирања хидростатске трансмисије на шумском возилу, Технички факултет, Ријека, 2012.
- [2] Шуштершић В.: “Хидростатички преносници снаге”, Машински факултет, скрипта, 2010
- [3] Д. Игњатовић, Рударске Машине, Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет, Београд 2010.
- [4] Владан Николић, “Анализа хидрауличног удара на радном тачку багера за копање угља O&K SH630”, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2011.
- [5] Д. Игњатовић, Машине и уређаји за транспорт на површинским коповима, Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет, Београд 2010.
- [6] Грађевински стројеви, <http://www.scribd.com/doc/53609134/03-strojeviskop> [Преузето 13.10.2013.]
- [7] Есад Мулавдић: „Концепт предавања“, Грађевински факултет у Сарајеву, 2006.
- [8] Грађавинска механизација, www.gramak.com/grupe.html [Преузето 12.10.2013.]
- [9] Петровић Небојша, “Тракторске трансмисије”, Висока пољопривредна школа, завршни рад, Шабац, 2013.
- [10] <http://www.fwi.co.uk/Articles/09/10/2007/107344/New-John-Deere-7430-and-7530-tractors-provide-a-bit-of-spark-with-on-board-generators.htm>
- [11] <http://www.traktorfinder.de/ad/10260/case-ih-quadtrac-535-stx>
- [12] <http://www.automagazin.rs/index.php?id=10965&n=ovo-je-traktor-buducnosti>
- [13] http://www.teimc.rs/?page=donji_postroi [Преузето 2.11.2013.]
- [14] Operating Manual – LIEBHERR PR 752 Litronik, 2013.
- [15] Радослав Ненадов "Нидраулички систем на булдозеру DRESTA TD 40M", Машински факултет, завршни рад, Крагујевац 2011.
- [16] http://www.balavto.com.hr/donji_postroji [Преузето 2.11.2013.]
- [17] <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1511584>
- [18] <http://www.mascus.rs/gradjevinarstvo/autodizalice/europolift-350t/rmlokrks.html> [Преузето 8.11.2013.]
- [19] PPT-Хидраулика AD, 2008, Доступно на: <http://www.ppt-hidraulika.co.rs/KATAL.PUMPE%2008-pdf/BPV.pdf> [Преузето 11.11.2013.]
- [20] <http://www.ppt-hidraulika.co.rs/KATAL.PUMPE%2008-pdf/3115%20Niskog.pdf> [Преузето 15.03.2014.]
- [21] <http://www.ppt-hidraulika.co.rs/KATAL%20MOTORI%2008/144%20Stand.pdf> [Преузето 15.03.2014.]

- [22] М. Велизар, Примена метода техничке дијагностике на булдожеру, Универзитет у Новом Саду, Технички факултет »Михајло Пупин« Зрењанин, 2012.
- [23] Јаношевић Д.: "Пројектовање мобилних машина", Машински факултет, Универзитет у Нишу, 2006.
- [24] Здравко Линарић.: "Грађевински стројеви", 2012.
- [25] Булдожер - www.wikipedia.org [Преузето 10.10.2013.]
- [26] Д. Јаношевић, И. Савић.: "Прорачун хидростатичких трансмисија гусеничних возила", 2008.
- [27] Танасковић Тома, "Одржавање рударских машина", Рударско – геолошки факултет, Београд, 1998. година.
- [28] Intermot, 2009, Доступно на <http://www.intermot.com/home/IAM%20GENERAL%20INFORMATION.pdf> [Преузето 20.11.2013.]
- [29] Савић, В.: "Уљна хидраулика 1"; 1988. <http://www.scribd.com/doc/67273986/Uljna-Hidraulika-I-Savic>
- [30] <http://www.dressta.com.pl/> [Преузето 15.04.2014.]
- [31] <http://www.google.com.tr/patents/US7178333> [Преузето 20.04.2014.]