# АЭжҚ

Дәуренов ӘД

# 10-дәріс. Реттегіштер

**Дәрістің мақсаты**

Зерттеу

- мақсатын,
- жұмыс істеу принципін және
- автоматты реттегіштердің негізгі түрлерін,
- олардың жіктелуін және
- өнеркәсіптік автоматты басқару жүйелерінде қолданылуын қарастыру.

# Дәріс жоспары

1. Реттегіш туралы түсінік және оның мақсаты.
2. Реттегіштің негізгі функциялары.
3. Автоматты реттегіштің жұмыс істеу принципі.
4. Автоматты реттеу жүйесінің негізгі элементтері.
5. Реттегіштерді әрекет ету тәсілі бойынша жіктеу.
6. Реттегіштерді реттеу заңы бойынша жіктеу.
7. П, И, ПИ, ПД және ПИД-реттегіштер.
8. Реттегіштерді іске асыру тәсілі бойынша жіктеу.
9. Өнеркәсіптік автоматикада реттегіштерді қолдану.
10. Қазіргі автоматтандыру жүйелеріндегі реттегіштердің маңызы.

# 1. Реттегіш туралы түсінік және оның мақсаты

Реттегіш — объектіге басқарушы әсерді қалыптастыру арқылы реттелетін шаманы берілген деңгейде автоматты түрде ұстап тұруға немесе оны белгіленген заң бойынша өзгертуге арналған құрылғы немесе бағдарламалық алгоритм.

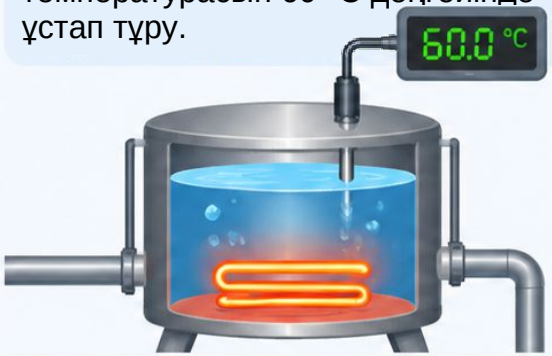
Өнеркәсіптік автоматтандыру жүйелерінде реттелетін шамалар мыналар болуы мүмкін:

- Температура.
- Қысым.
- Сұйықтық деңгейі.
- Сұйықтық немесе газ шығыны.
- Электрқозғалтқыштың айналу жылдамдығы.
- Атқарушы механизмнің орны.
- Кернеу және электр тогы.

# Мысал: температураны автоматты реттеу

## Міндет

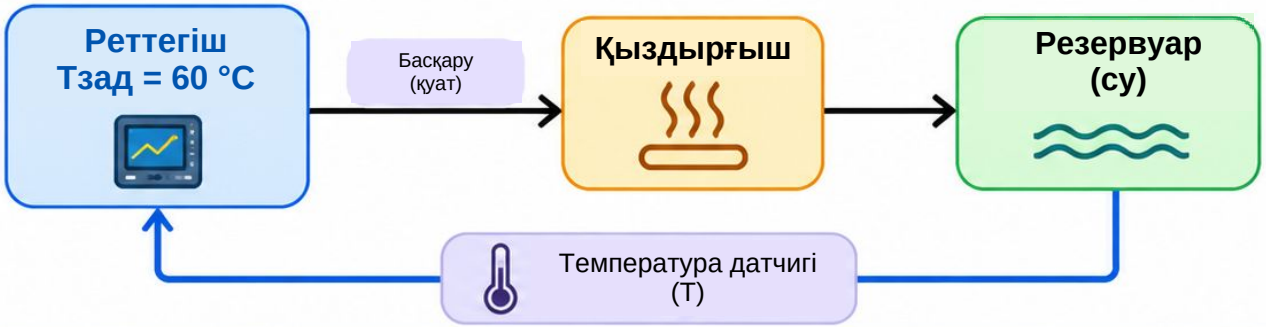
Резервуардағы судың температурасын 60 °C деңгейінде ұстап тұру.




## Реттегіштің жұмыс істеу принципі

| | | |
|---|---|---|
| **T = 50 °C** (60 °C-тан төмен) | → | Қыздыруды арттырады. |
| **T = 60 °C** (берілген мәнге тең) | → | Қыздыру қуатын ұстап тұрады (жылу шығынын өтейді). |
| **T > 60 °C** (60 °C-тан жоғары) | → | Қыздыруды азайтады. |

## Жүйенің функционалдық схемасы




## Нәтиже

Температура оператордың тұрақты араласуынсыз берілген деңгейде автоматты түрде ұсталады.

# 2. Реттегіштің негізгі функциялары

| **Функция** | **Мақсаты** |
|---|---|
| Салыстыру | Берілген және нақты мәндерді салыстыру |
| Қатені анықтау | Реттелетін шаманың ауытқуын есептеу |
| Басқарушы әсерді қалыптастыру | Басқарудың қажетті өзгерісін анықтау |
| Ұйытқушы әсерлерді өтеу | Сыртқы әсерлерге қарсы әрекет ету |
| Берілген режимді ұстап тұру | Технологиялық параметрді тұрақтандыру |

# 3. Автоматты реттегіштің жұмыс істеу принципі

Өнеркәсіптік автоматты реттеу жүйелерінің көпшілігі теріс кері байланысты пайдаланады. Бұл реттелетін шаманың нақты мәні өлшеніп, берілген мәнмен салыстырылатынын білдіреді.
Олардың айырмасы реттеу қатесі деп аталады.
Мұндағы:

- e(t) — реттеу қатесі;
- r(t) — берілген мән;
- y(t) — нақты өлшенген мән.

$$e(t) = r(t) - y(t)$$

Қате негізінде реттегіш u(t) басқарушы сигналын қалыптастырады.

# Есептеу мысалы: температураны реттеу

## Берілгені

**Берілген температура:**

$T_{зад} = 60\ °C$

**Нақты температура (1-жағдай):**

$T_{факт} = 52\ °C$

**Нақты температура (2-жағдай):**

$T_{факт} = 65\ °C$

## Есептеу (1-жағдай)

**Қате (ауытқу):**

$$e = T_{зад} - T_{факт} = 60 - 52 = 8\ °C$$

## Есептеу (2-жағдай)

**Қате (ауытқу):**

$$e = T_{зад} - T_{факт} = 60 - 65 = -5\ °C$$

## Түсіндіру

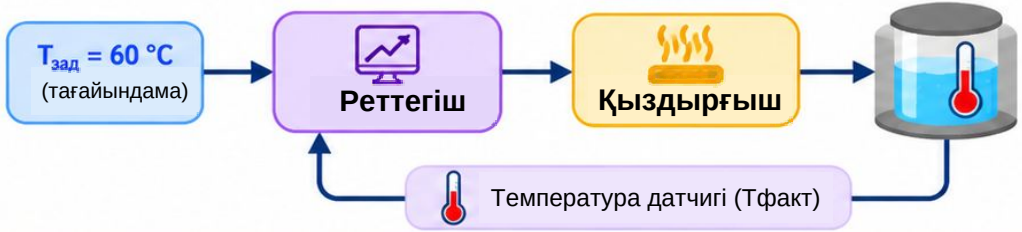
**e > 0: температура берілгеннен төмен.**

Реттегіштің әрекеті: қыздыруды арттыру (температураны көтеру).

**e < 0: температура берілгеннен жоғары.**

Реттегіштің әрекеті: қыздыруды азайту (температураны төмендету).

## Реттеудің жалпы схемасы




## Қорытынды

Реттегіш е қатесінің шамасына қарай басқарушы әсерді қалыптастырады. Нақты реакция реттеу заңына және реттегіштің баптауларына байланысты.

# 4. Автоматты реттеу жүйесінің негізгі элементтері

Типтік автоматты реттеу жүйесі келесі элементтерді қамтиды:

1. Тапсырма бергіш — параметрдің қажетті мәнін қалыптастырады.

2. Датчик — нақты мәнді өлшейді.

3. Реттегіш — басқарушы әсерді есептейді.

4. Атқарушы құрылғы — процеске физикалық әсерді өзгертеді.

5. Реттеу объектісі — параметрлерін ұстап тұру қажет жабдық немесе технологиялық процесс.

# Нақты өнеркәсіптік АБЖ мысалы: құбырдағы қысымды реттеу

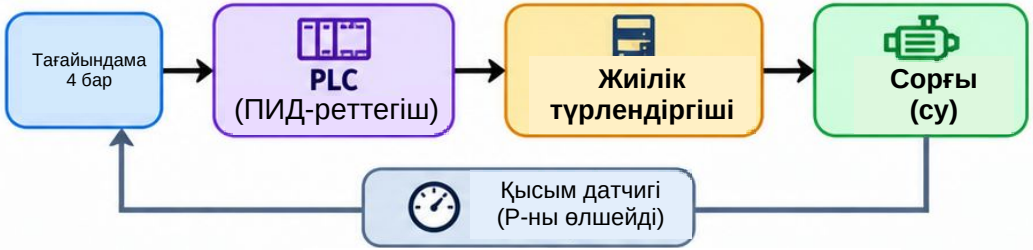
Міндет: шығынның өзгеруіне қарамастан су қысымын берілген деңгейде ұстап тұру.

Мысал: сорғы станциясы, қысым тағайындамасы — 4 бар.

## Нақты объект: сорғы станциясы



## Автоматты реттеу схемасы (тұйық жүйе)




Теріс кері байланыс

## Элементтердің құрылымдық схемаға сәйкестігі

| | |
|---|---|
| **Тапсырма r(t)** | Қысым тағайындамасы 4 бар (HMI оператор панелінде). |
| **Реттегіш** | PLC-дегі ПИД-реттегіш (мысалы, Siemens S7-1200). |
| **Атқарушы құрылғы** | Жиілік түрлендіргіші (электрқозғалтқыш жылдамдығын өзгертеді). |
| **Реттеу объектісі** | Сорғы жүйесі мен су құбыры желісі (құбырдағы қысым). |
| **Датчик** | Қысым түрлендіргіші (4–20 мА). |

## Жүйе қалай жұмыс істейді

1. Датчик қысымды өлшейді, мысалы 3,2 бар.
2. PLC өлшенген қысымды 4 бар тағайындамасымен салыстырады.
3. Қате анықталады: 4 − 3,2 = 0,8 бар.
4. ПИД-реттегіш сорғының айналу жиілігінің тапсырмасын арттырады.
5. Сорғы қысымды арттырады, ал датчик жаңа мәнді үздіксіз береді.
6. 4 барға жақындағанда реттегіш қысымды ұстап тұру үшін сорғы жылдамдығын түзетеді.

Қорытынды: реттегіш қысымды тікелей өзгертпейді. Ол басқарушы сигналды қалыптастырады, ал жиілік түрлендіргіші мен сорғы қысымға әсер етеді.

# Реттегіштердің жіктелуі.

1) Әрекет ету тәсілі бойынша жіктеу
(тікелей және жанама әрекетті реттегіштер)

2) Реттеу заңы бойынша жіктеу
(ON/OFF), (П), (И), (ПИ), (ПД), (ПИД).

3) Реттегіштерді іске асыру тәсілі бойынша жіктеу
(механикалық, пневматикалық, электрондық және бағдарламалық)

# Тікелей әрекетті реттегіштер

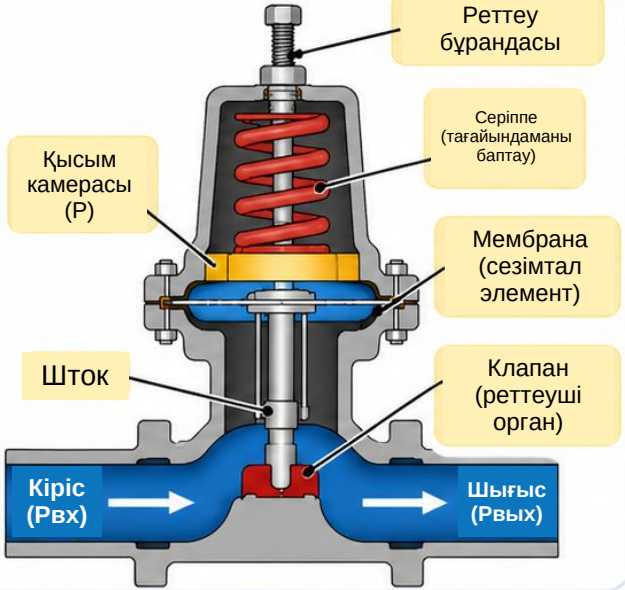
Тікелей әрекетті реттегіштер — реттеуші органды сыртқы энергия көзінсіз жылжыту үшін реттелетін ортаның немесе тікелей өлшенетін әсердің энергиясын пайдаланады.

## Мысал

Тікелей әрекетті механикалық қысым реттегіші




## Жұмыс істеу принципі




## Қалай реттеледі?

Реттеу (баптау) механикалық түрде — реттеу бұрандасы (немесе сомын) арқылы серіппенің сығылуын өзгерту арқылы орындалады. Бұл параметрдің, мысалы қысымның қажетті мәнін (тағайындамасын) белгілейді.



Сағат тілі бойынша айналдыру (сығылу ↑)

→ **Тағайындама ↑ (қысым жоғары)**



Сағат тіліне қарсы айналдыру (сығылу ↓)

→ **Тағайындама ↓ (қысым төмен)**

Реттеу тәсілі: реттеу бұрандасы арқылы серіппенің алдын ала сығылуын (қатаңдығын) өзгерту.

Нәтиже: серіппенің орта қысымына қарсы әрекет ететін күші өзгереді, осылайша реттелетін параметрдің жаңа мәні орнатылады.

Тікелей әрекетті реттегіш — клапанды жылжыту үшін PLC, электрқозғалтқыш пен сыртқы энергия көзінсіз параметрді автоматты түрде реттейді. Ол реттелетін ортаның өзінің энергиясын, мысалы судың, газдың немесе будың қысымын пайдаланады.

https://www.ovk-kom.ru/direct_pressure.html

# Жанама әрекетті реттегіштер

Жанама әрекетті реттегіштер — реттеуші әсерді қалыптастыру үшін қосымша энергияны немесе жеке атқарушы механизмді пайдаланады.

**Мысал** — қысым датчигінен сигнал қабылдап, клапанның электржетегін басқаратын электрондық қысым реттегіші.

## Жабдық мысалы



**Қысым датчигі**

4–20 мА (0–10 бар)




**Электрондық реттегіш (ПИД-реттегіш)**

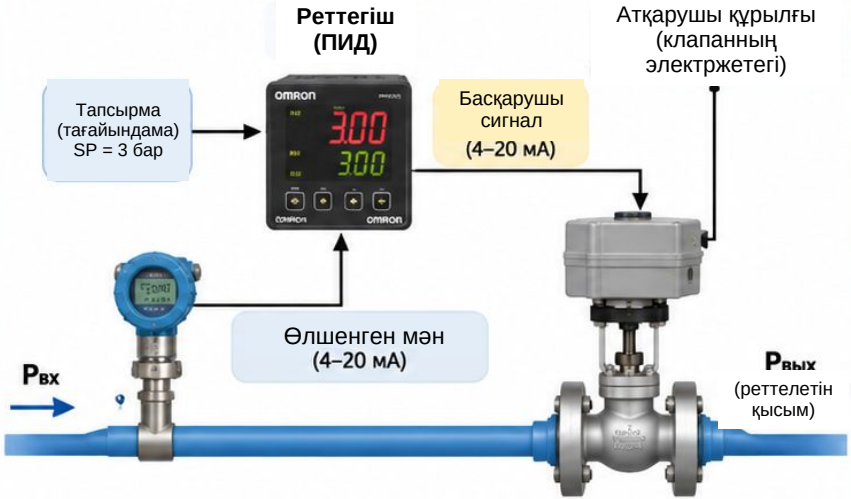
PV / SP



**Атқарушы механизм (клапанның электржетегі)**

4–20 мА / 0–10 В

## Реттеу жүйесінің құрылымы




## Жұмыс істеу принципі

1. Датчик реттелетін параметрді (қысымды) өлшеп, реттегішке сигнал береді (мысалы, 4–20 мА).
2. Электрондық реттегіш өлшенген мәнді тапсырмамен (тағайындамамен) салыстырады, қатені есептеп, басқарушы сигнал қалыптастырады.
3. Басқарушы сигнал атқарушы механизмге (электржетекке) беріледі, ол реттеуші клапанның орнын өзгертеді.

Тікелей әрекетті реттегіштен айырмашылығы: жүйе жұмыс істеуі үшін қосымша қорек (электр энергиясы немесе жетек энергиясы) қажет, ал басқару функциясын электрондық реттегіш орындайды.

# Реттеу заңы бойынша жіктеу

Реттеу заңы басқарушы әсердің реттеу қатесіне және оның уақыт бойынша өзгеруіне тәуелділігін анықтайды.

Осы белгі бойынша келесі негізгі түрлер бөлінеді:

- Екі позициялы реттегіштер (ON/OFF).
- Пропорционалды (П).
- Интегралды (И).
- Пропорционалды-интегралды (ПИ).
- Пропорционалды-дифференциалды (ПД).
- Пропорционалды-интегралды-дифференциалды (ПИД).

# Екі позициялы реттегіш

Екі позициялы реттегіш — басқарушы шығыстың екі негізгі күйі бар: қосулы (ON) және өшірулі (OFF).

**Мысал:** электр қыздырғыштың термостаты.




Термостат (екі позициялы реттегіш)



Электр қыздырғыш (атқарушы құрылғы)

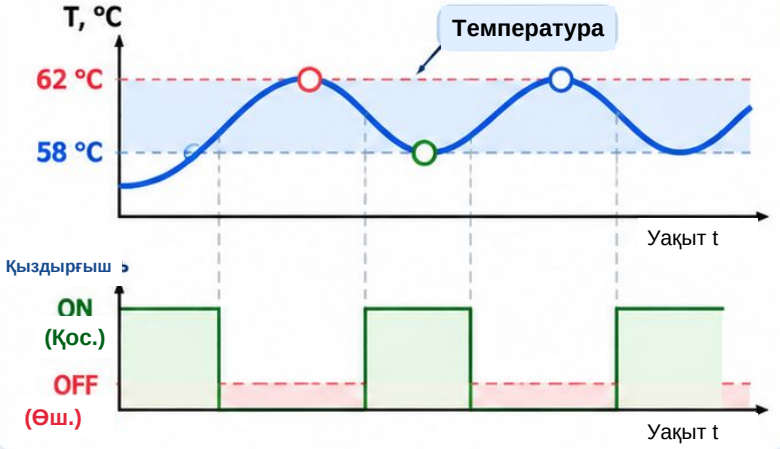
## Жұмыс істеу принципі

Егер температура $T \le 58$ °C болса — қыздырғыш қосылады (ON).

Егер температура $T \ge 62$ °C болса — қыздырғыш өшеді (OFF).

58...62 °C аралығында алдыңғы күй сақталады.

## Температураны екі позициялы реттеу




Гистерезис — қосу мен өшіру шектерінің айырмасы (осы мысалда: 62 − 58 = 4 °C). Ол атқарушы құрылғының тым жиі ауысып қосылуын болдырмайды.

Артықшылықтары: қарапайымдылық, төмен құн және қолдануға ыңғайлылық.

Кемшіліктері: реттелетін шама әдетте берілген мәннің маңында тербеледі, ал атқарушы құрылғы мерзімді түрде ауысып қосылады.

# Пропорционалды реттегіш (P-реттегіш)

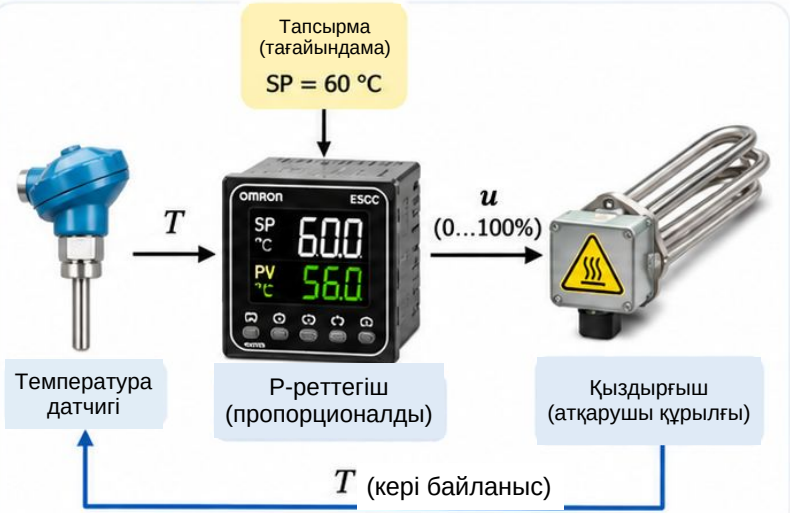
**P** Пропорционалды реттегіш ағымдағы реттеу қатесіне пропорционалды басқарушы әсерді қалыптастырады.

$$u(t) = K_p e(t)$$

мұндағы Kp — пропорционалды күшейту коэффициенті.

Қате неғұрлым үлкен болса, басқарушы әсер соғұрлым үлкен болады (таңдалған әсер ету бағытында).

**Мысал:** қыздырғыштың қуатын реттеу.




## Есептеу мысалы

$K_p = 5\ \%/°C$

**e = 4 °C қатесі кезінде:**

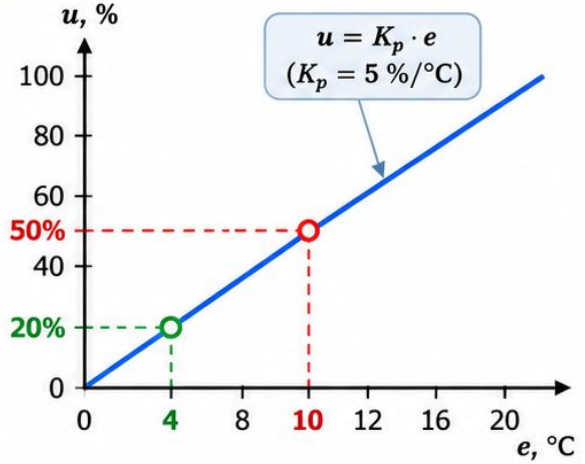
$u = K_p \cdot e = 5 \cdot 4 =$ **20%**

**e = 10 °C қатесі кезінде:**

$u = K_p \cdot e = 5 \cdot 10 =$ **50%**

Реттегіш шығысы 0...100 % ауқымымен шектелген.

## P-реттегіштің сипаттамасы




Артықшылықтары: іске асырудың қарапайымдылығы және қатенің өзгеруіне жылдам жауап беру.

Кемшілігі: көптеген объектілерде тұрақты ұйытқушы әсерлер кезінде орныққан қате сақталады.

Kp пропорционалды күшейту коэффициенті P-реттегіштің реттеу қатесіне қаншалықты күшті жауап беретінін анықтайды.

Kp коэффициенті барлық реттегіштер үшін тұрақты емес. Оны автоматтандыру инженері нақты объектінің сипаттамаларын ескере отырып таңдайды және баптайды. Мысалы:

- Қыздыру немесе салқындату жылдамдығы.
- Жылулық инерция.
- Қыздырғыштың қуаты.
- Объект реакциясының кешігуі.
- Реттеудің қажетті дәлдігі мен орнықтылығы.

Инженер жүйе жеткілікті жылдам, бірақ шамадан тыс тербелістерсіз әрекет ететін коэффициентті таңдауға ұмтылады.

| **Баптау** | **Ықтимал реакция** |
|---|---|
| Кіші Kp | Баяу реакция, әлсіз басқарушы әсер |
| Қалыпты Kp | Жылдамырақ реакция, қолайлы орнықтылық |
| Тым үлкен Kp | Асыра реттеу, тербелістер, ықтимал орнықсыздық |

# Интегралды реттегіш (I-реттегіш)

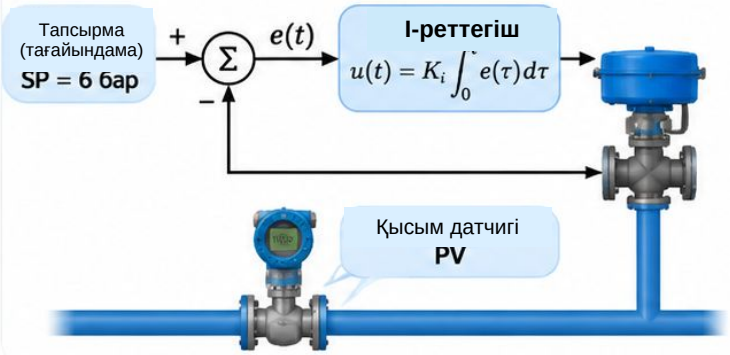
**I** Интегралды реттегіш уақыт бойынша жинақталған реттеу қатесін ескере отырып басқарушы әсерді қалыптастырады.

$$u(t) = K_i \int_0^t e(\tau)\,d\tau$$

мұндағы Ki — интегралды реттеу коэффициенті.

Қарапайым тілмен айтқанда, I-реттегіш қатенің шамасын ғана емес, оның қанша уақыт бар екенін де ескереді.

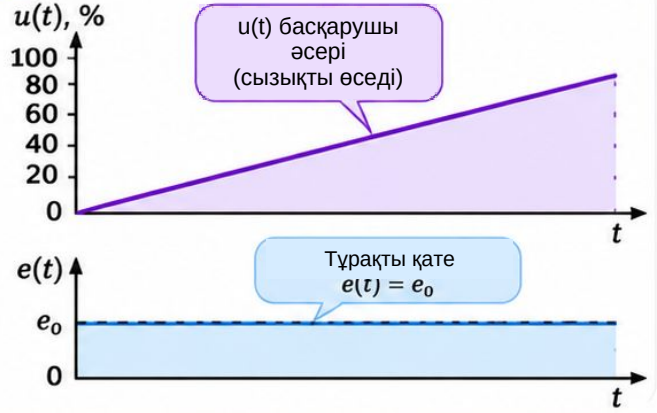
**Мысал:** құбырдағы қысымды реттеу.




## Жұмыс істеу принципі

1. Егер e(t) ≠ 0 қатесі болса, реттегіш оны уақыт бойынша біртіндеп жинақтайды (интегралдайды).
2. Жинақталған мән u(t) басқарушы әсерін арттырады.
3. Басқарушы әсер қате жойылғанша өседі (e(t) → 0).

## Сатылы қате кезіндегі жүйе реакциясы




Интегралды құраушының мәні: қате жойылғанша басқарушы әсерді біртіндеп «қосу», бұл тұрақты орныққан қатені жоюға мүмкіндік береді.

**Артықшылығы:** қолайлы жағдайларда тұрақты орныққан қатені жоюға мүмкіндік береді.

**Кемшілігі:** дұрыс бапталмаса, елеулі асыра реттеу мен тербелістер тудыруы мүмкін.

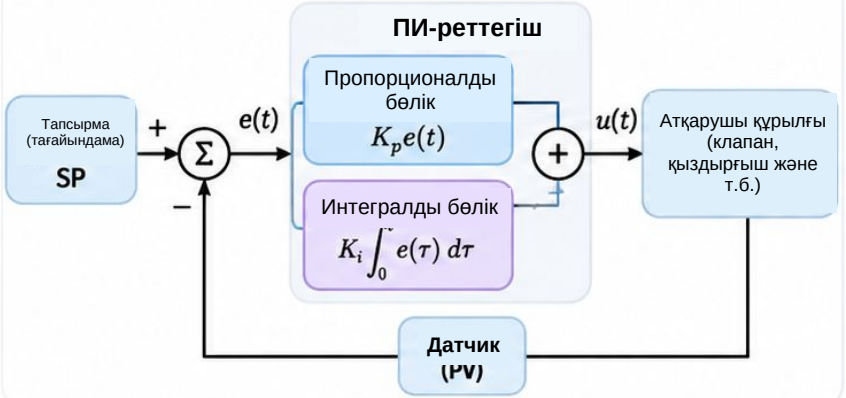
# ПИ-реттегіш (пропорционалды-интегралды)

PI

ПИ-реттегіш пропорционалды және интегралды реттеуді біріктіреді.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)\, d\tau$$

## Құрылымдық схема

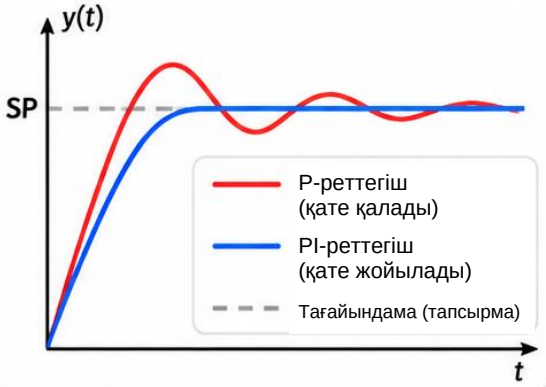



## Жұмыс істеу принципі

**P** Пропорционалды құраушы Kp e(t) — ағымдағы қатеге жылдам жауап береді.

**I** **Интегралды** құраушы $K_i \int_0^t e(\tau)\, d\tau -$ берілген мәннен ұзақ ауытқуды біртіндеп өтейді.

## Өтпелі сипаттама




Мәні: жылдам (P) және жинақтаушы (I) әрекеттердің үйлесуі арқылы реттегіш қатенің өзгеруіне жылдам жауап береді және орныққан режимде тұрақты қатені (статикалық ауытқуды) жояды.

Артықшылықтары:
- тұрақты орныққан қатенің болмауы;
- реттеудің жоғарырақ дәлдігі;
- кең қолданылуы (температура, қысым, шығын, жылдамдық және т.б.).

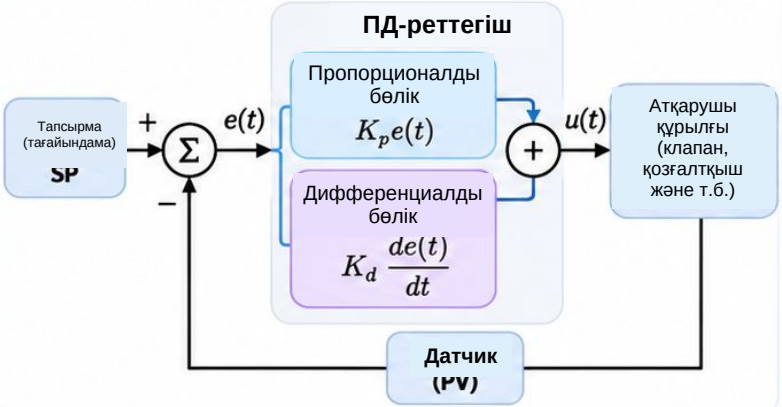
Ерекшеліктері / кемшіліктері:
- дұрыс бапталмаса (Kp немесе Ki тым үлкен), елеулі асыра реттеу мен тербелістер болуы мүмкін;
- P-реттегішке қарағанда баптау күрделірек.

# ПД-реттегіш (пропорционалды-дифференциалды)

PD ПД-реттегіш ағымдағы қатені және оның өзгеру жылдамдығын ескереді.

$$u(t) = K_p e(t) + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

## Құрылымдық схема




## Жұмыс істеу принципі

**P** Пропорционалды құраушы Kp e(t) — ағымдағы қатенің шамасына жауап береді.

**D** **Дифференциалды құраушы** $K_d \frac{de(t)}{dt}$ – қатенің өзгеру жылдамдығына (оның қаншалықты тез өзгеретініне) жауап береді.

## Тапсырманың сатылы өзгеруіне реакция




**Мысал:** механизм берілген орынға жылдам жақындағанда ПД-реттегіш елеулі асыра реттеу ықтималдығын азайту үшін басқарушы әсерді алдын ала азайта алады.

Интуитивті түрде: қате жылдам азайғанда (біз мақсатқа жақындадық), дифференциалды бөлік жүйені «тежейді».

Артықшылығы:
өтпелі процестер мен демпфирлеуді жақсарта алады (тербелістерді азайтады).

Кемшілігі: дифференциалды құраушы өлшеу шуларына сезімтал (бөгеуілдерді күшейтуі мүмкін).

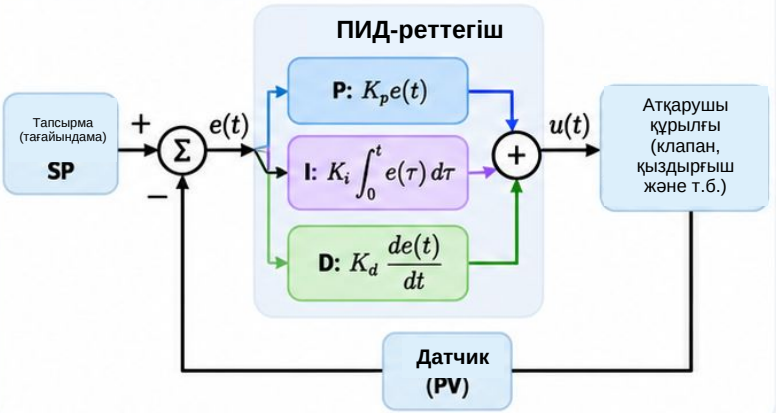
# ПИД-реттегіш (пропорционалды-интегралды-дифференциалды)

PID

ПИД-реттегіш үш құраушыны біріктіреді: пропорционалды, интегралды және дифференциалды.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)\,d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

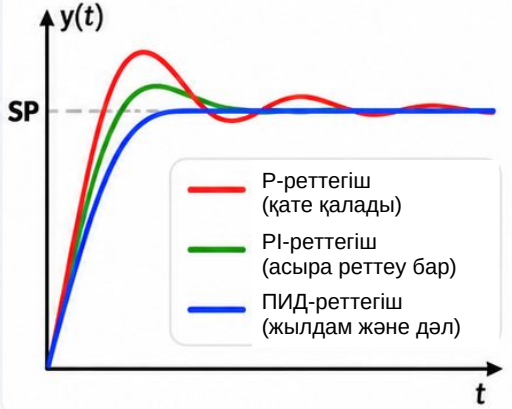
## ПИД-реттегіштің құрылымдық схемасы




## Құраушылардың рөлі

| Құраушы | Нені ескереді | Негізгі мақсаты |
|---|---|---|
| P | Ағымдағы қатені e(t) | Ауытқуға жылдам жауап беру |
| I | Жинақталған қатені $\int_0^t e(\tau)\,d\tau$ | Ұзақ ауытқуды (статикалық қатені) жою |
| D | Қатенің өзгеру жылдамдығын $\frac{de(t)}{dt}$ | Өтпелі процесті жақсарту (асыра реттеу аз) |

## Өтпелі процестер




Қалай жұмыс істейді: P-бөлік жылдам жауап береді, I-бөлік қалдық қатені біртіндеп жояды, D-бөлік оның өзгеруін болжайды және жүйенің реакциясын «жұмсартады».

Қолданылуы: температураны, қысымды, шығынды, жылдамдықты, орынды және т.б. реттеу.

Артықшылықтары:
- жоғары дәлдік (тұрақты қатенің болмауы);
- жылдам әрі орнықты өтпелі процесс;
- әмбебаптық және кең қолданылуы.

Ерекшеліктері / кемшілігі:
- тиімділігі Kp, Ki және Kd коэффициенттерін дұрыс таңдауға байланысты;
- дұрыс баптамау асыра реттеу мен тербелістер тудыруы мүмкін.

# Негізгі реттеу заңдарын салыстыру

| **Реттегіш түрі** | **Жұмыс істеу принципі** | **Өзіне тән ерекшелігі** |
|---|---|---|
| ON/OFF | Қосу немесе өшіру | Қарапайымдылық |
| П | Әсер қатеге пропорционалды | Жылдам реакция |
| И | Жинақталған қатені ескереді | Орныққан қатені жою |
| ПИ | П және И-ді біріктіреді | Жылдамдық пен дәлдік теңгерімі |
| ПД | П және Д-ны біріктіреді | Өтпелі процесті жақсарту |
| ПИД | П, И және Д-ны біріктіреді | Реттеу динамикасын икемді баптау |

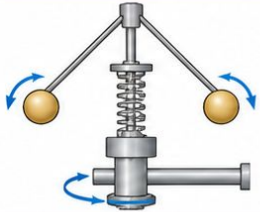
ПИД-реттегіш әрқашан басқалардан жақсы деп айтуға болмайды. Реттеу заңын таңдау объектінің ерекшеліктеріне, қажетті дәлдікке, жылдам әрекет етуіне және жүйенің күрделілігіне байланысты.

# Реттегіштерді іске асыру және қолдану

## Реттегіштерді іске асыру тәсілі бойынша жіктеу

Техникалық іске асыру тәсілі бойынша реттегіштер механикалық, пневматикалық, электрондық және бағдарламалық болып бөлінеді.

### Механикалық реттегіштер



Қозғалысты, серіппелердің, мембраналардың, жүктердің күшін және басқа механикалық әсерлерді пайдаланады.

**Мысал:** айналу жылдамдығын тепкіш реттегіші (жылдамдықтың өзгеруі жүктерді жылжытып, реттеуші әсерді қалыптастырады).

### Пневматикалық реттегіштер



Басқарушы әсерді қалыптастыру және беру үшін сығылған ауаның қысымын пайдаланады.

**Мысал:** пневматикалық жүйенің шығысындағы қысымды ұстап тұратын сығылған ауа қысымының реттегіші.

### Электрондық реттегіштер




Датчиктердің электр сигналдарын өңдеп, атқарушы құрылғылар үшін басқарушы сигналдар қалыптастырады.

**Мысал:** қыздырғышты реле немесе қатты денелі коммутациялық құрылғы арқылы басқаратын цифрлық температура реттегіші.

### Бағдарламалық реттегіштер




PLC-де, өнеркәсіптік компьютерлерде және басқа есептеу құрылғыларында іске асырылады.

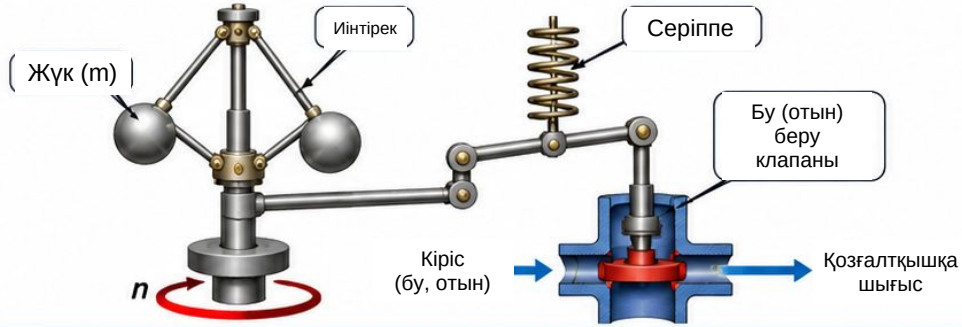
**Мысал:** датчик сигналын өңдеп, берілген алгоритм бойынша басқарушы әсерді есептейтін Siemens S7-1200-дегі ПИД-реттегіш.

Қорытынды: қазіргі автоматтандыру жүйелерінде электрондық және бағдарламалық реттегіштер кең қолданылады, өйткені олар баптауларды икемді өзгертуге, диагностика жүргізуге және мониторинг жүйелерімен бірігуге мүмкіндік береді.

# Механикалық реттегіш

Механикалық реттегіш — реттеуші әсерді өзгерту үшін қозғалысты, серіппенің, жүктердің немесе иінтіректердің күшін пайдаланады.

## Ортадан тепкіш реттегіш (принциптік схема)



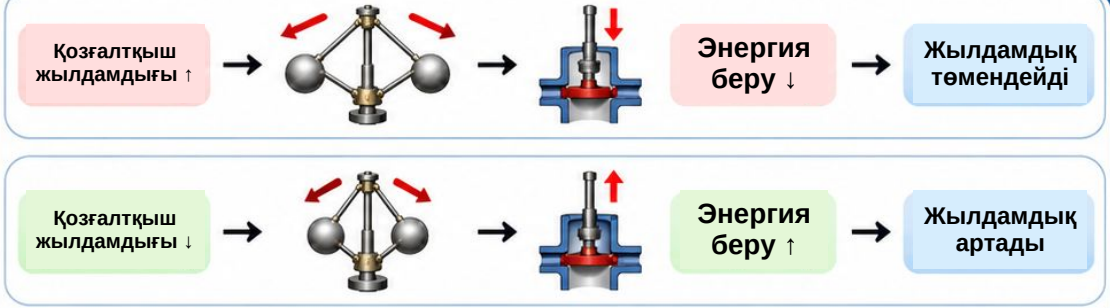

## Қолданудың нақты мысалы




## Жұмыс істеу принципі (мысал)

1. Қозғалтқыш білігі айналып, реттегіштің екі жүгін айналдырады.
2. Жылдамдық артқанда жүктер ортадан тепкіш әсердің ықпалымен сыртқа қарай алшақтайды.
3. Иінтіректі механизм арқылы жүктердің орын ауыстыруы бу немесе отын беру клапанының орнын өзгертеді.
4. Энергия беру азайып, қозғалтқыш баяулайды.
5. Жылдамдық төмендегенде жүктер жақындап, механизм энергия беруді арттырады.

## Реттеу принципі




Маңызды: мұнда электрондық контроллер жоқ. Реттеу жүктердің, серіппелер мен иінтіректердің айналуы есебінен механикалық түрде жүзеге асырылады.

Контроллер, реттегіш және атқарушы механизм — әртүрлі ұғымдар. Бірақ маңызды бір жайт бар: реттегіш контроллердің ішінде іске асырылуы мүмкін. ПИД-реттегіш — жеке физикалық аспап емес, PLC ішінде орындалатын алгоритм.

| **Құрылғы** | **Негізгі міндеті** | **Мысал** |
|---|---|---|
| Контроллер (PLC) | Сигналдарды қабылдайды, бағдарламаны орындайды және командаларды қалыптастырады | Siemens S7-1200 |
| Реттегіш | Берілген мәнді ұстап тұру үшін басқарушы әсерді есептейді | ПИД-реттегіш |
| Атқарушы механизм | Басқарушы әсерді физикалық түрде орындайды | Клапанның электржетегі |
| Датчик | Нақты мәнді өлшейді | PT100 температура датчигі |

Электрондық реттегіш дербес құрылғы бола алады, ал PLC бірден бірнеше реттегіштің функцияларын орындай алады.

Атқарушы механизм мен реттеуші органды ажырату қажет.

Мысалы, су шығынын реттеу жүйесінде:

- PLC команданы есептейді.
- Электржетек — қозғалыс тудыратын атқарушы механизм.
- Реттеуші клапан — су шығынын өзгертетін реттеуші орган.

Кейде жетек пен клапанды бірге атқарушы құрылғы ретінде қарастырады.

**Қысқаша!**

Контроллер — басқару құрылғысы,
Реттегіш — реттеу функциясы немесе құрылғысы,
ал Атқарушы механизм — команданы физикалық түрде іске асыратын құрылғы.

Сондықтан қазіргі өнеркәсіптік жүйелерде мына схема жиі қолданылады:

Датчик → PLC (ішінде ПИД-реттегіш) → атқарушы механизм → реттеуші орган → технологиялық процесс.

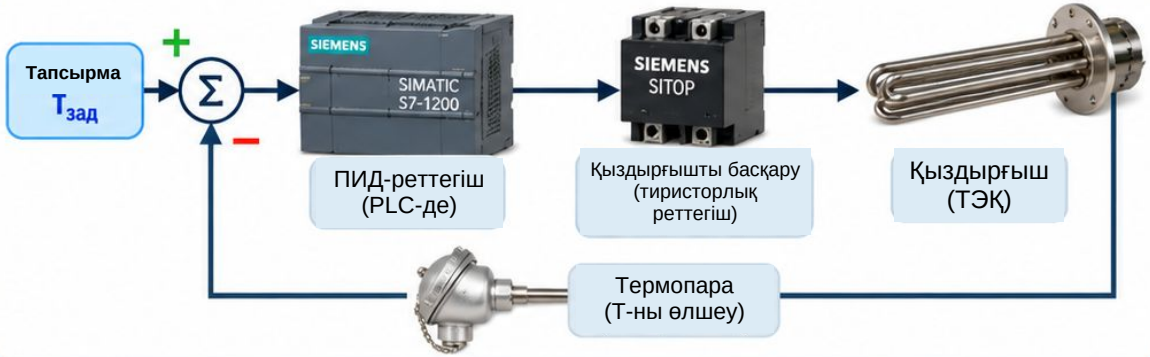
# 1-мысал. Температураны реттеу (өнеркәсіптік пеш)

## Басқару объектісі




Өнеркәсіптік электр пеші (бұйымдарды термоөңдеу)

## Реттеу жүйесінің схемасы (тұйық контур)




## АБЖ-ның нақты элементтері

| | | |
|---|---|---|
|  | **Датчик** | К типті термопара (−200...+1260 °C). |
|  | **Реттегіш** | Siemens SIMATIC S7-1200 PLC-дегі ПИД-реттегіш. |
|  | **Атқарушы құрылғы** | Қуаттың тиристорлық реттегіші (мысалы, Siemens SITOP). |
|  | **Қыздырғыш (әсер ету объектісі)** | Электр ТЭҚ-тері (пеш камерасын қыздыру). |

## Жүйе қалай жұмыс істейді

1. Оператор қажетті температураны береді, мысалы Тзад = 800 °C.
2. Термопара пештегі Тфакт нақты температурасын өлшейді.
3. PLC е = Тзад − Тфакт қатесін есептеп, ПИД алгоритмі бойынша басқарушы сигнал қалыптастырады.
4. Тиристорлық реттегіш ТЭҚ-терге берілетін қуатты өзгертеді.
5. Пештегі температура өзгеріп, берілген деңгейде ұсталады.

Қорытынды: реттегіш (PLC-дегі ПИД) өнеркәсіптік пеште берілген температураны ұстап тұру үшін қыздырғыштарға берілетін қуатты өзгертеді.

## 2-мысал. Қысымды реттеу

**Міндет**

Су қысымын 4 бар деңгейінде ұстап тұру.



**АБЖ құрылымы**




**Қорытынды**

Реттегіш қысымды ұстап тұру үшін сорғы жылдамдығын өзгертеді.

## 3-мысал. Сұйықтық деңгейін реттеу

**Міндет**

Резервуардағы деңгейді берілген белгіде ұстап тұру.



**АБЖ құрылымы**




**Қорытынды**

Реттегіш сұйықтық деңгейін ұстап тұру үшін клапанды басқарады.

## 4-мысал. Электрқозғалтқыш жылдамдығын реттеу

**Міндет**

Конвейер жылдамдығын берілген деңгейде ұстап тұру.



**АБЖ құрылымы**




**Қорытынды**

Реттегіш жылдамдықты ұстап тұру үшін қозғалтқыштың айналу жиілігін өзгертеді.

# Автоматтандырудағы реттегіштердің маңызы

Автоматты реттегіштер мыналарды қамтамасыз етеді:

- Технологиялық процестердің тұрақтылығы — жұмыс жағдайлары өзгерген кезде берілген параметрлерді ұстап тұру.
- Өнім сапасын арттыру — температура, қысым, жылдамдық және басқа шамалардың ауытқуларын азайту.
- Оператордың қатысуын азайту — технологиялық параметрлерді автоматты түзету.
- Энергия тиімділігін арттыру — атқарушы құрылғыларды ұтымдырақ басқару.
- Жабдықтың басқарылуын жақсарту — қажетті жұмыс режимдерін ұстап тұру мүмкіндігі.

Бұл ретте реттегіш тәуелсіз қорғаныс құрылғыларын алмастырмайды. Мысалы, қауіпті температура кезінде қыздырғышты авариялық өшіру талаптарды ескере отырып орындалуы тиіс

# Қорытынды

Реттегіш автоматты басқару жүйесінің негізгі функционалдық элементтерінің бірі болып табылады. Оның міндеті — реттелетін шаманы берілген деңгейде ұстап тұруға немесе оны белгіленген заң бойынша өзгертуге бағытталған басқарушы әсерді қалыптастыру.

Әрекет ету тәсілі бойынша тікелей және жанама әрекетті реттегіштер ажыратылады. Реттеу заңы бойынша — екі позициялы, П-, И-, ПИ-, ПД- және ПИД-реттегіштер. Іске асыру тәсілі бойынша — механикалық, пневматикалық, электрондық және бағдарламалық.

Нақты реттегішті таңдау объектінің сипаттамаларымен, дәлдікке, жылдам әрекет етуге, сенімділікке қойылатын талаптармен және пайдалану жағдайларымен анықталады.

# Бақылау сұрақтары

Автоматты реттегіш дегеніміз не?

Реттегіштің негізгі мақсаты қандай?

Қандай технологиялық параметрлерді реттеуге болады?

Реттеу қатесі деп нені атайды?

Кері байланыс не үшін қажет?

Автоматты реттеу жүйесіне қандай элементтер кіреді?

Тікелей және жанама әрекетті реттегіштердің айырмашылығы неде?

Екі позициялы реттегіш қалай жұмыс істейді?

Гистерезис не үшін қолданылады?

П-реттегіштің жұмыс істеу принципі қандай?

И-реттегіштің П-реттегіштен айырмашылығы неде?

ПИ-реттегіш қандай функцияларды орындайды?

Дифференциалды құраушы не үшін қолданылады?

ПИД-реттегіш қандай құраушылардан тұрады?

Іске асыру тәсілі бойынша реттегіштердің қандай түрлері бөлінеді?

PLC-де реттегіш қалай іске асырылады?

Температураны басқару үшін қандай реттегіштер қолданылады?

Сорғы станциясында қысымды реттеу қалай жүзеге асырылады?

Неліктен реттеу заңын таңдау объектіге байланысты?

Қазіргі өнеркәсіптік автоматтандыруда реттегіштердің маңызы қандай?