

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Механички преносници

Број индекса: 103/2015

Марко С. Павловић

**Избор мазива за подмазивање
ланчаних преносника
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Блажа Стојановић, ванр. проф.

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- прикаже основне карактеристике ланчаних преносника,
- изврши поделу ланчаних преносника,
- прикаже основне карактеристике мазивих материјала,
- изврши класификацију начина и врста подмазивања ланчаних преносника и
- изврши прорачун ланчаних преносника са препоруком избора уља за подмазивање.

Препоручена литература:

[1] Б. Стојановић, М. Благојевић: *Механички преносници*, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2015.

[2] В. Николић: *Машински елементи*, Машински факултет, Крагујевац, 2004.

[3] А. Рац: *Мазива и подмазивање машина*, Машински факултет, Београд, 2007.

Крагујевац, 2018

Ментор:

др Блажа Стојановић, ванр. проф.

Summary

The goal of this graduation thesis is to show a lubrication of power transmitters, specifically that of a chain drives. With that goal, types of chain drives, their advantages and disadvantages are primarily presented. As better introduction to the field of lubrication, classification of lubricants, their characteristics and field of application are shown. Different types of automatic lubrication systems of power transmission systems are also shown. There are also an informations needed to achieve the proper lubrication of the chain drives. At the end of the thesis is the calculation of a chain drive with a use of specific type of lubricant.

Keywords: chain drives, oil, lubricant, lubrication

Резиме

Циљ овог рада је да прикаже подмазивање преносника снаге, конкретно ланчаних преносника. С тим циљем, су приказане првенствено врсте ланчаних преносника, њихове предности и недостаци. Као бољи увод у област подмазивања, презентована су мазива, њихова подела, основне карактеристике и област примене. Дати су примери аутоматских система подмазивања преносника снаге. У раду се такође налазе информације потребне за остваривање правилног подмазивања ланчаних преносника. На крају рада је приказан прорачун ланчаних преносника са конкретном применом одређеног мазива.

Кључне речи: ланчани преносник, уље, маживо, подмазивање

Садржај

1. Увод.....	1
1. Ланчани преносници	3
3. Подела ланчаних преносника.....	4
3.1 Ваљкасти ланци	4
3.2 Чаурасти ланци.....	5
3.3 Зупчасти ланци	5
3.4 Ланци са осовиницама	6
3.5 Специјални ланци.....	6
4. Мазива	7
4.1 Гасовита мазива.....	7
4.2 Течна мазива	8
4.2.1 Подела течних мазива	10
4.3 Полутечна мазива	11
4.4 Чврста мазива	14
4.5 Класификација, складиштење и руковање мазивима	16
5. Системи за подмазивање преносника снаге	21
6. Подмазивање ланчаних преносника.....	24
6.1 Подмазивање течним мазивима	26
6.2 Подмазивање чврстим мазивима	30
6.3 Специјална мазива за подмазивање ланаца	31
6.4 Утицај подмазивања на удар зглоба ланца о зуб ланчаника.....	32
7. Начини подмазивања ланчаних преносника	34
7.1 Ручно подмазивање	35
7.2 Подмазивање капањем.....	35
7.3 Картерско или подмазивање потапањем.....	36
7.4 Подмазивање под притиском	36
7.5 Уређаји за самоподмазивање	37
8. Пример прорачуна ланчаног преносника са препоруком за подмазивање	38
8. Закључак.....	41
9. Литература	42

1. Увод

Под преносником, у најширем смислу, подразумева се машинска група или цела машина чији је задатак преношење механичке енергије од погонске машине (електромотор, СУС мотор, парна турбина...) ка радној машини. Помоћу њих се такође може извршити промена параметара, снаге, величине обртних момената и угаоних брзина или силе и њених брзина.

Пренос механичке енергије од погонске до радне машине врши се посредством трансмисионих вратила, спојница и преносника. За разлику од трансмисионих вратила и спојница, преносницима је могуће вршити и трансформацију броја обртаја, обртног момента, а понекада и смера обртања. Радне машине углавном раде при nižем броју обртаја у односу на погонске, при чему захтевају знатно веће вредности обртних момената. У случају да се користи спороходна погонска машина која већ има обртни момент и број обртаја који одговарају захтевима радне машине, није потребна трансформација поменутих параметара. Међутим, брзоходна погонска машина заједно са преносником снаге има мање димензије, масу и цену у односу на одговарајућу спороходну погонску машину истих радних карактеристика, [1].

С обзиром на основне радне карактеристике и принцип рада, преносници снаге могу бити:

- механички,
- хидраулички,
- пнеуматски,
- електрични и
- комбиновани.

Код механичких преносника, веза између погонског и гоњеног елемента се базира на механичком принципу, док се код хидрауличких и пнеуматских пренос обртног момента и снаге врши помоћу течности, односно гасова. Електрични преносници су преносници код којих се обртни момент преноси електричним путем, [1].

С обзиром на променљивост преносног односа, разликују се:

- преносници са константним преносним односом (пројектовани за само један преносни однос),
- преносници са степенасто променљивим преносним односом (мењачи) и
- преносници са континуално променљивим преносним односом (варијатори).

У зависности од величине радног преносног односа преносника (i), разликују се:

- редуктори ($i > 1$),
- мултипликатори ($i < 1$) и
- једноставни преносници ($i = 1$).

Редуктор смањује број обртаја, а повећава обртни момент. Код мултипликатора се дешава супротно, а код линијског преносника нема промене броја обртаја и обртног момента. Они се користе да би се променио смер обртања или међусобни положај оса.

У савременој инжењерској пракси највећу заступљеност имају механички преносници. Код њих се обртни момент и кретање могу преносити на два начина:

1. трењем површина у додиру и
2. обликом, с непосредним или посредним додиром погонског и гоњеног елемента.

Основни типови механичких преносника су:

- фрикциони преносници,
- каишни (ремени) преносници,
- зупчасти преносници и
- ланчани преносници.

Зупчасти и ланчани преносници преносе обртни момент обликом, док фрикциони преносници обртни момент преносе трењем. Каишни преносници могу да преносе обртни момент трењем (плоснати каишни преносници, ремени преносници), или обликом и трењем (зупчасти каишни преносници). Уколико су доминантни захтеви мале димензије, константан преносни однос, велики степен искоришћења, велика издржљивост и трајност у раду, низак ниво буке и вибрација, онда су зупчасти преносници свакако у предности у односу на све остале типове преносника. За пренос снаге и кретања између вратила са већим осним растојањем и сталним преносним односом, примењују се зупчасти каишни и ланчани преносници. Ако је међу захтевима наглашен постојан стабилан рад преносника у случају краткотрајних преоптерећења, а да при томе преносни однос не мора бити константан, за већа осна растојања и мање снаге веома велику примену имају каишни преносници. За исте захтеве, али у случају мањих осних растојања, користе се фрикциони преносници, [1].

За поуздан и дуг радни век механичких преносника је врло битно извршити правилно, правовремено и адекватно подмазивање.

1. Ланчани преносници

Ланчани преносници представљају механичке преноснике са гипким савитљивим елементом – ланцем. Пренос кретања се остварује помоћу везе обликом. Најједноставнији ланчани преносник се састоји од погонског ланчаника, гоњеног ланчаника и ланца који их обухвата. Користе се за преношење обртног момента између вратила постављених на релативно великом растојању као и тамо где се не може користити каишни пренос због лоших просторних и преносних услова или растојања оса. Код ланчаних парова пожељно је да горњи крак буде вучни, јер би иначе био потребан додатни затезни ланчаник. Поред ланца, погонског, гоњеног и затезног ланчаника у састав ланчаног преносника налазе се и уређаји за подмазивање. Ланчани преносници могу, према положају, бити хоризонтални, коси и врло ретко се изводе као вертикални. Коси положај је повољан искључиво под условом да угао нагиба ланца буде мањи од 60° . Вертикални положај ланца је веома неповољан јер долази до неправилног захвата ланца и доњег зупчаника и при томе је ланац изложен интензивном хабању и осциловању. Код таквих преносника се обавезно поставља пригушивач осцилација и затезни ланчаник. Затезни ланчаници су потребни и у случајевима када један ланац покреће више ланчаника. Ако је затезни ланчаник са унутрашње стране ланца, смањују му се обвојни углови, [1].

Ланчани преносници могу пренети знатно веће снаге, у поређењу са каишним преносницима, при мањим обвојним угловима и мањем осном растојању. Погоднији су за преношење већих обртних момената при мањим обимним брзинама. Зато се често уграђују у последњем степену преноса, где су ови услови остварени. Употребљавају се за преношење снаге у широком опсегу (до 1000 kW) и за обимне брзине до 25(30) m/s. Такође, у погледу оптерећења вратила и лежајева, имају значајну предност у односу на каишне преноснике, јер није потребно претходно затезање ланца. Зато су вратила код оваквих преносника изложена само дејству радног оптерећења, укључујући и унутрашње динамичке силе и тежину ланца, [1].

У предности ланчаних преносника можемо убрајати још и то да нема проклизавања, да је лака и једноставна замена ланца и да имају веома висок степен искоришћења ($\eta = 0,98 \div 0,99$). Међутим и поред низа предности, ланчани преносници имају своје недостатке, као што су:

- релативно велико хабање ланца и ланчаника,
- потреба употребе затезних механизма због компензације издужења корака ланца,
- могућност лома услед замора елемената ланца,
- појава шума и вибрација, нарочито при великим брзинама и
- обавезна контрола и подмазивање.

Своју примену, ланчани преносници, налазе у градњи транспортних уређаја, индустрији моторних возила, код пољопривредних, грађевинских и рударских машина, текстилних и алатних машина, а пре свега код бицикла и мотоцикла, [1].

3. Подела ланчаних преносника

С обзиром на широку област примене ланчани преносници се могу касификовати на различите начине.

Према основним карактеристикама, ланчани преносници се деле на:

- погонске,
- теретне и
- вучне.

Према броју редова могу бити:

- једноредни и
- вишередни (дворедни, троредни...).

Према положају гоњеног вратила на:

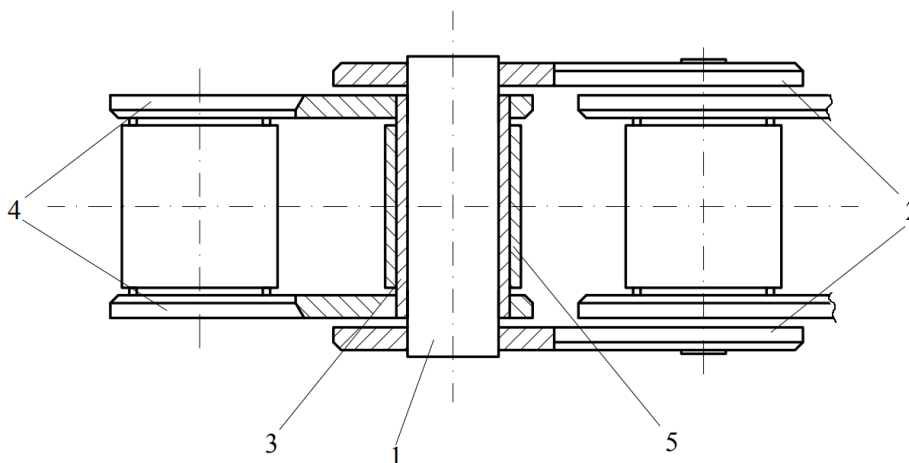
- хоризонталне,
- нагнуте и
- вертикалне.

У зависности од оптерећења и обимне брзине употребљавају се и разне врсте ланаца. Зато према врсти погонског ланца разликујемо, [1]:

- ваљкасте,
- чаурасте,
- зупчасте,
- ланце са осовиницама и
- специјалне ланце.

3.1 Ваљкасти ланци

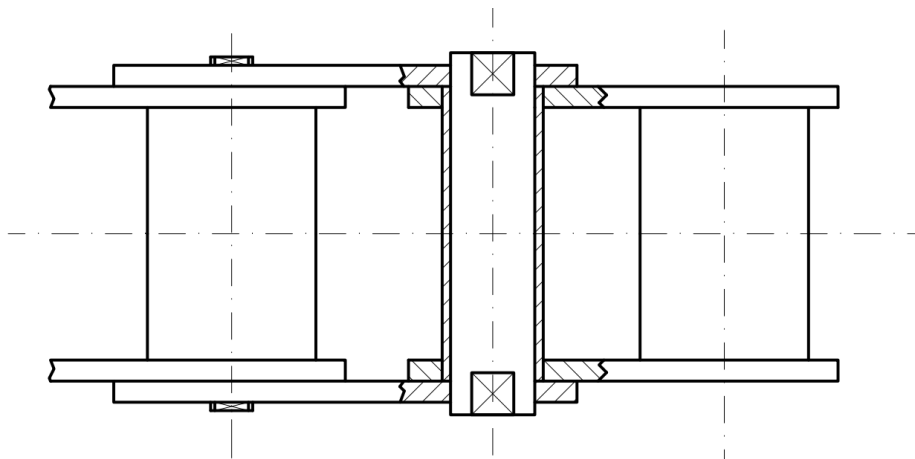
Ваљкасти ланци (слика 1) налазе највећу примену у пракси, најчешће се користе иако су скупљи од осталих. Они се састоје од два или више паралелних редова плочица (ламела) одређеног облика које могу бити унутрашње и спољашње. Поред ламела постоје осовинице, чауре и ваљци. Осовинице (1) су упресоване у спољашњу ламелу (2), док је чаура (3) упресована у унутрашњу ламелу (4). Чауре се слободно окрећу око осовиница, а истовремено се ваљак (5) слободно окреће око чауре. Између чауре и осовинице, као и између чауре и ваљка постоје зазори који омогућавају слободан проток мазива и адекватно подмазивање, [2].



Слика 1. Основни делови једноредног ваљкастог ланца, [2]

3.2 Чаурасти ланци

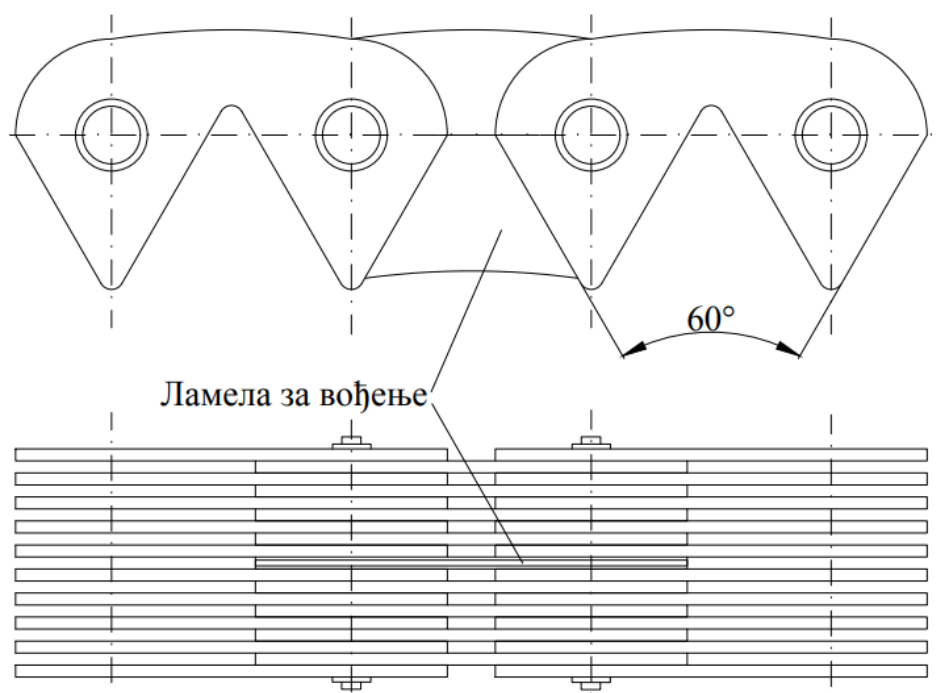
Чаурасти ланци (слика 2) не садрже ваљке, тако да су, приликом експлоатације, чауре у директном контакту са зупцима ланчаника, што доводи до интензивног хабања ове врсте ланаца. Из тог разлога су њихови услови примене ограничени и дефинисани. Примењују се за рад при мањим обимним брзинама и користе се као транспортни и теретни ланци, [2].



Слика 2. Основни облик ланца са чаурама, [2]

3.3 Зупчасти ланци

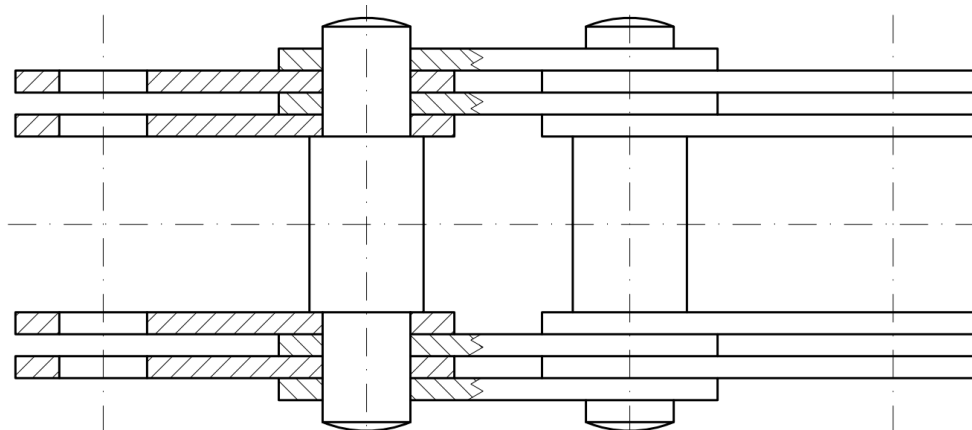
Зупчасти ланци (слика 3) се састоје од низа ламела са зупца које су спојене осовиницама. Свака ламела поседује по два зупца који су постављени под углом од 60° . Што је број редова ламела већи, то је већа и носивост ланца. У отворе ламела постављају се, најчешће, термички обрађене чауре. Тиме се повећава отпорност на хабање. Да не би дошло до бочног померања ланца, уграђују се додатно водеће ламеле, које немају зупце. Оне се постављају по једна у средини или по две са стране, [2].



Слика 3. Зупчасти ланац са унутрашњим вођењем, [2]

3.4 Ланци са осовиницама

Ланци са осовиницама од елемената садрже само спољашњу и унутрашњу ламелу и осовиницу. Имају улогу теретног и вучног ланца. Најпознатија врста ланаца са осовиницама, Галов ланац (слика 4), се најчешће примењује код дизалица и при малим брзинама кретања ($< 1 \text{ m/s}$), [2].



Слика 4. Галов ланац, [2]

3.5 Специјални ланци

У специјалне ланце се убрајају сви ланци посебне намене. Углавном се користе као транспортни и теретни ланци. Њихови саставни елементи, осовиница, спољашња и унутрашња ламела, су модификовани у зависности од намене ланца. У ову врсту спадају и ланци намењени погонима који раде на отвореном простору. Ови ланци могу бити великог корака и велике носивости. Неки од типова специјалних ланаца су:

- шарнирни тракасти ланац (примењује се код транспортних трака и траса, има велику моћ ношења),
- растављиви ланци (могу поднети силе до $3,2 \text{ kN}$, примењују се код транспортних и пољопривредних машина) и
- ланци са челичним осовиницама (носивост им се креће до 12 kN , користе се код транспортних и пољопривредних машина, максимална брзина им је 2 m/s), [2].

4. Мазива

Данас се за подмазивање механичких система и елемената користе мазива различитих карактеристика. Избор мазива се врши на основу задатака и услова које она морају да испуне. Према функцији их делимо на:

- конструкциона мазива и
- технолошка мазива.

Конструкциона се посматрају као елемент конструкције машина. Приликом пројектовања машине избор мазива се врши истовремено са избором осталих материјала и других параметара делова изложених трењу и хабању.

Технолошка мазива се примењују код обраде метала резањем и деформисањем са циљем подмазивања и хлађења алата и материјала који се обрађује. Њихов се избор, за разлику од конструкционих мазива, врши тек при дефинисању самог процеса обраде.

Мазива се још могу поделити и према агрегатном стању (табела 1) на, [3]:

- гасовита,
- течна,
- полутечна и
- чврста.

Табела 1. Подела мазива према агрегатном стању, [3]

Састав	Агрегатно стање			
	Гасовита	Течна	Полутечна	Чврста
	Ваздух	Минерална уља	Масти сапунске основе	Ламеларне структуре
	Азот	Синтетичка уља и течности	Масти несапунске основе	Полимерни материјали
	Хелијум	Уља биљног и животињског порекла	Масти без загушћивача	Меки метали
	Угљендиоксид		Битуменска мазива, вазелини	Керамички материјали

4.1 Гасовита мазива

Различите врсте гасова могу да се користе као мазива. У пракси се најчешће примењује ваздух, али и други гасови, попут азота, хелијума, кисеоника, угљендиоксида. Азот и хелијум, се поред ваздуха, највише користе. Азот првенствено због релативно ниске цене и због своје распрострањености, као и због тога што је инертан гас, па је безбеднији за коришћење од кисеоника и ваздуха. Хелијум је такође инертан гас, али је скупљи од азота. Велика предност гасовитих мазива је та што омогућавају употребу у широком температурском опсегу. Поседују веома велику хемијску и термичку стабилност па, за разлику од течних и полутечних мазива, задржавају своје агрегатно стање при веома високој и веома ниској температури.

Као недостаци наводе се мала моћ ношења, велика сложеност конструкције, неопходна велика тачност израде делова и осетљивост на нечистоће. Гасовита мазива се могу наћи код клизних лежишта, зубарских бушилица, контролних и мерних уређаја, али због наведених недостатака, гасовита мазива, се не користе за подмазивање ланчаника, као и било којих других редуктора, [3].

4.2 Течна мазива

Течна мазива представљају групу највише и најшире коришћених мазива. Чине преко 90% мазива у употреби и обухватају различите течности, претежно уља, па се због тога називају и уља за подмазивање. Састоје се од основног или базног уља и различитих додатака, односно адитива. Примењују се за подмазивање елемената и механизма код мотора, моторних возила, пумпи, турбина, редуктора, при обради метала резањем и деформисањем итд. Основна физичко-хемијска својства која се разматрају при избору течних мазива су:

- вискозност,
- индекс вискозности,
- густина,
- температура паљења,
- температура течења,
- топлотна проводљивост,
- стишљивост,
- растворљивост гасова и
- пењење.

Вискозност је основно својство уља за подмазивање и представља величину отпора или трења које се јавља у течности при њеном кретању. Она зависи од структуре мазива, величине притиска и температуре. Са порастом температуре опада величина вискозности течних мазива и обратно. Величина вискозности уља дата у табелама уџбеника и каталога, по усвојеном стандарду Међународне организације за стандардизацију, јесте вискозност уља на температури од 40 °C. Вискозност уља расте са порастом притиска, међутим потребно је да притисак достигне вредност реда величине неколико десетина МПа да би у великом утицао на вискозност мазива. Тако, на пример, при притику од 35 МПа вискозност минералног уља удвостручује своју вредност у односу на ону на атмосферском притиску. Кинематска вискозност $[\nu]$, која се користи у пракси, представља отпор струјању течности под утицајем гравитације, а јединица којом се мери је mm^2/s . Вискозност такође, може да се изрази у јединицама центистокса ($\text{cSt} = \text{mm}^2/\text{s}$), назване у част физичара Џорџа Стокса. Избор мазива одређене вискозности одређују радна температура, температура околине, оптерећење, брзина покретних делова који се подмазују и др. Због тога се у оквиру истог квалитета једне категорије уља, она производе са различитим величинама вискозности, [3].

Индекс вискозности је број на конвенционалној скали који показује тенденцију промене вискозности уља за подмазивање са температуром. Код већине течних мазива вредности индекса вискозности су између 0 и 100. Већи индекс вискозности указује на мању промену вискозности са температуром и обратно. Вишесезонска и неке врсте синтетичких уља имају вредност индекса вискозности преко 100.

Густина је однос масе према јединици запремине. Код минералних базних уља креће се у границама од 840 до 960 kg/m^3 на температури од 15 °C. Нека синтетичка уља имају густину већу од 1000 kg/m^3 . Са повећањем температуре густина опада, док са порастом притиска густина уља расте.

Температура паљења је температура на којој уље може да испари и да формира запаљиву смешу у ваздуху у присуству пламена или електричне варнице. Уља за подмазивање веће вискозности имају већу температуру паљења. Уља која садрже нафтенске угљоводонике имају нижу температуру паљења од оних са парафинским угљоводоникима при истој или сличној вредности вискозности. Ова карактеристика је контролна величина која указује на веће испаравање и већу потрошњу уља, ако је температура паљења ниска.

Температура течења је показатељ понашања уља када су она изложена ниској температури. Дефинише се као најнижа температура на којој уље још континуално тече. За потребе исправног подмазивања потребно је користити уља са температуром течења мањом од најнижих могућих радних и/или температура околине. Тиме се смањују отпори у течности и обезбеђује несметано струјање уља.

Топлотна проводљивост је такође значајна карактеристика мазива и може се израчунати по емпиријском обрасцу, [3]:

$$k_t = \frac{117 - 0,063T}{p_{15}} \quad (4.2)$$

Где је:

k_t – коефицијент топлотне проводљивости $\left[\frac{W}{m} ^\circ C\right]$,

T – температура $[^\circ C]$ и

p_{15} - густина уља на $15 ^\circ C$ $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$.

Стишљивост се дефинише као промена густине са притиском, али се најчешће изражава променом запремине течности. Коефицијент стишљивости $[k_s]$ не зависи од врсте минералног уља и величине његове вискозности, већ од величине притиска које на уље делује.

Растворљивост гасова: Свако мазиво током рада долази у додир са различитим гасовима, нарочито са ваздухом из околине. Течна мазива растварају ваздух до одређене мере, а количина раствореног ваздуха зависи од врсте уља, температуре и притиска. Растворљивост ваздуха у минералном уљу је око 9%. Ваздух диспергован у уљу може да изазове низ негативних појава као што су:

- интензивнија оксидација уља,
- сметње у раду система за подмазивање,
- лошији ефекти подмазивања и др.

Пењење уља: Ваздух који је присутан у уљу може да створи слој пене на површини уља. Тај слој се састоји од мехура ваздуха. Појава пене узрокује проблеме у раду многих система као што су механички преносници, лежаци, пумпе и др. Неадекватно подмазивање због некомплетног слоја мазива може да доведе до оштећења и отказа у раду ових система. У циљу смањења или елиминисања појаве пене, уљима се додају адитиви.

Поред ових основних својстава, постоје и друге карактеристике уља, које морамо узети у разматрање при избору уља за подмазивање, као што су хемијска и термичка стабилност, корозивност, заштита од рђања, токсичност, биоразградљивост итд, [3].

4.2.1 Подела течних мазива

У односу на порекло и начин добијања, течна мазива можемо поделити на:

- минерална базна уља,
- синтетичка базна уља и течности и
- биљна базна уља.

Минерална базна уља се добијају из нафте и састоје се од различитих парафинских и нафтенских угљоводоника са мањим уделом аромата. Пошто се минерална уља добијају из нафте, она често носе основне карактеристике једињења садржаних у нафти. Основни састојци нафте су различити угљоводоници, а такође су присутна органска једињења која садрже хетероатоме сумпора, азота и кисеоника. Парафинска минерална уља се претежно састоје од парафинских угљоводоника са мањим уделом нафетних. Она поседују висок индекс вискозности, добру хемијску стабилност, док су им нискотемпературне карактеристике лошије од нафтенских. Користе се за производњу моторних, трансмисионих, редукторских, хидрауличних и компресорских уља. Са друге стране нафтенска минерална уља садрже већи део нафтенских угљоводоника него парафинских. Одликују се средњим до малим индексом вискозности, слабијом хемијском постојаношћу, али је температура течења знатно повољнија. Због тога се нафтенска базна уља могу користити само за производњу трафо уља и уља за механичку обраду метала, [3].

Синтетичка базна уља и течности се добијају поступцима синтезе из различитих сировина. За разлику од минералних уља, која представљају комплексне мешавине природних угљоводоника, базна уља синтетичке основе су вештачки производ човека, састављена тако да имају контролисану структуру са предвиђеним и захтеваним својствима. Велики недостатак синтетичких мазива су високи трошкови њихове производње и зато је опште правило да се она примењују тамо где постоје проблеми подмазивања који се не могу решити применом класичних мазива и тамо где то подносе трошкови производње. Најважније врсте синтетичких мазива су:

- синтетички угљоводоници (добијени из нафте; користе се у производњи моторних уља, уља за хидрауличке системе, за подмазивање зупчастих и пужних преносника, као и за производњу мазива која се користе при обради метала),
- органски естри (добијени из алкохола и масних киселина; имају изузетну биоразградљивост и ниску екотоксичност па се сматрају „зеленим” мазивима; користе се за подмазивање млазних турбо елипних мотора, компресора итд.),
- фосфатни естри (имају велику отпорност на пламен и добре нискотемпературне карактеристике; користе се у индустрији и код саобраћајних средстава где постоји опасност од пожара)
- погликоли (највише се примењују; предност им је да се под утицајем високе температуре разлажу на испарљива једињења, па не остављају талог; користе се као хидрауличке течности за кочне системе, код обраде метала, за подмазивање компресора за хлађење)
- остала синтетичка мазива

У односу на минерална базна уља, боље особине су им: висока оксидациона и термичка стабилност, врло високи индекси вискозности, добре вискозно - температурске особине, ниска испарљивост. Потрошња уља огледа се испаравањем, које је много мање код синтетичког ($7\div 8\%$) него код минералног уља ($13\div 15\%$).

Биљна базна уља доживљавају велики раст употребе због своје биоразградивости, ради заштите воде и земљишта од загађења. Ова врста уља је прва коју је човек користио. Међутим маслиново, палмино, ричиновско уље су имала неповољну стабилност на ниским и високим температурама, па су доласком минералних и синтетичких мазива потпуно потиснути из употребе. Данас се, ипак, због захтева за нетоксичним и биоразградивим уљима јавља потреба за њиховом експанзијом. Осим своје нетоксичности и биоразградиве природе, биљна уља имају добра мазивна својства, висок индекс вискозности, а притом су и обновљива сировина. Недостаци су им лоша оксидациона стабилност, неповољне нискотемпературне карактеристике, а и скупље су од минералних 1,5 до 2 пута. Углавном се добијају из плодова уљане репице, соја и сунцокрета, [3].

4.3 Полутечна мазива

Најзаступљенија врста полутечних мазива јесу техничке (мазиве) масти за подмазивање и једино већу примену од њих имају минерална уља. У мањем обиму се користе друга полутечна мазива, као што су битуменска мазива, парафини и вазелини. Мазиве масти се могу дефинисати као крута или полукрута мазива која представљају дисперзију средстава за згушњавање или згушћивача у мазивном уљу. Ово упућује на чињеницу да се ради о течном мазиву угушћеном до извесне мере како би се постигла својства које течном мазиву не поседује. Мазиве масти се користе за подмазивање свих типова котрљајних лежаја, зглобова, ланаца, ужади, осовина, клизних лежишта, спороходних и отворених зупчастих преносника. Полутечна мазива се најчешће примењују у распону температура од $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $350\text{ }^{\circ}\text{C}$, али и:

- ако се захтева стално присуство мазива на месту подмазивања, нарочито при покретању и заустављању машина,
- на местима где се због конструкционог решења не може користити течном мазивом,
- ако се поред подмазивања захтева и одговарајуће заптивање и спречавање продора нечистоћа из околине.

У односу на уља за подмазивање, мазиве масти имају веће отпоре при струјању, мању способност хлађења, лошију оксидациону стабилност и лошу стабилност при складиштењу. Због смањене способности хлађења ограничена су на подмазивање делова са малим брзинама, односно делова са мањим опсегом температуре. Мазиве масти се углавном састоје од уља за подмазивање ($75\div 90\%$), згушћивача ($4\div 20\%$) и адитива (око 5%). Згушћивачи могу бити сапунске и несапунске основе. Од сапунских у употреби су метални сапуни калцијума, натријума, литијума, алуминијума и баријума, [4].

Основне физичко-хемијске карактеристике мазивих масти су:

- конзистенција,
- привидна вискозност,
- температура капања,
- оксидациона стабилност,
- механичка стабилност,
- заштита од корозије,
- отпорност на воду,
- издавајање уља,
- способност подмазивања

Конзистенција је мера величине отпора деформацији коју пружа техничка маст када на њу делује спољашње оптерећење. Изражава се пенетрационим бројем. Избор конзистенције масти зависи од карактеристика машинског елемента или механизма који се подмазује, услова рада (брзине и оптерећења), као и коришћеног система за подмазивање (појединачно, централно, проточно итд.). Због тога се техничке масти истог основног уља и згушћивача производе са различитим вредностима конзистенције.

Привидна вискозност: Због своје сложене структуре, техничке масти при течењу показују својства нењутновских флуида. То значи да вискозност масти зависи не само од температуре, већ и од других променљивих, пре свега од градијента брзине смицања. Због тога се код техничких масти говори о привидној вискозности, дефинисаној за дату температуру при неком познатом градијенту смицања. Величина привидне вискозности одређује отпоре при струјању мазива и неопходно познавати је при прорачуну централних система за развод масти.

Температура капања је температура на којој маст прелази из полутечног у течност, тј. настаје капање у датим условима испитивања. Дозвољена радна температура за поједине врсте масти није директна функција температуре капања, али је изнад те температуре поузданост подмазивања знатно смањена. Радну температуру одређује и низ других величина као што су врста згушћивача, испарљивост, оксидациона стабилност и друге.

Оксидациона стабилност је важно својство техничких масти, нарочито при подмазивању котрљајних лежаја. Као резултат оксидације настаје промена боје и мириса масти. Киселине као резултат оксидације могу да изазову корозију, али најчешће делују на промену структуре масти. Процесу оксидације подложно је како уље тако и сапунски згушћивач.

Механичка стабилност је дефинисана променом конзистенције након излагања техничке масти дејству механичких сила. Ова карактеристика је значајна код скоро свих услова примене масти јер је маст увек изложена смицању. Омекшавање масти, које може да настане као резултат смицања, доводи до цурења масти и потенцијално до губитка мазива и тиме оштећења делова који се подмазују. Маст може и да отврдне, што такође погоршава услове подмазивања.

Заштита од корозије је важно својство техничких масти и означава способност масти да штити металне површине од могућих корозионих утицаја током експлоатације. Све врсте техничких масти треба да обезбеде одређени степен заштите од корозије.

Отпорност на воду: Понашање масти у присуству воде је различито и углавном зависи од врсте и структуре масти, температуре воде, интензитета мешања са водом и других величина. Неке масти су отпорне на воду и не апсорбују је, док се друге лако мешају са водом градећи емулзије. Ово својство масти се мора контролисати при употреби масти за подмазивање делова машина и уређаја који су изложени утицају воде (моторна возила, грађевинска механизација, рударска опрема и др.).

Издвајање уља представља карактеристику која означава количину издвојеног уља из масти приликом складиштења или употребе. Дозвољена количина издвојеног уља је компромис различитих захтева. У основи, при подмазивању је пожељно да се из масти издвоји мања количина уља која тада подмазује површине изложене трењу. Међутим, већа количина издвојеног уља током складиштења или употребе може да доведе до негативних последица, на пример отврдњавања сапуна. Ово својство је посебно важно код система централног подмазивања мастима, пошто су у тим условима масти изложене великим притисцима.

Способност подмазивања обухвата више карактеристика техничких масти које заједно дефинишу способност масти да спречи хабање и друга оштећења елемената који се подмазују. Ова својства се испитују различитим иређајима, најчешће у лабораторијским условима, симулирајући одређене услове експлоатације.

Велики број категорија техничких масти различитих својстава и многострука употреба код машина у свим доменима индустрије и саобраћаја створиле су и различите поделе. Вероватно је најпогоднија подела када се анализирају општа својства техничких масти, према врсти згушћивача, с обзиром да су она у знатној мери зависна од врсте згушћивача.

Масти сапунске основе са минералним уљима су најчешће у употреби. Као згушћивачи користе се сапуни натријума, калцијума, литијума, алуминијума и баријума. Врста сапуна одређује назив масти и као саставне компоненте дају јој одговарајућу пластичну конзистенцију. Од несапунских масти користе се бентонитна и маст на бази силикагела као згушћивача. Основна својства најважнијих категорија техничких масти данас у употреби приказана су у табели 2.

Калцијумске техничке масти: Ове масти се добијају коришћењем калцијумског сапуна као згушћивача. То је најстарија врста масти и има најнижу цену. Калцијумске масти се топе на релативно ниским температурама од 90 до 95 °C. Одликују се добром отпорношћу на воду, па се често користе за подмазивање елемената машина и уређаја који су изложени дејству воде (доњи построј моторних возила, пумпе за воду, грађевинска и пољопривредна механизација).

Натријумске техничке масти користе се за подмазивање котрљајних и клизних лежаја и за зупчасте преноснике. Топе се на температурама од 150 до 200°C. Погодне су за примену на ниским температурама околине. У присуству воде су непостојане.

Литијумске техничке масти спадају у вишенаменске масти због универзалне примене која је резултат њихових погодних карактеристика. Због тога оне потискују из употребе калцијумске и натријумске масти. Топе се на температурама од 180 до 200 °C, механички су веома стабилне и отпорне су на воду. Понашање на ниским температурама је слично натријумским мастима. Употребљавају се за подмазивање многих елемената и делова машина како у индустрији тако и код саобраћајних средстава, пољопривредне и грађевински механизације.

Алуминијумске техничке масти топе се на око 120°C и имају слабу механичку стабилност што им ограничава примену.

Комплексне техничке масти представљају посебну категорију масти код којих се као згушћивач користи комплексни сапун. Предности употребе ових масти огледају се у вишој температури топљења, погодној механичкој стабилности, врло добрим својствима подмазивања односно подношења оптерећења.

Техничке масти несапунске основе употребљавају се у знатно мањем обиму од сапунских и то претежно за посебне намене. Најпознатија је бентонитна маст код које се бентонит користи као згушћивач. Одликује се добром механичком стабилношћу, отпорна је на воду и практично се не топи. Због тога се примењује за подмазивање лежаја изложених повишеним температурама у жељезарама, индустрији стакла, цемента и другим, [3].

Табела 2. Својства техничких масти за подмазивање, [3]

Категорија техничких масти	Температура капања [°C]	Најнижа и највиша радна температура [°C]	Остала физичко-хемијска својства
Калцијумска маст	90 ÷ 95	-20 ÷ 60	- добра пумпабилност, - одлична отпорност на воду - добра механичка стабилност
Натријумска маст	150 ÷ 200	-30 ÷ 100	- лоша пумпабилност, - слаба отпорност на воду - добра механичка стабилност
Литијумска маст	180 ÷ 200	-30 ÷ 130	- добра пумпабилност, - одлична отпорност на воду - изврсна механичка стабилност
Литијумска комплексна маст	260	-30 ÷ 180	- одлична пумпабилност, - изврсна отпорност на воду - добра механичка стабилност
Алуминијумска маст	110	-15 ÷ 70	- лоша пумпабилност, - одлична отпорност на воду - слаба механичка стабилност
Алуминијумска комплексна маст	260	-25 ÷ 180	- добра пумпабилност, - изврсна отпорност на воду - добра механичка стабилност
Бентонитна маст	-	-30 ÷ 150	- добра пумпабилност, - добра отпорност на воду - добра механичка стабилност

4.4 Чврста мазива

Под чврстим мазивима се подразумевају материје у чврстом стању које имају способност да смање трење и хабање. Ове материје се наносе на површине делова машина у виду превлака или се додају течним и полутечним мазивима, или се од тих материјала израђују делови који су изложени трењу и хабању.

Основна својства која морају да поседују чврста мазива су:

- да обезбеде ниско трење,
- да су хемијски стабилна у захтеваном температурском интервалу,

- да су компатибилна са материјама од којих су израђени делови који се подмазују,
- да се чврсто везују за површине односно показују задовољавајућу прионљивост,
- да су једноставна за употребу,
- да су нетоксична итд.

Од многобројних чврстих материја које могу да преузму улогу мазива најчешће се користе:

- материје ламеларне структуре,
- меки материјали,
- полимерни материјали и
- керамички материјали.

Употреба наведених чврстих мазива је широка са тенденцијом даљег раста. Подмазивање чврстим мазивима даје у одређеним условима рада и за поједине конструкције низ предности, док је при неким условима то једини могућ начин подмазивања. То се пре свега односи на услове високог вакуума, делове изложене високим радним температурама, у условима радиоактивног зрачења, присуству агресивних материја и другим.

Чврста мазива ламеларне структуре: Најпознатија и широко коришћена мазива ламеларне структуре су графит и молибдендисулфид. Њихове типичне карактеристике дате су у табели 3.

Графит је вероватно најстарије чврсто мазиво у употреби. При коришћењу у условима суве средине његов утицај на карактеристике трења и хабања се погоршавају. Графит је постојан до температуре од око 540 °C када почиње да оксидише. Моћ ношења слоја или филма је знатна. Веома се добро везује за метале, али и за друге материјале. Користи се као мазиво у индустрији, нарочито у процесима прераде метала (извлачењу жица, цеви, ковању и сл.). често се употребљава као додатак течним и полутечним мазивима.

Молибдендисулфид (MoS_2) се разликује од графита по томе што његове карактеристике не зависе од присуства влаге. Због тога се може успешно користити у високом вакууму и има знатну примену код космичких летилица. MoS_2 се боље везује за метал него графит. Сваки слој атома молибдена је постављен између два слоја атома сумпора. Поред директног наношења на површине, MoS_2 се користи као додатак код уља за подмазивање и код техничких масти, најчешће у виду праха чија је величина зрна 2 или 3 μm . Молибдендисулфид оксидише на 350 °C, те је то лимитирајући фактор за употребу на високим температурама. Међутим, у вакууму овај проблем није изражен, па се може користити и до 1000 °C. MoS_2 поседује изванредна својства пријањања и има високу моћ ношења.

Полимерни материјали: Од многобројних данас познатих полимерних материјала као чврста мазива користи се изванредан број, а најпознатији су политетрафлуоретилен (PTFE) и полиацетали. Ови материјали се могу користити у виду превлаке на металне површине, као додаци у виду праха другим категоријама мазива или се комплетни делови израђују од ових материјала. Веома често се употребљавају за израду самоподмазујућих клизних лежача. У тим конструкцијама полимерни материјали су погодни за услове малих брзина ($v < 1 \text{ m/s}$) и мала до средња оптерећења. Међутим, у условима подмазивања са другим мазивима, подносе више оптерећења и брзине при задовољавајућим вредностима трења и хабања, [3].

Табела 3. Типичне карактеристике чврстих мазива, [3]

Карактеристика	MoS ₂	Графит	PTFE
Тврдоћа	Мала	Мала	Мала
Највећа радна температура [°C]	300	600	260
Заштита од корозије	Средња	Добра	Добра
Хемијска стабилност	Добра	Врло добра	Врло добра
Густина [kg/m ³]	4,8	2,2	2,2

4.5 Класификација, складиштење и руковање мазивима

Сталним усавршавањем, мотори СУС, алатне машине и други механички системи, постојали су све сложенијих конструкција. Функције су им бивале све разноврсније и сложеније, а оптерећења све већа. У складу са сваком променом конструкције и функције, конструктори су тражили побољшање квалитетног нивоа мазивих уља и све дужи интервал употребе, уз смањење запремине уља у самом механичком систему. Развој нових технологија омогућио је производњу одговарајућих адитива и базних уља, а тиме и производњу тражених мазива. Тај паралелни развој механичких система и мазива наставља се и данас, [5].

Због свог широког дијапазона примене, мазива се могу поделити на, [5]:

- уља и течности за моторе и моторна возила (моторна уља за путничка возила, за комерцијална возила, бродске моторе; уља за мењаче и диференцијале; течности за кочионе системе...),
- индустријска мазива (уља за ланце, клизне стазе, расхладне компресоре, пнеуматске системе; мазива за затворене и отворене зупчанике, челичну ужад...),
- средства за хлађење и подмазивање у обради метала (чиста уља за обраду метала, водорастворне течности, уља за термичку обраду метала, мазива за обраду метала деформацијом...),
- средства за привремену заштиту од корозије (средства на основи минералног уља, средства која садрже раствараче...) и
- мазиве масти (универзалне масти, масти за кугличне и клизне лежајеве, масти за централне системе подмазивања, специјалне масти, биоразградиве масти...).

Избор мазива се може обавити на два начина:

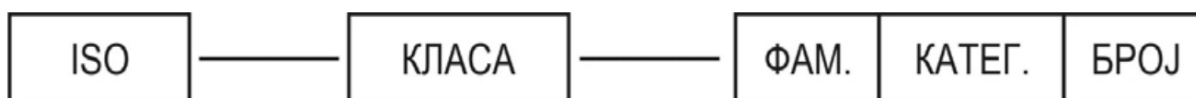
1. Коришћењем препорука произвођача опреме. Уколико се бира уље другог произвођача од препорученог, изабрано уље мора задовољавати спецификацијама прописани квалитет. Осим тога, корисник мора бити сигуран и да стварни квалитет уља одговара декларисаном.
2. Проучавањем целокупне техничке документације опреме, склопова, услова рада, триболошких особина, као и препоруке произвођача мазива и након тога извршити избор одговарајућег уља.

За коректан избор одговарајућег мазивог уља за неки конкретни механички систем и услове рада, корисник мора добро познавати, [5]:

- препоруке произвођача механичког система,
- класификације уља по вискозности и
- класификације по областима примене, по квалитетном нивоу, односно, по радним особинама

Информација о вискозности је потребна, али није довољна. Подједнако је важна информација која говори о радним карактеристикама, односно квалитетном нивоу уља. Два уља исте намене и исте вискозности могу бити веома различита по квалитетном нивоу. Такође, два уља истог квалитетног нивоа могу бити различитих вискозности, [6].

Означавање течних и полутечних мазива је дефинисано стандардом SRPS ISO 8681/91 (слика 5).



Слика 5. Означавање течних и полутечних мазива, [5]

На овај начин, течна мазива су дефинисана према намени и величини вискозности, као на пример:

ISO – L – HM 68

Где је:

ISO – ознака стандарда,

L – ознака за класу мазива,

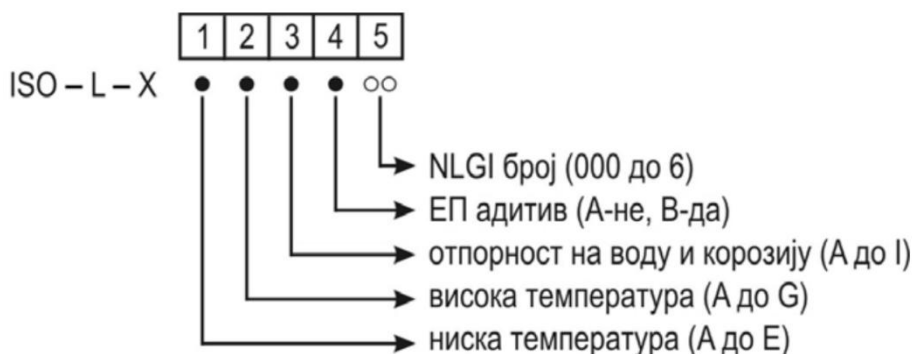
H – ознака фамилије којој мазиво припада,

M – ознака која ближе дефинише својства категорије мазива и

68 – означава да мазиво има вредност вискозности $68 \text{ mm}^2/\text{s}$ на 40°C .

Ознаке фамилија којој припада мазиво дате су у табели 4.

Са друге стране, техничке (мазиве) масти се означавају другачије (слика 6).



Слика 6. Означавање мазивих масти, [3]

Где је:

X – ознаке фамилије.

1 – најнижа дозвољена радна температура (опсег од 0 до < -40 °C, са кораком од 20 °C између ознака A и B, а за остале 10 °C).

2 – највећа дозвољена температура (опсег од 60 до > 180 °C са кораком од 30 и 20 °C).

NLGI број – дефинише конзистенцију масти; дефинисан од стране америчког Националног института за мазиве масти (National Lubricating Grease Institut)

Табела 4. Ознаке фамилија течних и полутечних мазива, [6]

Словна ознака фамилије мазива	Област примене мазива
A	Проточно подмазивање
B	Одвајање калупа
C	Зупчасти преносници
D	Компресори
E	Мотори СУС
F	Лежаји вретена, лежаји и спојнице
G	Вођице, клизне стазе
H	Хидраулички системи
M	Механичка обрада метала
N	Електричне инсталације
P	Пнеуматски алати
Q	Пренос топлоте
R	Привремена заштита од корозије
T	Турбине
U	Термичка обрада
X	Област примене техничких масти
Y	Друге области примене мазива
Z	Цилиндри парних машина

Постоје различите врсте мазива па је за правилно складиштење и подмазивање потребно познавати врсте и особине мазива. Руковање мазивима мора бити крајње опрезно јер су то деривати нафте који могу бити отровни, запаљиви и експлозивни. Због тога је за рад у складишту потребно задужити квалификованог радника. За складиште мазива мора се изабрати такав објекат да би се мазиво могло сортирати и правилно ускладиштити. За складишта мазива не могу се користити разне шупе или надстрешнице или држати мазиво на отвореном простору изложено атмосферским утицајима (киши, снегу, сунцу, прашину итд). Влага или вода могу учинити уље неупотребљивим, а високе температуре и директно излагање сунцу вишеструко убрзавају старење. Приликом промене температуре уље се шири и скупља и при томе истискује и усисава ваздух. Ако се чеп налази у води онда ће се усисавати вода. Складиште мазива би требало бити релативно близу места подмазивања. Мазива имају дуг век трајања ако су правилно ускладиштена. Ипак, препоручује се у току складиштења, контрола квалитета мазива у различитим врстама паковања и то сваке две до три године. Складиште мора бити заштићено од пожара са релативно константном температуром, ниском влажношћу и одговарајућом вентилацијом. Сва електрична инсталација мора бити специјално осигурана тако да је онемогућена појава варнице која би могла изазвати пожар. У случају пожара за гашење се користе: угљендиоксид, суви прах или пена. Никада не треба користити воду за гашење, јер уместо гашења, пожар се може проширити. Мањи пожари гасе се земљом или песком, уколико се не располаже апаратима за гашење, [6].

Ако се правилно користе, односно ако се спроводи лична и индустријска хигијена мазива не представљају опасност за корисника. Међутим у случајевима неправилног коришћења могу бити опасна по здравље. Већина уља има низак степен токсичности, али последице излагања су вишеструке.

Да би смањили и спречили незгоде, требали би применити следеће мере предострожности:

Додир с кожом - Поштовати строго одређена правила личне и индустријске хигијене. Свакодневни додир са мазивима може узроковати суву и испуцалу кожу, а може доћи до надражаја коже, појаве дерматитиса, па чак и одређених озбиљнијих компликација здравственог стања особе која је чешће и дуготрајније у контакту са одређеним мазивом. Да би избегли додир с телом неопходно је:

- користити непропусне рукавице,
- носити одећу с одговарајућом заштитом,
- не носити одећу контаминирану уљем,
- не користити бензин или петролеј за брисање уља с коже и
- користити заштитне креме.

Удисање - Избегавати удисање уљних пара јер могу изазвати умор и главобоље. Потребно је инсталирати вентилацију у простору где се користи уље.

Контакт с очима - Препоручује се ношење заштитних наочара код коришћења уља. У случају да уље дође у додир с очима умивати очи минимално 15 минута.

Гутање - Мазива имају низак степен оралне токсичности. У случају гутања не изазивати повраћање већ хитно потражити лекарску помоћ.

Опште правило је да треба избегавати директан додир мазива са кожом и очима и пазити да се не удишу њихове паре. При руковању мазивима треба се придржавати одређених хигијенских и заштитних мера, [6].

Мазива, која су окарактерисана као опасне материје, морају се правилно означити знаковима опасности на следећи начин:

- T+ - врло јака отровност,
- T – отровност,
- Xn – штетност,
- C - нагризајуће деловање,
- Xi - надражујуће деловање,
- E – експлозивност,
- O – оксидативност,
- F+ - врло лака запаљивост,
- F - лака запаљивост и
- N - опасност за околину

Мазива, произведена од добро рафинисаних базних уља и савремених пакета адитива не показују неко приметно токсично својство, али се не искључује могућност да у случају дужег и чешћег контакта, дође до надражаја коже, алергије или дерматитиса. Ако садрже лако испарљиве угљоводоничне раствараче може се појавити проблем са дисајним органима. Веома мале концентрације уља у питкој води изазивају акутне сметње код људи као што су: мучнина, повраћање и дијареја. Негативан утицај је присутан и на флору и на фауну. [6]

Без обзира на степен рафинације базних уља од којих се производе и без обзира на концентрацију и карактер адитива које садрже, отпадна мазива уља често карактеришу токсичност и канцерогеност. Степен токсичности и потенцијал канцерогености зависе од концентрација и карактера контаминаната, односно деградационих производа. Концентрације контаминаната и деградационих производа зависе од дужине употребе уља, услова рада и неких карактеристика мотора или индустријских система, [6].

Методe третмана отпадних уља су:

- спаљивање,
- рерафинација и
- регенерација.

Спаљивање се врши у специјалним пећима у којима је обезбеђено тренутно сагоревање на температурама изнад 1.200 °C и потпуна контрола димних гасова. Отпадне мазиве масти се спаљују јер се не могу регенерисати или рерафинисати.

Рерафинацијом се производе рерафинисана базна уља, која се користе за производњу нових мазива. Након издвајања грубих механичких нечистоћа комбинују се операције као што су атмосферска и вакуум дестилација, солвентна или хидрорафинација и друге.

Регенерација је релативно једноставан поступак. Од операција користе се гравитационо таложење воде и других грубих контаминаната, одвајање уља декантовањем, те филтрирање или центрифугирање. Примењује се на хидраулична, редукторска, турбинска и компресорска уља, код којих није дошло до деградационих промена хемијске природе.

Моторна уља се не могу регенерисати. Она су контаминирана производима оксидације и термичког разлагања угљоводоника, деградационим производима адитива, водом, горивом, честицама угљеника и метала и различитим спољашњим контаминантима, [6].

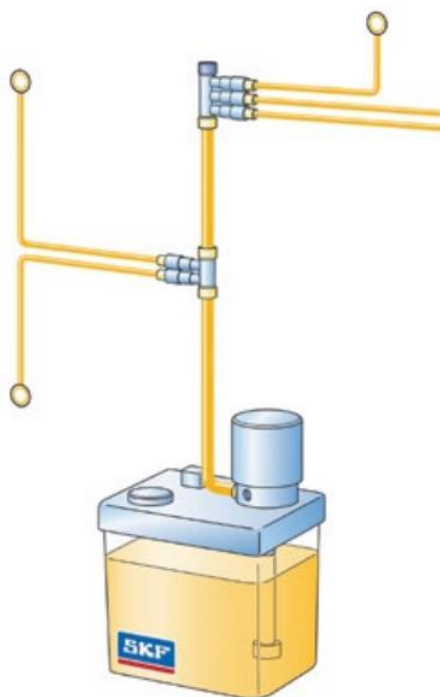
5. Системи за подмазивање преносника снаге

Из разлога што делови и склопови машина то захтевају, конструктори су осмислили одређене системе за подмазивање који ће им у многome олакшати посао. Системи за подмазивање треба да омогуће правилно и прецизно подмазивање машина, па се често због тога израђују као њихови саставни делови. Њихов задатак је да обезбеде правилан проток уља, по одређеној температури и по одређеном притиску, до свих покретних делова неке машине, продужавајући тако њен радни век, а смањујући опасност од квара. Осим тога, системи за подмазивање, су веома исплативи и могу уштедети доста новца кориснику. Данас се највише користе системи аутоматског подмазивања, познати још као системи централног подмазивања, [7].

Постоје више врста централног подмазивања:

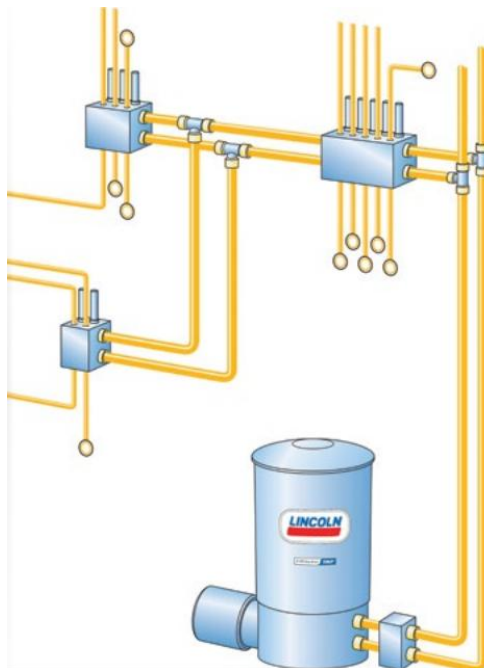
- једнолинијски паралелни и прогресивни систем,
- дволинијски систем,
- вишелинијски систем,
- систем уље-ваздух и
- циркулациони системи подмазивања.

Једнолинијски систем (слика 7) се састоји од резервоара за уље, пумпе и дозатора. Код паралелног система мерни вентили (бризгачи) постављени су паралелно, а у току рада сваки вентил ради засебно. То значи да уколико дође до квара на једном вентилу, остали настављају са радом. Међутим то није случај код прогресивног система, где постоје тзв. главни вентили у које се доводи уље које долази до клипова унутар вентила. Уље код овог система мора да прође кроз сваки клип у вентилу пре него што се испоручи систему који се подмазује. Уколико један од клипова престане са радом и остали такође престају са радом. Због тога се на овим вентилима уграђује показивач који нам показује који клип није у функцији. Једнолинијски систем се примењује код машина са малим или средњим бројем тачака подмазивања и при лакшим радним условима (машине алатке, штампарске машине...).



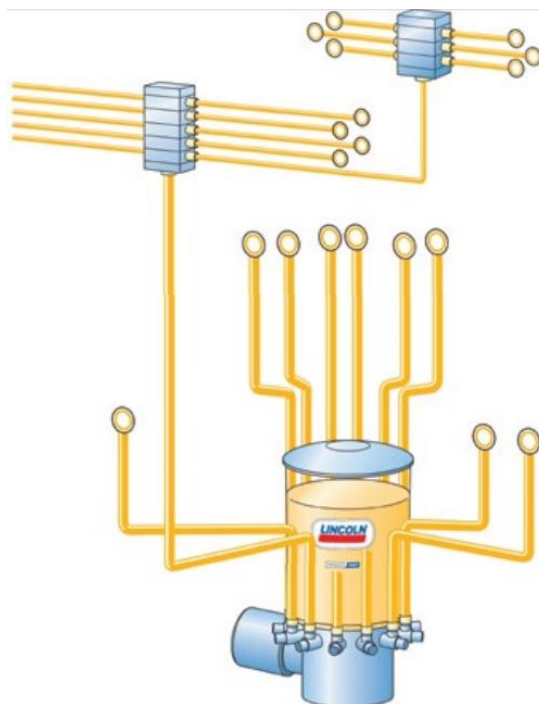
Слика 7. Једнолинијски систем подмазивања компаније SKF, [8]

Дволинијски систем (слика 8) ради на сличном принципу као и једнолинијски, само што поседује две цеви за снабдевање. Предност у односу на једнолинијски је тај што може истовремено да напаја више стотина тачака, са знатном мањом дужином цеви. Примењује се код технолошких система са великим бројем тачака подмазивања, у тешким радним условима (велике рударске и производне машине, у цементарама...), [8].



Слика 8. Дволинијски систем подмазивања компаније LINCOLN, [8]

Вишелинијски систем (слика 9), такође ради по сличном принципу као и једнолинијски и дволинијски. Примењује се код линија или уређаја са мањим бројем тачака подмазивања, постављених ближе једна другој, са великом потрошњом мазива, [8].



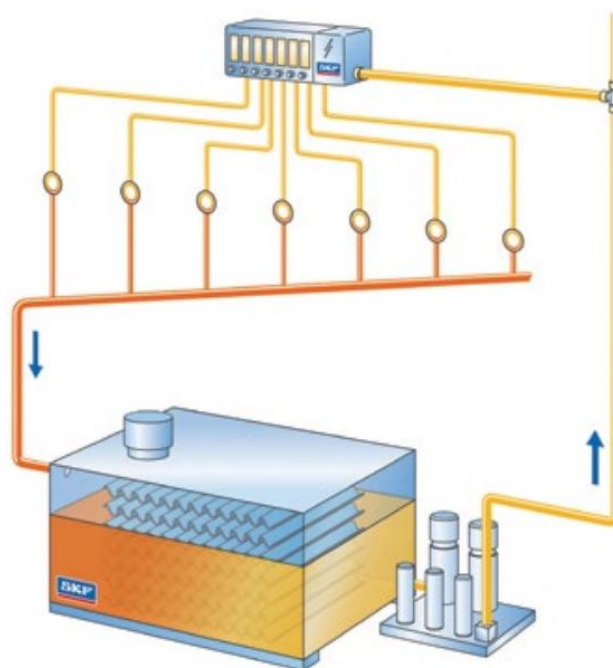
Слика 9. Вишелинијски систем подмазивања компаније LINCOLN, [8]

Код система уље-ваздух (слика 10), уље се загрева у резервоару, а затим се доводи до карбуратора где се меша са ваздухом. Тако се ствара тзв. уљна пара која се проводи кроз систем цеви до елемената који се подмазују. Ваздух служи за транспорт уљних капљица и понекад за хлађење. Велика предност овог система је што има могућност да одводи топлоту и прљавштину. Користи се код преносника снаге (ланчаника и зупчаника), а изузетно за подмазивање лежаја, [7].



Слика 10. Шема система уље-ваздух, [7]

Предност циркулационих система (слика 11) је та што се после подмазивања тачака, уље сакупља, модификује и поново користи. Истовремено, уље је и средство за хлађење, одводи прљавштину и штити од корозије, [8].



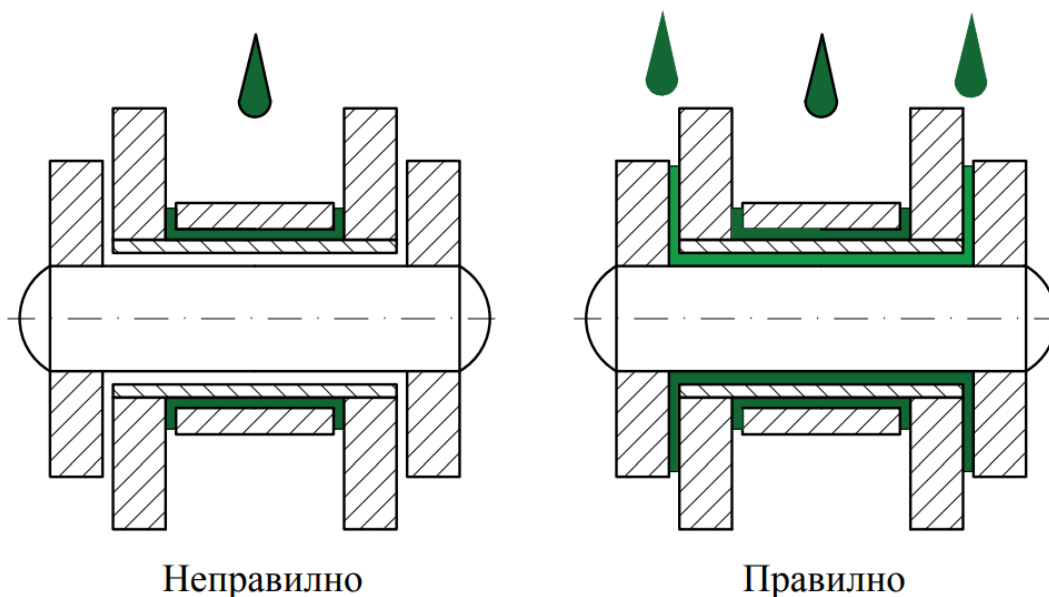
Слика 11. Циркулациони систем подмазивања компаније SKF, [8]

6. Подмазивање ланчаних преносника

Правилно, правовремено и адекватно подмазивање ланчаних преносника у експлоатацији је један од најбитнијих услова за правилно функционисање и дуги век ланаца. Нормални услови рада одређени су присуством мазива у зглобу ланца и на зупцу ланчаника. Правилним подмазивањем изазива се позитивна ланчана реакција, која тежи да продужи век трајања ланаца. Добро подмазивање, повећава отпорност на хабање, ублажава удар чланка о зупце ланчаника, повећава степен искоришћења, смањује загревање ланца и шум ланчаног преноса. Самим тим, ланци који нису довољно добро подмазани се не могу подвргнути веома великим оптерећењима. Услед недовољног и неравномерног подмазивања радни век ланца се знатно смањује, долази до хабања, издужења корака ланца, а у најгорем случају до лома. Дужи век трајања ланчаног преносника и исправан рад захтева одговарајуће и ефикасно подмазивање као и заштиту од прашине. Важни фактори, које треба узети у разматрање да би се постигло ефикасно подмазивање, су:

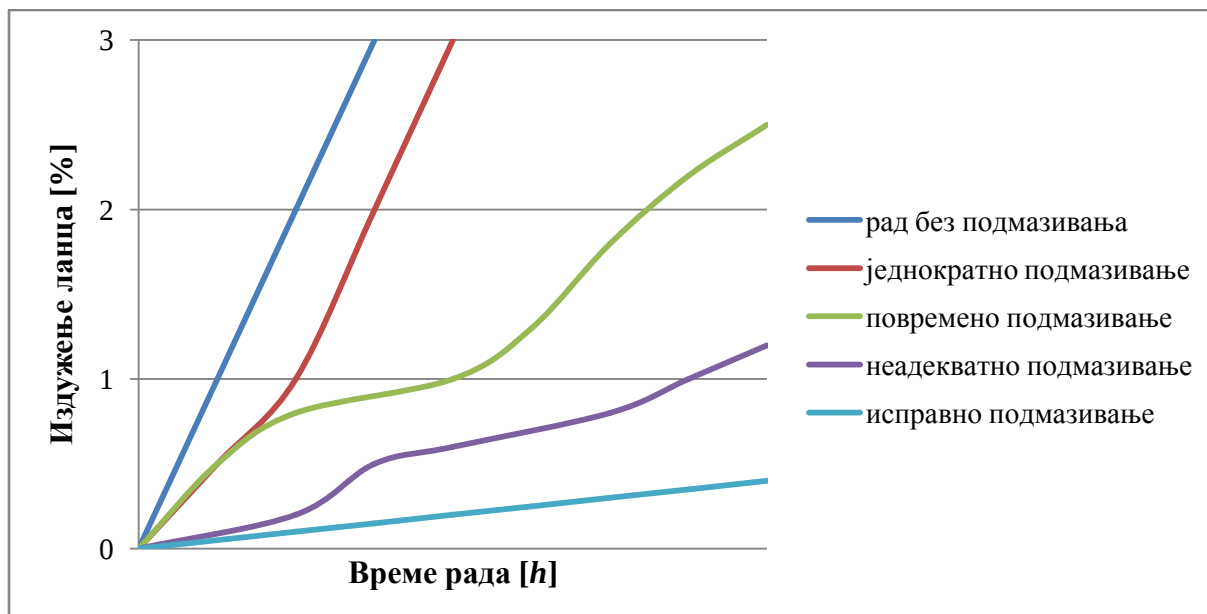
- адекватна вредност вискозности уља за подмазивање,
- интервал подмазивања,
- права количина мазива,
- начин подмазивања и
- температурни опсег примене.

Правилно подмазивање је условљено конструкцијом зглоба ланца, што значи да конструкција треба да омогући продор мазива кроз зазоре у зглобу ланца, односно у простор између чауре и осовинице и простор између ваљка и чауре. Пример неправилног и правилног подмазивања је дат на слици 12, [1].



Слика 12. Неправилно и правилно подмазивање ланца, [1]

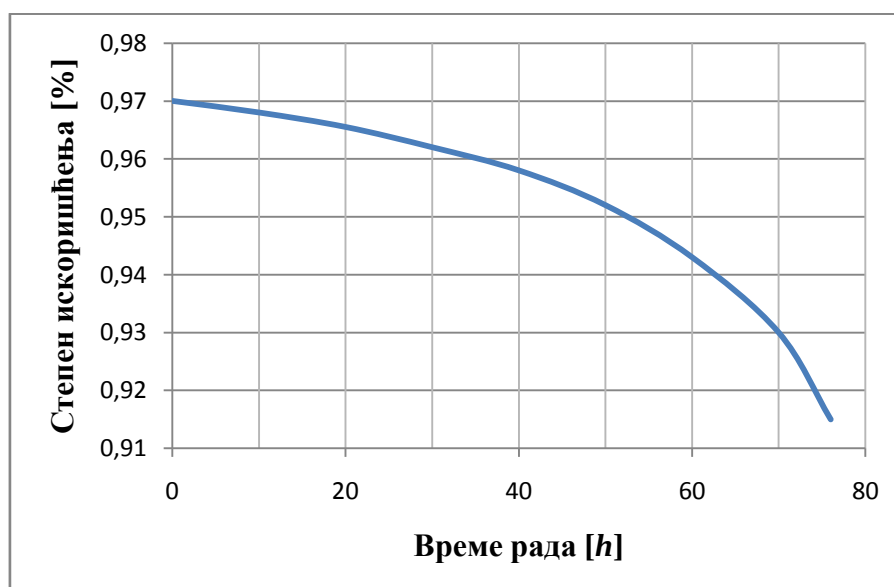
Избор мазива, одговарајућих карактеристика, такође је јако битан, због могућности продирања уља у све потребне зазоре. Неадекватан избор мазива доводи до повећаног хабања. Велики проблеми могу да настану ако су делови ланца запрљани, односно када се продукти хабања нагомилавају у зазорима. Услед хабања долази до издужења корака ланца. Ланчани преносници се избацују из употребе када издужење ланца постигне вредност већу од 3%. Експерименталним путем упоређене су вредности издужења ланца у току рада у зависности од начина подмазивања (слика 13), [1].



Слика 13. Издужење ланца у току рада у зависности од начина подмазивања, [1]

Рад без подмазивања изазива прогресивно хабање и тада долази до отказа ланца у веома кратком временском периоду. Једнократно подмазивање, такође доводи до брзог хабања, с обзиром на малу количину мазива. Повремено подмазивање се углавном јавља при ручном подмазивању, када нису испоштовани термини за подмазивање. Неадекватно подмазивање доводи до хабања ланца, а може бити проузроковано погрешним избором мазива или применом недовољне количине мазива и слично. Исправно подмазивање доводи до најмањег хабања и најдужега радног века ланчаног преносника, [1].

И поред свега, подмазивање, још утиче и на степен искоришћења ланчаног преносника. Са повећањем времена рада, степен искоришћења ланчаног преносника опада (слика 14).



Слика 14. Промена степена искоришћења у зависности од времена рада, [1]

6.1 Подмазивање течним мазивима

Ланци се најчешће подмазују течним мазивима, зато што је њихова способност продирања у зглоб ланца највећа. Најбоља су минерална уља чија вискозност зависи од притиска у зглобу, брзине ланца и температуре околине. У табели 5 приказане су кинематске вискозности препоручених уља за услове:

- осно растојање $a \leq 50r$,
- преносни однос $i \leq 2$ и
- температуру околине око $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Табела 5. Кинематске вискозности препоручених уља за услове: осно растојање $a \leq 50r$, преносни однос $i \leq 2$ и температуру околине око $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, [9]

Ручно и подмазивање капањем			Непрекидно и картерско подмазивање		
Притисак у зглобу	Брзина ланца	Кинематска вискозност v_{50}	Притисак у зглобу	Брзина ланца	Кинематска вискозност v_{50}
N/mm^2	m/s	$cSt (mm^2/s)$	N/mm^2	m/s	$cSt (mm^2/s)$
до 10	до 1	$17 \div 23$	до 10	до 5	$17 \div 23$
	$1 \div 5$	$28 \div 33$		$5 \div 10$	$28 \div 33$
	преко 5	$35 \div 45$		преко 10	$28 \div 33$
$10 \div 20$	до 1	$28 \div 33$	$10 \div 20$	до 5	$28 \div 33$
	$1 \div 5$	$35 \div 45$		$5 \div 10$	$35 \div 45$
	преко 5	$47 \div 55$		преко 10	$35 \div 45$
$20 \div 30$	до 1	$35 \div 45$	$20 \div 30$	до 5	$35 \div 45$
	$1 \div 5$	$47 \div 55$		$5 \div 10$	$47 \div 55$
	преко 5	$65 \div 75$		преко 10	$47 \div 55$
преко 30	до 1	$47 \div 55$	преко 30	до 5	$47 \div 55$
	$1 \div 5$	$65 \div 75$		$5 \div 10$	$65 \div 75$
	преко 5	$90 \div 118$		преко 10	$90 \div 118$

Како температура околине утиче и на физичко-механичке карактеристике мазива, при избору уља корисно је користити препоруке из табеле 6.

Табела 6. Утицај температуре околине на физичко-механичке карактеристике мазива, [9]

Температура околине [°C]	Кинематска вискозност ν_{40} [cSt (mm ² /s)]
до - 7	28,8 ÷ 35,2
од -7 до -4	41,4 ÷ 50,6
од -4 до 35	90 ÷ 110
од 35 до 50	135 ÷ 165
од 50 до 60	198 ÷ 242

Хабање ланца и коначно век трајања ланца зависе од количине уља која се доводи у зглобове у јединици времена. Са опадањем количине довођеног уља, погоршавају се услови подмазивања, све је непосреднији контакт метала по металу и већа количина одвојених честица. Потребна запремина уља за подмазивање ланца се апроксимативно може представити као функција корака:

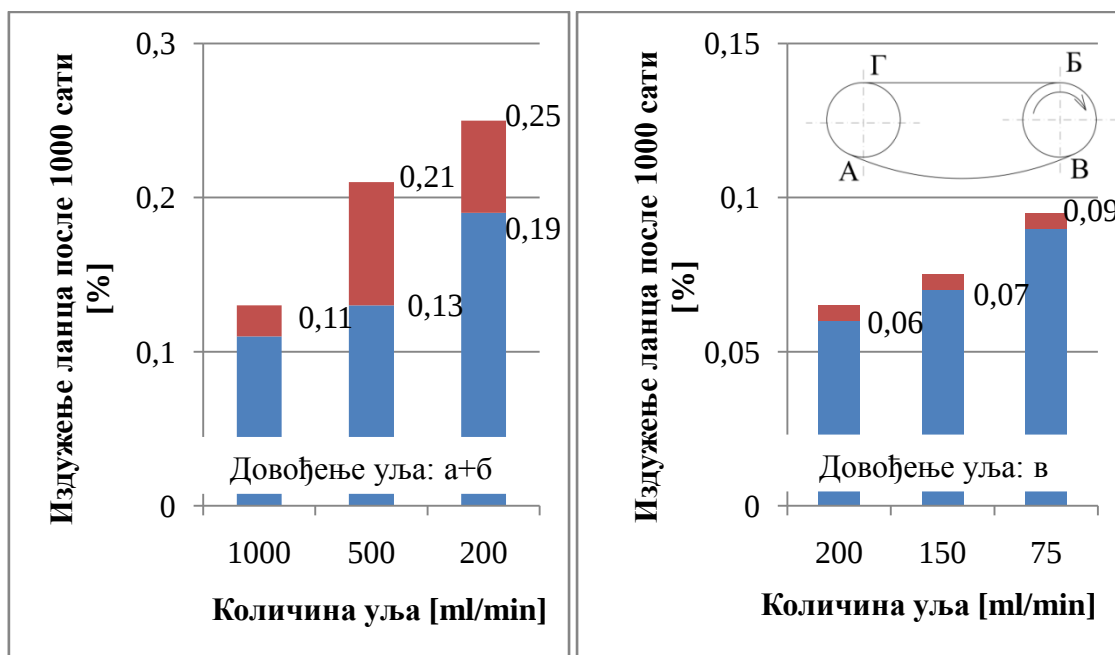
$$q = (0,1 \div 0,2) \cdot p \quad (6.1)$$

Где је:

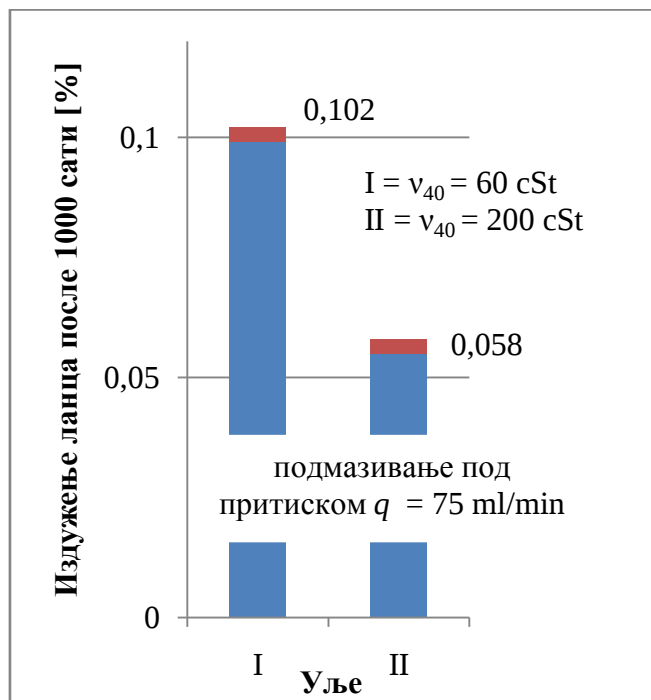
q - потребна запремина уља [l/min] и

p - корак ланца [cm].

Фактор 0,1 може користити у случајевима подмазивања убризгавањем уља помоћу цеви, а 0,2 за подмазивање млазницом. На слици 15 приказана је зависност хабања ланца од количине уља које се доводи.

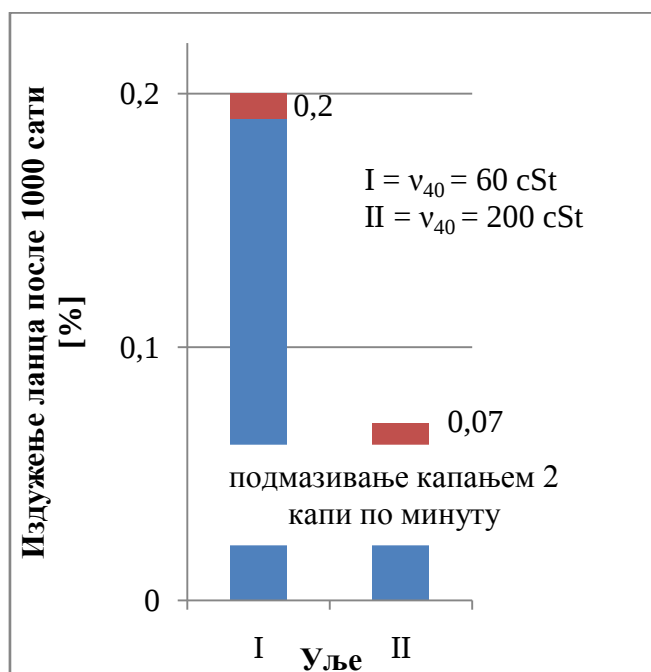


Вискозност уља показује велики утицај на хабање ланаца. Коришћењем уља веће вискозности (уље II) смањује се хабање скоро 45% (слика 16). Нагиб криве хабања опада при промени и коришћењу мазива веће вискозности.



Слика 16. Утицај уља различите вискозности на процентуално издужење ланца при подмазивању под притиском, [9]

При довољном подмазивању већа вискозност потпомаже формирању уљног филма између осовинице и чауре, минимизира директни контакт метала по металу и смањује количину одвојених честица. Позитиван ефекат вискозности уочен је и при подмазивању капањем (слика 17).



Слика 17. Утицај уља различите вискозности на процентуално издужење ланца при подмазивању капањем, [9]

Генерално гледано, за подмазивање ланца препоручују се уља вискозности $\nu_{50} = 150 \div 200 \text{ cSt}$, пошто је ова вискозност довољна да обезбеди продирање мазива у зглоб ланца кроз уске зазоре склопа.

За одређивање приближног броја капи у минути, при подмазивању капањем, потребних за довољно подмазивање ланца, препоручује се израз:

$$n_k = (0,25 \div 0,50) \cdot p \cdot v \quad (6.2)$$

Где је:

n_k - број капи у минути

p - корак ланца [cm]

v - брзина ланца [m/s]

Фактор $(0,25 \div 0,50)$ зависи од радних услова.

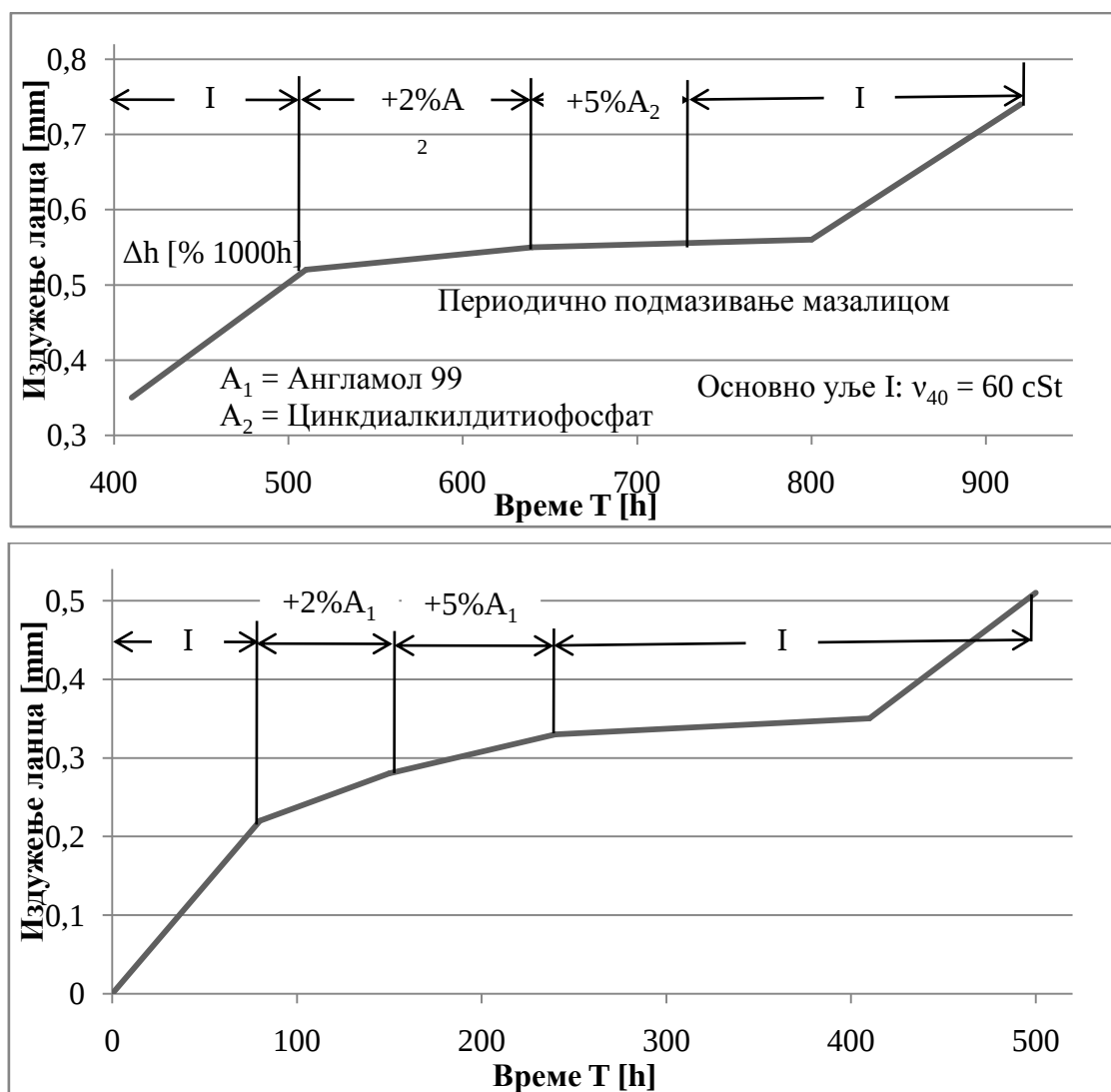
Савремена технологија подмазивања поставља све оштрије захтеве мазивима који се више не могу испоштовати само природним својствима уља. Зато се данас све више користе мешане комбинације основних минералних уља и адитива, да би се подигао општи ниво њихових мазивих особина. За повећање отпорности на хабање у условима граничног подмазивања, анти-хабајне компоненте и компоненте које се додају за услове високих притисака имају посебан значај. Реактивне супстанце ових адитива стварају танке слојеве отпорне на атхезију који смањују хабање, [9].

Приказани су резултати утицаја три групе адитива на хабање погонских ланца:

- англамол 99 (A_1),
- цинкдиалкилдитиофосфат (A_2) и
- готови адитиви (AP_5 и AP_6).

Англамол спада у групу адитива који се често користе као додаци уљима за зупчанике и који је органско једињење фосфора и сумпора. Адитиви AP_5 и AP_6 спадају у групу ефикасних супстанци које на контактним површинама зглоба стварају оксиде гвожђа, прекривају врхове контактних површина и повећавају стварну површину контакта. Основни активни елементи ових адитива су: цинк, фосфор, сумпор, молибден и олово. На интензитет хабања (издужење ланца) велики утицај има и концентрација адитива и то је приказано на слици 18. Са порастом концентрације адитива хабање опада. Интересантно је да интензитет хабања остаје исти чак и по замени уља и даљем подмазивању чисто минералним уљима. Уље са адитивом формира мазиви слој на контактним површинама који се задржава и после замене уља. Тек по разарању оваког слоја уочава се нагла промена у интензитету хабања. Сличну појаву запажамо и при подмазивању адитивима AP_5 и AP_6 , [9].

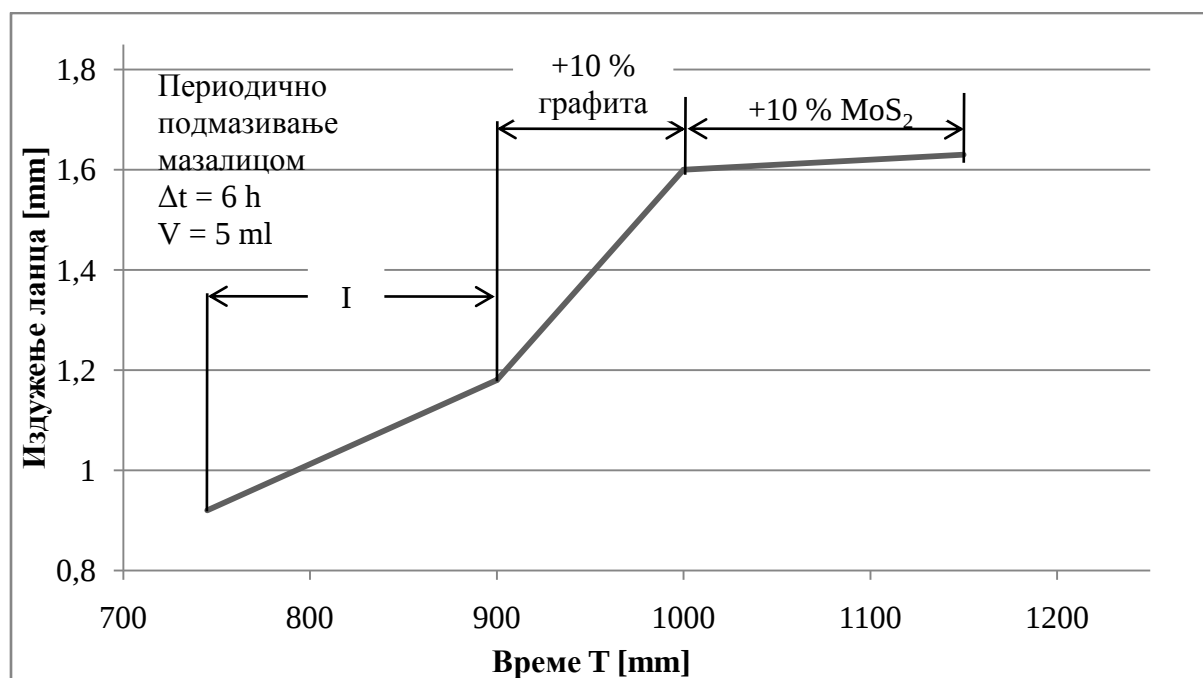
Цинкдиалкилдитиофосфат се користи више од педесет година у индустрији мазива, а представља и више него повољан адитив у области хидраулике, мазива за редукторе, моторних уља итд. Поседује добру отпорност на хабање, а такође је показао добру отпорност на корозију и оксидације, [9].



Слика 18. Зависност издужења ланца у односу на концентрацију адитива, [9]

6.2 Подмазивање чврстим мазивима

Подмазивање ланца чврстим мазивима се користи у условима када је у радној средини приметно присуство абразивних честица и отежано подмазивање течним мазивима. Оваква врста подмазивања се користи и у случајевима максималних оптерећења или високих брзина. Чврста мазива у низу случајева поседују боље особине и од мазивих уља. У групу тврдих мазива спадају графити и различити сулфиди (нпр. молибден дисулфид), селениди и телуриди. Као чврста мазива користе се и пластичне масе: флуорисани нискомолекуларни етилен и пропилен, ПТП, хлорирана једињења, а такође и метали (нпр. олово). Ланци се подмазују и комбинацијом чврстих мазива у минералном уљу. У структури графита леже честице димензија реда 5 μm , које запушавају зазоре зглоба и онемогућавају даље продирање мазива у област контактних површина. Хабање је при оваквом подмазивању најинтензивније. Са друге стране, молибдендисулфид садржи честице знатно мањих димензија (око 1 μm), чије продирање у област трибомеханичких система зглоба је знатно лакше, па зато и крива хабања има мањи нагиб, односно хабање је мање. На слици 19 приказани су резултати утицаја три групе мазива (чисто минерално уље, чисто минерално уље са 10% графита, чисто минерално уље са 10% MoS_2) на интензитет хабања ланца, [9].



Слика 19. Утицај различитих чврстих мазира на издужење ланца, [9]

По завршеној изради, а пре испоруке, ланци се конзервирају посебним средствима-конзерванима. Улога конзервана је веома важна јер спречавају корозију ланаца, а истовремено служе и као средства за подмазивање у периоду уходавања. Ово је посебно значајно код отворених преносника где конзервани служе за подмазивање ланаца у току целе експлоатације. Подмазивање ланаца конзерваном од стране произвођача се врши у специјалним постројењима, вакуумски, где се средство за конзервирање увлачи кроз зазоре у контактне површине ланаца. Данас се у свету користи више средстава за конзервирање ланаца, која морају да испуњавају низ сложених захтева. Веома добре особине показао је и домаћи конзерван (GL), у чијој основи као носач лежи вазелин и синтетски воскови, са додатком адитива и инхибитора против корозије, [9].

6.3 Специјална мазира за подмазивање ланаца

Поред стандардних уља за подмазивање и мазивних масти, за подмазивање ланаца су у употреби и специјална мазира. Ова специјална мазира се могу наћи у каталозима различитих произвођача, са својим карактеристикама.

Компанија FAM из Крушевца, има у својој колекцији мазира специјално намењена за подмазивање ланчаних преносника (табела 7).

Табела 7. Специјална мазира за подмазивање ланаца фабрике FAM, [10]

Ознака	Основа	Вискозност на 40 °C [mm ² /s]	Тачка течења [°C]	Температурни интервал примене [°C]
FAMGEN KL3	Синтетичко уље	30	-45	-40 ÷ 220
FAMGEN KL300	Синтетичко уље	4000	-3	0 ÷ 200

Наравно и стране компаније развијају специјална мазива за подмазивање ланчаних преносника, као што су компанија SKF (табела 8) и компанија Wippermann (табела 9).

Табела 8. Специјална мазива за подмазивање ланаца компаније SKF, [11]

Ознака	Основа	Вискозност на 40 °C [mm ² /s]	Тачка паљења [°C]	Температурни интервал примене [°C]
LHNT 68	Минерално уље	68	200	-15 ÷ 90
LHMT 265	Синтетичко уље	265	260	до 250

Табела 9. Специјална мазива за подмазивање ланаца компаније Wippermann, [12]

Ознака	Основа	Карактеристике	Температурни интервал примене [°C]
WKS-Plus	Синтетичко уље	Савршена заштита против хабања, корозије	-10 ÷ 240
WKS-Spezial	Минерално уље	У облику спреја, добра заштита од корозије, за подмазивање отворених ланчаних преносника	-10 ÷ 80

6.4 Утицај подмазивања на удар зглоба ланца о зуб ланчаника

При раду ланчаног преноса, кретање ланаца је дефинисано кретањем зглоба чланка. Сваки чланак вуче ланац при обртању ланчаника за један угаони корак, а затим уступа своје место следећем чланку. При равномерном обртању погонског ланчаника, обртање гоњеног ланчаника је неравномерно, а неравномерна је и брзина ланца. Последица оваквог начина кретања је и својство ланаца да при преносу оптерећења раде са вибрацијама, при неравномерном обртању гоњеног ланчаника. Вибрације ланчаног преноса могуће је поделити у три групе:

- нискофреквентне вибрације ланчаника, где ланац игра улогу опруге мале крутости,
- вибрације чије фреквенција одговара најнижим фреквенцијама сопствених осцилација ланца и
- високофреквентне вибрације настале при судару ваљка са зубом погонског ланчаника, које се преносе преко гоњеног ланчаника.

Осим наведених јављају се и попречне осцилације као последица попречног удара. Највише су изражене свакако вибрације изазване сударом ваљка са ланчаником, које достижу и фреквенцију и преко 600 Hz и које су основни узрок веома карактеристичног шума који се јавља при раду. Резултати испитивања показују да се вибрације ланаца могу пригушити (амортизовати) применом одговарајућег подмазивања. Смањење угаоног убрзања праћено је смањењем шума. Тако на пример, прелазак са подмазивања капањем на подмазивање мазивом од око 3000 ml/min, доводи до смањења шума за скоро 3 dB, мерено на растојању од 200 mm од погонског ланчаника. Вибрације ланаца се могу делимично регулисати и применом одговарајућих начина подмазивања, [9].

Интересантно је приметити да присуство честица у зглобу и у ма ком облику смањује трење. Веће и чврсте честице се понашају као котрљајни елементи, а присуство оксидних честица обезбеђује малу отпорност на смицање и смањује адхезивна међусобна деловања. Адхезионо хабање ће бити смањено, али је процес абразивног, чисто механичког хабања веома јако изражен. Присуство меких, неметалних честица у зглобу често има и позитиван ефекат. У току дуготрајног контакта, честице се мељу, постају веома ситне и имају улогу неке врсте мазива, спречавају директан контакт метала по металу, [9].

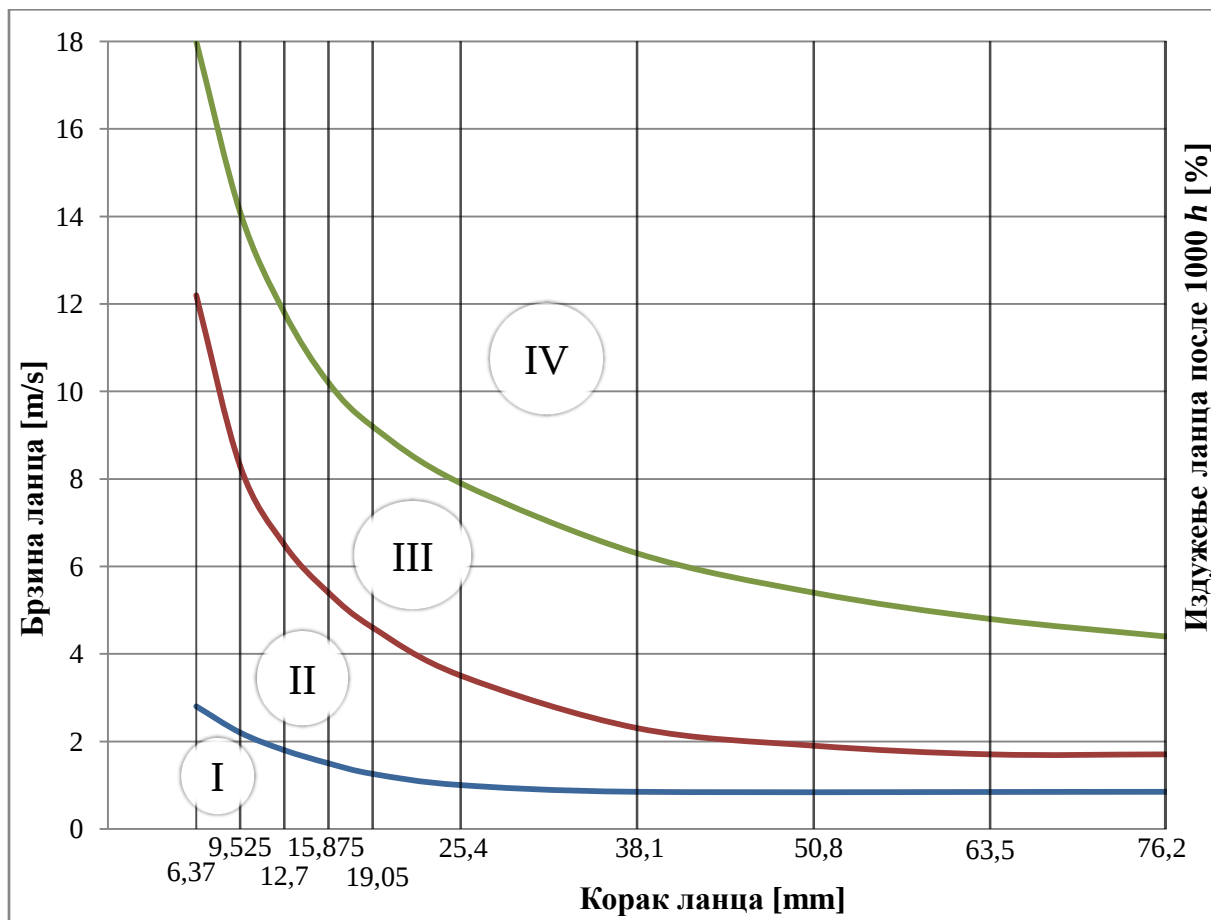
7. Начини подмазивања ланчаних преносника

Избор начина подмазивања зависи од брзине ланчаног преносника и корака ланца. За успостављање општих законитости и одређивање правовременог периодичног подмазивања неопходно је успостављање зависности између оптерећења ланчаног преносника, услова рада, начина подмазивања и брзине ланца.

У зависности од услова рада и димензија ланаца, данас се примењују следеће врсте подмазивања:

- периодично подмазивање ручном мазалицом или четком
- непрекидно подмазивање капањем
- подмазивање потапањем
- подмазивање под притиском

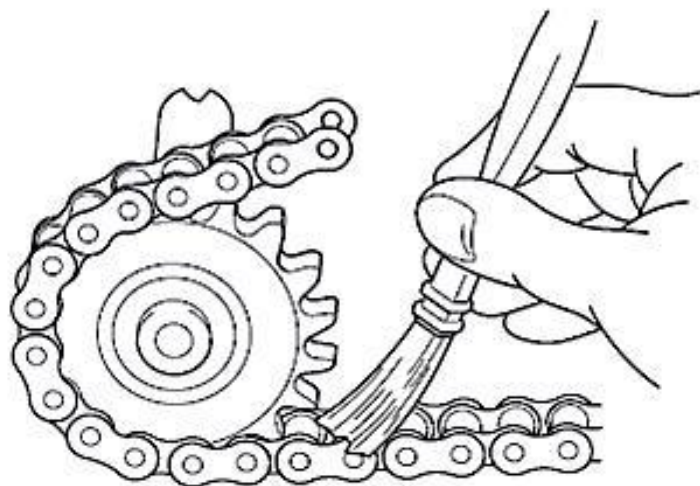
Постоје одређене препоруке за избор начина подмазивања, у зависности од брзине и корака ланца (слика 20). Веома важно и интересно питање је и одређивање положаја и места довођења мазива у затворену контуру ланца при непрекидном подмазивању капањем и подмазивању под притиском. Подмазивање се може вршити на вучном огранку, слободном огранку, у близини погонског или гоњеног ланчаника.



Слика 20. Избор начина подмазивања према стандарду DIN 8195 (I – периодично подмазивање ручном мазалицом или четкицом, II – непрекидно подмазивање капањем, III – картерско или подмазивање потапањем, IV подмазивање под притиском), [5]

7.1 Ручно подмазивање

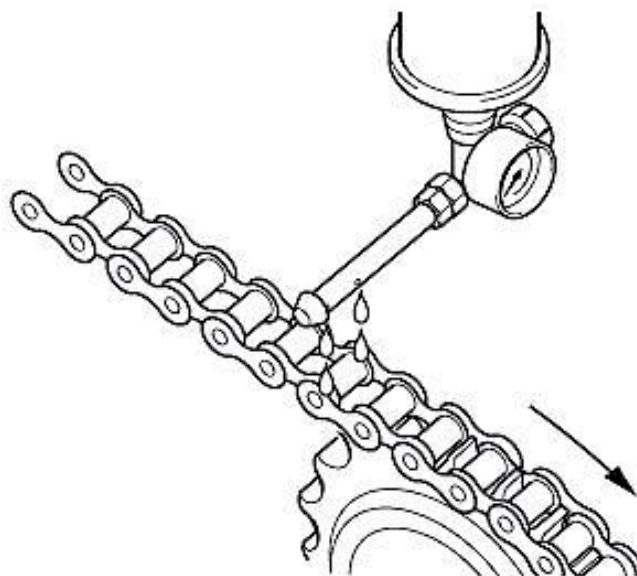
Ручно подмазивање (слика 21) са кантицом уља и четкицом није баш поуздан и због тога је погодан само за ланце са повременим радом или секундарним погоном и ланце малих брзина. За брзине до 4 m/s користи се маст за подмазивање док се за веће брзине користи уље. Подмазивање би требало вршити најмање једном дневно (ако је могуће на сваких осам сати рада), при томе је важно да мазиво допре до сваког чланка ланца и зубаца ланчаника, [11].



Слика 21. Ручно подмазивање четкицом, [11]

7.2 Подмазивање капањем

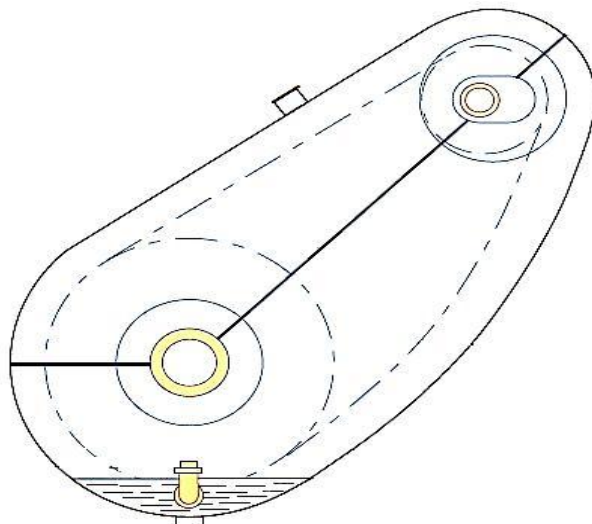
Подмазивање непрекидним капањем (слика 22) даје добре резултате. При томе се користи мазалица која је постављена на кућишту преносника. Отвори мазалице усмерени су на слободни огранак ланца. Користи се за брзине до 7 m/s (5 ÷ 20 капи у минути), [11].



Слика 22. Подмазивање капањем, [11]

7.3 Картерско или подмазивање потапањем

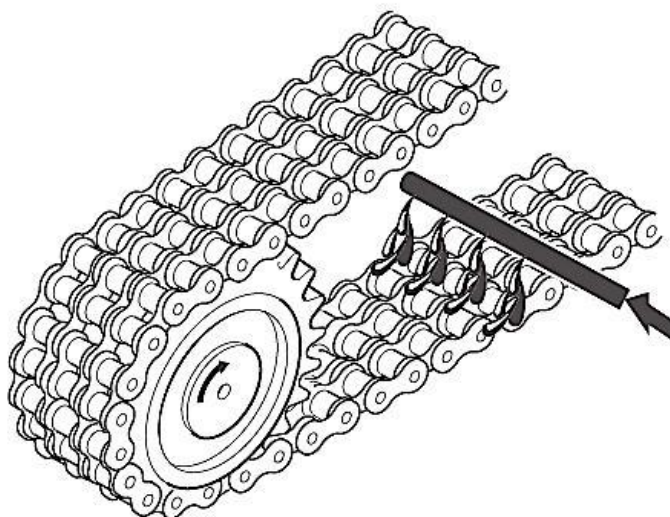
За веће брзине користи се подмазивање ланца потапањем у уље (слика 23) које се налази у кућишту (картеру). Ланац не сме дубоко да се потопи у уље, већ само до ламела, јер ће у противном доћи до пенушања уља, повећања температуре и до смањења степена искоришћења, [11].



Слика 23. Подмазивање потапањем, [11]

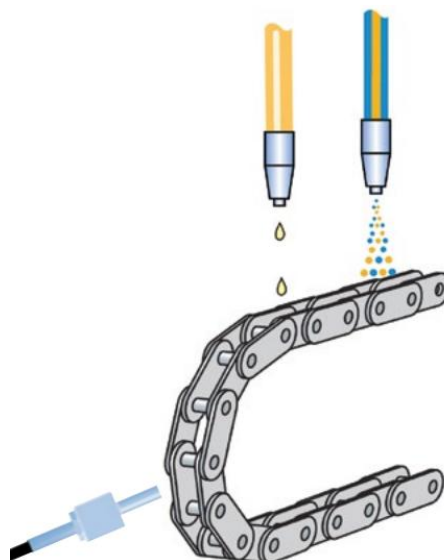
7.4 Подмазивање под притиском

Најбољи начин подмазивања при великим брзинама је подмазивање под притиском (слика 24) код кога се уље бризгаљком доводи између ланчаника и ланца на месту где слободни огранак наилази на гоњени ланчаник. На овај начин уље непрекидно подмазује унутрашњу страну слободног огранка. Подмазивање под притиском се изводи најчешће као циркуларно, што подразумева и друге потребне елементе као хладњак, резервоар и кућиште, [11].



Слика 24. Подмазивање под притиском, [11]

Осим циркуларног, код подмазивања под притиском може се уврстити и контактнo и безконтактнo подмазивање. Контактнo подмазивање се обавља тако што се мазиво преноси преко четкица и шири се целом површином ланца. Мазиво које се доводи до четкица може бити из аутоматских мазалица, једнолинијских или вишелинијских система. Безконтактнo подмазивање (слика 25) може бити циљано или површинско. Код циљаног се мале капи уља или мешавине са ваздухом, безконтактнo наносе на део ланца где се јавља трење. Период распршивања зависи од референтне тачке (осовиница, ваљак и сл.) скениране безконтактним сензором. Површинским се мешавина уља и ваздуха распршује дуж површине ланца млазницама, [8].



Слика 25. Систем безконтактнoг подмазивања, [8]

7.5 Уређаји за самоподмазивање

Савремене конструкције уређаја за затезање ланца могу да се користе и за подмазивање истих. Уређај за затезање има на једном крају неку врсту мазива, најчешће сапуна који служи да подмазује ланац (слика 26). Предност овог начина подмазивања јесте што се ланац непрекидно подмазује. Међутим лоша особина је та што се због брзог хабања уређај мора временом затезати, да не би дошло до спадања ланца, а такође се мора чешће вршити замена подмазујућег средства.



Слика 26. Затезни механизам са самоподмазујућим материјалом, [12]

8. Пример прорачуна ланчаног преносника са препоруком за подмазивање

Прорачун је рађен по књизи Механички преносници, Б. Стојановић, М. Благојевић, [1].

Полазни подаци:

- Корисна снага радне машине: $P_{EM} = 1,5 \text{ kW}$
- Број обртаја електромотора: $n_{EM} = 1250 \text{ min}^{-1}$
- Преносни однос: $i = 2$
- Врста радне машине: преса за цигле и брикет
- Положај ланчаног преносника: $\alpha = 85^\circ$
- Радни век преносника: $L_h = 15000 \text{ h}$
- Услов подмазивања: добро подмазивање без прашине
- Врста погонског ланца: ваљкасти.

Прорачун основних параметара:

Број зубаца погонског ланчаника:

Усваја се: $z_1 = 27$

Број зубаца гоњеног ланчаника:

$$z_2 = z_1 \cdot i = 27 \cdot 2 = 54 \rightarrow z_2 = 54$$

Коригована снага:

$$P_O = \frac{C_A \cdot P_{ul} \cdot K_z}{K_a \cdot K_L \cdot K_x \cdot K_o \cdot K_t \cdot K_p} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 0,6829}{0,9946 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} = 2,06 \text{ kW}$$

где су :

- улазна снага на погонском ланчанику: $P_{ul} = P_{EM} = 1,5 \text{ kW}$
- фактор радних услова: $C_A = 2$
- фактор броја зубаца мањег ланчаника z_1 : $K_z = (19/z_1)^{1,085} = (19/27)^{1,085} = 0,6829$
- фактор осног растојања: $K_a = 0,45(a/p)^{0,215} = 0,45 \cdot 40^{0,215} = 0,9946$
за осно растојање се користи вредност из опсега $a = (30 \div 50) \cdot p$,
Усваја се $a/p = 40 \text{ mm}$
- фактор врсте ланца: $K_L = 1$, $K_L = 1$ - за ваљкасти ланац.
- фактор броја ланчаника: $K_x = 1$
- фактор облика ланца: $K_o = 1$ - за остале врсте ланца.
- фактор радног века: $K_t = (15000/L_h)^{1/3} = (15000/15000)^{1/3} = 1$
- фактор подмазивања: $K_p = 1$

Усваја се једноредни ваљкасти ланац ознаке **Nr08B** са карактеристикама:

- корак ланца: $p = 12,7 \text{ mm}$
- маса јединичне дужине ланца: $q = 0,70 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
- сила разарања ланца: $F_M = 18,2 \text{ kN}$
- носећа површина зглоба: $A = 50 \text{ mm}^2$

Провера степена сигурности ланца:

Обртни момент електромотора:

$$T_{EM} = \frac{9550 \cdot P_{EM}}{n_{EM}} = \frac{9550 \cdot 1,5}{1250} = 11,46 \text{ Nm}$$

Пречник подеоног круга погонског ланчаника:

$$d_1 = \frac{p}{\sin\left(\frac{180}{z_1}\right)} = \frac{12,7}{\sin\left(\frac{180}{27}\right)} = 109,4 \text{ mm}$$

Обимна сила:

$$F_t = \frac{2 \cdot T_{EM}}{d_1} = \frac{2 \cdot 11,46}{109,4 \cdot 10^{-3}} = 209,5 \text{ N}$$

Обимна брзина:

$$v = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n_{EM}}{60 \cdot 1000} = \frac{109,4 \cdot \pi \cdot 1250}{60 \cdot 1000} = 7,16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Центрифугална сила:

$$F_c = q \cdot v^2 = 0,7 \cdot 7,16^2 = 35,88 \text{ N}$$

Приближна вредност осног растојања:

$$a = 40 \cdot p = 40 \cdot 12,7 = 508 \text{ mm}$$

Угао нагиба вучног огранка:

$$\beta = \arcsin \frac{(z_2 - z_1) \cdot p}{2\pi \cdot a} = \arcsin \frac{(54 - 27) \cdot 12,7}{2\pi \cdot 508} = \arcsin 0,10743 = 6,167^\circ$$

Број чланака ланца:

$$Z = 2 \cdot \frac{a}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi}\right)^2 \cdot \frac{p}{a} = 2 \cdot \frac{508}{12,7} + \frac{27 + 54}{2} + \left(\frac{54 - 27}{2\pi}\right)^2 \cdot \frac{12,7}{508} = 120,96$$

Усваја се $Z = 122$

Стварна вредност осног растојања:

$$a = \frac{p}{4} \cdot \left[Z - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(Z - \frac{z_1 + z_2}{2}\right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{z_2 - z_1}{\pi}\right)^2} \right]$$

$$a = \frac{12,7}{4} \cdot \left[122 - \frac{27 + 54}{2} + \sqrt{\left(122 - \frac{27 + 54}{2}\right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{54 - 27}{\pi}\right)^2} \right] = 514,63 \text{ mm}$$

Сила затезања услед тежине слободног огранка:

$$F_G = q \cdot g \cdot L = 0,7 \cdot 9,81 \cdot 0,51463 = 3,534 \text{ N}$$

Укупна сила затезања у вучном огранку:

$$F = C_A \cdot F_t + F_c + F_G = 2 \cdot 209,5 + 35,88 + 3,534 = 458,414 \text{ N}$$

Степен сигурности против динамичког лома ламеле ланца:

$$S = \frac{F_M}{F} = \frac{18200}{458,414} = 39,7 > 5 = S_{Fmin}$$

Провера површинског притиска:

Средња вредност површинског притиска:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{458,414}{50} = 9,168 \text{ MPa}$$

Површинска издржљивост, интерполацијом:

$$p_N = 20,44 \frac{N}{mm^2}$$

Фактор хабања:

$$K_h = \sqrt{\frac{226 \cdot i}{L_h} \left(\frac{a}{p} \cdot \frac{1}{i+1} + 4,75 \right)} = \sqrt{\frac{226 \cdot 2}{15000} \left(\frac{514,63}{12,7} \cdot \frac{1}{2+1} + 4,75 \right)} = 0,741$$

Дозвољени површински притисак:

$$p_d = p_N \cdot K_h \cdot K_p \cdot K_L \cdot K_X = 20,44 \cdot 0,741 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 15,146 \frac{N}{mm^2}$$

$p_d = 15,146 > 9,168 = p \Rightarrow$ изабрани ланац одговара датим условима рада.

Препоруке за подмазивање:

На основу брзине кретања и величине корака ланца, са слике 20 можемо да закључимо да је овом ланчаном преноснику предвиђено картерско, односно подмазивање потапањем. Ланац се потапа само до ламела, јер уколико се дубље потапа може доћи до пенушања уља, повећања температуре и смањења степена искоришћења. За подмазивање ланчаног преносника препоручују се мазива компаније FAM из Крушевца, компаније FUCHS из Манхајма и компаније Shell из Хага. Њихове карактеристике дате су у табели 10.

Табела 10. Карактеристике мазива препоручених за подмазивање

Ознака	Вискозност на 40°C [mm ² /s]	Температурни опсег примене [°C]	Тачка паљења [°C]
FAMGEN KL 23	240	-40 ÷ 220	220
STABYLAN 5000	100	-20 ÷ 240	260
Shell Malleus GL 65	88	-20 ÷ 160	180

Пре него се уље сипа у картер потребно је детаљно очистити машину и проверити затегнутост ланца. Пепорука је да се провера нивоа уља врши на месец дана, а да се замена врши на сваких 6 месеци.

8. Закључак

Ланчани преносник састоји се из ланца и два ланчаника, погонског и гоњеног. У неким случајевима, ланчани преносник има један погонски ланчаник и више гоњених ланчаника. Подмазивање је најнеопходнији услов за дуг век трајања и правилно функционисање и обавезно је код сваког ланчаног преносника. Правилним подмазивањем смањује се трење и хабање, повећава степен корисности, смањује загревање, смањује шум ланчаног преносника и повећава период трајања.

За подмазивање ланчаних преносника користе се различите врсте мазива и уља. Течна мазива, која се још називају уљима за подмазивање садрже две групе компонената: базна уља и адитиве. Базна уља могу бити минерална или синтетичка. Поред течних користе се и чврста мазива и пластичне масе. Ланци се подмазују и комбинацијом чврстих мазива у минералном уљу. Такође, неки прозивођачи, у свом асортиману производа, нуде специјална уља за подмазивање ланчаних преносника. Избор мазива за подмазивање зависи од карактеристика мазива, његове вискозности, температурског опсега, температуре паљења и капања итд.

Данас се примењују периодично подмазивање ручном мазалицом или четком, непрекидно подмазивање капањем, подмазивање потапањем, подмазивање под притиском и уређајима за самоподмазивање. Избор начина подмазивања првенствено зависи од корака ланца и брзине ланчаног преносника.

У раду су приказане основне карактеристике ланчаних преносника. Тежиште рада приписано је подмазивању ланчаних преносника. Објашњене су врсте и начини подмазивања. У оквиру подмазивања дате су информације о начинима подмазивања као и о специјалним мазивима за подмазивање ланаца. Урађен је прорачун задатог ланчаног преносника и дата препорука за избор начина подмазивања, као и препорука за избор мазива. Такође, дате су препоруке за одражавање ланчаног преносника.

Закључује се да су правилно, правовремено и адекватно подмазивање, као и правилан избор мазива и начина подмазивања од огромног значаја за правилан и дуготрајан рад ланчаног преносника.

9. Литература

- [1] Б. Стојановић, М. Благојевић: *Механички преносници*, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2015.
- [2] В. Николић: *Машински елементи*, Машински факултет, Крагујевац, 2004.
- [3] А. Рац: *Мазива и подмазивање машина*, Машински факултет, Београд, 2007.
- [4] *Мазива и подмазивање*, Савез југославенских друштава за примјену горива и мазива, ЈУГОМА, Загреб, 1986.
- [5] М. Стојилковић: *Примена мазива*, Југословенска асоцијација за нафту и гас, Београд, 2005.
- [6] <http://www.maziva.org>, приступљено 15.9.2018.
- [7] <https://engineeringinsider.org/lubrication-system-types>, приступљено 16.9.2018.
- [8] https://www.hennlich.rs/fileadmin/_migrated/Sistemi_za_centralno_podmazivanje.pdf, приступљено 16.9.2018.
- [9] С. Танасијевић: *Основи трибологије машинских елемената*, Научна књига, Београд, 1989.
- [10] <http://www.fam.co.rs/cat/317/mazive-masti-i-specijalna-maziva/specijalna-maziva-za-podmazivanje-lanaca.html>, приступљено 12.9.2018.
- [11] <http://www.skf.com/uk/products/lubrication-solutions/lubricants/chain-oils/index.html>, приступљено 12.9.2018.
- [12] <https://www.wippermann.com/data-live-wippermann/docs/dokumente/en/zubehoer/lubricants-wippermann-2015-en.pdf>, приступљено 12.9.2018
- [11] Р. Глигорић: *Машински елементи* [Електронски извор], Пољопривредни факултет, Нови сад, 2015.
- [12] <https://www.chainanddrives.com.au/products/tensioners-idlers>, приступљено 12.9.2018