

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Милош Д. Љубомировић

**Прорачун поделе по методи прескока
на подеоном апарату**

мастер рад

Крагујевац, 2013.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Индустијски инжењеринг

Предмет: Пројектовање технолошких процеса

Број индекса: 332/2011

Милош Д. Љубомировић

**Прорачун поделе по методи прескока
на подеоном апарату**

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **др Милан Ерић - ментор**
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да се упозна са карактеристикама, наменом и конструктивним изведбама подеоних апарата намењених за обраду глодањем. Потребно је да применом Гуцулове методе развије алгоритам и направи апликацију за прорачун поделе по методи прескока. Поред тога потребно је извршити моделирање могућег конструктивног решења подеоног апарата.

Препоручена литература:

- [1] М. Лазић: Обрада метала резањем, Приручник за лабораторијске вежбе, Крагујевац, 1987.
- [2] Б. Недић, М. Лазић: Производне технологије, Обрада метала резањем - скрипта, Крагујевац, 2007.
- [3] М. Лазић, Технологије обраде метала резањем, Крагујевац, 2002.

...

Крагујевац, 18.06.2013.

ментор:

др Милан Ерић, доцент

Резиме рада:

Рад "Прорачун поделе по методи прескока на подеоном апарату" показује како се Гуцулова метода прескока може применити у облику двоструке поделе. То омогућује конструкцију простог подеоног парата који, са довољном тачношћу, може остварити било коју поделу, и то на плочи са само два круга отвора.

Кључне речи: подеони апарат, Гуцулова метода, двострука подела на прескок

Summary of work:

The work "Calculation of division by the method of overshoot on the dividing apparatus" shows how Gucul's method of overshoot can be applied as a double division. This allows a construction of simple dividing apparatus that, with sufficient accuracy, can achieve any division, on the board with just two rounds of the hole.

Keywords: dividing apparatus, Gucul's method, double division on vault

Садржај:

1. Увод.....	1
2. Подеони апарат	2
2.1 Задатак подеоних апарата	2
2.2 Врсте подеоних апарата	3
2.2.1 Прост подеони апарат.....	3
2.2.2 Универзални подеони апарат са подеоном плочом	4
2.3 Врсте подела на подеоном апарату	6
2.3.1 Једнострука (проста) подела на универзалном подеоном апарату	6
2.3.2 Двострука подела на универзалном подеоном апарату	8
2.3.3 Диференцијална подела на универзалном подеоном апарату	10
3. Израда завојница на на универзалном подеоном апарату	12
4. Гуцулова подела на универзалном подеоном апарату (једнострука)	13
4.1 Прорачун броја обртаја	13
4.2 Прорачун величине грешке	14
5. Гуцулова подела на простом подеоном апарату (двострука)	22
6. Модел простог подеоног апарата	31
7. Програм “Прорачун поделе по методи прескока на подеоном апарату”	34
8. Закључак.....	37
Литература	38

1. УВОД

На простом подеоном апарату може се остварити тек неколико подела и зато је њихова употреба исплатива само у великим серијама. У појединачној производњи се уместо њих користе универзални подеони апарати.

Универзални подеони апарат омогућује три начина деобе:

1. Једноструку (одбројавање са једне стране подеоне плоче), са ограниченим бројем могућности, тј. подела,
2. Двоструку (одбројавање са обе стране подеоне плоче), са знатно већим бројем могућих подела, и
3. Диференцијалну, која омогућује било коју поделу

Ограничење диференцијалног дељења постоји при изради цилиндричних зупчаника са завојним (косим) зубима. Наиме, припрема за диференцијалну поделу и припрема за израду цилиндричних зупчаника са завојним зубима захтевају, свака за себе, употребу променљивих зупчаника, који се монтирају на подеони апарат. Постављање једне групе онемогућује постављање друге, па отуда при изради цилиндричних зупчаника са завојним зубима не можемо примењивати диференцијалну поделу и тиме смо ограничени на оне бројеве зубаца који се могу остварити једноструком или двоструком поделом.

Тај недостатак решио је руски иноватор Гуцул осмисливши једноструку поделу на прескок, који треба изабрати тако да грешка буде занемарљива.

Међутим, подела на прескок може бити и двострука, чиме се у математичком смислу изузетно повећава број могућих комбинација. Отуда се може конструисати прост подеони апарат који, са малом грешком, остварује било коју поделу, и то је новина коју овај рад доноси.

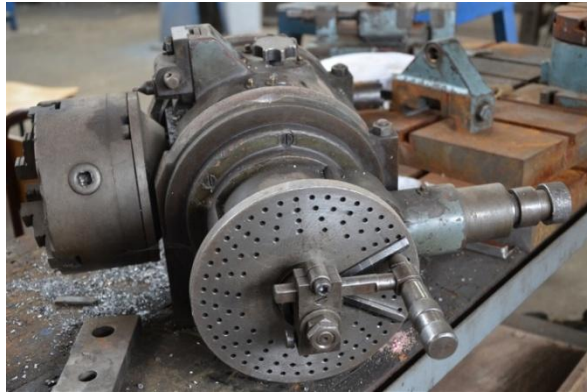
Да би се лакше разумео основни концепт двоструке поделе на прескок, најпре се, у кратким цртама, описују подеони апарати и класични поступци поделе (једнострука, двострука и диференцијална), а затим се говори о изради завојница и проблему који се ту јавља, што је и довело Гуцула до идеје да осмисли поделу на прескок. Следи опис једноструке поделе на прескок са извођењем образаца (чега нема у изворној литератури [1], [3]), а затим приказ двоструке поделе на прескок. На крају је представљен компјутерски програм за прорачун двоструке поделе на прескок и модел простог подеоног апарата на коме би се та подела могла остварити.

2. ПОДЕОНИ АПАРАТ

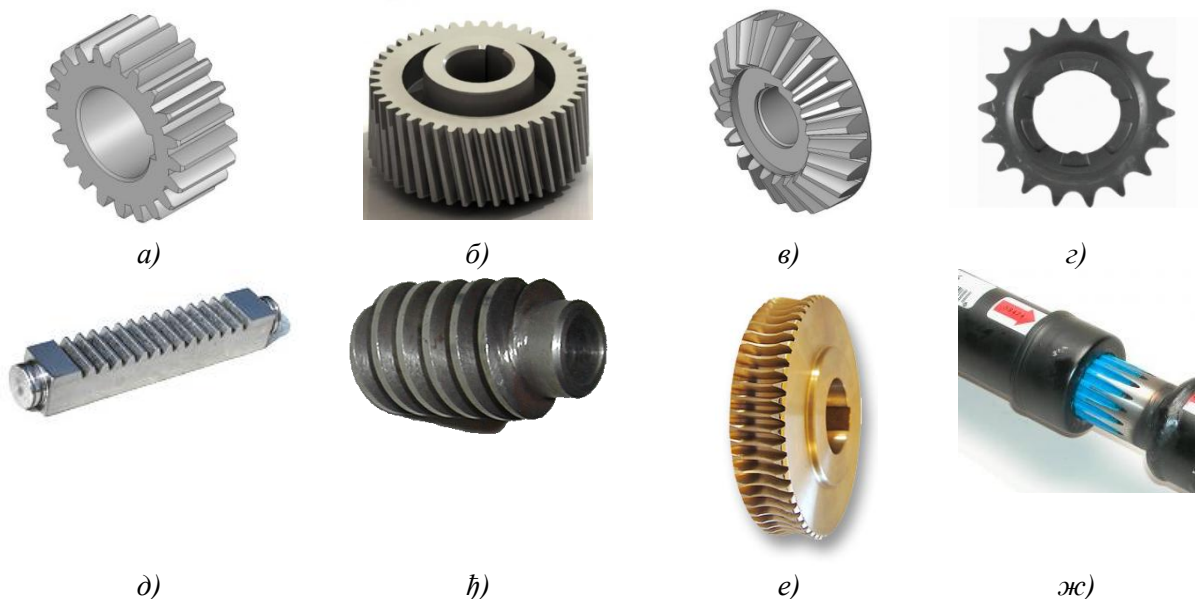
2.1 Задатак подеоних апарата

Подеони апарати служе да се на обратку изврши дељење обима или дужине на одређени број делова. Ови уређаји спадају у редовни прибор глодалице, али се примењују и при раду на бушилици или брусилици.

На сл. 1 приказан је један од модела подеоних апарата, а на сл. 2 разноразни обратци који се уз њихову помоћ израђују.



Сл. 1 – Подеони апарат



Сл. 2 – Машински елементи израђени помоћу подеоних апарата; а) цилиндрични зупчаник са правим зубима, б) цилиндрични зупчаник са косим зубима, в) конусни зупчаник, г) ланчаник, д) зупчаста летва, ђ) пуж, е) пужни точак, ж) ожљебљено вратило

Подеони апарати, осим ових зупчастих елемената, омогућују прецизну израду делова специјалних стезних прибора, алата за просецање и пробијање, савијање, дубоко извлачење, алата за бризгање пластике, вулканизацију, сл. 3, итд.

Поред обраде, поједине врсте подеоних апарата се користе за мерење и контролу обрадака.



Сл. 3 – Алат за вулканизацију

2.2 Врсте подеоних апарата

Постоје оптички и механички подеони апарати.

Оптички подеони апарати немају подеону плочу, већ се на главном вретену подеоног апарата налази округла плоча са поделом у степенима. Очитавање се врши помоћу микроскопа који на доњем делу, наспрам стаклене плоче има непокретну скалу у минутима. Обрадак се закреће ручицом, а на микроскопу се очитава вредност угла

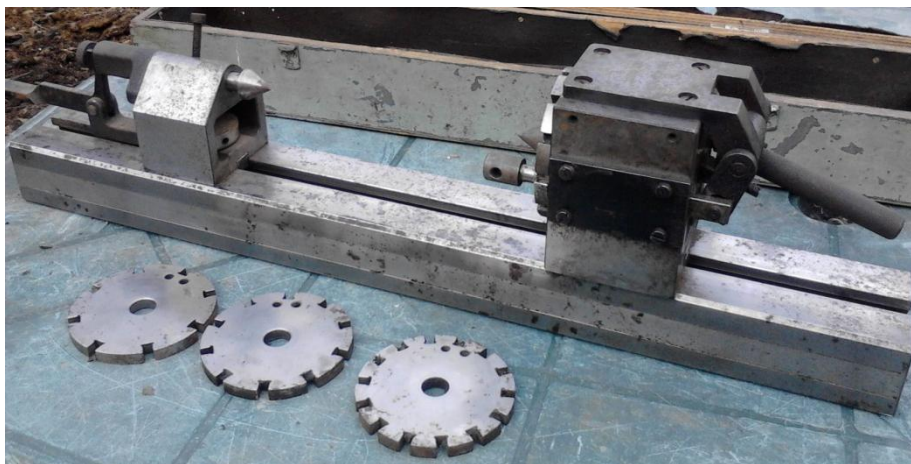
$$\alpha = \frac{360}{z} \quad (1)$$

где је z број подела обратка.

Механички подеони апарати, о којима се овде говори, могу бити прости и универзални.

2.2.1 Прост подеони апарат

Назван је тако зато што је заиста просте конструкције и ограничених могућности. На сл. 4 може се видети модел простог подеоног апарата.



Сл. 4 – Модел простог подеоног апарата

Подеона плоча има облик диска, на коме се налази одређени број жлебова (или отвора), равномерно распоређених по кружности.

После обраде првог жлеба на обратку извлачи се осигурач из подеоне плоче, која се, ослобођена, закреће за потребан број отвора, па се у том новом положају фиксира осигурачем.

Значи, између подеоне плоче и обратка нема посредника у виду зупчаника, па је овде реч о непосредном-директном дељењу.

Добре стране простих подеоних апарата:

- Руковање је једноставно,
- Мала је могућност погрешног одбројавања,
- Нема грешака услед зазора при преносу кретања.

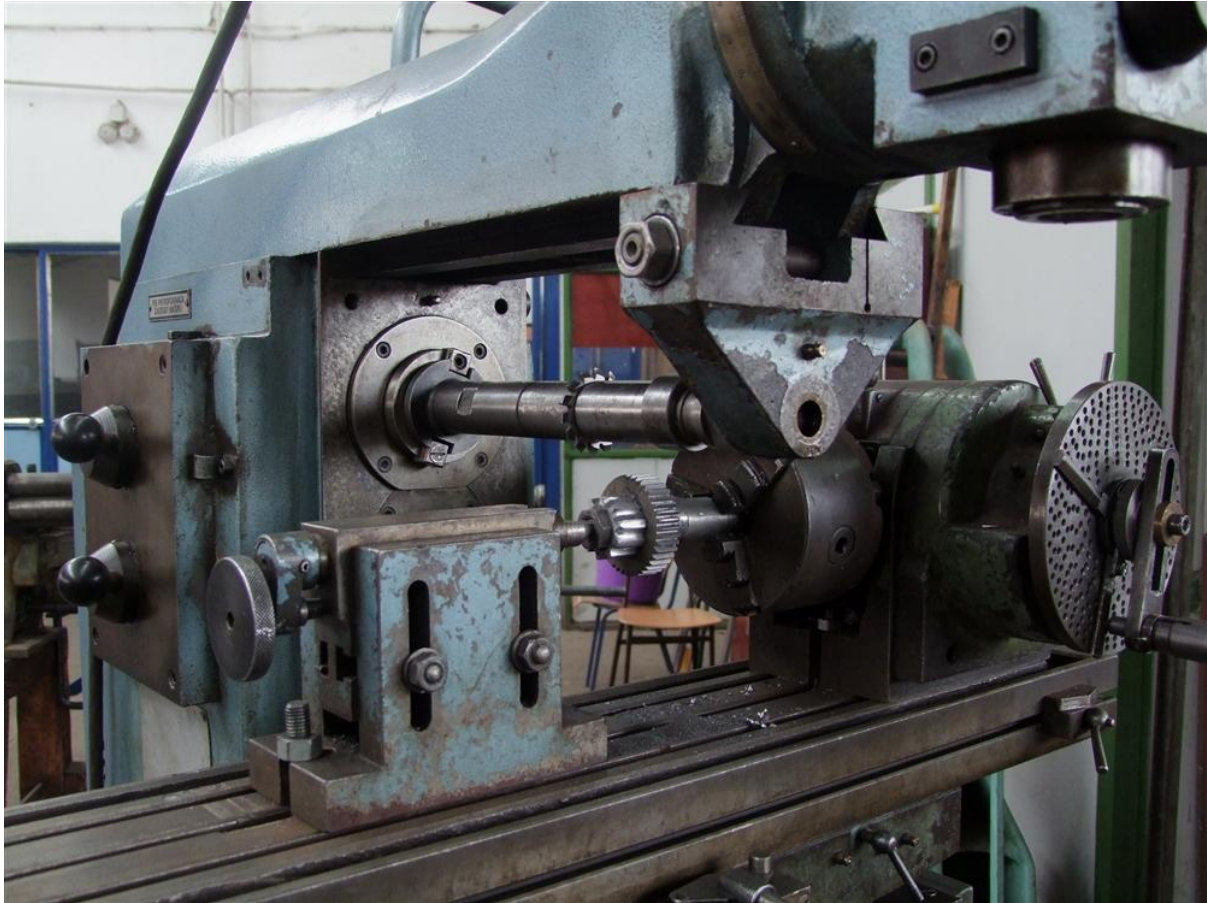
Недостатак простог подеоног апарата је у томе што он омогућује само мали број подела (Број отвора на подеоној плочи мора бити дељив са жељеном поделом без остатка). Нпр: ако је подеона плоча са 24 отвора, онда су могуће поделе обратка на 24, 12, 8, 6, 4, 3 или 2 једнака дела.

За неку другу поделу, рецимо 15, требало би правити нову подеону плочу, а то се никако не исплати у појединачној производњи, већ само при релативно великим серијама.

2.2.2 Универзални подеони апарат са подеоном плочом

Због својих далеко ширих могућности, у појединачној производњи се углавном користе универзални подеони апарати.

На сл. 5 види се један од модела универзалних подеоних апарата.



Сл. 5 – Универзални подеони апарат

Универзални подеони апарат у свом кућишту има пужни преносник, чиме се у знатној мери редукује (смањује) број обртаја који од ручице подеоног апарата прослеђујемо на обрадак. То смањење, тј. преносни однос, i , између пужа и пужног точка може износити $1/120$,

$1/90$, $1/80$, $1/60$, али се у пракси најчешће користе апарати са $i = \frac{1}{40}$.

То значи да ће се при окрету ручице за 1 пун круг обрадак окренути за 40-ти део круга. За неки непознати број обртаја ручице, n , обрадак ће се окренути за непознати део круга, $1/z$, па се постављањем пропорције добија релација:

$$1 : \frac{1}{40} = n : \frac{1}{z} \quad (2)$$

одакле следи образац за број обртаја ручице на основу жељене поделе z на обратку:

$$n = \frac{40}{z} \quad (3.a)$$

или у општем облику

$$n = \frac{k}{z} \quad (3.6)$$

где се преносни фактор $k = \frac{1}{i}$ назива карактеристиком подеоног апарата.

Подеона плоча код универзалног подеоног апарата има на концентричним круговима избушене отворе или рупе, сл. 6.



Сл. 6 – Подеона плоча универзалног подеоног апарата

Њихов распоред и број зависи од произвођача, а у овом раду ће се користити следеће плоче [5], [6]:

Плоче са отворима:

-33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54

-15, 16, 17, 18, 19, 20

-21, 23, 27, 29, 31, 33

-37, 39, 41, 43, 47, 49

Плоче са рупама:

-15, 16, 18, 20, 23, 27, 31, 37 са једне

17, 19, 21, 24, 29, 33, 39, 41 са друге стране

-17, 19, 21, 24, 29, 33, 39, 49, 51 са једне

15, 16, 18, 20, 23, 27, 31, 37, 43, 47 са друге стране

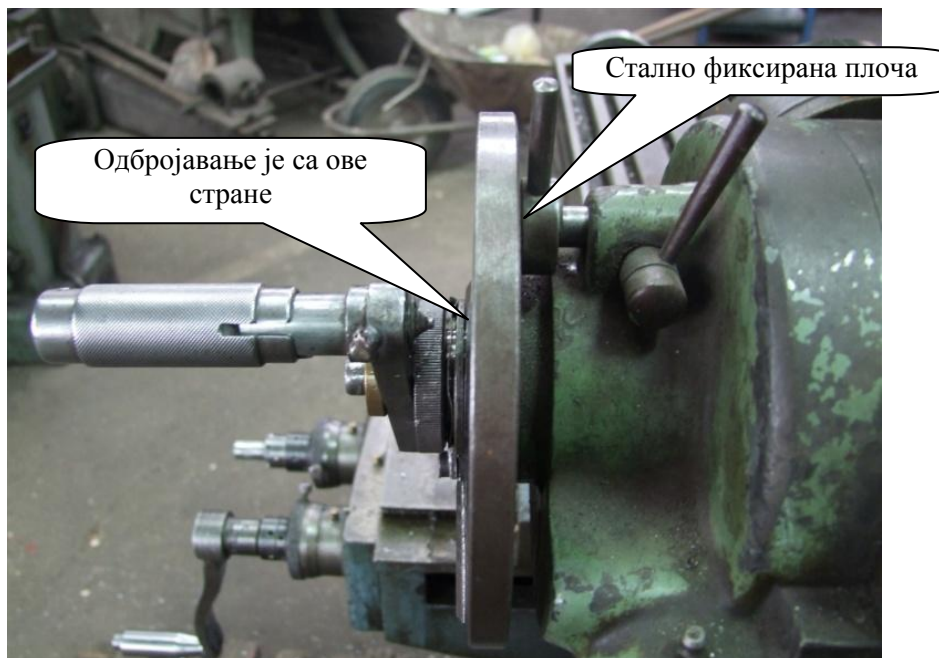
-16, 18, 20, 23, 31, 41, 47 са једне

-17, 19, 21, 29, 33, 39, 43, 49 са друге стране

2.3 Врсте подела на подеоном апарату

2.3.1 Једнострука (проста) подела на универзалном подеоном апарату

Једнострука подела на универзалном подеоном апарату подразумева да је подеона плоча стално фиксирана и да се сав рад на одбројавању и окретању ручице одвија са једне њене стране, сл. 7.



Сл. 7 – Једнострука подела на универзалном подеоном апарату

Пример 1:

Израчунати поделу ако обрадак (зупчаник) треба поделити на 20 делова. Карактеристика подеоног апарата у овом и свим наредним примерима биће $k = 40$.

Решење:

$$n = \frac{k}{z} = \frac{40}{20} = 2$$

Значи, после обраде првог међузубља потребно је ручицу подеоног апарата окренути за два пуна круга.

Пример 2:

Израчунати поделу ако обрадак (зупчаник) треба поделити на 120 делова.

Решење:

$$n = \frac{k}{z} = \frac{40}{120} = \frac{4}{12}$$

То би значило да ручицу подеоног апарата треба заокренути за 4 отвора на кругу са 12 отвора, али како такав круг не постоји, потребно је разломак $4/12$ преуредити тако да се у имениоцу добије број једнак броју отвора на неком кругу подеоне плоче. Конкретно, то се може извести овако:

$$n = \frac{k}{z} = \frac{4}{12} = \frac{2}{6} = \frac{6}{18}$$

Дакле, на кругу од 18 отвора окреће се ручица за 6 отвора.

Да при овом одбројавању не би дошло до забуне користе се показивачи у облику казаљки, сл. 8, (у практичној примени популарно зване маказе).



Сл. 8 – Показивачи на универзалном подеоном апарату

Поступак је следећи:

- Осигурач ручице се постави у било који отвор (у горњем примеру на кругу од 18).
- Одвије се вијак који повезује показиваче, тако да су међусобно померљиви,
- Показивач 1 се доведе до осигурача,
- Не рачунајући отвор у коме је осигурач, одброји се 6 отвора и иза шестог постави показивач 2, сл. 9.



Сл. 9 – Подешавање показивача на универзалном подеоном апарату

-Затегне се вијак тако да показивачи 1 и 2 чине чврсту везу и на даље се могу само заједнички обртати.

После израде првог жлеба и враћања радног стола глодалице у почетни положај рад се наставља на следећи начин:

-Извлачи се осигурач и ручица подеоног апарата лагано okreће тако да осигурач поставимо у отвор до до показивача,

-Заокрену се показивачи

На даље се поступак понавља по истом шаблону.

Разломак се могао преуредити и овако

$$n = \frac{4}{12} = \frac{7}{21}, n = \frac{4}{12} = \frac{13}{39} \text{ и слично.}$$

Која ће подела бити изабрана зависи само од тога која се плоча налази, већ монтирана, на подеоном апарату.

2.3.2 Двострука подела на универзалном подеоном апарату

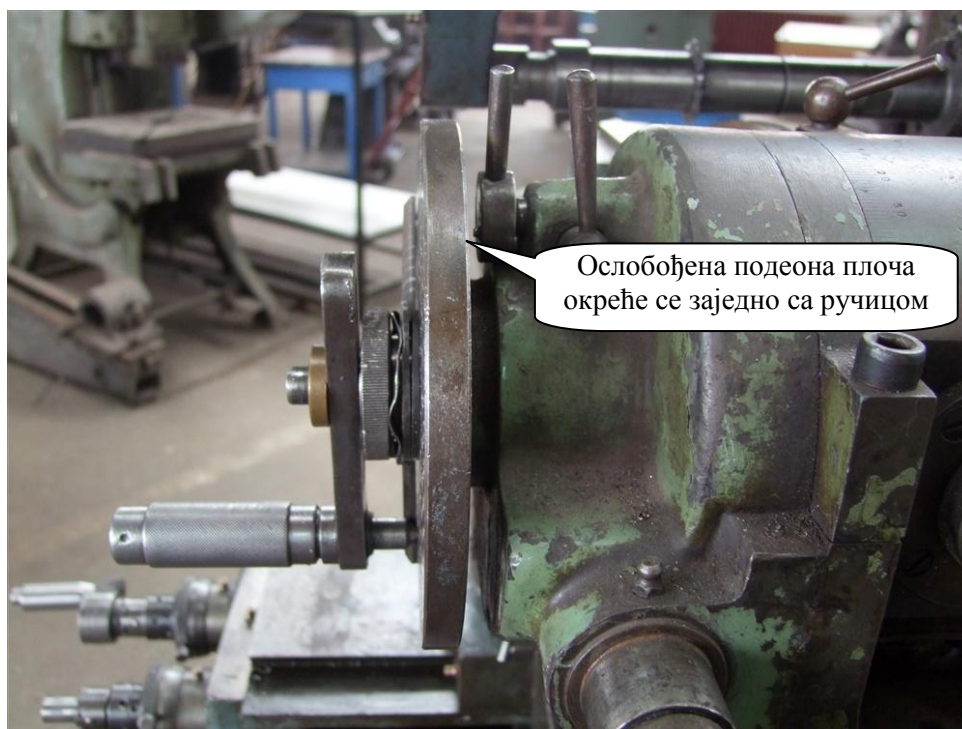
У неким случајевима, жељена подела z даје такав разломак који се не може свести на погодан облик. Нпр: за $z = 51$ и $k = 40$ биће

$$n = \frac{k}{z} = \frac{40}{51}$$

па, уколико нема плоче са 51-ним отвором, није могућа једнострука подела, већ се примењује двострука.

Са рачунског становишта то значи да разломак $n = \frac{40}{51}$ треба раставити на два разломка која се могу преуредити по методологији из 2.2.1.

Са практичне стране, одбројавање и заокретање се врши и са лица и са наличја подеоне плоче, сл. 10.



Сл. 10 – Двострука подела на подеоном апарату

Конкретно, то изгледа овако:

Именилац разломка $n = \frac{40}{51}$ се напише у облику производа два броја,

$$n = \frac{40}{3 \cdot 17}$$

Затим се бројилац напише у облику збира или разлике два броја, рецимо:

$$n = \frac{20+20}{3 \cdot 17}, n = \frac{31+9}{3 \cdot 17}, n = \frac{34+6}{3 \cdot 17} \dots$$

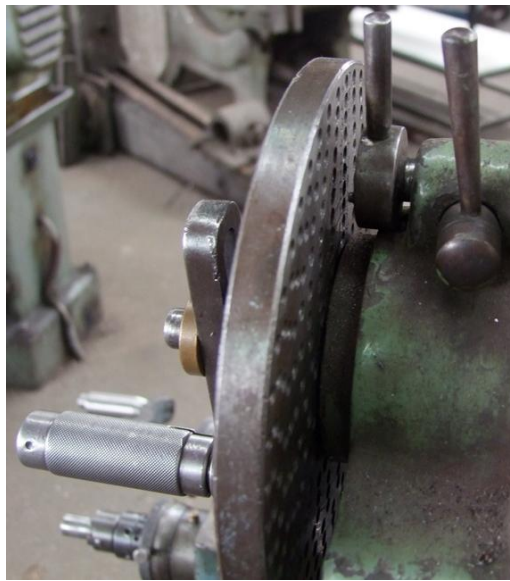
Наравно, ту постоји огроман број могућности, али је циљ да ови сабирци могу да се скраћују са члановима имениоца. Из тог разлога се узима трећа варијанта:

$$n = \frac{34+6}{3 \cdot 17} = \frac{34}{3 \cdot 17} + \frac{6}{3 \cdot 17} = \frac{2}{3} + \frac{2}{17} = \frac{12}{18} + \frac{2}{17}$$

Дакле, прво ће се са предње стране подеоне плоче на кругу од 18 отвора заокренути ручица подеоног апарата за 12 отвора и фиксирати, а затим са задње стране подеоне плоче извући осигурач и подеону плочу (са фиксираном ручицом) заокренути за 2 отвора на кругу од 17 отвора.

Примена двоструке поделе има неке тешкоће и недостатке:

1. Мала је прегледност плоче са њеног наличја,
2. Одбројавање је додатно отежано јер на наличју не постоје показивачи, сл. 11.
3. Осигурач на наличју плоче, сл. 12, и кад је кружно шетајући, може обухватити само неке од кругова на плочи,



Сл. 11 – На наличју подеоне плоче нема показивача



Сл. 12 – Кружношетајући осигурач на наличју подеоне плоче

4. У случају разлике разломака, као нпр. $n = \frac{k}{z} = \frac{40}{63} = \frac{54-14}{9 \cdot 7} = \frac{18}{21} - \frac{6}{27}$, подеона плоча се окреће у супротном смеру, што услед зазора у преносном механизму доводи до велике грешке.

2.3.3 Диференцијална подела на универзалном подеоном апарату

Ако се на универзалном подеоном апарату не може применити ни једнострука ни двострука подела, као у случају $z = 61$, преостаје диференцијална подела.

Она подразумева допунско обртање подеоне плоче које на подеоном апарату настаје овако:

-Уместо стварне незгодне поделе, у овом случају $z = 61$, усваја се нека погоднија, рецимо $z = 60$,

-Рачуна се број обртаја за $z = 60$

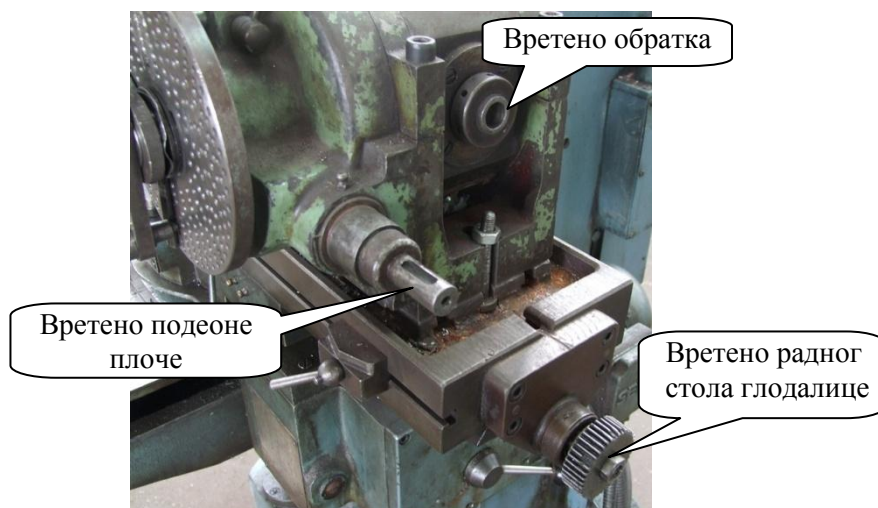
$$n = \frac{k}{z'} = \frac{40}{60} = \frac{12}{18}$$

-Изврши прорачун променљивих зупчаника (који треба да остваре допунско обртање подеоне плоче) по обрасцу.

$$i_d = \frac{k}{z'}(z' - z) = \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4}$$

-Зупчаник z_1 се монтира на вретено обратка

-Зупчаник z_4 се монтира на вретено подеоне плоче, сл. 13,



Сл. 13 – Три вретена: обратка, подеоне плоче и радног стола глодалице

-Зупчаници z_2 и z_3 и по потреби међузупчаник се монтирају на носач, популарно зван гитара (мала), сл. 14.



Сл. 14 – Мала гитара за диференцијалну поделу

-Гитара се монтира на вретено подеоне плоче тако да повеже зупчанике z_1 и z_4 сл. 15.



Сл. 15 – Подеони апарат са малом гитаром и променљивим зупчаницима, спреман за диференцијалну поделу

-Ослободи се подеона плоча са њеног наличја, сл. 16,

Дакле: окретањем ручице подеоног апарата окреће се обрадак али, преко зупчаника $z_1 \div z_4$, окреће се и подеона плоча, па се отвор у који треба убацити осигурач мало одмиче или примиче ручици.



Сл. 16 – Подеона плоча ослобођена и са наличја при диференцијалној подели

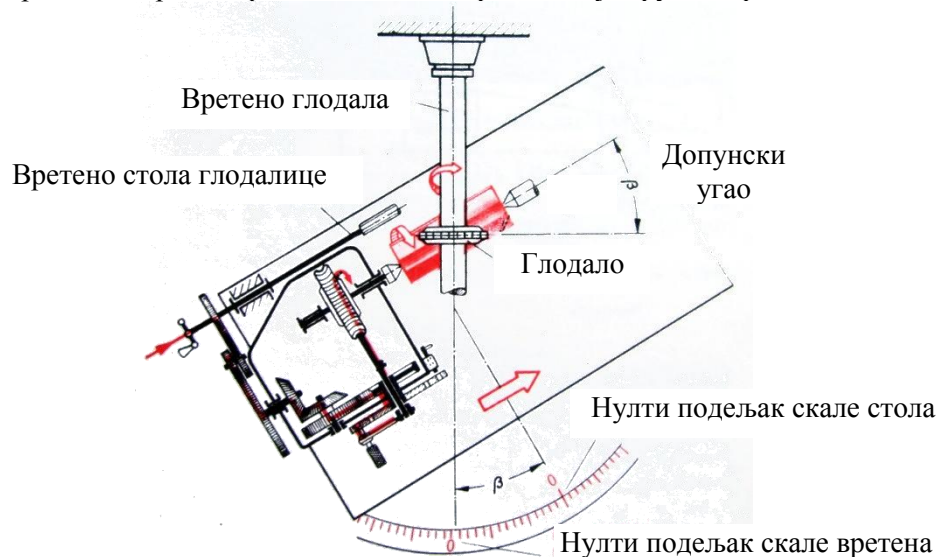
При избору променљивих зупчаника наравно да се мора имати у виду каквим комплетом зупчаника се располаже.

3. ИЗРАДА ЗАВОЈНИЦА НА УНИВЕРЗАЛНОМ ПОДЕОНОМ АПАРАТУ

Ова израда најчешће се среће при обради цилиндричних зупчаника са косим зубима. (Зупчаници са косим зубима су заправо зупчаници са завојним зубима, само се то визуелно слабо запажа услед мале дебљине зупчаника.)

Принцип израде завојнице је следећи, сл. 17:

- Радни сто глодалице заокренут за угао нагиба зуба, β , врши праволинијско кретање заједно са подеоним апаратом и обратком на њему,
- Модулно глодало које копа жлеб врши кружно кретање,
- Истовремено, обрадак преко подеоног апарата добија кружно кретање.



Сл. 17 –Глодање завојних жлебова [4]

То допунско кружно кретање обратка добија се од вретена радног стола глодалице, преко променљивих зупчаника који се монтирају на тзв. велику гитару.

Прорачун променљивих зупчаника врши се по обрасцу

$$i = \frac{k \cdot S_v}{S} = \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4} \quad (5)$$

где је:

S_v - корак завојног вретена стола глодалице (најчешће 6 mm),

S - корак завојног жлеба, који се за познати угао нагиба зуба зупчаника β рачуна као:

$$S = \frac{d \cdot \pi}{\operatorname{tg} \beta} \quad (6)$$

где је $d = m \cdot z$ подеони пречник зупчаника.

Дакле, да би се осим праволинијског кретања имало и обртно кретање обратка увек се морају монтирати променљиви зупчаници који повезују вретено радног стола и вретено подеоне плоче, које се тиме трајно заузело.

Ако сада постоји незгодна подела која захтева диференцијалну поделу са својом групом променљивих зупчаника јасно је да се не могу монтирати, јер је већ заузето вретено подеоне плоче.

Следи закључак да се помоћу универзалног подеоног апарата неки цилиндрични зупчаници са косим зубима не могу израдити, а таквих није мали број (53, 57, 59, 61, 67, 69, 71, 73, 77, 79, 83, 87, 89 зуба, итд).

Ипак, тај проблем решио је Гуцул.

4. ГУЦУЛОВА ПОДЕЛА НА УНИВЕРЗАЛНОМ ПОДЕОНОМ АПАРАТУ (ЈЕДНОСТРУКА)

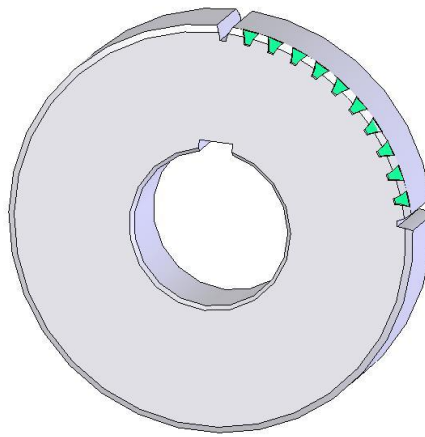
Руски мајстор, металоглодач и иноватор Гуцул изнашао је методу која на универзалном подеоном апарату омогућује израду цилиндричних зупчаника са косим зубима, са било којом поделом.

Метода је приближна, тј. постоји грешка у подели, која се погодним избором може учинити врло малом тако да и нема практични значај. Посебно ако се узме у обзир да и сам поступак израде зупчаника модулним глодалом носи са собом грешку у односу на поступке озубљења на машинама са релативним котрљањем (*Maag, Fellows, Pfauter..*).

Суштина Гуцулове поделе је у прескоку, p :

Ако се не може са довољном тачношћу ускочити у наредно међузубље, онда се оно прескаче и ради неко идуће, у којем ће грешка бити мања.

Нпр: при обради зупчаника са $z = 61$ изнађено је да се најмања грешка јавља ако прескок износи $p = 11$ [1]. То би значило, сл. 18, да се после укопаног првог међузубља ради једанаесто следеће. Практично, прескаче се, не 11 међузубља, већ 11 зуба!



Сл. 18 – Прескок по Гуцулу, $p = 11$

4.1 Прорачун броја обртаја

За неку поделу z требало би да број обртаја износи $n = \frac{k}{z}$ али, као што је већ речено, уводи се прескок, p , па је број обртаја ручице

$$n = \frac{k}{z} \cdot p \quad (7)$$

Тај број обртаја још увек се не може практично извести (у наведеном примеру и даље смета $z = 61$), али следећи корак је да се уместо $n = \frac{k}{z} \cdot p$ нађе што приближнији количник

$$n = \frac{A}{C} \quad (8)$$

где је:

C - број отвора на неком од кругова подеоне плоче, и

A – погодно изабран неки цели број

У горњем примеру где је

$$n = \frac{k}{z} \cdot p = \frac{40}{61} \cdot 11 = 7,21311$$

избором $A=339$ и $C=47$ биће

$$n = \frac{A}{C} = \frac{339}{47} = 7,21277$$

Дакле, из

$$\frac{k}{z} \cdot p \approx \frac{A}{C} \quad (9)$$

Следи

$$A \approx \frac{k}{z} \cdot C \cdot p \quad (10)$$

Практично, Гуцулову поделу се тражи овако:

-Изабере се C , тј. неки круг на подеоној плочи (што је C већи број, постоји већи број могућности за прескок p)

-Потом, у образац (10) уноси се $p=2, p=3$ итд, све док се за A не добије вредност врло блиска неком целом броју.

У поменутом примеру то би изгледало овако:

Нпр. изабрано C износи 47, и рачуна се,

$$\frac{40}{61} \cdot 47 \cdot 2 = 61.63934426$$

$$\frac{40}{61} \cdot 47 \cdot 3 = 92.45901639$$

...

$$\frac{40}{61} \cdot 47 \cdot 11 = 339.0163934$$

Ево коначно прижељкиване вредности, која се заокружује на $A=339$

Значи, број обртаја

$$n = \frac{k}{z} \cdot p$$

са малом грешком може се заменити бројем обртаја

$$n = \frac{A}{C} = \frac{339}{47} = 7 \frac{10}{47}$$

4.2 Прорачун величине грешке

Број обртаја ручице по једном зубу требало је да износи $n = \frac{k}{z}$, али је та вредност, како следи из (7) и (8) замењена са

$$n = \frac{A}{C \cdot p} \quad (11)$$

Значи, грешка у обртају ручице износи

$$\Delta n = \frac{A}{C \cdot p} - \frac{k}{z} \quad (12)$$

На основу познате релације између броја обртаја ручице n и угла обртања обратка α_1

$$\frac{n}{k} = \frac{\alpha_1}{2\pi} \quad (13)$$

Следи

$$\frac{\Delta n}{k} = \frac{\Delta \alpha_1}{2\pi} \quad (14)$$

па је грешка угла обртања

$$\Delta \alpha_1 = \frac{\Delta n}{k} \cdot 2\pi \quad (15)$$

Сада, знајући угловну грешку $\Delta \alpha_1$ на обратку, лако се одређује лучна грешка Δs_1 :

$$\Delta s_1 = r \cdot \Delta \alpha_1 = \frac{m \cdot z}{2} \cdot \frac{\Delta n}{k} \cdot 2\pi \quad (16)$$

$$\Delta s_1 = \frac{\Delta n}{k} \cdot \pi \cdot m \cdot z \quad (17)$$

Ово је лучна грешка настала после првог обртања ручице, а како их има z , то ће крајња, највећа грешка бити:

$$\Delta s = \frac{\Delta n}{k} \cdot \pi \cdot z \cdot m \cdot z \quad (18)$$

$$\Delta s = \frac{\frac{A}{C \cdot p} - \frac{k}{z}}{k} \cdot \pi \cdot z \cdot m \cdot z \quad (19)$$

Види се да је овај прорачун са многобројним пробама веома заморан и непрактичан, па се Гуцулова метода примењује коришћењем готових табела, као што је TI пренета из [1].

При употреби ове табеле треба имати у виду две ствари:

1. Грешка дата у њој израчуната је за подеони пречник једнак 1 mm. Дакле, укупна грешка добија се када се таблича вредност грешке помножи подеоним пречником зупчаника, $d = m \cdot z$ (У горњем примеру, при изради зупчаника са $z = 61$, модула $m = 3$, биће $\Delta s = -0.00020 \cdot 3 \cdot 61 = -0.0366 \text{ mm}$.)

2. Јединичне грешке нису најпрецизније израчунате! Отуда су у издвојеној колони дате исправне вредности, срачунате у Excelу и заокружене на пету децималу. (Значи, $\Delta s = -0.00015 \cdot 3 \cdot 61 = -0.02745 \text{ mm}$)

Табела 1 (преузета из [1]): Гуцулова подела на универзалном подеоном апарату
 $K=40$; плоча: 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54

Подела z	Број отвора на кругу C	Број пуних обртаја n	Број прескочених отвора на кругу	Грешка на пречнику од 1 mm [mm]	Прескок p	Грешка на пречнику од 1 mm (тачније вредности; Excel)
51	49	5	24	-0.00020	7	-0.00023
53	43	8	13	0.00006	11	0.00017
57	41	9	5	-0.00040	13	-0.00029
59	49	6	5	0.00014	9	0.00018
61	47	7	10	-0.00020	11	-0.00015
63	43	6	15	-0.00045	10	-0.00018
67	49	2	19	-0.00045	4	-0.00040
69	54	5	43	0.00022	10	-0.00044
71	54	3	51	0.00062	7	0.00062
73	47	2	9	-0.00040	4	-0.00042
77	41	5	8	0.00020	10	0.00019
79	47	2	25	0.00031	5	0.00033
81	41	1	40	0.00051	4	0.00048
83	43	5	13	0.00059	11	0.00066
87	43	5	42	-0.00014	13	-0.00014
89	54	4	51	0.00035	11	0.00040
91	37	6	22	0.00058	15	0.00057
93	41	4	30	0.00030	11	0.00035
96	37	7	3	-0.00100	17	-0.00100
97	41	8	27	-0.00060	21	-0.00046
99	43	3	10	0.00025	8	0.00023
101	49	1	48	-0.00095	5	-0.00096
102	47	2	35	-0.00048	7	-0.00048
103	43	3	39	0.00020	10	0.00018
106	47	5	31	-0.00049	15	-0.00045
107	37	2	9	0.00035	6	0.00035
109	54	5	47	-0.00064	16	-0.00064
111	54	3	52	-0.00079	11	-0.00079
112	43	6	3	-0.00090	17	-0.00086
113	54	3	10	-0.00071	9	-0.00065
114	43	8	3	-0.00016	23	-0.00016
117	49	1	18	-0.00046	4	-0.00040
118	47	5	4	-0.00022	15	0.00022
119	54	6	39	-0.00023	20	-0.00022
121	49	1	32	0.00035	5	0.00032

122	41	2	30	0.00043	9	0.00043
123	54	2	50	-0.00077	9	-0.00097
125	54	2	13	0.00097	7	0.00104
127	41	2	7	0.00030	7	-0.01368
129	47	2	8	-0.00051	7	-0.00048
131	47	5	9	0.00041	17	0.00039
133	54	6	17	-0.00073	21	-0.00048
134	54	7	25	0.00013	25	0.00012
137	54	3	43	0.00054	13	0.00056
139	43	2	13	0.00033	8	0.00023
141	49	2	41	0.00020	10	-0.00016
142	54	5	19	-0.00011	19	-0.00015
143	49	4	37	-0.00010	17	-0.00009
146	54	1	20	0.00120	5	0.00116
147	43	2	31	-0.00020	10	-0.00018
149	37	4	1	0.00020	15	0.00014

Метода Гуцула, првобитно смишљена да реши проблем израде цилиндричних зупчаника са завојним зубима у ситуацијама када је потребна и диференцијална подела, нашла је своју примену и тамо где није неопходна. Зато што не захтева променљиве зупчанике и монтажу која одузима време, примењује се и код цилиндричних зупчаника са правим зубима, уместо диференцијалне поделе.

За неке од подеоних плоча са стр. 5 урађени су, помоћу компјутерског програма, прорачуни једноструке Гуцулове поделе на универзалном подеоном апарату и приказани у табелама 2-5.

Може се запазити да се јединичне грешке исказују углавном тек на четвртој децимали, што је у уобичајеној радионичкој пракси, за зупчанике који немају екстремно велике подеоне пречнике, задовољавајућа тачност.

Табеле нису рађене на теоретски најмању јединичну грешку, јер би то код неких подела значајно повећало број пуних обртаја, што у пракси лако може довести до забројавања при окретању ручице подеоног апарата. (Ипак, у програму који ће бити представљен при крају овог рада, остављена је могућност прорачуна на теоретски најмању јединичну грешку.)

Када су у питању ови бројеви пуних обртаја видљиво је из табела да су мањи код плоча са већим бројем отвора на круговима. Дакле, са становишта Гуцулове поделе боља је плоча 37, 39, 41, 43, 47, 49 од плоче 15, 16, 17, 18, 19, 20.

Табела 2: Гуцулова подела на универзалном подеоном апарату
 $K=40$; плоча: 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54

Подела z	Прескок p	Грешка на пречнику од 1 mm [mm]	Број пуних обртаја n	Број прескочених отвора на кругу	Број отвора на кругу C
5	1	0	8	/	/
6	1	0	6	36	54
7	1	0	5	35	49
8	1	0	5	/	/
9	1	0	4	24	54
10	1	0	4	/	/
11	1	0	3	21	33
12	1	0	3	18	54
13	1	0	3	3	39
14	1	0	2	42	49
...					
51	11	0.00017	8	27	43
52	1	0	0	30	39
53	13	-0.00016	9	30	37
54	1	0	0	40	54
55	1	0	0	24	33
56	1	0	0	35	49
57	13	-0.00029	9	5	41
58	12	0.00028	8	13	47
59	13	0.00014	8	35	43
60	1	0	0	36	54
61	11	-0.00015	7	10	47
62	11	0.00035	7	4	41
63	10	-0.00018	6	15	43
64	13	-0.00099	8	6	49
65	1	0	0	24	39
66	1	0	0	20	33
67	11	0.00019	6	21	37
...					
145	30	0.00028	8	13	47
146	32	0.00011	8	33	43
147	6	0	1	31	49
148	1	0	0	10	37
149	26	-0.00012	6	48	49
150	20	0	5	18	54

(Прескок $p=1$ заправо и није прескок; прескоче се један зубац и ради суседно међузубље!)

Табела 3: Гуцулова подела на универзалном подеоном апарату
 $K=40$; плоча: 15, 16, 17, 18, 19, 20

Подела z	Прескок p	Грешка на пречнику од 1 mm [mm]	Број пуних обртаја n	Број прескочених отвора на кругу	Број отвора на кругу C
5	1	0	8	/	/
6	1	0	6	12	18
7	4	0.00131	22	13	15
8	1	0	5	/	/
9	1	0	4	8	18
10	1	0	4	/	/
11	6	0.00077	21	14	17
12	1	0	3	6	18
13	7	-0.00075	21	8	15
14	8	0.00131	22	13	15
...					
51	6	0	4	12	17
52	29	0.00068	22	5	16
53	28	0.00019	21	2	15
54	12	0	8	16	18
55	22	0	16	/	/
56	21	0	15	/	/
57	6	0	4	4	19
58	32	-0.00033	22	1	15
59	25	0.00016	16	19	20
60	9	0	6	/	/
61	34	-0.00014	22	5	17
62	34	0.00029	21	15	16
63	14	0	8	16	18
64	6	0	3	15	20
65	26	0	16	/	/
66	44	0	26	10	15
67	35	-0.00012	20	17	19
...					
145	58	0	16	/	/
146	86	0.00011	23	9	16
147	98	0	26	10	15
148	93	-0.00023	25	2	15
149	65	0.00006	17	9	20
150	9	0	2	8	20

Табела 4: Гуцулова подела на универзалном подеоном апарату
 $K=40$; плоча: 37, 39, 41, 43, 47, 49

Подела z	Прескок p	Грешка на пречнику од 1 mm [mm]	Број пуних обртаја n	Број прескочених отвора на кругу	Број отвора на кругу C
5	1	0	8	/	/
6	1	0	6	26	39
7	1	0	5	35	49
8	1	0	5	/	/
9	2	0.00106	8	33	37
10	1	0	4	/	/
11	2	-0.00106	7	10	37
12	1	0	3	13	39
13	1	0	3	3	39
14	1	0	2	42	49
...					
51	11	0.00017	8	27	43
52	1	0	0	30	39
53	13	-0.00016	9	30	37
54	11	0.00030	8	7	47
55	14	-0.00072	10	7	39
56	1	0	0	35	49
57	13	-0.00029	9	5	41
58	12	0.00028	8	13	47
59	13	0.00014	8	35	43
60	9	0	6	/	/
61	11	-0.00015	7	10	47
62	11	0.00035	7	4	41
63	10	-0.00018	6	15	43
64	13	-0.00099	8	6	49
65	1	0	0	24	39
66	13	-0.00029	7	36	41
67	11	0.00019	6	21	37
...					
145	30	0.00028	8	13	47
146	32	0.00011	8	33	43
147	6	0	1	31	49
148	1	0	0	10	37
149	26	-0.00012	6	48	49
150	20	0	5	13	39

Табела 5: Гуцулова подела на универзалном подеоном апарату
 $K=40$; плоча: 17, 19, 21, 24, 29, 33, 39, 49, 51

Подела z	Прескок p	Грешка на пречнику од 1 mm [mm]	Број пуних обртаја n	Број прескочених отвора на кругу	Број отвора на кругу C
5	1	0	8	/	/
6	1	0	6	34	51
7	1	0	5	35	49
8	1	0	5	/	/
9	5	0.00185	22	4	17
10	1	0	4	/	/
11	1	0	3	21	33
12	1	0	3	17	51
13	1	0	3	3	39
14	1	0	2	42	49
...					
51	1	0	0	40	51
52	1	0	0	30	39
53	20	0.00019	15	2	21
54	10	0.00032	7	20	49
55	1	0	0	24	33
56	1	0	0	35	49
57	6	0	4	4	19
58	1	0	0	20	29
59	21	0.00018	14	5	21
60	1	0	0	34	51
61	34	-0.00014	22	5	17
62	32	0.00029	20	11	17
63	6	0	3	17	21
64	1	0	0	15	24
65	1	0	0	24	39
66	1	0	0	20	33
67	35	-0.00012	20	17	19
...					
145	1	0	0	8	29
146	69	0.00011	18	19	21
147	6	0	1	31	49
148	79	0.00023	21	6	17
149	69	0.00005	18	11	21
150	20	0	5	17	51

5. ГУЦУЛОВА ПОДЕЛА НА ПРОСТОМ ПОДЕОНОМ АПАРАТУ (ДВОСТРУКА)

Ако би се Гуцулова метода прескока применили на простом подеоном апарату, са $\kappa=1$, онда би из (19) следило да је грешка

$$\Delta s = \left(\frac{A}{C \cdot p} - \frac{1}{z} \right) \cdot \pi \cdot z \cdot m \cdot z \quad (20)$$

Провером помоћу компјутерског програма показало се да су ове грешке превелике и да се тек за неке z -тове може остварити задовољавајућа тачност.

Ипак, ова недаћа се може превазићи помоћу двоструке поделе и израдом одговарајућих табела.

Значи, жељена подела са неким прескоком, $n = \frac{1}{z} \cdot p$, представља се, сходно изразу (11), у облику збира (разлике)

$$n = \frac{A_1}{C_1 \cdot p} \pm \frac{A_2}{C_2 \cdot p} \quad (21)$$

где су:

C_1 - број отвора на кругу са предње стране плоче,

C_2 - број отвора на кругу са задње стране плоче,

A_1 и A_2 - цели бројеви.

Укупна лучна грешка, према (19) износи

$$\Delta s = \left(\frac{A_1}{C_1 \cdot p} \pm \frac{A_2}{C_2 \cdot p} - \frac{1}{z} \right) \cdot \pi \cdot z \cdot m \cdot z \quad (22)$$

Увођење ове двоструке Гуцулове поделе створило је огроман број комбинација и тиме значајно повећало вероватноћу да се за било које z изнађе подела задовољавајуће тачности. У табелама које следе (Т6 до Т9) дати су прорачуни за неке од подеоних плоча напред наведених:

Табела 6: Гуцулова подела на простом подеоном апарату
 $K=1$; плоча: 33, 37, 39, 18, 41, 43, 47, 49, 54

Подела z	Прескок p	Грешка на пречнику од 1 mm [mm]	Број отвора X_1	На кругу C_1	Број отвора X_2	На кругу C_2
5	3	0.00041	43	47	-17	54
6	1	0	9	54	/	/
7	1	0	/	/	7	49
8	5	0.00030	26	43	1	49
9	1	0	6	54	/	/
10	7	-0.00019	7	47	27	49
11	1	0	/	/	3	33
12	8	0	36	54	/	/
13	1	0	/	/	3	39
14	4	0	/	/	14	49
...						
51	34	0	36	54	/	/
52	8	0	/	/	6	39
53	44	-0.00003	19	47	23	54
54	1	0	1	54	/	/
55	35	0	/	/	21	33
56	16	0	/	/	14	49
57	38	0	36	54	/	/
58	55	-0.00003	32	43	10	49
59	46	0.00003	1	49	41	54
60	40	0	36	54	/	/
61	53	0.00002	9	49	37	54
62	55	0.00002	11	47	32	49
63	14	0	12	54	/	/
64	61	-0.00003	33	37	3	49
65	10	0	/	/	6	39
66	44	0	36	54	/	/
67	65	-0.00002	43	49	5	54
...						
145	141	-0.00001	5	49	47	54
146	141	-0.00001	30	41	11	47
147	6	0	/	/	2	49
148	8	0	/	/	2	37
149	137	0.00001	26	43	17	54
150	100	0	36	54	/	/

Табела 7: Гуцулова подела на простом подеоном апарату
 $K=1$; плоча: 15, 16, 17, 18, 19, 20

Подела z	Прескок p	Грешка на пречнику од 1 mm [mm]	Број отвора X_1	На кругу C_1	Број отвора X_2	На кругу C_2
5	1	0	4	20	/	/
6	1	0	/	/	3	18
7	5	0.00185	13	17	-1	20
8	6	0	15	20	/	/
9	1	0	/	/	2	18
10	1	0	2	20	/	/
11	9	0.00092	7	19	9	20
12	9	0	15	20	/	/
13	10	-0.00092	11	18	3	19
14	11	0.00100	11	15	1	19
...						
51	34	0	/	/	12	18
52	39	0	15	20	/	/
53	47	0.00018	14	19	3	20
54	12	0	/	/	4	18
55	22	0	8	20	/	/
56	42	0	15	20	/	/
57	6	0	/	/	2	19
58	51	-0.00019	6	17	10	19
59	54	-0.00017	7	18	10	19
60	9	0	3	20	/	/
61	54	0.00017	4	17	13	20
62	57	-0.00019	13	15	1	19
63	14	0	/	/	4	18
64	48	0	15	20	/	/
65	26	0	8	20	/	/
66	44	0	/	/	12	18
67	64	0.00013	2	19	17	20
...						
145	58	0	8	20	/	/
146	113	0.00009	6	17	8	19
147	98	0.00000	10	15	/	/
148	111	0	15	20	/	/
149	129	0.00006	6	19	11	20
150	45	0	6	20	/	/

Табела 8: Гуцулова подела на простом подеоном апарату
 $K=1$; плоча: 37, 39, 41, 43, 47, 49

Подела z	Прескок p	Грешка на пречнику од 1 mm [mm]	Број отвора X_1	На кругу C_1	Број отвора X_2	На кругу C_2
5	3	0.00045	44	49	-14	47
6	4	0	/	/	26	39
7	1	0	7	49	/	/
8	5	0.00030	26	43	1	49
9	6	0.00000	/	/	26	39
10	7	-0.00019	7	47	27	49
11	9	0.00017	15	43	23	49
12	8	0	/	/	26	39
13	1	0	/	/	3	39
14	4	0	14	49	/	/
...						
51	34	0	/	/	26	39
52	8	0	/	/	6	39
53	49	0.00003	38	43	2	49
54	36	0	/	/	26	39
55	47	-0.00003	44	47	-4	49
56	16	0	14	49	/	/
57	38	0	/	/	26	39
58	55	-0.00003	32	43	10	49
59	55	0.00003	41	43	-1	47
60	40	0	/	/	26	39
61	57	0.00002	42	47	2	49
62	55	0.00002	11	47	32	49
63	18	0	14	49	/	/
64	61	-0.00003	33	37	3	49
65	10	0	/	/	6	39
66	44	0	/	/	26	39
67	59	-0.00002	27	47	15	49
...						
145	128	0.00001	6	47	37	49
146	141	-0.00001	30	41	11	47
147	6	0	2	49	/	/
148	8	0	/	/	2	37
149	143	0.00001	34	37	2	49
150	100	0	/	/	26	39

Табела 9: Гуцулова подела на простом подеоном апарату
 $K=1$; плоча: 16,18,20,23,31,41,47 са једне
 17,19,21,29,33,39,43,49 са друге стране

Подела z	Прескок p	Грешка на пречнику од 1 mm [mm]	Број отвора X_1	На кругу C_1	Број отвора X_2	На кругу C_2
5	1	0	4	20	/	/
6	4	0	/	/	26	39
7	1	0	/	/	7	49
8	6	0	15	20	/	/
9	1	0	2	18	/	/
10	1	0	2	20	/	/
11	1	0	/	/	3	33
12	8	0	/	/	26	39
13	1	0	/	/	3	39
14	4	0	/	/	14	49
...						
51	34	0	/	/	26	39
52	8	0	/	/	6	39
53	42	-0.00003	43	47	-6	49
54	36	0	/	/	26	39
55	35	0	/	/	21	33
56	16	0	/	/	14	49
57	38	0	/	/	26	39
58	4	0	/	/	2	29
59	55	-0.00004	27	31	3	49
60	40	0	/	/	26	39
61	57	0.00002	42	47	2	49
62	4	0	2	31	/	/
63	18	0	/	/	14	49
64	48	0	15	20	/	/
...						
145	10	0	/	/	2	29
146	115	-0.00001	14	47	24	49
147	6	0	/	/	2	49
148	111	0	15	20	/	/
149	143	-0.00001	26	41	14	43
150	100	0	/	/	26	39

Гуцулова двострука подела у теоретском смислу функционише, али да би и практично била применљива неопходна је конструкција простог подеоног апарата.

Аутор, у овом раду, даје своју конструкцију и табелу са подеоном плочом која има само два круга рупа: 25 са једне и 27 са друге стране.

Табела 10: Гуцулова подела на простом подеоном апарату
 $K=1$; плоча: 25 са једне
 27 са друге стране

Подела z	Прескок p	Грешка на пречнику од 1 mm [mm]	Број отвора X_1	На кругу C_1	Број отвора X_2	На кругу C_2
5	1	0	5	25	/	/
6	4	0	/	/	18	27
7	5	-0.00093	16	25	2	27
8	5	0.00093	11	25	5	27
9	1	0	/	/	3	27
10	4	0	10	25	/	/
11	8	0.00058	8	25	11	27
12	8	0	/	/	18	27
13	11	-0.00085	23	25	-2	27
14	9	0.00052	17	25	-1	27
15	6	0	10	25	/	/
16	11	-0.00042	7	25	11	27
17	10	-0.00047	11	25	4	27
18	4	0	/	/	6	27
19	17	0.00027	2	25	22	27
20	8	0	10	25	/	/
21	14	0.00000	/	/	18	27
22	19	0.00024	4	25	19	27
23	20	0.00023	6	25	17	27
24	16	0	/	/	18	27
25	1	0	1	25	/	/
26	23	-0.00061	11	25	12	27
27	1	0	/	/	1	27
28	19	-0.00024	4	25	14	27
29	18	0.00026	22	25	-7	27
30	12	0	10	25	/	/
31	22	-0.00021	2	25	17	27
32	21	0.00022	9	25	8	27
33	22	0	/	/	18	27
34	27	-0.00017	18	25	2	27
35	14	0	10	25	/	/
36	8	0	/	/	6	27
37	33	-0.00014	1	25	23	27
38	34	0.00027	2	25	22	27
39	26	0.00000	/	/	18	27
40	16	0	10	25	/	/

41	28	0.00017	18	25	-1	27
42	28	0.00000	/	/	18	27
43	33	-0.00014	9	25	11	27
44	41	0.00011	2	25	23	27
45	10	0	/	/	6	27
46	43	0.00011	3	25	22	27
47	36	-0.00013	21	25	-2	27
48	32	0	/	/	18	27
49	40	-0.00012	13	25	8	27
50	4	0	2	25	/	/
51	34	0	/	/	18	27
52	50	-0.00019	12	25	13	27
53	34	-0.00014	4	25	13	27
54	4	0	/	/	2	27
55	22	0	10	25	/	/
56	37	0.00013	23	25	-7	27
57	38	0	/	/	18	27
58	47	0.00010	11	25	10	27
59	34	0.00014	7	25	8	27
60	24	0	10	25	/	/
61	46	-0.00010	17	25	2	27
62	53	-0.00009	1	25	22	27
63	14	0	/	/	6	27
64	53	0.00009	17	25	4	27
65	26	0	10	25	/	/
66	44	0	/	/	18	27
67	40	0.00012	14	25	1	27
68	41	0.00011	16	25	-1	27
69	46	0.00000	/	/	18	27
70	28	0	10	25	/	/
71	69	0.00007	3	25	23	27
72	16	0	/	/	6	27
73	69	-0.00007	19	25	5	27
74	41	0.00011	12	25	2	27
75	21	0	7	25	/	/
76	59	-0.00008	12	25	8	27
77	47	-0.00010	6	25	10	27
78	52	0.00000	/	/	18	27
79	68	-0.00007	3	25	20	27
80	32	0	10	25	/	/
81	6	0	/	/	2	27
82	69	0.00007	9	25	13	27
83	68	-0.00007	14	25	7	27
84	56	0.00000	/	/	18	27
85	34	0	10	25	/	/

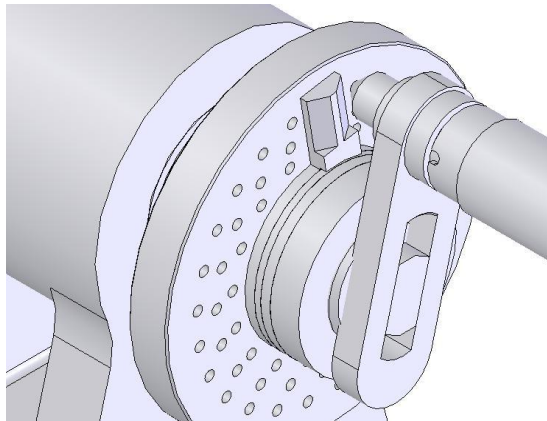
86	53	0.00009	8	25	8	27
87	58	0.00000	/	/	18	27
88	85	0.00005	1	25	25	27
89	77	0.00006	17	25	5	27
90	20	0	/	/	6	27
91	79	0.00006	18	25	4	27
92	89	0.00005	14	25	11	27
93	62	0	/	/	18	27
94	83	-0.00006	23	25	-1	27
95	38	0	10	25	/	/
96	64	0	/	/	18	27
97	73	0.00006	4	25	16	27
98	89	-0.00005	19	25	4	27
99	22	0	/	/	6	27
100	8	0	2	25	/	/
101	60	0.00008	13	25	2	27
102	68	0	/	/	18	27
103	56	0.00008	21	25	-8	27
104	53	0.00009	22	25	-10	27
105	42	0	10	25	/	/
106	87	-0.00005	2	25	20	27
107	94	0.00005	9	25	14	27
108	8	0	/	/	2	27
109	83	0.00006	7	25	13	27
110	44	0	10	25	/	/
111	74	0.00000	/	/	18	27
112	75	-0.00006	1	25	17	27
113	76	0.00012	2	25	16	27
114	76	0	/	/	18	27
115	46	0	10	25	/	/
116	105	0.00004	18	25	5	27
117	26	0	/	/	6	27
118	93	0.00005	16	25	4	27
119	61	-0.00008	23	25	-11	27
120	48	0	10	25	/	/
121	102	-0.00005	22	25	-1	27
122	107	-0.00004	21	25	1	27
123	82	0.00000	/	/	18	27
124	115	-0.00004	13	25	11	27
125	10	0	2	25	/	/
126	28	0	/	/	6	27
127	73	0.00006	19	25	-5	27
128	117	0.00004	21	25	2	27
129	86	0.00000	/	/	18	27
130	52	0	10	25	/	/

131	72	0.00006	23	25	-10	27
132	88	0	/	/	18	27
133	93	0.00005	11	25	7	27
134	107	0.00004	7	25	14	27
135	10	0	/	/	2	27
136	109	0.00004	8	25	13	27
137	123	-0.00011	3	25	21	27
138	92	0.00000	/	/	18	27
139	132	-0.00004	8	25	17	27
140	56	0	10	25	/	/
141	94	0	/	/	18	27
142	73	-0.00006	11	25	2	27
143	118	0.00004	16	25	5	27
144	32	0	/	/	6	27
145	58	0	10	25	/	/
146	77	0.00006	3	25	11	27
147	98	0.00000	/	/	18	27
148	107	-0.00004	19	25	-1	27
149	83	-0.00006	13	25	1	27
150	42	0	7	25	/	/

6. МОДЕЛ ПРОСТОГ ПОДЕОНОГ АПАРАТА

Постојеће конструкције простог подеоног апарата не омогућују двоструку поделу, па за практичну примену двоструке поделе на прескок постоје два избора:

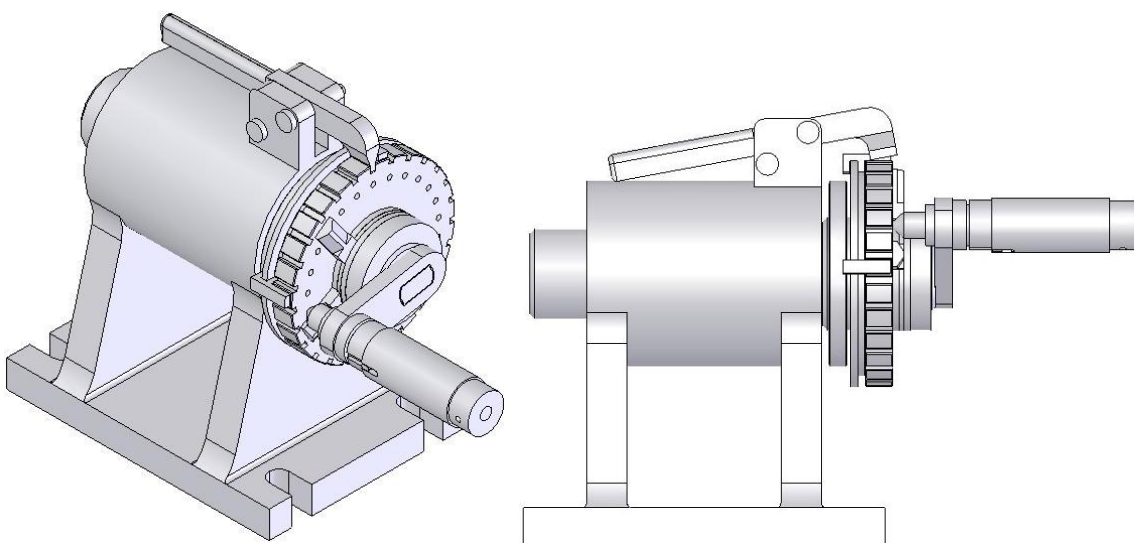
а) Коришћење неке постојеће подеоне плоче (као најзахтевнијег елемента за израду) према којој се прилагођава конструкција подеоног апарата са показивачима на обе стране плоче, сл. 19. За просечно опремљену машинску радионицу ова израда неће бити тежак подухват.



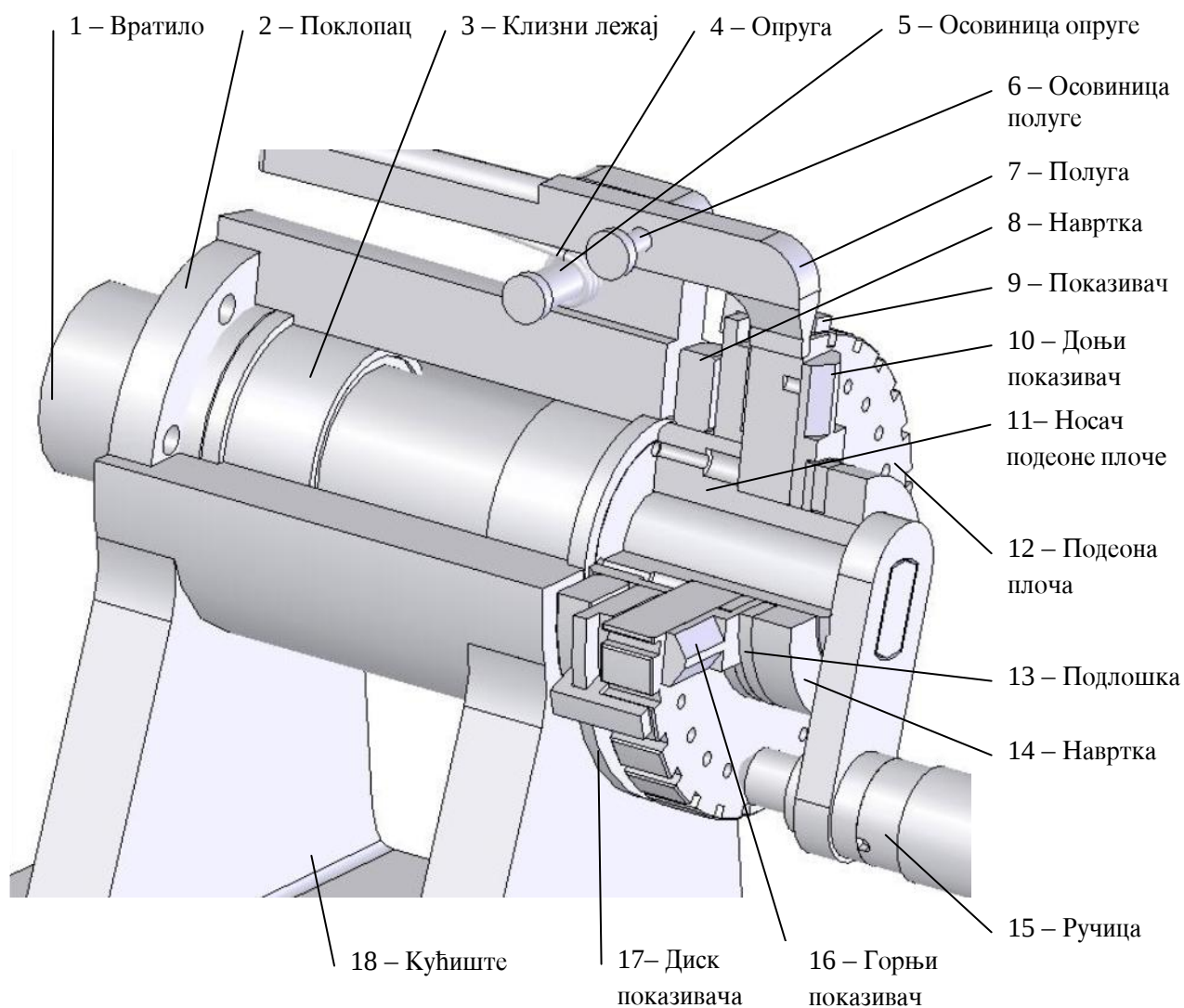
Сл. 19 – Прост подеони апарат у комбинацији са оригиналном (фабричком) подеоном плочом

б) Заједно са осталим деловима подеоног апарата урадити и подеону плочу. У том случају, пожељно је да подеона плоча буде што лакша за израду, тј. да има мали број кругова са отворима. Наравно, минимални број кругова износи два, а компјутерском провером је нађена задовољавајућа комбинација: 25-27.

Конструктивно, ова варијанта је једноставнија јер се други круг отвора може остварити у облику жлебова на обиму плоче, па је лакше осмислити показиваче, а и већа је прегледност при раду, сл. 20 и 21. Осим тога, пречник подеоне плоче а самим тим и габарити подеоног апарата могу бити мањи.

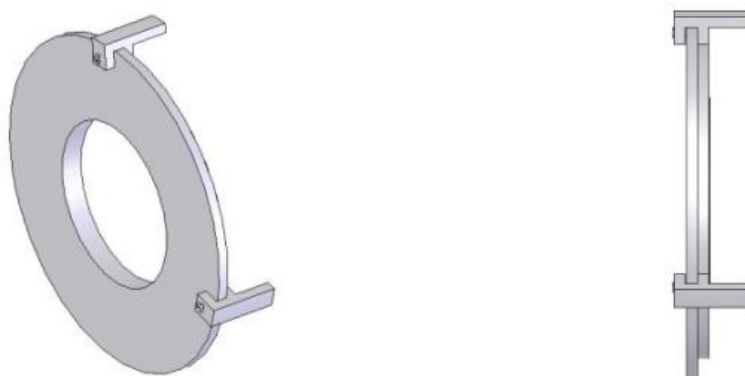


Сл. 20 – Прост подеони апарат и подеона плоча са два круга



Сл. 21 – Прост подеони апарат у пресеку

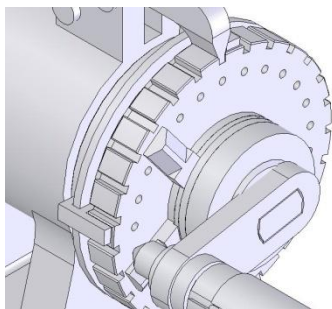
У конструктивном смислу оно што је новина на овом подеоном апарату јесу показивачи са задње стране плоче, који се помоћу завртњева причвршћују на обртни диск, сл. 22.



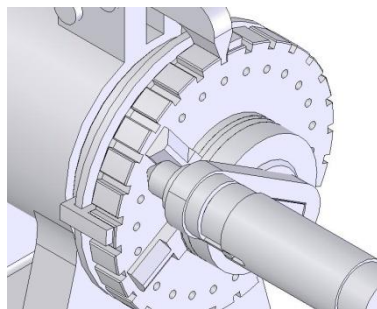
Сл. 22 – Обртни диск са показивачима

Принцип рада подеоног апарата са сл. 20 приказан је на сл. 23, и одвија се по следећој шеми:

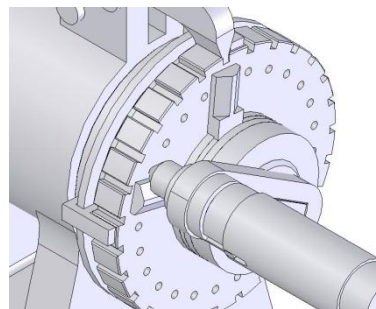
- а) Израда првог међузубља,
- б) Окретање ручице подеоног апарата до показивача,
- в) Заокретање показивача (са предње стране плоче),
- г) Одизање полуге и ослобађање подеоне плоче,
- д) Заокретање ручице заједно са подеоном плочом и оба пара показивача,
- ђ) Спуштање полуге и фиксирање подеоне плоче,
- е) Заокретање показивача (са задње стране плоче),



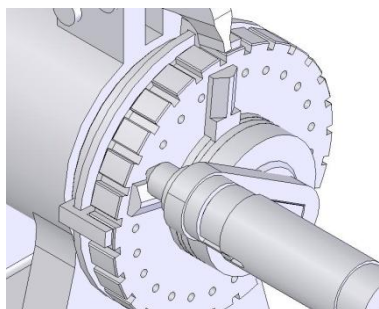
а)



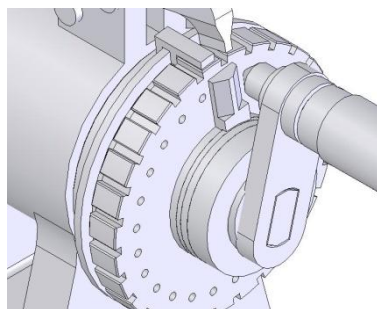
б)



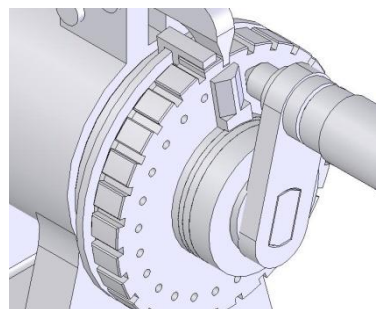
в)



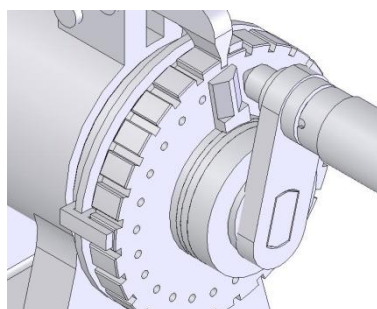
г)



д)



ђ)



е)

Сл. 23 – Принцип рада простог подеоног апарата са двоструком поделом на прескок

7. ПРОГРАМ “ПРОРАЧУН ПОДЕЛЕ ПО МЕТОДИ ПРЕСКОКА НА ПОДЕОНОМ АПАРАТУ”

Програм “*Proračun podele po metodi preskoka na podeonom aparatu*” урађен је у програмском пакету Delphi 7.

На сл. 24 приказано је радно окружење апликације.

Proračun za prost podeoni aparat podrazumeva odbroјavanje sa obe strane ploce (dvostruka podela na preskok). Doblјene tabelle imaju teoretski najmanju gresku preskoka.
Proračun za univerzalni podeoni aparat podrazumeva odbroјavanje sa јedne strane ploce (јednostruka podela na preskok). Tabele nisu radјene na najmanju gresku (jer bi to kod nekih podela znacajno povecalo broj punih obrtaja, sto u praksi lako moze dovesti do zabroјavanja). Ipak, opciono je ostavljena i ta mogućnost.

Сл. 24 – Радни прозор апликације

Након стартовања програма потребно је изабрати тип подеоног апарата – универзални или прост.

Избором простог подеоног апарата, сл. 25, могуће је означити било коју наведену плочу. Притиском на дугме *Proračunaj*, после краће паузе, добијају се резултати, сл. 26:

Сл. 25 – Избор простог подеоног апарата и доступне плоче

Proracun podele po metodi preskoka na podeonom aparatu

☒ Prost podeoni aparat - k=1
☐ Univerzalni podeoni aparat - k= 40

☐ 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54 (obostrano)
☒ 15, 16, 17, 18, 19, 20 (obostrano)
☐ 21, 23, 27, 29, 31, 33 (obostrano)
☐ 37, 39, 41, 43, 47, 49 (obostrano)

☐ 15, 16, 18, 20, 23, 27, 31, 37 sa jedne
 17, 19, 21, 24, 29, 33, 39, 41 sa druge strane
☐ 17, 19, 21, 24, 29, 33, 39, 49, 51 sa jedne
 15, 16, 18, 20, 23, 27, 31, 37, 43, 47 sa druge strane
☐ 16, 18, 20, 23, 31, 41, 47 sa jedne
 15, 16, 18, 20, 23, 27, 31, 37, 43, 47 sa druge strane

☐ Unesi brojeve otvora za željenu ploču
 (Uneta vrednost mora biti broj od 0 do 54)

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Proracunaj Izvezi tabelu u Word
 Izvezi tabelu u Excel

Podela - Z	Preskok - P	Greska na precniku od 1 mm	Broj otvora - X1	Na krugu - C1	Broj otvora - X2	Na krugu - C2
5	1	0	4	20	0	19
6	1	0	0	20	3	18
7	5	0.00184799567858223	13	17	-1	20
8	6	0	15	20	0	19
9	1	0	0	20	2	18
10	1	0	2	20	0	19
11	9	0.00091859434315491	7	19	9	20
12	9	0	15	20	0	19
13	10	-0.00091859434315491	11	18	3	19
14	11	0.00100210291980536	11	15	1	19
15	1	0	1	15	0	0
16	1	0	1	16	0	0
17	1	0	1	17	0	0
18	1	0	1	18	0	0
19	1	0	1	19	0	0
20	1	0	1	20	0	0
21	14	2.2352672869318E-19	10	15	0	16
22	19	0.000511910160272086	12	17	3	19
23	21	0.000393683289923533	5	19	13	20
24	18	0	15	20	0	19
25	10	0	8	20	0	19
26	19	-0.000511910160272086	15	19	-1	17
27	6	0	0	20	4	18

Сл. 26 – Табела са резултатима прорачуна поделе

Добијена табела може се, избором одговарајућег командног дугмета сл. 25, извести у Word или Excel и одштампати.

Уколико жељена плоча не одговара ни једној понуђеној варијанти, означавањем ставке “Unesi brojeve otvora za željenu ploču” добија се могућност произвољног уноса. При томе се мора попунити бар по једна ћелија у оба реда, у супротном појавиће се обавештење као на сл. 27.

Proracun podele po metodi preskoka na podeonom aparatu

☒ Prost podeoni aparat - k=1
☐ Univerzalni podeoni aparat - k= 40

☐ 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54 (obostrano)
☐ 15, 16, 17, 18, 19, 20 (obostrano)
☐ 21, 23, 27, 29, 31, 33 (obostrano)
☐ 37, 39, 41, 43, 47, 49 (obostrano)

☐ 15, 16, 18, 20, 23, 27, 31, 37 sa jedne
 17, 19, 21, 24, 29, 33, 39, 41 sa druge strane
☐ 17, 19, 21, 24, 29, 33, 39, 49, 51 sa jedne
 15, 16, 18, 20, 23, 27, 31, 37, 43, 47 sa druge strane
☐ 16, 18, 20, 23, 31, 41, 47 sa jedne
 15, 16, 18, 20, 23, 27, 31, 37, 43, 47 sa druge strane

☒ Unesi brojeve otvora za željenu ploču
 (Uneta vrednost mora biti broj od 0 do 54)

15 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Proracunaj Izvezi tabelu u Word
 Izvezi tabelu u Excel

Obavestenje

Mora biti popunjena bar po jedna celija u oba reda!

OK

Сл. 27 – Обавештење о непотпуном уносу

Избором универзалног подеоног апарата, сл. 28, биће иницијално понуђена карактеристика $k=40$, која се, уколико је то потребно, може променити:

☐ Prost podeoni aparat · k=1
☒ Univerzalni podeoni aparat · k= 40

☒ 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54
☐ 15, 16, 17, 18, 19, 20
☐ 21, 23, 27, 29, 31, 33
☐ 37, 39, 41, 43, 47, 49

☐ 15, 16, 18, 20, 23, 27, 31, 37 sa jedne
 17, 19, 21, 24, 29, 33, 39, 41 sa druge strane

☐ 17, 19, 21, 24, 29, 33, 39, 49, 51 sa jedne
 15, 16, 18, 20, 23, 27, 31, 37, 43, 47 sa druge strane

☐ 16, 18, 20, 23, 31, 41, 47 sa jedne
 15, 16, 18, 20, 23, 27, 31, 37, 43, 47 sa druge strane

☐ Unesi brojeve otvora za zeljenu ploču
 (Uneta vrednost mora biti broj od 0 do 54)

0 0 0 0 0 0 0 0 0

☐ Uradi tabelu sa teoretski najmanjom greskom

Proracunaj

Izvezi tabelu u Word

Izvezi tabelu u Excel

Сл. 28 – Избор универзалног подеоног апарата, карактеристике k и доступне плоче

Означавањем ставке “*Unesi brojeve otvora za zeljenu ploču*” неопходно је попунити бар једну ћелију у реду. (Други ред не постоји, јер код универзалног подеоног апарата прорачун се ради само на једноструку поделу.)

Како је већ раније речено, прорачун је оптимално постављен да се грешка поделе појави тек на четвртој децимали и да број пуних обртаја ручице не буде превелики. Међутим, ако желимо табелу са теоретски најмањом грешком поделе, означићемо ставку “*Uradi tabelu sa teoretski najmanjom greškom*”.

8. ЗАКЉУЧАК

Гуцулова једнострука подела на прескок при раду са универзалним подеоним апаратом била је полаз и основ овом раду у коме је тај поступак прескока примењен и са једне и са друге стране плоче (двострука подела на прескок).

У практичној реализацији код универзалних подеоних апарата двострука подела на прескок смањила би по негде грешку у односу на једноструку поделу на прескок, или омогућила да се све поделе раде са једном плочом, никада је не скидајући са апарата. Ипак, све су то ситне предности, недовољне за било какву реконструкцију универзалног подеоног апарата, с обзиром да комфорна примена двоструке поделе на прескок захтева показиваче и са друге стране плоче.

Суштинска предност двоструке Гуцулове поделе исказује се код простог подеоног апарата омогућивши, са довољном тачношћу, било коју поделу, и то на плочи са само два круга отвора. Такав подеони апарат био би знатно јефтинији од универзалног и веома пожељан у малим радионицама, које и не морају бити оријентисане само на металску производњу.

Наравно, сва ограничења простог подеоног апарата и даље важе: на њему се не могу израђивати цилиндрични зупчаници са завојним зубима, зупчасте летве...

Примена поделе на прескок захтева употребу табела. Услед техничких и формалних разлога табеле су овде дате у скраћеном виду. Потпуне табеле могу се добити помоћу компјутерског програма "*Proračun podele po metodi preskoka na podeonot aparatu*" који чини саставни део овог мастер рада.

Литература

1. В. А. Блумберг, Е. И. Зазерский: Справочник фрезеровщика, Ленинград, 1984.
2. Т. Дураковић, В. Меселџија: Технологија образовног профила – металоглодач, Београд, 1992.
3. А. Оглоблин: Приручник за металоглодаче, Београд, 1964.
4. Уџбеник за металце, Београд, 1970.
5. П. Станковић: Машине алатке и индустријска производња машина, 1, Обрада метала резањем, Београд, 1965.
6. М. Лазић: Обрада метала резањем, Приручник за лабораторијске вежбе, Крагујевац, 1987.
7. Б. Недић, М. Лазић: Производне технологије, Обрада метала резањем - скрипта, Крагујевац, 2007.
8. М. Лазић, Технологије обраде метала резањем, Крагујевац, 2002.