

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Металне конструкције

Број индекса: 95/2012

Никола З. Новаковић

**Прорачун и конструкција завареног
раванског решеткастог носача
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Весна Марјановић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Факултет инжењерских наука
Универзитет у Крагујевцу
Модул за машинске конструкције и механизацију

Предмет: Металне конструкције

Завршни рад

Кандидат: **Новаковић Никола 95/2012**

Тема: **Прорачун и конструкција завареног раванског решеткастог носача**

Оквирни садржај завршног рада:

- Увод
- Равански решеткасти носачи
- Метода чворова
- Метода пресека
- Максвел – Кремонин план сила
- Пример прорачуна и конструкција једног завареног раванског решеткастог носача
- Закључак

Препоручена литература:

1. Буђевац Д., Марковић З. и др., Металне конструкције, Грађевинска књига, Београд, 2007. конструкција, Грађевинска књига, Београд, 1986.
2. Бабин Н., Бркњач Н., Шостаков Р., Металне конструкције, ФТН Издаштво, Нови Сад, 2006.
3. Милосаљевић М., Радојковић М., и Кузмановић Б.: Основи челичних конструкција, Грађевинска књига, Београд, 1984.

Крагујевац, датум

Септембар, 2015

ментор:

Др. Весна Марјановић, ванредни професор

Резиме

У оквиру овог задатка објашњена је примена раванских решеткастих носача, њихове поделе, функције и карактеристике. Такође је дат приказ уобичајених облика попречних пресека решеткастих носача. Теоретски је објашњено неколико начина одређивања сила у чворовима графичким методама. Дат је пример прорачуна сила у штаповима решеткастог носача користећи савремене софтвере као што је MD Solids, као и пример прорачуна једног чворног лима решеткастог носача.

Кључне речи:

Равански решеткасти носачи, решетка, чворни лим...

Summary

In this project paper it has been explained the use of braces girders, their divisions, functions and features. It has also been presented the usual form of cross section of braced girders. It has been shown theoretically several ways of determining force in knots with graphic methods. It was given an example for the calculation of the forces in members by using modern softwares such as the MD Solids, as well as an example of the calculation of a nodal sheet of the braced girder.

Key words:

Planar braced girders, truss, nodal sheet...

Садржај

Резиме.....	1
1. Увод.....	3
2. Равански решеткасти носачи.....	8
3. Метода чворова.....	15
4. Метода пресека.....	18
5. Максвел – Кремонин план сила.....	20
6. Прорачун сила у штаповима решеткастог носача користећи рачунарског софтвера – MD Solids.....	22
7. Пример прорачуна једног чвора решеткастог носача	27
Закључак.....	35
Литература.....	36

1. Увод

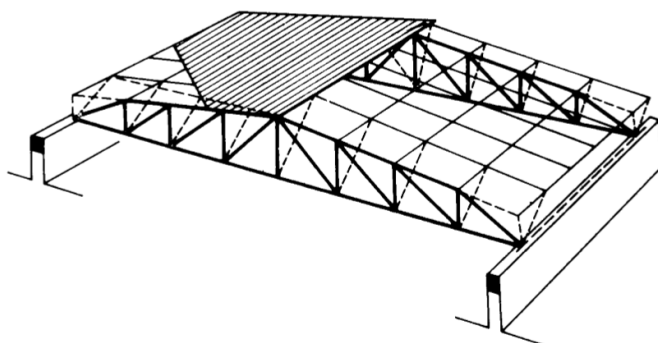
Решеткасти носачи су настали као резултат жеље да се добије јака конструкција уз минималан утрошак материјала. Ови носачи се састоје од међусобно повезаних, аксијално напрегнутих, штапова и штапова испуне, који могу бити вертикални и дијагонални, који формирају троугаону структуру. Пошто су штапови решеткастог носача аксијално оптерећени, дијаграм нормалних напона је континуалан, и због тога се остварује боље искоришћење напона него код пуних носача. На основу овога проистиче мањи утрошак материјала за израду решеткастог носача. Код решеткастих носача момент савијања оптерећује појасне штапове, док трансверзалне силе напрежу штапове испуне. Ови носачи се најчешће примењују за пријем тешких оптерећења и премошћавање већих распона [1].

Основне карактеристике решеткастих носача:

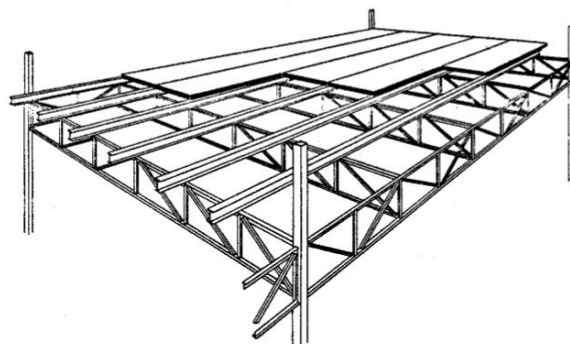
- Састоје се од међусобно повезаних аксијално оптерећених штапова
- Момент савијања се преноси напрезањем појасних штапова
- Утицај трансверзалних сила преузимају штапови испуне
- Боље искоришћење материјала (константна расподела напона)
- Мања тежина у односу на пуне носаче
- Могућност премошћавања великих распона
- Транспарентност и могућност провођења инсталација
- Компликованија израда у односу на пуне носаче
- Већа јединична цена

Решеткасти носачи су идеално решење за конструкције великих распона оптерећених претежно статичким оптерећењем. Примена ових носача је обавезна код: грађевинских стубних дизалица, великих роторних багера, претоварних мостова великих распона, стреле багера са повлачном кашиком...

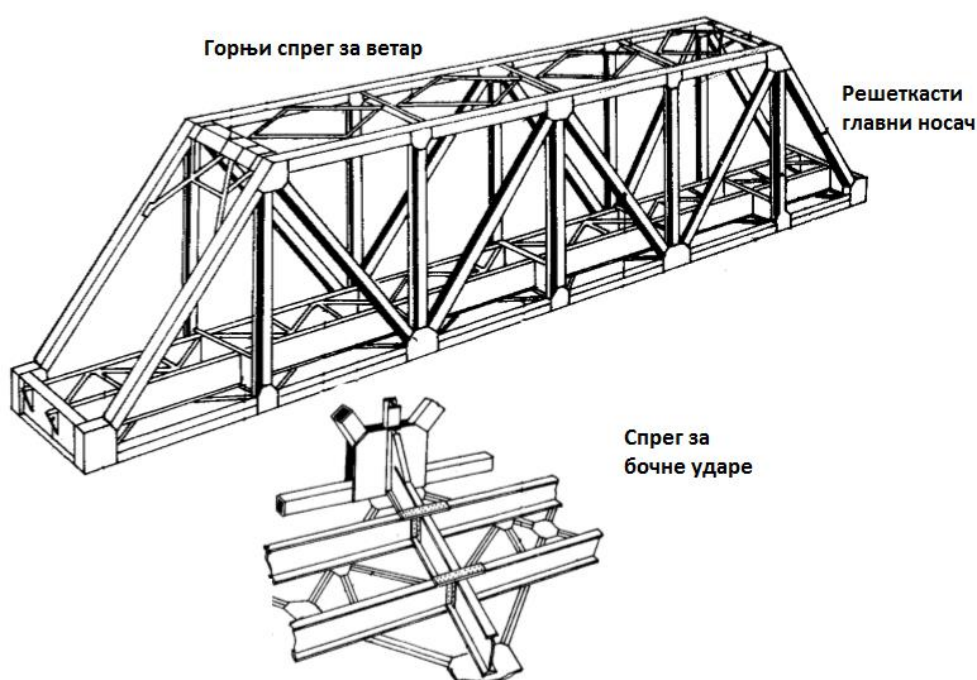
У металним конструкцијама решеткасти носачи се релативно често користе како у зградарству тако и у мостogradњи. У зградарству се решеткасти носачи користе за: рожњаче, кровне носаче, подне носаче и подвлаке, кранске носаче већих распона, спрегови и укрућења за пријем утицаја од ветра... У мостogradњи се користе за: главне носаче, попречне носаче и укрућења, спрегове за пријем ветрова, спрегове за кочење и бочне ударе.



Слика 1. – Кровни носач [1]



Слика 2. – Подни носач [1]



Слика 3. – Решеткасти носач код моста [1]

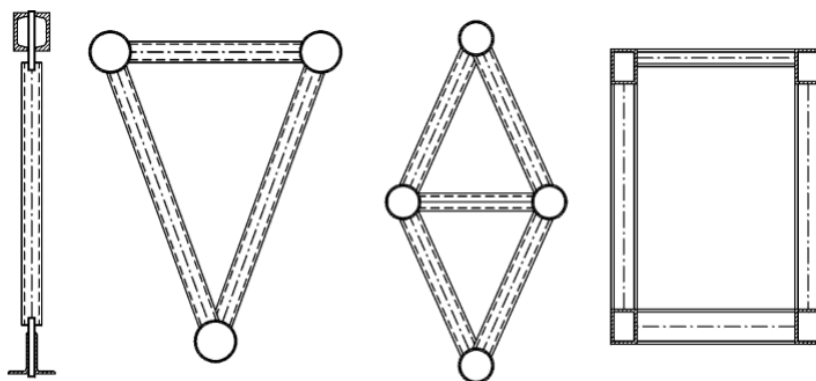
Кровни носачи имају примену у готово свим типовима објеката почевши од индустријских хала, преко објеката високоградње, до спортских и конгресних дворана. Избором облика решеткасте структуре и попречних пресека штапова добијају се веома атрактивни облици носача, тако да се могу користити као саставни део ентеријера. Решеткасти подни носачи су посебно погодни зато што омогућавају провођење инсталационих цеви између стубова испуне, па се на основу тога избегава повећање висине међуспратне конструкције.

У мостоградњи решеткасти носачи се користе као главни носачи код друмских, железничких и транспортних мостова. Као и у зградарству, у мостоградњи је веома честа примена спрегова за стабилизацију сила, као што је ветар, као и просторна стабилност конструкције.

Подела решеткастих носача може се извршити према [1]:

- Броју појасева: двопојасни, вишепојасни (слика 4.)

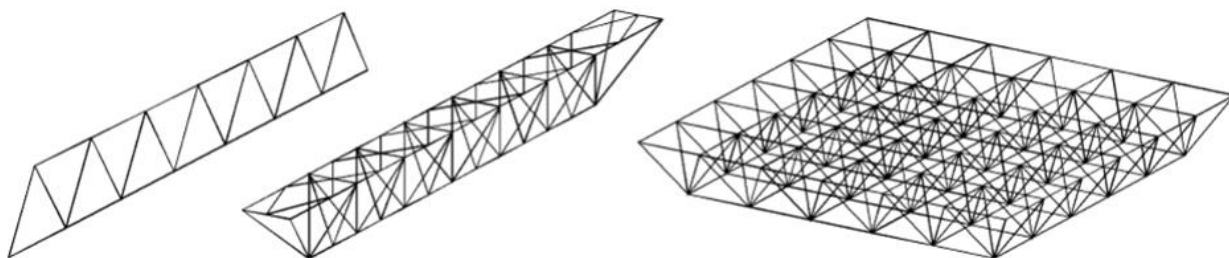
Двопојасни решеткасти носачи садрже два појаса, горњи и доњи, који су међусобно повезани штаповима испуне. Вишепојасни решеткасти носачи садрже више од два појаса.



Слика 4. Подела решеткастих носача према броју појасева [1]

- Просторном положају: равански, просторни (слика 5.)

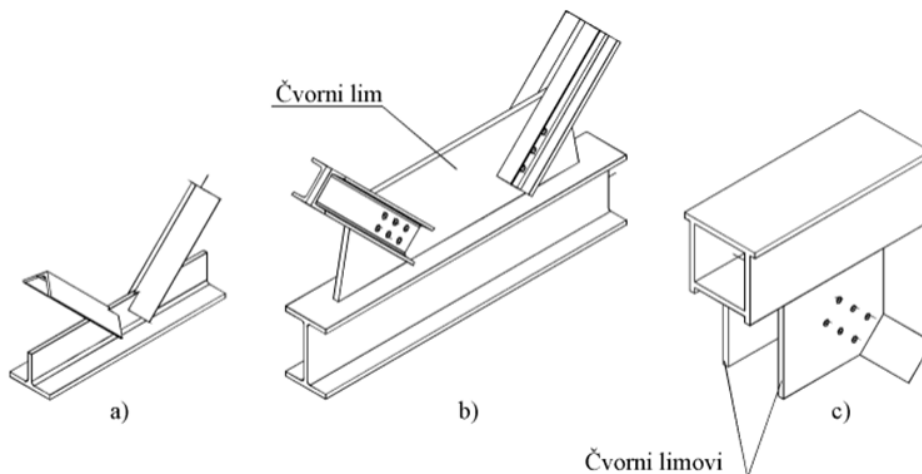
Равански решеткасти носачи имају два појаса и системне линије свих штапова леже у једној равни. Код просторних решеткастих носача системне линије штапова формирају просторну структуру. Просторни носачи се могу поделити на линијске и површинске.



Слика 5. Подела решеткастих носача према просторном положају [1]

- Интензитету напрезања: лаки, средње тешки, тешки (слика 6.)

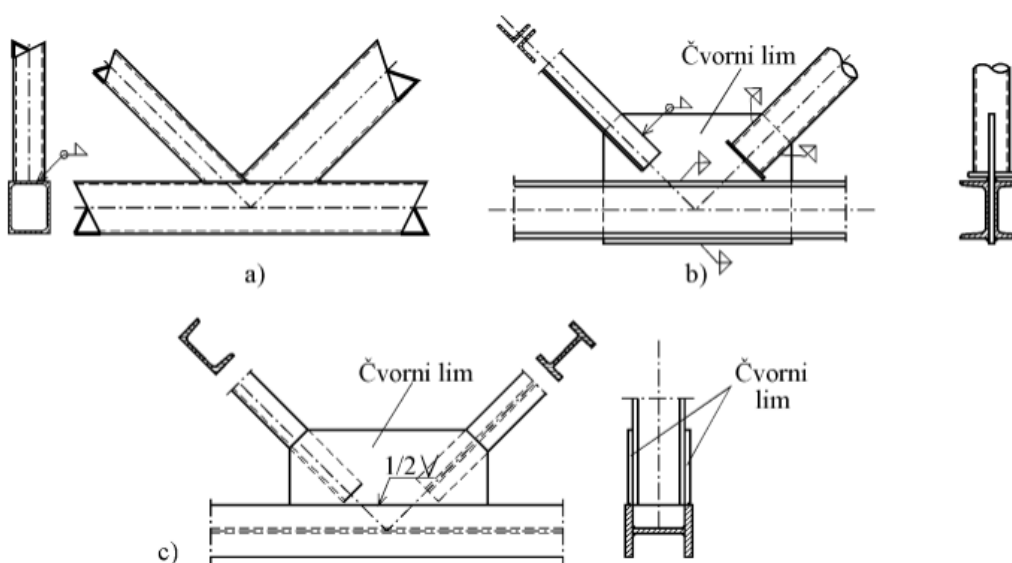
Лаки решеткасти носачи се користе у зградарству код оптерећења мирног интензитета. Примена средње тешких решеткастих носача је за веће распоне и оптерећења значајног интензитета, као нпр. за кранске носаче. Тешки носачи имају примену код великих распона и оптерећења, као нпр. главни мостовски носачи.



Слика 6. Подела решеткастих носача према интензитету напрезања [1]

- Начину обликовања чворова: решеткасти носачи без чворног лима, решеткасти носачи са чворним лимом (слика 7.)

Код решеткастих носача без чворног лима веза у чвору се остварује директним везивањем штапова испуне за појасне штапове. Код решеткастих носача са чворним лимом штапови испуне се везују за појасне штапове помоћу посебних додатних лимова, који се називају чворни лимови.



Слика 7. Подела решеткастих носача према начину обликовања чворног лима [1]

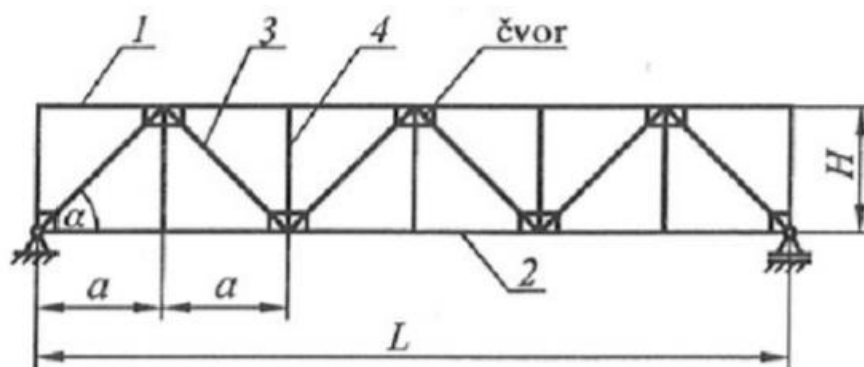
При пројектовању решеткастог носача треба поштовати следећа правила [11]:

- 1) Спољашње оптерећење треба да се уноси у решеткасти носач по правилу у чворовима
- 2) Дужина притиснутих штапова треба да буде што мања
- 3) Углови под којима се сустичу штапови решеткастог носача треба да буду већи од 30°
- 4) Штапови решеткастог носача треба да буду прави између чворова
- 5) Монтажне наставке појасних штапова треба предвидети непосредно уз чворове, са стране мање напрегнутог штапа
- 6) Појасни штапови треба да буду прави у оквиру једног монтажног наставка

2. Равански решеткасти носачи

Раванска решетка која је приказана на слици 8. се састоји из штапова [4]:

1. Горњи појас
2. Доњи појас
3. Дијагонале
4. Вертикале



Слика 8. Раванска решетка [4]

Место спајања штапова се назива чвор решетке, а растојање између два суседна чвора дуж појаса пољем решетке.

За решеткасте носаче се користе исти статички системи као код пуних носача, односно користе се просте греде, континуални носачи, конзоле и лучни носачи.

Ови носачи имају различите облике и димензије које зависе од: статичког система, функције носача, интензитета оптерећења и типа конструкције. Облик решеткастог носача зависи од облика појасних штапова. Према облику решеткасти носачи могу се поделити на носаче са[1]:

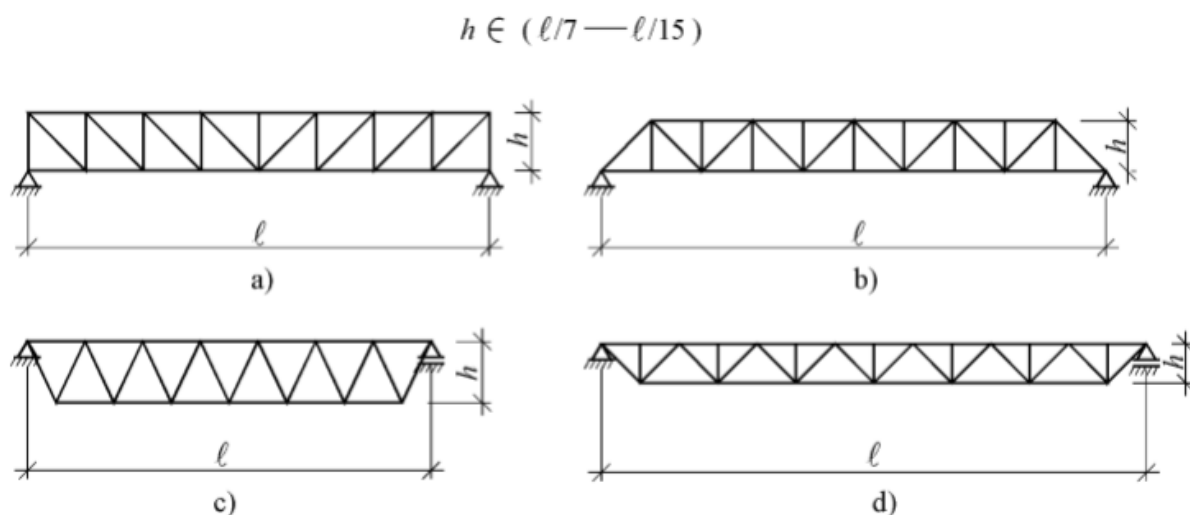
- Паралелним појасом
- Горњим појасом у нагибу
- Параболичним појасом

Решеткасти носачи са паралелним појасевима могу бити правоугаоног (слика 9. а) или трапезног облика (слика 9. б). Ови носачи имају примену у вискоградњи као рожњаче, подни носачи, подвлаке, спрегови и карански носачи. Такође се примењују и у мостogradњи као главни носачи и спрегови. За лаке носаче (нпр. рожњаче) оптимална висина решеткастог носача са паралелним појасом се крећу у опсегу од $1/10$ до $1/15$, а за тешке носаче (нпр. главни мостовски носач) оптимална висина се креће у опсегу од $1/7$

до $1/9$. Величина „ l “ представља распон носача. Ове оптималне висине важе за решеткасте носаче статичког система просте греде. За континуалне носаче се могу усвојити мање висине. Распон носача „ l “ може бити:

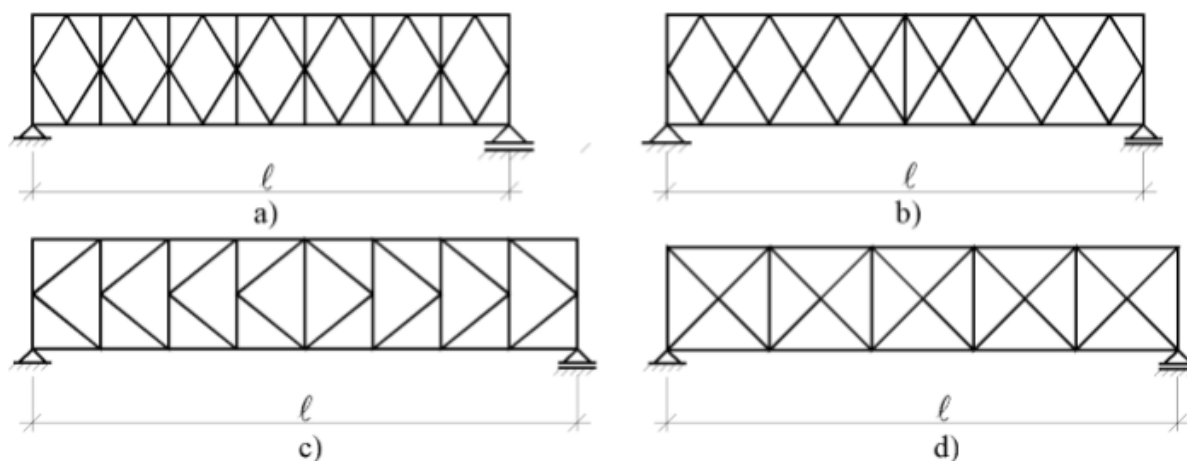
- Од 12 до 18 m за рожњаче и подне носаче који се користе у вискоградњи
- Од 30 до 100 m па и више за мостовске носаче

Диспозиција штапова испуне зависи од низа фактора као што су: распон носача, висина носача, положај и карактер оптерећења... Када спољашње оптерећење не мења смер деловања, тада дијагонале носача треба да падају према средини, тако да то буде симетрично са обе стране (слика 9. а). Самим тим су све дијагонале затегнуте, што представља рационалније решење са становишта утrophка материјала. Најрационалнија је примена просте решеткасте испуне, која се састоји само од дијагонала (слика 9. с). Код решеткастих носача са простом троуганом испуном, често се додају вертикале (слика 9. d) како би се смањила дужина извијања притиснутог појаса у равни решеткастог носача и омогућило увођење оптерећења преко гушће мреже чворова.



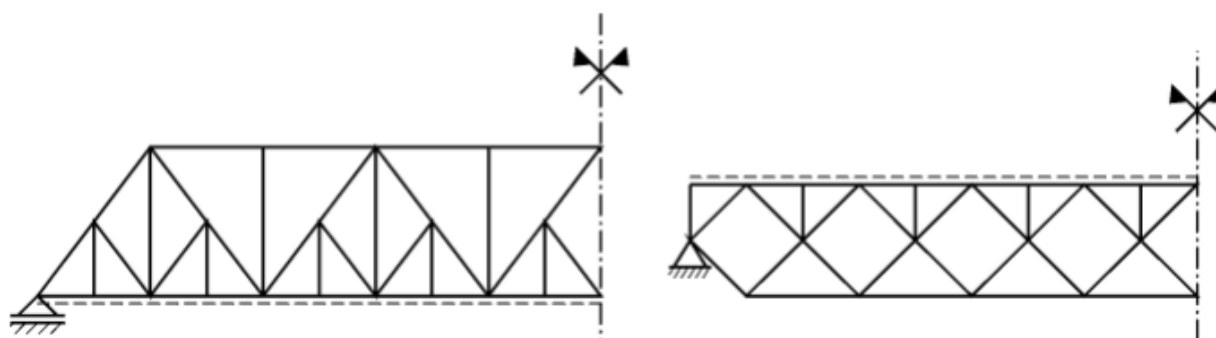
Слика 9. Решеткасти носачи са паралелним појасевима [1]

Решеткаста укрупњења – спрегови се изводе као носачи са паралелним појасевима, а као спрегови се користе носачи са: ромбичном испуном, К-испуном или са укрштеним дијагоналама. Ромбична испуна (слика 10. а) се користи за спрегове за пријем ветра код мостовских носача. Код ових носача могу се изоставити вертикале осим на средини, која обезбеђује стабилну троугаону структуру (слика 10. b). Носачи са К-испуном (слика 10. с) се примењују како у зградарству тако и у мостogradњи. Ови спрегови садрже кратке штапове, а таква структура има велику отпорност на извијање. Спрегови са укрштеним дијагоналама (слика 10. d) имају примену код мирног оптерећења. Дијагонале се код ових спрегова димензионишу као затегнути штапови. Овакви спрегови се примењују када су изложени алтернативном оптерећењу.



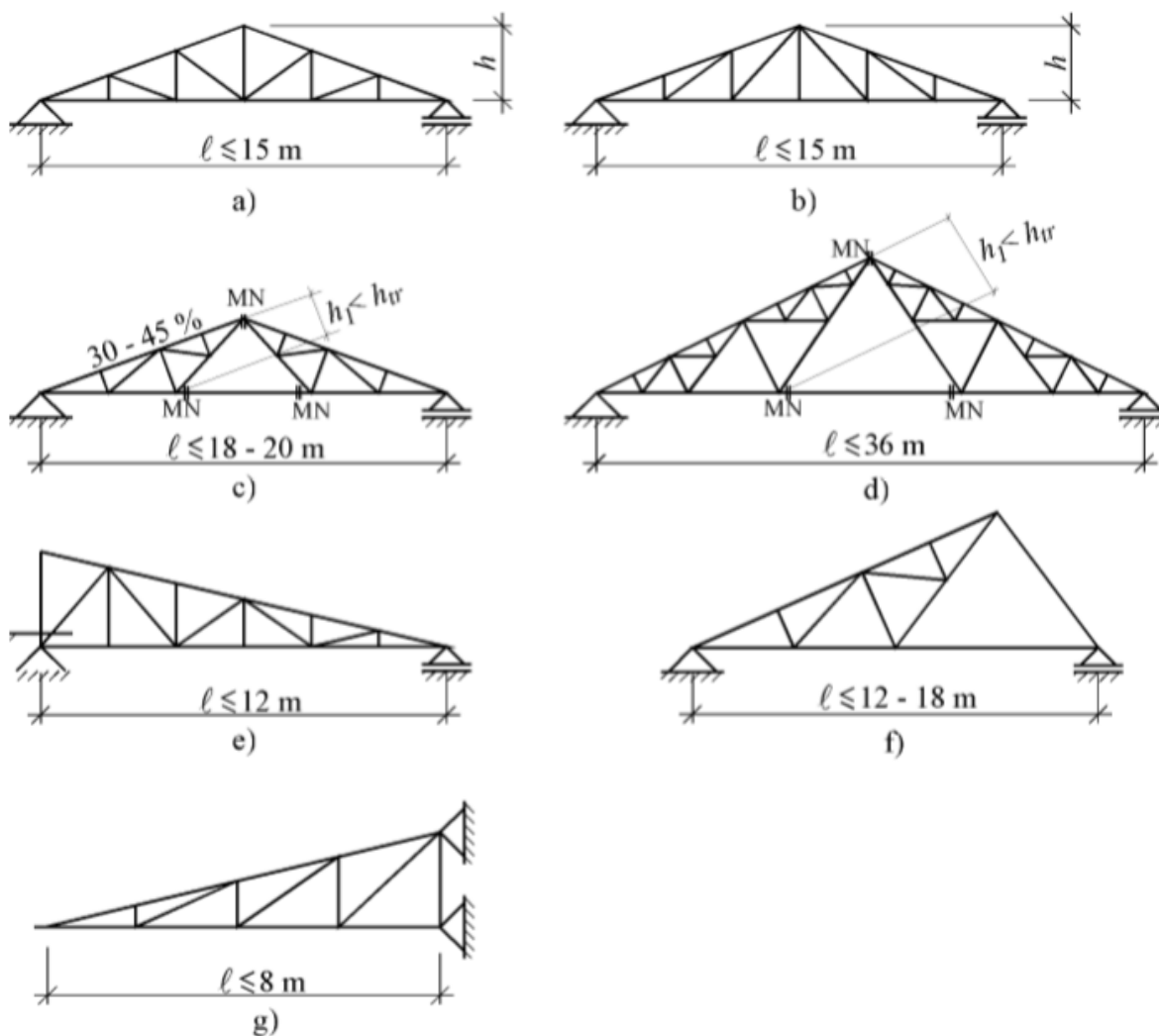
Слика 10. Облици испуне код решеткастих укрућења – спрегова [1]

Код мостовских носача изузетно великих распона примењују се решеткасти носачи са секундарном испуном (слика 11.).



Слика 11. Решеткасти носачи са паралелним појасевима и секундарном испуном [1]

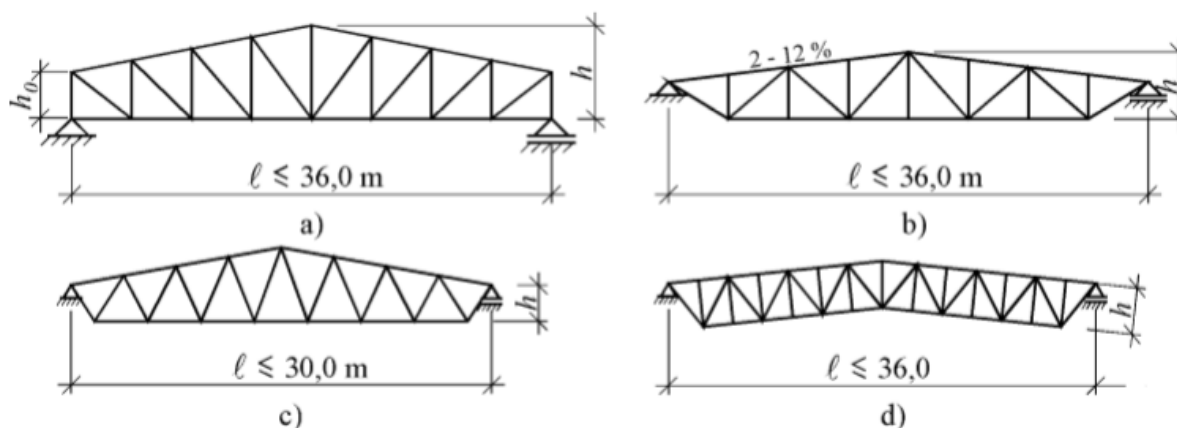
Решеткасти носачи са горњим појасом нагиба се примењују у зградарству као кровни носачи. Према облику, ови носачи се деле на: троугаоне и полигоналне. Троугаони решеткасти носачи се примењују код стрмих кровова са нагибом од 20 % до 45 %. Висине носача се крећу од $1/4$ до $1/6$ распона, да би се избегли оштри углови између штапова (мање од 30°). Разлика између носача са паралелним појасевима и троугаоних јесте да су дијагонале затегнуте када падају од средине носача ка крајевима (слика 12. b). Максималан распон ових носача условљен је транспортом (слика 12. a,b). У случају да су габарити троугаоних носача превелики (до 36 m), онда се они деле на монтажне секције, тако да се могу безбедно транспортовати (слика 12. c,d). Несиметрични троугаони решеткасти носачи се користе као кровни носачи код кровова на једну воду (слика 12. e), као и код „šed“-кровова у индустријским објектима (слика 12. g), али и као надстрешнице статичког система (слика 12. f).



Слика 12. Троугаони решеткасти носачи [1]

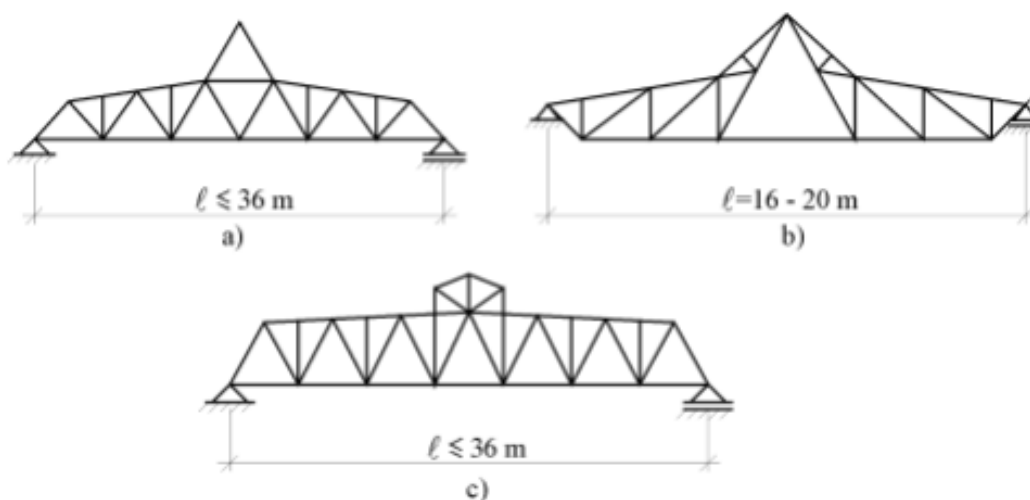
Полигонални решеткасти носачи имају примену код кровних носача са благим нагибом од 2% до 12%. Најчешће се примењују као кровни носачи већих распона од 18 m до 36 m. Изостављањем ослоначких вертикала и подизањем ослонаца до нивоа горњег појаса (слика 13. b) обезбеђује се стабилност носача на претурање.

Код полигоналних носача, као и код носача са паралелним појасевима, дијагонале су затегнуте ако су нагнуте ка средини (слика 13. a). Ако изоставимо вертикале код ових носача (слика 13. c), смањићемо укупну тежину штапова. Код обликовања кровних носача преко којих се постављају рожњаче са косницима, пожељно је да и доњи појас буде под нагибом (слика 13. d).



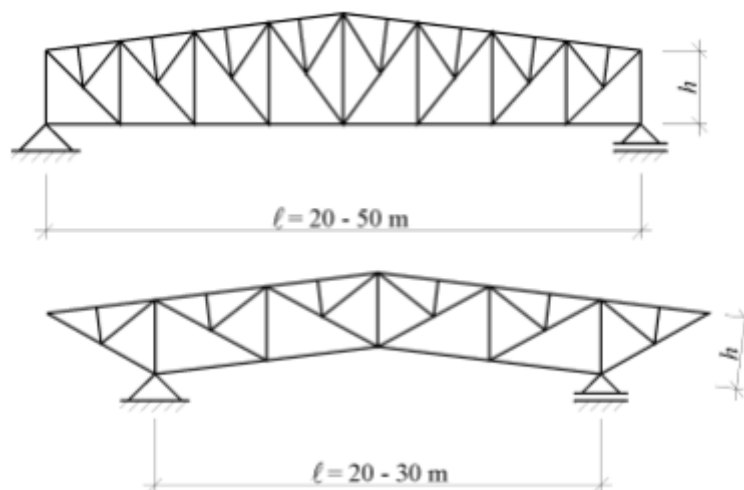
Слика 13. Полигонални решеткасти носачи [1]

Један од начина за обезбеђење природне светлости у халама је примена светларника. Он може бити изведен као засебна конструкција која лежи на главном кровном носачу и омогућава постављање светлих површина. Посебним обликовањем носача може се постићи да они представљају и носећу конструкцију светларника. На слици 14. је приказано неколико карактеристичних примера кровних носача код кровова са светларницима.



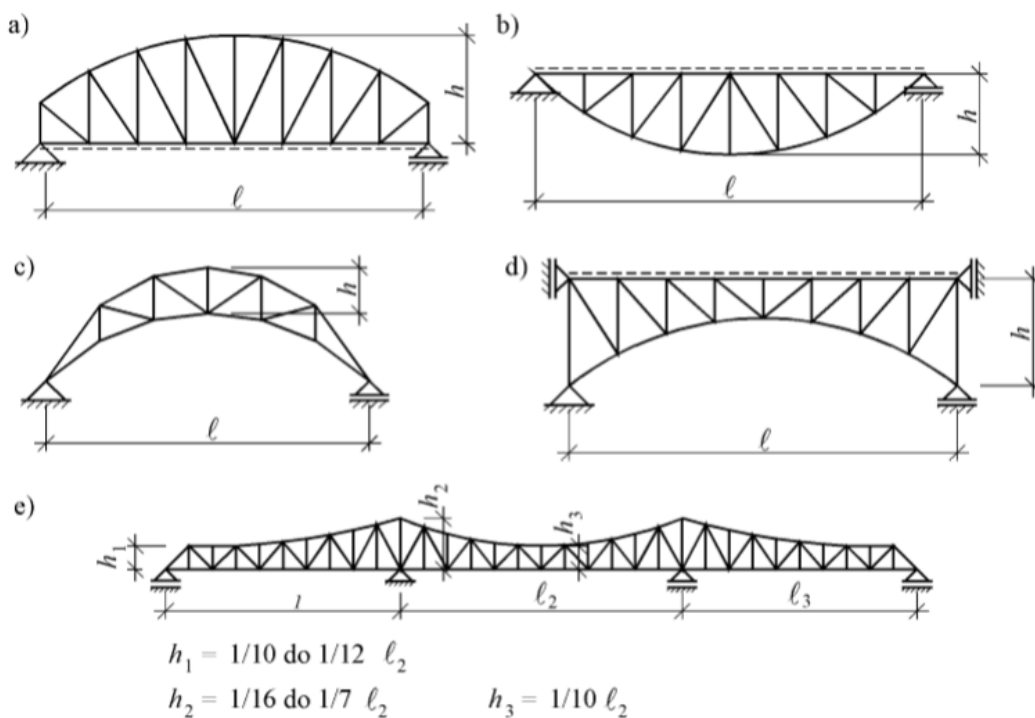
Слика 14. Решеткасти носачи код кровова са светларником [1]

За кровне носаче који су већих распона користе се полигонални решеткасти носачи са секундарном испуном. Секундарна испуна се користи како би се обезбедила гушћа мрежа чворова на горњем притиснутом појасу. Неки карактеристични решеткасти носачи са секундарном испуном приказани су на слици 15.



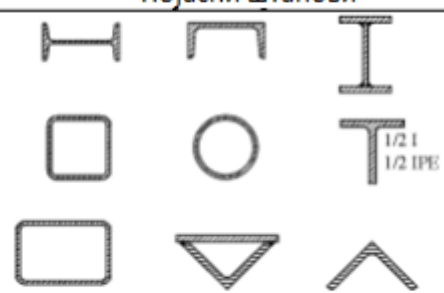
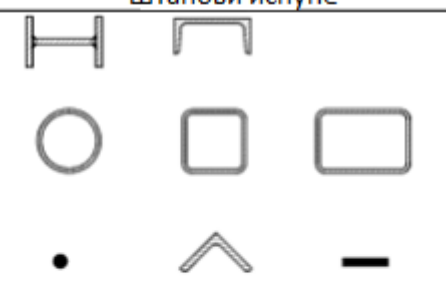
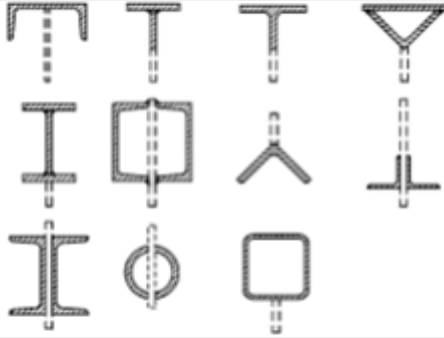
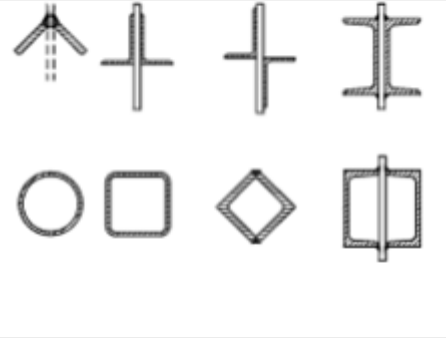
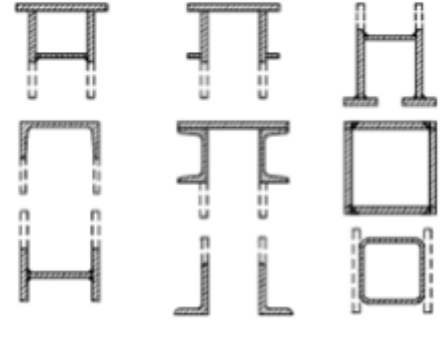
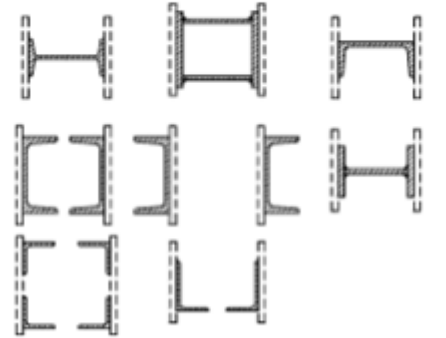
Слика 15. Кровни носачи са секундарном испуном [1]

Параболични решеткасти носачи су носачи код којих чворови бар једног појаса образују параболу. Углавном је само један појас параболичан (слика 16. а, b, d, е), али могу бити и оба појаса параболична (слика 16. c). Ови носачи се примењују у мостоградњи као главни мостовски носачи са саобраћајем на горњем (слика 16. b,d) и доњем (слика 16. а,е) појасу, као и кровни носачи код параболичних кровова.



Слика 16. Параболични решеткасти носачи [1]

За штапове решеткастих носача се користе сви стандардни ваљани профили, отвореног и затвореног попречног пресека, али и попречни пресеци настали заваривањем. Избор попречног пресека зависи од интензитета оптерећења, начина конструкцијског обликовања веза у чворовима, положај штапа у конструкцији. Ваљани профили се примењују или као самостални штапови или као саставни елементи вишеделних попречних пресека. Различити облици попречних пресека се примењују за: појасне штапове, штапове испуне, затегнуте и притиснуте штапове. Код избора попречног пресека највише треба водити рачуна да избор облика појасних штапова и штапова испуне буде у складу са предвиђеним обликовањем чворног лима.

	Појасни штапови	Штапови испуне
Решеткасти носачи без чворног лима		
	a)	b)
Једнозидни решеткасти носачи		
	c)	d)
Двостидни решеткасти носачи		
	e)	f)

Слика 17. – Уобичајени облици попречних пресека [1]

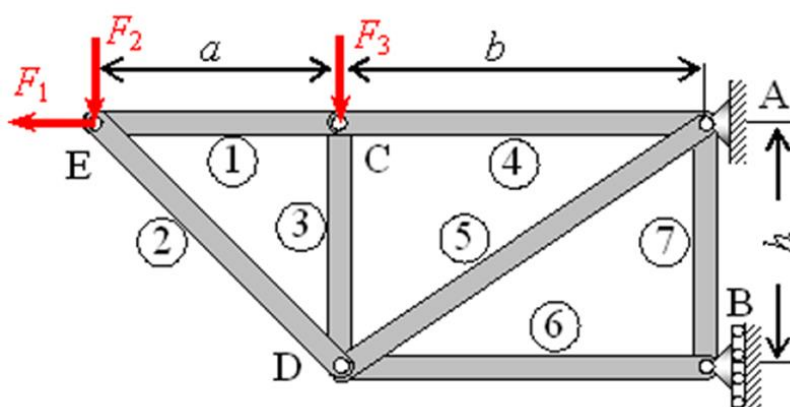
3. Метода чворова

Према овој методи чворови се издвајају појединачно из решеткастог носача, и на њих се примењују услови равнотеже. Ови услови равнотеже се према методи чворова решавају аналитичким путем за све штапове решеткастог носача. При раду помоћу методе чворова мора се испунити услов да сваки издвојени чвор мора бити у равнотежи [12].

Поступак одређивања сила у штаповима мора да садржи [14]:

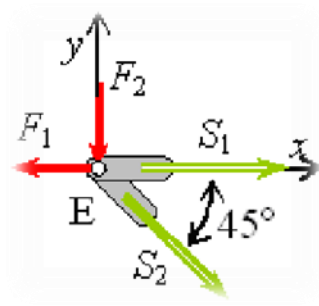
- Одређивање реакције ослонаца
- Издвајање сваког чвора појединачно из читаве конструкције
- Постављање независних услова равнотеже ($\sum F_{xi}$, $\sum F_{yi}$), тако да се креће од чвора са два штапа
- Прорачун се врши под претпоставком да су сви штапови оптерећени на затезање, а у случају да се при резултату добије предзнак минус, то значи да смер силе није добро претпостављен, односно да је штап оптерећен на притисак уместо на затезање

Веома важна ствар је да се максимално могу задати две независне једначине равнотеже по једном чвору. Ова метода чворова има један велики недостатак, ако случајно неком грешком погрешно одредимо силу у једном чвору, та грешка код наредног чвора утиче на резултат других сила, а самим тим изазива и грешку код преосталог низа штапова у решеткастом носачу, а таква грешка није тако лако уочљива.



Слика 18. Пример решеткастог носача [9]

Чвор E:



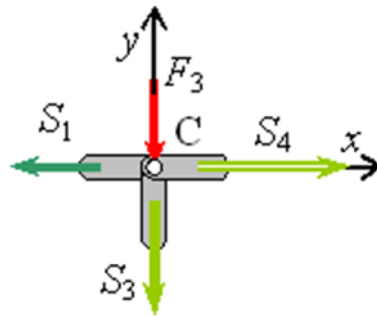
$$1) \sum F_{Xi} = 0 \quad (3.1)$$

$$-F_1 + S_1 + S_2 \cdot \cos 45^\circ = 0 \quad (3.2)$$

$$2) \sum F_{Yi} = 0 \quad (3.3)$$

$$-F_2 - S_2 \cdot \sin 45^\circ = 0 \quad (3.4)$$

Чвор C:



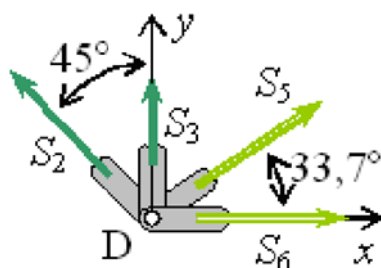
$$1) \sum F_{Xi} = 0 \quad (3.5)$$

$$-S_1 + S_4 = 0 \quad (3.6)$$

$$2) \sum F_{Yi} = 0 \quad (3.7)$$

$$-F_3 - S_3 = 0 \quad (3.8)$$

Чвор D:



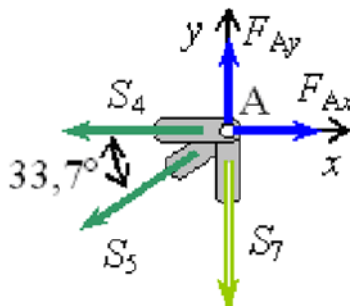
$$1) \sum F_{Xi} = 0 \quad (3.9)$$

$$S_2 \cdot \sin 45^\circ + S_5 \cdot \cos 30^\circ + S_6 = 0 \quad (3.10)$$

$$2) \sum F_{Yi} = 0 \quad (3.11)$$

$$S_2 \cdot \cos 45^\circ + S_3 + S_5 \cdot \sin 30^\circ = 0 \quad (3.12)$$

Чвор A:



$$1) \sum F_{Xi} = 0 \quad (3.13)$$

$$-S_4 - S_5 \cdot \cos 30^\circ + F_{Ax} = 0 \quad (3.14)$$

$$2) \sum F_{Yi} = 0 \quad (3.15)$$

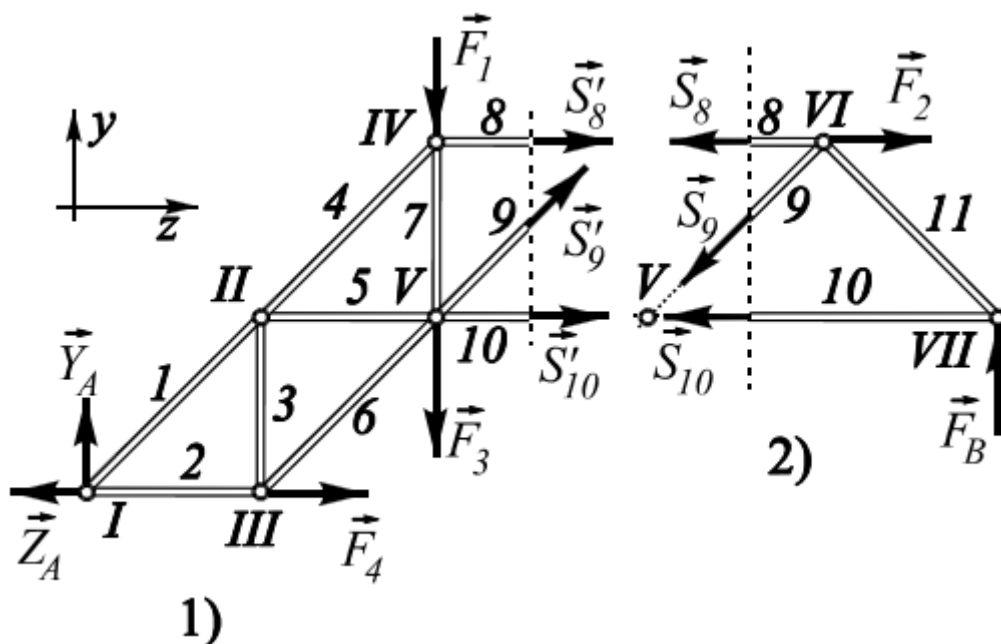
$$F_{Ay} - S_5 \cdot \sin 30^\circ - S_7 = 0 \quad (3.15)$$

4. Метода пресека

Метода пресека се назива још и Ритерова метода, и она се примењује када нам је потребно да одредимо силу у једном штапу, а да предходно нисмо рачунали остале силе у том пресеку. Ова метода се решава аналитичким путем при прорачуну конструкције решеткастог носача. Метода пресека се користи за одређивање сила у штаповима у пресеку решеткастог носача који садржи највише три штапа, чији се правци секу у једној тачки [14].

Пресек решеткастог носача се врши за она три штапа за које желимо да одредимо силе. Никако не смемо пресећи решетку тако да садржи више од три штапа, јер би онда систем био статички неодређен зато што би тада садржао више непознатих величина од независних услова равнотеже. Ово је могуће постићи само под условом да тај пресечени део садржи не више од три непознате величине.

Одређивање сила се врши тако што се направи пресек решеткасте конструкције носача на два дела тако да један део садржи највише три непознате величине. Затим треба да напишемо независне услове равнотеже за онај део који садржи највише три непознате величине.



Слика 19. Пример решеткастог носача са уцртаним силама [14]

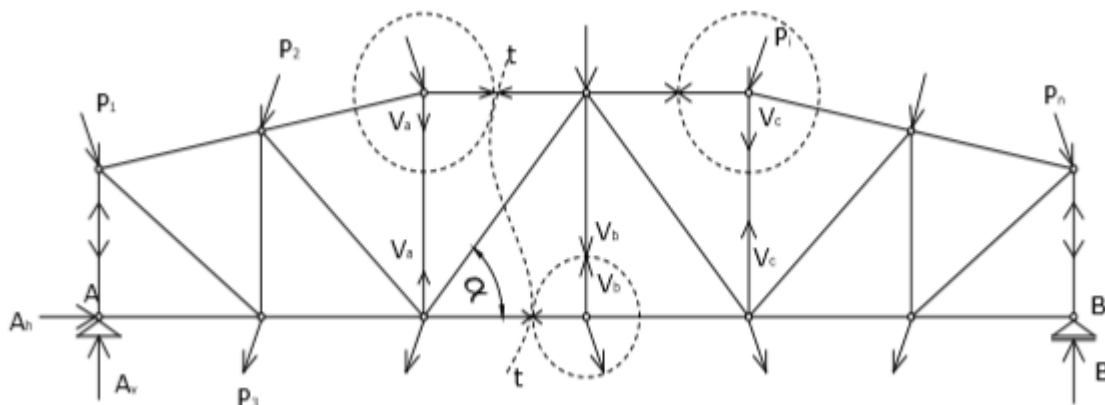
$$\sum M_{VI i} = -S_{10} \cdot 1 + F_B \cdot 1 = 0 \quad (4.1)$$

$$\sum M_{V i} = S_8 \cdot 1 - F_2 \cdot 1 + F_B \cdot 2 = 0 \quad (4.2)$$

$$\sum Y_i = -S_9 \frac{\sqrt{2}}{2} + F_B = 0 \quad (4.3)$$

У случају да су два од три штапа решеткастог носача паралелна није могуће одредити силе у штаповима као у предходном примеру јер се Ритерова тачка у пресеку два паралелна штапа налази у бесконачности.

Таква ситуација је приказана на следећој слици решеткастог носача који је оптерећен у свим чворовима силама произвољног смера и правца [12].



Слика 20. Пример решеткастог носача са уцртаним силама [12]

Посматраћемо леви део пресека решеткастог носача $t - t$. Сила у дијагонали D може се одредити из услова равнотеже са Y осу.

$$D \sin \alpha + A_v - \sum P_i \sin \beta = 0, \quad (4.4)$$

Односно :

$$D \sin \alpha = -(A_v - \sum P_i \sin \beta). \quad (4.5)$$

Израз $-(A_v - \sum P_i \sin \beta)$ представља попречну силу просте греде истог распона и оптерећења као и решеткасти носач, па је на основу тога општи израз за силу у дијагонали :

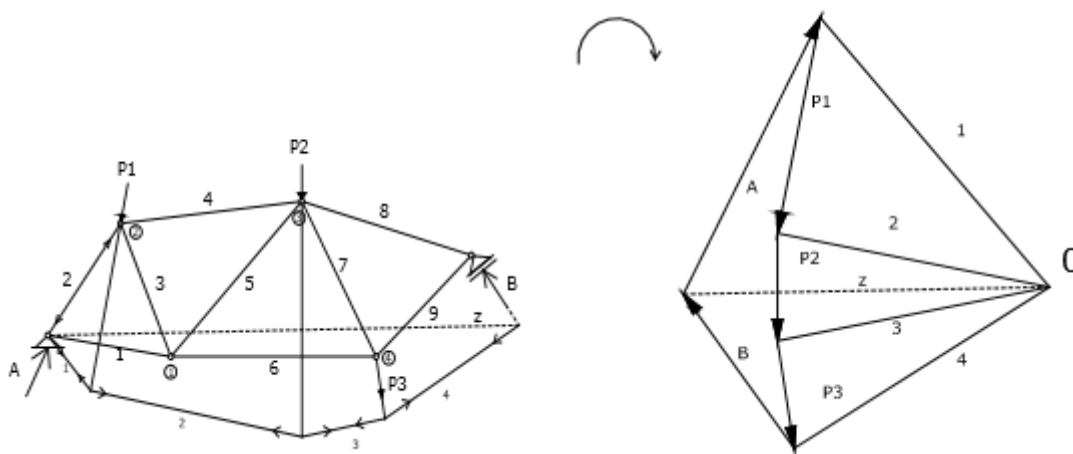
$$D_i = \pm \frac{1}{\sin \alpha_i \cdot T_i} \quad (4.5)$$

Ако би смер силе у дијагонали био супротан од смера силе у наведеном примеру онда би и предзнак био супротан, односно позитиван. Због тога се у општем изразу за силу у дијагонали налазе оба предзнака. Силе у вертикалним штаповима V_a, V_b, V_c не би требало рачунати помоћу ове методе иако би то било могуће. Ове силе је најлакше одредити методом чворова.

5. Максвел – Кремонин план сила

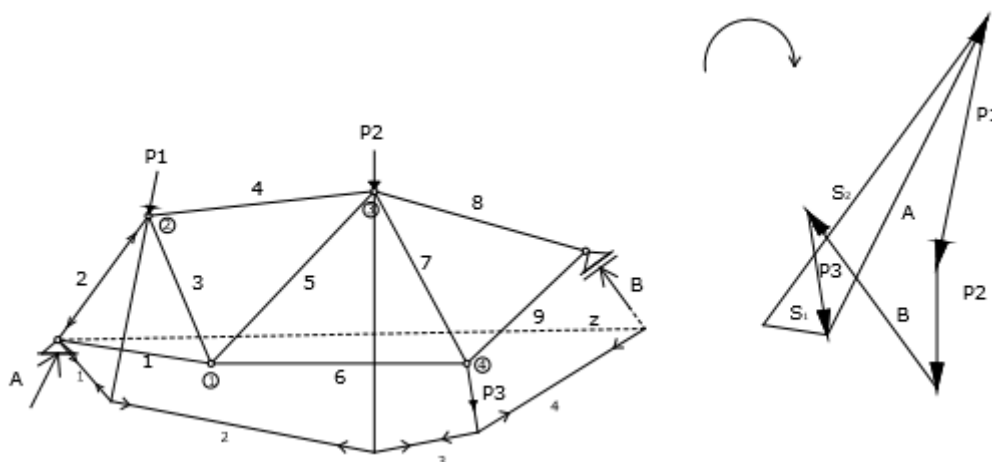
Овај поступак за одређивање сила у чворовима припада методи чворова. Код Максвел – Кремонин-овог плана сила, све силе у систему се појављују једанпут при чему се сви чворови слажу у јединствен план. Овакав начин одређивања сила у чворовима је пожељан за коришћење јер је мање подложен грешкама [12].

Решеткасти носач (слика 21.) оптерећен је спољашњим активним силама од P_1 до P_3 у чворовима 2, 3 и 4. Пре одређивања сила у чворовима морамо одградити реакције ослонаца (слика 21).



Слика 21. Пример решеткастог носача са полигоном сила [12]

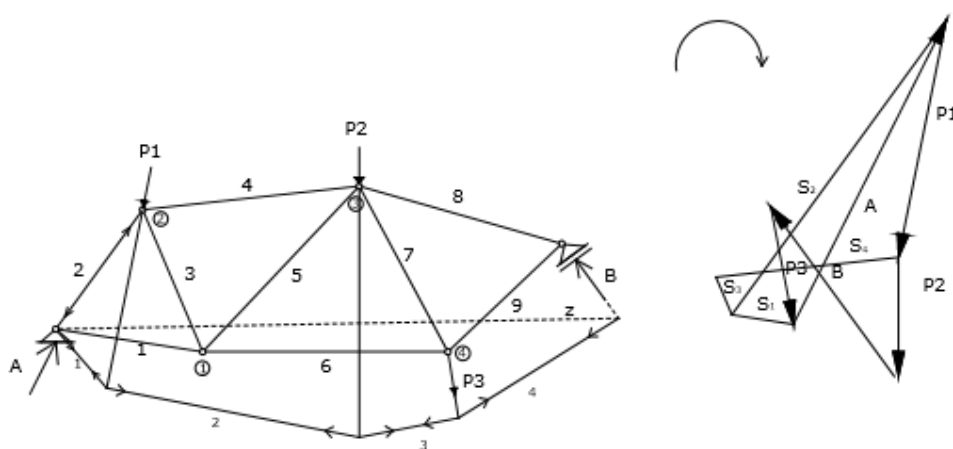
Полигон спољашњих сила треба поставити тако да редослед сила буде онакав какав је редослед којим се наилази на те силе. Смер постављања сила се узима произвољно, али се мора водити рачуна да се такав усвојени смер мора користити до краја прорачуна. На овом примеру (слика 22.) је усвојен смер кретања казаљке на сату, а на основу тога је редослед сила на полигону: A, P_1 , P_2 , B, P_3 .



Слика 22. Пример решеткастог носача са полигоном сила [12]

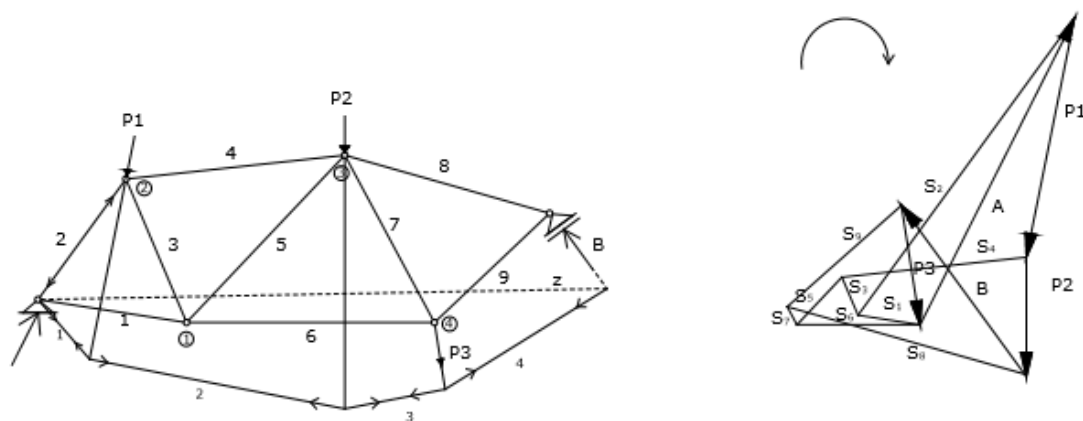
Након конструисања полигона сила, тражимо чвор који садржи искључиво два штапа, а у овом случају су то чворови А и В. Крећемо од чвора А, који се мора довести у равнотежу помоћу сила S_1 и S_2 . Пошто су смер и вредност силе А познате, као и смерови сила S_1 и S_2 , можемо затворити полигон сила.

Након што смо, на основу чвора А, одредили силе S_1 и S_2 , можемо прећи на чвор 2. Овај чвор садржи три силе, од којих је сила у штапу 2 предходно одређена у чвору А, и две не познате силе у штаповима 3 и 4. Поступак одређивања ове две не познате силе је индентичан као и у чвору А. Креће се од штапа 2, силе S_2 , јер је то прва сила на коју се наилази ако се чвор посматра у усвојеном смеру кретања казаљке на сату. Након што смо чвор 2 довели у равнотежу не познате силе S_3 и S_4 су сада познате.



Слика 23. Пример решеткастог носача са полигоном сила [12]

Следећи чвор за који се конструише полигон сила је чвор 1, а на основу њега се одређују силе у штаповима 5 и 6, односно силе S_5 и S_6 , док су силе S_1 и S_3 предходно одређене. Након овог чвора се врши конструисање полигона сила за чвор 3, а након њега за чвор 4. На крају се долази до чвора В у којем се налазе 3 силе (В, S_9 , S_8) које су већ израчунате и оне морају затворити троугао сила. Коначни изглед Максвел – Крeмониновог плана сила је приказан на слици 24.

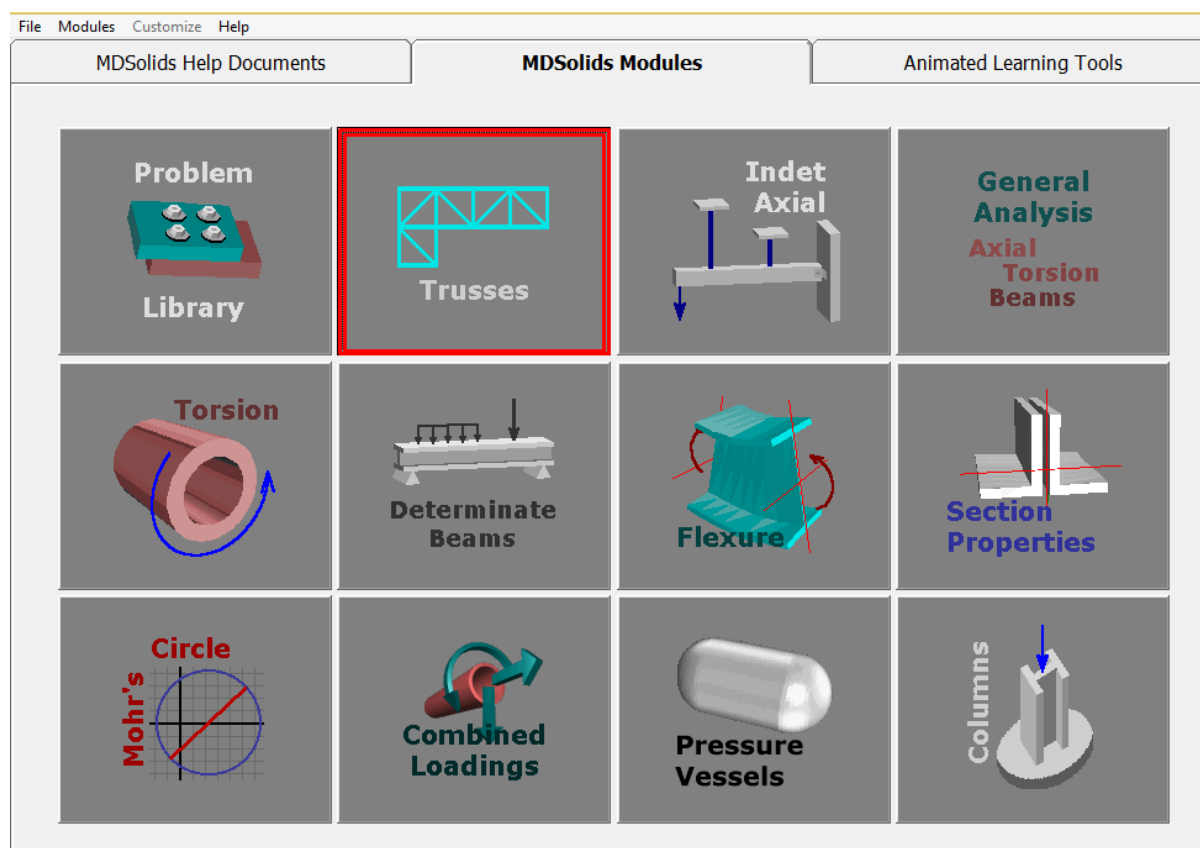


Слика 24. Пример решеткастог носача са полигоном сила [12]

Ако силе у штаповима не затварају полигон сила, онда је грешка направљена у поступку прорачуна. Грешка се може толерисати ако је одступање у малим границама. Веома честа грешка је да се на крају уместо тачке која затвара полигон сила добије мали троугао који називамо троугао грешке. Ако тај троугао није довољно мали да се може претворити у тачку без последица на тачност конструкције, онда се прорачун мора поновити. Треба нагласити да се могућност појављивања грешке повећава ако се систем решава од почетка до краја само са једне стране.

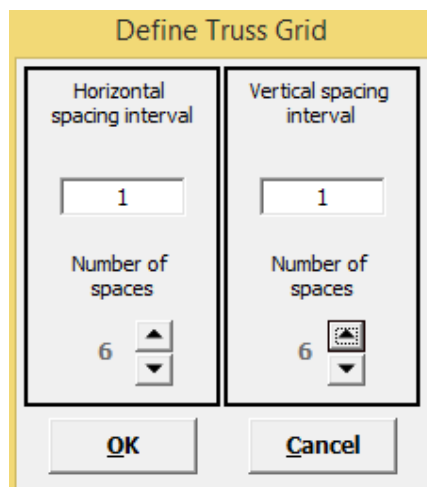
6. Прорачун сила у штаповима решеткастог носача користећи рачунарског софтвера – MD Solids

Овај софтвер омогућава решавање проблема на греди, проблема савијања и увијања, проблема аксијалних структура, статички неодређених структура, решеткастих носача, анализе Mohr – овог круга... За одређивање сила у штаповима решеткастог носача се користи модул Trusses (слика 25.) [12].



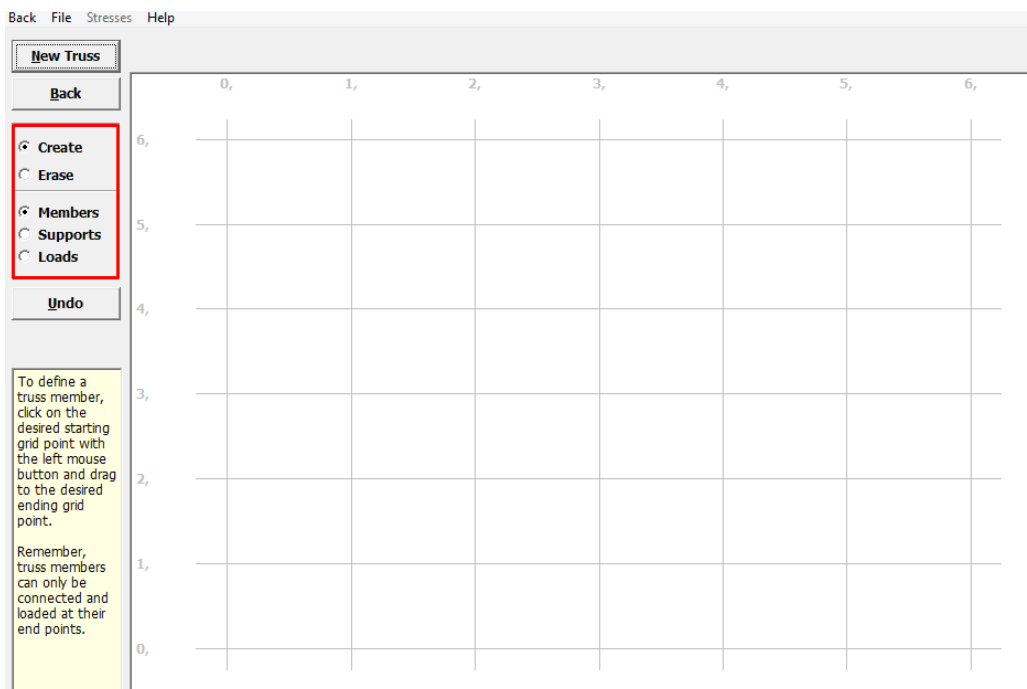
Слика 25. Изглед почетне стране софтвера са означеном опцијом за раванске решеткасте носаче

Да би дефинисали геометрију решеткастог носача морамо изабрати опцију New Truss, након чега се отвара прозор за дефинисање координатне мреже (слика 26.).



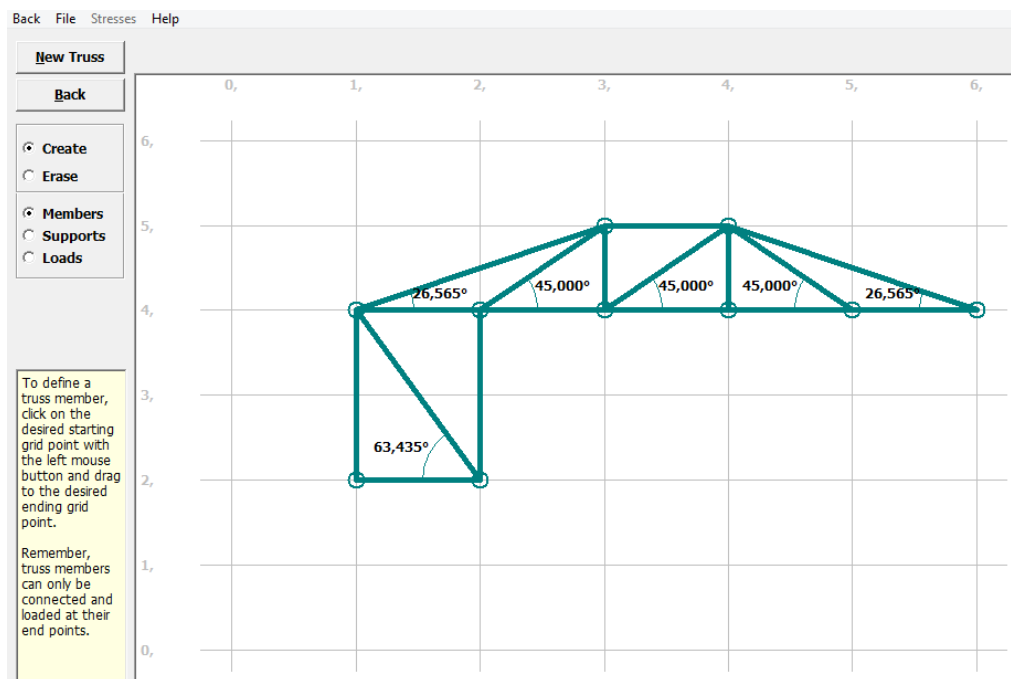
Слика 26. Опција за подешавање координатне мреже

Ова координатна мрежа се користи да би се поједноставио унос параметара за анализу решеткастог носача. Након што смо дефинисали број и величину размака у координатној мрежи, треба нацртати решеткасти носач. За даљу анализу решеткастог носача биће нам потребне опције које су на слици 27. обележене црвеном бојом.



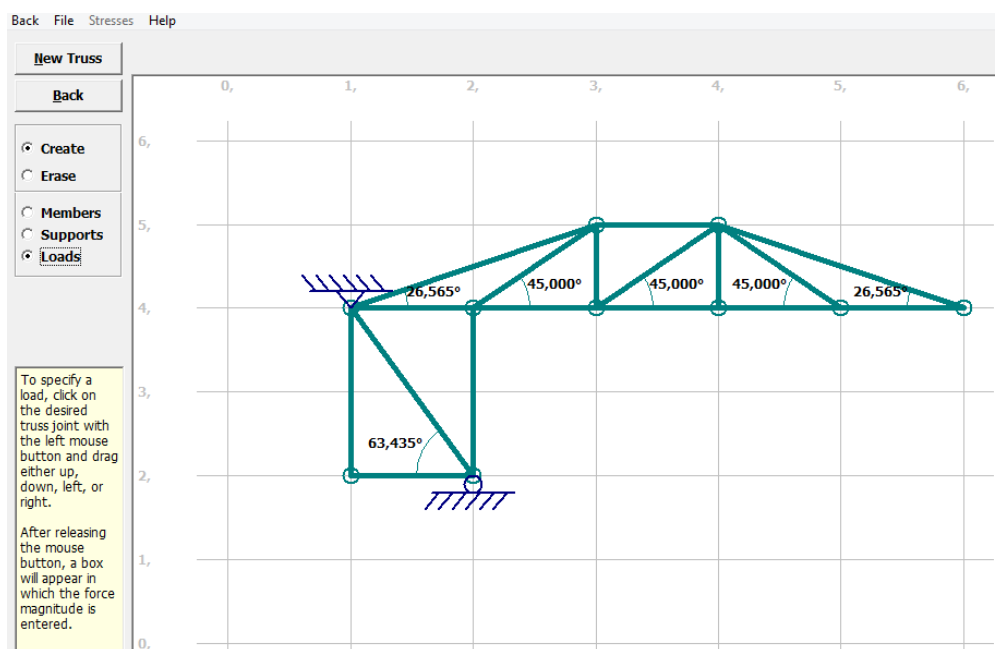
Слика 27. Изглед одабране координатне мреже са означеним опцијама за цртање

Да би нацртали решеткасти носач, потребно је да опције Create и Members буду обележене. Цртање носача је прилично једноставно и све се врши помоћу миша.



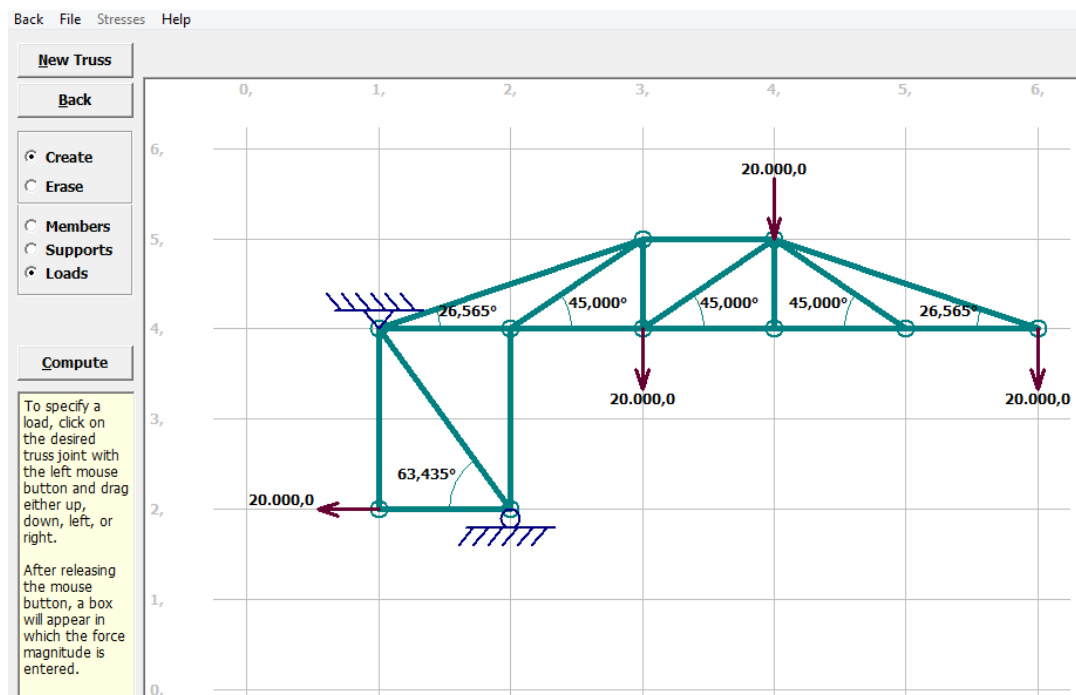
Слика 28. Пример нацртаног решеткастог носача у софтверу

Након дефинисања штапова, врши се дефинисање ослонаца ове конструкције. Поставићемо два ослонца, један покретан и један непокретан. Да би дефинисали ове ослонце морамо обележити опције Create и Supports, након чега се кликом миша у одређеној тачци поставља ослонац.



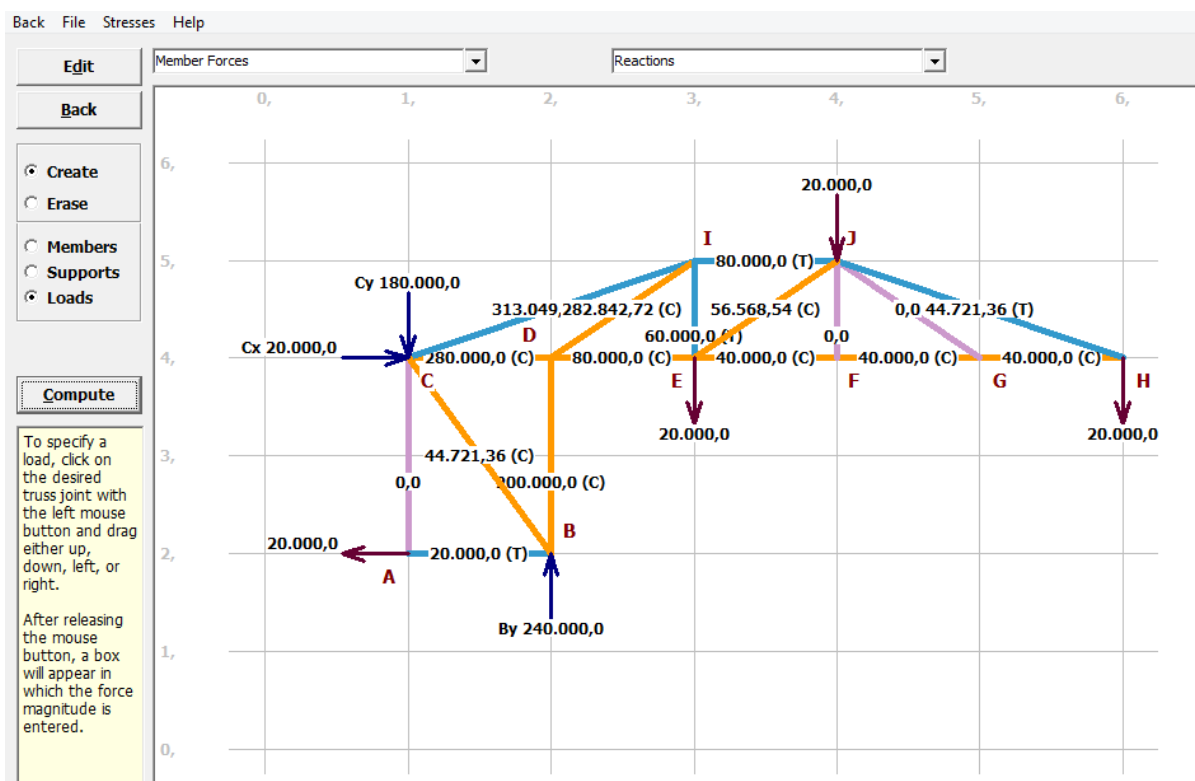
Слика 29. Решеткасти носач са уцртаним ослонцима

Пошто смо поставили ослоње, преостало је још да дефинишемо силе, односно оптерећење које делује на конструкцију. Да би дефинисали оптерећење опције Create и Loads морају бити обележене. Силе се постављају прилично једноставно, кликом миша на тачку коју желимо да оптеретимо, након тога се отвара прозор у који уносимо вредност силе, односно оптерећења.



Слика 30. Решеткиаи носач са уцртаним силама

Када смо дефинисали цео систем појавила се опција Compute. Активирањем ове опције почиње анализа постављеног решеткастог носача. Резултати ове анализе (слика 31.) су приказани на штаповима решетке. Притиснути штапови су приказани жутом бојом, затегнути плавом, а неоптерећени штапови љубичастом бојом.

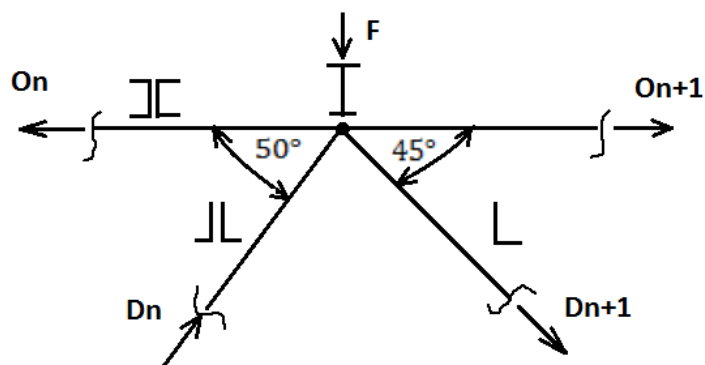


Слика 31. Изглед анализаног решеткастог носача у софтверу

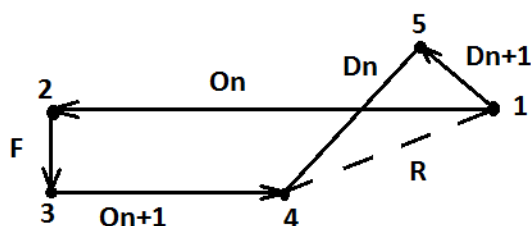
7) Пример прорачуна једног чвора решеткастог носача

Димензионисати штапове решеткастих носача датих на слици. Посебно прорачунати и конструисати везу штапова у једном чвору горњег појаса тако да појасни штапови буду непрекидни у чвору. Нормалне силе у штаповима за I случај оптерећења су: O_n , O_{n+1} , D_n , D_{n+1} .

Напомена: спајање штапова за чворни лим извршити заваривањем.



План сила:



1) Димензионисање штапова

1.1) Димензионисање појасних штапова O_n , O_{n+1}

Пошто се према услову задатка појасни штапови не прекидају у чвору, оба појасна штапа се димензионишу према већој сили то јест према $O_n = 450 \text{ kN}$ која је затежућа те ће провера штапова на извијање овде бити непотребна, што много олакшава задатак. Такође утицај силе $F = 90 \text{ kN}$ преко носача тачно у чвору је секундаран и при димензионисању га занемарујемо (напони σ_M од силе F били би и 10 пута мањи од нормалних напона насталих од аксијалне силе).

$$potA \geq \frac{O_n}{\sigma_{dop}} = \frac{450 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 28,125 \cdot 10^{-4} m^2 = 28,12 cm^2$$

Za Č.0361 $\sigma_{dop} = 160 \text{ MPa}$

Усвајам **2UPN200** [15], $A = 2 \cdot 32,2 = 64,4 cm^2$, за појасне штапове.

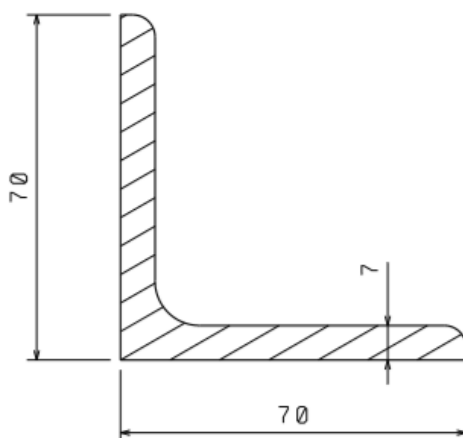
1.2) Димензионисање дијагонале D_{n+1} (затегнуте)

Пошто је ова дијагонала затегнута димензионисање се врши само према нормалном напону од аксијалне затежуће силе (нема провере на извијање).

$$\sigma_{Nmax} = \frac{F}{A} \leq \sigma_{dop}, \quad F = D_{n+1} = 145 \text{ kN}, \quad \sigma_{dop} = 160 \text{ MPa}$$

$$potA \geq \frac{D_{n+1}}{\sigma_{dop}} = \frac{145 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 9,062 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 9,062 \text{ cm}^2$$

Усвајам **L70x70x7**, $A=9,40 \text{ cm}^2$, за затегнуту дијагоналу.



1.3) Димензионисање дијагонале D_n (притиснуте)

$$D_n = 300 \text{ kN}, \quad l_{DN} = 3 \text{ m}$$

Предпоставља се за прву пробу пресек од: 2L 110x110x10

$$A_{2L} = 2 \cdot 21,2 = 42,4 \text{ cm}^2, \quad i_x = i_{min} = 3,35 \text{ cm}, \quad I_{2LX} = I_{min} = 2 \cdot 238 = 476 \text{ cm}^2$$

$$\text{За } a = 8 \text{ m} \leftrightarrow i_y = 5,06 \text{ cm}$$

$$I_{2LY} = 2 \cdot (I_y + x_{c1}^2 \cdot A) = 2 \cdot (238 \cdot 3,06^2 + 21,2) = 476,0397 \text{ cm}^2.$$

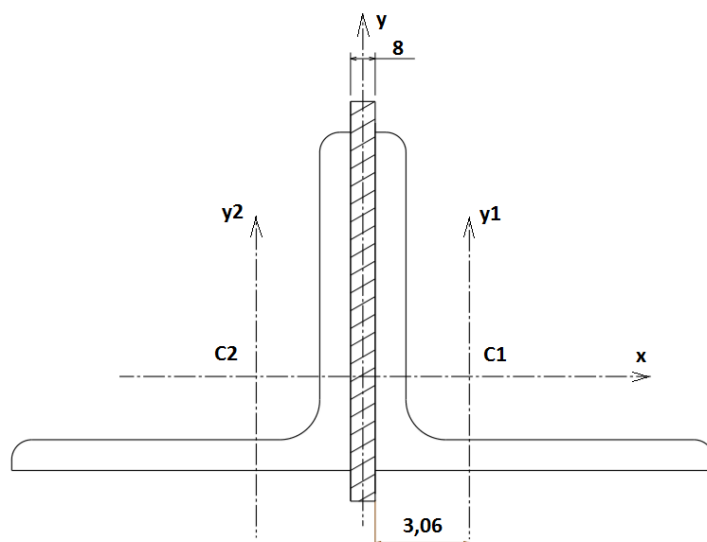
Извијање у равни носача: $0,8 < B < 1$

$$l_{ix} = B \cdot l = 0,8 \cdot 300 = 240 \text{ cm}, \quad \text{за извијање изван равни (због заварене везе), } B = 1$$

$$l_{iy} = l = 300 \text{ cm}, \quad B = 1$$

$$\lambda_x = \frac{l_{ix}}{i_x} = \frac{240}{3,35} = 71,64 \quad \text{или} \quad \lambda_x = \frac{300}{3,35} = 89,55$$

$$\lambda_y = \frac{l_{iy}}{i_y} = \frac{300}{5,06} = 59,28$$



$\sigma_v = 240 \text{ MPa}$ – нормални напон на граници развлачења

$$\lambda_v = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_v}} = 92,9 \text{ – виткост при граници развлачења за } \check{C}.0361$$

Релативна виткост $\bar{\lambda}$ (за веће λ): $\bar{\lambda} = \frac{\lambda x}{\lambda_v} = \frac{89,55}{92,9} = 0,9639 \rightarrow K = 0,662$ – крива С

$$\sigma_{Ldop} = \frac{K \cdot \sigma_u}{U} = \frac{0,662 \cdot 240}{1,5} = 105,92 \text{ MPa} \text{ – допуштени нормални напон извијања}$$

$$\text{Равански нормални напон: } \sigma_N = \frac{Dn}{A} = \frac{300 \cdot 10^3}{42,4 \cdot 10^{-4}} = 82,547 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 82,547 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N < \sigma_{Ldop}$$

Пошто овај услов задовољава, усваја се: **2L 110x110x10**

2) Димензионисање веза свих штапова за чворни лим

Начин спајања: ЗАВАРИВАЊЕ

Дебљина чворног лима: $a = 8 \text{ mm}$

2.1) Прорачун везе дијагонале Dn за чворни лим

Предпоставља се да су угаони шавови дебљине $a = 5 \text{ mm}$, дужине $l = 110 \text{ mm}$, то јест:

$$4 \blacktriangle 5 \times 110$$

Дебљина шава: $t_{min} = 3 \text{ mm}$

$$t_{max} = 0,7 \cdot t_{min} = 0,7 \cdot 8 = 5,6 \text{ mm}$$

$$t_{min} = \min(t_1 = 10, t_{\check{C}L} = 8) = 8 \text{ mm}$$

Овај услов задовољава, јер је: усвојено $a = 5 \text{ mm} < t_{max} = 5,6 \text{ mm}$

Дужина угаоних шавова треба да је у границама:

$$\min lw = 6 \cdot a \text{ или } 40 \text{ mm}$$

$$\max lw = 100 \cdot a$$

, за наш случај: $6 \cdot a = 6 \cdot 5 = 30 < l = 110 < 100 \cdot a = 500 \text{ mm}$

Рачунска дужина вара: $lw' = l - 2 \cdot a = 110 - 2 \cdot 5 = 100 \text{ mm}$

Рачунска површина вара: $A_{\xi} = n \cdot a \cdot lw' = 4 \cdot 5 \cdot 100 = 2000 \text{ mm}$

$$n = 4 - \text{број шавова, } A_{\xi} = 20 \text{ cm}^2$$

$$V_{II} = \frac{Dn}{A_{\xi}} = \frac{300 \text{ KN}}{20 \text{ cm}^2} = \frac{300 \cdot 10^3}{20 \cdot 10^{-4}} = 150 \text{ KN}$$

$$\sigma_m = V_{II} = 150 \text{ KN} > \sigma_{Udop} = 120 \text{ MPa}$$

Овај услов не задовољава па морамо да усвојимо већу дужину вара.

$$L_w = 1200 \text{ mm} \text{ и } a = 8 \text{ mm}$$

Рачунска дужина вара: $lw' = l - 2 \cdot a = 120 - 2 \cdot 8 = 104 \text{ mm}$

Рачунска површина вара: $A_{\xi} = n \cdot a \cdot lw' = 4 \cdot 8 \cdot 104 = 3328 \text{ mm}$

$$n = 4 - \text{број шавова, } A_{\xi} = 33,28 \text{ cm}^2$$

$$V_{II} = \frac{Dn}{A_{\xi}} = \frac{300 \text{ KN}}{33,28 \text{ cm}^2} = \frac{300 \cdot 10^3}{33,28 \cdot 10^{-4}} = 90,144 \text{ KN}$$

$$\sigma_m = V_{II} = 90,144 \text{ KN} > \sigma_{Udop} = 120 \text{ MPa}$$

Пошто овај услов задовољава може се усвојити: $4 \blacktriangle 8 \times 120$

2.2) Прорачун везе дијагонале D_{n+1} за чворни лим

Предпоставља се да су угаони шавови дебљине $a = 5 \text{ mm}$, дужине $l = 120 \text{ mm}$, то јест:

$$l_1 \blacktriangle 5 \times 110$$

Дебљина шава: $\min = 3 \text{ mm}$

$$\max a = 0,7 \cdot t_{\min} = 0,7 \cdot 8 = 5,6 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = \min(t_1 = 10, t_{\check{C}L} = 8) = 8 \text{ mm}$$

Овај услов задовољава, јер је: усвојено $a = 5 \text{ mm} < \max a = 5,6 \text{ mm}$

Дужина угаоних шавова треба да је у границама:

$$\min lw = 6 \cdot a \text{ или } 40 \text{ mm}$$

$$\max lw = 100 \cdot a$$

, за наш случај: $6 \cdot a = 6 \cdot 5 = 30 < l = 120 < 100 \cdot a = 500 \text{ mm}$

Рачунска дужина вара: $lw' = l - 2 \cdot a = 120 - 2 \cdot 5 = 110 \text{ mm}$

Рачунска површина вара: $A_{\check{S}} = n \cdot a \cdot lw' = 4 \cdot 5 \cdot 110 = 2200 \text{ mm}^2$

$$n = 4 - \text{број шавова, } A_{\check{S}} = 22 \text{ cm}^2$$

$$V_{II} = \frac{Dn}{A_{\check{S}}} = \frac{145 \text{ KN}}{22 \text{ cm}^2} = \frac{145 \cdot 10^3}{22 \cdot 10^{-4}} = 65,909 \text{ KN}$$

$$\sigma_m = V_{II} = 65,909 \text{ KN} > \sigma_{Udop} = 120 \text{ MPa}$$

Овај услов задовољава али је предимензионисан, па морамо усвојити мању дужину вара.

Предпоставља се да су угаони шавови дебљине $a = 5 \text{ mm}$, дужине $l = 80 \text{ mm}$, то јест:

$$l_1 \blacktriangle 5 \times 80$$

Дебљина шава: $\min = 3 \text{ mm}$

$$\max a = 0,7 \cdot t_{\min} = 0,7 \cdot 8 = 5,6 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = \min(t_1 = 10, t_{\check{C}L} = 8) = 8 \text{ mm}$$

Овај услов задовољава, јер је: усвојено $a = 5 \text{ mm} < \max a = 5,6 \text{ mm}$

Дужина угаоних шавова треба да је у границама:

$$\min lw = 6 \cdot a \text{ или } 40 \text{ mm}$$

$$\max lw = 100 \cdot a$$

, за наш случај: $6 \cdot a = 6 \cdot 5 = 30 < l = 80 < 100 \cdot a = 500 \text{ mm}$

Рачунска дужина вара: $lw' = l - 2 \cdot a = 80 - 2 \cdot 5 = 70 \text{ mm}$

Рачунска површина вара: $A_{\xi} = n \cdot a \cdot lw' = 4 \cdot 5 \cdot 70 = 1400 \text{ mm}$

$$n = 4 - \text{број шавова, } A_{\xi} = 14 \text{ cm}^2$$

$$V_{II} = \frac{Dn}{A_{\xi}} = \frac{145 \text{ KN}}{14 \text{ cm}^2} = \frac{145 \cdot 10^3}{14 \cdot 10^{-4}} = 103,57 \text{ KN}$$

$$\sigma_m = V_{II} = 103,57 \text{ KN} > \sigma_{Udop} = 120 \text{ MPa}$$

Овај услов задовољава ,па се може усвојити: $4 \blacktriangle 5 \times 80$

2.3) Прорачун везе чворног лима за појасне штапове

Чворни лим је заварен за појасне штапове угаоним шавовима, а дебљина лима је:

$$t_{CL} = 8 \text{ mm}$$

Усвајам према положају дијагонала: $l_w = 450 \text{ mm}$

$$V_{II} = \frac{\Delta O}{AW} = \frac{\Delta O}{2 \cdot a \cdot l'_w} = \frac{300 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 446 \cdot 10^{-3}} = 112,107 \text{ MPa}$$

$$\Delta O = O_n - O_{n+1} = 450 - 150 = 300 \text{ KN}$$

$$lw' = lw - 2 \cdot a = 450 - 2 \cdot 3 = 446 \text{ mm, усвајам } a = 3 \text{ mm}$$

$$Me = \Delta O \cdot e = 300 \cdot \frac{0,1}{2} = 15 \text{ KNm} = 1500 \text{ KNcm}$$

$h = 100 \text{ mm}$ – висина U профила (појаса)

$$n_m = \frac{Me}{W_w} = \frac{1500}{198,916} = 7,54 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = 75,4 \text{ MPa}$$

$$W_w = 2 \cdot \frac{a \cdot lw'^2}{6} = 2 \cdot \frac{0,3 \cdot 44,6^2}{6} = 198,916 \text{ cm}^3$$

$$n_F = \frac{F}{2 \cdot a \cdot l_{eff}} \rightarrow \text{додатни нормални напон у шавовима}$$

L_{eff} – ефективна ширина шавова која се добија уз претпоставку да се напони услед силе F линеарно шире под углом од 45° .

IPE 300, $b = 150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$

$$l_{eff} = 150 + 2 \cdot 100 \cdot \tan 30^\circ = 350 \text{ mm}$$

$$n_F = \frac{90 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,003 \cdot 0,35} = 42,857 \text{ MPa}$$

Укупан напон у шаву је:

$$\sigma_U = \sqrt{(n_M + n_F)^2 + V_{II}^2} = \sqrt{(75,4 + 42,857)^2 + 112,107^2} = 162,94 \text{ MPa}$$

$$\sigma_U = 162,94 \text{ MPa} > \sigma_{Udop} = 120 \text{ MPa}$$

Пошто овај услов не задовољава, морамо усвојити већи l_w .

$l_w = 480 \text{ mm}$

$$V_{II} = \frac{\Delta O}{AW} = \frac{\Delta O}{2 \cdot a \cdot l'_w} = \frac{300 \cdot 10^3}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 470 \cdot 10^{-3}} = 63,82 \text{ MPa}$$

$$\Delta O = O_n - O_{n+1} = 450 - 150 = 300 \text{ KN}$$

$$l'_w = l_w - 2 \cdot a = 480 - 2 \cdot 5 = 470 \text{ mm}, \text{ усвајам } a = 5 \text{ mm}$$

$$M_e = \Delta O \cdot e = 300 \cdot \frac{0,1}{2} = 15 \text{ KNm} = 1500 \text{ KNcm}$$

$h = 100 \text{ mm}$ – висина U профила (појаса)

$$n_M = \frac{M_e}{W_w} = \frac{1500}{220,9} = 6,79 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = 67,9 \text{ MPa}$$

$$W_w = 2 \cdot \frac{a \cdot l_w'^2}{6} = 2 \cdot \frac{0,3 \cdot 47^2}{6} = 220,9 \text{ cm}^3$$

$$n_F = \frac{F}{2 \cdot a \cdot l_{eff}} \rightarrow \text{додатни нормални напон у шавовима}$$

$$l_{eff} = 150 + 2 \cdot 100 \cdot \tan 30^\circ = 350 \text{ mm}$$

$$n_F = \frac{90 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,005 \cdot 0,35} = 25,71 \text{ MPa}$$

Укупан напон у шаву је:

$$\sigma_U = \sqrt{(n_M + N_F)^2 + V_{II}^2} = \sqrt{(67,9 + 25,71)^2 + 63,82^2} = 113,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_U = 113,29 \text{ MPa} < \sigma_{Udop} = 120 \text{ MPa}$$

Овај шав задовољава за везу чворног лима са појасним штаповима ($l_w = 480 \text{ mm}$, $a = 5 \text{ mm}$).

3) Контрола напона у свим карактеристичним пресецима чворног лима

Дебљина чворног лима је: $t_{CL} = 8 \text{ mm}$.

Места на чворном лиму у којима се јављају критични напони су тамо где се уводи сила у чвор (на крају штапова испуне пресеци (1 – 1) и (2 – 2) и у самом чвору ако је на чворном лиму).

Пресек 1 – 1:

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{A_{neto1}} = \frac{F_1}{t \cdot beff1} \leq \sigma_{dop} = 160 \text{ MPa}$$

$$beff1 = by1 + 2 \cdot tg30^\circ \cdot ly1 = 230 + 2 \cdot tg30^\circ \cdot 110 = 357,017$$

$$by1 = 110 + 110 + t = 230 \text{ mm}$$

$$F1 = 300 \text{ KN}$$

$$\sigma_1 = 84,0296 \text{ MPa} < \sigma_{dop} = 160 \text{ MPa}$$

Пресек 2 – 2:

$$\sigma_2 = \frac{F_2}{t beff2} < \sigma_{dop} = 160 \text{ MPa}$$

$$t = 4 \text{ mm}$$

$$beff2 = by2 + 2 \cdot tg30^\circ \cdot ly2 = 112 + 2 \cdot tg30^\circ \cdot 120 = 250,564$$

$$by2 = 120 - 2 \cdot a = 112 \text{ mm}$$

$$F2 = 150 \text{ KN}$$

$$\sigma_2 = 114,9 \text{ MPa} < \sigma_{dop} = 160 \text{ MPa}$$

Провера шава којим се чворни лим везује за појасне штапове већ је извршена при димензионисању тог шава.

Закључак

На почетку рада објашњено је како су настали решеткасти носачи и дате су њихове основне карактеристике. Извршена је подела према броју појасева, просторном положају, интензитету напрезања и начину обликовања чворног лима. Дата је примена ових носача како у зградарство, тако и у машиноградњи. Наведена су основна правила која се морају поштовати приликом пројектовања решеткастих носача.

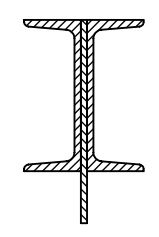
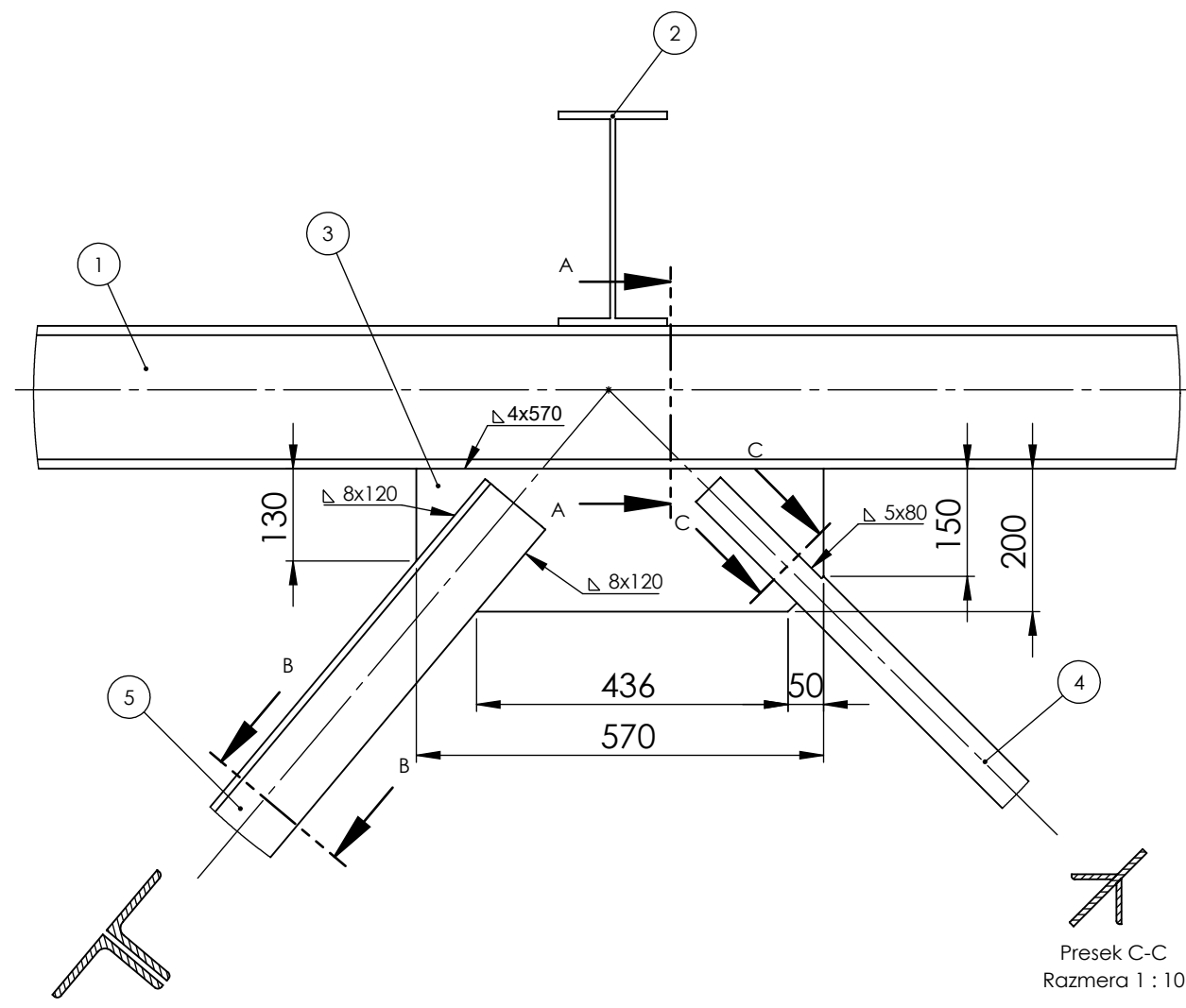
У наставку рада приказан је и објашњен изглед раванског решеткастог носача. Дата је, и детаљно објашњена, основна подела према облику, тако да се ови равански носачи могу поделити на носаче са паралелним појасевима, горњим појасом у нагибу и параболичним појасом. Приказани су уобичајени облици попречних пресека за појасне штапове и штапове испуне израђених од стандардних ваљаних профила.

У следећем делу рада су приказане и објашњене методе за одређивање сила у штаповима решеткастог раванског носача. На почетку је приказана Метода чворова, према којој се чворови издвајају појединачно из решеткастог носача па се на њих примењују услови равнотеже, који се решавају аналитичким путем. При одређивању сила користећи ову методу мора се испунити услов, да сваки издвојени чвор мора бити у равнотежи. Након ње је приказана Метода пресека (Ритерова метода) која се примењује када је потребно да одредимо силу у једном штапу, а да предходно нисмо одредили остале силе у том пресеку. Ова метода се користи за одређивање сила у штаповима у пресеку решеткастог носача који садржи највише три штапа, чији се правци секу у једној тачки. На крају је приказан Максвел – Кремонин план сила код којег се све силе у систему појављују једанпут, при чему се сви чворови слажу у јединствен план. Овај начин одређивања сила у чворовима је пожељан за рад, јер је мање подложен грешкама.

У последњем делу рада приказан је пример прорачуна сила у штаповима решеткастог носача користећи рачунарски софтвер MD Solids. Овај софтвер омогућава решавање проблема на греди, проблема савијања и увијања, проблема аксијалних структура, статички неодређених структура, решеткастих носача, анализе Mohr – овог круга... Такође је приказан и пример прорачуна и конструисања једног чвора горњег појаса решеткастог носача.

Литература

1. Буђевац Д., Марковић З. и др., Металне конструкције, Грађевинска књига, Београд, 2007. конструкција, Грађевинска књига, Београд, 1986.
2. Бабин Н., Бркњач Н., Шостаков Р., Металне конструкције, ФТН Издаваштво, Нови Сад, 2006.
3. Милосаљевић М., Радојковић М., и Кузмановић Б.: Основи челичних конструкција, Грађевинска књига, Београд, 1984.
4. Буђевац Д., Марковић З. и др., Металне конструкције, Грађевинска књига, Београд, 2007. конструкција, Грађевинска књига, Београд, 1986.
5. Бабин Н., Бркњач Н., Шостаков Р., Металне конструкције, ФТН Издаваштво, Нови Сад, 2006.
6. Милосаљевић М., Радојковић М., и Кузмановић Б.: Основи челичних конструкција, Грађевинска књига, Београд, 1984.
7. Петковић З., Острић Д., Металне конструкције у машиноградњи, Институт за механизацију Машинског факултета у Београду, Београд, 1996.
8. Николић Р., Марјановић В., Металне конструкције – Приручник за прорачуне, Машински факултет, Крагујевац, 1998.
9. Николић Р., Вењковић Ј., Марјановић В., Металне конструкције – Збирка решених задатака, Машински факултет, Крагујевац, 2013.
10. Зарић Б., Стипанић Б., Буђевац Д.: Челичне конструкције у грађевинарству, Грађевинска књига, Београд, 1990.
11. http://rgn.hr/~lfrgic/nids_lfrgic/PDF_Print_Mehanika_I_N/PDF_M_I/9_Resetkasti%20nosaci_N_N.pdf – преузето 26.07.2015.
12. http://www.grf.bg.ac.rs/p/learning/p9_re_etkasti_nosa_i_1418913433431.pdf - преузето 26.07.2015.
13. http://pegazet.ag.rs/arhiva/prilozi/download/resetkasti_nosaci.pdf - преузето 26.07.2015.
14. <http://www.grad.hr/nastava/ga/sr/gr.pdf> - преузето 26.07.2015
15. http://www.academia.edu/10431451/Klasi%C4%8Dne_i_savremene_metode_prora%C4%8Duna_re%C5%A1etkastih_konstrukcija – преузето 26.07.2015.
16. http://www.grf.bg.ac.rs/p/learning/predavanje_br_7_1399986127521.pdf - преузето 26.07.2015.
17. Гранична стања челичних конструкција према еврокоду – Златко Марковић



Presek A-A
Razmera 1 : 10



Presek C-C
Razmera 1 : 10

Presek B-B
Razmera 1 : 10

5	2		L profil	L 110x110x10	
4	1		L profil	L 70x70x7	
3	1		Čvorni lim	570x200x8	
2	1		I profil	IPE 300	
1	2		U profil	UPN 200	
Poz.	Kom.	J.m.	Naziv	Standard-izabrane karakteristike	Primedba
Tolerancije slobodnih mera			Površinska zaštita		Površinska zaštita
Materijal			S 235		Termička obrada
					Masa
					Razmera
					1:10
			Datum		Čvor rešetkastog nosača
			Obrad	N.Novaković	
			Stand		
			Odobr		
					Oznaka
					1/1
					1
St. i	Izmene	Datum	Ime	Fakultet inženjerskih nauka Kragujevac	Izv pod
					Zamena za