

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ҚИШЛОҚ ВА СУВ ХЎЖАЛИГИ  
ВАЗИРЛИГИ

ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ ИНСТИТУТИ

«Сув хўжалиги электротехникаси ва уни автоматлаштириш»  
кафедраси

АВТОМАТИК БОШҚАРИШ НАЗАРИЯСИ

фанидан

КУРС ИШИНИ БАЖАРИШ УЧУН

УСЛУБИЙ ҚЎЛЛАНМА

ТОШКЕНТ - 2006 й

Ушбу услубий қўлланма институт илмий-услубий Кенгашининг 6 июл 2006 йилда бўлиб ўтган 9-сонли мажлисида ўриб чиқилди ва Чоп этишга тавсия этилди.

Ушбу услубий қўлланма «Сув хўжалигини автоматлаштириш ва механизациялаштириш» факультети 5521800 – «Автоматлаштириш ва бошқарув» йўналиши талабаларининг «Автоматик бошқариш назарияси» фани бўйича курс ишини бажариш учун тавсия этилади. Услубий қўлланмада талабалар автоматик бошқариш тизимларини математик ифодалаш, тизимнинг динамик хусусиятларини аниқлаш масалаларини кўриб чиқадилар.

Тузувчилар: Р.Т. Газиева, доцент,  
О.Ж. Пиримов, ассистент

Тақризчилар: С.Ф. Амиров, т.ф.д., профессор  
М.А. Тожиев, т.ф.н., доцент

## ***Кириш***

Сўнги йилларда мамлакатимиз ижтимоий, иқтисодий ва маданий ҳаётида кўп ўзгаришлар бўлди, дунё миқёсида давлатимизнинг мавқеи янада мустаҳкамланди.

Бугунги кунда ҳам кўплаб тармоқларда технологик жараёнда тугалланмаган ишлаб чиқаришлар устун. Қишлоқ ва сув хўжалиги ишлаб чиқаришида замонавий чет эл технологияларини ва автоматлаштирилган техник воситаларни қўллаш, изчил олиб борилаётган иқтисодий ислохотларни амалга оширишда муҳим устувор вазифалардан бири ҳисобланади.

Бунда илғор технологияларга, ишлаб чиқаришнинг замонавий тузилмасига ўтишни таъминлаш, ҳам ашё заҳираларини комплекс қайта ишловчи тармоқларнинг ўзаро алоқаси тизимини шакллантиришни таъминлаш муҳимдир. Бугунги кунда техника тараққиёти қишлоқ ва сув хўжалиги ишлаб чиқаришини замонавий агрегатлар, асбоб-ускуналар билан таъминланишини тақозо этипти. Бундай шароитда ушбу масалалар технологик жараёнларда автоматик бошқариш тизимларини қўллаш, уларни ишлаб чиқаришга жорий этиш йўли билан ҳал қилинапти. Шунинг учун сув хўжалиги соҳаси бўйича юқори малакали мутахассислар тайёрлашда ҳозирги замон талабига жавоб берувчи автоматик бошқарув тизимларини ишлаб чиқиш ва уларни мазкур соҳага тадбиқ этишни ташкил қилиш муҳим ўрин тутди.

«Автоматик бошқариш назарияси» фани ушбу вазифани бажаришда муҳим омил ҳисобланади.

Ушбу курс иши мавзулари чизиқли автоматик бошқариш тизимларини тадқиқ қилиш масалаларини ўз ичига олади. Бу ерда талабалар автоматик бошқариш тизимларини математик ифодалаш, тизимнинг динамик хусусиятларини аниқлаш масалаларини кўриб чиқадилар. Талабаларнинг бажарадиган вазифалари умумий бўлимда тўлиқ ёритилган. Вариантлар асосида топшириқлар келтирилган.

## ***1. Курс ишини бажариш учун қўйиладиган умумий талаблар***

### ***1.1. Умумий маълумотлар***

«Автоматик бошқариш назарияси» (АБН) фани бўйича бажарилувчи курс иши талабаларнинг қуйи курсларда олган билимларини мустаҳкамловчи ҳамда техник воситаларни иш жараёнларида қўлланишини, уларнинг бир-бири билан функционал боғланишини, яъни реал технологик объектни автоматлаштиришда математик моделни ишлаб чиқишни ўз ичига олади.

АБН фани бўйича курс ишини бажаришдан мақсад талабаларда автоматик бошқарув тизимларини анализи ва синтези масалаларини ўрганиш, тизимнинг динамик хусусиятларини аниқлаш усулларини кўриб чиқишдан иборат.

### ***1.2. АБН фани бўйича курс ишини бажаришни ташкил қилиш***

Талабаларнинг курс ишини бажаришлари уч босқичдан иборат бўлиб, қуйидаги кетма-кетликка эга:

1) АБТнинг таркибий тузилиш схемаси асосида тизимнинг эквивалент схемасини ишлаб чиқиш:

- кетма-кет уланган бўғинларни соддалаштириш;
- параллел уланган бўғинларни соддалаштириш;
- қайта боғланишга эга бўлган бўғинларни соддалаштириш;
- тизимнинг умумий эквивалент схемасини аниқлаш.

2) АБТнинг динамик хусусиятларини аниқлаш:

- очик занжирли тизимлар Найквист ва логарифмик частота тавсифномалари (ЛЧТ) асосидаги мезонлар бўйича;

- ёпиқ занжирли тизимлар Раусс-Гурвиц алгебраик мезонлари ва Михайлов частота мезони асосида.

3) АБТнинг ўтиш жараёни тавсифномаларини аниқлаш:

- ўтиш жараёни сифат кўрсаткичларини аниқлаш;

- тизимнинг умумий узатиш функцияси асосида ҳақиқий частота тавсифини аниқлаш;

- тизимнинг ўтиш жараёни тавсифини аниқлаш.

### ***1.2.1. Курс ишини таркиби, ҳажми ва мазмуни***

Курс иши 10-15 бет қўлёзма ҳажмида берилган схема асосида бажарилган ечимлар, мезонларнинг ҳисоби, миллиметрли варақларда бажарилган чизма графикларидан иборат бўлиши керак.

Ҳисоблаш - тушунтириш хати кириш қисми, танланган вариантнинг таркибий схемаси, автоматик бошқариш тизимининг математик тавсифи, ўтиш жараёни сифат кўрсаткичларини аниқлаш масалаларини ва уларнинг тавсифномаларини, фойдаланилган адабиётларни ўз ичига олади.

### ***1.3. Ҳисоблаш - тушунтириш хатини бажариш ҳақида кўрсатмалар***

Бу ерда қуйидаги вазифаларни бажариш лозим:

- текширилаётган таркибий тузилиш схемасини тегишли хусусиятларини кўриб чиқиш (боғланиш усуллари);

- берилган автоматик бошқариш тизимининг турғунлигини аниқлаш.

Ҳисоблаш-тушунтириш хати қўлда ёзилади.

Ҳисоблаш тушунтириш хати титул варағидан бошланиб, кириш қисми ва бўлимлар келтирилади. Тушунтириш хатининг охирида хулоса ва фойдаланилган адабиётлар ва мундарижа берилади.

Тушунтириш хатидаги схемалар, графиклар ва годографлар бўлимларнинг тартиб рақамига қараб белгиланади.

Масалан: 2.1-расм - иккинчи бўлимнинг биринчи расмини билдиради, формулалар ҳам шу тартибда белгиланади. Ҳисоблашлар давомида ишлатилган барча норматив ҳужжатлар, иш сўнгида адабиётлар бўлимида кўрсатилиши лозим. Чизмалар ўқилиш тартиби бўйича берилади. Титул варағига курс ишини бажарган талаба ва раҳбар томонидан қўл қўйилиши керак.

## II. Автоматик бошқариш тизимларини математик тавсифини аниқлаш усуллари

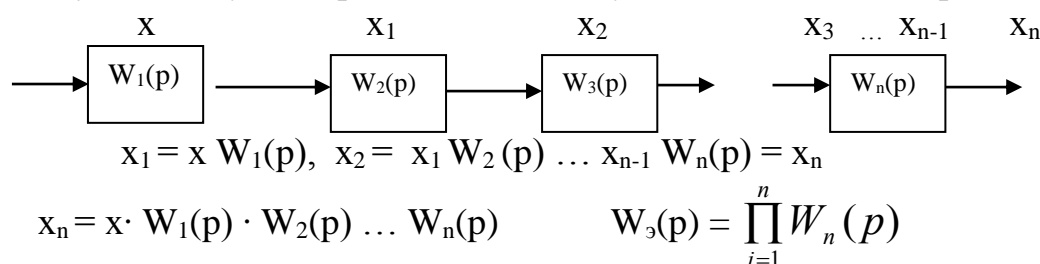
### 2.1. Таркибий тузилиш схемаларини тузиш ва уларни ўзгартириш

Автоматик бошқариш тизим (АБТ) ларининг типик бўғинлардан ташкил топган таркибий тузилиш схемалари уларнинг динамик хусусиятларини аниқлашни енгиллаштиради. Шунинг учун бўғинларнинг бир-бирига уланиш тартибига кўра эквивалент алмаштириш схемаларидан фойдаланиш қулайдир.

АБТ ларининг таркибий тузилиш схемалари асосан уч хил: ўзаро кетма-кет, параллел ва қайта боғланишли бўғинлардан иборат бўлиши мумкин.

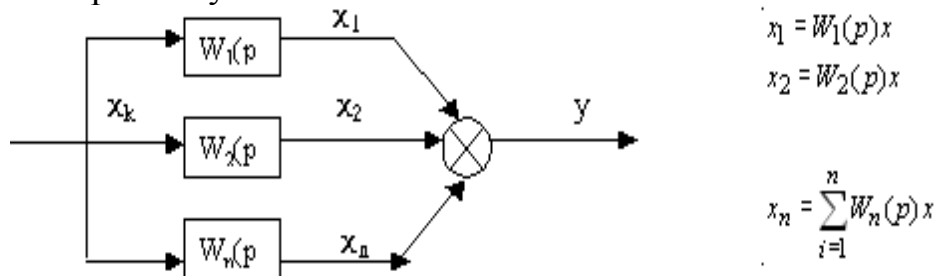
Қуйида ушбу усуллар ва уларнинг соддалаштириш кетма-кетликлари берилган.

1. Кетма-кет уланган бўғинларни эквивалент бўғин билан алмаштириш:



Кетма-кет уланган бўғинларнинг эквивалент узатиш функцияси алоҳида бўғинларнинг узатиш функциялари кўпайтмасига тенг.

2. Параллел уланишли схема



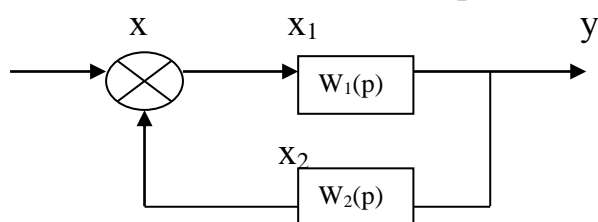
$$y = x_1 + x_2 + \dots x_n = [W_1(p) + W_2(p) + \dots W_n(p)]$$

$$W_{\text{эКВ}} = y/x = W_1(p) + W_2(p) + \dots W_n(p)$$

$$W_{\text{эКВ}} = \sum_{i=1}^n W_i(p)$$

Бу схемага кирувчи сигнал  $x_n$  ҳамма бўғинлар учун бир хил бўлади. Бўғинлардан чиқадиган сигналлар бир хил қийматга эга бўлиб, бўғинларнинг узатиш функцияси билан белгиланади.

3. Қайта боғланишли звенолар.



$$y = x_1 W_1(p)$$

$$x_2 = y W_2(p)$$

$$x_1 = x \pm x_2$$

$$y = (x \pm x_2) W_1(p)$$

$$y = [x \pm y W_2(p)] W_1(p)$$

$$y [1 \pm W_1(p) W_2(p)] = x W_1(p)$$

$$W_{\text{экв}} = \frac{y}{x} = \frac{W_1}{1 \pm W_2(p)W_1(p)}$$

Типик автоматик элементларнинг узатиш функциялари

1-жадвал

| №  | Автоматик элементларнинг номланиши  | Узатиш функцияси   |
|----|---|--|
| 1  | Механик узатиш (редуктор)   | $W(p) = K_{\text{ред}}$  |
| 2  | Ўзгармас ток кучайтиргичи   | $W(p) = K_y$   |
| 3  | Ўзгарувчан токнинг транзисторли кучайтиргичи  | $W(p) = K_y$   |
| 4  | Сельсин жуфтлик, трансформатор режимида   | $W(p) = \frac{k}{Tp + 1} e^{-\tau p}$                            |
| 5  | Қаршилиқ термометри   | $W(p) = \frac{K_{T.C}}{T_{T.C}p + 1}$                            |
| 6  | Магнитли кучайтиргич  | $W(p) = \frac{K_{M.K}}{T_{M.K}p + 1}$                            |
| 7  | Термоиссиқлик   | $W(p) = \frac{K_{T.П}}{T_{T.П}p + 1}$                            |
| 8  | Маълум модда билан тўлдирилган бункер   | $W(p) = \frac{1}{T_3p}$  |
| 9  | Суюқлик босимини назорат қилувчи сиффон датчиги   | $W(p) = \frac{K_{C.Ф}}{T_{C.Ф}^2p^2 + 2\xi T_{C.Ф}p + 1}$        |
| 10 | Гидроюритма   | $W(p) = \frac{K_{ГП}}{p(T_{ГП}^2p^2 + 2\xi T_{ГП}p + 1)}$        |
| 11 | Ўзгармас ток мотори (кириш катталиги – якорь кучланиши, чиқиш катталиги – айланиш частотаси)              | $W(p) = \frac{K_o}{T_o^2p^2 + 2\xi T_o p + 1}$                   |
| 12 | Асинхрон электр юритма ишга тушириш режимида  | $W(p) = \frac{K_{a.ю}}{1 - T_{a.ю}p}$                            |
| 13 | Асинхрон электр юритма номинал режимида (кириш катталиги – кучланиш, чиқиш катталиги – айланиш частотаси) | $W(p) = \frac{K_{a.ю}p}{1 + T_{a.ю}p}$                           |
| 14 | Асинхрон мотор номинал режимда (кириш катталиги – кучланиш, чиқиши – роторни бурилиш бурчаги)             | $W(p) = \frac{K_{a.д}}{(1 + T_{a.д}p)p}$                         |
| 15 | Тахогенератор (кириш катталиги - айланиш частотаси, чиқиши – кучланиш)                                    | $W(p) = K_{T.Г}$   |
| 16 | Тахогенератор (кириш катталиги – бурилиш бурчаги, чиқиши – кучланиш)                                      | $W(p) = K_{T.Г}p$  |
| 17 | Электр машинали кучайтиргич   | $W(p) = \frac{K_{эмy}}{T_{oy}p + 1} \cdot \frac{1}{T_{кз}p + 1}$ |

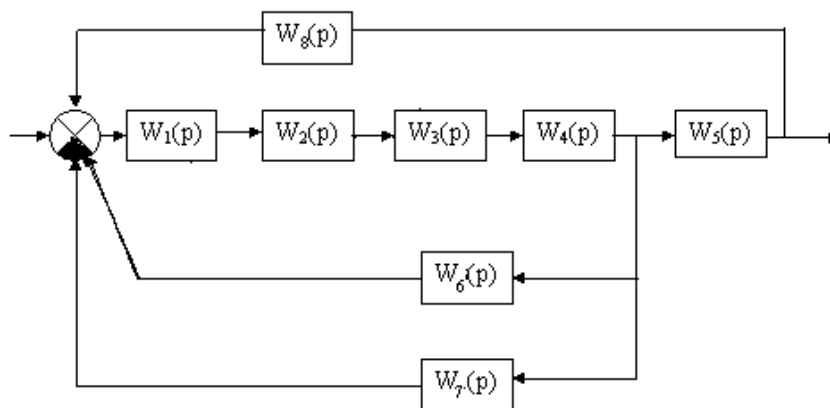
Тескари қайта боғланиш бўғинидан чиқувчи сигнал  $x_2$  икки хил: мусбат (+) ва манфий (-) ишорага эга бўлиши мумкин. Шунга кўра қайта боғланиш схема икки хил функцияни – сигнал кучайтириш ва стабиллаш функцияларини бажаради.

Тескари боғланиш бўғинидан чиқувчи сигнал  $x_2$  мусбат ишорали бўлса схема сигнал кучайтиргич вазифасини бажаради:

$$W_3(p) = \frac{W_1}{1 - W_2(p)W_1(p)}$$

Бу ҳолда чиқувчи сигналнинг ишораси системага кирувчи сигналнинг ишорасига нисбатан қарама-қарши йўналишда, яъни (-) ишора билан боғланган бўлади, бу эквивалент узатиш функциясининг камайиши ва “у” ни стабиллашувини таъминлайди.

**Мисол.** Тузилиш схемасида эквивалент ўзгартиришларни амалга оширинг.



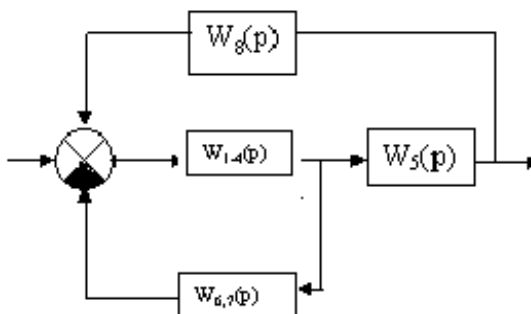
2.1- расмда. АРТ ни таркибий схемаси.

**Ечиш.** Ишни энгиллаштириш учун бўғинларнинг узатиш функцияларини  $W_1(p) \dots W_8(p)$  деб белгилаймиз.

Схемани ўзгартириш учун таркибий схемаларни эквивалент алмаштириш усулларидан фойдаланамиз. 1,2,3,4,5,6 бўғинлардаги занжирини эквивалент мантикий блок узатиш функцияси  $W_h(p)$  ва  $W_{6,7}(p)$  га ўзгартирамиз. Бу блоклар учун узатиш функцияларини ёзамиз.

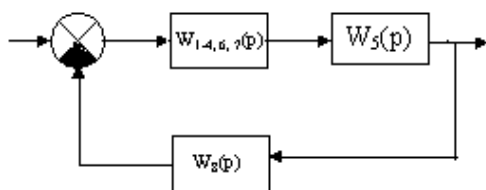
$$W_{1-4}(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p) \cdot W_4(p) \quad (2.1)$$

$$W_{6,7}(p) = W_6(p) + W_7(p) \quad (2.2)$$



2.2- расм.

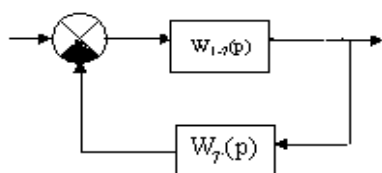
Сўнгра схемани  $W_{1-4}(p)$  қисми учун таркибий схемада қуйидаги ўзгаришларни киритамиз (2.3-расм).



2.3- расм

$$W_{1-4.6.5}(p) = \frac{W_{1-4}(p)}{1 + W_{1-4}(p)W_{6.7}(p)} \quad (2.3)$$

Эквивалент ўзгаришлардан келиб чиқиб, 2.3-расм асосида якуний эквивалент схемага эга бўламиз (2.4-расм).



2.4 – расм

$$W_{\text{эқв}}(p) = \frac{W_{1-4}(p)}{1 - W_{1-7}(p)W_5(p)} \quad (2.4)$$

## 2.2. Автоматик бошқарув тизимларининг (АБТ) динамик тавсифномаларини аниқлаш усуллари

АБТ ларининг конструктив тузилиши ва физик хусусиятлари турличадир. Шунинг учун уларнинг ҳолати дифференциал тенгламалар ёки хусусий ҳосилали дифференциал тенгламалар орқали ифодаланиши мумкин.

АБТларининг дифференциал тенгламалари маълум кетма-кетлик асосида тузилади. Энг аввало АБТ алоҳида функционал элементларга сўнгра таркибий бўғинларга ажратилади. Дифференциал тенгламаларни тузиш қулай бўлиши учун таркибий тузилиш схемалари тузилади.

АБТни математик ифодалаш учун асосий умумлашган координаталар ажратиб олинади. Бошқарувчи ёки ғалаёнланиш канали бўйича ва чиқувчи бошқарилувчи параметрлар шулар жумласидандир. АБТ элементларининг тенгламалари уларнинг физик табиатига асосланган бўлиб, механик, электротехник, иссиқлик, гидродинамик ва бошқа қонуниятлар асосида тузилади.

Ҳақиқий физик жараёнлар кўпгина элементларда мураккаб кечади ва но-чизиқли дифференциал тенгламалар билан тавсифланади. Бу дифференциал тенгламалар яқинлаштирилган тенгламалар кўринишга келтирилади.

Автоматика элементларига кўрсатилувчи типик таъсирлар ўтиш жараёнларини маълум дифференциал тенгламалар орқали ифодалаш имконини беради. Бу ҳолда элементларни дифференциал тенгламаларнинг кўринишига қараб турларга ажратиш мумкин.

Дифференциал тенгламаларни оператор кўринишига келтирилса  $W(p)$ -оператор кўринишидаги узатиш функцияси келиб чиқади. Бошланғич шартлар нолга тенг бўлган вақтда  $u(p)$  оператор шаклидаги чиқувчи катталиқнинг  $x(p)$  кириш катталигига нисбати *узатиш функцияси* деб юритилади.



$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} \quad (2.6)$$

узатиш функцияларининг кўринишга қараб қуйидаги типик позицияли бўғинларни ажратиш кўрсатиш мумкин:

$W(p) = k$  – инерцияга эга бўлмаган;

$W(p) = \frac{\kappa}{Tp+1}$  – инерцион ёки I тартиби аperiодик

$W(p) = \frac{1}{Tp}$  – интегралловчи

$W(p) = Tp$  – идеал дифференциалловчи

$W(p) = \frac{\kappa Tp}{Tp+1}$  – реал дифференциалловчи

$W(p) = \frac{\kappa}{T^2 p^2 + Tp + 1}$  –  $T_1 < 2T_2$  да тебранувчан

$T_1 > 2T_2$  да II тартибли аperiодик

$W(p) = \kappa e^{-\tau p}$  – кечикиш бўғини.

Кўрсатилган типик бўғинлар ёрдамида автоматик бошқарув тизимларининг исталган ҳақиқий элементлари узатиш функцияларини аниқлаш мумкин.  $W(p)$  функцияси  $\Delta x = I(t)$  ташқи таъсир вақтида бўғиннинг статик ( $p = 0$ ) ва динамик ( $p > 0$ ) хусусиятларини тўлиқ тавсифномаси ҳисобланади.

АБТларининг узатиш функциялари бошқарувчи параметрнинг белгиланган қийматдан четга чиқиши, яъни  $x(t)$  хатолик ёки бошқарилувчи  $y(t)$  катталиқ учун тузилади.

### **2.2.1. Автоматик бошқариш тизимларининг (АБТ) турғунлигини текшириш**

Бошқариш тизимларининг асосий динамик хусусиятларидан бири уларнинг барқарорлигидир.

*Барқарорлик* – бу тизимнинг шундай хусусияти, бунда у ўзининг ички кучлари ёрдамида тенгликни бузган кучларни енгиб, бошланғич ҳолатига қайтиши тушунилади.

Агар барқарорлик ҳолатидан кичик бир оғиш ҳолатидан тизим олдинги ҳолатига қайта олмаса ёки ундан узоқлашиб борса бундай тизимни *барқарор бўлмаган тизим* деб аталади.

Бошқариш тизимларнинг барқарорлик шартларини математик аниқлаш учун *мезон* деб аталувчи АБТ ларида қўлланилувчи чизикли дифференциал тенгламаларни анализ қилишнинг *алгебраик* ва *частотавий* мезонлари мавжуд. Ушбу мезонлар очиқ ва ёпиқ занжирли автоматик бошқарув тиимлари учун қўлланилади.

Алгебраик мезонлар, 5-6 тартибдан юқори бўлмаган дифференциал тенгламалар билан ифодаланувчи тизимлар тадқиқи учун қўлланилади.

Частотавий мезонлар эса графо-аналитик усулга тегишли бўлиб, барча тартибдаги дифференциал тенгламалар билан характерланадиган тизимлар тадқиқи учун қўлланилади.

*Раусс ва Гурвиц мезонлари* алгебраик мезонлар сифатида қўлланилади.

*Раусс мезони* – тизимларнинг характеристик тенгламалари анализини энг оддий усули бўлиб, масала ечишда олиб бориладиган математик операциялар кетма-кетлиги кўринишида бўлади:

$$G(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0$$

Тенглама шундай ёзиладики, бунда  $a_0 > 0$  бўлиши керак.

Кейин берилган тенглама коэффициентларидан жадвал тузилади. Бунинг учун биринчи горизонтал қаторга жуфт, иккинчи горизонтал қаторга ток индекс-ли коэффициентлар ёзилади. Учинчи қатордан бошлаб коэффициентлар юқоридаги қаторларнинг ҳисобланган коэффициентлари орқали кўрсатилади. Жадвалда умуман  $n+1$  та қатор бўлади.

|         |       |       |         |
|---------|-------|-------|---------|
| $a_0$   | $a_2$ | $a_4$ | $\dots$ |
| $a_1$   | $a_3$ | $a_5$ | $\dots$ |
| $b_0$   | $b_2$ | $b_4$ | $\dots$ |
| $b_1$   | $b_3$ | $b_5$ | $\dots$ |
| $c_0$   | $c_2$ | $c_4$ | $\dots$ |
| $\dots$ |       |       |         |
| $\dots$ |       |       |         |

бу ерда  $b_0 = \frac{a_2 a_1 - a_0 a_3}{a_1}$ ;  $b_2 = \frac{a_1 a_4 - a_0 a_5}{a_1}$ ;  $b_1 = \frac{a_3 b_0 - a_1 b_2}{b_0}$  ва ҳоказо.

Кўпинча барча бу коэффициентлар қуйидагича ёзилади:

$$b_0 = a_2 - \frac{a_0}{a_1} a_3 = a_2 - \lambda_1 a_3; \quad b_2 = a_4 - \lambda_1 a_5;$$

$$b_1 = a_3 - \frac{a_1}{b_0} b_2 = a_3 - \lambda_2 b_2; \quad b_3 = a_5 - \lambda_2 b_4; \quad \text{ва ҳоказо.}$$

*Раусс барқарорлик мезони қуйидагича таърифланади:*

- агар Раусс жадвалининг биринчи устунидаги элементлар бир хил ишорали бўлса, яъни  $a_0$  коэффициенти ишорасига тўғри келса, тизим *барқарор* дейилади.

- агар  $a_0 > 0$  бўлса,  $a_1 > 0$ ,  $b_0 > 0$ ,  $b_1 > 0$  ва ҳ.к. бўлиши керак. Агарда устундаги бирон бир қиймат 0 га тенг бўлиб қолса, унда тизим *бақарорлик чегарасида* дейилади.

- агар жадвалнинг биринчи устунидаги бирор бир коэффициент 0 дан кичик бўлса, ушбу тизим *нотурғун* ҳисобланади.

*Гурвиц мезони* - Раусс мезонига ўхшаган бўлиб, бунда ҳам тенгламалар коэффициентлари жадвал кўринишида ёзилади ва барқарорлиги бир неча аниқловчилар ишорасига қараб ифодаланади.

Гурвиц аниқловчилари қуйидагича ёзилади:  $a_1$  дан  $a_n$  гача бўлган коэффициентлар асосий диогонал индексларининг ўсиб бориши бўйича жойлаштирилади. Устунларга индекс қийматлари пастдан юқорига ўсиб бориши, юқори-

дан пастга камайиб бориш бўйича ёзилади. Индекслари  $n$  дан юқори ва  $0$  дан кичик бўлган коэффицентлар ўрнига  $0$  қўйилади:

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & \dots & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & \dots & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & a_n \end{vmatrix}$$

Гурвиц барқарорлик мезони қуйидагича ифодаланади:  $n$ -тартибли чизиқли тизимнинг барқарор бўлиши учун берилган характеристик тенгламадага  $n$ -та аниқловчилар  $0$  дан катта бўлиши зарур ва етарли:

$$\Delta_0 = a_0 > 0;$$

$$\Delta_1 = a_1 > 0;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} > 0$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} > 0; \dots \Delta_n > 0$$

Юқори даражали тенгламалар учун  $a_0 > 0; a_1 > 0 \dots a_{n-1} > 0$  ва  $a_n > 0$  коэффицентларнинг мусбат катталикларидан ташқари, жадвални тузиш қоидасига кўра манфий индексли коэффицентларнинг мусбат бўлиши зарур ва етарлидир.

$$C_{In} > 0; n = 1, \dots, N$$

Агар тизим барқарор бўлса, биринчи устундаги ишораларнинг ўзгариши сони тавсифлик тенглама ўнг илдизларининг сонига тенг бўлади.

Раусс-Гурвиц мезони бўйича тизим барқарорлик чегарасида бўлганда АРТ параметрларининг чегаравий қийматларини топиш учун қулай. Бу қийматлар  $\Delta_n = 0$  ва  $C_{In} = 0$  шартларидан топилади.

$\Delta N = a_n \Delta_{n-1}$  бўлганлиги сабабли,  $\Delta N = 0$  тавсифли тенглама илдизларидан бири нолга тенг бўлганда тизим нодаврий барқарорлик чегарасида бўлади.

Ёпиқ занжирли автоматик ростлаш тизимининг турғунлиги Михайлов частотавий мезони асосида аниқланади.

Частотавий усулларнинг афзаллиги шундаки, алоҳида бўғинлар билан бир қатор тизимни тўлиқ ҳолда текширилади. Бу мезонлар тизимни юқори тартибли дифференциал тенгламалар билан аниқланадиган ҳолларда ишлатиш қулайдир.

Ростлаш тизими  $n$  - тартибли тенгламага эга бўлсин деб фараз қилайлик.

Агар бу ерда  $p = j\omega$  билан алмаштирсак

$$D(j\omega) = a_n(j\omega)^n + a_{n-1}(j\omega)^{n-1} + \dots + a_1(j\omega) + a_0,$$

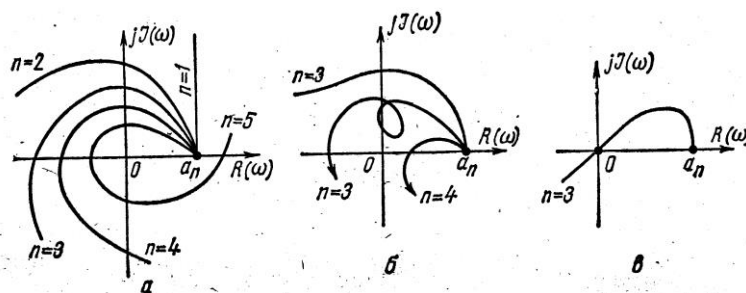
$$j = -1^{1/2}, j^2 = -1, j^3 = -j, j^4 = 1, j^5 = -j, j^6 = 1, \dots$$

$p_1, p_2 \dots p_n$  кўпхаднинг илдизлари десак,

$$D(j\omega) = (j\omega - p_1)(j\omega - p_2) \dots (j\omega - p_n) \quad \text{бўлади.}$$

Агар  $D(j\omega)$  тавсифли функциясининг годографи  $\omega$  нинг  $0$  дан  $\infty$  гача ўзгарилишида мусбат йўналишда комплекс текисликнинг  $n$  квадратларини айланиб

чикса ( $n$ - курилайётган тизим тавсифли тенгламасининг даражаси), ростлаш тизими барқарор бўлади (2.5-расм).



2.5- расм. Михайлов годографлари: а- барқарор тизимлар учун; б- барқарорликка эга бўлмаган тизимлар учун; в- барқарорлик чегарасида бўлган тизимлар учун

Раусс, Гурвиц, Михайлов мезонларидан фарқли равишда *Найквист мезони* автоматик бошқарув тизимларини очик занжири бўйича амплитуда фаза тавсифномаси ёрдамида текшириш имкониятини беради. Бу эса ушбу мезонни реал тизимларда очик занжир бўйича текширишда Михайлов мезонига нисбатан анча қулайлигини кўрсатади. Асосан типик бўғинлардан ташкил топган бир занжирли тизимлар учун бу мезон нисбатан қулайдир.

Бу мезонни очик занжир бўйича қандай физик хоссага эга эканини кўриб чиқамиз. Умумий ҳолда очик занжирли тизимнинг узатиш функцияси қуйидаги кўринишга эга:

$$W(p) = \frac{R(p)}{Q(p)} = \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m}{c_0 p^n + c_1 p^{n-1} + \dots + c_n}, \quad \text{бу ерда } m \leq n.$$

Агар  $p = j\omega$  десак

$$W(j\omega) = \frac{R(j\omega)}{Q(j\omega)} = A(\omega)e^{j\varphi\omega} = U(\omega) + jV(\omega)$$

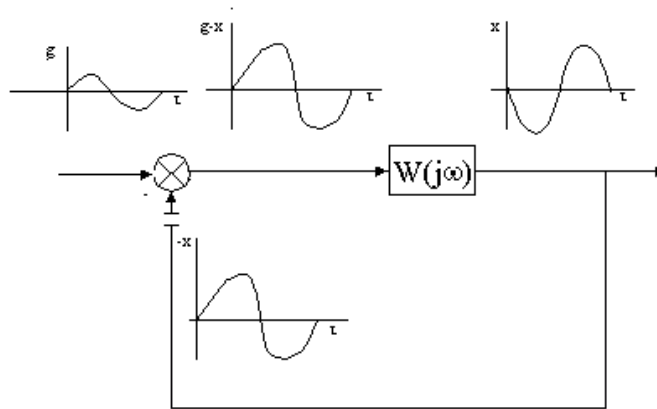
$W(j\omega)$ - комплекс кўпхад.

Тизимни очик занжир ҳолида қуйидагича тасвирлаш мумкин:

Агар  $W(j\omega)$  бўғинининг кириш қисмига берилаётган сигнал маълум амплитудали ( $g_m$ ) гармоник тебранишлар кўринишида берилган бўлса:  $g(t) = g_m \sin \omega t$ ,  $\omega = \omega_\pi$  (кесишиш частотаси) (2.6-расм).

Бу ҳолда  $W(j\omega)$  бўғини ҳосил қилган  $\varphi(\omega)$  фаза силжиш  $\pi$  га тенг бўлади. Бунда манфий қайта боғланиш сигнали  $g(t)$  билан бир фазада бўлгани сабабли сигналларнинг шу дақиқадаги қийматлари бир-бири билан қўшилади.

Агар  $\omega = \omega_\pi$  частотасида  $(W(j\omega)) = 1$  ёки  $g(t)$  ташқи таъсир тўхтаган пайтда ҳам тизим занжиридаги тебранишлар давом этаверса, тизим барқарорлик чегарасида ҳисобланади ва  $W(j\omega)$  тавсифномаси  $(-1; 0)$  нуқтаси орқали ўтади.



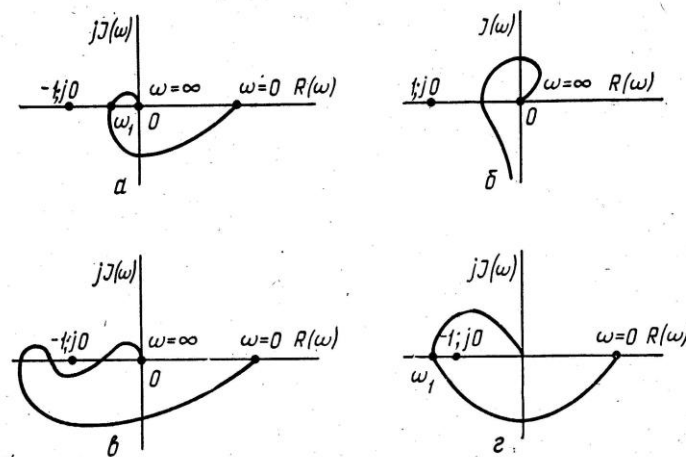
2.6 – расм. Очiq занжирли ростлаш тизими учун Найквист мезони.

Агар  $\omega = \omega_\pi$  частотасида  $W(j\omega) > 1$  бўлса контурдаги сигналлар амплитудаси тўхтовсиз ортиб боради. Бунда  $W(j\omega)$  ҳар қайси  $(-1; 0)$  нуқтасини ўз ичига олади ва бундай тизим нотурғун ҳисобланади.

Агар  $\omega = \omega_\pi$  критик частотасида  $W(j\omega) > 1$  бўлса, занжиридаги тебранишлар ташки таъсир тўхтагандан сўнг тўхтади. Бу ҳолда тизим барқарорликка эга бўлиб,  $W(j\omega)$  тавсифномаси  $(-1; 0)$  нуқтасини ўз ичига олмайди.

Шундай қилиб  $(-1; 0)$  нуқтасининг алоҳида муҳим роли шундаки, биринчидан бу нуқта манфий қайта боғланишни мусбат қайта боғланишга айланиш қийматига мос келади; иккинчидан  $W(j\omega)$  бўғинидаги сигналларнинг кучайиш ва пасайиш режимлари чегараси ҳисобланади.

Найквист мезонининг асосий таърифи: агар  $W(j\omega)$  амплитуда-фаза тавсифномаси очiq занжир бўйича  $(-1; 0)$  нуқтасини ўз ичига олмаса автоматик бошқариш системаси турғун ҳисобланади. Бу таъриф очiq занжирли тизимлар учун ўринли ҳисобланади (2.7-расм).



2.7- расм. Амплитуда – фаза – частота тавсифномалари.

а, б, в- барқарор тизимлар учун; г-барқарорликка эга бўлмаган тизимлар учун

**2- мисол.** Қуйидаги тавсифли тенглама учун барқарорликни Михайлов мезони бўйича аниқланг:

$$G(p) = 0,1p^4 + p^3 + 10p^2 + 40p + 100 = 0$$

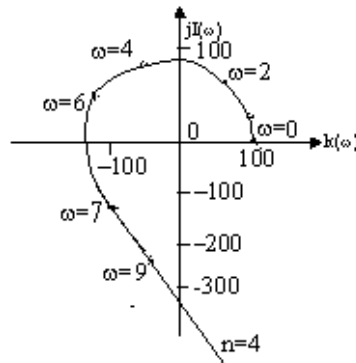
**Ечиш:** Тенглама  $\varphi = j\omega$  ни қўйиб, ҳақиқий қисмидан мавҳум қисмини ажратиб қуйидаги кўринишини оламиз:

$$G(j\omega) = R(\omega) + jI(\omega)$$

Бу ерда:  $R(\omega) = 0,1\omega^4 - 10\omega^2 + 100$ ;

$I(\omega) = -\omega^3 + 40\omega$ ;  $j^2 = -1$ ;  $j^3 = -j$ ;  $j^4 = 1$  ни 0 дан  $\infty$  гача ўзгартириб  $R(\omega)$  ва  $I(\omega)$  ларни қийматларини оламиз ва жадвалга ёзамиз.

| $\omega$    | 0   | 2    | 4     | 6    | 7    | 9    | 10   | $\infty$  |
|-------------|-----|------|-------|------|------|------|------|-----------|
| $R(\omega)$ | 100 | 61,6 | -34,4 | -130 | -150 | -54  | 100  | $+\infty$ |
| $I(\omega)$ | 0   | 72   | 96    | 24   | -63  | -269 | -600 | $-\infty$ |



2.8-расм.

Юқоридаги қийматларга кўра Михайлов годографини курамиз. Бу ердан годограф  $\varphi = 4\frac{\pi}{2}$  бурчакка бурилди. Бу эгри чизиқ Михайлов мезони шартларига тўлиқ жавоб беради, демак бу тизим барқарор ҳисобланади.

**3- мисол.** Учта бўғиндан ташкил топган, кетма-кет уланган ва тескари қайта боғланишга эга бўлган ёпиқ АБТни Найквист мезонидан фойдаланиб барқарорлигини аниқланг.

Биринчи бўғиннинг дифференциал тенгламаси аниқ эмас, шунинг учун  $W_1(j\varphi)$  амплитуда-фаза-частота тавсифи (АФЧТ) аниқланган ва 3.1 жадвалда келтирилган. Иккинчи ва учинчи тенгламалар қуйидагича ёзилиши мумкин:

$$(0,01p + 1)y = 10x \quad \text{ва} \quad (0,05p + 1)y = 5x$$

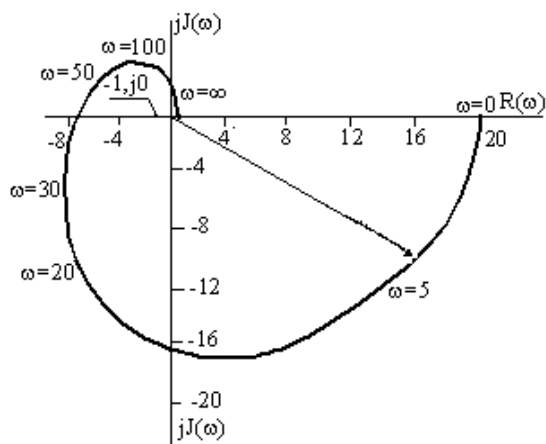
**Ечиш:** Ёпиқ тизим барқарорлигини аниқлаш учун унинг очик ҳолдаги амплитуда фаза тавсифи барча бўғинларнинг тавсифлари кўпайтмасига тенг:

$$W_1(j\varphi) = W_1(j\varphi) W_2(j\varphi) W_3(j\varphi)$$

$W_1(j\varphi)$  - катталиклари жадвалда берилган,

$W_2(j\varphi)$  ва  $W_3(j\varphi)$  ларни аналитик усулда аниқланади:

$$W_2(j\omega) = \frac{10}{0,01j\omega + 1} \quad \text{ва} \quad W_3(j\omega) = \frac{5}{0,05j\omega + 1}.$$



2.9- расм. Найквист годографи (АФЧТ)

$\omega$  - катталиги учун 0 дан  $\infty$  гача оралиқда бажариб, тизимнинг амплитуда-фаза частота тавсифини оламиз. Барча ҳисоблар жадвалда келтирилган.

2- жадвал

| Частота<br>$\omega, \text{c}^{-1}$ | АФЧТ            |                |                |                |
|------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                    | $W_1(j\omega)$  | $W_2(j\omega)$ | $W_3(j\omega)$ | $W(j\omega)$   |
| 0                                  | $0,4 - j\omega$ | $10 - j0$      | $5 - j0$       | $20 - j0$      |
| 5                                  | $0,35 - j0,15$  | $9,95 - j0,5$  | $4,7 - j1,7$   | $14,5 - j12,1$ |
| 10                                 | $0,3 - j0,3$    | $9,9 - j1,0$   | $4,0 - j2,0$   | $4,2 - j18,6$  |
| 20                                 | $0,2 - j0,4$    | $9,6 - j1,9$   | $2,5 - j2,5$   | $-7,6 - j13$   |
| 30                                 | $0,1 - j0,4$    | $9,2 - j2,8$   | $1,5 - j2,3$   | $-9,4 - j5,5$  |
| 50                                 | $-0,1 - j0,4$   | $8 - j4$       | $0,7 - j1,7$   | $-6,5 + j2,1$  |
| 100                                | $-0,2 - j0,35$  | $5 - j5$       | $0,2 - j1,0$   | $-1,3 + j2,6$  |
| 200                                | $-0,1 - j0,2$   | $2 - j4$       | $0,05 - j0,5$  | $-0,05 + j0,5$ |
| $\infty$                           | 0               | 0              | 0              | 0              |

Амплитуда фаза частота тавсифи  $\omega$  катталигининг 0 дан  $\infty$  гача бўлган оралиқда координатаси  $[-1; j0]$  нуктани ўз ичига олади, демак система ёпиқ ҳолатда барқарор бўлмайди.

4- мисол.  $K=1,25$  ва  $T=1,6$  с бўлганда узатиш функцияси  $W(p) = \frac{k}{Tp+1}$  бўлган бўғиннинг амплитуда-фаза-частота ва логарифмик амплитуда тавсифномаларини қуринг.

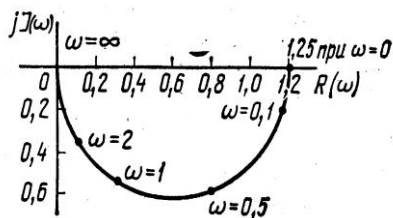
**Ечиш.** Амплитуда-фаза-частота тавсифномасини қуриш учун  $W(p)$  тенгламасига  $p = j\omega$  ни қўйиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$W(j\omega) = \frac{k}{T(j\omega)+1} = \frac{k}{1+T^2\omega^2} - j \frac{kT\omega}{1+T^2\omega^2} = \frac{1,25}{1+2,56\omega^2} - j \frac{2\omega}{1+2,56\omega^2} = R(\omega) - jI(\omega)$$

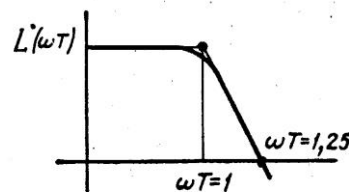
$0 \leq \omega \leq \infty$  ораликда қийматларни келтириб қуйидаги боғлиқликни ҳосил қиламиз:

| $\omega$    | 0    | 0,1  | 0,5   | 1     | 2     | 10    | $\infty$ |
|-------------|------|------|-------|-------|-------|-------|----------|
| $R(\omega)$ | 1,25 | 1,2  | 0,74  | 0,35  | 0,11  | 0,005 | 0        |
| $I(\omega)$ | 0    | -0,2 | -0,61 | -0,57 | -0,35 | -0,07 | 0        |

Берилган жадвал бўйича годограф чизамиз (2.10, а – расм).



А



Б

2.10-расм: а- инерцион бўғиннинг годографи ва б-логарифмик амплитуда тавсифномаси (ЛАТ).

Логарифмик амплитуда тавсифномаси

$$L(\omega) = 20 \lg |W(j\omega)| = 20 \lg \frac{1,25}{\sqrt{1,25 + 2,56\omega^2}} = 20 [\lg 1,25 - 0,5 \lg(1,25 + 2,56\omega^2)]$$

Бу тавсифномани  $L(\omega T)$ ;  $\omega T$  масштабида қуриш қулай. Бу ҳолда асимптотик логарифмик амплитуда тавсифи (ЛАТ) (2.10, б- расмда келтирилган)  $\omega T = 1$  нуқтада синиқ чизиққа эга. Синиқ чизиқдан чап томони горизонтал (қиймати  $20 \lg 1,25$ ), ўнг томони қия чизиққа эга. ЛАТ ни частота ўқи билан кесишган нуқтаси қуйидаги шарт асосида аниқланади.

$$L(\omega_c) = 20 \lg \frac{k}{\omega_c T_c} = 0$$

бу ерда  $T\omega_c = k = 1,25$ .

### III. АБТнинг ўтиш жараёни тавсифномаларини аниқлаш

#### 3.1. Автоматик ростлаш жараёнининг сифат кўрсаткичлари

Автоматик ростлаш тизимлари турғун бўлиши билан бир қаторда, маълум даражада сифатли ростлашни ҳам таъминлаши лозим. Ростлаш жараёнининг сифатига бўлган талаблар ҳар қайси конкрет ҳолда турлича бўлиши мумкин; деярли барча АРТларнинг ишини тавсифлайдиган энг муҳим сифат талабларини кўриб чиқамиз. Кейинчалик бу талабларни сифат кўрсаткичлари деб атаймиз. АРТ нинг сифат кўрсаткичлари тизимнинг ўткинчи жараёндаги ишини тавсифлайди. АРТнинг киришига бирлик ғалаён берилгандаги ўткинчи жараённинг эгри чизиғи 3.1- расмда кўрсатилган. АРТ нинг асосий сифат кўрсаткичлари: ростлаш вақти–ўткинчи жараён давом этадиган вақт, ўта ростлаш  $\sigma$  жараёнининг тебранувчанлиги, барқарор хато, ўткинчи жараёнининг сўниш тавсифи ва турғунлик захираси.



Ростлаш вақти тизимнинг тезкорлигини тавсифлайди ва ростланувчи миқдорнинг ростлагичнинг носезгирлик доирасига ўтиш вақти  $t_p$  га мос келади (носезгирлик доираси барқарор қийматнинг 1-3% ини ташкил этади).

Ростланадиган миқдорнинг барқарор қиймати процентларда ифодаланган максимал оғиши  $\Delta y_{max}$  ўта ростлаш  $\sigma$  деб аталади:

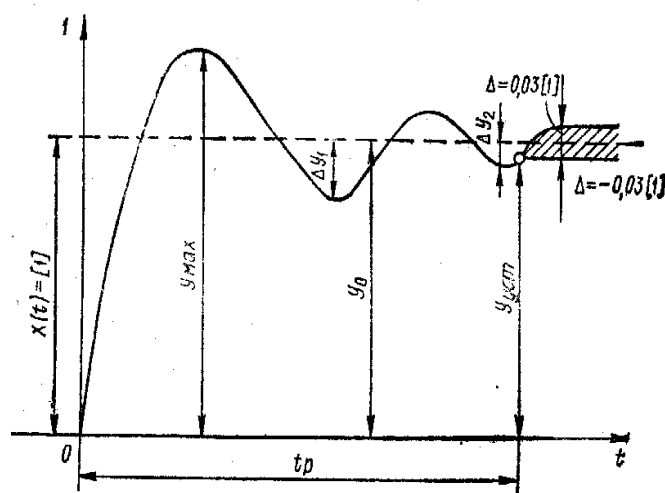
бу ерда  $y_{max}$  – ростланадиган миқдорнинг ўткинчи жараёнидаги максимал қиймати;

$y_0$  – ростланадиган миқдорнинг берилган қиймати.

Жараённинг тебранувчанлиги ростланадиган миқдорнинг ростлаш вақтида тебранишлар сони билан тавсифланади.

Тебранувчанлик миқдор жиҳатидан сўнишнинг логарифмик декременти бўйича баҳоланади; сўнишнинг логарифмик декременти бир йўналишдаги ростланадиган миқдорнинг навбатдаги икки оғиши амплитудалари нисбатининг натурал логарифмидан иборат:

$$d = I_n \frac{\Delta y_1}{\Delta y_2} \quad (3.1)$$



3.1 – расм. Автоматик ростлаш тизими ўткинчи жараёнининг эгри чизиғи.

Сўнишнинг логарифмик декременти қанча катта бўлса, ўткинчи жараён шунча тез сўнади. Барқарор хато барқарор режимда ростлашнинг аниқлигини тавсифлайди. Юқорида айтиб ўтилганидек, барқарор хато ростланадиган миқдорнинг берилган қиймати  $y_{урн}$  орасидаги фарқга тенг:

$$\Delta y = y_0 - y_{урн} \quad (3.2)$$

Ўткинчи жараённинг сўниш тавсифи тебранувчи, аперидик ёки монотон бўлиши мумкин. Тебранма ўткинчи жараёнда тебранишни ростлаш ростланадиган миқдор ростлагичнинг носезгирлик доирасига киргунча давом этади. Аперидик жараён умумий ҳолда бир, икки ва бундан кўп тебраниши мумкин, бу эса жараённинг ўта ростланишига сабаб бўлади. Монотон жараёнда ростланадиган миқдорнинг қиймати бир томондан барқарор қийматга яқинлашади, ўта ростланиш бўлмайди.

Турғунлик захираси деганда, тизимнинг катталикларининг унинг турғунлигини йўқотмаган ҳолда бир оз ўзгартириш имконияти тушунилади.

### 3.2. Ўтиш жараёни сифатини частотавий тавсифномалар бўйича баҳолаш

Ростлаш жараёни сифатини баҳолашнинг бевосита ва билвосита усуллари бор. Баҳолашнинг бевосита усуллари ростлаш жараёнини ифодаловчи дифференциал тенгламаларни ечишга асосланган. Дифференциал тенгламаларни ечиш анча қийин бўлганидан, ростлаш жараёни сифатидан баҳолашнинг билвосита усуллари кенг қўлланилади. Булар ростлаш жараёнининг сифатини таҳлил қилишнинг В.В.Солодовников ишлаб чиққан частотавий тавсифномаларнинг хоссаларига асосланган. Усулнинг муҳим афзаллиги шундаки, ҳақиқий тавсифномадан фойдаланиб, ростлаш жараёнининг тахминий эгри чизиғини нисбатан оддий усулда кўриш мумкин.

Ўтиш жараёнининг эгри чизиғини кўриш тартиби:

1) ҳақиқий частотавий тавсифнома  $P(\omega)$  ҳисобланади ва қурилади. Бунинг учун берк тизим узатиш функциясининг ифодасига  $p=j\omega$  қиймат қўйиб чиқилади ва ҳақиқий ҳамда мавҳум қисмларга ажратилади:

$$W(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega), \quad (3.3)$$

Шундай кейин  $\omega$  га 0 дан  $\infty$  гача қийматлар бериб, турли частоталар учун  $P(\omega)$  нинг қиймати топилади; 2) ҳақиқий частотавий тавсифнома бўлак чизиқли тавсифнома билан апроксимланади, бунда эгилишлар сони энг кам бўлиши лозим; 3) олинган бўлак чизиқли тавсифнома трапецияларга ажратилади, шунда барча трапецияларнинг бир томони ординаталар ўқида жойлашуви лозим; 4) интеграл функциялар  $h(t_0)$  жадвалидан фойдаланиб, ҳар қайси трапеция учун ўткинчи жараёнларнинг эгрлари чизилади ва уларни алгебраик жамлаш йўли билан яқунловчи жараён топилади.

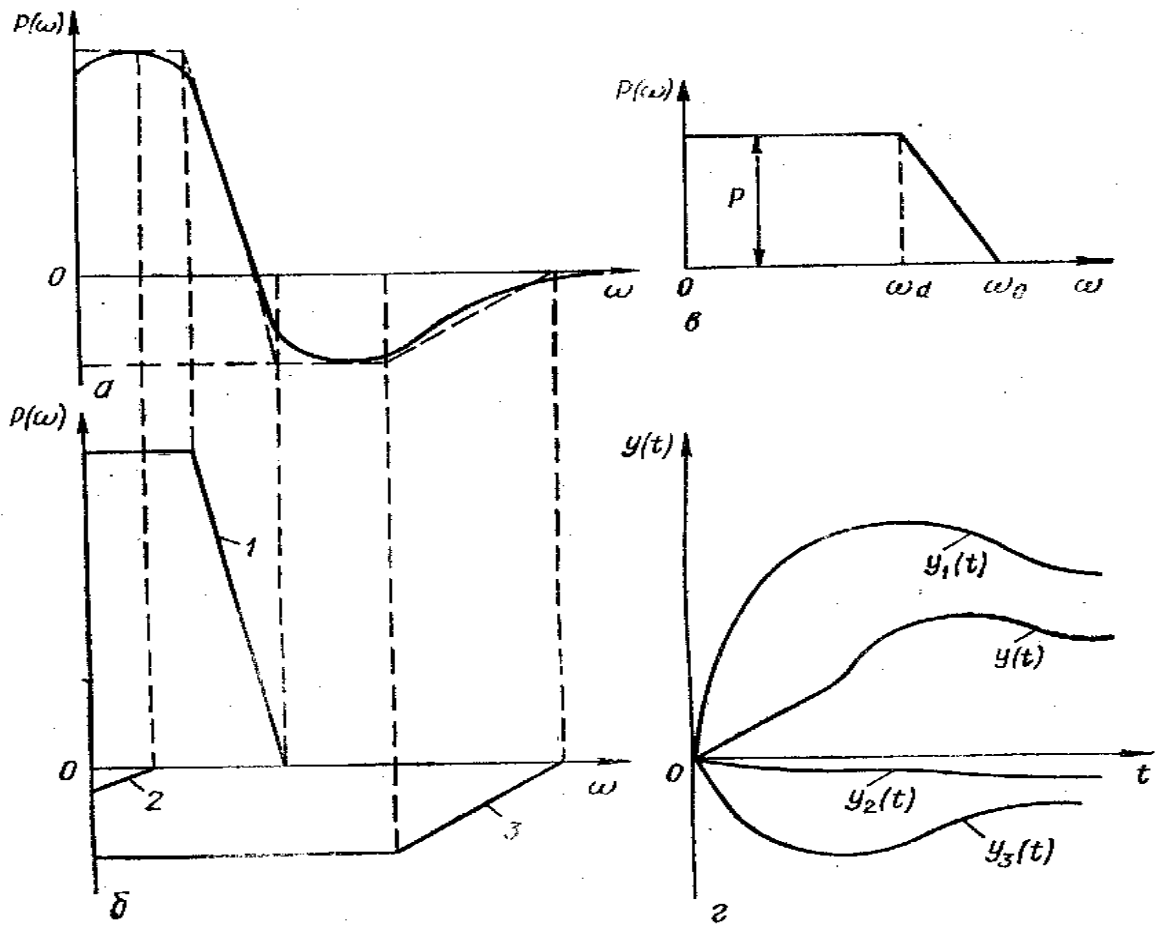
$P(\omega)$  эгриси (3.2-расм, а) учта трапеция билан алмаштирилган (3.2-расм, б). Трапеция 1 мусбат, қолганлари эса манфий. Трапеция 2 нинг юқори асоси нолга тенг. Ҳар бир трапеция қуйидаги асосий катталикларга эга (3.2-расм, в):  $P$  – баландлиги,  $\omega_0$  – кесишиш частотаси,  $\omega d$  – частоталарни равон ўтказиб юбориш интервали,  $h(t_0)$  функцияси ҳақиқий частотавий тавсифномаси  $P_0=1$  ва  $\omega_0=1$  трапециядан иборат тизим ўткинчи жараёнининг эгрисидан иборат. Интеграл функцияларнинг қийматлари турли нишабли коэффицентлари  $0 \leq \lambda \leq 1$  учун маълумотнома жадвалларда берилади. Ҳар бир  $\lambda_1$  (ҳар қайси трапеция) учун вақт  $t_0$  қийматлари топилади.

Ўтиш жараёнининг эгри чизиғи  $y(t)$  ни кўпгина трапециялар учун топишда функция  $h(t_0)$  нинг ҳар қайси қиймати  $P_i$  га, вақт  $t_0$  эса кесишиш частотаси  $\omega_{di}$  га бўлинади, яъни

$$y_i(t) = P_i h\left(\frac{t_0}{\omega_{di}}\right). \quad (3.4)$$

Олинган эгрларнинг ординаталарни уларнинг ишораларини ҳисобга олган ҳолда қўшиб, ўткинчи жараённинг эгри чизиғи  $y(t)$  чизилади (3.2-расм, г).

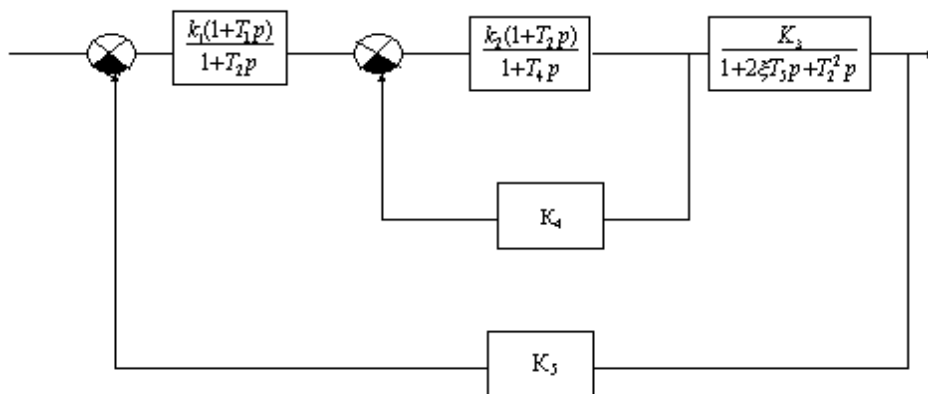
Ўткинчи жараённинг олинган эгриси бўйича сифат кўрсаткичлари аниқланади.



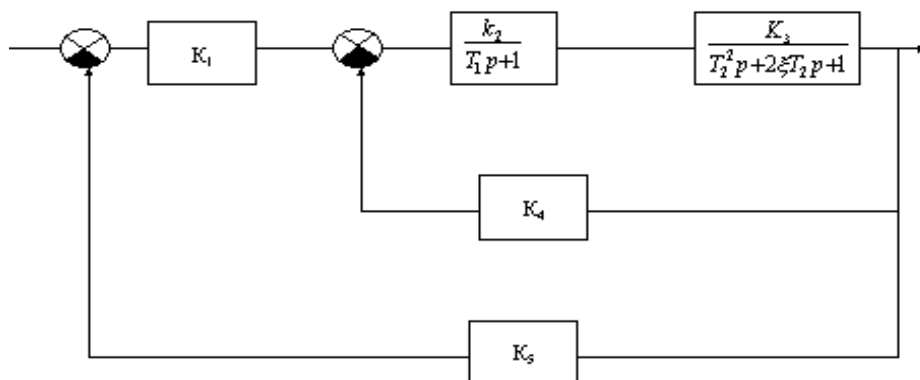
3.2-расм. Ҳақиқий частотавий тавсифнома бўйича ўтиш жараёни эгри чизигини куриш.

## ТОПШИРИҚЛАР

1. Берилган схема асосида (2.11 ва 2.12-расмлар) АБТ ларининг очик ва ёпиқ занжир бўйича Михайлов, Найквист частотавий мезонлари асосида барқарорлигини аниқланг (топшириқлар 3-жадвалда келтирилган, вариантлар ўқитувчи томонидан берилади).



2.11-расм



2.12-расм

2. Қуйида келтирилган тавсифли тенгламалар асосида Раусс-Гурвиц алгебраик мезонлари асосида АБТ ларининг барқарорлигини аниқланг. (Вариантлар ўқитувчи томонидан берилади).

Берилган таркибий тузилиш схемалар асосида автоматик ростлаш тизимини барқарорлигини Михайлов ва Найквист мезонлари асосида аниқланг.

3-жадвал

| Схема<br>т/р | κ <sub>1</sub> | κ <sub>2</sub> | κ <sub>3</sub> | κ <sub>4</sub> | κ <sub>5</sub> | κ <sub>6</sub> | κ <sub>7</sub> | T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | T <sub>3</sub> | T <sub>4</sub> | T <sub>5</sub> | ξ   |     |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|-----|
| 1            | 2              | 3              | 4              | 5              | 6              | 7              | 8              | 9              | 10             | 11             | 12             | 13             | 14  | 15  |
| 1            | 1              | 0,8            | 80             | 0,7            | 0,02           | 0,5            | -              | -              | 0,1            | 0,2            | 0,01           | 0,1            | 0,1 | 0,3 |
| 2            | 2              | 10             | 40             | 0,8            | 0,05           | 0,5            | -              | -              | 0,1            | 0,1            | -              | -              | -   | 0,2 |
| 3            | 1              | 0,7            | 80             | 0,7            | 0,03           | 0,5            | -              | -              | 0,1            | 0,2            | 0,02           | 0,1            | 0,1 | 0,3 |
| 4            | 2              | 10             | 80             | 0,9            | 0,5            | 0,4            | -              | -              | 0,1            | 0,1            | -              | -              | -   | 0,2 |
| 5            | 1              | 0,6            | 80             | 0,7            | 0,02           | 0,5            | -              | -              | 0,1            | 0,2            | 0,03           | 0,1            | 0,1 | 0,3 |
| 6            | 2              | 15             | 40             | 0,8            | 0,05           | 0,5            | -              | -              | 0,1            | 0,1            | -              | -              | -   | 0,2 |
| 7            | 1              | 0,8            | 100            | 0,6            | 0,03           | 0,5            | -              | -              | 0,1            | 0,2            | 0,04           | 0,1            | 0,1 | 0,3 |
| 8            | 2              | 15             | 80             | 0,9            | 0,05           | 0,4            | -              | -              | 0,1            | 0,1            | -              | -              | -   | 0,2 |
| 9            | 1              | 0,7            | 100            | 0,6            | 0,02           | 0,5            | -              | -              | 0,1            | 0,2            | 0,05           | 0,1            | 0,1 | 0,4 |
| 10           | 2              | 20             | 40             | 0,8            | 0,05           | 0,5            | -              | -              | 0,2            | 0,1            | -              | -              | -   | 0,3 |
| 11           | 1              | 0,6            | 100            | 0,6            | 0,02           | 0,5            | -              | -              | 0,1            | 0,2            | 0,06           | 0,1            | 0,1 | 0,4 |
| 12           | 2              | 20             | 80             | 0,8            | 0,05           | 0,4            | -              | -              | 0,2            | 0,1            | -              | -              | -   | 0,3 |
| 13           | 1              | 0,8            | 90             | 0,8            | 0,03           | 0,4            | -              | -              | 0,1            | 0,2            | 0,01           | 0,1            | 0,1 | 0,4 |
| 14           | 2              | 25             | 60             | 0,9            | 0,05           | 0,5            | -              | -              | 0,2            | 0,1            | -              | -              | -   | 0,3 |
| 15           | 1              | 0,7            | 90             | 0,8            | 0,02           | 0,4            | -              | -              | 0,1            | 0,2            | 0,02           | 0,1            | 0,1 | 0,4 |
| 16           | 2              | 25             | 80             | 0,8            | 0,05           | 0,4            | -              | -              | 0,2            | 0,1            | -              | -              | -   | 0,3 |
| 17           | 1              | 0,6            | 90             | 0,8            | 0,03           | 0,4            | -              | -              | 0,1            | 0,2            | 0,03           | 0,1            | 0,1 | 0,5 |
| 18           | 2              | 30             | 40             | 0,9            | 0,05           | 0,5            | -              | -              | 0,3            | 0,1            | -              | -              | -   | 0,4 |
| 19           | 1              | 0,8            | 70             | 0,9            | 0,02           | 0,4            | -              | -              | 0,1            | 0,2            | 0,04           | 0,1            | 0,1 | 0,5 |
| 20           | 2              | 30             | 40             | 0,8            | 0,05           | 0,4            | -              | -              | 0,3            | 0,1            | -              | -              | -   | 0,4 |
| 21           | 1              | 0,7            | 70             | 0,9            | 0,03           | 0,4            | -              | -              | 0,1            | 0,2            | 0,05           | 0,1            | 0,1 | 0,5 |
| 22           | 2              | 8              | 40             | 0,9            | 0,05           | 0,5            | -              | -              | 0,3            | 0,1            | -              | -              | -   | 0,4 |
| 23           | 1              | 0,6            | 70             | 0,9            | 0,03           | 0,4            | -              | -              | 0,1            | 0,2            | 0,06           | 0,1            | 0,1 | 0,5 |
| 24           | 2              | 8              | 40             | 0,8            | 0,05           | 0,4            | -              | -              | 0,3            | 0,1            | -              | -              | -   | 0,4 |

Берилган тенгламалар асосида автоматик ростлаш тизимини барқарорлигини Раусс - Гурвиц мезонлари асосида аниқланг.

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n = 0$$

1.  $p^4 + 2p^3 + 10p^2 + 12p + 10 = 0$
2.  $0,1p^5 + 2p^4 + 2,5p^3 + 8p^2 + 50 = 0$
3.  $0,05p^4 + 0,8p^3 + 0,02p^2 + p + 2 = 0$
4.  $0,4p^4 + 0,02p^3 + 3p^2 + 0,6p + 0,4 = 0$
5.  $0,002p^3 + 0,04p^2 + 0,6p + 0,4 = 0$
6.  $p^5 + 2p^4 + 4p^3 + 6p^2 + p + 10 = 0$
7.  $4 \cdot 10^{-3} p^4 + 2 \cdot 10^{-4} p^3 + 0,1p^2 + p + 4 = 0$

8.  $15p^4 + 0,5p^3 + 4p^2 + p + 6 = 0$
9.  $12p^5 + 14p^4 + 4p^3 + 0,2p^2 + p + 2 = 0$
10.  $10 \cdot 10^{-3} p^3 + 4 \cdot 10^{-5} p^2 + 8 \cdot 10^{-4} p + 2 \cdot 10^{-5} = 0$
11.  $3 \cdot 10^{-6} p^4 + 5 \cdot 10^{-3} p^3 + 3 \cdot 10^{-2} p^2 + p + 0,8 = 0$
12.  $0,02p^5 + 0,4p^4 + 0,4p^3 - 0,2p^2 + p = 0$
13.  $p^3 + 2 \cdot 10^{-2} p^2 + 1,004 \cdot 10^6 p + 10^7 = 0$
14.  $0,1 \cdot 10^{-5} p^4 + 1,35 \cdot 10^{-3} p^3 + 4,85 \cdot 10^{-2} p^2 + 0,71p + 6 = 0$
15.  $p^6 + 6p^5 + 21p^4 + 44p^3 + 62p^2 + 52p + 24 = 0$
16.  $p^4 + 8p^3 + 18p^2 + 16p + 5 = 0$
17.  $0,1 \cdot 10^3 p^5 + 1,4 \cdot 10^{-3} p^4 + 2,1 \cdot 10^{-2} p^3 + 0,04 \cdot 10^2 p^2 + p + 10^3 = 0$
18.  $7p^4 + 12p^3 + 8,6p^2 + p + 23 = 0$
19.  $0,4 \cdot 10^{-3} p^5 + 0,01 \cdot 10^{-2} p^4 + 0,004p^3 + 0,2p^2 + 0,8p + 10 = 0$
20.  $0,8p^4 + 4p^3 + 2p^2 + p + 8 = 0$
21.  $4p^3 + 2,2p^2 + 8,6p + 4 = 0$
22.  $84p^5 + 56p^4 + 62p^3 + 32p^2 + 24p + 16 = 0$
23.  $p^6 + 0,4p^5 + 0,2p^4 + 4p^3 + 8p^2 + 0,6p + 10 = 0$
24.  $0,6p^5 + 0,2p^4 + p^3 + 0,2p^2 + 0,1p + 0,4 = 0$
25.  $24p^4 + 12p^3 + 6p^2 + p + 4 = 0$
26.  $0,02p^6 + 0,4p^5 + 0,001p^4 + 0,002p^3 + 0,1p^2 + p + 20 = 0$
27.  $0,1p^5 + 0,06p^4 + 0,003p^3 + 0,8p^2 + 0,2p + 0,008 = 0$

### ***Фойдаланилган адабиётлар***

1. Д.А. Мирахмедов. Автоматик бошқариш назарияси. Т., 1993, 285 б.
2. Колесов П.В. Қишлоқ хўжалиги агрегатлари ҳамда установкаларининг электр жиҳозлари ва автоматлаштириш. Тошкент. 1980 й.
3. И.Ф. Бородин, Н.И. Кирилин «Практикум по основам автоматике и автоматизации производственных процессов» М, 1974г. 255 с.
4. Н.И. Иващенко. Автоматическое регулирования. М., 1978, 736 с.
5. Е.А. Санковский, А.С. Шаталов и другие. Теория автоматического управления. М., «Высшая школа», 1977 г.
6. В.А. Бесекерский и др. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления. М., "Наука", 1978, 512 с.
7. Р.Т. Газиева ва бошқалар. «Автоматика асослари» фанидан амалий машғулотлар, услубий қўлланма., Тошкент. 2002 й.

## *М у н д а р и ж а*

|   |    |
|---|----|
| Кириш .....   | 3  |
| I. Курс ишини бажариш учун қўйиладиган умумий талаблар .....                                | 3  |
| 1.1. Умумий маълумотлар .....   | 3  |
| 1.2. АБН фани бўйича курс ишини бажаришни ташкил қилиш .....                                | 3  |
| 1.2.1. Курс ишини таркиби, ҳажми ва мазмуни .....   | 4  |
| 1.3. Ҳисоблаш - тушунтириш хатини бажариш ҳақида кўрсатмалар .....                          | 4  |
| II. Автоматик бошқариш тизимларини математик тавсифини аниқлаш усуллари .....               | 5  |
| 2.1. Таркибий тузилиш схемаларини тузиш ва уларни ўзгартириш .....                          | 5  |
| 2.2. Автоматик бошқарув тизимларининг (АБТ) динамик тавсифномаларини аниқлаш усуллари ..... | 8  |
| 2.2.1. Автоматик бошқариш тизимларининг (АБТ) турғунлигини текшириш ....                    | 9  |
| III. АБТнинг ўтиш жараёни тавсифномаларини аниқлаш .....                                    | 16 |
| 3.1. Автоматик ростлаш жараёнининг сифат кўрсаткичлари .....                                | 16 |
| 3.2. Ўтиш жараёни сифатини частотавий тавсифномалар бўйича баҳолаш .....                    | 18 |
| Топшириқлар .....   | 20 |
| Фойдаланилган адабиётлар .....  | 22 |

Газиева Раъно Тешабоевна  
Пиримов Одил Жураевич

«Автоматик бошқариш назарияси» фанидан курс ишини бажариш учун

(УСЛУБИЙ ҚЎЛЛАНМА)

Мухаррир:

М. Нуртоева

Д. Байзоқова

Босишга рухсат этилди \_\_\_\_\_ 2006 й.

Қоғоз ўлчами 60x84 1/16

Нусха ҳажми 1,5 босма табоқ, 30 нусха

Буюртма №

ТИМИ босмаҳонасида чоп этилди

Тошкент - 700000, Қори-Ниёзий кўчаси, 39-уй.