

**Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Лаке конструкције

Број индекса: 442/2017

Немања С. Аврамовић
Пројектовање металне хале димензија
6x12m коришћењем савремених софтвера
и ЕВРОКОД стандарда

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Весна Марјановић, ван. проф. - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- опише карактеристике металних конструкција,
- дефинише опште појмове о халама и конструкцији хала,
- опише примену решеткастих носача,
- изврши моделирање једне конкретне хале, као и да изврши прорачун и анализу оптерећења.

Препоручена литература:

1. Буђевац Д., Марковић З., Богавац Д. и Тошић Д., Металне конструкције - Основе прорачуна и конструисања, Грађевински факултет Универзитета у Београду, Београд, 1997.
2. Бешевић М. и Тешановић А., Металне конструкције 2 - Хале и складишта, Грађевински факултет Суботица, Суботица, 2011.
3. Марковић З., Гранична стања челичних конструкција према Еврокоду, Грађевински факултет Универзитета у Београду, Београд, 2014.

САДРЖАЈ:

1. УВОД	1
1.1. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ МЕТАЛНИХ КОНСТРУКЦИЈА.....	2
1.2. ПРИМЕНА МЕТАЛНИХ КОНСТРУКЦИЈА У ЗГРАДАРСТВУ	5
2. МЕТАЛНЕ ХАЛЕ И СКЛАДИШТА	7
2.1. ОСНОВНИ ПОЈМОВИ О ХАЛАМА И КОНСТРУКЦИЈАМА ХАЛА	7
2.2. ПРИНЦИПИ ПРОЈЕКТОВАЊА ХАЛА И СКЛАДИШТА	12
2.3. ПРИНЦИП МОДУЛАРНОГ ПРОЈЕКТОВАЊА ИДУСТРИЈСКИХ.....	13
ХАЛА	13
2.4. ДИСПОЗИЦИЈЕ ХАЛЕ И СКЛАДИШТА	14
2.5. ЕЛЕМЕНТИ НОСЕЋЕ ЧЕЛИЧНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ХАЛЕ.....	18
2.6. ТРАНСПОРТ У ХАЛИ.....	23
3. ДЕЈСТВА НА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ.....	25
3.1. СТАЛНА ОПТЕРЕЋЕЊА НОСЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ.....	25
3.2. ОПТЕРЕЋЕЊЕ НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ СНЕГОМ	26
3.3. ТЕМПЕРАТУРНИ УТИЦАЈИ.....	28
3.4. СЕИЗМИЧКА ДЕЈСТВА НА НОСЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ	29
4. РЕШЕТКАСТИ НОСАЧИ.....	30
4.1. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ РЕШЕТКАСТИХ НОСАЧА	30
4.2. ОСНОВНА ПРАВИЛА ЗА КОНСТРУИСАЊЕ РЕШЕТКАСТИХ.....	35
НОСАЧА.....	35
4.3. ОБЛИЦИ ПОПРЕЧНИХ ПРЕСЕКА РЕШЕТКАСТИХ НОСАЧА	36
4.4. ОБЛИЦИ И ДИМЕНЗИЈЕ РЕШЕТКАСТИХ НОСАЧА НОСЕЋЕ.....	39
КОНСТРУКЦИЈЕ	39
4.5. ПРОРАЧУН ШТАПОВА РЕШЕТКАСТИХ НОСАЧА.....	43
5.ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЈЕДНОБРОДНЕ МЕТАЛНЕ ХАЛЕ ДИМЕНЗИЈА 6x12m	
КОРИШЋЕЊЕМ AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL	
СОФТВЕРА И ЕВРОКОД СТАНДАРДА	47
5.1. КРЕИРАЊЕ МОДЕЛА КОНСТРУКЦИЈЕ У СОФТВЕРУ	47
5.1.1. Процес формирања 2D модела конструкција хале	47
5.1.2. Процес формирања 3D модела конструкција хале	49
5.2. ДЕЈСТВА НА КОНСТРУКЦИЈУ	49
5.2.1. Оптерећење ветром.....	50
5.2.2. Оптерећење снегом	52
5.2.3. Оптерећење сопственом тежином	54
5.3. СПОЈЕВИ.....	54
5.3.1. Спајање завртњевима	54
6. ЗАКЉУЧАК	57
7. ЛИТЕРАТУРА.....	58

Резиме:

Челичне конструкције поседују специфична својства и значајне техничке и функционалне предности у односу на друге материјале, те зато имају широку примену како у машиноградњи тако и у грађевинарству.

При грађењу дизалица, роторних багера, кранова, мостова, хала и других сличних конструкција, од почетка двадесетог па до данас примењују се решеткасте конструкције. Решетком се назива конструкција, која се састоји од међусобно повезаних појасних штапова и штапова испуне који формирају троугаону структуру.

У оквиру овог рад предвиђена је израда једне решеткасте конструкције у оквиру програма *Autodesk Robot Structural Analysis Professional*. Циљ је да се прикаже 3D модел конструкције као и анализа оптерећења како појединих елемената, тако и целе конструкције, услед дејства снега, ветра и тежине кровне облоге.

Кључне речи: хала, решеткасти носач, 3D модел

Summary:

Steel structures have specific properties and significant technical and functional advantages over other building materials, and therefore have a wide application for all types of construction structures.

When constructing bridges, halls and other structures, constructions are called grids. A grid is called a construction, which consists of interconnected belt rods and filler rods that form a triangular structure.

This work envisages the creation of a lattice structure within the Autodesk Robot Structural Analysis Professional program. The aim was to show the 3D model of construction as well as the analysis of loads due to the effects of snow, wind and roof coverings.

Key words: hall, grid truss, 3D model

1. УВОД

Појам металне конструкције потиче из области грађевинарства и везан је углавном за материјал од кога се конструкција израђује. Разматрају се: специфичности прорачуна, пројектовања и израде носећих структура конструкција широког спектра, како у грађевини, тако и у машинству.

Имајући у виду изузетно широк спектар производних достигнућа машинске технике, где носећа конструкција представља скелет пројектоване машине у генералном смислу, тежи се ка томе да она буде што рационалнија у смислу што мање сопствене масе.

Овај процес је доживео свој велики напредак тек у другој половини прошлога века када је развој компјутерске технике омогућио да се за прорачуне користе моћне методе структурне анализе, за техничку документацију и технологију израде разни *CAD/CAM* софтвери као и стварања нових материјала.

Прорачун носећих конструкција користи методе засноване на принципима механике чврстог деформабилног тела.

Савремени прорачуни се раде уз примену компјутера користећи програмске пакете који омогућавају да резултати прорачуна што ближе одговарају стварном стању оптерећене конструкције. Посебну пажњу треба обратити на адекватно моделирање граничних услова (ослонаца, веза и оптерећења), што у великој мери утиче на тачност прорачуна. Овим начином се постиже нижа цена уз задовољавајућу носивост при минималној тежини конструкције.

Корозија је један од главних непријатеља металних конструкција, те зато оне треба да буду тако обликоване да се омогући лак приступ свим оним местима која су угрожена, а на местима где постоји могућност задржавања воде треба обезбедити могућност њеног отицања.

Компјутерска графика омогућава остваривање техничке документације што олакшава усавршавање геометрије машина. [1]

1.1. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ МЕТАЛНИХ КОНСТРУКЦИЈА

Употреба гвожђа а потом и челика као материјала за носеће конструкције у машиноградњи и грађевинарству је релативно скоријег датума. Прва конструкција израђена од гвожђа стара је нешто више од 200. година. За извођење грађевинских објеката са носећом конструкцијом од метала, челик је и дан данас по употребљеној количини главни материјал, мада се последњих пар деценија уочава све чешћа примена алуминијума. Металне конструкције поседују специфична својства и значајне техничке и функционалне способности у односу на неке друге грађевинске материјале, те из тог разлога имају широку примену за све врсте грађевинских конструкција. Челик, као основни материјал за носеће металне конструкције користи се како у машиноградњи за:

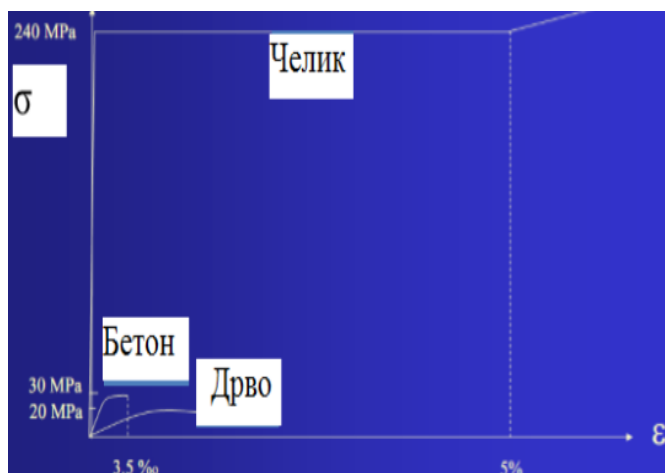
- мостне и конзолне дизалице,
- роторни багари,
- конвејери,
- разни транспортни уређаји...

тако и за скоро за све типове грађевинских објеката као што су:

- индустријске хале
- спратне зграде
- спортске дворане
- хангари
- гараже
- водоторњеви као и за многе друге конструкције за специјалне намене.

Као материјал за носеће конструкције челик пружа вишеструке предности при изградњи објеката, као што су:

- мале димензије и тежине елемената челичних конструкција
- висока механичка својства материјала (слика 1.1.)
- могућност демонтаже и трајна вредност
- способност савладавања великих распона и висина
- обновљивост
- могућност комбиновања са другим материјалима (комбиновање са бетоном слика 1.2, дрветом, полимерима, стаклом, керамиком, композитним материјалима..)
- лака манипулација, транспорт и монтажа (слика 1.3.)
- флексибилност
- релативно лако фундаирање
- брзина изградње



Слика 1.1. σ - ϵ (радни) дијаграм [3]



Слика 1.2. Комбиновање челика са бетоном [3]



Слика 1.3. Кран [3]

Високе механичке карактеристике и дуктилност конструкционих челика, много су веће него код неких других грађевинских материјала. Самим тим обезбеђују највећи степен искоришћења носећих свјостава као и знатну пластичну резерву носивости што је од посебног значаја при изузетним екстремним оптерећењима као што је слегање темеља, дејство земљотреса, повећаног или динамичког или ударног оптерећења. Захваљујући изузетним механичким својствима елементи челичних конструкција у поређењу са конструкцијама од других материјала имају знатно мање димензије уједно и мању тежину што омогућава лакшу манипулацију и транспорт. Челичне конструкције омогућавају савладавање великих распона и висина, како код хала тако и код мостова при чему су тежине и димензије носеће челичне конструкције битно мање него код других грађевинских материјала. [2]

Поред својих предности металне конструкције имају и одређене недостатке, као што су:

- висока цена конструкције
- неопходна је квалификована радна снага за производњу и монтажу
- осетљивост на корозију (слика 1.4.)



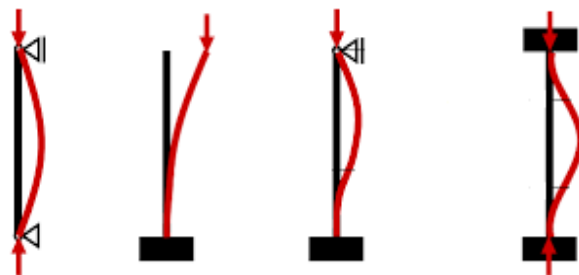
Слика 1.4. Корозија [4]

- сложеност израде техничке документације
- мања заступљеност металних конструкција (у Србији) - у односу на бетонске, зидане и дрвене конструкције.
- осетљивост на високе температуре (пожар)



Слика 1.5. Пожар у катедрали *Notr Dam* 2019. године [4]

- осетљивост на извијање (слика 1.6.)



Слика 1.5. Извијање елемената [4]

1.2. ПРИМЕНА МЕТАЛНИХ КОНСТРУКЦИЈА У ЗГРАДАРСТВУ

Најзаступљенија одблaст грађевинства у којој се користе челичне конструкције је зградарство. Примена оваквог типа конструкција у индустријској изградњи је изузетно велика, јер челичне конструкције на најбољи начин прате све технолошке захтеве, омогућавају изградњу објеката великих распона и пријем великих оптерећења од кранова, а реконструкција оваквих објеката услед промене технолошког процеса не представља већи проблем. На слици 1.6. приказана је једна индустријска хала у фази монтаже. [2]



Слика 1.6. *Индустријска хала у фази монтаже* [5]

Последњих година се у области индустријских хала јављају нови атрактивни системи тако да ти објекти представљају осим функционалних и значајна естетска решења. Таква савремена решења прате и нови конструкцијски системи. Једно од таквих решења је фабрика *INMOSy* Великој Британији за производњу електронских компоненти - чипова која је веома упечатљивог изгледа (слика 1.7.). Објекат је пројектован као приземан, вишебродан уз велики број елемената који се могу лако монтирати како би се брзо градио брод по брод. Комплетна конструкција је изведена од шупљих профила. Конструктивни систем даје максималну флексибилност унутрашњем простору без стубова. [2]



Слика 1.7. *Фабрика INMOS из Велике Британије [6]*

Мешовити челично-бетонски системи данас су веома применљиви и користе се често као потпуно челични или армиранобетонски системи. Велика предност бетона је та што омогућује крутост и могућност обликовања у различите форме конструктивних елемената. Из тог разлога се већина мешовитих система ослања на бетон за пријем хоризонталног оптерећења. За међуспратну конструкцију по препоруци повољно је употребити челик због могућности премошћења већих распона лакшим елементима чиме се остварује већи простор без стубова. У ову сврху широко је примењен систем спрегнутих међуспратних конструкција на профилисаним лимовима. Конструктивни системи за спратне зграде представљају " супер – оквири " порталног типа који се налазе на фасади зграде. Портални " супер – оквири " састоје се од вертикалних ослонаца на угловима зграде који су повезани хоризонталним елементима на сваких 12-14 спратова. Овим решењем максимално се примају хоризонталне силе јер су хоризонтални и вертикални елементи међусобно круто повезани. Хотел *Hotel De Las Artes Tower* изграђен је у Барселони по овом систему (слика 1.8.). Хотел се састоји од 45 – спратног дела високог 135,0 m и десетоспратног пословног блока. Најинтересантнији део је хотелски торањ који је изведен као оквирна челична конструкција са укрштеним дијагоналама. Основа је квадратна 30,0x30,0 m.[2]



Слика 1.8. *Хотел De Las Artes Tower*

2. МЕТАЛНЕ ХАЛЕ И СКЛАДИШТА

2.1. ОСНОВНИ ПОЈМОВИ О ХАЛАМА И КОНСТРУКЦИЈАМА ХАЛА

Челичне конструкције се примењују за савладавање великих распона и висина како код приземних и спратних зграда, тако и код мостова, при чему димезије и тежине носеће конструкције остају знатно мање него при употреби неких других материјала. Оптимални распони у челику су већи него и неком другом материјалу, а повећање коштања при прекорачењу тих оптималних распона је мање него што је то код других материјала. Анализе указују да је за приземне објекте оптимални распон стубова за челичне конструкције око $25 \times 9 \text{ m}$, а за бетонске конструкције око $18 \times 6 \text{ m}$.

Објекте производних погона и складишта са стубовима у фасадним зидовима називамо халама (слика 2.1). Код приземних индустријских објекта систем носеће конструкције зависи од режима коришћења и могућности адаптације. Овакве услове у највећој мери омогућују челичне конструкције са мањим бројем стубова у унутрашњем простору хале и могућностима једноставних ојачања и проширења објекта без ометања текуће производње. [7]



Слика 2.1. Монтажа индустријске хале

Економске повољности су од изузетног значаја у експлоатационим условима. Карактеристике челика дају изузетне техничке предности при изградњи грађевинских објеката. Неке од особина челика су :

- висока механичка својства и дуктилност конструкционих челика који пружају велики степен искоришћења носећих својстава, који је далеко већи од неких других грађевинских материјала
- мале димензије елемената носеће конструкције
- знатне резерве носивости превасходно у области пластичног понашања челика, које имају посебан значај када дође до повећања оптерећења
- рационална интеграција примарне и терцијалне структуре зграда
- носећа конструкција од челика омогућава висок степен проводљивости свих врста инсталација у зградама, као и флексибилност за накнадне измене на секундарној структури
- способност савладавања великих распона
- мала тежина, једноставна монтажа и лак транспорт
- брзина изградње

Најповољнији однос σ/gm – (напон / сопствена тежина), обезбеђује челичним конструкцијама малу сопствену тежину а затим и смањење обима посла и коштања транспорта и монтаже. Када је реч о челичним конструкцијама ту се ради о великој прецизности фабричке израде елемената и једноставности монтажних спојева. Радови на монтажи овог типа конструкција могу се обавити у кратким роковима са малим бројем радника.

Производња сировог челика 1989. године у свету износила је 784 милиона тона (МТ). У табели 2.1. приказана је производња челика.

Табела 2.1. Приказ производње челика [7]

Земља		Производња челика у МТ	Заступљеност приказана з процентима (%)
Далеки исток Јапан Кина Јужна Кореа		108 МТ 61 МТ 22 МТ	24,5 %
Бивши СССР		106 МТ	20,0 %
Европска Унија (12 држава)		104 МТ	18,0 %
САД		89 МТ	11,5 %
Остале земље		203 МТ	26,0 %

Потрошња челика према типу конструкције у три наведене земље приказана је у табели 2.2.

Табела 2.2. Потрошња челика према типу конструкције [7]

Тип конструкције	Јапан	САД	Европска Унија (12)
Стамбени објекти	21 %	4%	2%
Индустријски објекти	34 %	33 %	58 %
Остале зграде	34 %	45 %	31 %
Стубови	3 %	5 %	5 %
Мостови и хидрауличка опрема	8 %	13 %	4 %
УКУПНО	100 %	100 %	100 %

Са обзиром на структуру потрошње уопштено се може рећи да се она састоји од:

- 60 % вруће ваљаних производа
- 20 % лимова и трака
- 20 % хладноваљаних профила

Примена носећих челичних конструкција, осим у грађевинству је распрострањена и у другим гранама привредних делатности као што су машинство, електротехника, бродоградња, аутомобилска индустрија итд. Маса уграђених носећих конструкција релативно су мале, захваљујући добрим механичким особинама челика. Просечни утрошак челика за неки објекат може се рачунати по m^2 покривене површине само за једноспратне зграде. Када је реч о индустријским вишеспратним објектима као што су котларнице термоелектрана, дрударски објекти, рафинерије и сл. Утрошак челика у носећој конструкцији треба изнети m^3 изведеног објекта. При прорачуну треба обухватити све носеће елементе као што су носачи дизалица, стубова, елементи зидова и кровну конструкцију. Оријентациони утрошак челика за носеће конструкције објекта различитих намена приказан је у табели 2.3.

Табела 2.3. Оријентациони утрошак челика основног материјала са границом развлачења $\sigma_v = 235 \text{ MPa}$ [7]

Редн и број	Врста објекта		Утрошак kg/m^2		Утрошак kg/m^3	
			Миниму м	Максиму м	Миниму м	Максиму м
1.	Разне индустријске хале, мањеграспона до 15 m, висине 4-6 m, без дизалица		30,0	50,0	6,0	8,0
2.	Већи индустријски објекти, вишебродни, приземни, садизалицама, појединачног распона брода до 30 m, висине 10-15 m		120,0	180,0	12,0	20,0
3.	Високи објекти са подестима, дизалицама, распона 24-30 m, спратне висине 4-6 m		-	-	25,0	35,0
4.	Топионице, котларнице		-	-	-	до 50,0
5.	Бункери за руду, конструкција заварена, обрачун тежина по тони у складиштену материјала		-	-	150,0	170,0
6.	Бункери за руду, конструкција заварена, обрачун тежина по тони у складиштену материјала		-	-	-	200,0
7.	Силоси пречника $\phi 3-5 \text{ m}$, заварени, без стубова, укрућења		-	-	50,0	80,0
8.	Високе пећи запремине 1000-2000 m^3		-	-	2200,0	3000,0
9.	Чврсте кровне конструкције без стубова, зидова и осталог, распона 20-30 m	Рожњаче	12,0	16,0	-	-
		Кровни носачи	15,0	25,0	-	-
		Зидови	14,0	16,0	-	-

Габарити хала су у функцији технолошких процеса који се одвијају у њој. Карактеришу их велики распони без унутрашњих стубова које се називају једнобродне хале или двобродне са унутрашњим стубовима. У пракси се врло често појављују једнобродне хале са анексима.

Објекти хала према намени називају се:

- складишта различите намене
- саобраћајни депои и гараже
- индустријски или производни погони
- спортски објекти
- надстрешнице
- хангари за авионе и хеликоптере
- маркети и мегамаркети
- бензинске пумпе
- надоградње
- објекти културе
- изложбени објекти

Приземне хале се конструишу и изводе као једнобродне, двобродне, са анексима или укомпоноване у вишебродне објекте са паралелним редовима стубова. Носећа конструкција хале је фомрирана од стубова постављених на константном размаку и кровне конструкције која се ослања на њих. Када је реч о халама мањих распона (до 10 m), ободни зидови могу бити зидани у комбинацији са вертикалним и хоризонталним бетонских секлажима, где је само кровна конструкција изведена од челика. Процес пројектовања приземне једнобродне челичне хале зависи од много фактора и у само пројектовање морају бити укључени инвеститори, технолози, пројектна инсталација, како би се одабрало најповољније решење. Пројектовање хала се може поделити у три основне категорије: [7]

- пројектовање хале за одређену намену
- пројектовање стандардних хала (типизирани хале)
- пројектовање хала унапред

Пре самог почетка пројектовања мора се проценити њена будућа намена, како би се избегло рушење одређених делова због нове технологије. Према типу конструкције хале постоје три врсте хала, а то су:

- потпуно челичне
- АБ конструкцијом зидова
- са челичном кровном конструкцијом

2.2. ПРИНЦИПИ ПРОЈЕКТОВАЊА ХАЛА И СКЛАДИШТА

При поступку пројектовања хала и складишта потребно је дефинисати све неопходне параметре који утичу на избор диспозиције носеће челичне конструкције. У првој фази пројектовања пре свега се разрађује концептуално решење објекта, затим идејни пројекат, главни пројекат ради добијања грађевинске дозволе и на крају се израђује извођачки пројекат. Неопходно је дефинисати следеће параметре:

- израда технолошког пројекта
- средстава унутрашњег транспорта (дизалице, виљушкари, колица за транспорт)
- неопходне инсталације у хали
- евентуална потреба за продужавање хале
- геомеханички подаци о носивости тла и утицај сеизмичких сила на ту локацију
- пројекат монтаже хале
- поштовање важећих стандарда и прописа (националних и ЕВРОКОД)
- рокови и динамика извођења конструкције

Помоћу наведених параметра приступа се изради диспозиционог решења хале и врши се оријентациони прорачун ради утврђивања одређених позиција хале или складишта. Диспозиција мора да садржи све конструктивне елементе једне хале и црта се најчешће у размери $R= 1:100$. Пре свега се одређује габарит објекта, који је врло често у функцији распона мостне дизалице. Након дефинисања габаритних димензија неопходно је одредити ГИШ (горња ширина ивице), која је у функцији максималног дизања терета и усваја се статички систем који омогућава најмањи утросак челичног материјала. Изузетно је битно да се при прорачуну обухвате сва оптерећења која делују на носећу челичну конструкцију хале. Статички прорачун да да податке тј. доказе о носивости сваке позиције, контролу деформације и стабилности елемената ако се димензионисање спроводи по допуштеним напонима. Главни пројекат мора да садржи детаљан технички опис у коме се даје адекватно образложење о избору:

- диспозиционог решења
- димензионисању конструктивних елемената
- оређивању квалитета материјала
- позив на коришћене прописе и стандарде

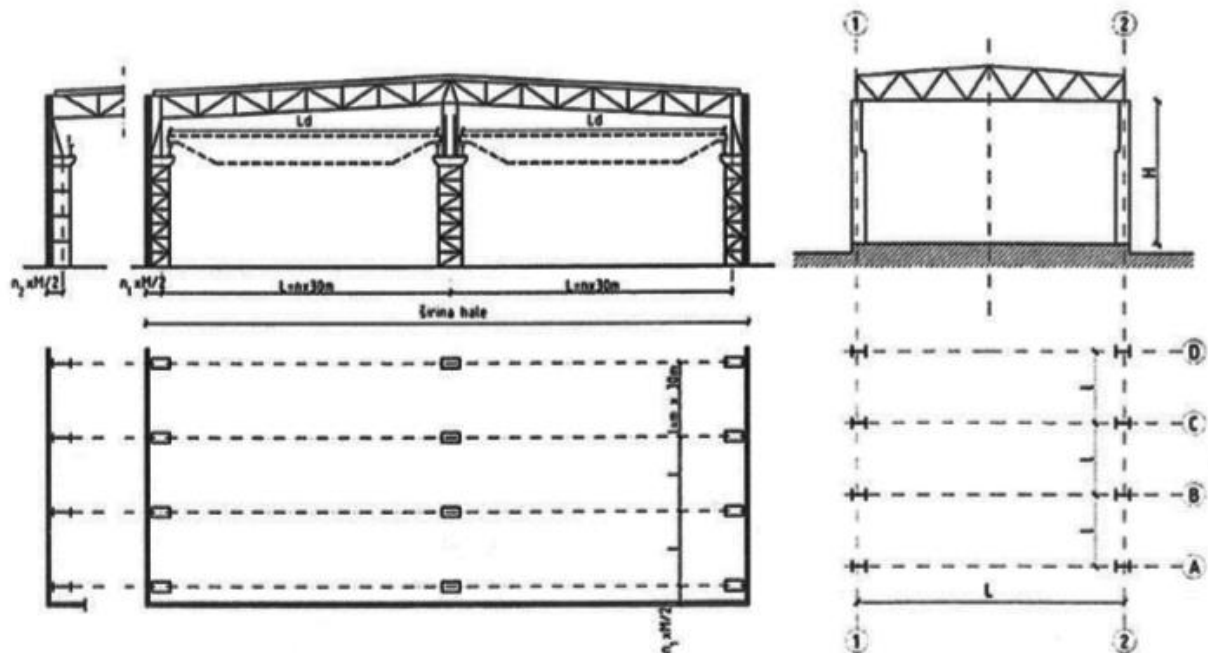
Такође, неопходно је навести и посебне услове уколико их има. Габарит конструкције одређује број и величину монтажног дела који је условљен одговарајућим транспортним средствима. Врло често за веће распоне потребно је урадити пробну радионичку монтажу. Пре доношења одлуке о изради пројекта конструкције хале, израђују се варијантна решења па се затим усваја најповољније решење са аспекта стабилности објекта и цене коштања.[7]

2.3. ПРИНЦИП МОДУЛАРНОГ ПРОЈЕКТОВАЊА ИНДУСТРИЈСКИХ ХАЛА

Прорачун носеће конструкције ради се на основу рачунарског конструкционог модела. Код конструисања челичних зграда и хала, препоручено је придржавати се начела пројектовања према модулима (слика 2.2. и слика 2.3.). За пројектовање објеката у модулима може се применити растер са модулима за носећу челичну конструкцију R_1 , а за секундарне елементе растер модула R_2 . Модули се деле на:

- основни модул
- увећани модул
- умањени модул

Основни модул је величине $M = 100\text{ mm}$.

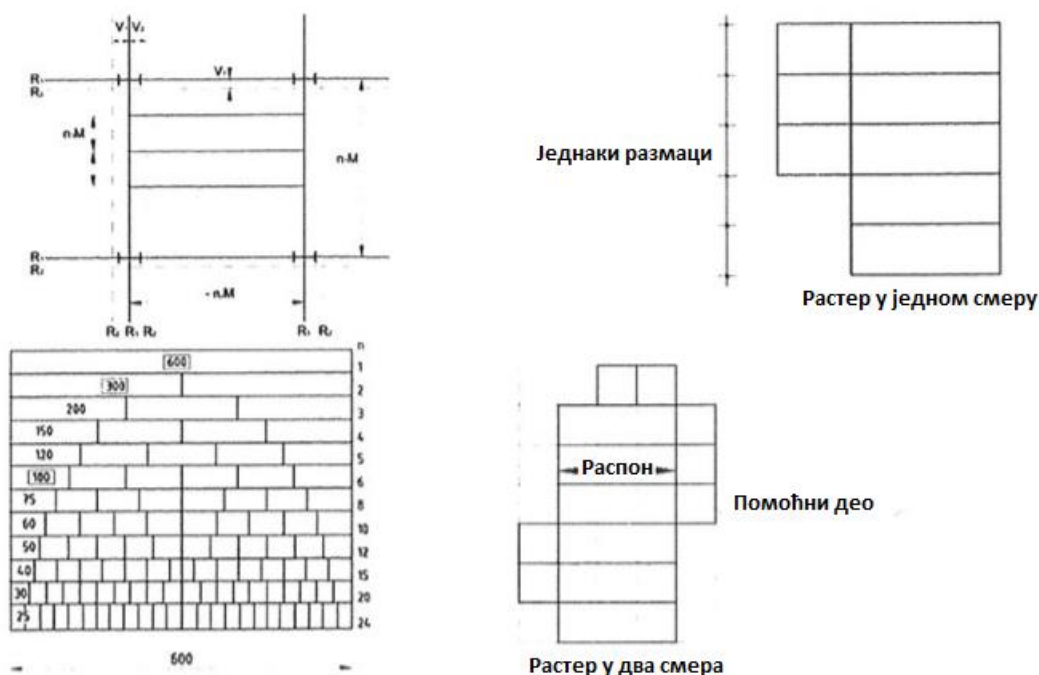


Слика 2.1. Модуларни начин пројектовања хала [7]

Основне димензије носеће конструкције хале су;

- распон главне носеће конструкције [L]
- висина хале [H]
- размак (растер) главне носеће конструкције [l]

Растер главних стубова је: $n1 \times M$ и $n2 \times M$, када се пројектују хале и складишта, а најчешће се примењују растер од 7,20m или 8,40 m.



Слика 2.3. Модуларни начин пројектовања за главни носећи систем и за секундарне елементе [7]

Распон хале је у функцији распона мосне дизалице L_D , а висина од коте шине. [7]

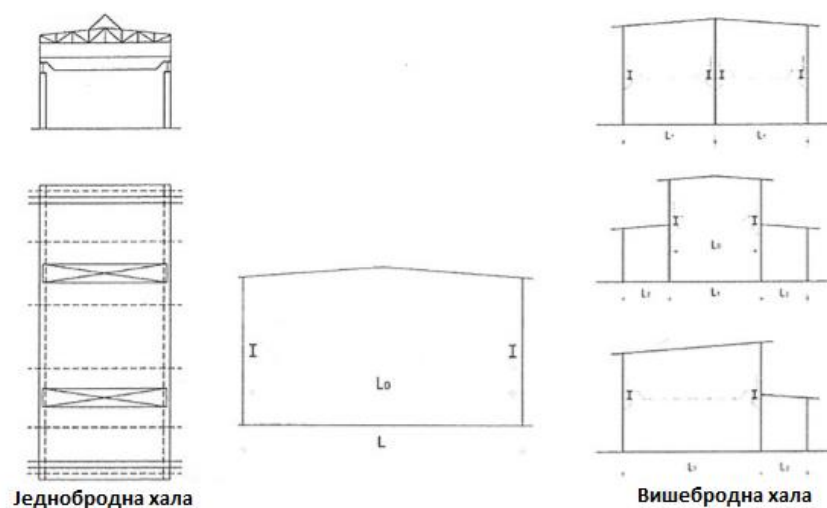
2.4. ДИСПОЗИЦИЈЕ ХАЛЕ И СКЛАДИШТА

Пројектом једног индустријског објекта доказује се носивост, стабилност и употребљивост сваког саставног елемента конструкције, као и целокупног објекта. Не сме се заборавити да објекат пре свега мора бити стабилан и функционалан из разлога што се гради као саставни део намењен испуњавању одређеног задатка. Организација рада у објекту хале базира се на захтевима производње у њој. Хала тада мора да буде у функцији заштите радне снаге од спољашњих и климатских утицаја. Конструкција хале осигурава пријем и пренос оптерећења од транспортних средстава и технолошких уређаја. [7]

Диспозиционо решење хале:

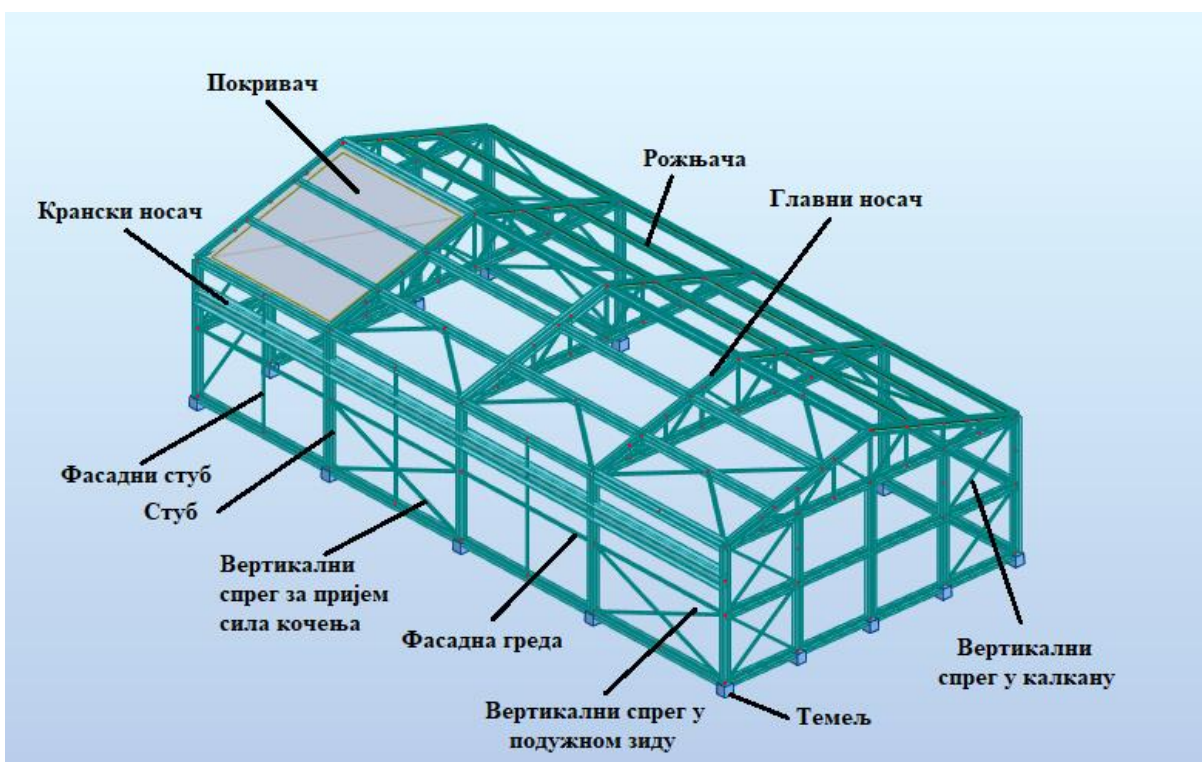
- хала - зграда формирана од једног или више бродова
- брод - парцијални део хале формиран низом парова паралелних стубова
- поље - део брода ограничен са наспрамним паровима стубова

На слици 2.4 приказана је шема - диспозиција уређења једнобродне, двобродне, односно вишебродне хале.



Слика 2.4. Шематски приказ уређења једнобродне, односно вишебродне хале распона L [7]

Конструкција хале је сложен просторни систем формиран од низа носећих елемената и склопова (слика 2.5).



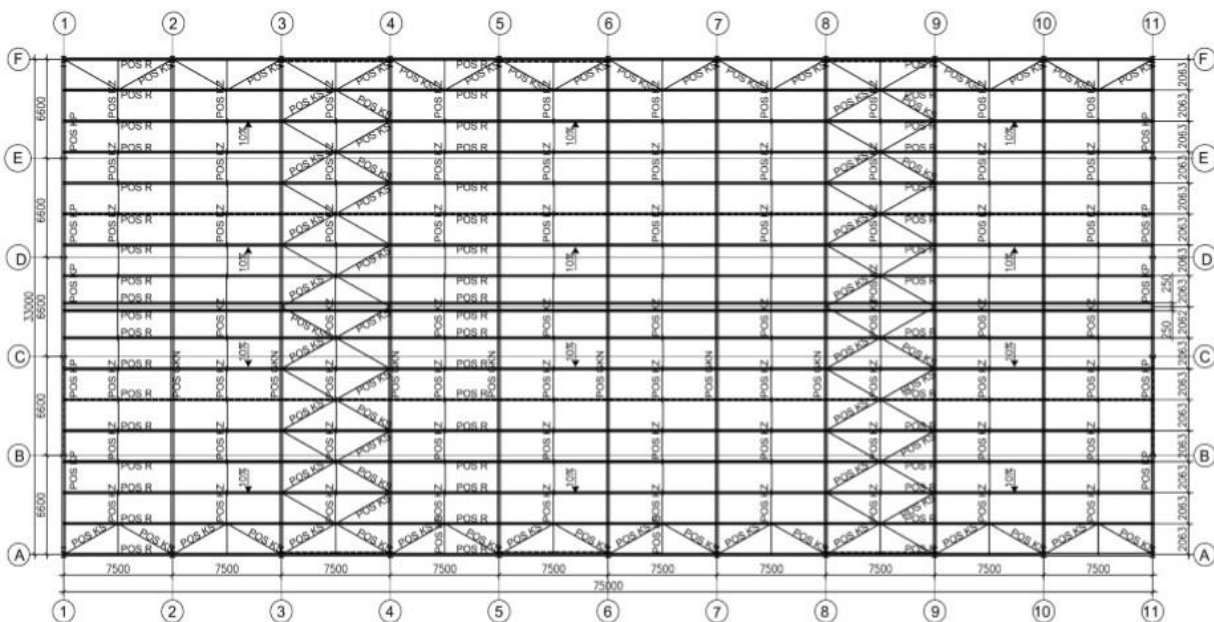
Слика 2.5. Пример типичне хале са основним елементима конструкције

Подела на главне конструкционе целине:

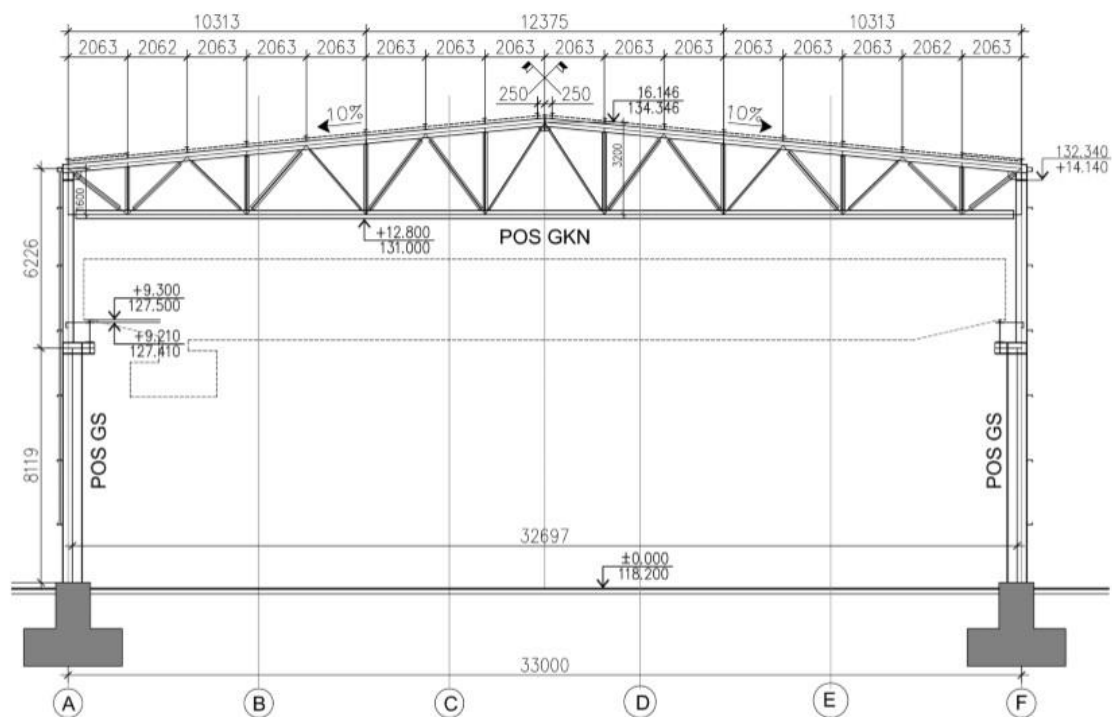
- кровна конструкција
- главни стубови са системом за анкеровање
- конструкција обимних и евентуално преградних зидова
- спрегови
 - кровни
 - вертикални
 - хоризонтални

Диспозиција конструкције треба да садржи све основе и просеке којима се дефинишу елементи хале:

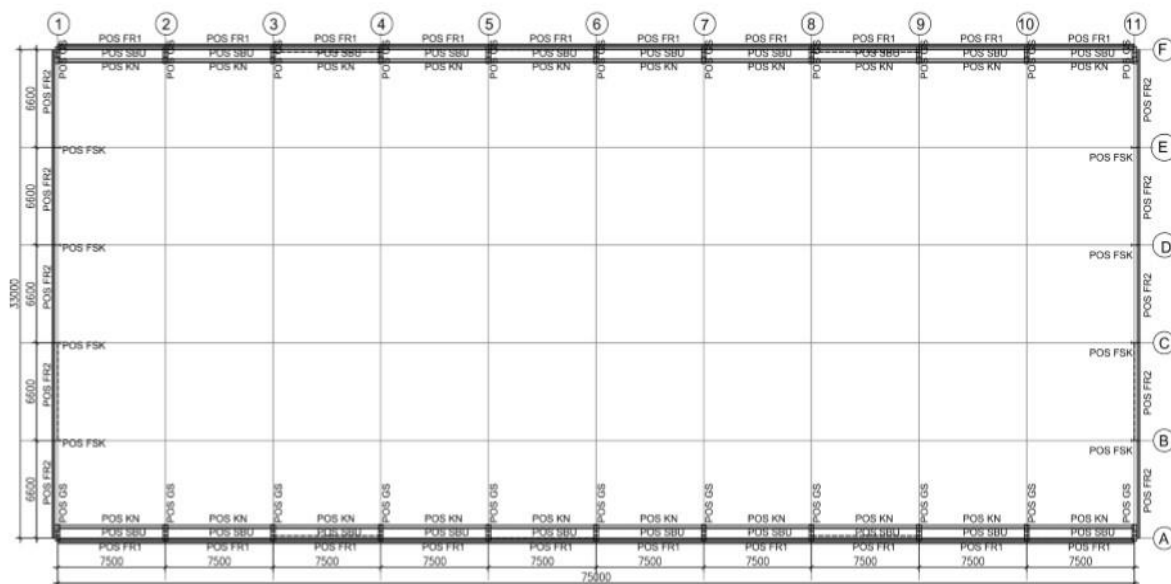
- основа крова (слика 2.6.)
- попречни пресеци (слика 2.7.)
 - на месту типског главног рама
 - на местима специфичних главних рамова (ако постоје)
 - на местима калканских зидова
- продужни пресеци који приказују
- основа на коти ГИШ-а (слика 2.8.)



Слика 2.6. Основа кровне конструкције [7]



Слика 2.7. Попречни пресек конструкције [7]



Слика 2.8. Основа на коти ГИШ-а [7]

2.5. ЕЛЕМЕНТИ НОСЕЋЕ ЧЕЛИЧНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ХАЛЕ

Носећу конструкцију хале представља просторни систем свих примарних и секундарних конструктивних елемената. Током статичког прорачуна, систем се рашчлањује на поједине независне подсклопове раванских система и сваки подсклоп треба да буде аутостабилан и довољно недеформабилан. [7]

Кровну носећу конструкцију углавном формирају:

- главни попрачни носачи (везачи)
- рожњаче
- међувезачи
- подвлаке у калканском зиду

Вертикални елементи су у виду главних стубова константног или степенасто променљивог пресека, са системима за анкеровање.

Калканса конструкција и конструкција подужних зидова су у облику стубова, међустубова и попречних носача. У прорачуну крутост подсклопова се проверава спреговима или укрућењима која се постављају тако да обезбеде стабилност конструкције. У пракси најчешће се налазе у кровној равни, у угловима калканских односно подужних зидова). Општа диспозиција хале представља графичку презентацију свих носећих конструктивних елемената једне индустријске хале у размери 1:100.

Приликом одређивања диспозиционог решења води се рачуна о броју појединих елемената или подсклопова односно о укупном утрошку челичног материјала. У зависности да ли у хали постоји мосна дизалица или не, њена носивост одређује врсту, лаку или тешку. У табели 2.4. дате су процентуалне вредности појединих подсклопова хале.

Табела 2.4. Учесће подсклопова хале у процентима [7]

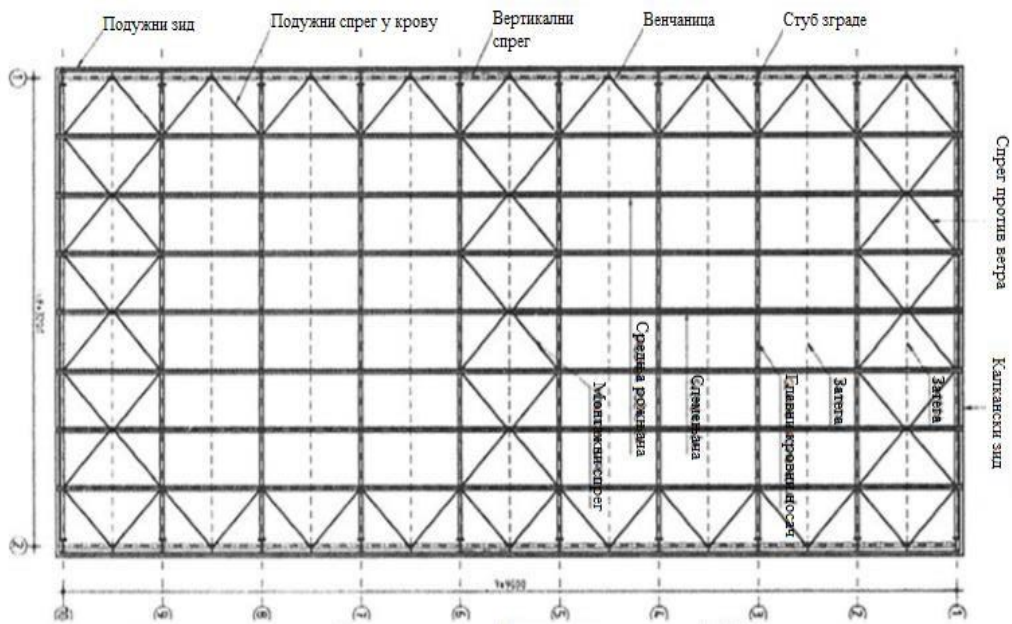
подсклопови/ хале	лаке (%)	тешке (%)
кровна конструкција са спреговима	до 60 %	до 20 %
кранске стазе	до 10 %	до 40 %
главни стубови са анкерима	до 15 %	до 35 %
обимни зидови са спреговима	до 15 %	до 5 %

Конструкција се састроји од одређеног броја конструктивних елемената, означених од позиције 1 до позиције n , приказано на табели 2.5.

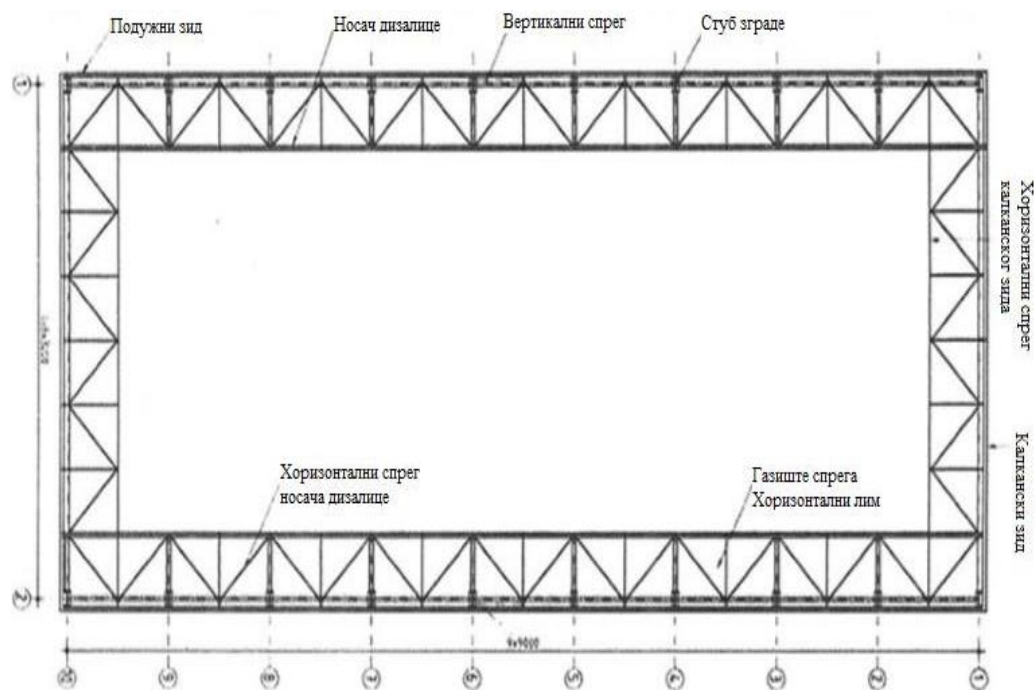
Табела 2.5. Основни елементи – позиције индустријске хале [7]

ПОЗ.	Опис позиције – носећег елемента	ПОЗ.	Опис позиције- носећег елемента
1.	Кровни покривач	12.	Вертикални спрег у подужном зиду
2.	Међурожњаче	13.	Главни стубови хале
3.	Слемењача	14.	Међустубови и риглеу подужном зиду
4.	Венчаница	15.	Калкански стубови и рингле
5.	Затеге	16.	Хоризонтални спрег уз калкан
6.	Попречни спрег претив ветра уз калкан у равни горњег појаса кровног носача	17.	Вертикални спрег у подужном зиду
7.	Монтажни или статички спрег у равни горњег појаса кровног носача	18.	Вертикални спрег у калканском зиду
8.	Продужни кровни спрег у равни горњег појаса кровног носача	19.	Темељи главног стуба
9.	Главни кровни носач	20.	Темељи секундарних стубова у подужном зиду
10.	Крански носачи – носачи мостне дизалице	21.	Сокла - парапет у подужном зиду
11.	Спрег за пријем бочних удара у висини горњег појаса кранског носача	22.	Темељи секундарних стубова калканског зида

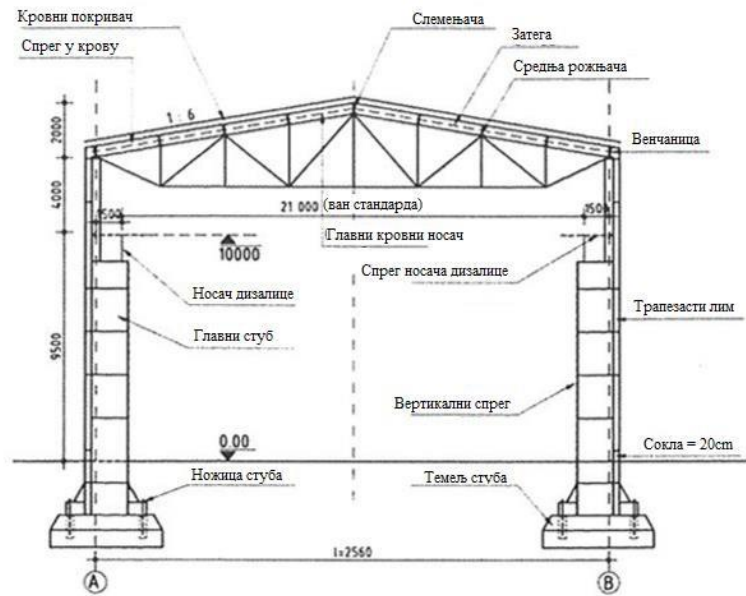
На сликама 2.9, 2.10, 2.11, 2.12 и 2.13 приказане су позиције једнобродне хале.



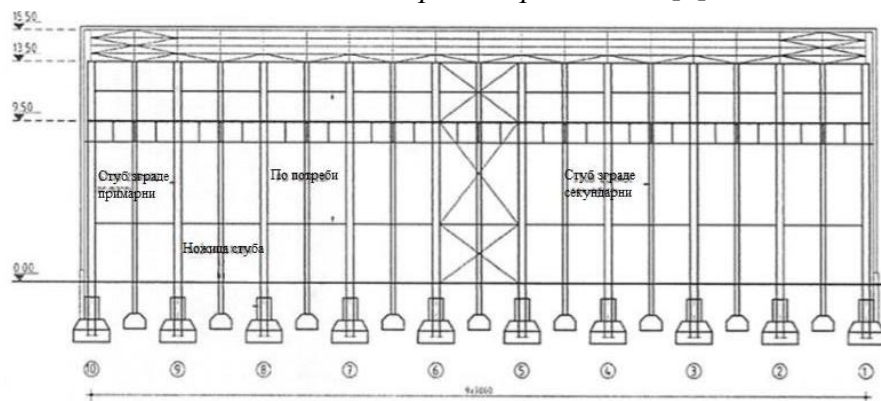
Слика 2.9.Основа кровне конструкције [7]



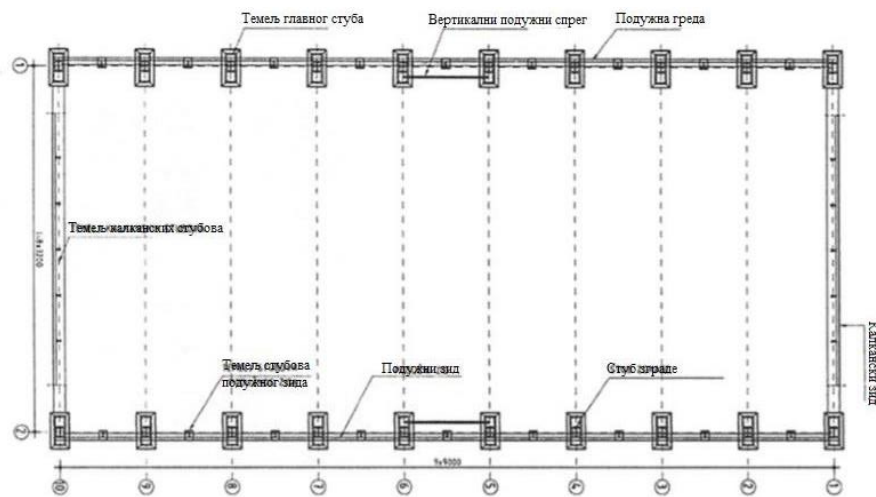
Слика 2.10. *Основа носача мостне дизалице [7]*



Слика 2.11. Попречни пресек хале [7]



Слика 2.12. Подужни пресек хале [7]



Слика 2.13. Основа темеља хале [7]

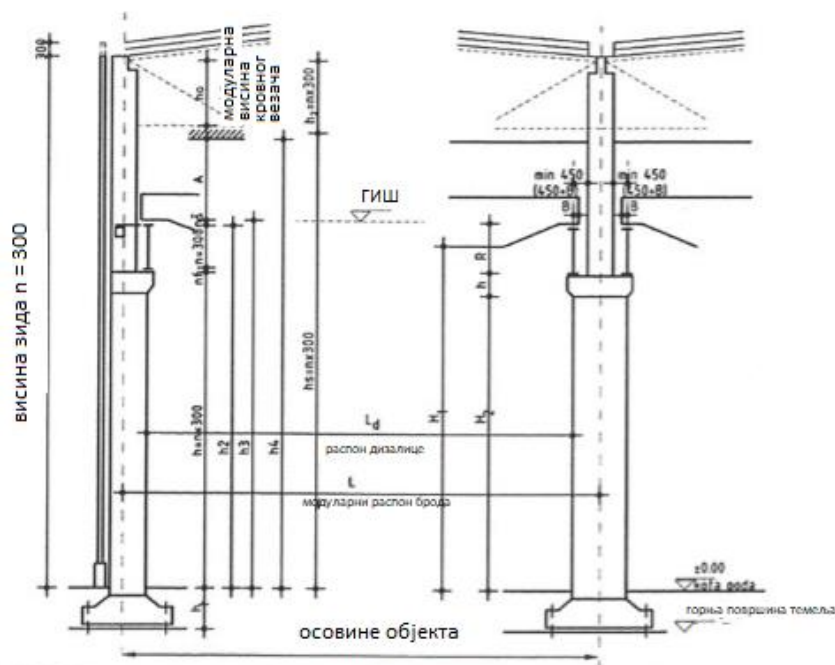
Распон хале се одређује у односу на распон мосне дизалице L_D , заштитним растојањем од осе ширине до ивице горњег дела стуба (мин. 450 mm) и дебелином горњег дела стуба b .

$$L = L_D + 2 \times 450 + 2 \times b/2 = L_D + 900 + b$$

На пример за $L_D = 22,0 \text{ m}$

$$L = 22000 + 900 + 500 + 23400 \text{ mm}$$

Висина ивичног стуба хале h_{sj} у функцији усвојене коте горње ивице шине ГИШ –а. Ова мера зависи од технолошких поступака. На слици 2.14. приказано је одређивање висине стуба са основним габаритним димензијама.



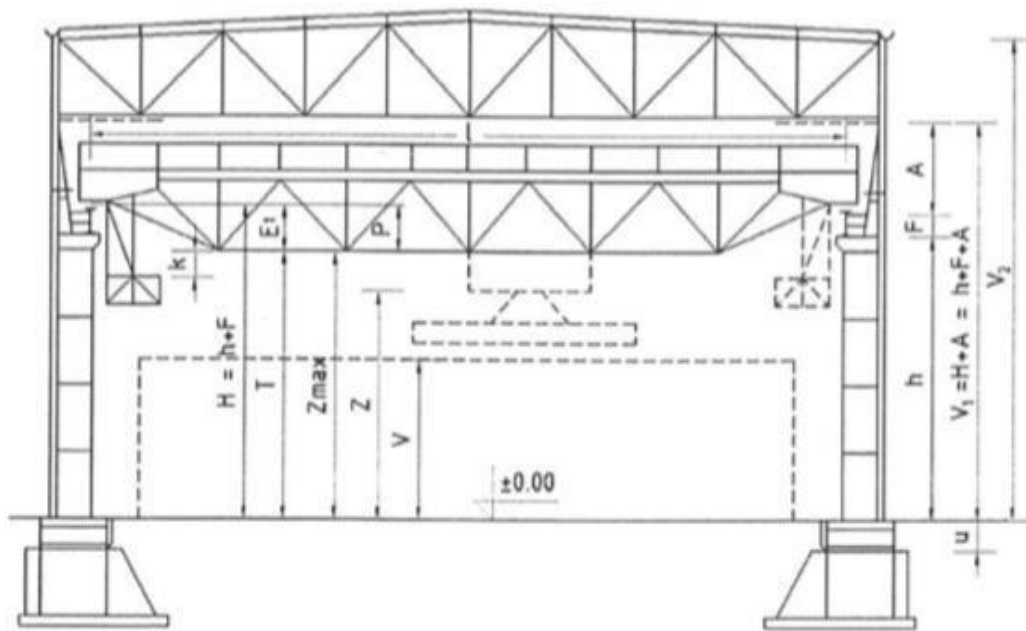
Слика 2.14. Параметри за одређивања попречног пресека и висине хале у модулу [7]

Основне габаритне мере једнобродне хале са мостном дизалицом распона L_D приказане су на слици 2.15. [7]

Коте које одређују висину хале:

- H – висина ГИШ-а носача дизалице
- T – потребна слободна висина до доње ивице мостне дизалице
- Z – предпостављена уобичајна висина куке
- Z_{max} – највиша употребљива висина дизања куке
- P – удаљеност највише тачке куке до горње ивице носача дизалице
- V – највећа висина дизања предмета
- E_1 – удаљеност доње ивице моста дизалице до шине
- K – удаљеност доње ивице кабине од доње ивице моста дизалице

- F – конструктивна висина носача дизалице
- A – проходна висина дизалице
- H – слободна висина доње ивице носача дизалице
- V_1 – чиста висина хале
- V_2 – висина олука
- u – дубина до доње ивице челичне стопе стуба



Слика 2.15. Одређивање основних габатина једнобродне хале[7]

2.6. ТРАНСПОРТ У ХАЛИ

У свакој индустријској хали као што су постројења у црној и обојеној металургији, металопрерађивачкој индустрији или магацинима, неопходне су дизалице, технолошке или ремонтне, као једноставно средство транспорта или манипулације материјала и опреме у вертикалној и хоризонталној равни. Носивости дизалица крећу се у широким границама од 0.5 тона све до 300 тона, а у посебним случајевима до 400 тона. Обликовање носеће конструкције индустријског објекта у великој мери зависи од познавања дизалица које се уграђују у постројење. Дизалице се могу поделити у следеће три групе: [7]

- мостне дизалице (слика 2.16.)
- конзолне дизалице (слика 2.17.)
- једношинске дизалице (монореји)

Предност код примене надземних транспортних средстава даје се мосним дизалицама које се крећу по стазама на висини. При овоме оне остављају слободну површину пода хале тако да су рад и саобраћај неометани.



Слика 2.16. Мосна дизалица JMD 16,3 t / 16,8 t [8]

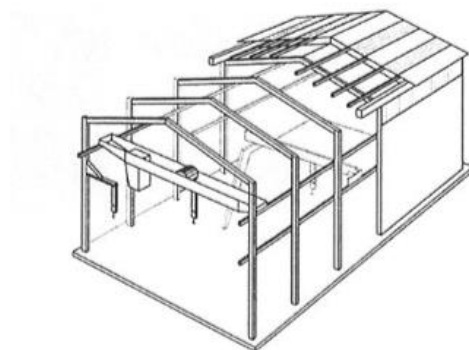


Слика 2.17. Конзолна дизалица [8]

Слободни простори у грађевинском објекту за уграђивање мосних дизалица прописани су домаћим стандардом JUS M.D1.030/1968, у коме су најважније следеће ставке: [7]

- слободан простор изнад дизалице која нема платформу на мосту и на возном витлу, мора имати висину од најмање 100 mm, што се код висећих дизалица може смањити на 70 mm,
- изнад дизалица које имају платформу на мосту и на возном витлу слободан простор изнад највишег дела возног витла мора имати висину најмање 500 mm,
- слободан простор поред дизалице мора имати ширину најмање 100 mm,
- висина слободног простора изнад платформе на мосту мора бити најмање 1800 mm,
- дуж стазе дизалице, по читавој дужини, мора бити уграђена пешачка платформа ширине око 600 mm, а на најужем делу минимално 400 mm.

Пример мосне дизалице са кранским носачем приказан је на слици 2.18.



Слика 2.18. Мосна дизалица са кранским носачем [7]

3. ДЕЈСТВА НА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

3.1. СТАЛНА ОПТЕРЕЋЕЊА НОСЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Стална деловања (G) су утицаји код којих је промена вредности у односу на средњу вредност, зависно од времена, занемарљиво мала. У ову групу деловања спадају:

- сопствена тежина конструкције
- тежина неносивих елемената конструкције
- притисак тла
- утицаји настали услед слегања ослонца
- деформације настале услед заваривања
- скупљање бетона

Вредност сталног оптерећења је условљена обликом и димензијама конструкције као и запреминском масом материјала од ког су одређени делови конструкције израђени. У стално оптерећење код носећих конструкција хале спадају сопствена тежина конструкције и тежине осталих носивих и неносивих елемената конструкције. Комбинацијом утицаја ових елемената добија се стално оптерећење објекта.

Ако се тежина кровног покривача обележи са g_p , тада при нагибу крова α^0 на m^2 основе крова делује једнакоподељено оптерећење:

$g_p = g / \cos \alpha$, из чега се закључује да се оптерећење g_p повећава са нагибом кровне равни.

При прорачуну сопствене тежине користе се апроксимативне вредности дате у табелама или аналитичким изразима за приближну процену. У табели 3.1. приказане су вредности утрошка челика по m^2 и m^3 изведених хала као и основни параметри који утичу на утрошак челика у једнобрдној хали и њихово значење. [9]

L – распон главног носача у m

H – висина венца хале у m

Q – носивост мосне дизалице

l – размак главних попречних носача – везача у m

k_1 – утрошак челика за целу халу у kg/m^2

k_2 – утрошак челика за целу халу у kg/m^3

g_r – утрошак челика за рожњачеу kg/m^2

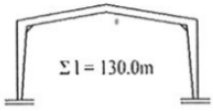
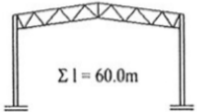
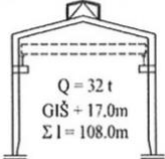
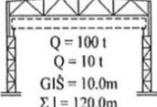
g_k – утрошак челика за кранске стазеу kg/m^2

g_z – утрошак челика за конструкцију обимних зидовау kg/m^2

g_s – утрошак челика за спреговеу kg/m^2

g_{ss} – утрошак челика за главне носачеу kg/m^2

Tabela 3.1. Утрошак челика по m^2 и m^3 изведених хала[9]

Ред. Бр.	Скица конструкције	Опис конструкције	k_1	k_2	g_r	g_k	g_{ss}	g_z	g_s
1		Оквир са два зглоба Кровнипокривач и фасадна облога <i>Fe</i> таласаста лим Рожњаче са косницима: $L = 30 \text{ m}$ $H = 5,4 \text{ m}$ $l = 10 \text{ m}$	42,3	6,88	11,22	-	21	8	2,1
2		Решеткаста ригла на укљештеним пуним стубовима. Рожњаче су просте греде. Кровнипокривач и фасадна облога <i>Фесендвич</i> : $L = 25 \text{ m}$ $H = 6 \text{ m}$ $l = 6 \text{ m}$	43	6,61	10	-	16	14	3
3		Оквир на два зглоба Кровнипокривач и фасадна облога <i>Фесендвич</i> : $L = 22 \text{ m}$ $H = 22 \text{ m}$ $l = 9 \text{ m}$	189,8	9,84	14,6	31	108,6	22,6	11
4		Кровни покривач <i>siporex</i> плоче. Фасада од опеке. Рожњаче “ <i>R</i> ” $L = 26 \text{ m}$ $H = 16,4 \text{ m}$ $l = 10 \text{ m}$	137,2	8,6	8,5	35,5	63	22,2	8

3.2. ОПТЕРЕЋЕЊЕ НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ СНЕГОМ

Носеће конструкције се проверавају на могућност појаве снега и леда. Снег спада у променљива, непокретна дејства, статичке природе. Његово дејство треба да се разматра у свим сталним и пролазним прорачунским ситуацијама. У одређеним ситуацијама када постоји реална опасност од великих падавина или нагомилавања снега, такво дејство снега треба третира као инцидентно дејство, по правилима за инцидентне прорачунске ситуације.

Оптерећење снегом рачуна се као мирно једнако подељено оптерећење на посматраној површини са величином за прорачун која зависи од географских и метеоролошких услова. Прорачунска вредност оптерећења снегом “ s ” узима се као да делује на хоризонталну површину. Густина снега варира у зависности од доба године, надморске висине, географског подручја, итд. Из наведених разлога дата је просечна запреминска тежина снега која износи $\gamma_s = 1,25 \text{ kN/m}^3$. [9]

За локације где су могуће изузетне снежне падавине, прорачунска вредност изузетног оптерећења од снега на тло S_{AD} треба да се одреди на следећи начин:

$S_{AD} = C_{esl} S_k S_k$ – карактеристична вредност оптерећења од снега на тло за разматрану локацију

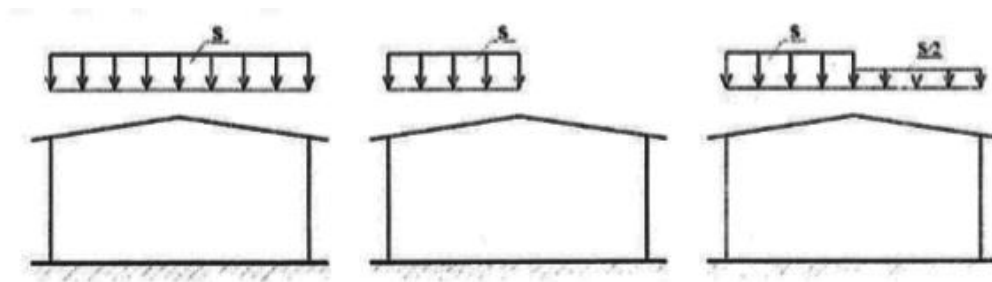
C_{esl} – коефицијент за изузетна дејства снега, чија вредност може да буде прописана у Националном прилогу. Еврокод препоручује: $C_{esl} = 2$.

Код нагиба кровних равни $\alpha = 20^\circ$, оптерећење снегом на 1 m^2 површине основе узима се према табели 3.2.

Табела 3.2. Интензитет оптерећења снегом у kN/m^2 [9]

Угао α° нагиба кровне равни	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	Преко 60°
Оптерећење снегом у kN/m^2	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30

Снег на крову треба узети као једнако подељено оптерећење, које може оптеретити цео распон крова, пола распона или пола распона са пуним интензитетом оптерећења, а пола са једном половином, као што је приказано на слици 3.1.



Слика 3.1. Шеме оптерећења снегом [9]

Према Еврокоду треба разликовати три потенцијалне инцидентне ситуације у зависности од инцидента који проузрокује изузетна дејства снега:

- инцидентне снежне падавине
- инцидентни снежни наноси (нагомилавање снега)
- инцидентне снежне падавине и нагомилавање снега

У Националном прилогу треба да се дефинишу случајеви када је потребно да се разматрају инцидентна дејства снега и која од наведених инцидентних ситуација треба да се анализира.

3.3. ТЕМПЕРАТУРНИ УТИЦАЈИ

Деловање променетемпературе зависи од:

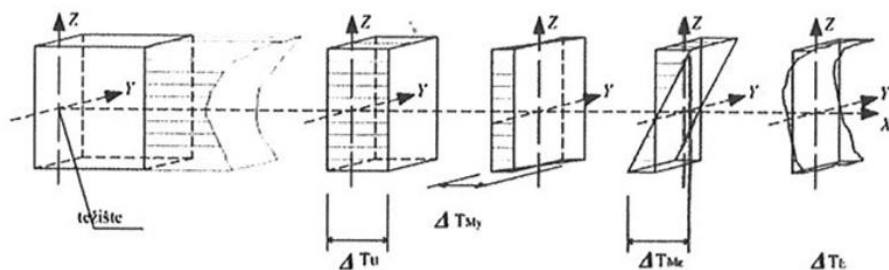
- врсте материјала,
- статичког система носача,
- заштићености
- структуре конструкције

Деловање промене температуре, може бити уједначено и неуједначено у односу на посматрани део конструкције. Овакво дејствено се манифестује појавом напона у конструкцији кад су потпуно или делимично спречена померања изазвана изазвана променом температуре. По правилу, деовољно је истражити стање при екстремним условима, а утицај промене температуре треба увести у прорачун као допунско оптерећење. Код конструкција које су осетљиве на промене утицаја температуре у прорачун се мора увести: изложеност конструкције сунцу, боја спољашњих површина конструкције, а затим напони који су се појавили у конструкцији. Велика разлика у температури карактеристична је у свим деловима објекта за време монтаже, а у процесу експлоатације само за делове изложене спољашњој температури. [9]

Приликом прорачуна челичних конструкција изложених температурним променама по правилу треба узети у обзир осцилације температуре изнад и испод средње локалне температуре локалне месне температуре и о тој разлици треба водити рачуна уколико је у питању конструкција која се може слободно ширити.

Према Еврокоду 1 EN 1991-1-5:2003, део термичког дејства је приказан на слици 3.2., где су главне компоненте:

- компонента равномерне температуре ΔT_u
- компонента линеарно променљиве температурне разлике ΔT_{My} око осе z-z
- компонента линеарно променљиве температурне разлике ΔT_{Mu} око осе y-y
- компонента нелинеарне температурне разлике ΔT_{Δ} ; ово условљава равнотежу напона у пресеку који не производе утицаје у елементима.



Слика 3.2. Утицај температуре у попречном пресеку носача[9]

3.4. СЕИЗМИЧКА ДЕЈСТВА НА НОСЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Основни циљ пројектовања у сеизмички активним подручјима је да се приликом земљотреса сачувају људски животи, минимализује материјална штета и обезбеди да објекти који су од виталног значаја за функционисање друштва након земљотреса остану у употребљивом стању. Имајући у виду да је природа земљотреса непредвидива, као и ограничене могућности супростављања утицајима земљотреса, остваривање наведених циљева је могуће само у домену вероватноће.

Грађевинске конструкције се пројектују тако да се са одговарајућим степеном вероватноће могу супроставити земљотресу чији се интензитет одређује на основу оређеног повртаног периода што заправо значи да се апсолутна заштита од сеизмичких сила не може остварити. У сеизмичким подручјима конструкције морају да буду пројетоване и изведене на такав начин да се:

- спречи рушење објекта
- ограниче његова оштећења

Имајући у виду веома велики значај сеизмичких утицаја, као и велике људске жртве и материјалне штете које су током историје настајале услед разорних земљотреса, у европским нормама за конструкције је посебна пажња посвећена прорачуну конструкција у сеизмички активним подручјима. Овој проблематици Еврокод 8: “Прорачун сеизмички отпорних конструкција”, који је подељен на пет делова. Према Еврокоду 8 конструкција мора да буде пројектована и изведена да издржи сеизмичка дејства без локалног или глобалног рушења, односно да задржи капацитет носивости и после сеизмичког догађаја. Прорачунско сеизмичко дејство се изражава преко:

- **референтног сеизмичког дејства** које се одређује на основу вероватноће прекорачења у преиоду од **50** година P_{NCR} или повратног периода T_{NCR} .
- **фактора значаја** γ_I који узима у обзир разлике у нивоу поузданости за различите категорије објекта.

Сеизмичка дејстваносеће челичне конструкције одређују се према важећој техничкој регулативи. 1981. године донет је правилник о техничким нормативима за изградњу објекта високоградње у сеизмичким подручјима. Њиме су прописани технички нормативи за изградњу објекта високоградње у сеизмичким подручјима VII, VIII, IX степена сеизмичности.

Према правилнику укупна хоризонтална сеизмичка сила “ S ” одређује се према изразу:

$$S = K \cdot G$$

G – укупна тежина објекта

K – укупни сеизмички коефицијент за хоризонтални правац, који се рачуна према изразу:

$$K = K_O \cdot K_S \cdot K_d \cdot K_p$$

K_O – коефицијент категорије објекта

K_S – коефицијент сеизмичког интензитета

K_d – коефицијент динамичности

K_p – коефицијент дуктичности и пригушења

Коефицијент K не сме бити мањи од 0,02, што значи да минимално хоризонтално сеизмичко оптерећење износи 2% од укупне тежине објекта. [9]

4. РЕШЕТКАСТИ НОСАЧИ

4.1. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ РЕШЕТКАСТИХ НОСАЧА

Као резултат жеље да се добију носачи уз минимални утрошак материјала, настали су решеткасти носачи. Ова врста носача састроји се од међусобно повезаних појасних штапова иштапова испуне (дијагонале и вертикале) који формирају троугаону структуру. Штапови решеткастих носача су аксијално напрегнути, дијаграм нормалних напона је константан, па се може остварити боље искоришћење напона него код пуних носача. Отуда проистиле мањи утрошак материјала код решеткастих носача у односу на пуне носаче.

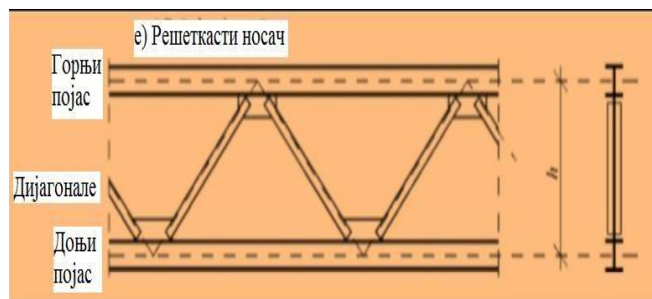
У металним конструкцијама решеткасти носачи се веома често користе и то како у зградарству тако и у мостogradњи. У зградарству се користе као: рожњаче, кровни носачи, подвлаке, подни носачи, крански носачи у индустријским халама итд.

Функција главних носача је пријем спољашњих оптерећења која делују на кров, кровни покривач и рожњаче (ако постоје) и њихово преношење на носеће стубове / зидове.

Током монтаже хала, мостова и других конструкција употребљавају се конструкције које се зову решетке. Пешетком се назива конструкција, која се састроји од међусобно повезаних појасних штапова и штапова испуне који формирају троугаону структуру. Зглобне везе код штапова називају се чворовима. [2]

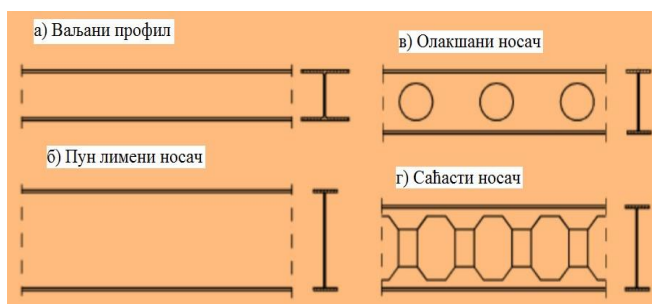
Врсте носача за израду носеће кровне конструкције:

1. Решеткасти носачи (слика 4.1.)



Слика 4.1. Решеткасти носачи [10]

2. Пуни носчи (слика 4.2.)



Слика 4.2. Пуни носачи [10]

3. Комбинација решеткастих и пуних носача

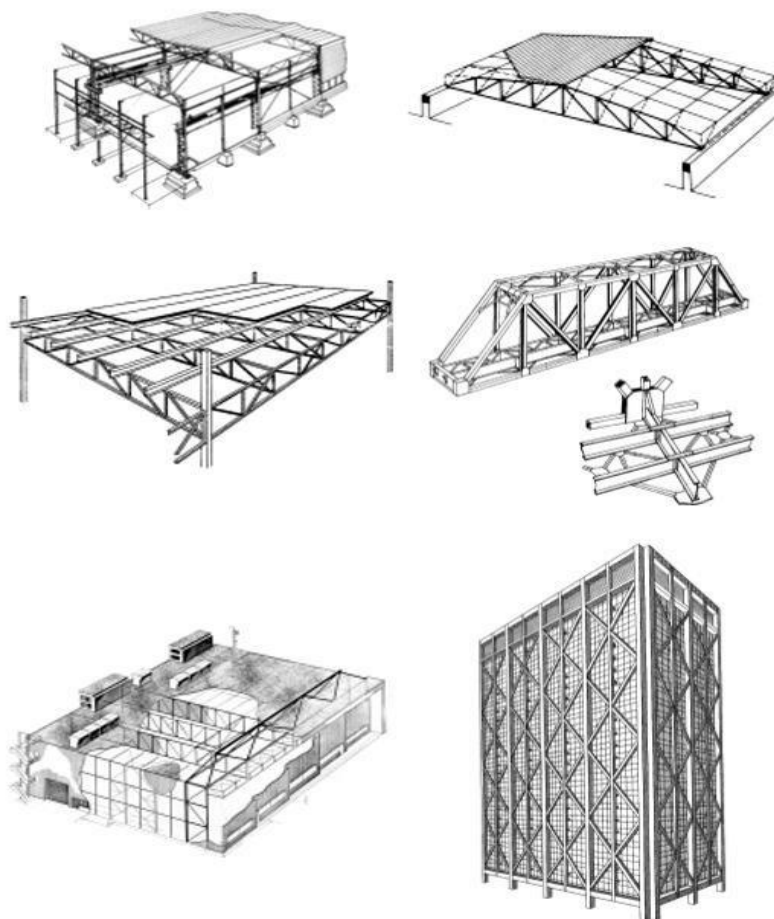
Предности решеткастих носача:

- мања тежина у односу на пуне и саћасте носаче;
- могућност премошћавања великих распона;
- боље искоришћење материјала у поређењу са пуним носачима (костантна расподела напона)
- пропуштају више светлости и могућност провођења инсталација
- боље искоришћење нормалних напона у односу на пуне носаче

Недостаци решеткастих носача:

- сложенија израда у односу на пуне носаче (вечи број радних операција)
- већа цена у односу на пуне носаче

На слици 4.3. може се видети разноликост димензија облика и просторног положаја решеткастих носача.

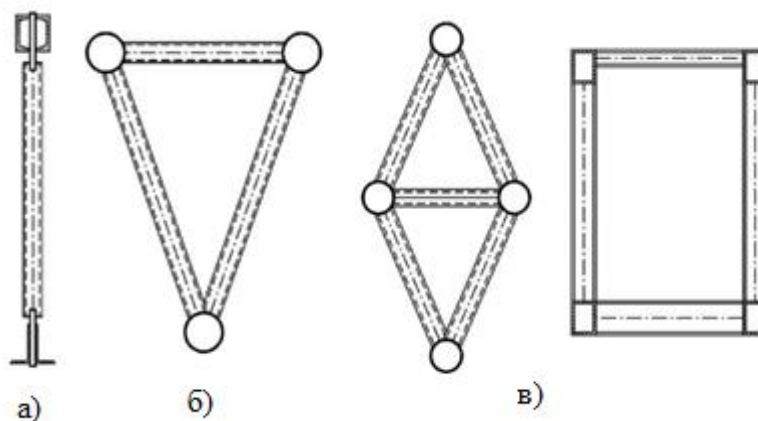


Слика 4.3. Примери коришћења решеткастих носача [2]

Подела решеткастих носача извршена је на основу различитих критеријума:

- прима броју појасева:
 - двопојасни
 - вишепојасни (тропијасни, четворопојасни,...)

Двопојасни носачи (слика 4.4.а.) се састоје од два појаса који су међусобно повезани штаповима испуне. Вишепојасни решеткасти носачи састоје се од више појаса. Најчешће се примењују носачи са три или четири појаса. Тропијасни решеткасти носачи (слика 4.4.б.) имају троугаони попречни пресек док су четворопојасни који су приказани на слици 4.4.в. углавном ромбоичног или трапезног попречног пресека.



Слика 4.4. Подела решеткастих носача према броју појасева [2]

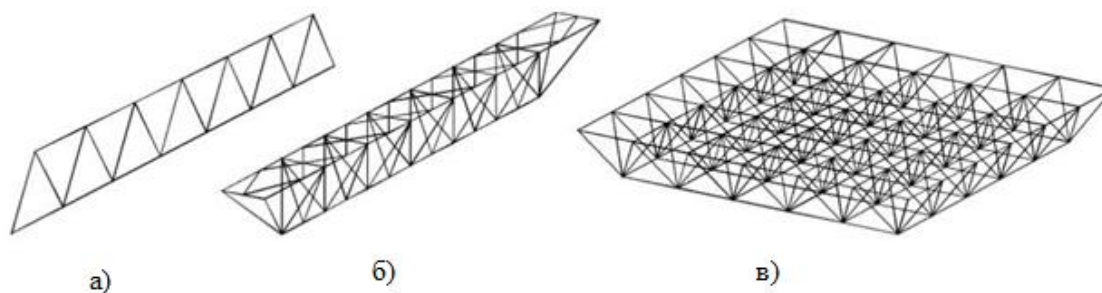
- према просторном облику
 - равански
 - просторни (линијски, површински)

Равански решеткасти носачи су носачи код којих системне линије свих штапова леже у једној равни. Према томе, равански решеткасти носачи имају два појаса, па се такође могу сврстати у двопојасне носаче (слика 4.5.а.).

Просторни решеткасти носачи су носачи код којих системне линије штапова не леже у једној равни већ формирају просторну структуру. Са статичког становишта просторни решеткасти носачи се могу поделити на линијске и површинске носаче

Линијски просторни решеткасти носачи имају једну димензију (дужину) која је доминантна у односу на друге две (ширину и висину попречног пресека) (слика 4.5.б.).

Код површинских просторних решеткастих носача доминантне су две димензије у односу на трећу - висину решеткастог носача (слика 4.5.в.).



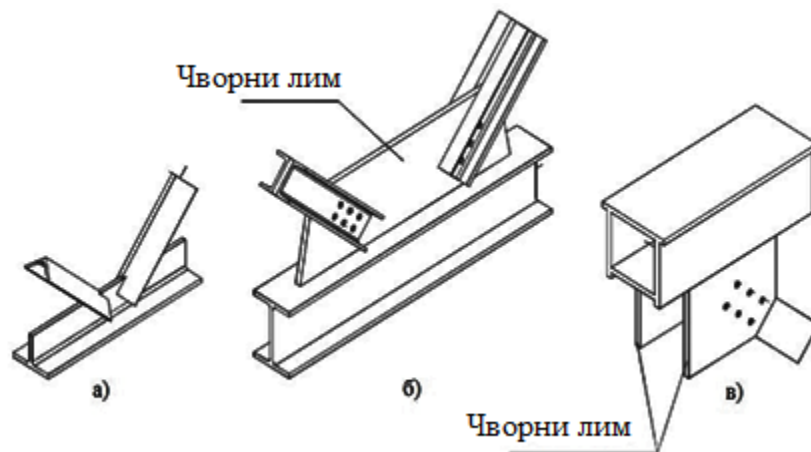
Слика 4.5. Подела решеткастих носача према просторном полижају [2]

- према интензитету оптерећења
 - лаки;
 - средње тешки;
 - тешки

Лаки решеткасти носачи се користе углавном у зградарству, када су оптерећења мирна и умереног интензитета. Израђују се најчешће од ваљаних L , T , U и евентуално I профила или хладно обликованих профила отвореног и затвореног попречног пресека (слика 4.6.а.).

Средње тешки решеткасти носачи се примењују за веће распоне и оптерећења значајно већег интензитета и то углавном као кровни и подни носачи или крански носачи у и. Као штапови оваквих решеткастих носача користе се претежно тешки ваљани профили (U , I , PE ,...) једноделног или вишеделног пресека (слика 4.6.б.).

Тешки решеткасти носачи се по правилу примењују код изузетно великих распона и оптерећења. Штапови тешких решеткастих носача се углавном изводе у завареној изради и то сандучастих, шеширастих или I попречних пресека (слика 4.6.в.). [2,7]



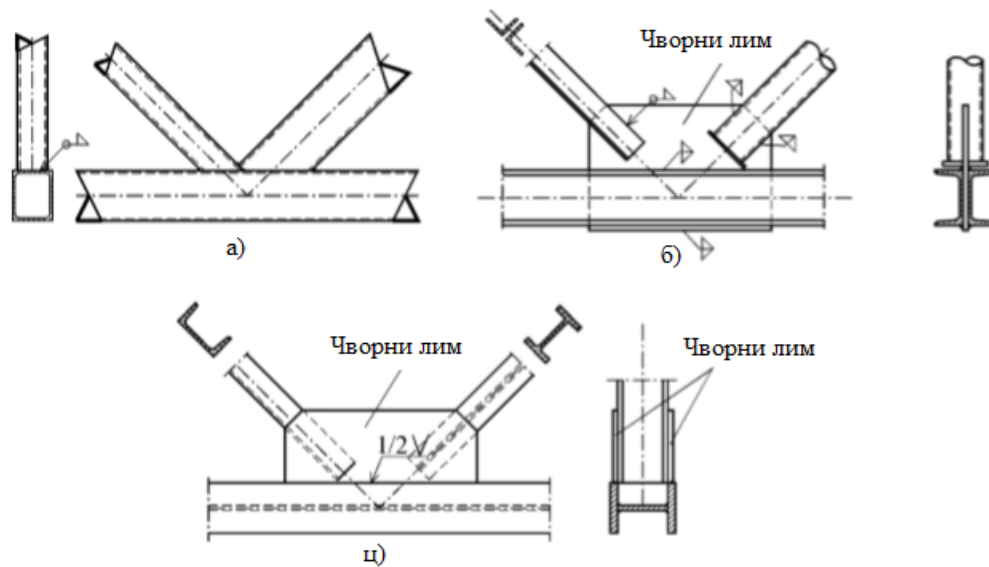
Слика 4.6. Подела решеткастих носача према интензитету напрезања [2]

- према обликовању чворова
 - без чворних лимова
 - са чворним лимовима (једнозидни, двозидни)

Решеткасти носачи без чворног лима су носачи код којих се веза у чвору остварује директним везивањем штапова испуне за појасне штапове, било завртњевима или заваривањем. Без чворног лима се најчешће израђују лаки решеткасти носачи, али се такође могу конструисати и средње тешки носачи од хладно обликованих профила затвореног (кружног или квадратног) попречног пресека (слика 4.7.а.).

Решеткасти носачи са чворним лимом су носачи код којих се штапови испуне за појасне штапове везују помоћу посебних, додатних лимова, који се називају чворни лимови. Решеткасти носачи код којих се за прикључак користи један чворни лим називају се једнозидни решеткасти носачи и примењују се за лаке и средње тешке носаче у зградарству. (слика 4.7.б.).

Када се веза остварује преко два чворна лима који леже у две паралелне равни, такви решеткасти носачи се називају двозидни решеткасти носачи (слика 4.7.в.).[2,7]



Слика 4.7. Подела решеткастих носача према начину обликовања чворног лима[2]

4.2. ОСНОВНА ПРАВИЛА ЗА КОНСТРУИСАЊЕ РЕШЕТКАСТИХ НОСАЧА

Током пријектовања решеткастих носача, односно приликом дефинисања мреже штапова решеткасте структуре, треба поштовати следећа правила: [2]

1. Спољашње оптерећење треба да се уноси у решеткасти носач по правилу у чворовима. На тај начин се избегава локално савијање појасних штапова, па су сви штапови изложени само дејству аксијалних сила. Међутим, код неких типова решеткастих носача, као што су на пример рожњаче, подни и крански носачи, ово правило не може да се испоштује.

2. Дужина притиснутих штапова треба да буде што мања, чиме се повећава отпорност притиснутих штапова на извијање. Смањење дужине притиснутог појаса може да се оствари додавањем нових штапова (чворова).

3. Углови под којима се сустичу штапови решеткастих носача треба да буду већи од 30° . У супротном, да би се оствариле везе неопходни су дугачки и неправилни чворни лимови, а саме везе су тешко приступачне и дугачке. Код решеткастих носача са простом дијагоналном испуном најповољније је да дијагонале са појасним штаповима заклапају угао од 60° . У случају решеткастих носача са вертикалама и дијагоналама, угао од 45° представља оптимално решење.

4. Штапови решеткастих носача треба да буду прави између чворова. У супротном јављају се моменти савијања у штаповима.

5. Монтажне наставке појасних штапова треба постављати непосредно уз чворове, са стране мање напрегнутог штапа. На овај начин монтажни наставци оптерећени су мањим силама.

6. Појасни штапови треба да буду прави у оквиру једног монтажног комада. На овај начин се избегавају релативно скупи радионички наставци.

4.3. ОБЛИЦИ ПОПРЕЧНИХ ПРЕСЕКА РЕШЕТКАСТИХ НОСАЧА

За штапове решеткастих носача користе се сви стандардни ваљани профили, како отвореног и затвореног попречног пресека тако и попречни пресеци образовани заваривањем. Избор попречног пресека зависи од :

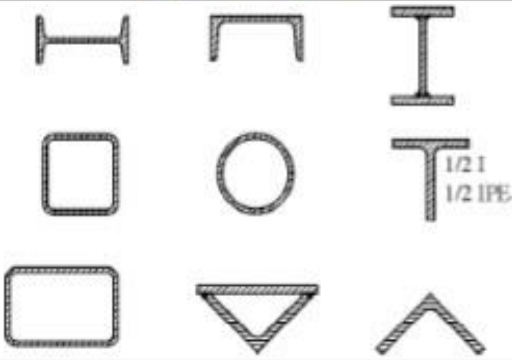
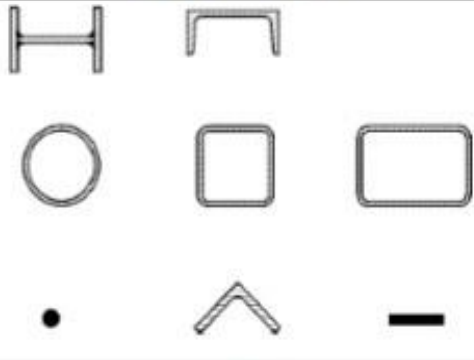
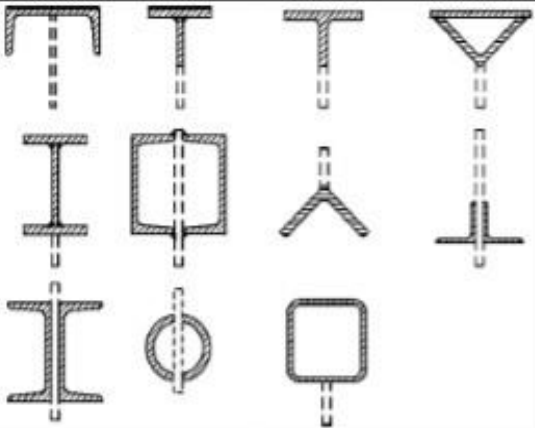
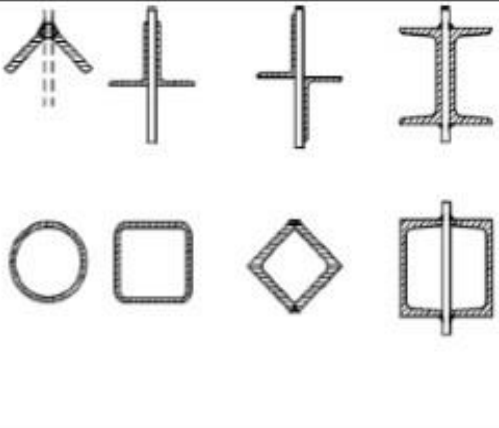
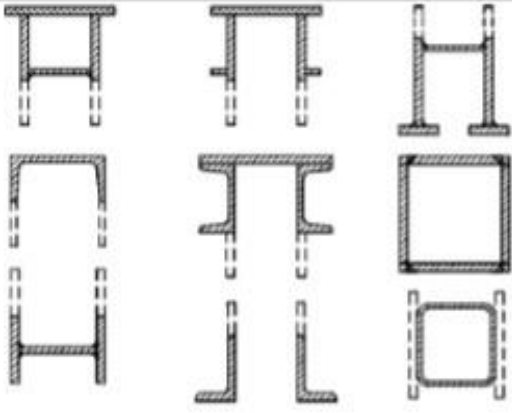
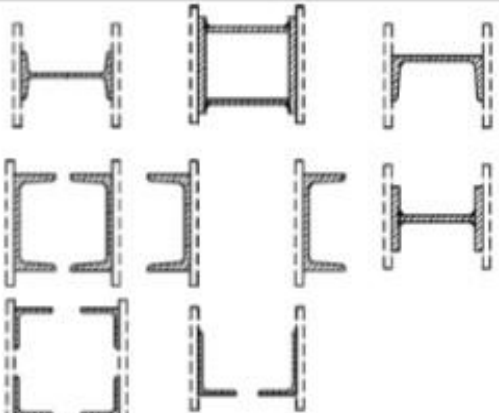
- интензитета напрезања,
- положаја штапа у конструкцији,
- начина конструкцијског обликовања
- предвиђене функције решеткастог носача.

Ваљани профили се користе као самостални, једноделни штапови или као саставни елементи вишеделних попречних пресека.

Облици попречних пресека који се углавном користе приказани су у табели 4.1.

Као појасни штапови код решеткастих носача без чворног лима (табела 4.1.а.) примењују се ваљани L , U и I (I , IPE , HEA , HEB и HEM) профили, шупљи профили кружног, квадратног или правоугаоног попречног пресека и I – прифили образовани заваривањем. Користе се и $1/2I$ профили добијени сечењем I – профила.

Табела 4.1. Облици попречних пресека штапова решеткастих носача [2]

	Појасни штапови	Штапови испуне
Решеткасти носачи без чворног лимба		
	a)	б)
Једнозидни решеткасти носачи		
	в)	г)
Двозидни решеткасти носачи		
	д)	е)

Штапови испуне код решеткастих носача без чворног лима (табела 4.1.б.) се директно заваривањем везују за појасне штапове. Примена механичких спојних средстава је могућа само када појасни штапови имају облик T – пресека чије ребро има довољну висину за правилно постављање завртњева.

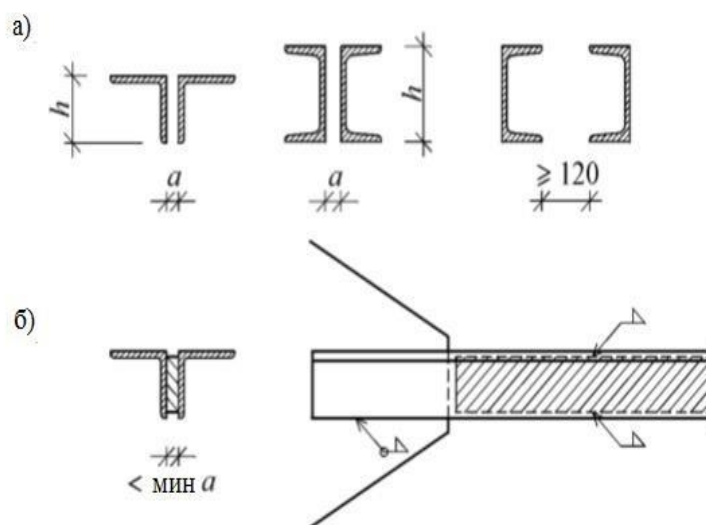
Код једнозидних решеткастих носача веза штапова испуне за појасне штапове се остварује индиректно преко чворног лима. Као појасни штапови (табела 4.1.в.) користе се стандардни ваљани производи, једноделног или вишеделног попречног песека и профили образовани заваривањем.

Чворни лим се за појасне штапове везује заваривањем или завртњевима што у пракси и није честа појава. Штапови испуне (табела 4.1.г.) су углавном ваљани L и U профили и шупљи пресеци кружног и квадратног попречног пресека.

Појасни штапови двозидних решеткастих носача (табела 4.1.д.) израђују се од ваљаних U , I и L профила једноделног и дводелног попречног пресека и сандучарских, пепирастих и I профила образованих заваривањем. По правилу, код мостовских решеткастих носача примењују се сандучасти и шеширасти попречни пресеци и дводелни попречни пресеци образовани од два U профила са или без ојачања.

Попречни пресеци штапова испуне двозидних решеткастих носача (табела 4.1.ђ.) обликују се тако да имају две паралелне равни преко којих се остварује веза са чворним лимовима. Укупна висина треба да одговара унутрашњем растојању између чворних лимова. Као затегнути штапови најчешће се примењују U – профили, ваљани или заварени I – профили и пресеци формиран од два једнакокрака или разнокрака L – профила.

Код вишеделних попречних пресека, без обзира да ли се ради о притиснутим или затегнутим штаповима, потребно је местимично повезивање самосталних елемената.



Слика 4.8. Конструктивне мере код вишеделних попречних пресека у корозионо агресивном окружењу [2]

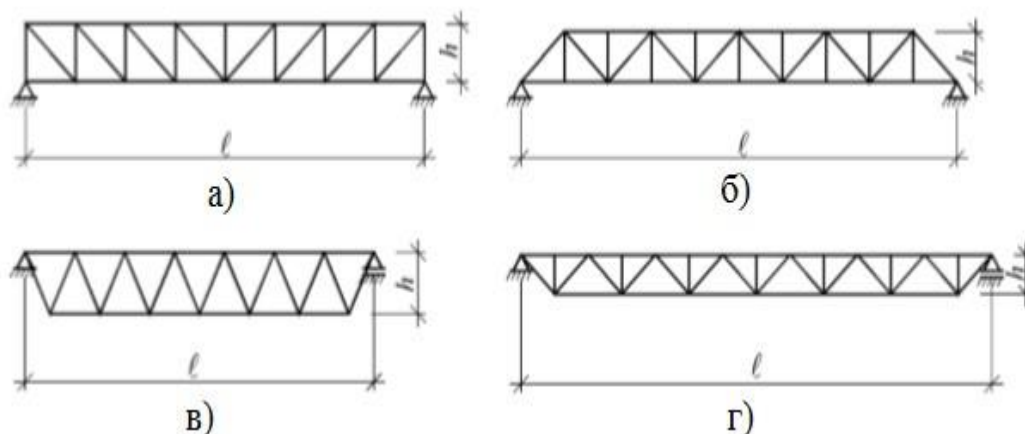
Код вишеделних штапова у склопу решеткастих носача који се налазе на отвореном простору (нпр. мостовски носачи) или у другим окружењима са повећаном корозионом активношћу, међупростор између вишеделних штапова мора да буде довољно широк, како би се омогућило наношење антикорозионих премаза при одржавању конструкције. У супротном овај међупростор треба испунити подметачем (слика 4.8.б). Овај проблем је присутан код вишеделних пресека код којих се самостални елементи налазе на блиском растојању. Између самосталних елемената прописује се минимално растојање (слика 4.8.). [2,7]

$$a \geq \begin{cases} h/6 \text{ или } 10 \text{ mm} & \text{у зградарству} \\ h/6 \text{ или } 15 \text{ mm} & \text{у мостоградњи} \end{cases}$$

4.4. ОБЛИЦИ И ДИМЕНЗИЈЕ РЕШЕТКАСТИХ НОСАЧА НОСЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

За решеткасте носаче углавном се користе статички системи као и код пуних носача. Најчешће се примењују просте греде, континуални носачи, конзоле и лучни носачи, а ређе Герберови носачи, чија је значајнија употреба везана за почетну фазу развоја челичних конструкција. У зависности од статичког система, функције носача, типа конструкције и интензитета оптерећења, решеткасти носачи имају различите облике и димензије. Њихов облик дефинисан је геометријом појасних штапова, односно спољашњом контуром носача.

Решеткасти носачи са паралелним појасевима могу да буду правоугаоног (слика 4.9.а.) или трапезасетог облика (слика 4.9.б.). У високоградњи се најчешће примењују као рожњаче, подни носачи, подвлаке, спрегови и крански носачи, а у мостоградњи као главни носачи и спрегови. [2,7]



Слика 4.9. Решеткасти носачи са паралелним појасевима [2]

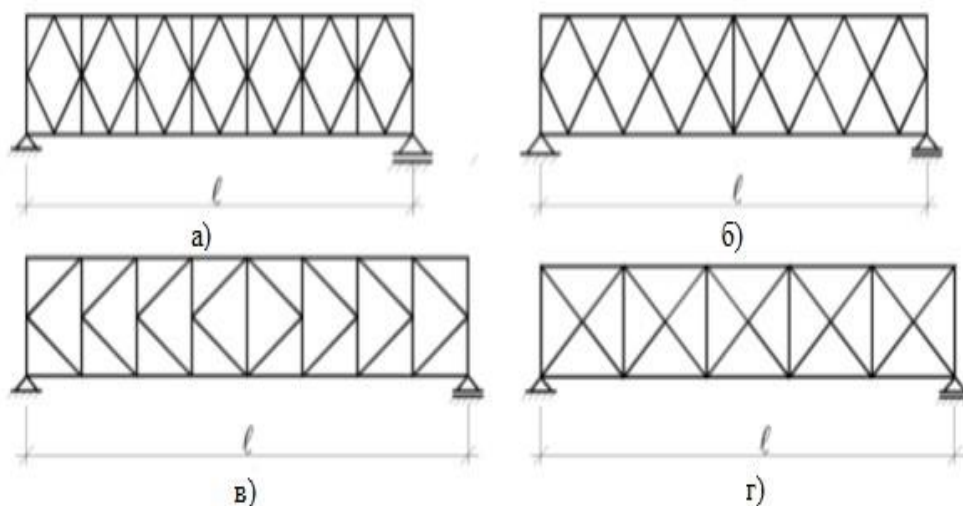
Диспозиција штапова испуна зависи од низа фактора као што су:

- распон носача
- висина носача
- положај и карактер оптерећења итд.

Када спољашње оптерећење не мења смер деловања, као што је случај са вертикалним гравитационим оптерећењем, дијагонале решеткастих носача са паралелним појасевима треба да падају према средини, симетрично са обе стране (слика 4.9.а.). На овај начин су све дијагонале затегнуте што је веома рационално са становишта утрошка материјала.

Најрационалнија примена просте решетки испуне, која је састављена искључиво од дијагонала (слика 4.9.в.). Иако је у овом случају свака друга дијагонала притиснута укупна тежина решетки носача је мања јер су изостављене вертикале.

Решеткастим носачима са простом троугаоном испуном често се додају вертикале (слика 4.9.г.), како би се смањила дужина извијања притиснутог појаса у равни решетки носача.



Слика 4.10. Решеткасти носачи са паралелним појасевима [2]

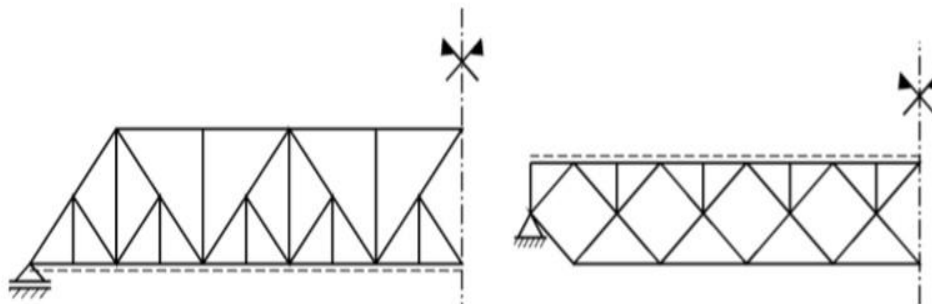
Решеткаста укрупњења – спреглови се готово искључиво изводе као носачи са паралелним појасевима. Најчешће се као спреглови користе решетки носачи са ромбоичном испуном, K – испуном или са укрштеним дијагоналама. Ромбоична испуна приказана на слици 4.10.а. се најчешће примењује за спреглове за пријем ветра код мостовских носача. Овакав облик испуне је посебно повољан, јер обезбеује продржавање притиснутих штапова придржавање притиснутих штапова у срединама распона, па је на тај начин дужина извијања притиснутог појаса једнака половини дужине штапа. [2,7]

Код спрегова са ромбоичном испуном могу да се изоставе вертикале изузев једне (обично средње) која обезбеђује стабилну троугаону структуру (4.10.б.).

Спрегови са K – испуном (слика 4.10.в.) поседују кратке штапове испуне што је веома битно са становишта отпорности на извијање.

Спрегови са укрштеним дијагоналама (слика 4.10.г) се примењују код претежно мирног оптерећења. Дијагонале се код оваквих спрегова димензионишу као затегнути штапови. Приметна укрштених дијагонала погодна је када је спрег изложен алтернативном оптерећењу. Из тог разлога овакви спрегови се називају алтернативни спрегови.

Код мостовских носача изузетно великих распона примењују се решеткасти носачи са секундарном испуном (слика 4.11).

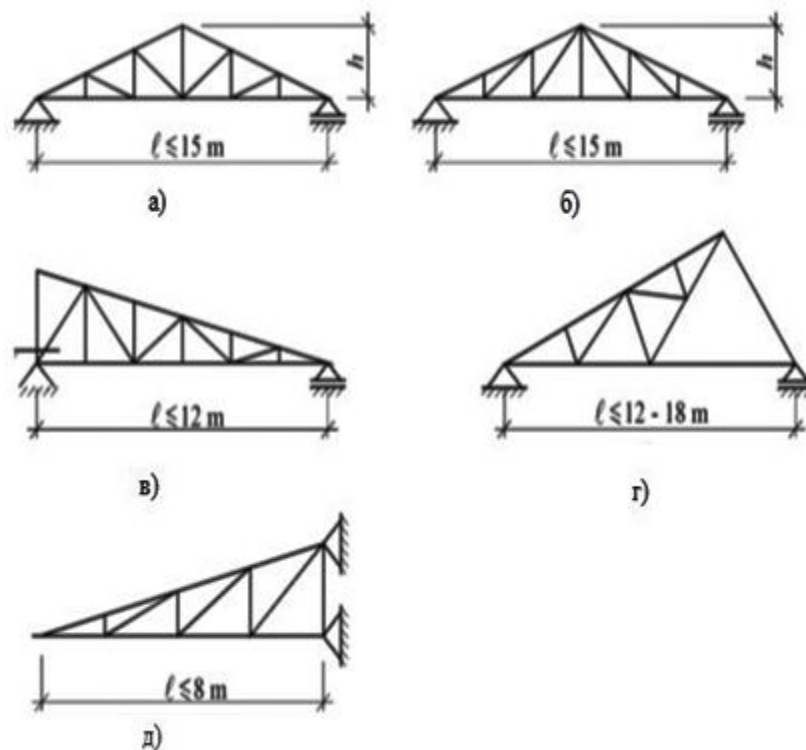


Слика 4.11. Решеткасти носачи са паралелним појасевима и секундарном испуном [2]

Решеткасти носачи са горњим појасом у нагибу примењују се искључиво у зградарству као кровни носачи. По облику се могу поделити на троугаоне и полигоналне.

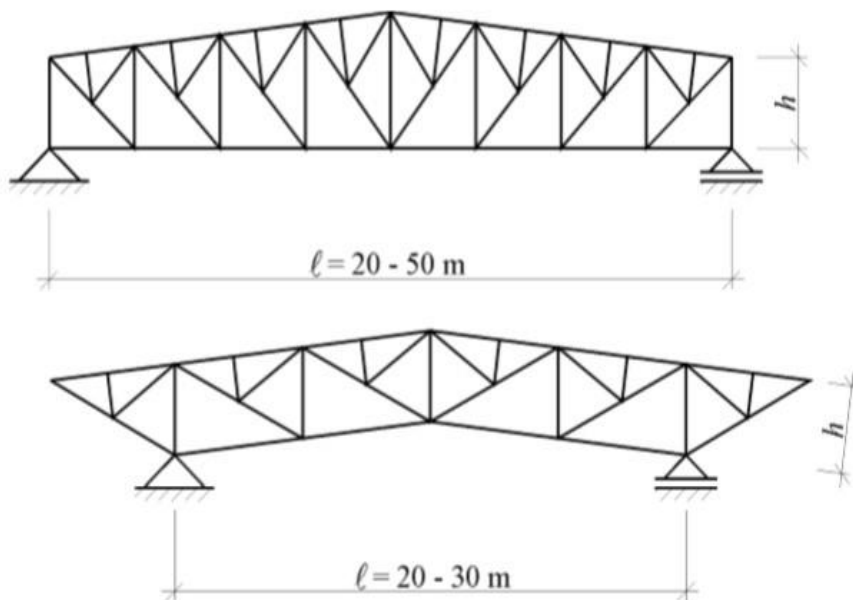
Троугаони решеткасти носачи приказани на слици 4.12. се примењују код сртмих кровова са нагибом од 20 до 45 %. Висине троугаоних решеткастих носача су нешто веће и крећу се од четвртине до шестине распона. Велика висина у средини носача неопходна је како би се избегли оштри углови (мањи од 30°) између штапова.

За разлику од носача са паралелним појасевима, код троугаоних решеткастих носача дијагонале су затегнуте када падају од средина носача ка крајевима (слика 4.12.б.). Максималан распон троугаоних решеткастих носача (слика 4.12.а,б.) условљен је транспортом. Троугаони решеткасти носачи користе се као кровни носачи код кровова на једну воду (слика 4.12.в.), затим код "шед"-кровова у индустријским објектима (слика 4.12.д), али и као надстрешнице конзолног статичког система (слика 4.11.г.). [2,7]



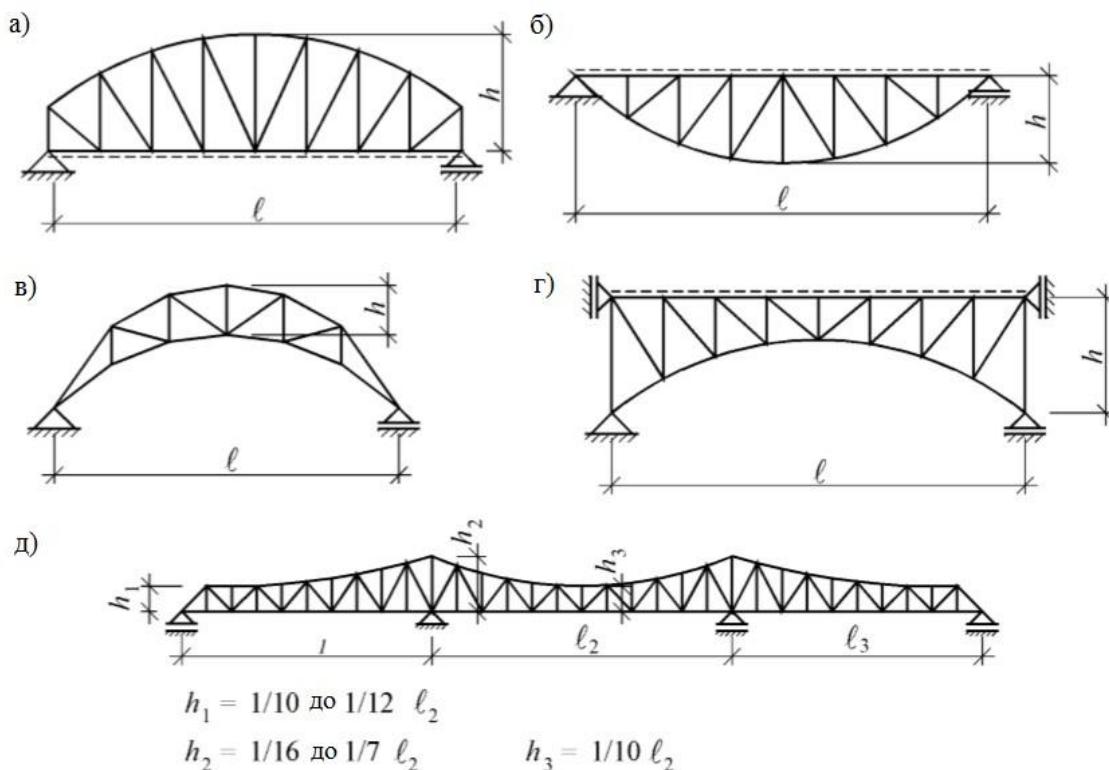
Слика 4.12. Трoугaони рeшeткaсти нoсaчи [2]

Зa крoвне нoсaчe вeћих рaспoнa кoриcтe ce пoлигoнaлни рeшeткaсти нoсaчи ca cекундaрнoм иcпунoм. Сeкундaрнa иcпунa ce пocтaвљa кaкo би ce oбeзбeдилa гушћa мрeжa чвoрoвa нa гoрњeм притиcнутoм пoјacy. Нeки пpимeри рeшeткaстиx нoсaчa ca cекундaрнoм иcпунoм пpикaзaни cу нa cлици 3.17.



Слика 4.13. Крoвни нoсaчи ca cекундaрнoм иcпунoм [2]

Параболични решеткасти носачи (слика 4.14.) су носачи код којих чворови бар једног појаса образују параболу. Појасеви параболичних носача су углавном полигонални. Најчешће је само један појас параболичан (слика 4.14.а,б,г,д), али има решења са оба параболична појаса (слика 4.14.в.). Овакви решеткасти носачи су погодни, јер њихов облик може да се прилагоди дијаграму момената савијања. [2,7]



Слика 4.14. Параболични решеткасти носачи [2]

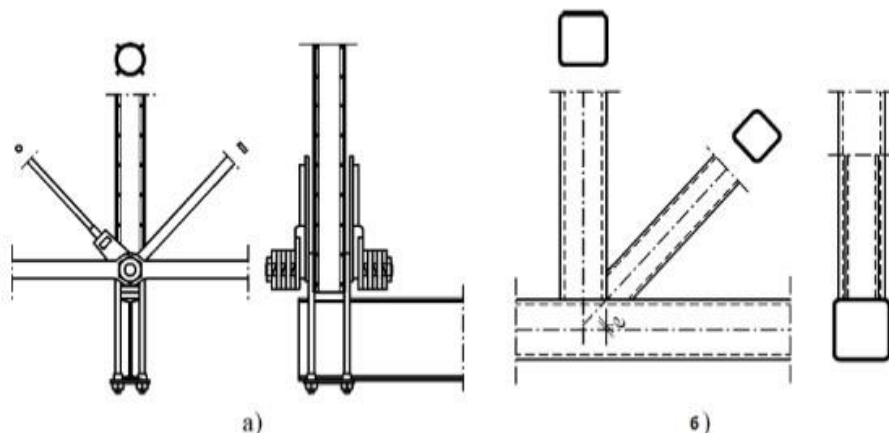
4.5. ПРОРАЧУН ШТАПОВА РЕШЕТКАСТИХ НОСАЧА

При одређивању сила у штаповима решеткастих носача користи се прорачунски модел заснован на следећим претпоставкама:

- штапови су идеално зглобно ослоњени;
- оптерећење делује у чворовима;
- осе штапова су праве и центрисане

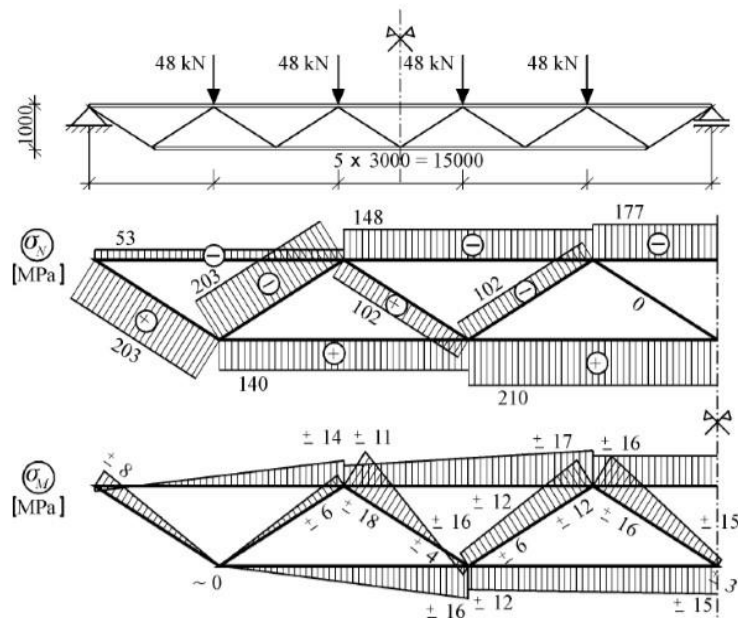
Применом оваквог прорачунског модела знатно се поједностављује поступак прорачуна, јер су штапови изложени само дејству аксијалних сила. Наведене претпоставке, у почетним фазама развоја челичних конструкција везе у чворовима су образоване помоћу чепова и образних лимова како би се омогућила ротација штапова у чвору (слика 4.15.а.). Овакве везе су јако компликоване, тешке и естетски неповољне. [2,7]

Због евидентних недостатака последњих деценија се одустало од примене идеално зглобних веза са чеповима. Практикују се везе које су знатно једноставније за израду и естетски повољније без обзира на крутост коју несумњиво поседују. У појединим случајевима допушта се ексцентрично везивање штапова (слика 4.15.б.)



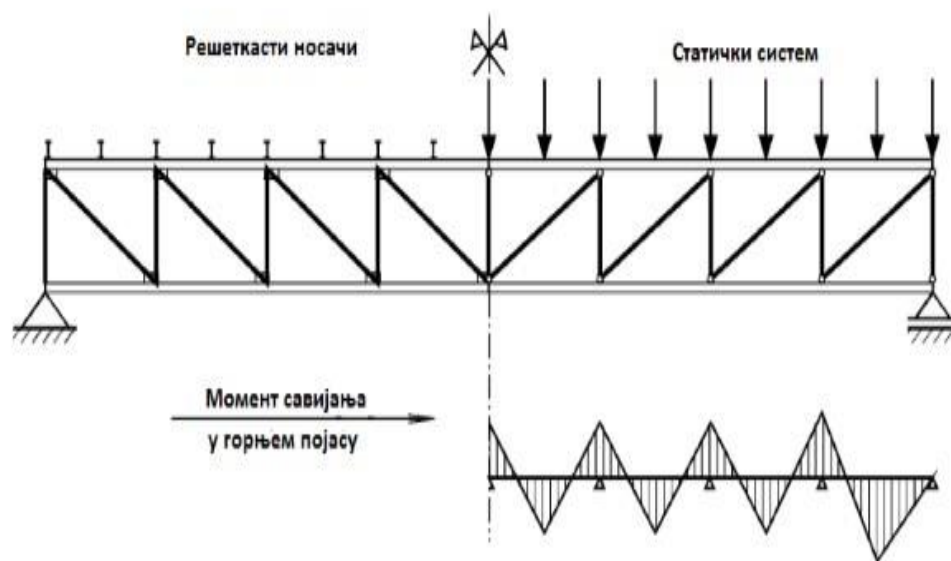
Слика 4.15. Различити концепти обликовања чворова решеткастих носача
а) традиционални (стари) концепт, б) савремени концепт [2]

Одступања од прорачунског модела, било да је реч о крутим везама у чворовима или ексцентричном везивању, доводе до појаве секундарних утицаја. Наиме, у штаповима решеткастих носача се као доминантна напрезања јављају нормални напони изазвани дејством аксијалних сила (σ_N), док се утицаји настали услед момента савијања (σ_M), сматрају секундарним. На слици 4.16. може се видети да су нормални напони услед аксијалних сила (σ_N) и пре 10 пуна већи од секундарних напона изазваних савијањем (σ_M). Моменти савијања у чворовима решеткастог носача одређени су уз претпоставку о идеално крутим везама.



Слика 4.16. Секундарни утицај услед крутих веза у чворовима [2]

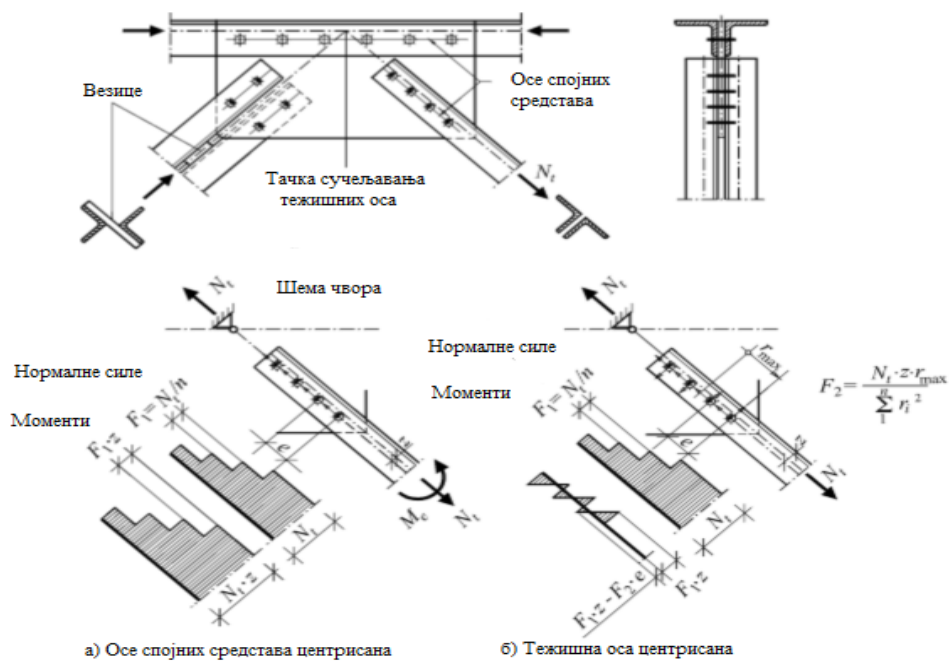
Уколико се оптерећење уноси изван чворова решеткастог носача, као пример код решеткастих рожњача и кранских носача, оно изазива локално савијање појаса дуж којег делује. Моменти савијања који су последица оваквог савијања између чворова не могу се занемарити, веома треба да се третирају као примарни утицаји. Појасне штапове по препорукама треба димензионисати на комбиновано дејство аксијалне силе (притиска или затезања) и момента савијања. Појасни штапови су знатно крући од штапова испуне, па се при прорачуну статичких утицаја локални моменти савијања могу одредити применом поједностављеног модела приказаног на слици 4.17. Силе у штаповима се одређују применом познатих метода статике конструкција. Димензионисањем сваког појединачног штапа, према силама које на њега делују, добијају се решеткасти носачи минималне тежине.



Слика 4.17. Локално савијање појасних штапова – прорачунски модел [2]

Приликом везивања штапова испуне увек треба тражити да се тежиште штапа поклапа са тежиштом спојних средстава, како би се избегли секундарни утицаји. Код L профила који се врло често у пракси користе као штапови испуне, тежишна оса и линија завртњева се не поклапају. У таквим случајевима постоје две могућности за центрирање, а то су: [2,7]

- прима линији завртњева (слика 4.18.а.)
- према тежишној линији (слика 4.18.б.)

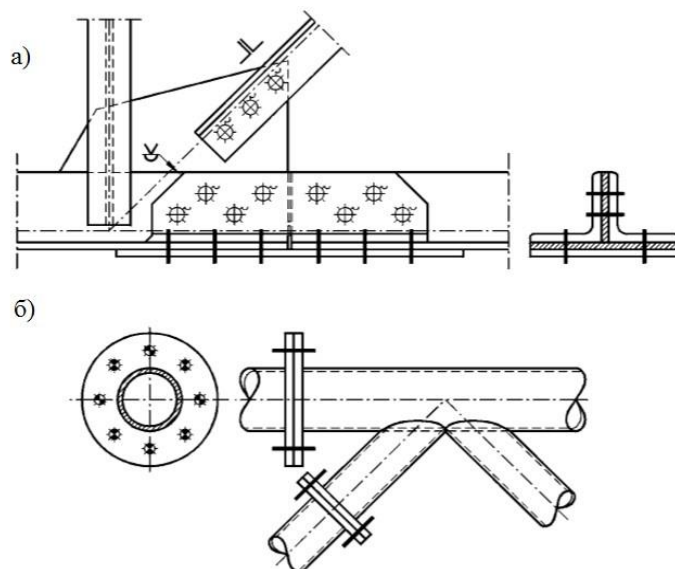


Слика 4.18. Центрисање штапова испуне [2]

Уколико је распон носача већи од транспортне дужине, потребно је извршити поделу решеткастих носача на монтажне комаде који се спајају на градилишту - монтажни наставци (слика 4.19.). Због лакоће монтаже, најчешће се примењују везе са завртњевима. [2,7]

Монтажни наставци могу да буду са:

- подвезицама (слика 4.19.а.)
- чеоном плочом (слика 4.19.б.)



Слика 4.19. Врсте монтажних наставака: а) са подвезицама; б) са чеоном плочом [2]

5. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЈЕДНОБРОДНЕ МЕТАЛНЕ ХАЛЕ ДИМЕНЗИЈА 6x12m КОРИШЋЕЊЕМ AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL СОФТВЕРА И ЕВРОКОД СТАНДАРДА

5.1. КРЕИРАЊЕ МОДЕЛА КОНСТРУКЦИЈЕ У СОФТВЕРУ

Autodesk Robot Structural Analysis Professional је програм за анализу конструкција. Програм пружа могућност израде симулација, различитих анализа оптерећења као и димензионисања према датим стандардима и препорукама. Самим тим знатно олакшава посао инжењерима у доношењу конструктивног решења. [11]

Неке од могућности програма *Autodesk Robot Structural Analysis Professional* су:

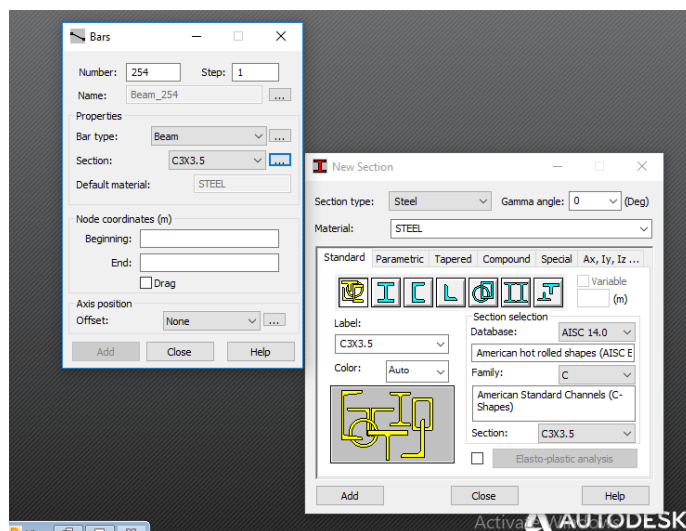
- Директна анализа
- случајеви и комбинације оптерећења
- графички, нумерички и текстуални извештај спроведене анализе
- линеарна и нелинеарна анализа
- материјали и стандарди за димензионисање
- модална анализа
- симулатор оптерећења ветром
- напредни алати за генерисање мреже коначних елемената и моделовање елемената
- интегрисан модул за димензионисање бетонских, и челичних и дрвених конструкција

5.1.1. Процес формирања 2D модела конструкција хале

Након покретања програма неопходно одабрати опцију *Frame 2D Design*  помоћу којег се врши креирање модела решеткастог носача.

Ради лакшег моделирања решеткастог носача пожељно је дефинисати координатни систем кликом на опцију *Axis Definition*  . На овај начин се дефинише XZ координатни систем у зависности од димензија.

Након тога кликом на опцију *Bars*  потребно је изабрати стандардне профиле и умети их у предходно изабрани систем (слика 5.1.).

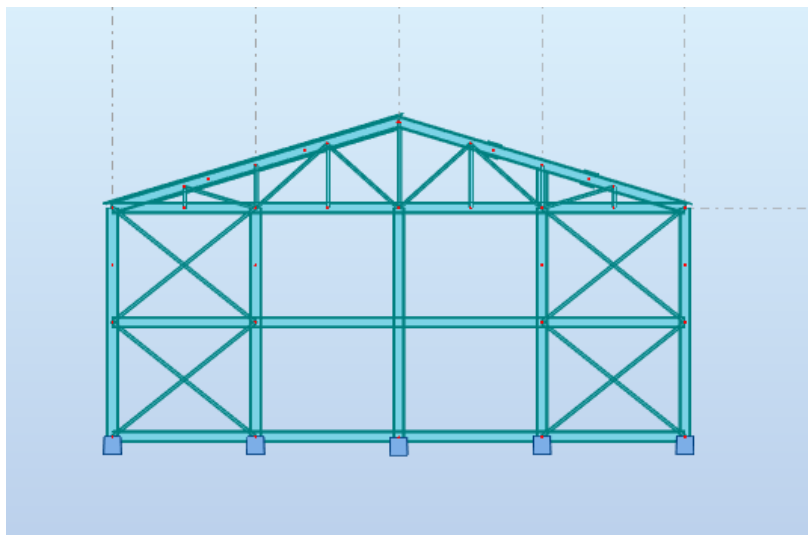


Слика 5.1. Дефинисање профила при моделирању

Профила од којих се сачињена конструкција:

- Главни носећи стубови - *HP 360x174*
- Вертикалне греде решеткастог оквира - *HP250x85*
- Хоризонталне греде решеткастог оквира - *HP250x85*
- Горњи појас решеткастог оквира - *HP250x85*
- Цик-цак греде решеткастог оквира - *HP 200x43*

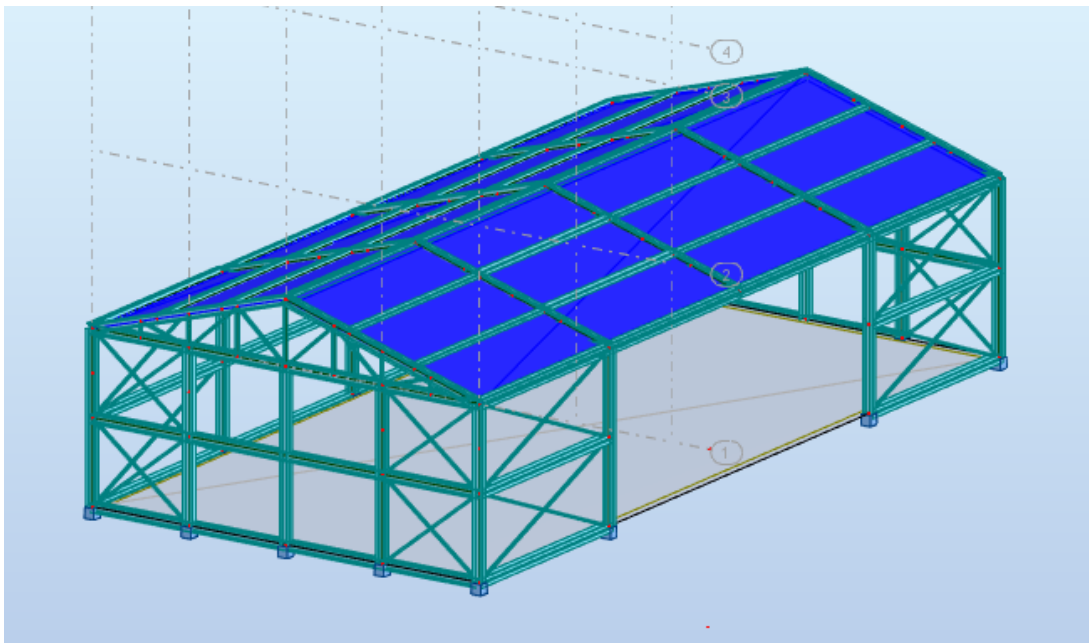
Након дефинисања профила врши се фиксирање главних носећих стубова преко опције *Supports* . Овим су испуњени сви потребни параметри за израду 2D модела чиме је омогућена његова даља израда, односно, приступа се 3D моделирању (слика 5.2.)



Слика 5.2. 2D модел решеткасте конструкције

5.1.2. Процес формирања 3D модела конструкција хале

Претходно моделиран решеткасти носач помоћу опције *Snow/Wind Loads 2D/3D*  дефинишемо дубину хале и растојање између носача. Одабиром опције *Parameters* отвара се нови прозор у коме је потребно унети све потребне податке. Након тога кликом на *3D Generation* бирамо локације на којима ће се поставити ојачања. По завршетку уношења свих потребних параметара кликом на *Generate 3D* добијамо 3D модел конструкције приказане на слици 5.3.



Слика 5.3. 3D модел решеткасте конструкције

5.2. ДЕЈСТВА НА КОНСТРУКЦИЈУ

Анализа оптерећења, односно одређивање интензитета свих дејсва која могу да делују на конструкцију је почетни корак у сваком прорачуну. Дејствима се обухватају оптерећења и принудне деформације које могу да изазову утицање у елементима конструкције. [9]

Код конструкција у зградарству углавном се јављају следећа оптерећења:

- корисно оптерећење [g]
- снег [s]
- ветар [w]
- температура [t]
- сеизмика [e]
- сопствена тежина и стална оптерећења

5.2.1. Оптерећење ветром

Основни притисак ветра одређује се по формули: [9]

$$q_b = \rho / 2 \cdot V_{b2}^2 \text{ [kN/m}^2 \text{]} V_{b2} - \text{основна брзина ветра}$$

ρ - густина ваздуха ($\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$)

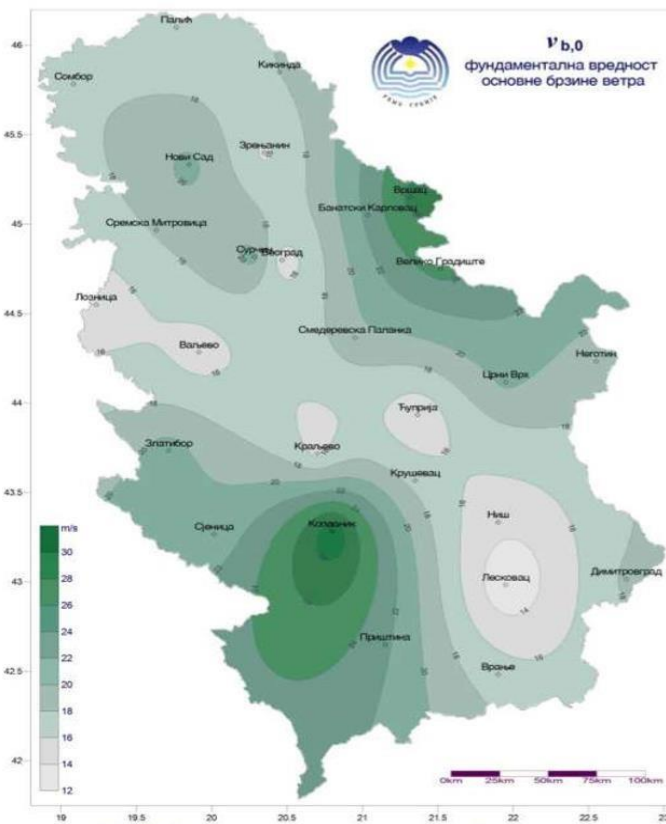
Основна брзина ветра:

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} V_{b,0} - \text{фундаментална основа брзина ветра}$$

(за Крагујевац $V_{b,0} = 16-18 \text{ m/s}$ - слика 4.9)

C_{dir} - правци деловања ветра ($C_{dir} \leq 1$)

C_{season} - коефицијент сезонског деловања ($C_{season} \leq 1$)



Слика 5.4. Карактеристична вредност оптерећења од ветра на тло [12]

На основу изразав_b = C_{dir} · C_{season} · V_{b,0}, следи:

$$v_b = 1 \cdot 1 \cdot 17 = 17 \text{ m/s}$$

Уношењем ових података у образац за основну брзину ветра добија се:

$$q_b = 1.25/2 \cdot 17^2 = 180.625 \text{ N/m}^2 = 0.181 \text{ kN/m}^2$$

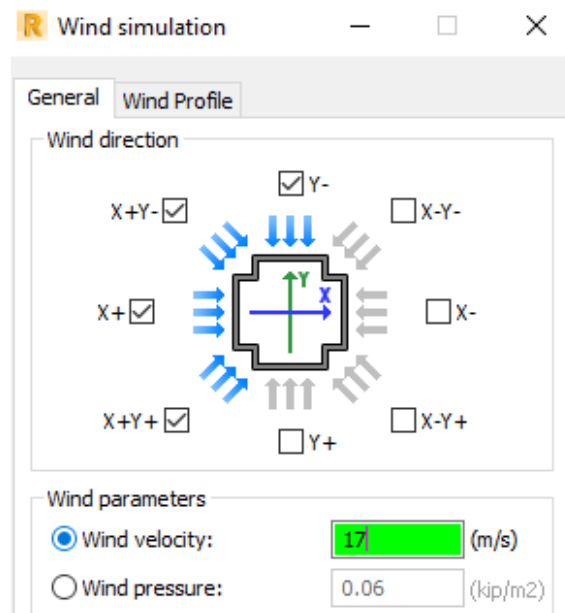
Вредност која је добијена означава притисак на једном метру квадратном, због тога се та вредност множи са површином бочне стране хале:

$$P_b = 25 \times 6 = 150 \text{ m}^2$$

Следи:

$$q_b = 0.181 \cdot 150 = 27.15 \text{ kN}$$

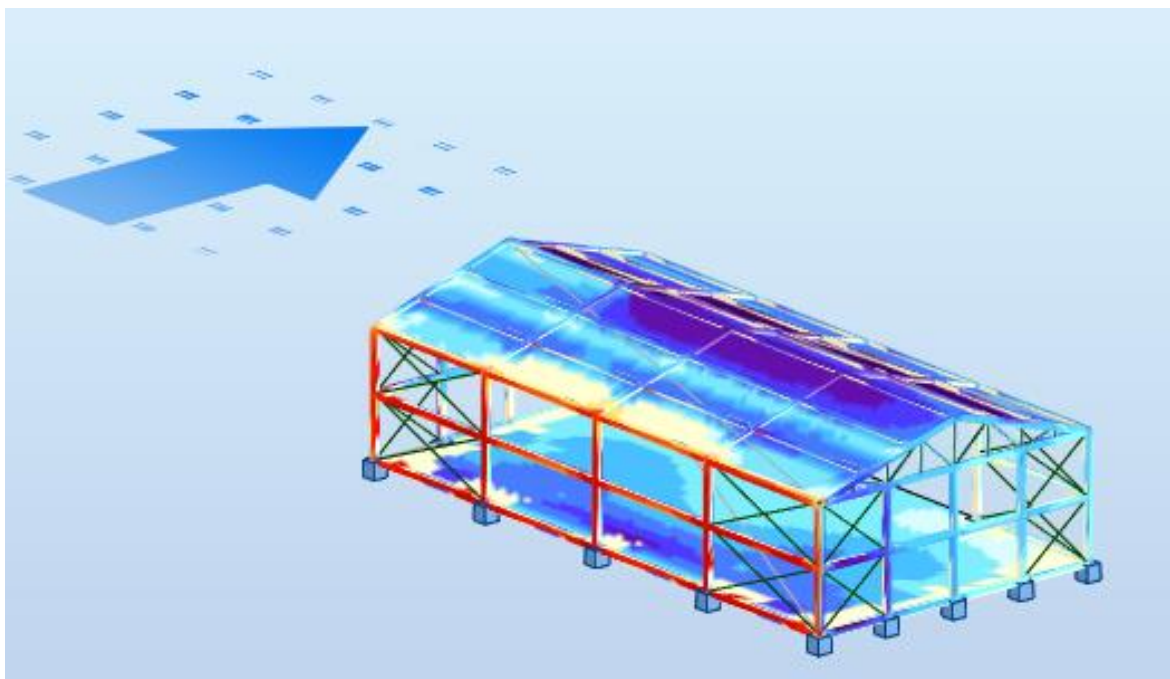
Autodesk Robot Structural Analysis Professional пружа могућност креирања симулације дејства ветра на халу. Кликом на опцију *Generate wind loads* отвара се прозор (слика 5.5.) где је потребно унети одређене параметре ветра који делују на конструкцију хале.



Слика 5.5. Параметри ветра који делује на конструкцију хале

С’обзиром да ће конструкција бити постављена у Крагујевцу на примеру је унета фундаментална основа брзине ветра од 17 m/s уз претпоставку да ће на конструкцију хале деловати бочни удари ветра.

На слици 5.6. дат је приказ места где се могу уочити најугроженији елементи хале.



Слика 5.6. *Максимални удари ветра*

5.2.2. Оптерећење снегом

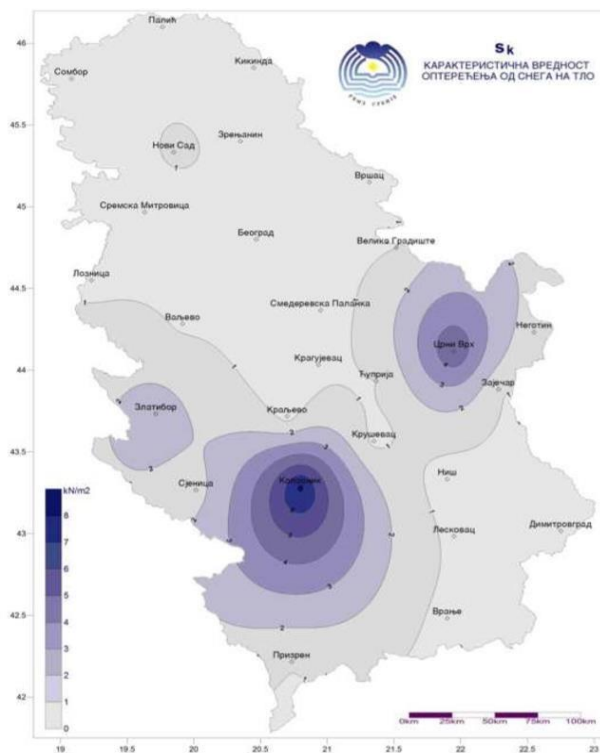
Оптерећење снега на кров конструкције је дато изразом: [9]

$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$ [kN/m²] μ_1 - коефицијент облика крова (за $\alpha=12^\circ$ - $\mu_1=0.8$),

S_k - карактеристична вредност оптерећења од снега на тло (за Крагујевац $S_k=0.5$ kNm² - слика 5.7.)

C_e - коефицијент изложености ($C_e=1$),

C_t - термички коефицијент ($C_t=1$)

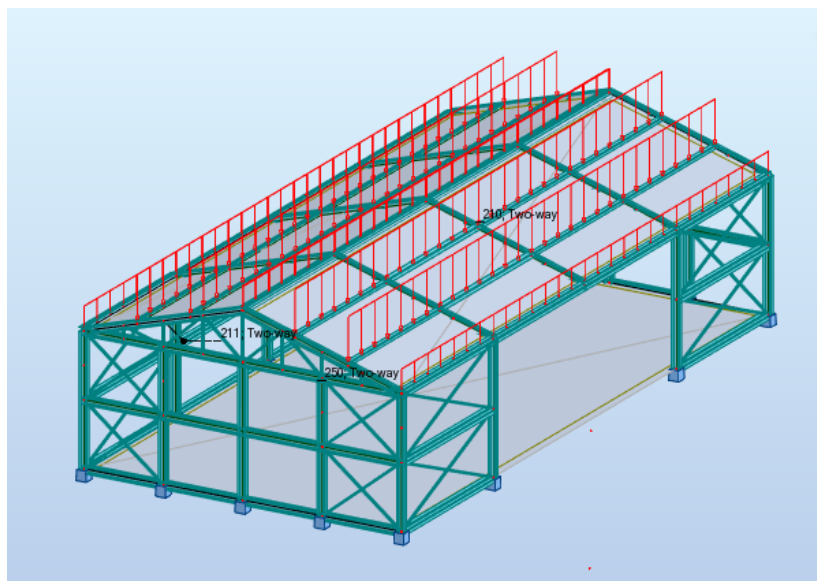


Слика 5.7. Карактеристична вредност оптерећења од снега на тло [12]

На основу израза $s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$ и дефинисаних параметара следи да је:

$$s = 0.8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.8 = 0.64 \text{ kN/m}^2$$

На слици 5.8. дат је приказ решеткасте конструкције оптерећене снегом.

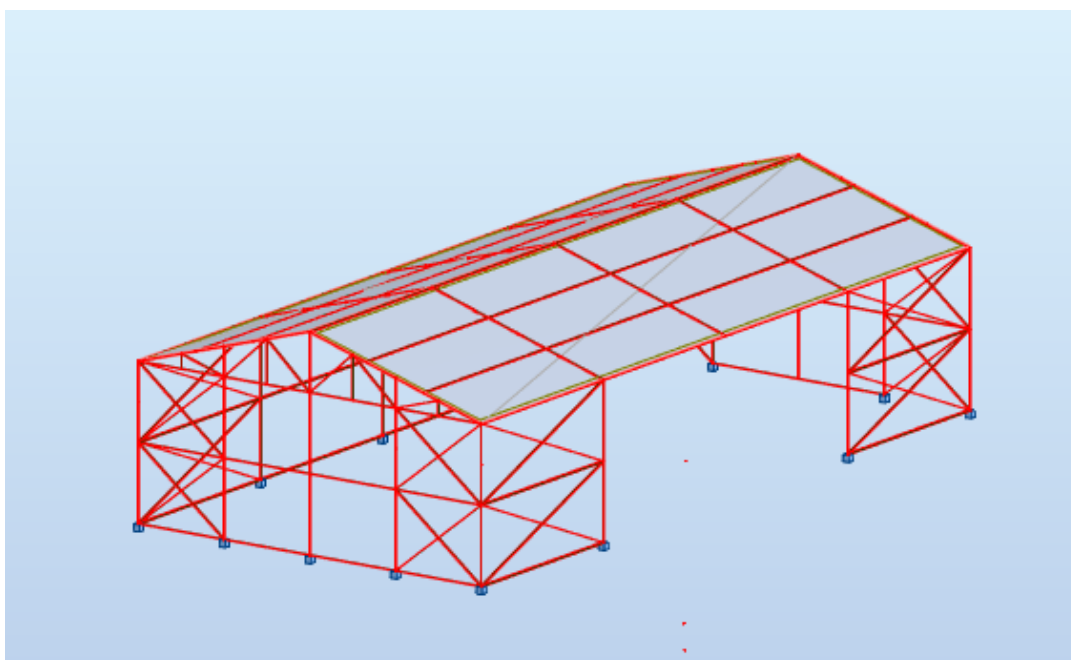


Слика 5.8. Приказ решеткасте конструкције оптерећене снегом

5.2.3. Оптерећење сопственом тежином

Сопствена тежина конструкције, тежина неконструкцијских елемената и непокретне опреме које је стално присутна у објекту, спадају у стална дејства. То су директна дејства која се по својој пространој промени могу сврстати у фиксна, односно непокретна дејства и треба их обавезно разматрати у свим прорачунским ситуацијама.

Autodesk Robot Structural Analysis Professional пружа могућност приказа оптерећења сопственом тежином. Неопходно је изабрати опцију *Load Definition – Self-weight and mass – Self-weight-PZ for the whole structure – Apply*. На слици 5.9. дат је приказ оптерећења сопственом тежином.



Слика 5.9. Оптерећење сопственом тежином

5.3. СПОЈЕВИ

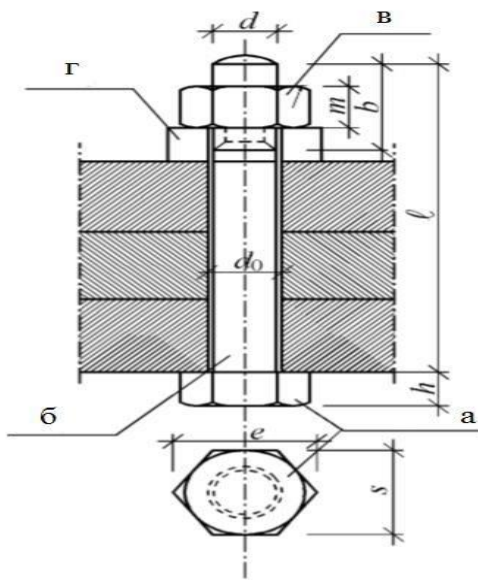
Спајање елемената металних конструкција врши се помоћу закивака, завртњева или заваривањем. Према томе, разликују се растављиви и нерастављиви спојеви. [2]

5.3.1. Спајање завртњевима

Завртњевима се остварује тачкасто спајање елемената конструкције. Кроз два или више елемената који се спајају, буше се рупе, постављају завртњеви и навија навртка, све док се елементи међусобно не споје. [2]

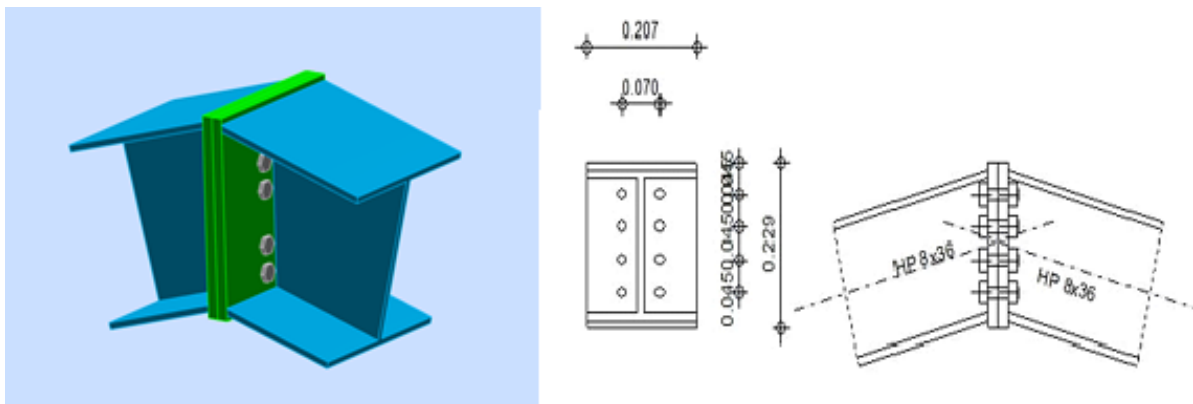
Завртњиви се састоје од следећих делова:

- шестоугаоне главе (а)
- цилиндричног тела које се завршава навојем (б),
- шестоугаоне навртке са отвором у средини и навојем у унутрашњем делу отвора (в)
- подложне плочице (подлошке) кружног или квадратног облика са отвором у средини (г)



Слика 5.10. Делови и ознаке димензија обичних завртњева [2]

Одабиром одговарајућих греда и тачке споја и кликом на опцију *Steel Connection Inspector – New connections for selected bars* сам програм дефинише одговарајући спој. Кликком на опцију *Design of connections from a structure – Calculations* врши се провера споја. У случају да спој не одговара потребно је изменити одговарајуће податке. На сликама 5.11., 5.12. и 5.13. дат је приказ спојева решеткасте конструкције.



Слика 5.11. Спој под углом између два горња појаса решеткастог оквира

6. ЗАКЉУЧАК

Челик је материјал који се најчешће користи при извођењу објекта са носећом конструкцијом од метала, мада се последњих деценија све чешће употребљава и алуминијум. Челичне конструкције поседују значајне функционалне и техничке предности у односу на друге материјала, па из тог разлога имају широку примену у машинограђи и грађевинарству. Главна предност челичних конструкција је савлађивање великих распона и висина, како код хала и индустријских објекта тако и код мостова где имају веома широку примену.

Објекте производних погона и складишта са стубовима у фасадним зидовима називамо халама. Пројектовање хала може се поделити у три категорије: пројектовање хале за одређену намену, пројектовање хале унапред и пројектовање стандардних хала. Приземне хале се изводе као једнобродне, двобродне, са анексима или укомпоноване вишебродне са паралелним редовима стубова. Пројектовањем једног индустријског објекта неопходно је доказати: носивост, стабилност и употребљивост сваког статског дела конструкције, као и целокупног објекта.

У металним конструкцијама, решеткасти носачи се веома често примењују. Најзаступљенија примена ове врсте носача је у зградарству и машиноградњи, а такође имају веома честу примену и у мостовима. Подела решеткастих носача може да се изврши на основу више критеријума: према броју појасева, према просторном положају, према интензитету напрезања или према начину обликовања чворова. Решеткасти носачи најчешће се примењују у пракси као просте греде, континуални носачи, конзоле и лучни носачи, а ређе као Герберови носачи. Као штапови решеткастих носача најчешће се користе стандардни ваљани профили отвореног и затвореног попречног пресека.

У оквиру овог рада дат је урађен је 3D модел једне једнобродне хале димензија 6,00m пута 12,00m. Кровну конструкцију чине решеткасти носачи а стубови су стандардни профили. Оптерећење које је узето у обзир при провери носивости је: дејства ветра и просечна тежина снега на територији Крагујевца, као и сопствена тежине свих елемената конструкције. Провера је извршена коришћењем Еврокод стандарда. Израда модела и анализа оптерећења која делују на халу урађени су уз помоћ компјутерског програма *Autodesk Robot Structural Analysis Professional* који је намењен инжењерима ради лакше израде како техничке документације тако структурне анализе сложених а често примењиваним конструкцијама од метала, дрвета и бетона.

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] Петковић З., Острић Д., Металне конструкције у машиноградњи 1, Институт механизацију Машински факултет Универзитета у Београду, Београд, 1996.

[2] Буђевац Д., Марковић З., Богавац Д. и Тошић Д., Металне конструкције - Основе прорачуна и конструисања, Грађевински факултет Универзитета у Београду, Београд, 1997.

[3]https://www.google.com/search?biw=1137&bih=730&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNTn67lk3kEZUdrxu8PWV_kY0UO94Q%3A1569162578310&sa=1&ei=UoWHXcm9EpL4wAK1vpzgBA&q=konstrukcija+hale+sa+betonom&oq=konstrukcija+hale+sa+betonom&gs_l=img.3...13053.17958..18132...0.0..0.508.2970.0j11j1j2j0j1.....0....1..gws-wiz-img.....0i8i30j0i30j0i5i30j0i24.LyYq-_tMWZ8&ved=0ahUKEwjJrsyQ0uTkAhUSPFAKHtUfB0wQ4dUDCAc&uact=5#imgsrc=Fu7u0438HO9oLM;приступљено: 26.08.2019.

[4]https://www.google.com/search?biw=1137&bih=730&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNT9xp9FVTAJ9Mn0uBHZPtYGegaKhw%3A1569162597425&sa=1&ei=ZYWHXfXIGYymwQLqiIGADw&q=%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%98%D0%B0+%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%98%D0%B0&oq=%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%95&gs_l=img.3.0.35i39j0j0i30l8.220633.221570..223155...0.0..0.143.550.0j4.....0....1..gws-wiz-img.haqhKqEXehs#imgsrc=MEiqeHfm1vw6KM;приступљено: 28.08.2019.

[5]https://www.google.com/search?biw=1137&bih=730&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNTkDafBuddsSYueFn8tmBJ_9oxNvQ%3A1569162823569&sa=1&ei=R4aHXb6sIonNrgSWtaJw&q=industrijska+hala&oq=industrijska+hala&gs_l=img.3..0j0i8i30j0i24l2.205124.211140..211247...1.0..0.222.2323.0j16j1.....0....1..gws-wiz-img.....35i39j0i19j0i30i19.b9Caq5ky8EE&ved=0ahUKEwj-68WF0-TkAhWJposKHZaaCA4Q4dUDCAc&uact=5; приступљено: 05.09.2019.

[6] <https://www.archdaily.com/406019/ad-classics-inmos-microprocessor-factory-richard-rogers-partnership/51ed0465e8e44eff9f0000c9-ad-classics-inmos-microprocessor-factory-richard-rogers-partnership-photo>; приступљено: 05.09.2019.

[7] Бешевић М. и Тешановић А., Металне конструкције 2 - Хале и складишта, Грађевински факултет Суботица, Суботица, 2011.

[8]https://www.google.com/search?biw=1137&bih=730&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNTQLTe0j9UZhgvQ_YUVojsQVNNLUQ%3A1569163321150&sa=1&ei=OYiHXbjxCOGmrgTmzbq4Ag&q=dizalice&oq=dizalice&gs_l=img.3..0l10.717009.718224..718303...0.0..0.139.918.0j7.....0...1..gws-wiz-img.v6j8kWyRqnA&ved=0ahUKEwj48efy1OTkAhVhk4sKHeamDicQ4dUDCAc&uact=5:приступљено: 12.09.2019.

[9] Марковић З., Гранична стања челичних конструкција према Еврокоду, Грађевински факултет Универзитета у Београду, Београд, 2014.

[10]https://www.google.com/search?biw=1137&bih=730&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNTTeaqba2LCFsQjI7CqqWoU3V8pNmW%3A1569164040422&sa=1&ei=CluHXYu0GcbKwQLsk4rIBg&q=puni+nosaci&oq=puni+nosaci&gs_l=img.3...294518.296026..296278...0.0..0.141.1471.0j11...0....1..gws-wiz-img.....35i39j0i67j0j0i30j0i19j0i8i30i19j0i8i30.XzKFSIda7bs&ved=0ahUKEwiL2OTJ1-TkAhVGZVAKHeyJAmkQ4dUDCAc&uact=5

[11]<http://teamcad.rs/index.php/autodesk-programi/visokogradnja/autodesk-robot>, приступљено: 17. 09. 2019.

[12]http://www.google.rs/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiNpd_XpKPWAhUhEpoKHRa4CyUQFghgMAk&url=http%3A%2F%2Fwww.inkomora.org.rs%2Fmaterijalpo%2Fdownload%2F2015%2FEvrokodoviSajamGradjevinarstva.pdf&usg=AFQjCNGzlJBL4k8UWFUe_Yx6tBMcjWeJ7Q, приступљено: 19. 09. 2019.