

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: 92/2012

Андрија А. Вујовић

Подмазивање ланчаних преносника

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доц. др Блажа Стојановић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да да опште информације о подмазивању ланчаних преносника. Такође треба да изврши поделу Начина подмазивања као и класификацију мазива за ланчане преноснике. Поред тога кандидат треба да да опште информације о мазивима, њиховој подели и класификацији. На крају рада кандидат треба да изврши прорачун ланчаног преносника и предложи начин његовог подмазивања.

Препоручена литература:

- [1] Стојановић Б., Благојевић М.: Механички преносници, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, Крагујевац, 2015.
- [2] Танасијевић С.: Механички преносници. Крагујевац, Југословенско друштво за трибологију, 1994.
- [3] Рац А.: Мазива и подмазивање машина, Машински факултет Београд, Београд, 2007.

Крагујевац, октобар 2015. год.

ментор:

Доц. др Блажа Стојановић

Резиме

У оквиру рада дате су основне карактеристике ланчаних преносника, њихове предности и недостаци. Такође је извршена и подела ланчаних преносника. Подмазивање ланчаних преносника представља врло битан фактор који омогућава дуг и правилан радни век ланчаног преносника. У раду су детаљно представљени начини подмазивања ланчаног преносника као и препоруке водећих светских произвођача мазива за избор адекватне врсте подмазивања. Пример прорачуна са препоруком начина и врсте подмазивања дат је на крају рада.

Кључне речи: ланчани преносник, мазиво, уље, маст

Abstract

In this study the basic characteristic, benefits and defects of chain gears are given. Also it includes classification of chain gears. Chain gears lubricating present very important factor, which provides long and regular operating time of chain gears. In the study are given in detail many modes of lubrication chain gears and recommendations of world's lider lubricant manufactures for choosing adequately type of lubrication. The example of calculation with recommendation for type and mode of lubrication are given at the end of study.

Key words: chain drive, lubricant, oil, grease

Садржај:

1. Увод.....	1
1.1. Историјски развој ланчаних преносника.....	1
1.2. Основне карактеристике ланчаних преносника.....	1
1.3. Предности и недостаци ланчаних преносника.....	2
1.4. Подела ланчаних преносника.....	3
2. Подмазивање ланчаних преносника.....	4
2.1. Начини подмазивања.....	6
3. Уља и мазива за подмазивање ланчаних преносника.....	9
3.1. Улога развој и потрошња мазива.....	9
3.2. Општа подела мазива.....	9
3.3. Течна мазива.....	12
3.3.1. Основна физичко-хемијска својства течних мазива.....	14
3.3.2. Базна уља минералне основе.....	15
3.3.2.1. Добијање минералних базних уља.....	15
3.3.2.2. Врсте и својства минералних базних уља.....	15
3.3.3. Базна уља биљне основе.....	19
3.3.3.1. Добијање биљних базних уља.....	19
3.3.3.2. Брсте и својства биљних уља.....	19
3.4. Адитиви.....	20
3.5. Полутечна мазива.....	22
3.5.1. Основна физичко-хемијска својства техничких масти.....	23
4. Избор мазива за ланчане преноснике.....	24
5. Прорачун ланчаног преносника.....	29
5.1. Пример избора мазива на основу прорачуна.....	38
6. Закључак.....	39
Литература.....	40

1. Увод

1.1. Историјски развој ланчаних преносника

Први познати пример ланчаног преноса везан је за самоштрел који је конструисао грчки инжењер Филон из Византије (*Philon of Byzantium*). Као механизми за вађење воде из бунара у другом веку нове ере користили су се метални ланци. Ланац је био једноставне конструкције, а број чланака ланца зависио је од нивоа воде у бунару. Ланчаници су се израђивали од дрвета. На слици 1.1. приказан је чланак ланца који се састоји од спољашње и унутрашње ламеле и осовинице, [1].

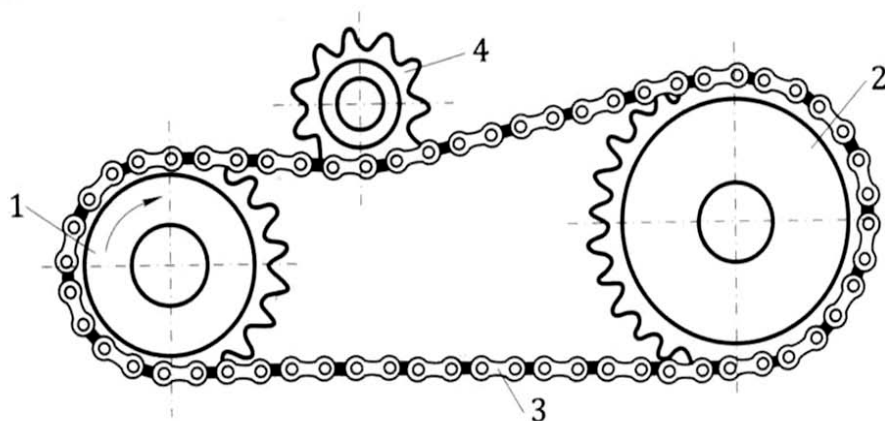


Слика 1.1. Зглоб ланца из другог века нове ере, [1]

Прва конструктивна решења појединих делова ланца дао је Леонардо Да Винчи. Велику примену ланчани преносници добијају у 18. веку, откривањем парне машине. Револуцију код ланчаних преносника направио је Ханс Ренолд (*Hans Renold*). Он је 1879. године увео чауру као саставни део ланца. Увођењем чауре ланчани преносници постали су доста поузданији, а њихов радни век постао је доста дужи.

1.2. Основне карактеристике ланчаних преносника

Механички преносници са гипким савитљивим елементом (ланцем) представљају ланчане преноснике. Конструкција најједноставнијег ланчаног преносника (слика 1.2) се састоји од погонског ланчаника (1), гоњеног ланчаника (2) и ланца који их обухвата (3). Ланчани преносници повезују два или више међусобно паралелна вратила која се налазе на великим растојањима, [1].



Слика 1.2. Ланчани преносник, [1]

У саставу ланчаног преносника, поред ланца и ланчаника могу да се нађу и уређаји за затезање (1) и подмазивање.

Ланчани преносници се примењују:

- при средњем међусобном растојању, када зупчасти преносници захтевају велики број зупчаника и
- када је неопходан рад без проклизавања.

1.3. Предности и недостаци ланчаних преносника

Предности ланчаних преносника су, [1]:

- висока чврстоћа ланца,
- могућност преношења снаге и кретања са једног на више вратила,
- могућност повезивања вратила са великим међусобним растојањима,
- нема проклизавања,
- мање димензије ланца у односу на каиш, посебно ширина,
- лака и једноставна замена ланца,
- релативно висок степен искоришћења,
- константан средњи преносни однос,
- мања оптерећења лежаја вратила због одсуства претходног затезања,
- могућност преношења великих снага,
- рад у условима како малих, тако и великих брзина,
- одржавање задовољавајуће радне способности у условима високих и ниских температура,
- лако подешавање могућности растојања (додавањем или скидањем чланака ланца).

Недостаци ланчаних преносника су, [1]:

- релативно велико хабање ланца и ланчаника,
- потреба употребе затезних механизма због компензације издужења корака ланца,
- неопходност правилне монтаже уз сталну контролу и обавезно подмазивање,
- појава шума и вибрација, посебно при мањим бројевима зубаца ланчаника и при великим брзинама, посебно при удару ланца у зупце ланчаника,
- немогућност примене код вертикалних вратила.

1.4. Подела ланчаних преносника

Ланчани преносници имају широку област примене, различите конструкције и намене. Према томе они се могу класификовати на различите начине. Према основним карактеристикама, ланчани преносници се деле на, [1]:

- погонске,
- теретне и
- вучне.

Према броју редова:

- једноредне и
- вишередне (дворедне, троредне...).

Према врсти погонског ланца на:

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

Према положају гоњеног вратила на:

- хоризонталне,
- нагнуте и
- вертикалне.

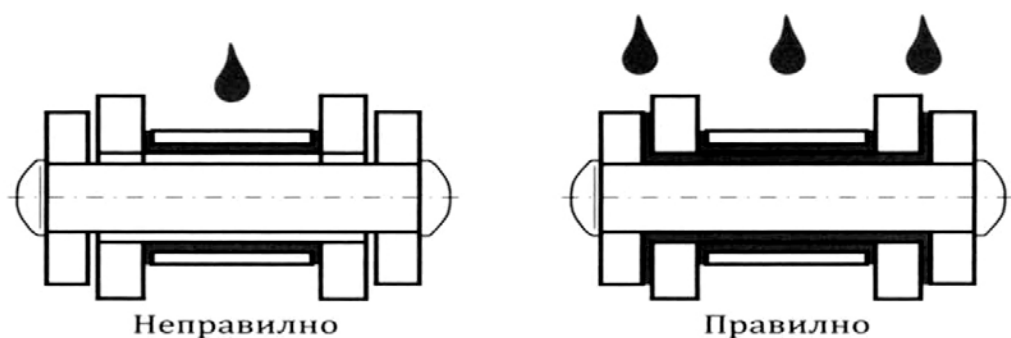
2. Подмазивање ланчаних преносника

Подмазивање ланчаних преносника у току експлоатације представља један од битних услова правилног функционисања и дугог века ланца. Да би се обезбедили нормални услови рада ланчаног преносника мазиво мора да се налази у зглобу ланца и зупцу ланчаника. Правилним подмазивањем повећава се отпорност на хабање и ублажава удар чланка о зупце ланчаника. Добро подмазивање повећава степен искоришћења, смањује загревање ланца, шум ланчаног преносника и повећава век трајања. Неправилно подмазивање елемената ланчаног преносника утиче на повећано хабање.

Да би се постигло ефикасно подмазивање ланца, треба узети у обзир следеће факторе:

- адекватну вредност вискозности уља за подмазивање,
- интервал подмазивања,
- праву количину мазива,
- начине подмазивања и
- температурни опсег примене.

Правилно подмазивање ланца зависи од конструкције зглоба ланца. Мазиво треба да продре у простор између чауре и осовинице и простор између ваљка и чауре. Проблеми настају када дође до хабања зато што су делови ланца запрљани јер спречавају мазиво да уђе у зазоре. Неправилан и правилан начин подмазивања ланца приказан је на (слици 2.1.), [1].



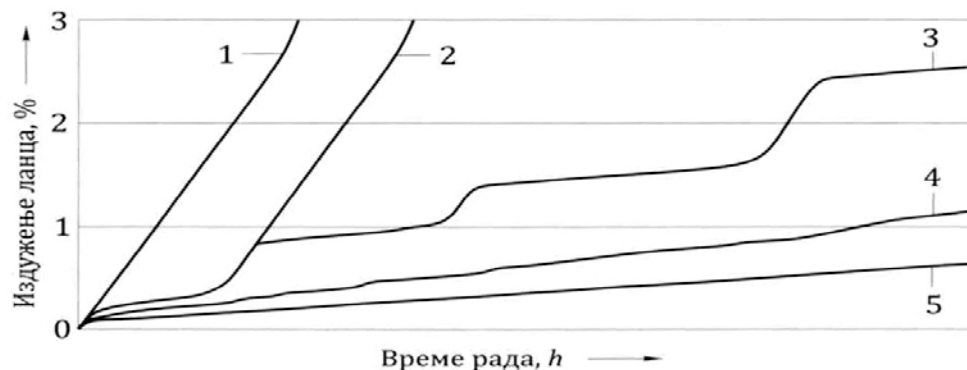
Слика 2.1 Неправилно и правилно подмазивање ланца, [1]

Уколико је подмазивање недовољни преносник ће преносити снагу у мањем обиму него што је то потребно и пројектовано.

Табела 2.1 Процентуалне вредности снаге пренете ланчаним преносом, [2]

Брзина ланца, m/s	Недовољно подмазивање без загревања	Недовољно подмазивање са загревањем	Без подмазивања
до 4	70%	40%	30%
до 7	40%	25%	недозвољено

Због неадекватног подмазивања долази до повећаног хабања појединих елемената ланчаног преносника. Услед хабања долази до издужења корака ланца. Када издужење постигне вредност већу од 3% ланчани преносници се избацују из употребе. На слици 2.2 приказан је утицај начина и врсте подмазивања на издужење ланца, [1].

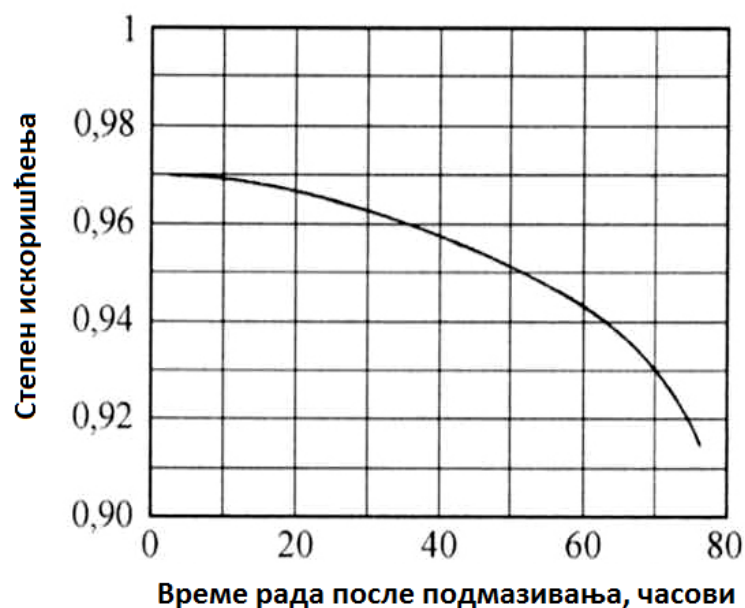


Слика 2.2. Издужење ланца у зависности од начина подмазивања, [1]

(1 – рад без подмазивања, 2 – једнократно подмазивање, 3 – повремено подмазивање, 4 – неадекватно подмазивање, 5 – исправно подмазивање)

Подмазивање има утицаја и на степен искоришћења преносника, као и на шум и буку преносника.

Промена степена искоришћења и зависности од времена рада после подмазивања приказана је на слици 2.3. [3].



Слика 2.3 Промена степена искоришћења зависности од времена рада после подмазивања, [3]

За подмазивање ланчаног преносника препоручују се течна мазива минералног порекла, биљна уља и синтетичка мазива која имају различите адитиве против хабања. Вискозност представља битан фактор при избору мазива, она зависи од температуре околине, брзине ланца и поступка подмазивања. У табели 2.2 дате су препоруке за избор вискозности мазива према стандарду **DIN 8195**.

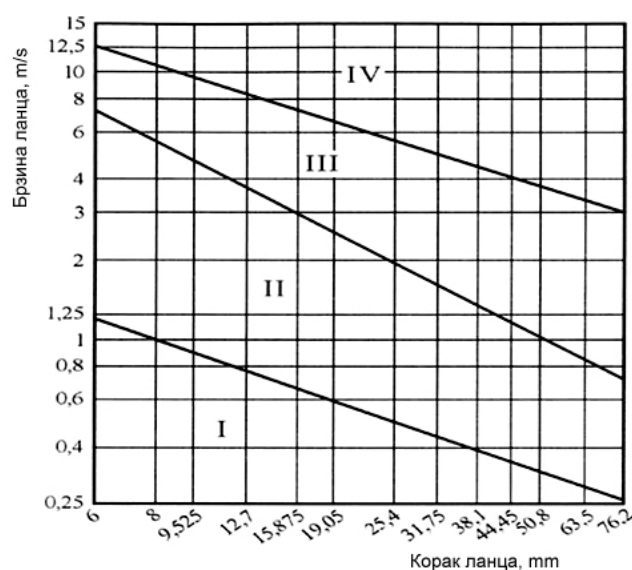
Табела 2.2 Вискозност уља, [3]

Притисак p у чланку ланца. N/mm	Поступак подмазивања				
	Ручно и капањем			Непрекидно подмазивање	
	Брзина ланца, m/s			Брзина ланца, m/s	
	1	1-5	> 5	< 5	> 5
< 10	32	46	68	32	46
10-20	46	68	100	46	68
20-30	68	100	150	68	100

2.1. Начини подмазивања

Избор начина подмазивања ланчаног преносника зависи од брзине ланчаног преносника и корака ланца.

Да би се успоставила општа законитост и одредило правовремено периодично подмазивање потребно је успостављање зависности између услова рада, брзине ланца, оптерећења ланчаног преносника и начина подмазивања. Избор начина подмазивања према стандарду **DIN 8195** приказана је на слици 2.4..



Слика 2.4. Избор начина подмазивања према стандарду **DIN 8195**, [3]
(1-ручно подмазивање, 2-подмазивање капањем, 3-подмазивање потапањем, 4-подмазивање под притиском)

Дужи радни век ланчаних преносника при већим брзинама може се постићи заштитом ланчаног преносника од утицаја прашине и адекватним подмазивањем. Адекватна радна температура ланца је 70 °C, а за уљна купатила и проточно уље 60 °C.

При прекорачењу температуре мора се предвидети хлађење или употреба мазира отпорног на загревање.

Зависно од услова рада и димензија ланчаног преноса примењују се различити начини подмазивања:

- I. Периодично ручно подмазивање мазалицом или четкицом
- II. Непрекидно подмазивање капањем
- III. Картерско или центрифугално подмазивање и
- IV. Подмазивање под притиском

Периодично подмазивање ручном мазалицом или четком примењује се код преносника малих брзина. Овакав начин подмазивања мазиво продире у сваки зглоб, било кроз зазоре спољашње и унутрашње ламеле било кроз зазоре унутрашње ламеле и ваљка, слика 2.5.а. За довољно подмазивање потребно је доста времена, па је веома тешко обезбедити равномерно подмазивање.

Непрекидно подмазивање капањем је најраспрострањенији начин подмазивања који даје добре резултате. Подмазивање се остварује мазалицом постављеном на кућиште преносника. Отвори мазалице су усмерени на слободан огранак ланца да би уље несметано продирало у зазоре између ланца.

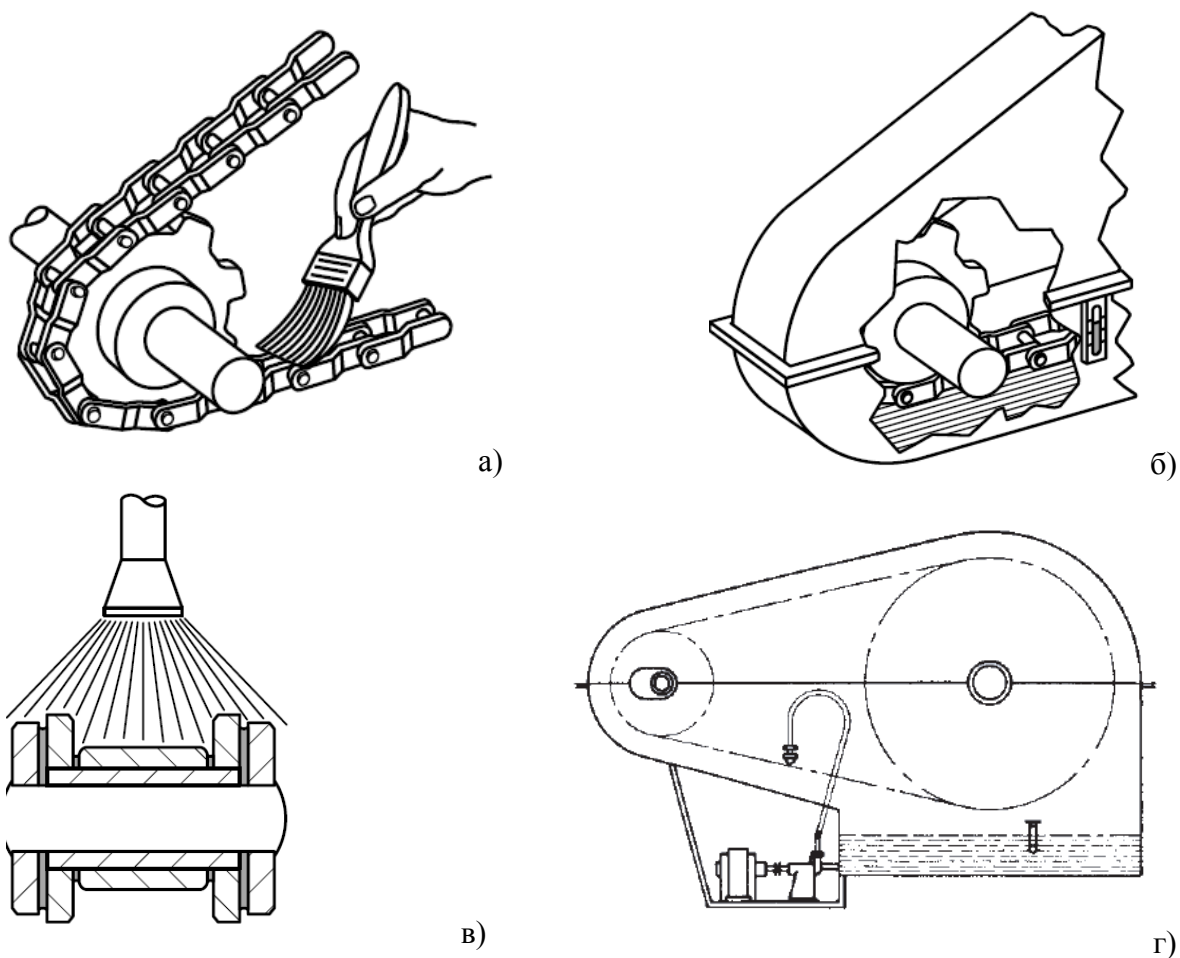
При већим брзинама рада боље резултате даје картерско подмазивање, које се састоји у потапању ланца у мазиво до висине ламеле. Дубље потапање доводи до пенушања уља, пораста температуре и ствара допунске отпоре кретању ланца, слика 2.5.б.

Ланчани преносници намењени за рад највећим брзинама кретања подмазују се циркулационим поступком под притиском. Уље непрекидно подмазује унутрашњу страну слободног огранка помоћу пумпе или бризгача, слика 2.5.г.

Већа трајност погонских ланаца при већој брзини, може се постићи добром заштитом од прашине и подмазивањем. Повољна погонска температура ланца је 70 °С, а за уљна купатила или опточно уље је 60 °С. Ако се температуре прекораче, мора се предвидети хлађење или употреба мазива отпорног на загревање (на пример, уље са додатком графита или молбиденсулфида), [4].

Уља за подмазивање морају, на погонској температури при подмазивању у уљној купци или при опточном подмазивању под притиском, имати вискозност 20 до 50 cSt, при подмазивању капањем 40 до 80 cSt, те при ручном подмазивању 80 до 120 cSt (у овом случају може се подмазивати и тешким уљима или текућом машћу). Посебан утицај на подмазивање има стање мазива. Занемаривање промене уља због старости или заборављање на накнадно подмазивање, може довести до запрљања мазива или чак до сувог трења, а тиме до већег хабања зглобова ланца, [5].

При подмазивању капањем уља на унутарњу страну ланца долази око 4 до 14 капи на минуту. При томе треба пазити да уље може продрети до зглобова, а да не улази на лошем месту, одакле отиче без користи. При подмазивању у уљном купатилу доњи огранак се урања у уље до половине ширине спојнице. Добри резултати добијају се ако се угради ланчаник за прскање уља, који ствара уљну маглу. Уљне честице таложе се на ланац и на окапнице, одакле сакупљено уље поново капље на ланац.



Слика 2.5. Начини подмазивања ланчаних преносника: а) периодично, б) картерско, в) подмазивање под притиском, г) подмазивање под притиском

3. Уља и мазива за подмазивање ланчаних преносника

3.1. Улога развој и потрошња мазива

Употреба мазива је незаобилазни начин за решавање триболошких проблема код већине машинских елемената, различитих машинских система, технолошких процеса обраде метала, као и “*hi-tech*” уређаја као што су компјутери и друга електронска опрема. Улога подмазивања може јасно да се уочи ако се има у виду чињеница да преко 50 % свих оштећења и отказа у раду механичких система настаје због хабања и да је подмазивање најзаступљенији начин за смањење трења и хабања материјала. Материје које се користе у процесу подмазивања називају се мазива. То значи да се под мазивом подразумева било која материја којом се раздвајају, потпуно или делимично, површине тела у међусобном деловању и релативном кретању са основним циљем да се смањи трење и хабање.

Потрошња мазива по становнику у појединим земљама света је различита. Највећу потрошњу имају земље Северне Америке и до два пута већу од индустријских земаља Европе. Потрошња мазива по становнику приказана је у табели 3.1, [3].

Табела 3.1 Потрошња мазива по становнику, [3]

Земља	1994	1995	1996	1997
САД	33	32,5	32,8	31,6
Канада	30,4	30,6	30,2	31,0
Белгија	15,5	16,6	17,7	17,8
Јапан	16,9	17,1	17,0	16,5
Шведска	16,7	17,0	15,4	16,0
Вел. Британија	13,6	15,3	14,7	14,8
Немачка	13,5	13,8	13,2	13,7
Италија	13,3	11,6	11,3	11,4
Аргентина	8,0	7,8	7,7	7,6
Кина	2,6	2,7	2,7	2,8
Индија	1,2	1,3	1,3	1,3
Индонезија	1,0	1,0	1,0	1,0

3.2. Општа подела мазива

Подела мазива може се извршити на основу више критеријума. Мазива се деле према функцији, агрегатном стању, саставу и/или пореклу и намени.

Према функцији разликују се две основне групе:

1) **Конструкциона мазива** која се посматрају као елемент конструкције машине. Избор мазива се врши приликом пројектовања машине или уређаја истовремено са избором осталих материјала и других параметара делова изложених трењу и хабању.

2) **Технолошка мазива** која се примењују при обради метала резањем и деформисањем са циљем подмазивања и хлађења алата и материјала који се обрађује. При томе се технолошка мазива посматрају као елемент усвојеног технолошког процеса и њихов избор се врши при дефинисању самог процеса, [3].

Према агрегатном стању мазива се деле на:

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

По свом пореклу и саставу мазива могу бити различита. Течна мазива у односу на порекло и састав чине три врсте течности:

- уља минерално порекла,
- синтетичка мазива и уља биљног порекла и
- уља животињског порекла.

Полутечна мазива представљају данас претежно различите категорије техничких масти. Она могу бити сложеног састава и израђена од материјала различитог порекла. Последњу групу чине чврста мазива која уопштено могу бити органског и неорганског порекла и веома различитог састава. Гасовита и чврста мазива се због својих специфичности користе за посебне и специфичне услове.

Табела 3.2 Општа подела мазива према агрегатном стању и саставу, [3]

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

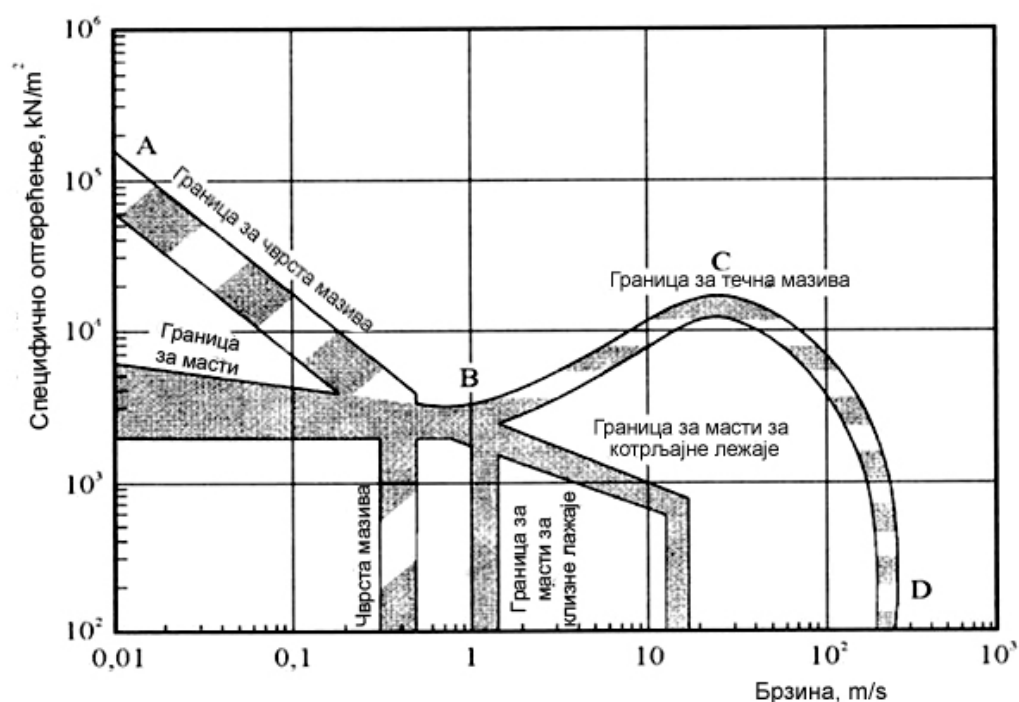
Многи фактори имају утицај на избор групе мазива. Једни су везани за радне услове, услове експлоатације, захтевни век употребе и поузданости система. Уобичајено се од напред наведених величина као основне разматрају утицаји брзине и оптерећења. Опште је правило да се са порастом брзине користе мазива мање вискозности, а са порастом оптерећења мазива веће вискозности.



Слика 3.1. Утицај брзине и оптерећења на избор групе мазива,[3]

За оријентациони избор групе мазива у зависности од специфичног оптерећења и брзине, може да се послужи дијаграм приказан на слици 3.2..

Линијом АВ одређена је граница области изнад које се јавља високо трење као ограничавајући фактор. То је област у којој се најчешће користе полутечна и чврста мазива, а значајно мање течна, и то легирана адитивима за високе притиске. Линија BCD одређује област брзина и оптерећења у којој се постиже хидродинамичко подмазивање и за рад система у тој области претежно су у употреби течна мазива различитих физичких и хемијских својстава. Тачка С представља брзину при којој се постиже највећа моћ ношења код хидродинамичког подмазивања. Даље повећање брзине ограничавања моћ ношења тачка D. Друге утицајне величине које одређују избор групе мазива чине карактеристике самих мазива односно њихова могућност да задовоље одређене услове при подмазивању и да испуне друге задатке који се захтевају.



Слика 3.2. Подручја брзина и оптерећења на различите групе мазива, [3]

Табела 3.3 Својства основних група мазив, [3]

Својство мазива	Група мазива			
	Течна мазива	Полутечна мазива (масти)	Чврста мазива	Гасовита мазива
Погодност за хидродинамичко подмазивање	Одлична	Задовољавајућа	-	Добра
Погодност за гранично подмазивање	Лоша до одлична	Добра до одлична	Добра до одлична	Обично лоша
Способност хлађења	Врло добра	Лоша		Задовољавајућа
Ниско трење	Задовољавајуће до добро	Задовољавајуће	Лоше	Одлично
Способност задржавања на месту подмаз.	Лоша	Добра	Врло добра	Врло лоша
Заптивање	Лоше	Врло добро	Задовољавајуће до добро	Врло лоше
Заштита од атмосферске корозије	Задовољавајућа до одлична	Добра до одлична	Лоша до задовољавајућа	Лоша
Температурски опсег примене	Задовољавајући до одличан	Добар	Врло добар	Одличан
Испарљивост	Врло висока до ниска	Добар	Врло добар	Одличан
Запаљивост	Врло висока до ниска	Ниска	Ниска	Зависи од врсте гаса
Компатибилност са другим материјалима	Лоша до задовољавајућа	Задовољавајућа	Одлична	Добра
Цена мазива	Ниска до висока	Релативно висока	Релативно висока	Уопштено ниска
Век употребе одређен	Деградацијом и запрљањем мазива	Деградацијом мазива	Хабањем	Способношћу да се оджи снабдевање гасом

3.2 Течна мазива

Течна мазива представљају највише и најшире коришћену групу мазива, чине преко 90% свих мазива у употреби. Њих чине различите течности, претежно уља, па се због тога називају уља за подмазивање.

Користе се за подмазивање елемената и механизма код мотора и моторних возила, пумпи, генератора, зупчастих преносника и код других механичких система.

Уља за подмазивање састоје се од основног или базног уља и различитих додатака које називамо адитиви.

БАЗНО УЉЕ + АДТИВИ

У односу на порекло и начин добијања, данас се користентри врсте основних (базних) уља:

- минерална базна уља,
- синтетичка базна уља и течности и
- базна уља биљног порекла.

Минерална базна уља добијају се из нафте и састоје се од различитих парафинских и нафтенских угљоводоника са мањим уделом аромата. Састав нафте и поступци прераде одређују својства минералних базних уља.

Синтетичка базна уља и течности добијају се поступцима синтезе из различитих сировина. За разлику од минералних уља, која представљају комплексне мешавине природних угљоводоника, базна уља синтетичке основе су производ људског ума и састављена су тако да имају контролисану структуру са предвиђеним и захтеваним својствима.

Биљна базна уља се производи чија примена поприма све веће размере због захтева биоразградљивости ради заштите вода и земљишта од загађења. Добијају се из различитих биљака.

Амерички институт за нафту (API) предложио је 1995. године систем класификације базних уља на основу следећих параметара, [3]:

- учешћу засићених угљоводоника,
- вредност индекса вискозности и
- садржај сумпора и процес производње.

Табела 3.4 API подела базних уља, [3]

Група	Засићени угљов., %	Садржај сумпора, %	Индекс вискозности	Процес производње
I	<90	>0,03	>80&<120	Солвента рафинација
II	>90	<0,03	>80&<120	Хидропроцеси
III	>90	<0,03	>120	Оштрији хидропроцеси
IV	РАО			Хемијска реакција
V	Остала базна уља која нису укључена у групе I, II, III, или IV			

Адитиви су хемијска једињења којима се побољшавају физичка и хемијска својства базних уља у циљу добијања течних мазива одређених карактеристика. Учешће адитива код савремених уља за подмазивање је и до 40%.

3.3.1. Основна физичко-хемијска својства течних мазива

Основна физичка својства која се разматрају при избору уља за подмазивање су, [3] :

- вискозност,
- индекс вискозности,
- густина,
- температура паљења,
- температура течења,
- специфични топлотни капацитет,
- топлотна проводљивост,
- стишљивост,
- растворљивост гасова и
- пењање.

Вискозност представља основно физичко својство уља за подмазивање и означава величину отпора или трења које се јавља у течности при њеном кретању. Пошто отпор који течност пружа струјању зависи од међумолекулских сила у самој течности, сасвим је разумљиво да се вискозност неке комплексне течности, као што су то течна мазива, може мењати променом структуре и унутрашњом варијацијом компомената, а такође и услед промене спољашњих фактора, као што су температура и притисак.

Као величина, вискозност се дефинише на два начина:

- динамичка,
- кинематска.

Динамичка вискозност представља однос напона смицања и градијента брзине смицања који настају у течност током течења. Кинематска вискозност, која се користи у свакодневној пракси, представља отпор струјању течности под утицајем гравитације. Одређује се као однос величина динамичке вискозности и густине на датој температури.

Вискозност уља за подмазивање расте са порастом притиска. Посебно је значајна карактеристика при потпуном подмазивању, јер у тим условима показује велики утицај на могућност формирања уљног слоја између спрегнутих површина у релативном кретању, а тиме и смањења трења и хабања. Избор величине вискозности уља одређују радна температура, температура околине, оптерећења и брзине покретних делова који се подмазују, али и многе друге величине. Због тога се у оквиру истог квалитета једне категорије уља, она производе са различитим величинама вискозности. Индекс вискозности је број на конвенционалној скали који показује тенденцију промене вискозности уља за подмазивање са температуром. Код већине течних мазива вредност индекса вискозности су између 0 и 100. Већи индекс вискозности указује на мању промену вискозности са температуром и обрнуто.

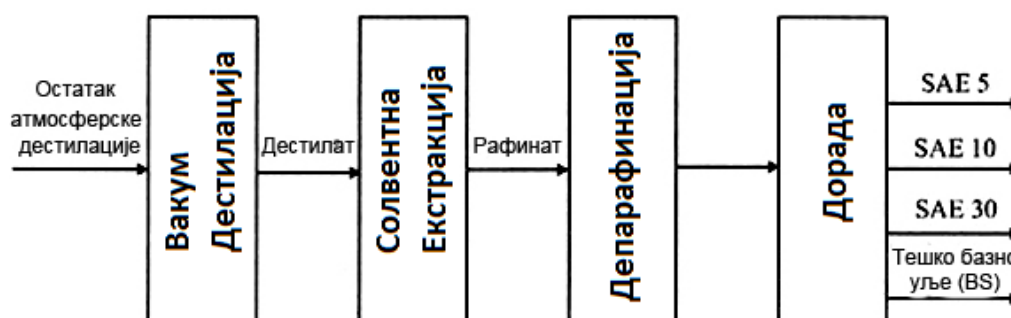
3.3.2. Базна уља минералне основе

3.3.2.1. Добијање минералних базних уља

Од свих течних мазива 85% су уља минералне основе. Добијају се сложеним поступцима прераде нафте. С обзиром да се нафта састоји од различитих једињења парафинских, нафтенских и ароматских угљоводоника, избор поступка прераде зависи од врсте једињења у саставу нафте и карактеристика уља које се за одређене намене морају постићи, што је посебно тачно код конвенционалних поступака који се састоје из следећих процеса, [4]:

- вакуум дестилације,
- деасфалтизације,
- словенте екстракције,
- депарафинације и
- завршне дораде.

Основне операције у конвенционалној шеми производње базних уља су процеси физичке сепарације који користе или разлике у испарљивости или разлике у растворљивости у различитим растварачима, изузев завршне обраде.



Слика 3.3. Општа шема поступка производње минералних базних уља, [3]

3.3.2.2. Врсте и својства минералних базних уља

Подела основних уља може се извршити на основу различитих критеријума.

Према хемијском саставу, а у зависности од учешћа парафинских и нафтенских угљоводоника, разликују се две врсте базног уља:

- парафинско и
- нафтенско.

Парафинска минерална уља се претежно састоје од парафинских угљоводоника са мањим уделом нафтенских. Поседују висок индекс вискозности.

Нафтенска минерална уља садрже већи удео нафтенских угљоводоника него парафинска. Одликују се средњим до малим индексом вискозности, слабијом хемијском постојаношћу од парафинских, али је температура течења много повољнија.

Типичне физичко-хемијске карактеристике наведених минералних уља добијених конвенционалним процесима приказане су у табели.

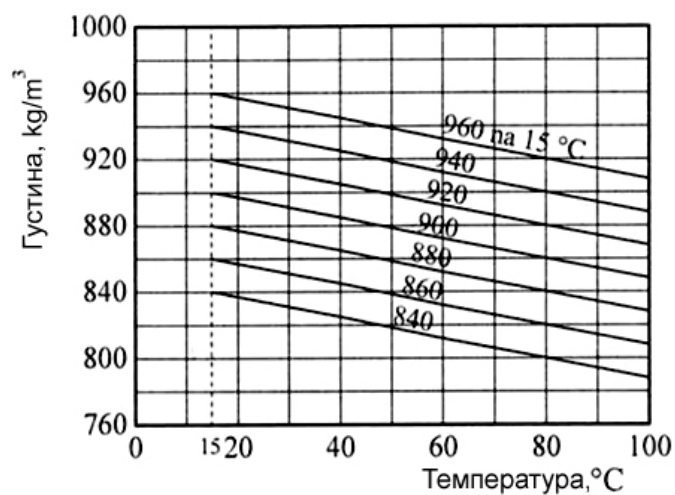
Табела 3.5. Физичко хемијска својства конвенционалних базних уља, [3]

Карактеристика	Метода испитивања	Парафинско уље	Нафтенско уље
Вискозност, mm/s на 40 °C на 100 °C	СРПС ИСО 3104	40 6,2	42 5,0
Индекс вискозности	ИСО 2909	101	-15
Густина	ИСО 3675	862	910
Темп. паљења	ИСО 2592	229	180
Темт. течења	ИСО 3016	-15	-36
Молекулска маса	АСТМ Д2503	440	320
Анилинска тачка	АСТМ Д611	107	78
Врста угљоводоника % C _A % C _N % C _Z	АСТМ Д3238	2 32 66	14 41 45

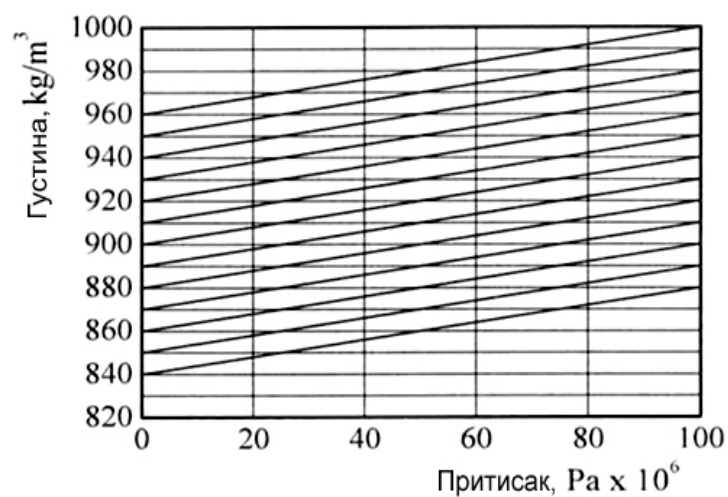
У односу на физичка својства, а посебно према величини вискозности, основна минерална уља се деле у групе и означавају се: SAE 5, SAE 10, SAE 30, SAE 40 и тешко уље *brajstok*, или као 100 SN, 150 SN, 500 SN, 600 SN и 150 BS, што је случај у Америци где SN значи *solvent neutral*, а BS *brajstok*, док се број односи на величину вискозности исказану у "SUS" на температури од 100 степени Фаренхајта (37,8 целзијуса).

Према поступку добијања минерална базна уља се деле на конвенционална и неконвенционална.

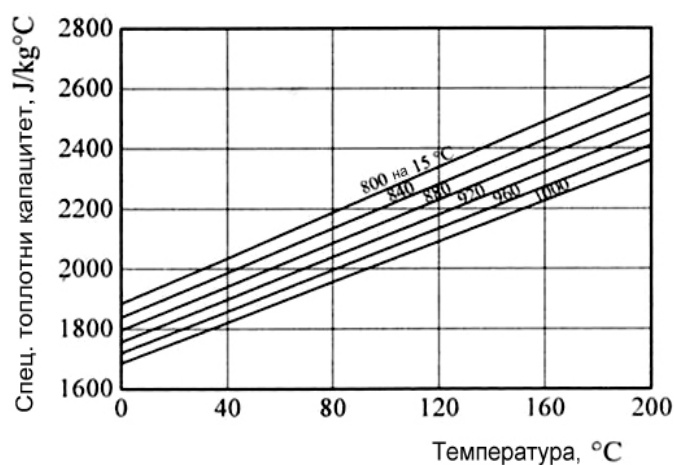
У току процеса подмазивања неке физичке карактеристике минералних уља, као што су вискозност, густина, специфични топлотни капацитет и топлотна проводљивост, мењају се, са променом радне температуре, температуре околине и са променом притиска. Зато је потребно познавати њихове вредности у ширем температурском подручју и за различите вредности притиска.



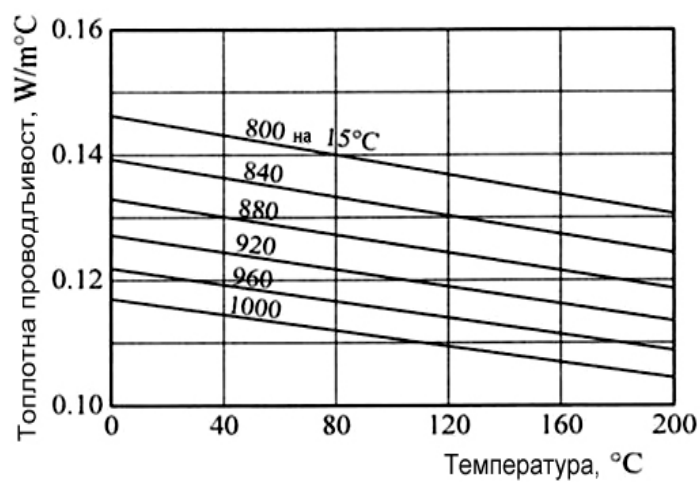
Слика 3.4. Промена густине уља са температуром, [3]



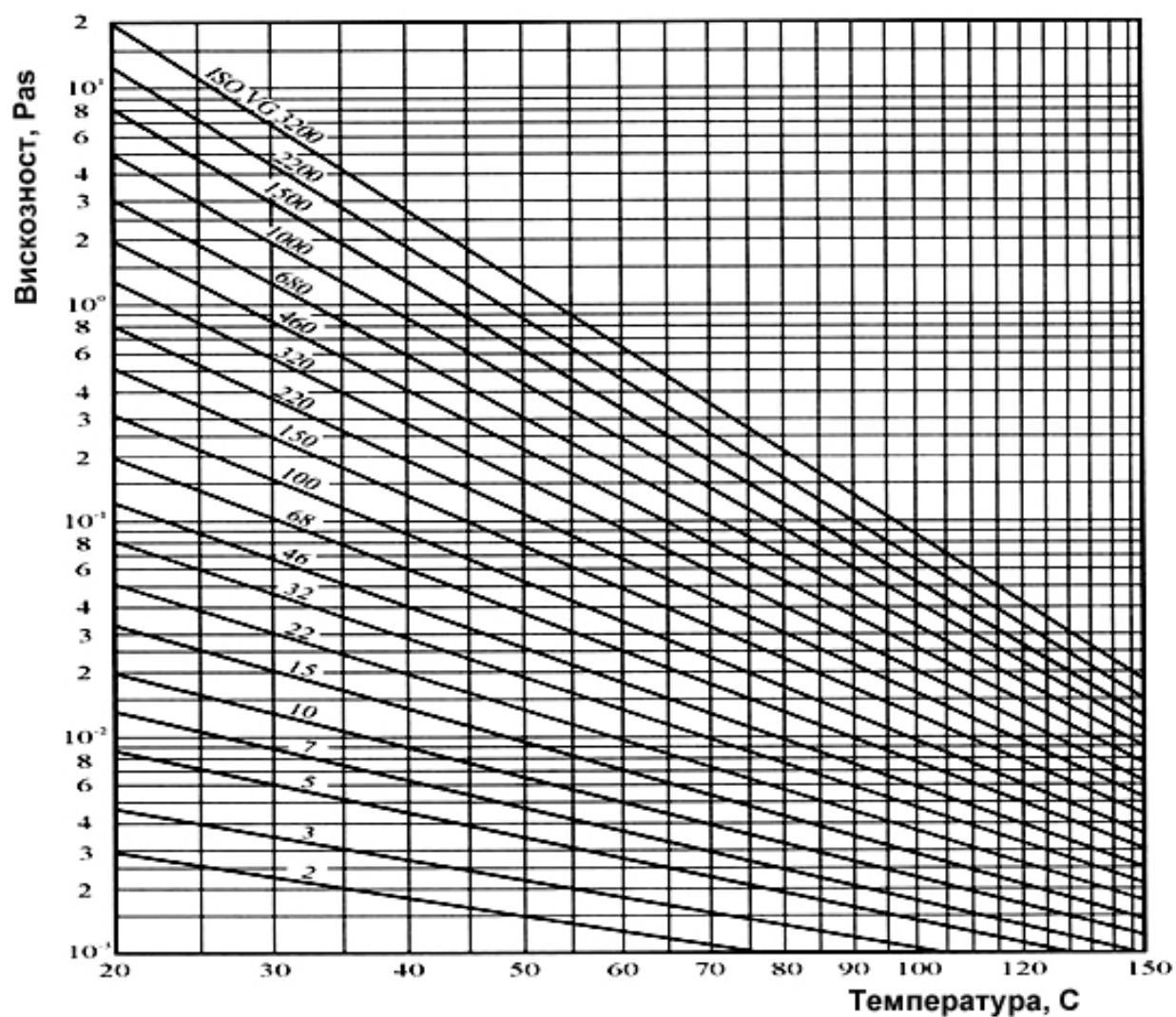
Слика 3.5. Промена густине уља у зависности од притиска, [3]



Слика 3.6. Зависност специфичног топлотног капацитета уља од температуре, [3]



Слика 3.7. Промена топлотне проводљивости уља са температуром до 200 C, [3]



Слика 3.8 промена величине вискозности са променом температуре, [3]

3.3.3. Базна уља биљне основе

3.3.3.1. Добијање биљних базних уља

Биљна уља и животињске масти су била прва мазива које је човек користио. Данашњи захтеви за нетоксичним и брзо биоразградљивим мазивима, која се користе пре свега на местима где је велика опасност од загађења околине, условила су повратак биљних уља у свет мазива. Нови квалитети биљних базних уља добијени из модификованих биљака обезбеђују добру хемијску и термичку стабилност при задовољавајућим нискотемпературним карактеристикама, [3].

3.3.3.2. Врсте и својства биљних уља

Основне и најважније врсте биљних базних уља које се данас користе у производњи течних мазива добијају се из плодова уљане репице, соје и сунцокрета.

Својства биљних уља значајна за подмазивање зависе у великој мери од врсте масних киселина у њиховом саставу. Највећи утицај има број двогубих веза атома угљеник-угљеник, и према томе се разликују три основне киселине: олеинска, линолна и линоленска.

Физичке карактеристике неких базних биљних уља демонстрирају високе индексе вискозности, што значи малу промену вискозности са температуром, као и већу температуру паљења од минералних уља сличних вискозности, [3].

Табела 3.6 Физичке карактеристике биљних уља, [3]

Врсте уља	Вискозност, mm/s на 40 °C	Вискозност, mm/s на 100 °C	Индекс вискозности	Температура паљења, °C	Температуре течења, °C
Мин. уље (CH 350)	65,56	8,39	97	252	-18
Уље репице	36,21	8,19	211	346	-18
Високоолеинско уље сунцокрета (ХОСО)	39,95	8,65	206	252	-12
Врло високоолеинско уље сунцокрета	40,05	8,65	202	271	-18
Уље соје	28,86	7,55	246	325	-9

3.4. Адитиви

Заштитна својства мазива исказују се кроз квалитет површина која раздвајају тела у покрету. Зато мазива морају имати површински активне материје. Користе се вишемолекулска једињења са радикалима и бројним функционалним групама на бази кисеоника, азота, сумпора, фосфора и др. Захтева се растворљивост у угљоводоничним срединама. Водорастворљиви додаци имају хидрофобне радикале и поларне групе: дугачки угљоводонички радикали повећавају растворљивост: емулгатори, инхибитори корозије и сл.

Адитиви поред побољшања особина мазива не треба да погоршавају неке друге, треба да се добро растварају у минералним/синтетским уљима, да се не издвајају у облику талога у уљном пречистачу и да им дејство не зависи од типа преносника, да су стабилни, нераствориви у води, да не мењају своје особине током складиштења да су мање отровни и да немају непријатан мирис.

Углавном се користе две врсте адитива:

- адитиви који штите металне површине (од рђање, хабања, корозије,...) и
- адитиви који побољшавају својства базног уља.

Нека од њих су са физичким дејством: побољшавачи индекса вискозности и течљивости и адитиви са хемијским дејством: инхибитори оксидације, корозије, пасивизације метала а многи имају комбиновани учинак. Адитиви нису мазива, али могу да побољшају једну или више особина или да им дају потпуно нова својства. Већина адитива је вишенаменска, јер у њима има различитих хемијских једињења која се разликују по природи, али имају сличне ефекте у примени.

Побољшавачи индекса вискозности су адитиви који модификују индекс вискозности.

Парафински воскови у мазивом уљу имају високу температуру гелирања, што спречава проток флуида кроз филтре и зазоре лежишта. Адитиви за побољшање вискозних својстава делују као *деперсанти*. Вискозно температурска својства фракције нафте могуће је побољшати рафинацијом до неког максимума који зависи од природе сирове нафте и примењене технологије. Даље побољшање може се постићи применом адитива за снижавање температуре стињавања. Деперсанти стиништа јако делују на рафинисана уља која садрже веће количине кристалних парафинских воскова. Улога деперсаната је да се распореде по кристалима парафина и спрече њихов раст при хлађењу. Сличне захтеве треба да задовоље додаци за смањење замућења уља, високомолекуларних полиестера из сојиног уља.

Детергенти су органско-метална поларна једињења (баријум, калцијум, магнезијум). Задатак је да неутралишу киселе продукте деградације мазива и да штите металне површине од корозије. Органски радикали чине адитиве топивим у уљу, а различити метали делују против оксидације и корозије уља,[6].

Дисперзанти су поларна једињења чији су хидрофилни део неметали, безпепелни атоми кисеоника, фосфора и азота. Детергентно диспергентни адитиви се увек употребљавају са антиоксидационим адитивима јер не чисте само металне површине већ и омогућују каталитичко деловање метала и смањују оксидацију уља.

Антиоксиданти су фриксионалне хемикалије које успоравају реакције оксидације и елиминишу негативне ефекте деградације мазива. Талози у мазиву могу настати због

оксидације, кондензације и полимеризације хемијски реактивних угљоводоника. Талози могу бити и продукти металних соли насталих дејством органских киселина на метале (гвожђе и бакар). Већина хемикалија има мултифункционално дејство као инхибитори оксидације, инхибитори корозије, средства за пасивизацију или као детергенти. Инхибитори су хемијска једињења различитих мултифункционалних учинака: против рђања и корозије, као модификатори трења, ЕП додаци (*Extreme Pressure*, на високом притисцима стварају хемијске слојеве) и антипенушавци.

Адитиви ЕП спречавају метални контакт у условима екстремних притисака. То су органска једињења са сумпором, хлором и фосфором која хемијски реагују са металним површинама и спречавају хабање и смањују трење.

Инхибитори корозије и рђе су различита једињења чији је основни циљ спречавање рђања металних површина у присуству воде.

Антикорозивни додаци су хемијска једињења која штите површине у безводној средини од киселих продуката сагоревања и/или насталих оксидацијом и/или деградацијом мазива. Некада су инхибитори рђе добри антикорозивни адитиви, али обрнуто није чест случај.

Антипенушавци су важни инхибитори, посебно за системе подмазивања убризгавањем под високим притиском. Уља за знатним количинама адитива (детергенти, инхибитори корозије и трења) показују већу склоност ка појави пене уља. Појава пене у мазиву убрзава оксидационе процесе и стимулише аерацију. Последице су интензивна кавитација и слабо подмазивање лежачева. Задатак антипенушаваца је да сниже површинске напоне уља и олакшају ослобађање ваздуха из уљних мехурова.

Стандардизована оцена биоразградљивости уља уређаја је још 1993. године. Постоји велики број стандардних тестова биоразградљивости тестова.

Додавање адитива не значи само физичку примесу базном уљу. Добро изабрано базно уље треба да испуни већину применских захтева. Са друге стране свако својство мазивог уља може се побољшати избором правог адитива. Тада је базно уље само носилац флуидитета. Значајан параметар су и услови рада: код добро изабраног система подмазивања металне површине су премазане континуалним слојем уља. Чим се спречи директан контакт ваздуха и влаге са металом конструкција је заштићена. Треба обезбедити сталну вентилацију која ће да смањује појаве емулзија и аерацију уља. Чисто минерално уље има најмању склоност ка пењењу. Када му се додају пакети адитива појачава се склоност ка задржавању гасних и влажних мехурова па мазиво пени.

Већина средстава против пењења (силиконска уља) су нетопива у мазивима па се прво отапају ради формирања финих дисперзија по уљу.

Табела 3.7 Најчешће примењивани адитиви

Намена	Хемијски састав	Задатак	Учинак
Спречавање оксидације и старења уља	Феноли Амини Органски сулфиди Цинкдитиофосфати	Лакови Талози, Киселине и електролити, Разлагање полимера	Кочи пероксидне реакције, Спречава стварање киселина, Онемогућава каталитичке процесе.
Смањење корозије	Цинкдитиофосфати, Олеини са сумпроним везама	Очување контантних површина и лежајева од корозије	Постојани филмски слојеви на површинама метала као заштита од киселина и пероксида
Инхибитори рђе	Аминфосфати: Na, Ca, Mg. Сулфонати: Na, Ca, Mg Масне киселине	Елиминисање појаве рђања челика	Поларни молекули праве баријере против воде. Неутрализација киселина.
Деактиватори метала	Триарилфосфити Сумпорни спојеви Диамини Димеркаптантдиазол дривати	Умањење каталитичких утицаја на оксидацију и корозију	Стварање филмских пресвлака на металним површинама које онемогућавају контакт између основног метала и агресивних супстанци.
Смањење хабања (<i>Anti Wear</i>)	Цинкдитиофосфати Трикрезилфосфати	Смањење трења између металних површина	На металним површинама формирају пластичне слојеве високе носивости
Изједање површина (<i>EP Extreme Pressure</i>)	Масти и олефини са сумпором Аминофосфати	При високим температурама и притисцима спречавају директне додире металних површина	Реакцијом са површином метала праве слојеве отпорне на смицање Слојеви су реверзибилни.
Трење (<i>friction modifier</i>)	Масне киселине Масни амини Чврста мазива	Смањење трења између метала у додиру	Високополарни молекули. Постојан мазиви филм. Чврста мазива
Детергенти	Неутрални или базни: сулфонати, фенати или фосфати Ca, Ba, Mg	Спречавање талоба при високим температурама	У уљу се задржавају као суспензије (озвори лакова и талоба)
Дисперзанги	Полимери високомолекуларни амини и амиди	Спречавање талоба при ниским температурама	Задржавају у уљу и спречавају англомерацију честица и талоба
Побољшавачи индекса вискозности (<i>IV improver</i>)	Поли-изобутелни-метакрилати-акрилати Етилен-пропилен Стирол-кополимери Хидрогенирани кополимери	Смањују зависност вискозности од температуре	Смањују зависност течљивости уља од температуре
Инхибитори пене	Силиконски полимери Трибутилфосфати	Спречавају стварање и одржавање пене у уљу	Смањују површински напон па пена постаје нестабилна
Побољшање течљивости (<i>Pourpoint</i>)	Парфини и алкилирани нафталени и феноли Полиметакрилати	Смањивање стињавања на ниским температурама	Спречава агломерацију кристала парафина

3.5. Полутечна мазива

Полутечна мазива обухватају већи број мазива у полутечном стању, међу њима посебно по употреби се издвајају техничке масти за подмазивање. По количини и распрострањености коришћења техничка мазива долазе одмах иза течних мазива. Њихова погодна својства омогућају употребу за веома различите уређаје и услове рада: за подмазивање котрљајних лежаја, зглобова, ланаца, ужади, осовина, клизни лежаја, спорходних затворених зупчастих преносника и отворених зупчастих преносника.

Техничке масти се дефинишу као полутекући производи дисперзије згрушћивача у уљу за подмазивање. Садрже од 75 до 90 % уља, од 4 до 20 % згрушћивача и до 5 % адитива.

Згрушћивачи могу бити сапунске и несапунске основе. Од сапунских згрушћивача у употреби су метални сапуни калцијума, натријума, литијума, алуминијума и др. Код несапунских згрушћивача најпознатији је бентонин. Данас највећу примену имају техничке масти произведене са минералним уљима.

3.5.1. Основна физичко-хемијска својства техничких масти

Својства техничких масти зависе од карактеристика уља и згрушћивача, употребљених адитива као и технологије производње. Најважније карактеристике су,[7]:

- конзистенција,
- привидна вискозност,
- температура капања,
- оксидациона стабилност,
- механичка стабилност и
- способност подмазивања.

3.5.2. Врсте техничких масти

Техничке масти се могу поделити према намени, врсти уљне компоненте, дозвољеној радној температури и врсти згрушћивача.

Поделе према врсти згрушћивача су најчешће када се анализирају општа својства техничких масти:

- калцијумове техничке масти,
- натријумове техничке масти,
- литијумове техничке масти и
- комплексне техничке масти.

Калцијумове техничке масти су најстарија врста мазива за подмазивање. Производи се коришћењем калцијумовог сапуна као згрушћивача. Поседују добру отпорност на воду, па се често примењују за подмазивање елемената машина изложених дејству воде.

Натријумове техничке маст се користе за подмазивање котрљајних лежајева и за зупчасте преноснике. Погодни су за примену при ниским температурама околине.

Литијумове техничке масти спадају у вишенаменске масти јер су универзалне примене која је резултат њихових погодних својстава.

Комплексне техничке масти представљају посебну групу масти код који се као згрушћивач користе комплексни сапуни.

4. Избор мазива за ланчане преноснике

Избор мазива за ланчане преноснике је условљен радним условима. Тип мазива је ограничен типом преносника: отворен или затворен преносник. Услови радне средине: прашина, влага, чиста средина, и сл. су следећи захтев који треба да буде задовољен при оптималном избору мазива.

Када се говори о радним условима треба водити рачуна најпре о радној брзини преносника. У литератури могу се наћи препоруке које се односе на тип подмазивања као и на ограничења у процесу преноса снаге код недовољног подмазивања. Препоруке су приказане у табели 4.1 .

Избор уља одређене вискозност условљена је радном брзином и радном температуром. Препоруке за избор уља зависно од радне температуре дате су у табели.

Мазива намењена за подмазивање под високим притиском имају ознаке EP.

Табела 4.1 Препоручени начини подмазивања, [3]

Опсег подмазивања	Брзина ланца, m/s	Подмазивање а) повољно б) дозвољено	Преносива снага			
			исправно подмазивање (повољно/ дозвољено)	недовољно подмазивање		без подмаз.
				без контаминације	са контаминацијом	
I	до 1	а) лагано капљање б) ручно подмазивање / подмазивање мастима	100%	60%	30%	15%
II	до 2,5	а) подмазивање прскањем (уљно купатило) б) подмазивање капањем		30%	15%	
III	до 12,5	а) циркулационо подмазивање под притиском б) подмазивање прскањем (уљно купатило) ако је примењив обртни диск				
IV	изнад 12,5	а) подмазивање спрејом б) циркулационо подмазивање под притиском (могуће са системом за хлађење)				

* није остварив радни век од 15000 сати

Табела 2.2. Препоручене вискозности уља за подмазивање ланчаних преносника на различитим температурама, [4]

Препоручена градација, SAE	Температура, °C
SAE 5	-46 ÷ +10
SAE 10	-29 ÷ +27
SAE 20	-12 ÷ +43
SAE 30	-7 ÷ +54
SAE 40	-1 ÷ +60
SAE 50	+4 ÷ +66

Водећи светски произвођачи мазива: Шел (*Shell*), Тотоал (*Total*), Виперман, (*Wippermann*), Могул (*Mogul*), БП (*British Petrol*), Кастрол (*Castrol*), Лукоил (*Lukoil*) и др. имају широке производне програме мазива за различите категорије примене: погонски

агрегати возила, системи преноса снаге (CVT, моторцикли, пољопривредна механизација, грађевинске машине, погон пумпе за воду од брегасте осовине,...) различите хидрауличке течности за кочни, управљачки систем, за подмазивање транспортера, средства за хлађење и подмазивање и др.

У табелама 4.3, 4.4 и 4.5 приказана су мазива за ланчанике из производног програма Тотал-а, Виперман-а и Кастрол-а.

Табела 4.3 Уља за ланце, Кастрол, [8]

Назив производа	Опис	Базно уље	Адитиви	ISO VG	Индекс вискозности	Горња температура примене, °C	Подручје примене
Molub-Alloy Chain Oil	Уље за ланце, опште намене	Минерално уље	Чврста мазива	22, 100	-	90°C	Вишенаменско уље за ланце за широку примену у свим деловима погона
Viscogen KL 3, 9, 15, 23, 130, 300	Синтетичко уље за ланце	Естер	EP/AW	32, 100, 220, 250, 1570, 4030	105-170	200°C	Примена у тешким спољашњим условима и при високим температурама, тамо где би коришћење минералних уља или обичних синтетичких уља довело до прекомерног трошења ланаца или стварања карбонских наслага на ланцима.
Viscogen KLK 25, 28	Синтетичко уље за ланце	Естер	EP/AW	255, 280	160	250°C 260°C	Примена у условима високих температура и најтежих оптерећења где је потребно тотално испаравање без остатка и изванредна заштита од хабања.
Tribol 290	Синтетичко уље за ланце	PAG	EP/AW	150, 220	220	220°C	За подмазивање врућих конвејерских ланаца и лежајева точкова на колицима у пећима за сушење боје аутомобилске и других индустрија.

Табела 4.4 Мазива за ланчане преноснике, Виперман, [9]

Производ	Тип мазива	Температура, °C		Техничке карактеристике
WKS-C	Маст	-10	+100	Виперманово стандардно мазиво Минерално уље на бази слободних ланца сапуна, са мастима и специфичним адитивима за екстремне услове рада и заштите од корозије.
WKS-W	Маст	0	+80	Мазива маст за ланце „квази сувим“ подмазивањем са нелепљивим филмом, Заштита од хабања, висока заштита од корозије Добре адхезионе карактеристике, Одлична отпорност на воду
WKS-Rapid	Маст	-15	+120	бело мазиво за подмазивање ланца није примењиво за центрифугално подмазивање, штити од корозије и хабања Има апсорбујућа и испирајућа својства отпоран на воду и пару отпоран на киселине и базе
WKS-D	Уље	-10	+80	Уље за заштиту од корозије, Без хлора, базно минерално уље, које ствара танак подмазујући слој, са адитивима за заштиту од корозије
WKS-H1	Уље	-10	+140	Мазиво за ланце за хигијенске и чисте услове рада. Синтетско уље високих подмазујућих карактеристика намењено фармацеутској индустрији, индустрији пића, фармацеутској, прехранбеној, дуванској индустрији. Добре карактеристике постигнуте су додавањем минералних уља.
WKS-Special	Спреј	-10	+80	Спреј за подмазивање ланчаника, Базно уље је минерално уље на са синтетичким воском за заштиту од корозије и хабања За подмазивање отворених погонских ланаца, транспортних ланаца у системима транспорта.

Табела 4.5 Мазива за ланчанике [10]

Производ	тип	Примена	Специфичност и	Разред вискозности, ISO VG	Спецификације
<i>Nevastane EP</i>	Минерално бело уље	зупчаници, зупчасте пумпе, ланчани преносници и каишници конвејера.	За виске радне притиске, широко подручје примене	100-1000	NSF H1, Kosher, ISO 6743-6, CKC, ISO 21469
<i>CARTER ENS 400</i> <i>CARTER ENS/EP 700</i>	Битумени велике вискозности	Отворени зупчasti преносници или са slabим кућиштем са малим брзинама рада Прстенасти зупчаници Подмазивање ужади и металних ланчаника.	Могућа примена и на амбијенталној температури захваљујући растварачима који снижавају вискозност <i>CARTER ENS/EP 700</i> је расположив као аеросол.	Кинематска вискозност при 100 °C је 400 и 700 mm ² /s	ENS 400: ISO 6743-6 CKH-DIL ENS/EP 700: ISO 6743-6 CKJ-DIL
<i>NEVASTANE SY</i>	Synthetic PAG	Тешки услови рада, високе температуре и велика оптерећења. Ланчани преносници у пећницама, транспортне траке за флаширање пића, пужни преносници Не меша се са минералним уљима и одређеним синтетичким мазивима.	Посебно погодно за екстремне притиске Врло добра топлотна стабилност. Антикорозиона заштита.	220 320 460	NSF H1
<i>CIRKAN C</i>	Циркулационо уље, Парафинско минерално уље		Велика вискозност	32-320	ISO 6743-4 HH • ISO 6743/1 AN
<i>CORTIS SHT 200</i>	Високотемпературско уље за ланчанике	Континуални системи подмазивања. Ваљкасти ланци, ваљци од ваљкастих лежачева, брегасте осовине у пећима за печење. машине за производњу стакла. Ланци за пресерске машине при високим радним температурама.	Синтетичке базе са ограниченом отпорности на оксидацију при високим температурама Загарантовано смањено хабање при високим температурама Обезбеђује непрекидно подмазивање уређаја на температурама до +240 °C.	200	-

Анализом табела 4.3, 4.4 и 4.5 може се уочити да произвођачи мазива у свом производном програму имају течна и чврста мазива и аеросоле за ручна и циркулациона подмазивања као и подмазивања капањем. Производе и масти које се користе и као средства за подмазивање и као средства за заштиту преносника.

Производња индустријских мазива има тенденцију раста, али постоји стална потреба за унапређивањем свих врста мазива. Три основна захтева су: побољшање радних карактеристика преносника, повећање ефикасности и еколошки захтеви заштите животне средине.

Од мазива се захтева да омогући што дужи период примене мазива без замене и самим тим се добија веће ефикасност у раду и мањи трошкови одржавања.

Због својих карактеристика, отпорности на високе температуре и притиске, постоји све веће тежња за применом синтетичких уља.

Са аспекта заштите животне средине као и ограничених извора постоје захтеви за све већом производњом биоразградивих уља.

5. Прорачун ланчаног преносника

Погонску групу центрифугалне пумпе чине електромотор снаге $P = 6 \text{ kW}$, број обртаја $n_1 = 1000 \text{ min}^{-1}$, $n_2 = 900 \text{ min}^{-1}$ и одговарајући ланчани преносник. Ланчани преносник се налази под углом од 10° у односу на хоризонталну раван. Претпоставити да је осно растојање $A = 35h$. Извршити избор димензија ланца и дати препоруку за адекватно подмазивање према доступној литератури.

- Полазни подаци

$$P = 6 \text{ kW} \quad n_1 = 1000 \text{ min}^{-1} \quad n_2 = 900 \text{ min}^{-1} \quad A = 35h \quad \phi = 10^\circ$$

- Дијаграмска снага

$$P_D = P \cdot K_L = 6 \cdot 0.915 = 5.49 \text{ kW}$$

- Поправни коефицијент

$$k_L = k_Z \cdot k_i \cdot k_U \cdot k_A \cdot k_P \cdot k_B$$

- Фактор броја зуба погонског ланчаника

- k_Z - Табела 1.6 (str. 30), [2] → интерполација

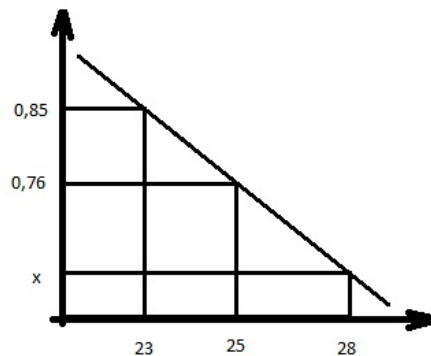
Z_1 - Табела 1.4 (str. 13), [2] , $Z_1 = f(i)$, $i = \frac{n_1}{n_2}$ → интерполација (Заокружити на први ближи број)

$$\frac{0.83 - 0.76}{25 - 23} = \frac{0.83 - x}{28 - 23}$$

$$X = 0.655 = K_Z$$

$$i = 1.11$$

$$Z_1 = 28$$

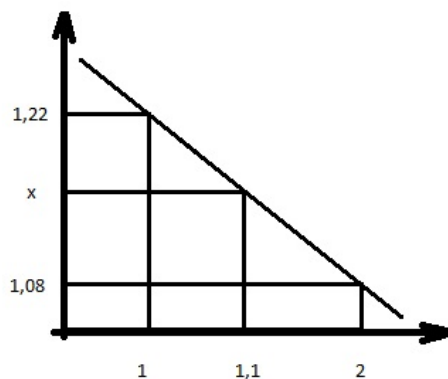


- Фактор преносног односа

k_i - Табела 1.7 (стр. 30), [2] → Интерполација

$$\frac{122 - 1.08}{2 - 1} = \frac{1.22 - x}{1.11 - 1}$$

$$X = 1.20446 = K_i$$



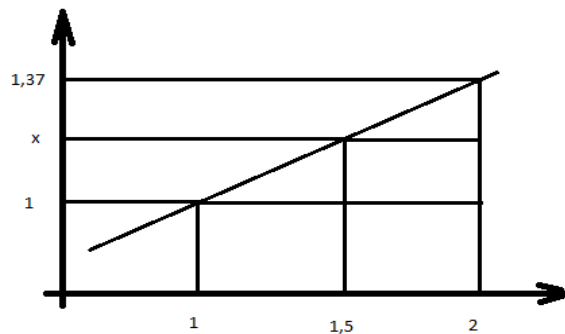
- Фактор удара

ξ_U - коефицијент удара = f (врста погонске и радне машине) – Табела 1.11 (стр. 32 и 33), [2]

k_U - Табела 1.8 (Стр. 31), [2] → Интерполација

$$\frac{1.37 - 1}{2 - 1} = \frac{x - 1}{1.5 - 1}$$

$$X = 1.16 = K_U$$



- Фактор осног растојања

Предпоставити да је $K_A = 1$

- Фактор подмазивања

Предпоставити да је $K_P = 1$

- Фактор броја ланчаника

$$K_B = \frac{1}{C} = 1$$

- Избор и димензије ланца

Ланац је изабран са слике 1.19 на страни 37,[2]

$$2 \times 12.7 \times 7.75 \text{ (11)}$$

Рачунска провера радне способности ланца

- Подеони пречник подеоног ланчаника

$$d_{01} = \frac{h}{\sin\left(\frac{\pi}{Z_1}\right)} = \frac{12.7}{\sin\left(\frac{\pi}{28}\right)} = 113.433 \text{ mm}$$

- Брзина ланца

$$v = \frac{d_{01} \cdot n_1}{19100} \approx \frac{n_1 \cdot Z_1 \cdot h}{60000} = \frac{1000 \cdot 28 \cdot 12.7}{60000} = 5.9266 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Обртни момент

$$M_{01} = \frac{9550 \cdot P}{n_1} = \frac{9550 \cdot 6}{1000} = 57.3 \text{ N/m}$$

- Обртна сила

$$F_{01} = \frac{1000 \cdot P}{v} = \frac{1000 \cdot 6}{5.9266} = 1012.3848 \text{ N}$$

- Рачунска сила

$$F_1 = F_{01} + F_q + F_c = 1012.3848 + 2.9337 + 47.2624 = 1062.5809 \text{ N}$$

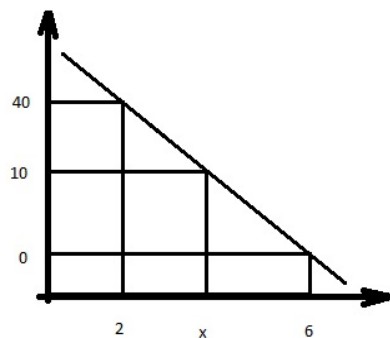
- Сила затезања услед тежине слободног огранка

$$F_q = K_f \cdot q \cdot A = 5 \cdot 1.32 \cdot 444.5 \cdot 10^{-3} = 2.9337 \text{ N}$$

$$q = 1.32 \text{ d}_a \text{ N/m из табеле 1.1, [2]}$$

$$\frac{40-0}{6-2} = \frac{40-10}{x-2}$$

$$X = 5 = K_f$$



- Центрифугална сила

$$F_c = \frac{q \cdot v^2}{g} = \frac{13.2 \cdot 5.9266^2}{9.81} = 47.2624 \text{ N}$$

- Рачунски притисак у зглобу

$$p_r = \frac{F_1}{A} = \frac{1062.5809}{100.392} = 10.5843 \text{ MPa}$$

$$A = 2 \cdot b_1 \cdot d_1 = 2 \cdot 11.28 \cdot 4.45 = 100.392 \text{ mm}^2$$

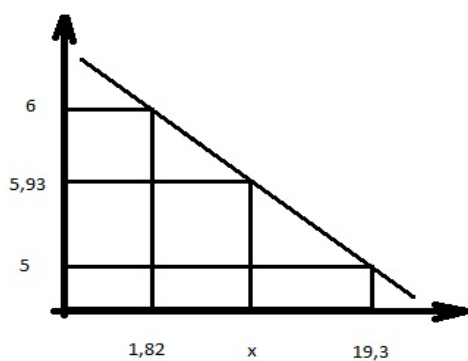
- **Стварни дозвољени рачунски напон**

$$P_s = \frac{[P] \cdot \lambda}{K_p} = \frac{19,077 \cdot 0.65049}{1} = 12.4093 \text{ MPa}$$

$[P]$ - дозвољени површински притисак (Табела 1.13, Стр. 41), [2]; $[P] = f(v, Z_1)$
Интерполација

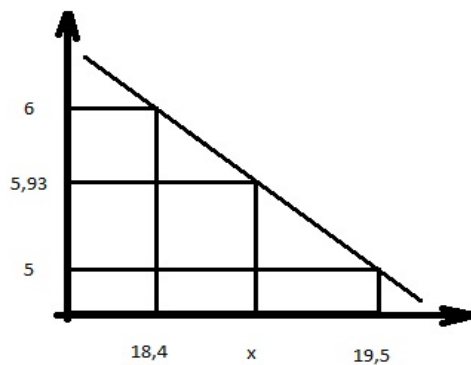
λ - Фактор трења (Табела 1.14, стр. 42), [2]; $\lambda = f(\text{vrste lanca, } A, i, \xi_U)$ интерполација

K_p - фактор подмазивања (тачка 3.5), [2] ; $K_p = 1$



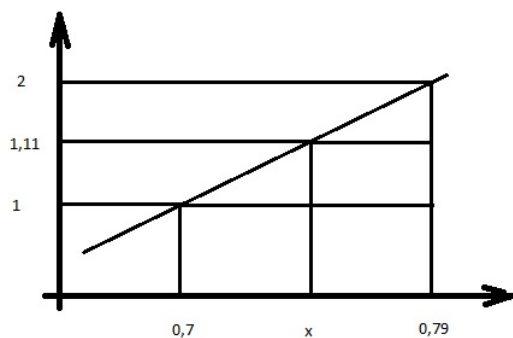
$$\frac{6-5}{19.3-18.2} = \frac{6-5.93}{x-1.82}$$

$$X = 18.277$$



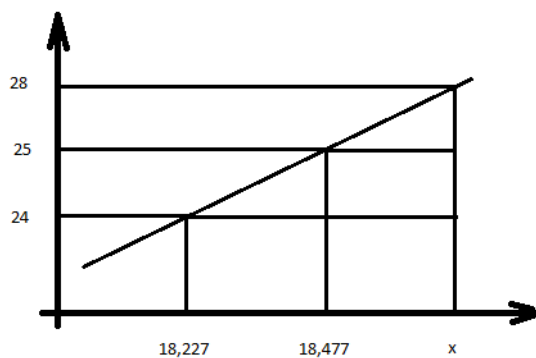
$$\frac{6-5}{19.5-18.4} = \frac{5-5.93}{x-18.4}$$

$$X = 18.477$$



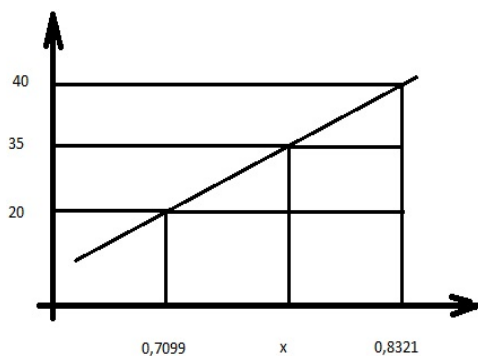
$$\frac{28-24}{x-18.277} = \frac{25-24}{18.477-18.227}$$

$$X = 19.077$$



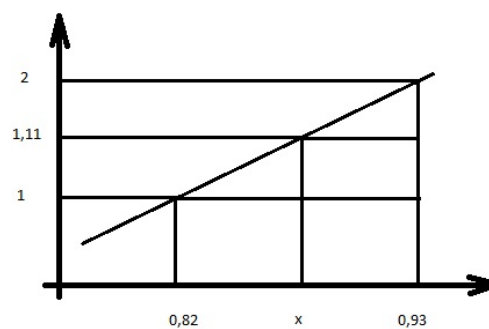
$$\frac{2-1}{0.79-0.7} = \frac{1.11-1}{x-0.7}$$

$$X = 0.7099$$



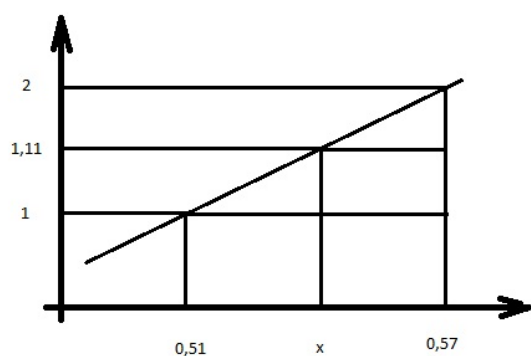
$$\frac{2-1}{0.93-0.82} = \frac{1.11-1}{x-0.82}$$

$$X = 0.8321$$



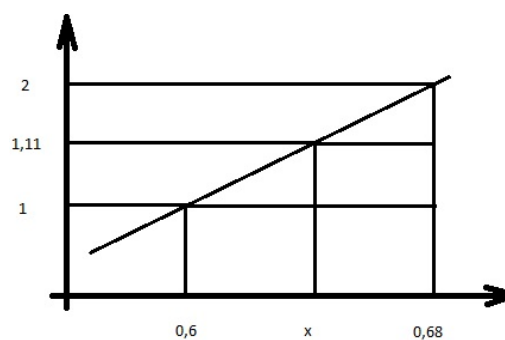
$$\frac{40-20}{0.9321-0.7099} = \frac{35-20}{x-0.7099}$$

$$X = 0.80155$$



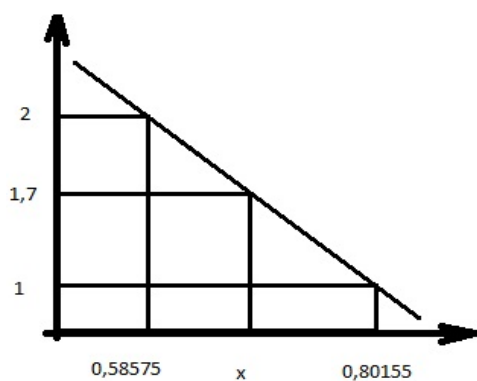
$$\frac{2-1}{0.57-0.51} = \frac{1.11-1}{x-0.51}$$

$$X = 0.5166$$



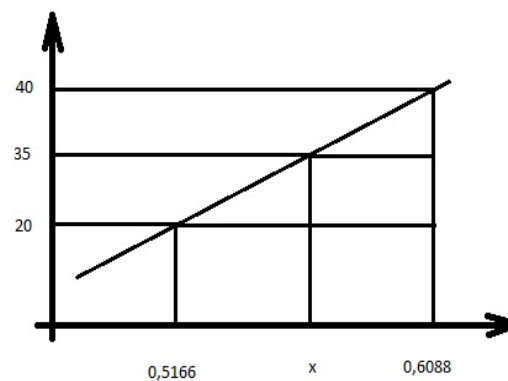
$$\frac{2-1}{0.68-0.6} = \frac{1.11-1}{x-0.6}$$

$$X = 0.6088$$



$$\frac{40-20}{0.6088-0.5166} = \frac{35-20}{x-0.5166}$$

$$X = 0.58575$$



$$\frac{2-1}{0.80155-0.58575} = \frac{1.7-1}{0.70155-x}$$

$$X = 0.65049$$

- Прва проверка

$$P_r < P_s$$

$$10,5843 < 12/4093$$

Степен сигурности

- Статички степен сигурности

F_p - најмања прекидна сила; Табела 1.1 (стр.5), [2]

$$v_{st} = \frac{F_p}{F_1} = \frac{31400}{1062.5809} = 29.5506$$

- Динамички степен сигурности

$v_D \geq v_{Dtab}$, v_{Dtab} - Препоручени степен сигурности; Табела 1.15 (стр.43), [2]

$$V_D = \frac{F_p}{\xi_u \cdot F_1} = \frac{31400}{1.5 \cdot 1062.5809} = 19.2004$$

Прорачун ланчаног спрезања

- Број зуба ланчаника

$$Z_1 = 28$$

- Број зуба гоњеног ланчаника

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} \rightarrow Z_2 = i \cdot Z_1 = 1,11 \cdot 28 = 31,08 \rightarrow Z_2 = 31$$

- Стварни преносни однос

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{31}{28} = 1.107$$

- Орјентациона вредност осног растојања

$$A = (30 \div 50)h$$

$$A = 40 \cdot h = 40 \cdot 12.7 = 508$$

- Број чланака у затвореној контури

$$m \approx \frac{2 \cdot A}{h} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2 \cdot \pi} \right) \cdot \frac{h}{A} = \frac{2 \cdot 508}{12.7} + \frac{28 + 31}{2} + \left(\frac{31 - 28}{2 \cdot \pi} \right) \cdot \frac{12.7}{508}$$

$$m = 109,5056 \text{ mm} \approx 110 \text{ mm}$$

- Приближно осно растојање

$$A \approx \frac{h}{4} \left[m - \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \sqrt{\left(m - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2} \right)^2} \right]$$

$$A \approx \frac{12,7}{4} \left[110 - \frac{28 + 31}{2} + \sqrt{\left(110 - \frac{28 + 31}{2} \right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{31 - 28}{2} \right)^2} \right]$$

$$A \approx 511,086227 \text{ mm}$$

- **Дужина ланца**

$$L = m \cdot h = 110 \cdot 12,7 = 1397$$

- **Угао нагиба преносника**

$$\phi = 10^\circ$$

- **Угао нагиба вучног огранка**

$$\beta = \arcsin \frac{d_{02} - d_{01}}{2 \cdot A} = \arcsin \frac{113.433 - 101.608}{2 \cdot 511,0862} = 0.6625^\circ$$

$$d_{02} = \frac{h}{\sin(\pi/Z_2)} = \frac{12.7}{\sin(180/31)} = 101.6081 \text{ mm}$$

- **Углови нагиба огранака**

$$\beta_1 = \phi + \beta = 10 + 0.6625 = 10.6625^\circ$$

$$\beta_2 = \phi - \beta = 10 - 0.6625 = 9.3375^\circ$$

- **Приближна вредност обојних углова**

$$\alpha_{10} = \pi - 2 \cdot \beta = 180 - 2 \cdot 0.6625 = 178.675^\circ$$

$$\alpha_{20} = \pi + 2 \cdot \beta = 180 + 2 \cdot 0.6625 = 181.325^\circ$$

- **Приближан број чланака у вези**

$$m_1 = \frac{\alpha_{10}}{\frac{2 \cdot \pi}{Z_1}} = \frac{178.675}{\frac{360}{28}} = 13.8969$$

$$m_2 = \frac{\alpha_{20}}{\frac{2 \cdot \pi}{Z_2}} = \frac{181.325}{\frac{360}{31}} = 15.6141$$

- **Стварни број чланака ланца у спрези**

$$m_1 = 14 \quad m_2 = 16$$

- **Обвојни углови**

$$\alpha_1 = m_1 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{Z_1} = 14 \cdot \frac{360}{28} = 180^\circ$$

$$\alpha_2 = m_2 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{Z_2} = 16 \cdot \frac{360}{31} = 185.8064^\circ$$

- **Провера обвојног угла**

$$m_1 \geq 0,23 \cdot Z_1 + 2$$

$$14 \geq 0,23 \cdot 28 + 2$$

$$14 \geq 8,44$$

- **Коефицијент трења**

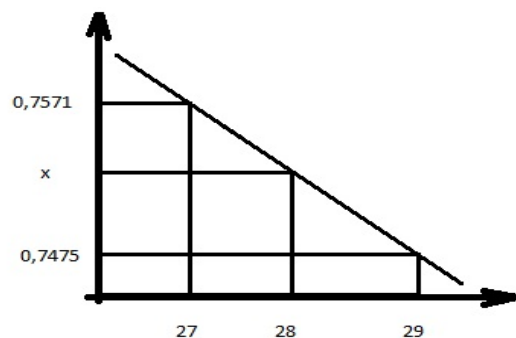
$\mu = 0.10$, из услова подмазивања, страна 26, [2]

- Угао притиска

$$\Delta h = 0$$

$$\frac{0.7571 - 0.7475}{29 - 27} = \frac{x - 0.7475}{29 - 28}$$

$$\theta = 0.7475 - \frac{180}{\pi} = 42.8285^\circ$$



- **Коефицијент спрезања**

$$B = \frac{\sin \theta - \mu \cdot \cos \theta}{\sin \left(\theta - \frac{2 \cdot \pi}{Z_1} \right) - \mu \cdot \cos \left(\theta - \frac{2 \cdot \pi}{Z_1} \right)}$$

$$B = \frac{\sin 42.8285 - 0.1 \cdot \cos 42.8285}{\sin \left(42.8285 - \frac{360}{28} \right) - 0.1 \cdot \cos \left(42.8285 - \frac{360}{31} \right)} = 1.4649$$

- **Затезање учланица ланца**

$$S_1 - F_1 = B \cdot (S_2 - F_c) = B^2 \cdot (S_3 - F_c)$$

$$S_1 = F_1 = 1062.5809 \text{ N}$$

$$F_c = 47.2624 \text{ N}$$

$$B = 1.4649$$

$$S_2 = \frac{S_1 - F_c + B \cdot F_c}{B^{2-1}} = \frac{1062.580 - 47.262 + 1.464 \cdot 47.262}{1.464} = 740.359 \text{ N}$$

$$S_3 = \frac{S_1 - F_c + B^2 \cdot F_c}{B^{3-1}} = \frac{1062.58 - 47.262 + 1.464^2 \cdot 47.262}{1.464^2} = 520.406 \text{ N}$$

$$S_4 = \frac{S_1 - F_c + B^3 \cdot F_c}{B^{4-1}} = \frac{1062.58 - 47.262 + 1.464^3 \cdot 47.262}{1.464^3} = 370.252 \text{ N}$$

$$S_5 = \frac{S_1 - F_c + B^4 \cdot F_c}{B^{5-1}} = \frac{1062.58 - 47.262 + 1.464^4 \cdot 47.262}{1.464^4} = 267.744 \text{ N}$$

- **Притисак зглобова ланца на зубе ланчаника**

$$F_{N(1)}: F_{N(2)}: F_{N(3)}: \dots = 1: \frac{1}{B}: \frac{1}{B^2}: \dots$$

$$F_{N(1)} = \frac{F_1 - F_c}{\sin\theta - \mu \cdot \cos\theta} \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi}{Z_1} = \frac{1062.58 - 47.264}{\sin 42.828 - 0.1 \cdot \cos 42.828} \cdot \sin \frac{360}{28}$$

$$F_{N(1)} = 372,513 \text{ N}$$

$$F_{N(2)} = \frac{F_{N(1)}}{B} = \frac{372,513}{1,464} = 254.292 \text{ N}$$

$$F_{N(3)} = \frac{F_{N(1)}}{B^2} = \frac{372,513}{1,464^2} = 173.593 \text{ N}$$

$$F_{N(4)} = \frac{F_{N(1)}}{B^3} = \frac{372,513}{1,464^3} = 118.502 \text{ N}$$

$$F_{N(5)} = \frac{F_{N(1)}}{B^4} = \frac{372,513}{1,464^4} = 80.893 \text{ N}$$

- **Оптерћење вратила**

$$F_{VR} = \xi_U \cdot (F_{01} + 2 \cdot F_q) = 1.5 \cdot (1012.384 + 2 \cdot 0.933) = 1527.378 \text{ N}$$

- **Корак ланчаника**

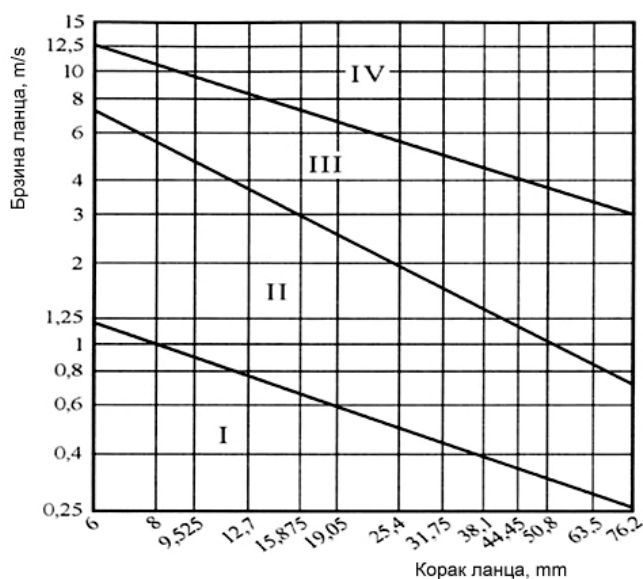
$$h = 12.7 \text{ mm}$$

5.1. Пример избора мазива на основу података добијених из прорачуна ланчаног преносника

На основу израчунате брзине ланца и изабраног корака ланчаника може да се одреди начин подмазивања.

У прорачуну су добијени следећи подаци:

- Брзина ланца: $V = 5.92 \text{ m/s}$
- Корак ланца: $h = 12.7 \text{ mm}$



Слика 5.1 Избор начина подмазивања према стандарду **DIN 8195**

(1-ручно подмазивање, 2-подмазивање капањем, 3-подмазивање потапањем, 4-подмазивање под притиском)

Према стандарду **DIN 8195** на основу слике 5.1 бирамо III начин подмазивања, подмазивање потапањем (картерско подмазивање).

Овај начин подмазивања подразумева мазива вискозности од 20-50 cSt, и температуру не већу од 60 °C.

Према каталогу Кастрол-а бирамо уље *Molub-Alloy Chain Oil*, [8].

Препорука да се контрола стања мазива врши на сваких 300 часова рада. Уколико је уље контаминирано извршити замену уља према препорукама.

6. Закључак

Ланчани преносници су важна врста механичких преносника, због својих предности и широке примене који су наведени у овом раду. Због тога је њихово одржавање веома важно. Као што је речено постоји више врста подмазивања и да би се одредила општа законитост, потребно је одредити зависности између услова рада, брзине ланаца, оптерећења ланчаног преносника и начина подмазивања.

За подмазивање ланчаника користе се уља и мазива, при чему мазива могу бити технолошка и конструкциона. Према пореклу мазива могу бити минерална, биљна, животињска или синтетичка. Течна мазива су најраспрострањенија врста мазива и чине 90% свих мазива у употреби. Користе се за подмазивање елемената и механизма код мотора и моторних возила, пумпи, генератора, зупчастих преносника.

Уља се састоје од базног уља и адитива. Према пореклу могу бити базна минерална, базна синтетичка и базна уља биљног порекла. Избор уља и мазива пре свега зависи од услова радне средине и типа преносника. Подмазивање омогућава боље функционисање у току експлоатације и дужи век трајања. Због тога је правилно подмазивање је важно јер спречава хабање и ублажава удар чланка о зупце ланчаника.

Литература:

- [1] Стојановић Б., Благојевић М.: Механички преносници, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, Крагујевац, 2015.
- [2] Танасијевић, С.: Механички преносници. Крагујевац, Југословенско друштво за трибологију, 1994.
- [3] Рац А.: Мазива и подмазивање машина, Машински факултет Београд, Београд, 2007.
- [4] Lansdown, A. R.: Lubrication and Lubricant Selection, A Practical Guide. Sufflok: Professional Engineering Publishing, 2004.
- [5] Totten, G. Handbook of Lubrication and Tribology: Volume I Application and Maintenance, 2006.
- [6] Mang, Th., Dresel W.: Lubricants and Lubrication. Weinheim, Wiley VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2007.
- [7] Ивковић Б., Рац А.: Триболигија, Југословенско друштво за трибологију, Крагујевац, 1995.
- [8] Castrol, ABCmaziva, 2013.
- [9] Wipperman, Main catalogue, 2011.
- [10] Total LUB Industrial, catalogue, 2013.