

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Техничко цртање са компјутерском графиком

Број индекса: 73/2013

Небојша Д. Милошевић

Читање ортогоналних техничких цртежа **завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Лозица Ивановић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да проучи и опише следеће теме:

- Врсте техничких цртежа у машинству
- Врсте пројекција
- Предности и недостаци ортогоналног и аксонометријског цртежа
- Методе читања ортогоналних цртежа

Препоручена литература:

- [1] Глигорић Радојка, Инжењерске комуникације, Уџбеник. ISBN 978-86-7420-327-8, Пољопривредни факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад 2015.
- [2] Глигорић Радојка, Нацртна геометрија, Основни уџбеник. ISBN 978-86-7520-345-2, Пољопривредни факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад 2015.
- [3] Душан Ђорђевић, Жељко Папић, Техничко цртање са нацртном геометријом за машинске школе, Уџбеник, ISBN: 978-86-17-14861-2, Београд, 1991.

Крагујевац, октобар 2016. године

Ментор:

Др Лозица Ивановић, ванредни професор

САДРЖАЈ

<i>РЕЗИМЕ</i>	5
<i>ABSTRACT</i>	5
1.0 УВОД.....	6
1.1 Техничка документација.....	6
1.2 Техничко цртање у машинству	7
1.3 Врсте техничких цртежа у машинству	8
1.4 Врсте пројекција.....	8
2.0 АКСОНОМЕТРИЈСКИ ЦРТЕЖИ	9
2.1 Ортогонална аксонометрија	9
2.2 Коса аксонометрија (коса пројекција).....	11
2.3 Предности и недостаци аксонометријског цртежа	12
3.0 ОРТОГОНАЛНИ ЦРТЕЖИ	13
3.1 Распоред пројекција (погледа)	15
3.2 Европски распоред пројекција	16
3.3 Амерички распоред пројекција	17
3.4 Предности и недостаци ортогоналног цртежа	19
3.5 Повезаност ортогоналних пројекција.....	19
3.6 Карактеристике главног „А“ погледа.....	20
4.0 МЕТОДЕ ЧИТАЊА ОРТОГОНАЛНИХ ЦРТЕЖА	21
4.1 Метода расчлањавања на саставне површине	22
4.2 Метода одсецања од основног тела	23
4.3 Комбинована метода	23
5.0 ЗНАЧАЈ ОРТОГОНАЛНОГ ЦРТЕЖА	25
6.0 ЗАКЉУЧАК.....	28
ЛИТЕРАТУРА.....	29

РЕЗИМЕ

У оквиру овог рада детаљно ће бити описани начини израде техничких цртежа, као основног медија техничке комуникације. Посебан осврт биће дат на ортогоналне пројекције, њихово читање, поштујући правила техничког цртања. Кроз практичне примере биће објашњене методе читања ортогоналних пројекција као и њихов значај и утицај на релевантност техничке документације.

Кључне речи: ортогонална пројекција, технички цртеж, читање ортогоналних пројекција

ABSTRACT

In this paper it will be described a way of making technical drawings, as a basic technical communication medium. A special emphasis will be given at orthogonal projections, reading of them respecting rules of technical drawing. Trough practical examples it will be explained methods of reading orthogonal projections, their significance and impact on relevance of technical documentation.

Key words: orthogonal projection, technical draw, reading of orthogonal projection

1.0 УВОД

Нужан предуслов оптималног одвијања процеса обликовања производње, употребе и одржавања производа, објеката или система је усклађено деловање различитих учесника. Ово је могуће ако сви учесници на прикладан начин размењују одговарајуће информације односно комуницирају. [4] Због нарави информација у техници потребно је омогућити тачан и једнозначан пренос одређених информација између учесника процеса независно од времена, простора и међусобног односа. То је могуће искључиво дефинисањем и применом одговарајућих норми и правила у процесу презентовања и размене информација. Посебно значајан начин приказа и преноса информације у техници је графичка или сликовна комуникација. Сливовни приказ је у основи начин складиштења и преноса информације, односно комуникацијски медиј. По капацитету, односно могућој количини складиштене или пренесене информације, слика као медиј знатно превазилази говор или текст. Историја графичке комуникације може се пратити до раздобља око 25000 година пре Христа када су настале прве познате слике на зидовима пећина. Најстарији примери графичке комуникације у техничким применама налазе се у Вавилону у времену око 4000 година пре Христа. Теорију пројекција објекта развили су италијански грађевинари у 15. веку, а прву књигу из тог подручја написао је Леонардо да Винчи 1651. године. Основна правила пројекција и основе техничког цртања усвојио је професор политехничке школе у Паризу Гаспард Манаже (1746.-1818.). [4] Велики напредак у подручју инжењерске графике остварен је појавом дигиталних рачунара. Прва презентација интегрисаног поступка пројектовања уз помоћ рачунара CAD (енг. *Computer Aided Design*) приређена је 1963. године на Massachusetts Institute of Technology (MIT) у САД. Рачунар се данас стандардно примењује у изради, прегледу, складиштењу и преносу техничких цртежа као и графичкој комуникацији уопште. [4]

1.1 Техничка документација

Да би се сложени скупови информација могли презентовати на прихватљив и разумљив начин треба их организовати на темељу међусобне повезаности у логичке и садржајне целине. Основна информацијска целина која садржи међусобно логички повезан скуп информација о техничком уређају или систему назива се документом. Документ може садржати информације представљене у сликовном или текстуалном облику. Скуп свих релевантних докумената о неком објекту или систему назива се техничка документација.

Потпуна документација мора на систематски, јасан и једноставан начин да представи све информације нужне за одвијање предвиђених процеса повезаних с описаним објектом или системом. При стварању техничке документације треба тежити оптималној минимизацији људског рада и опсега документације. Документација се развија пратећи развитак објекта или система од нивоа идеје, преко израде до одржавања. Због тога се мења и садржај и намена документације. Према намени разликују се следећи облици техничке документације: [4]

- пројектни задатак,
- идејно решење,
- идејни пројекат,
- инвестициони елаборат,

- главни пројекат,
- реализацијски пројекат,
- документација за погон и одржавање.

Текстуални део техничке документације представљају:

- технички опис,
- техничко-економско образложење,
- обавезни прорачуни,
- упутства за руковање,
- упутства за испитивање и одржавања,
- попис опреме,
- трошковници.

Сликовни део техничке документације представљају различите врсте **техничких цртежа**.

1.2 Техничко цртање у машинству

Као и у низу других научних поља у подручју технике, тако и у машинству није могуће приказивање, схватање, провођење или чување од заборава различитих техничких идеја или решења без употребе техничког цртежа. Анализом историје долази се до сазнања да су први изумитељи алата, уређаја или машина истовремено били и конструктори и грађевинари. Они су такође употребљавали цртеж или скицу као начин приказивања и објашњавања функције изума, односно као шаблон за њихову израду. [3]

Ниво техничке опремљености и садржаја првих скица и цртежа били су далеко испод нивоа техничке опремљености и садржаја скица и цртежа које познаје савремено техничко цртање у машинству. Тадашње скице и цртежи нису настајали као резултат примене унапред утврђених правила и законитости техничког цртања, већ као резултат примене личних правила аутора. Развојем производње јавила се потреба за поделом рада у производном процесу, односно потреба за поделом задужења у производном процесу. Први пут се појављује потреба за особама које нису непосредно укључене у израду неке производне целине, нпр. неке машине, а чији је задатак да свим учесницима у производном процесу осигурају цртеже, као и потребне допунске, најчешће усмена обавештења и упутства за рад. Ове особе биле су први пројектанти и конструктори, а истовремено и творци прве техничке документације. Развој науке и технике и прелаз на серијску и високосеријску производњу условиће тежње да творевине науке и техничка достигнућа постану општа својина, и унутар националних граница и изван њих. Последица тих тежњи је и повећање броја категорија људи који се морају користити техничким цртањем, односно техничким цртежом као продуктом ове радње (нпр. научници, пројектанти, конструктори, технолози непосредни произвођачи, контролори, ученици, студенти итд.). Ради приказивања идеје, проналаска или резултата истраживачких радова, научници се осим дијаграма, шема, скица и слично користе и тзв. концептним цртежом (техничким цртежом) који представља подлогу за даљи рад пројектанта (концепт). Пројектанти се користе тзв. предпројектним и

пројектним цртежом да би дефинисали и приказали структуру машине или уређаја (производне или продајне целине у ширем смислу).

Задатак техничког цртања у машинству је да се помоћу цртежа или скупа цртежа у потпуности једнозначно дефинишу облик, функција, величина, врста обраде, материјал, квалитет, толеранције дужинских мера и толеранције положаја и облика и остале битне карактеристике делова, машина, уређаја и постројења, и да буду јасни и једнозначни за све машинске инжењере и техничаре света, без обзира на њихово писмо или језик којим говоре. [3] За разлику од уметничког цртања, техничко цртање се у приказивању просторног машинског дела у равни цртежа користи начелима нацртне геометрије, комбиноване с прописима дефинисаним националним и међународним нормама, ради поједностављења и прилагођавања техничког цртања у машинству.

Обликовање машинских елемената и њихово дефинисање (котирање) заснива се на начелима технологије израде и обраде, могућности мерења, начелима конструисања машина и њихових делова, као и прописима обухваћеним стандардима за симболе, знакове, стандардне мере и слично. [4] Уз помоћ међународних норми, које су темељ за израду националних норми, осигурана је складност изражавања помоћу техничког цртежа. Техничко цртање у машинству представља посебну дисциплину, односно темељ техничке писмености сваког машинског инжењера или техничара. [4]

1.3 Врсте техничких цртежа у машинству

У машинству се користи читав низ различитих врста техничких цртежа који су добили назив према: [8]

- врсти цртежа (дводимензионални или тродимензионални цртеж),
- редоследу настанка и начину израде: **скица** - цртеж израђен слободном руком, али са свим димензијама и ознакама које мора имати прави технички цртеж, **оригинални цртеж** - који на основу скице цртамо потребним прибором, најпре оловком, па онда тушем, на паус папиру или на хамеру, или рачунаром уз помоћ рачунарских програма (нпр. AutoCAD, CorelDRAW, Google SketchUp,...) и **копија** - која се добија умножавањем оригинала или фотокопирањем.
- намени (радионички цртеж, склопни цртеж).
- начину приказивања предмета (**ортогонални** и **аксонометријски**)

У машинству као и у другим подручјима попут грађевинарства, архитектуре итд., готово да и не постоји пример за који није потребан приказ цртежом.

1.4 Врсте пројекција

За израду машинских цртежа користе се две основне врсте пројектовања и то:

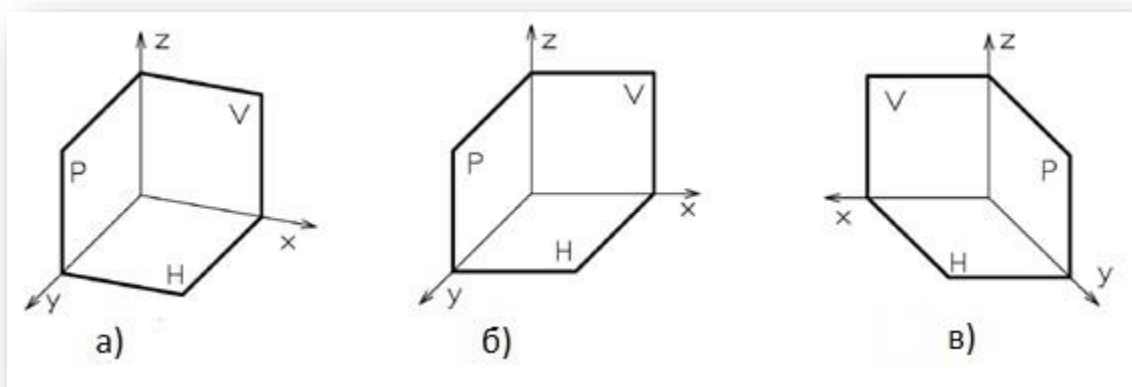
- аксонометријске пројекције (које приказују цртеж у три димензије),
- ортогоналне пројекције (које приказују предмет у више пројекција; по потреби у две или три пројекције).

2.0 АКСОНОМЕТРИЈСКИ ЦРТЕЖИ

АксонOMETРИЈСКИ цртеж или 3Д (тродимензионални) је онај цртеж на којем се предмет представља са три димензије на једном погледу. Добијена слика предмета је приближно онаква какву види наше око. При томе се предмет на слици „деформише“ у односу на стварни изглед. Површине предмета се различито деформишу, неке више, неке мање, зависно од њиховог положаја према пројекцијским равнима.

Предмет цртања поставља се у октанте чије су осе под различитим углом и различито усмерене (слика 1). Зависно од положаја пројекцијских равни, постоје следеће врсте аксонометријског цртежа:

- Ортогонална аксонометрија
- Коса аксонометрија



*Слика 1 – Положај оса код аксонометријског цртежа
а) за ортогоналну аксонометрију, б) и в) за косу аксонометрију [1]*

2.1 Ортогонална аксонометрија

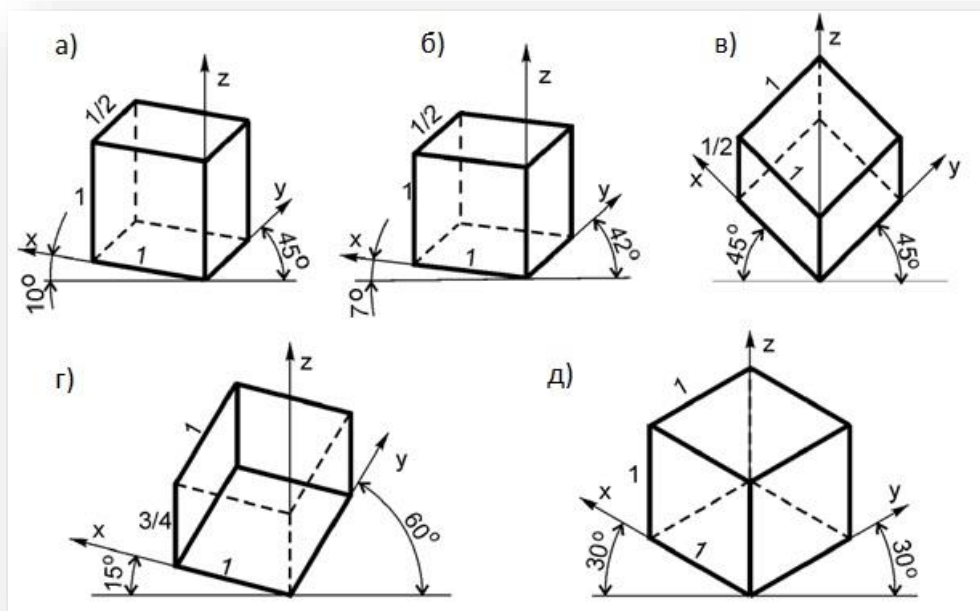
Ова метода је погодна за оне предмете који немају много кружних површина. Дели се на:

- диметрију,
- изометрију.

Оса Z је увек вертикална, док су осе X и Y под различитим угловима (слика 1). Ивице предмета које су паралелне са осама X, Y и Z цртају се у правој величини (означено са 1) или се скраћују на 1/2 и 3/4 (означено са 1/2, 3/4) што је приказано у табели 1. [1] Зависно од положаја оса и скраћења ивица предмета, неке површине предмета се истичу (боље виде, тј. више истичу у односу на друге), а неке не. Коцка нацртана у различитим методама диметрије, са угловима оса које се могу користити приказана је на слици 2.

Табела 1. Положај оса и скраћења код ортогоналне аксонометрије [1]

Метод аксонометрије	Положај оса			Скраћења по осама на			Видљивост (истакнутост) површина предмета
	X	Y	Z	X	Y	Z	
Диметрија	10°	45°	90°	1	1/2	1	Истакнута предња површина предмета
	7°	42°	90°	1	1/2	1	Истакнута предња површина предмета
	45°	45°	90°	1	1	1/2	Истакнута горња површина предмета
	15°	60°	90°	1	1	3/4	Истакнута доња површина предмета
Изометрија	30°	30°	90°	1	1	1	Подједнако истакнуте све површине предмета



Слика 2 – Приказивање коцке у ортогоналној аксонометрији а), б), в), г) диметрија, д) изометрија [1]

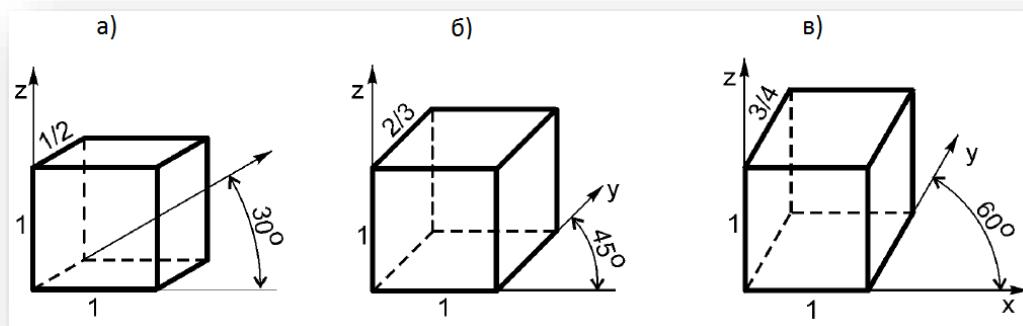
2.2 Коса аксонометрија (коса пројекција)

Коса аксонометрија је прикладна за предмете са кружним површинама, зато што се оне у једној равни виде у правој величини (недеформисане). Пројектни зраци су међусобно паралелни, нормални и под углом од 30° , 45° или 60° према вертикалној равни. Оса Z је увек вертикална, X увек хоризонтална, а Y је под угловима 30° , 45° или 60° у односу на X осу, што је дато у табели 2. [1]

Оса X је усмерена на леву или десну страну (слика 1б и 1в). Ивице предмета паралелне са осама X и Z не скраћују се (означене са 1), а оне паралелне са Y осом се скраћују на $1/2$, $2/3$ или $3/4$ од стварне дужине ($1/2$, $2/3$, $3/4$). При томе се предња површина уопште не деформише, а бочна и горња се различито деформишу. Коцка нацртана у косој пројекцији са различитим углом Y осе приказана је на слици 3. Када је угао Y осе 30° деформација горње и бочне површине је највећа (слика 3а). За угао Y осе од 45° , мања је деформација, с тим што се и бочна и горња површина исто деформишу (слика 3б). Када је угао Y осе 60° , деформација горње површине је најмања, а бочне највећа (слика 3в). [1]

Табела 2. Положај оса и скраћења код косе аксонометрије [1]

Метода аксонометрије	Положај оса			Скраћења по осама			Видљивост (истакнутост) површина предмета
	X	Y	Z	X	Y	Z	
Коса аксонометрија	0°	30°	90°	1	$1/2$	1	Предња површина предмета сасвим недеформисана, а бочна и горња знатно.
	0°	45°	90°	1	$2/3$	1	Предња површина предмета сасвим недеформисана, а бочна и горња мање.
	0°	60°	90°	1	$3/4$	1	Предња површина предмета сасвим недеформисана, бочна веома, а горња најмање.



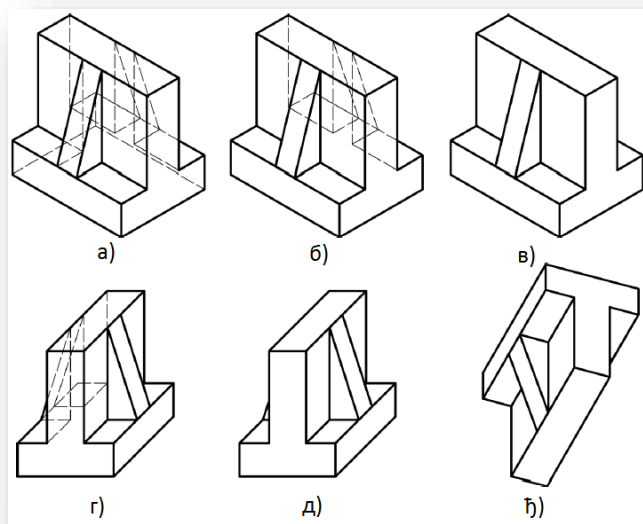
Слика 3 – Коцка у косој аксонометрији (косој пројекцији) [2]

2.3 Предности и недостаци аксонометријског цртежа

Због низа недостатака, аксонометријски цртеж није основни цртеж у техници. Недостаци су следећи:

- добија се деформисана слика предмета,
- нејасан је изглед заклоњених површина,
- непогодан је за цртање сложенијих предмета и склопова,
- израда је скупа, јер је потребно много времена, нарочито код склопова и сложенијих предмета,
- непогодан је за цртање осталих података на цртежу (коте, ознаке за толеранције, квалитет обраде површина итд.).

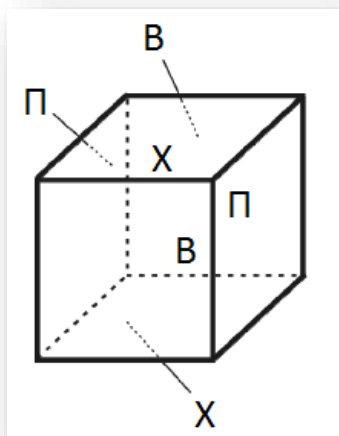
Предност аксонометријског цртежа у односу на ортогонални је у томе што је аксонометријски цртеж јасан и лаику. Због тога се користи у техници. На слици 4 је приказан предмет нацртан у различитим методама аксонометрије. Ако се усвоји изометрија (слика 4а) те се нацртају све невидљиве контуре предмета, добија се цртеж који је непрегледан и претрпан невидљивим линијама. Ако се нацртају само неопходне невидљиве линије да би се дефинисала заклоњена страна са крилцем (слика 4б), цртеж је прегледнији. Ако се пак уопште не нацртају невидљиве ивице предмета (слика 4в) неће бити јасно како предмет изгледа са десне, заклоњене стране. Ако се предмет нацрта у косој пројекцији (слика 4г), па се делимично нацртају невидљиве ивице, добиће се прегледан цртеж и предмет делимично дефинисан. Наиме, и даље нису дефинисане заклоњене стране предмета, задња и доња. Ако се на косој пројекцији потпуно изоставе невидљиве ивице предмета (слика 4д), лева бочна страна предмета је недефинисана. Ако се усвоји диметрија за истицање доње површине предмета и предмет окрене као на (слика 4ђ), сада се десна страна неће на цртежу довољно видети.



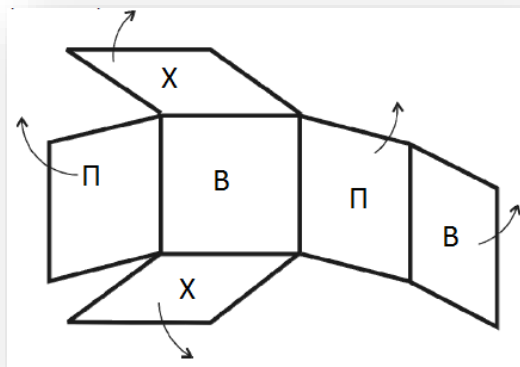
Слика 4 – Предмет нацртан у различитим методама аксонометрије
а), б), в) изометрија, г), д) коса пројекција, ж) диметрија [1]

3.0 ОРТОГОНАЛНИ ЦРТЕЖИ

Ортогонални цртеж или 2Д цртеж је такав где се предмет црта у две димензије у више ортогоналних пројекција (погледа). Пројектни зраци су међусобно паралелни и нормални на пројектне равни. Предмет цртања поставља се у простор ограничен са шест међусобно нормалних, односно паралелних равни. Због тога се за сваки предмет може нацртати шест основних ортогоналних погледа. Простор са шест међусобно нормалних равни је коцка са својих шест страница (слика 5). Коцка има по две паралелне странице, односно по две: хоризонталне - Х, вертикалне - В и профилне - П пројектне равни. Предмет цртања се замишљено постави унутар коцке, тако да су му површине паралелне са страницама коцке. Странице коцке (пројектне равни) обарањем се, као на слици 6, доводе у једну раван - раван цртања, тј. вертикалну раван. Задња вертикална страница (В) коцке је у средини, док су остале око ње. Хоризонталне равни се обарају на доле и горе, а профилне са стране, на лево и на десно. Предња вертикална раван се обара на десну страну поред профилне. На тај начин свих шест страница коцке (пројектних равни) обарају се све дотле док се не доведу у једну раван, задњу вертикалну раван В, која се налази у средини (слика 6).



Слика 5 – Коцка, као шест пројектних равни [2]

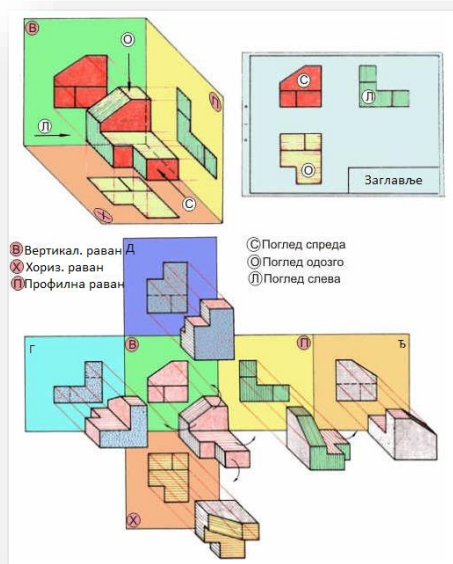


Слика 6 – Обарање пројектних равни [2]

Код ортогоналне пројекције, све тачке предмета се пројектују ортогонално (нормално – под правим углом) на три пројекцијске равни:

- В – вертикалну,
- Х – хоризонталну и
- П – профилну.

На овај начин се добијају три слике које дефинишу предмет. Ове слике се зову **погледи**.



Слика 7 – Поступак добијања ортогоналних пројекција [8]

На вертикалну раван се пројектује поглед спреда, на хоризонталну раван поглед одозго, а на профилну раван поглед с лева (слика 7). Могућа су шест погледа, али се у пракси најчешће користе три, горе поменута. Цртеж се по правилу представља само у довољном броју погледа. [2]

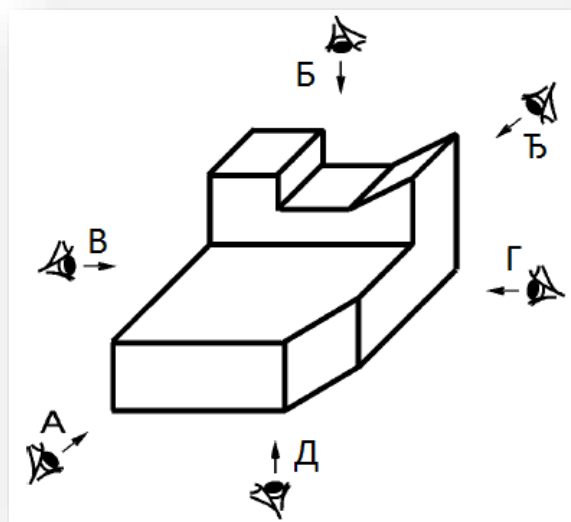
3.1 Распоред пројекција (погледа)

За сваки предмет се може нацртати шест основних ортогоналних пројекција (погледа). Погледи се распоређују на различите начине. У пракси се користи: [1]

- Европски распоред пројекција и
- Амерички распоред пројекција.

Осим ова два начина распореда пројекција, у изузетним приликама може се користити и произвољан распоред. Међутим, такав распоред пројекција веома је неповољан за оне који читају цртеж и треба га избегавати.

Без обзира на то који се распоред пројекција користи, предмет се при цртању посматра као што је приказано на слици 8. Предмет цртања постави се у одабрани положај у односу на пројектне равни и више се не помера. Помера се цртач и налази се у шест различитих положаја, од А до Ђ, како је то прикаазано на слици 8.

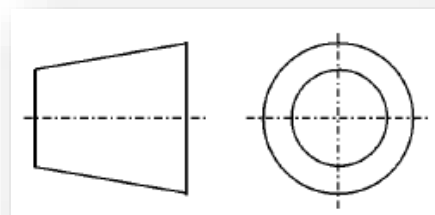


Слика 8 – Положај цртача при цртању ортогоналних пројекција
А – поглед спреда (главни), Б – поглед одозго, В – поглед слева,
Г – поглед здесна, Д – поглед одоздо, Ђ – поглед страга [1]

3.2 Европски распоред пројекција

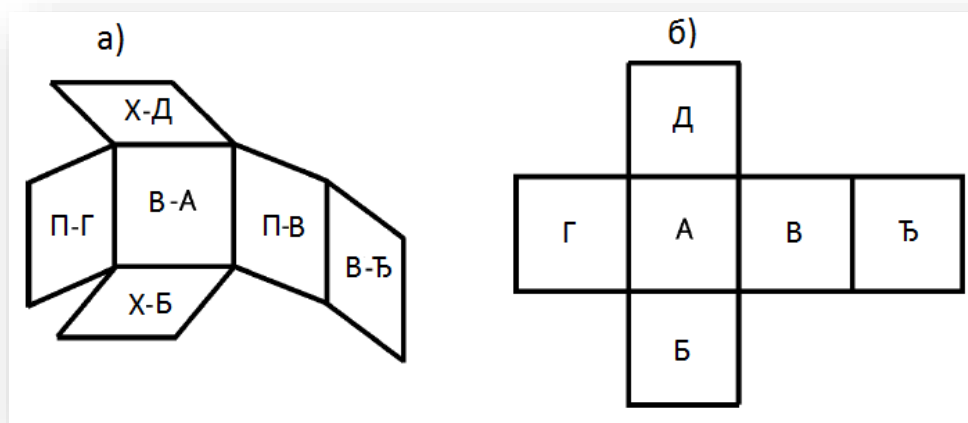
Код европског распореда пројекција, добијене пројекције се обарају у смеру посматрања, значи супротно од посматрача, тако да се предмет цртања налази у средини, између ока цртача и добијене пројекције (слика 9). Ознака (симбол) за европски распоред пројекција дат је на слици 10. [1]

Поглед спреда је главни поглед. Добија се на задњој вертикалној равни В (слика 11а), црта се у средини и обележава са А. Поглед одозго је испод А и обележава се са Б. Поглед са леве стране предмета црта се на десној страни главног погледа А и обележава са В. Поглед са десне стране обележава се са Г и налази се са леве стране погледа А. Поглед одоздо је поглед Д и црта се изнад А. Поглед од страга означава се са Ђ и црта се са десне стране погледа А, а поред В. Распоред основних погледа након потпуног обарања равни дат је на слици 11б.



Слика 9 – Положај предмета, пројекције и посматрача (цртача) код европског распореда пројекција [1]

Слика 10 – Ознака за европски распоред пројекција [5]

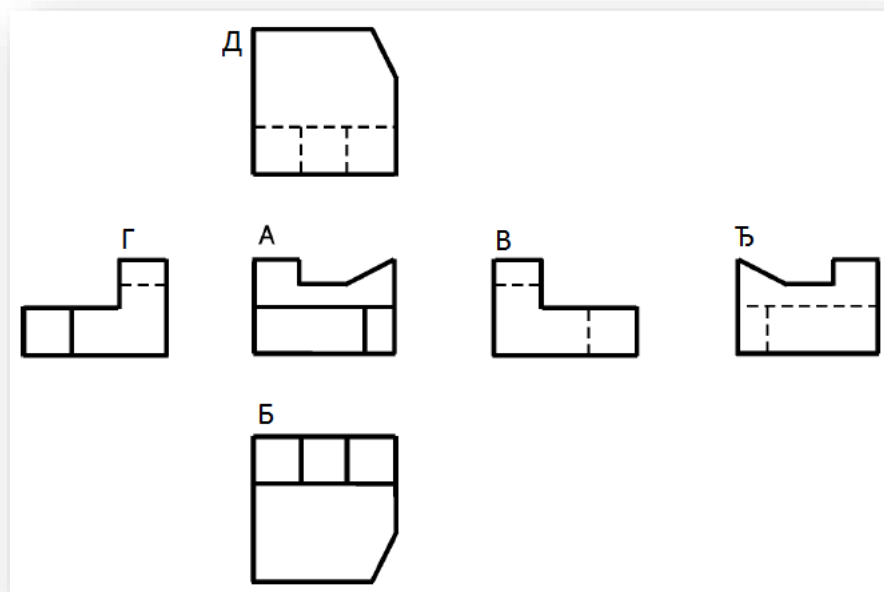


Слика 11 – Распоред пројекција по европском начину распореда

а) пре обарања равни, б) након обарања равни

А - поглед спреда (главни), Б - поглед одозго, В - поглед слева, Г - поглед здесна, Д - поглед одоздо, Ђ - поглед страга [1]

За предмет са слици 8 нацртано је шест ортогоналних погледа и распоређени су по европском распореду (слика 12).



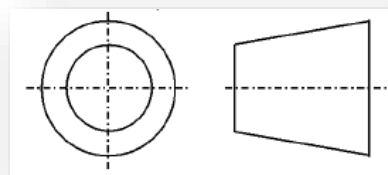
Слика 12 – Основни погледи по европском распореду пројекција [1]

3.3 Амерички распоред пројекција

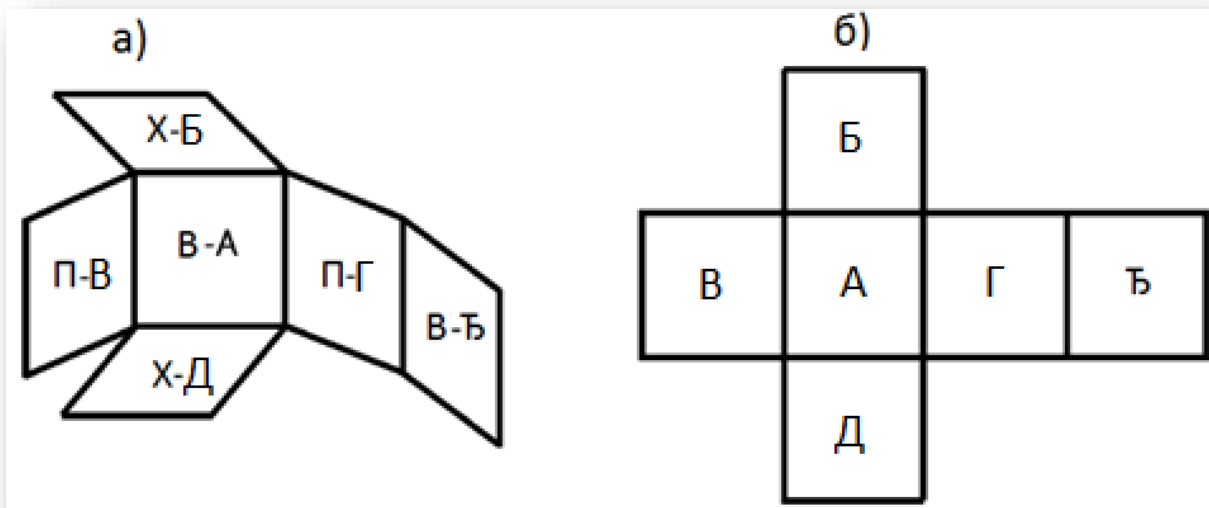
Код америчког распореда пројекција, добијене пројекције се обарају према цртачу, супротно од смера посматрања, тако да се добијена пројекција налази у средини између ока цртача и предмета цртања (слика 13). Ознака за амерички распоред пројекција приказана је на слици 14. Главни поглед, такође се обележава са А, налази се на задњој вертикалној равни у средини (слика 15а), као и код европског распореда пројекција. Поглед одозго Б налази се изнад, а поглед одоздо Д испод погледа А. Поглед са леве стране В је на левој, а са десне стране Г на десној страни погледа А. Поглед од страга је десно од погледа А, а поред Г. У односу на европски, код америчког распореда замењена су места погледима Б и Д и В и Г. Распоред погледа након обарања пројектних равни дат је на слици 15б.



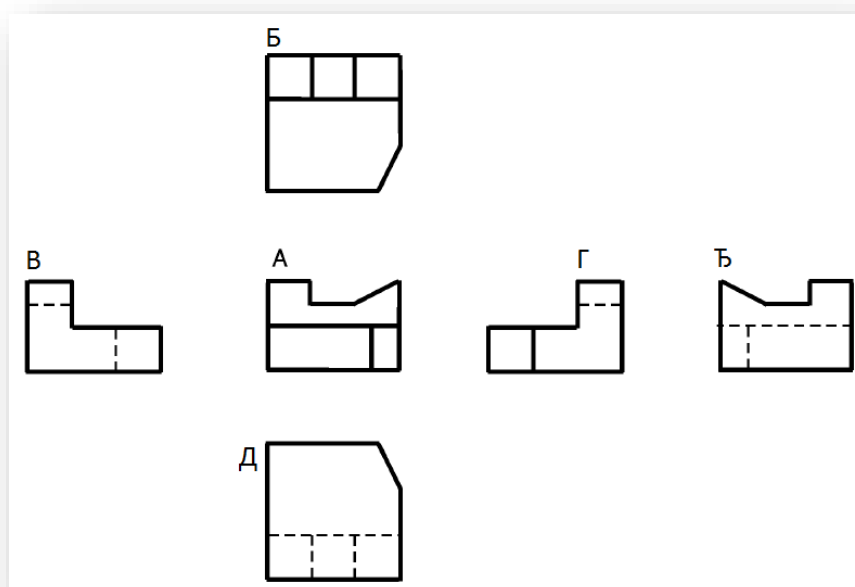
Слика 13 – Положај предмета, пројекције и посматрача (цртача) код америчког распореда пројекција [1]



Слика 14 – Ознака за амерички распоред пројекција [5]



Слика 15 – Распоред пројекције по америчком начину распореда
 а) пре обарања равни, б)након обарања равни
 А – поглед спреда (главни), Б – поглед одозго, В – поглед слева, Г – поглед здесна,
 Д – поглед одоздо, Ђ – поглед страга [1]



Слика 16 – Основни погледи према америчком распореди пројекција [1]

Ако се цртежи са америчким распоредом пројекција користе на европском или другом тржишту, тада се ознака за амерички распоред пројекције црта на цртежу, изнад заглавља за цртеж.

3.4 Предности и недостаци ортогоналног цртежа

Због низа предности, ортогонални цртеж је основни цртеж у техници. Те предности су следеће:

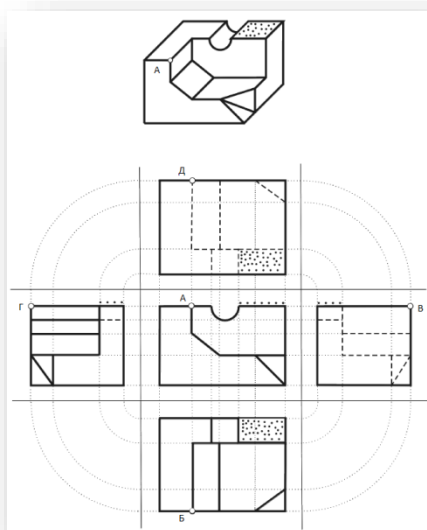
- лако и брзо се црта,
- предмет на ортогоналном цртежу је прецизно јасан,
- површине предмета се на цртежу виде недеформисане,
- погодан је за цртање и најсложенијих предмета и склопова и
- погодан је за означавање свих параметара битних за израду и функционисање (коте, толеранције, квалитет обраде итд.) предмета.

Недостатак ортогоналног цртежа је тај што није јасан лаику.

3.5 Повезаност ортогоналних пројекција

Ортогонални погледи (пројекције) су међусобно повезани пројектним зрацима, односно спонама. Погледи А, Б и Д су повезани вертикалним спонама, погледи А, В, Г и Ћ хоризонталним, а погледи Г, Б; Г, Д; В, Б; В, Д са изломљеним спонама. Пример повезаности ортогоналних погледа дат је на слици 17 где су погледи распоређени по европском распореду. Главни поглед А налази се у средини. Испод се налази поглед Б. Свака тачка, ивица и површина предмета на овим и свим осталим погледима, мора бити на заједничким спонама. Рецимо тачка Х у свим пројекцијама мора бити у пресеку вертикалне, хоризонталне и изломљене споне. Ако се уочи, нпр. правоугаона тачкаста површина предмета на погледу Б, праћењем њених спона види се да се она различито пројектује на појединим погледима. На погледима А, В и Г пројектује се као линија, пошто је та површина паралелна са Х, а нормална на П и В раван.

Пројекције ове површине, као и свих осталих, морају бити у пресеку заједничких вертикалних, хоризонталних и изломљених спона.



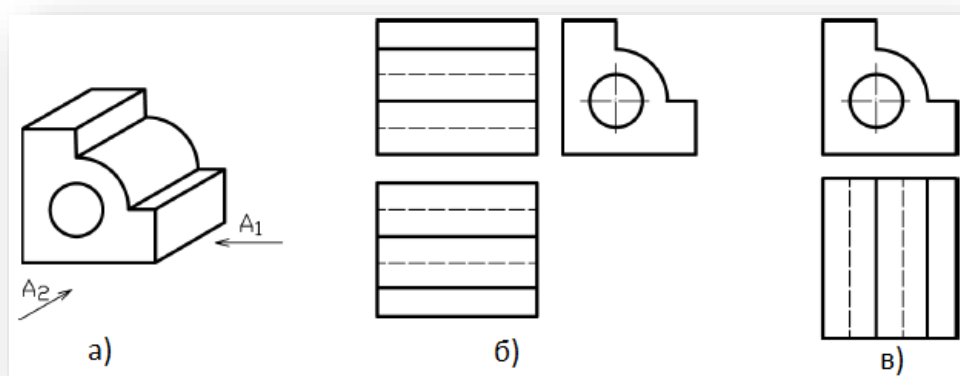
Слика 17 – Повезаност ортогоналних погледа [1]

3.6 Карактеристике главног „А“ погледа

Главни поглед је важан поглед, пошто су његовим избором одређени сви остали погледи. При избору главног погледа А, односно при избору положаја предмета за главни поглед, треба се руководити следећим:

- да тај поглед највише и најјасније показује предмет,
- да његовим избором највише површина предмета буде паралелно, односно нормално на пројектне равни,
- да се максимално смањи број потребних погледа,
- да се што више, колико је могуће, смањи број невидљивих линија предмета,
- да се олакша цртање и читање таквог цртежа и
- да у овом погледу предмет стоји у функционалном положају (нпр. трактор), ако је то битно или у положају израде предмета.

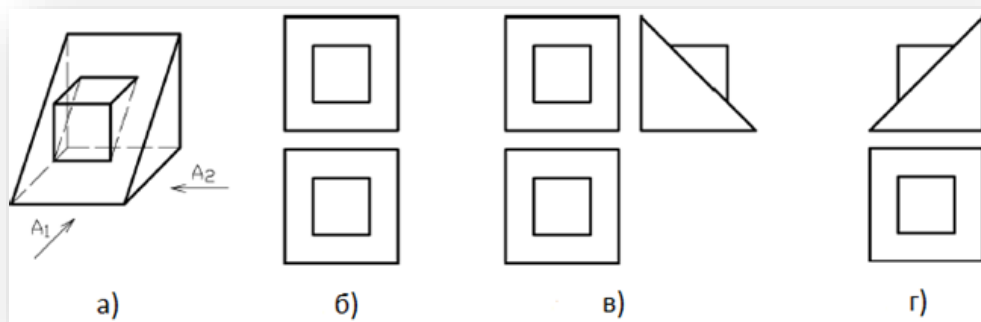
Ако се за предмет са слике 18а изабере као главни поглед у смеру стрелице А1, тада је потребно нацртати три погледа А, Б и В (слика 18б). Међутим, ако се за главни усвоји поглед у смеру А2, тада су потребна само два погледа А и Б (слика 18в). Овакав избор је у складу са особинама главног погледа.



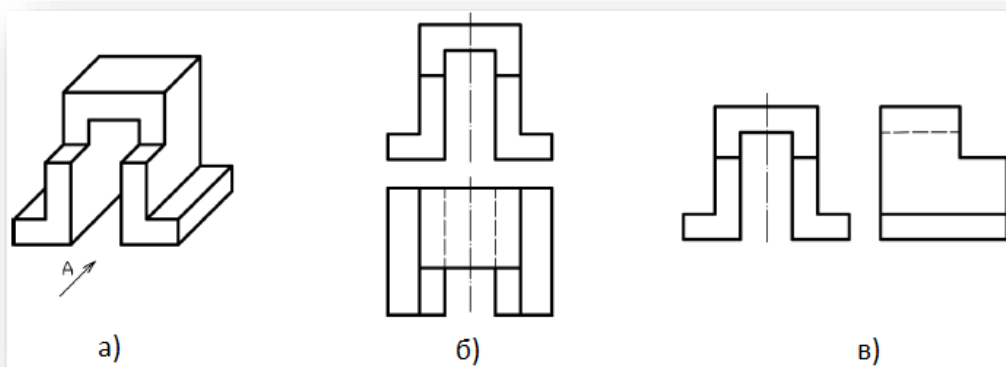
Слика 18 – Избор главног погледа: б) неправилно, в) правилно [1]

Још један пример анализе избора главног погледа дат је за предмет са слике 19а. Ако се усвоји као главни поглед у правцу А1, и нацртају два погледа, главни и одозго, предмет није једнозначно дефинисан (слика 19б). Да би се предмет потпуно дефинисао, потребна су три погледа (слика 19в), а ако се усвоји да је главни поглед у правцу А2, потребна су два погледа (слика 19г).

За предмет са слике 20а нацртана су два погледа А и Б, (слика 20б) што је довољно да се предмет једнозначно дефинише. Међутим, за овај предмет боље је нацртати поглед А и В, (слика 20в), јер овакав избор погледа омогућава лакше читање предмета.



Слика 19 – Смањење броја погледа избором главног погледа [1]



Слика 20 – Избор потребног броја погледа [1]

4.0 МЕТОДЕ ЧИТАЊА ОРТОГОНАЛНИХ ЦРТЕЖА

Ортогонални цртеж може прочитати само онај ко познаје принципе цртања ортогоналних цртежа. Под читањем ортогоналног цртежа подразумева се могућност за сагледавање просторног изгледа предмета на основу ортогоналних погледа и цртање предмета у некој од метода аксонометрије.

Читање ортогоналног цртежа је обрнут поступак од цртања. [1] Читање је теже од цртања, пошто захтева способност замишљања предмета у простору и знање технике цртања аксонометријског цртежа. Читање ортогоналног цртежа је лакше онима који имају природан дар и „осећај“ за простор. Ова вештина може да се савлада уз коришћење неких од метода читања: [1]

- метода расчлањавања на саставне површине,
- метода одсецања од основног дела и
- комбинована метода.

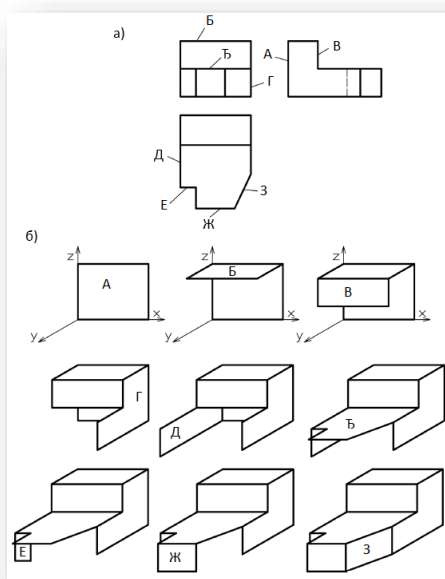
Користе се и друге методе, али су ове најједноставније. Избор методе зависи од конструктивног изгледа предмета, односно од задатих ортогоналних погледа и од наклоности оног ко чита погледе и црта предмет у аксонометрији.

4.1 Метода расчлањавања на саставне површине

Ова метода се састоји од расчлањавања тела на саставне површине и цртања тих појединачних површина. На свим задатим ортогоналним погледима обележи се свака појединачна површина (А, Б, В...) (слика 21а). Анализирањем погледа одреди се положај сваке означене површине у односу на пројектне равни. Усвоји се метода аксонометријског цртежа и нацртају одговарајуће осе.

Читање ортогоналног погледа састоји се из цртања предмета у аксонометрији по фазама. Прво се цртају оне површине које су једноставнијег облика (равне површине) и које су паралелне са пројектним равнима (пошто се виде недеформисане). Најбоље је да то буде нека крајња површина (горња, доња, предња, задња, ...). [1] Затим се цртају површине које стоје под углом на пројектне равни. Након тога се цртају цилиндричне и друге криве површине. Треба одабрати такав редослед цртања површина да се оне површине које су „теже“ за цртање, већ добију цртањем претходних, „лакших“.

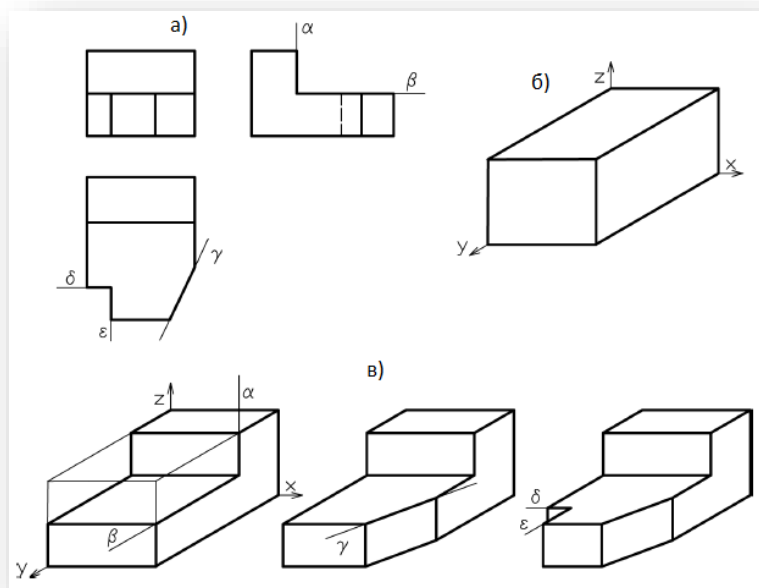
За овај пример нека то буде површина А која ће се прво нацртати. Ова површина је правоугаона, паралелна је са вертикалном, а нормална на хоризонталну и профилну раван. Права величина и облик ове површине види се у главном погледу (од напред). Оивичена је спољашњим контурама главног погледа. Ивице површине А су паралелне са Х и Z осом. Цртање површине А је прва фаза читања и означена је бројем 1 (слика 21б). Даљи редослед цртања површина означен је бројевима 2,3... и 9. Битно је уочити прави облик сваке нацртане површине. Прави, недеформисани облик површине види се само у оном погледу са чијом пројектном равни је површина паралелна. После нацртане површине А црта се нека од површина које се наслањају на ову. То може бити површина Б, Г или Д. Нека друга фаза буде читање и цртање површине Б. Следеће су површине које могу сада да се читају и цртају а то су површине В, Г или Д. Усваја се површина В, која је паралелна са површином А. Након тога следи цртање површине Г, затим површина Д, Ђ, Е и Ж. Површина З се добија на основу већ нацртаних површина Г и Ж. Површине И и Ј су добијене на основу претходних. Сам процес читања и цртања одвија се на једном месту (слика 21б на месту 1), што убрзава и читање и цртање.



Слика 21 – Метода расчлањавања на саставне површине
а) задати ортогонални погледи, б) фазе читања и цртања

4.2 Метода одсецања од основног тела

Метода одсецања се састоји у одсецању од првобитног, основног тела. Основно тело је дефинисано контурама и габаритним мерама датих ортогоналних погледа. За пример који следи, основно тело је призма која је нацртана у косој пројекцији (слика 22б). Пратећи ортогоналне погледе (слика 22а), постепено се одсеца основно тело. На слици 22в је показан поступак одсецања, прво са равни $\alpha\beta$, затим са равни γ и са равни $\delta\varepsilon$. Цео поступак се одвија на једном месту (слика 22б). Редослед одсецања није битан.



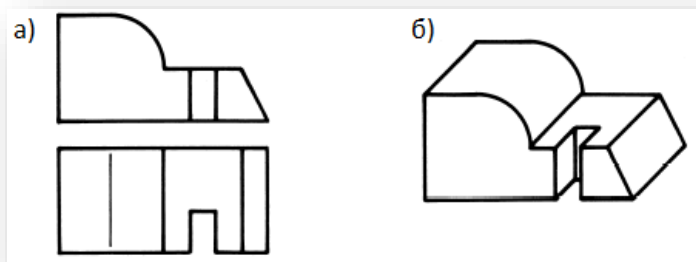
Слика 22 – Метода читања одсецањем од основног тела

а) задати ортогонални погледи, б) основно тело, в) фазе читања и цртања одсецањем

4.3 Комбинована метода

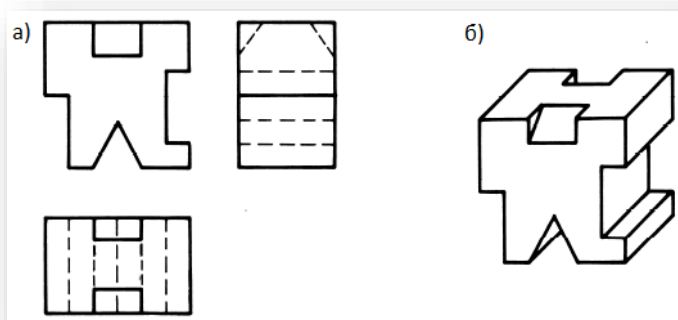
Комбинована метода се састоји из претходне две. Процес читања одвија се у глави читаоца. Посматрајући задате ортогоналне погледе, читалац замишља предмет. При томе користи и методу расчлађавања на саставне површине и методу одсецања. Тек када комплетно сагледа предмет, одлучи се за методу аксонометрије и нацрта га. Ова метода није прикладна за почетнике. Користи се када се савладају претходне две.

За пример са слике 23а приказан је поступак читања и цртања комбинованом методом. На основу главног погледа, јасно је да се предмет састоји из хоризонталног и вертикалног дела. Хоризонтални део је на крају закошен, док је вертикални заобљен. Из главног погледа и погледа одозго, види се да предмет овај облик има по целој својој дубини. Две вертикалне линије на хоризонталном делу предмета (поглед А) представљају жлеб у облику призме и то само до неке дубине, што се види у погледу одозго. При самом цртању се користи метода одсецања од основног тела (слика 23б).



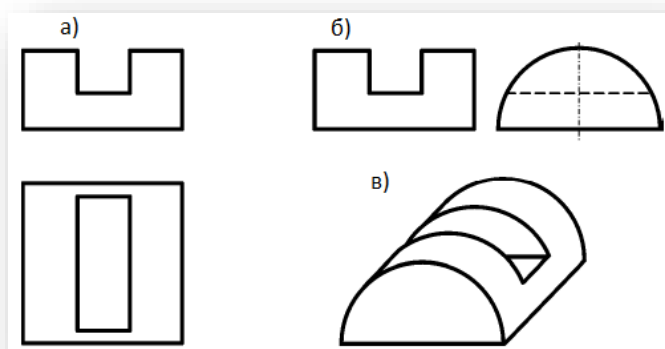
Слика 23 – Поступак читања комбинованом методом
а) задати ортогонални погледи, б) аксонометријски изглед задатог предмета

Цртање и читање комбинованом методом је брже од претходне две. Може се користити када се потпуно савлада поступак цртања ортогоналног и аксонометријског цртежа. Још један пример читања ортогоналног цртежа погодног за читање комбинованом методом је дат на слици 24.



Слика 24 – Комбинована метода читања ортогоналних погледа
а) задати ортогонални погледи, б) аксонометријски цртеж задатог предмета

Читање ортогоналних погледа може бити „теже“ и „лакше“. То зависи, не само од компликованости предмета већ и од избора нацртаних ортогоналних погледа. Ако је нпр. предмет представљен са главним погледом и погледом одозго (слика 25а), читаоцу ће бити веома тешко да га прочита. Међутим, ако се нацрта главни поглед и поглед са лева на десно (слика 25б), проблем читања је једноставан (слика 25в).



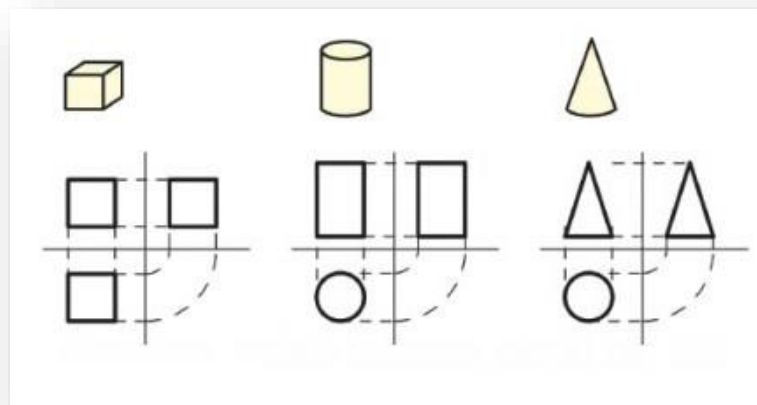
Слика 25 – Читање ортогоналних погледа зависно од задатих погледа
а) задати погледи А и Б, б) задати погледи А и В, в) аксонометријски изглед предмета

5.0 ЗНАЧАЈ ОРТОГОНАЛНОГ ЦРТЕЖА

За разлику од ортогоналног цртежа, аксонометријски цртеж, као што је описано у поглављу 2, приказује предмете у 3 димензије у једном погледу, што је недовољно да би се такав предмет у потпуности сагледао и израдио. Значај ортогоналних пројекција огледа се у чињеници да је предмет могуће приказати са свих 6 страна (више у поглављу 3), што читаоцу цртежа даје могућност да на најквалитетнији начин сагледа техничку документацију и делује у складу са њом.

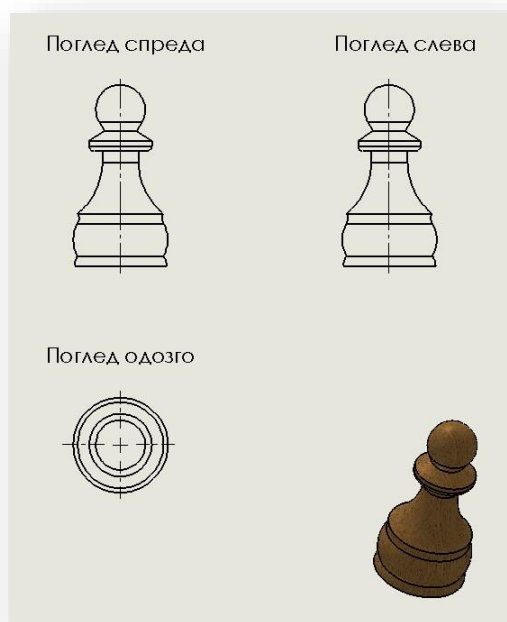
Начин израде аксонометријских и ортогоналних техничких цртежа, често може читаоца довести у забуну, али му и олакшати рад и анализу цртежа. Како би се показала неопходност корелације ова два основна типа техничких цртежа, у наставку су дати примери специфичних пројекција, односно пројекција на којима су за једно или више различитих предмета, два ортогонална погледа идентична, али их разликује трећи поглед, који заправо и дефинише предмет у аксонометријском облику.

Пример 1.



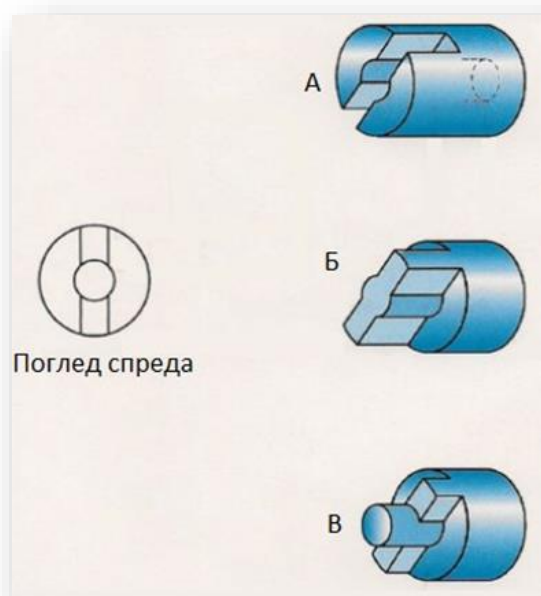
Слика 26 – Ортогоналне пројекције геометријских тела (коцка, ваљак, купа) [5]

На примеру (слика 26) пројекција геометријских тела (ваљак и купа), приказан је феномен једнакости фронталне и профилне ортогоналне пројекције, док су код коцке све три пројекције једнаке.

Пример 2.

Слика 27 – Ортогонална и аксонометријска пројекција шаховске фигуре

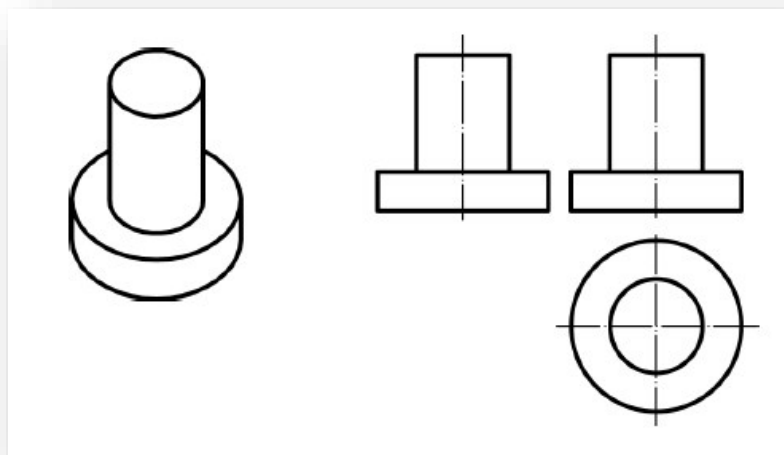
На слици 27 се јасно види да су главни поглед (спреда) и поглед слева једнаки и да на основу њих није могуће прочитати део у потпуности. Због тога је потребно нацртати и поглед одозго, како би предмет био једнозначно дефинисан.

Пример 3.

Слика 28 – Аксонометријски приказ три различита предмета и заједнички поглед спреда за сва три предмета

На основу трећег примера (слика 28), примећује се да је за предмете А и В фронтална пројекција иста, док је поглед одозго једнак само за предмете Б и В, а профилна пројекција различита за сва три дела.

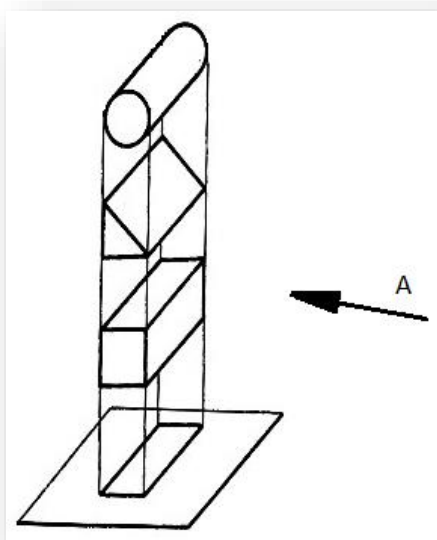
Пример 4.



Слика 29 – Аксонометријски и ортогонални приказ предмета [1]

Као и код примера 1 и 2, тако и код примера 4 на слици 29, приказан је предмет који је немогуће прочитати уколико нема треће пројекције, јер су поглед спреда и слева идентични.

Пример 5.



Слика 30 – Приказ пројекције геометријских тела на хоризонталну раван [6]

Код 5. примера на слици 30, видимо да је за сва три геометријска тела поглед одозго исти и представља правоугаоник. Такође, поглед спреда им је једнак, док је профилна пројекција различита.

6.0 ЗАКЉУЧАК

У овом завршном раду је детаљно обрађена тема „Читање ортогоналних техничких цртежа“ са акцентом на везу ортогоналних и аксонометријских цртежа у циљу поједностављења читања техничке документације.

У другом поглављу је објашњено шта представља аксонометријски цртеж. Речено је које врсте аксонометријског цртежа постоје, као и објашњење тих врста. Такође, било је речи о предностима и недостацима аксонометријског цртежа.

Трећа ставка описује начин примене ортогоналних цртежа, распоред пројекција које се највише користе у пракси, везу између ортогоналних пројекција, као и предности и недостатке ортогоналног цртежа.

Наредно, четврто поглавље нас води у методе читања ортогоналних цртежа. Реч је била о томе ко може прочитати ортогонални цртеж, као и разлике између читања и цртања. Извршена је подела на три методе о којима је било речи у ставкама 4.1, 4.2 и 4.3. Такође су дате слике са примерима ове три методе.

Пета и последња целина говори о значају ортогоналних цртежа, и кроз примере је приказано да је за тачно и једнозначно читање неопходна потпуна ортогонална пројекција, односно приказ предмета у минимум три равни.

На основу описаних чињеница о ортогоналном пројектирању, може се донети закључак да је управљање техничком документацијом сложен процес, али да се применом стандарда техничког цртања недвосмислено дефинишу начини комуникације учесника једног техничког пројекта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Глигорић Радојка, Инжењерске комуникације, Уџбеник. ISBN 978-86-7420-327-8, Пољопривредни факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад, 2015.
- [2] Глигорић Радојка, Нацртна геометрија, Основни уџбеник. ISBN 978-86-7520-345-2, Пољопривредни факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад, 2015.
- [3] Душан Ђорђевић, Жељко Папић, Техничко цртање са нацртном геометријом за машинске школе, Уџбеник, ISBN: 978-86-17-14861-2, Београд, 1991.
- [4] http://velv.hr/~zbotak/TD_predavanja_sve.pdf
- [5] <https://ucimotehnicko.wordpress.com/page/37/?pages-list>
- [6] <http://pubhtml5.com/bdxz/kgmy/basic>
- [7] https://kompjuterskagrafika.files.wordpress.com/2012/01/clip_image0021.jpg
- [8] <https://sites.google.com/site/wwwzoraneljkovic/energetika>