



**Комерциялық  
емес акционерлік  
қоғам**

**АЛМАТЫ  
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ  
БАЙЛАНЫС  
УНИВЕРСИТЕТІ**

Инфокоммуникациялық  
технологиялар кафедрасы

## **ЦИФРЛЫҚ БАЙЛАНЫС ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар  
мамандығының студенттері үшін  
курстық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2016

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: Қ.С. Чежимбаева., Д.А. Абиров Цифрлық байланыс технологиялары. 5В71900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар мамандығының студенттері үшін . курстық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар - Алматы: АЭЖБУ, 2016.-17б.

Әдістемелік нұсқаулықтар 100-ден аса нұсқалы бастапқы мәліметті тапсырмасы бар курстық жұмысты орындауға арналған және де курстық жұмыстың мазмұны мен хаттауына қойылған талаптардан тұрады. Ұсынылған әдебиеттер тізімі берілген.

5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар мамандығының студенттері үшін.

Без. 2, кесте. 2, әдеб. көрсеткіші-16 атау.

Пікір беруші: КИҚ каф. аға оқыт. К.М. Ургенішбаев

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2016 жылғы жоспары бойынша басылады.

## АЛҒЫСӨЗ

Электрбайланыстағы телекоммуникация желілерінің дамуы дискретті хабар берудің ролін және мәнін жоғарылатады.

Бұл пәннің мақсаты цифрлық сигналдарды берудің, қазіргі заманға сай ғылыми негізін және цифрлық байланыс технологияларының жағдайын, цифрлық жүйелерінің берілуін және өңделуінің іске асу шекарасы және мүмкіндіктері жайында түсініктеме беру, деректерді беру құрылғысының қасиеттерін және олардың мақсатына сай қызмет істеуін анықтайтын заңдылықтарды түсіндіру. Ол қазіргі заманғы технологияға сай цифрлық ақпараттың құрылуы мен берілуіне сәйкес, байланыс - инженерлерінің дайындығын тереңдетеді және дамытады.

Цифрлық байланыс технологиялары (ЦБТ) пәнін оқу нәтижесінде студент:

- цифрлық сигналдардың берілу және өңделу жүйесін құру принциптерін, оралғыға (бөгеулікке) тұрақты және цифрлық байланыс жүйесінде беру жылдамдығын жоғарлататын бағдарлама - аппараттық әдістерін, байланыс арнасын тиімді пайдалану әдістерін игере білуі керек;

- құрал - жабдықтарының жұмыс істеуіне сыртқы факторлардың әсерін талдап негізгі қызметтік тораптарды есептей алатын болуы керек,

- бағдарлама - аппараттық жабдықтарын жобалау мен есептеу үшін компьютер техникасын еркін қолдануға машықтануы тиіс.

ЦБТ пәнінің негізгі мақсаты- студенттерді ЦБТ теориясы мен жүйесін құру алгоритмін оқыту, сонымен қатар олардың негізгі сипаттамаларын инженерлік есептеудің әдістемесімен тәжірибе жүзінде машықтандыру және цифрлық жүйелерді және желілерді техникалық түрде пайдалану әдістеріне үйрету.

Оқу үрдісінде орындалатын курстық жұмыс, студенттерге «Цифрлық байланыс технологиялары» курсының бөлімдерінің негізін түсініп, инженерлік практика кезінде кездестірілетін есептерді шығару дағдысына көмектеседі.

Курстық жұмыс ақпарат көзі мен ақпаратты қабылдаушы арасындағы күре жолда деректерді беруді (КЖДБ) жобалауға арналған. Күре жолда деректерді берудің сапасына, деректердің берілу тұрақтылығы және сенімділігі бойынша өте үлкен талаптар қойылады, сондықтан коммутацияланбайтын КЖДБ жобаланады. Берудің сенімділігін арттыру үшін, үзіліссіз берілетін және қабылдағышпен бұғаттайтын шешуші кері байланыс жүйесін қолдану керек. Коданың түрі - циклдық. Бұл есептердің шешімі тапсырманың негізгі мақсатын, яғни - ол телекоммуникациялық жүйені үлгілеуді ашады. Телекоммуникациялық жүйені үлгілеу үшін, циклдық кодтың кодалаушы және декодалаушы құрылғысын модуляция және демодуляция арқылы «System View» дестесін қолданып, өз нұсқасы бойынша сұлбаны қарастыру керек. «Цифрлық байланыс технологиялары» - тапсырмасын орындаудың алдында, курстық жұмысты безендіру мен орындау талаптары мен нұсқа таңдау ретімен танысу керек.

# **1 Курстық жұмысты безендіруге және орындауға қойылатын талаптар**

## **1.1 Нұсқаны таңдау**

Курстық жұмыстың тапсырмасы 100 нұсқадан тұрады. Нұсқа нөмірі сынақ кітапшасының нөмірінің соңғы 2 санына сәйкес келеді (соңғы және соңғысының алдыңғысы). Мысалы, егер сынақ кітапшасының нөмірі 200034 болса, онда нұсқа нөмірі 34 болады. Кейбір параметрлер барлық нұсқалар үшін бірдей болып табылады.

## **1.2 Курстық жұмыстарды орындауға қойылатын талаптар**

Әрбір тапсырманы орындау, ең алдымен тапсырма тақырыбына қатысты теориялық материалды оқып үйренуден басталуы керек. Бұған әдістемелік нұсқаудың әдебиеттер тізімінде келтірілген оқулық әдебиеттері көмектеседі. Тапсырманы ойлана орындау, шешу жолын нақты көрсету және алынған нәтижені негіздей білуі керек.

Тексерілген жұмыс қорғалуы керек. Қорғауға жіберілгеннен кейін студент оны оқытушы тағайындалған уақытта қорғайды. Нәтижелі қорғау үшін: оқытушының ескертуі бойынша түзетулер жүргізу, тапсырманың орындалу жолын толығымен түсіндіре білу, есептеу формулаларының дұрыс қолданылғандығын және де оған кіретін таңбалардың мағынасын білуі керек.

Курстық жұмысты қорғау кезінде әрбір студент орындалған тапсырма бойынша түсіндірме беруге дайын болуы қажет.

Есте сақтау керек, курстық жоба тиянақсыз, толық емес немесе өзінің нұсқасы емес бойынша орындалған болса, ол жұмыс қабылданбайды және жаңадан безендіріледі.

## **1.3 Курстық жұмысты безендіруге қойылатын талаптар**

Курстық жұмыстың түсініктемелік хаты оқу жұмысының стандартына сай құрастырылып және безендіріледі [4].

1.3.1 Курстық жұмыс - А4 форматының ақ қағазында орындалады. Ол қағаздың бір жағында ғана тиянақты безендіріліп, анық немесе компьютермен теріліп жазылуы керек. Міндетті түрде жиектер: сол жағынан – 25мм, оң жағынан – 18 мм, жоғары жағынан – 20 мм, төмен жағынан – 25 мм қалдыру керек. Екінші жағы студенттің қателерін түзеу мен қосымша жұмыстар жүргізулерге арналған. Бет нөмірі төменгі жақтың ортасында араб цифрларымен қойылады.

1.3.2 Әрбір тапсырманың алдында өз нұсқасына сәйкес берілген мәндер мен тапсырманың шарттары келтіріледі.

1.3.3 Мәтін беттері, кесте, сурет, формулалар нөморленеді. Тексергенге оңайырақ болуы үшін барлық есептеулер толық ашылып жазылуы қажет.

Суреттер жоба мәтіні жазылған ақ қағазда, миллиметрлік қағазда немесе калькада орындауға болады. Суреттердің біртүрде орындалуы ұсынылады

(тек қана қағазда, немесе тек қана миллиметрлік қағазда, немесе тек қана калькада). Суретті мәтіні бар бетте көрсетуге болмайды. Суреттер бөлек беттерде орындалады. Бір парақта бірнеше үлкен емес суреттер бірінен соң бірі салынуы мүмкін.

1.3.4 Есептеу формулалары жалпы түрде әріптік белгілері ашып жазылады және мөлшері көрсетіледі. Барлық сандық мәндерін, тек ғана негізгі бірліктерге қою керек.

Жұмыс мәтінінде орындалған тапсырмаларға қысқаша түсініктеме жазып және де формулалар мен сызбанұсқалардағы әдебиеттер тізіміне нұсқау жасау қажет.

Курстық жұмыс, аталған талаптарға сай келмесе, толықтыруға жіберіледі.

## **2 Курстық жұмыстың тапсырмалары және оларға арналған әдістемелік нұсқаулар**

### **2.1 Курстық жұмыстың тапсырмасы**

Бір-бірінен L км-ге кешігіп отыратын ақпараттық екі тарату және қабылдау арасындағы деректерді таратудың орташа жылдамдықтағы күре жолын жобалау қажет.

Таратудың дұрыстығын жоғарылату үшін, үздіксіз берілісі және қабылдағыш тұйықтағышы бар шешуші кері байланыс жүйесін қолдану қажет. Коданың түрі - циклдік. ШКБ қателіктерді анықтауда дұрыс емес ақпаратты қабылдауды қайта қарастырғышы бар режимде жұмыс істейді.

Дискретті арнада қателіктерді үлестіру Л.П. Пуртов моделімен сипатталады. ДТКЖ (деректерді тарату күре жолы) сенімділігін жоғарлату үшін тұрақты қорландыру қолданылады.

Қажет:

а)  $\alpha$  - қателіктерді топтастыру коэффициентіне басты назар аударып, дискретті арнаны жекелеп сипаттау үлгісінің мәнін түсіндіру (Л.П. Пуртовтың моделі);

ә) ШКБ<sub>нп</sub> мен тұйықтағышы бар жүйенің құрылымдық сұлбасын және жүйе жұмысы істеу алгоритмінің құрылымдық сұлбасын тұрғызу;

б) ең үлкен салыстырмалы R өткізу мүмкіндігін қамтамасыз ететін n кодалық комбинацияның оңтайлы ұзындығын анықтау;

в) анықталмаған қателіктің берілген ықтималдығын қамтамасыз ететін r кодалық комбинациядағы үйлесімділікті тексеруші разрядтың санын анықтау. n, k, r циклды коданың шама-шарттарын табу;

г) сынақ кітапшасының соңғы санын ескере отырып, құрастырушы (тудыратын) полином  $g(x)$  түрін таңдау;

ғ) таңдалған  $g(x)$  үшін кодердің сұлбасын тұрғызу және оның жұмысын түсіндіру;

д) таңдалған  $g(x)$  үшін декодер сұлбасын тұрғызу және оның жұмысын түсіндіру;

е) берілген нұсқаның модуляциясы және демодуляциясы бар циклды коданың кодалаушы және декодалаушы құрылғысының сұлбасын алу, сонымен қатар «System View» дестесін қолдана отырып сұлбаны тұрғызу;

ж) берілген  $T_{\text{бер}}$  қарқынында және  $t_{\text{отк}}$  істен шығу шамасы кезінде берілетін  $W$  ақпаратының көлемін анықтау;

и)  $M$  шоғырландырғыштың сыйымдылығын анықтау;

к) негізгі және айналма деректерді тарату арналарының сенімділік көрсеткіштерін есептеу;

л) ҚР географиялық картасынан бір-бірінен  $L$  км-де орналасқан екі пунктті таңдау, оның ұзындығы 500-1000км болатын бір қатар учаскелерге бөліп, магистралін таңдау. Қайта қабылдау бөліктерін ірі жергілікті бөліктерге ажырату;

н) жүйе жұмысына уақыт бойынша диаграмма тұрғызу.

## 2.2 Берілген мәндер

Барлық нұсқалар үшін ортақ мәліметтер:

- модуляция жылдамдығы  $V=1200$  Бод;

- байланыс арнасы бойынша ақпараттың таралу жылдамдығы  $V = 80000$  км/с ;

- дискретті арнадағы қателіктің ықтималдығы  $P_{\text{кат.}}=0,5 \cdot 10^{-3}$ .

1 кесте – Нұсқа мәндері

Берілген параметрлер	Сынақ кітапшасының соңғы нөмірінің алдыңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{\text{но}} (\times 10^{-6})$	1,0	3,0	2,5	0,9	2,0	1,5	0,9	0,8	3,0	1,5
$L$ , км	6000	5500	5000	4500	5200	4800	5900	4700	6100	5600
$t_{\text{отк}}$ , с	30	180	45	30	60	180	90	60	120	90
$T_{\text{бер}}$ , с	300	320	600	500	380	400	540	580	460	360
Берілген параметрлер	Сынақ кітапшасының соңғы нөмірінің саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_0$	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4
$\alpha$	0,55	0,6	0,4	0,65	0,45	0,7	0,47	0,62	0,5	0,52
Модуляция түрі	АМ, ЧМ, ФМ			nФМ			Квадраттық амплитудалық модуляция			

## 2.3 Тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

### 2.3.1 Қосарланған үзікті арна қателерінің моделі.

Байланыстың үзікті арна қателерінің статистикасы және олардың математикалық сипаттамасы жайлы түсінік [қосымша 5, 7 - тарау, 230-248 бет] келтірілген. Құрстық жобалау кезінде үзікті арнаны ішінара сипаттау үлгісін (Л.П. Пуртов моделі) қолданған жөн, ол ұзындығы  $n$  разрядты кодаланған комбинацияларда жекелеген қателіктің пайда болу мүмкіндігі

(7.37 формуласы) және  $n$  ұзындықты кодталған комбинацияда  $t$  қателіктерінің пайда болу мүмкіндігін (7.38 формуласы) анықтайды. Стандартты ТЖ арналарына (0,3-3,4 кГц) жүргізілген көптеген статистикалық сынақтарда, жиіліктік және салыстырмалы фазалық модуляциялы тәсілімен  $B$ , Бод модуляция жылдамдығымен дискретті ақпаратты тарату кезінде, кабельді байланыс желісінің қателіктерді топтаудың  $\alpha$  көрсеткіші 0,4-0,7 шамасында болады.

### 2.3.2 Шешуші кері байланысы (ШКБ) арқылы деректерді беру жүйесі.

Кері байланысы бар жүйелердің сипаттамалары мен алгоритмдерінің нақты мазмұны [қосымша 5, 12 -тарау] келтірілген.

Қазіргі уақытта қателіктерді анықтау және қате табылған кезде қабылдағышты тұйықтағышы бар ақпаратты үздіксіз беру режимінде белгіленген арна бойынша қайта нақтылағышы бар ШКБ жүйелері кеңінен таралғандығын айтқан жөн. [5, 345-353 бет].

Курстық жобада V.23 МККТТ ұсыныстарына сәйкес модем қолданысы бар ШКБ жүйесін тұрғызу ұсынылады.

ШКБ<sub>нп</sub> және тұйықтағышы бар жүйенің құрылымдық сұлбасы 12.1 [қосымша 5] суретте, жүйе жұмысындағы алгоритмнің құрылымдық сұлбасы 12.14 [қосымша 5] суретте бейнеленген.

### 2.3.3 ШКБ бар жүйеде циклдық коданы қолданған кезде, кодалық үйлесімділіктің оңтайлы ұзындығын таңдау.

Байланыс арнасының ең жоғары өткізу мүмкіндігін қамтамасыз ететіндей  $n$  кодалық үйлесімділіктің ұзындығын таңдау қажет. Реттеуші коданы қолданған кезде кодалық үйлесімділіктің құрамында  $n$  разрядтар болады, олардың ішінде  $k$  ақпараттық разрядтар, ал  $r$  разрядтар- тексеруші болып табылады

$$n=k+r. \quad (1)$$

Егер байланыс жүйесінде қосарланған сигналдар («1» және «0» түріндегі сигналдар) қолданылатын болса және әрбір бірлік элементте бірден көп емес бит ақпарат болатын болса, онда ақпаратты тарату жылдамдығының және модуляция жылдамдығының арасында мынандай арақатынас болады

$$C=(k/n) \times B, \quad (2)$$

мұндағы  $C$  - ақпаратты тарату жылдамдығы, бит/с;

$B$  - модуляция жылдамдығы, Бод.

Қаншалықты,  $r$  аз болған сайын  $k/n$  арақатынасы соншалықты 1-ге жуық болады,  $C$  және  $B$  қаншалықты ерекшеленсе, байланыс жүйесінің өткізу мүмкіншілігі соншалықты жоғары болатындығы айқын.

$d_0=3$  минималды кода арақашықтық кезінде болатын циклді кодалау үшін мына арақатынас дұрыс екендігі белгілі [7,104 бет].

$$r \geq \log_2(n+1). \quad (3)$$

Көрініп тұрғандай, қаншалықты  $n$  жоғары болған сайын  $k/n$  арақатынасы соншалықты 1-ге жуық. Осылайша, мысалы,  $n=7$  кезінде  $r=3$ ,  $k=4$ ,  $k/n=0,571$ ; кезінде  $r=3$ ,  $k=4$ ,  $k/n=0,571$ ;  $n=255$  кезінде  $r=8$ ,  $k=247$ ,  $k/n=0,964$ ;  $n=1023$  кезінде  $r=10$ ,  $k=1013$ ,  $k/n=0,990$ .

Келтірілген мақұлдама жоғары  $d_0$  үшін дұрыс, алайда  $n$  және  $r$  байланыстары үшін нақты арақатынас жоқ. Тек қана жоғары және төменгі бағалаулар бар, олар 104 бетте [7] көрсетілген.

Баяндалған шамаға байланысты кодалық үйлесімдікке тұрақты басымдылықты енгізу тұжырымына сәйкес ұзын кодалық үйлесімділікті таңдау тиімді екендігіне қорытынды жасауға болады, себебі  $n$  жоғарылаған сайын салыстырмалы өткізгіштік мүмкіндігі 1-ге тең шекке ұмтылады.

$$R=C/B=k/n. \quad (4)$$

Байланыстың нақты арналарында кодалық үйлесімділікте қателіктердің пайда болуына әкеліп соқтыратын бөгеттер болады.

ШКБ жүйелерінде декодалаушы құрылғымен, қателік анықталған жағдайда, кодалық үйлесімділіктің топтамасында қайта сұрастыру жүргізіледі.

Бұл жағдайда былай болады

$$C=B \cdot (k/n) \cdot \left[ 1 - \frac{P_{00}(I+1)}{D_{II} + D_{00}(I+1)} \right], \quad (5)$$

мұндағы  $P_{00}$ - декодердің қателікті анықтау ықтималдығы (қайта сұрастыру ықтималдығы);

$P_{III}$ - кодалық үйлесімділікті дұрыс қабылдау ықтималдығы;

$M$  -кодалық үйлесімділік санындағы өткізгіш шоғырландырғышының сыйымдылығы.

Байланыс арнасында ( $P_{00} < 10^{-3}$ ) қателіктің аз ықтималдығында  $P_{00}$  ықтималдығы айтарлықтай аз, сондықтан бөлімінің 1-ден айырмашылығы аз және сондықтан келесідей есептеледі.

$$C=B \cdot (k/n) \cdot [1-P_{00}(M+1)]. \quad (6)$$

$n \cdot P_{00} \ll 1$  кезінде байланыс арнасындағы тәуелсіз қателіктер

$$P_{00} \approx n \cdot P_{\text{кат.}}$$

Сонда

$$C \approx B \times (k/n) \times [1-n \cdot P_{\text{кат.}} \cdot (M+1)]. \quad (7)$$

Жинақтауыштың сыйымдылығы [6, 323 - бет] келтірілген

$$M = \langle 3 + (2 \cdot t_p / t_k) \rangle. \quad (8)$$



Мұндағы  $t_p$  - сигналдың байланыс арнасы бойынша таралу уақыты, с;  
 $t_k$  -  $n$  разрядтардан тұратын кодалық комбинацияның ұзақтылығы, с;  
 $\langle \rangle$  белгісі – бұл есептеу кезінде  $M$ -ді бүтін мәніне жақын ең үлкен мәнін алу үшін қажет екенін білдіреді.

Бірақ

$$t_p=(L/v), \quad t_k=(n/B), \quad (9)$$

мұндағы  $L$  – шеткі (соңғы) стансалар арақашықтығы, км;  
 $v$  - байланыс арнасы бойынша сигналдың таралу жылдамдығы, км/с;

$B$  - модуляция жылдамдығы, Бод.

Қарапайым қоюлардан кейін ең соңғы нәтижені аламыз

$$R=(k/n) \cdot [1-P_{\text{кат.}} \cdot (4n+(2L \cdot B/v))], \quad (10)$$

$P_{\text{кат.}}=0$  болғанда (10) формула (4) формулаға келетінін байқау қиын емес.

$R$  шамасы байланыс арнасында қате болған жағдайда,  $P_{\text{кат.}}$ ,  $n$ ,  $B$ ,  $L$ ,  $v$ , функцияларына айналады. Сондықтан, салыстырмалы өткізу қабілеттілігі максималды болады ( $P_{\text{кат.}}$ ,  $B$ ,  $L$ ,  $v$  берілген кезде).

(10) формуласы, байланыс арнасында тәуелді қате кезінде (қателерді дестелеу кезінде) күрделене түседі.

Бұл формуланы Пуртов қателер моделі үшін шығарайық.

[5] көрсетілгендей, ұзындығы  $n$  разрядтан құралған комбинацияларға қате саны  $t_{\text{кат.}}$ , 7.38[5] формуласымен анықталады. Осындай қате санын анықтау үшін кодалық қашықтығы  $d_0$ ,  $d_0 \geq t_{\text{кат.}} + 1$  аз емес циклдік коданы табамыз. Сондықтан, 7.38 [5] формулаға сәйкес, ықтималдылықты анықтау қажет

$$P(\geq t_{\text{кери}}, n) = (n/t_{\text{кери}})^{1-\alpha} \cdot P_{\text{кат.}} = (n/d_0 - 1)^{1-\alpha} \cdot P_{\text{кат.}} \quad (11)$$

[8]-де көрсетілгендей, кейбір жуықтаулармен  $P(\geq t_{\text{оо}}, n)$  ықтималдылығын кодалық комбинациядағы тексерілетін разрядтар саны мен  $P_{\text{НО}}$  қатесінің декодерімен тексерілмейтін ықтималдылығы мен байланыстыруға болады.

$$P_{\text{НО}} \approx (1/2^r) \cdot P(\geq t_{\text{кери}}, n). \quad (12)$$

$P(\geq t_{\text{кери}}, n)$  мәнін (12)-ға  $t_{\text{кери}}$  мәнін  $d_0 - 1$ -ге өзгертіп қойсақ, онда

$$r = \langle (1-\alpha) \log_2(n/(d_0 - 1)) + \log_2 P_{\text{кат.}} - \log_2 P_{\text{НО}} \rangle. \quad (13)$$

Микрокалькуляторда есептеулер жүргізгенде, ондық логарифмдерді қолдану ыңғайлы.

Түрлендірулерден кейін

$$r = \langle 3,32[(1-\alpha)\lg(n/(d_0-1)) + \lg P_{\text{кате}} - \lg P_{\text{НО}}] \rangle. \quad (14)$$

(6) және (10) формулаларға қайтадан оралып және  $k$ -ны  $n$ -г мәніне ауыстыру арқылы, (14) формуладан мынаны табамыз

$$k/n = \{1 - (3,32/n) \cdot [(1-\alpha)\lg(n/(d_0-1)) + \lg P_{\text{кате}} - \lg P_{\text{НО}}]\}.$$

7.37 [5] қатынасы бойынша қателерді топтауды есепке алып, (13) формуланың екінші мүшесін келесі түрде жазуға болады

$$1 - P_{\text{кате}} \cdot n^{1-\alpha} \cdot (4 + (2LB/vn)).$$

Соңында

$$R = \{1 - (3,32/n) \cdot [(1-\alpha) \cdot \lg(n/(d_0-1)) + \lg P_{\text{кате}} - \lg P_{\text{НО}}]\} \cdot [1 - P_{\text{кате}} \cdot n^{1-\alpha} \cdot (4 + (2LB/vn))]. \quad (15)$$

Мұндағы:  $n$  циклдық коданың кодалық комбинациясының ұзындығын  $2^{m-1}$  тең деп алу қажет;

$m$  - бүтін сан (5,6,7,8,...), яғни 31, 63, 127, 255, 511, 1023, 2047 және т.б тең.

#### 2.3.4 Циклдық коданың параметрлерін таңдау.

Циклдық коданың параметрлеріне мыналар жатады:

- $n$  - кодалық комбинацияның ұзындығы (разрядтардың);
- $k$  - кодалық комбинациялардың (разрядтардың) ақпараттық бөлігінің ұзындығы;
- $g$  - кодалық комбинацияның (разрядтардың) тексерілетін бөлігінің ұзындығы;
- $g(x)$  - циклдық коданың құраушы полином түрі.

Салыстырмалы өткізу қабілеттілігінің ең қамтамасыз ететін,  $n$  кодалық комбинациясының тиімді ұзындығын анықтаған соң, (14) формула бойынша тексерілетін разрядтар санын анықтайды. Ол формула кодалық комбинация ішінде  $t_{\text{кате}}$  берілген қате кезінде табылмаған  $P_{\text{НО}}$  қатесінің берілетін ықтималдылығын және байланыс арнасында берілген  $P_{\text{кате}}$  қате ықтималдылығын қамтамасыз етеді.

##### 2.3.4.1 Мысал.

Берілгені:  $V=1200$  Бод,  $v=80000$ ,  $P_{\text{кате}}=10^{-3}$ ,  $P_{\text{НО}}=10^{-6}$ ,  $L=6000$ ,  $d_0=4$ ,  $\alpha=0,55$ .

R шамасы максималды болғандағы циклдық коданың тиімді параметрлерін n, k, r анықтау қажет. 2 - кестеде циклдық коданың оңтайлы параметрлері келтірілген.

2 кесте – Өткізу қабілетінің мәндері

<b>R</b>	<b>n</b>	<b>r</b>	<b>k</b>
0.600086651	31	12	19
0.77468801	63	12	51
0.8591961	127	13	114
0.89554406	255	13	242
<b>0.9038307</b>	<b>511</b>	<b>14</b>	<b>497</b>
0.89338452	1023	14	1009
0.86761187	2047	15	2032
0.82630035	4095	15	4080

2 - кестеден көретініміз, параметрлері n=511, r=14, k=497 циклдық коданың жоғарлатылған өткізу қабілетін R=0.9038307 қамтамасыз етеді.

Құрастырушы полиномның r деңгейін келтірілмейтін полиномдар кестесінен табамыз (осы әдістемелік нұсқаудағы А қосымшасы).

Мысалы, r=14 үшін  $g(x) = x^{14} + x^{10} + x^6 + 1$  полиномын таңдасақ болады.

Ескерту – студенттер сынақ кітапшасының соңғы саны 0, 1, 2, 3 санымен аяқталатын болса, кестедегі жоғарғы полиномды, ал 4, 5, 6 сандарымен аяқталатындар, ортасындағы полиномды және 7, 8, 9 - төменгі полиномды қолданады.

### 3 Циклдық коданың кодері мен декодерінің сұлбасын тұрғызу

Қайта қою циклы, келісілген ЦК-ның кодалық комбинациясын қалыптастыру, ЦК-ның кодерлеуші құрылғы (КҚ) мен декодерлеуші құрылғыларды (ДҚ) техникасының негізіне жатады. Бұл техника кері байланысы бар тригерлі тармақ түріндегі жылжымалы регистрлерді (ЖР) қолданады. Мұндай ЖР көптіксіз сызықты қосқыштар деп және сызықты қосқыш сұлбалар СҚС сызықты фильтр көзқарасымен алғаш рет зерттелген, сызықты кодалық Хаффман сүзгісі деп те аталанады. ЖР циклдық кодын кодалау және декодалау принциптері [5] 306-309 -бетте жазылған. Декодер сұлбасын құрғанда қате табу ықтималдығының шектелгенін байқаймыз. [5]-дегі 10.3 және 10.4 - суретте кодер мен декодердің жеңілдетілген құрылымдық үлгісі көрсетілген. Курстық жобанда құрылымдық үлгінің қиындатылған түрін көрсету керек.

Циклдық коданың кодері мен декодерінің құрылуын және жұмыс істеу принципін қарастырамыз.

Құрастырушы полином:

$$g(x) = x^7 + x^4 + x^3 + x^2 + 1 \quad (16)$$

### 3.1 Циклдық коданың кодалаушы құрылғысын құрастырайық

Кодер шығысында жұмыс істелуі келесідегідей режимдермен сипатталады [5, 306-307 бет] :

а) ақпараттық топтың  $k$  элементінің қалыптасуы және  $x^r m(x)$  ақпараттық тармақтың  $g(x)$  құрастырушы полиномға бір уақытта бөлінуі кезінде, бір бөлінгеннен кейінгі  $r(x)$  қалдықты алу мақсаты;

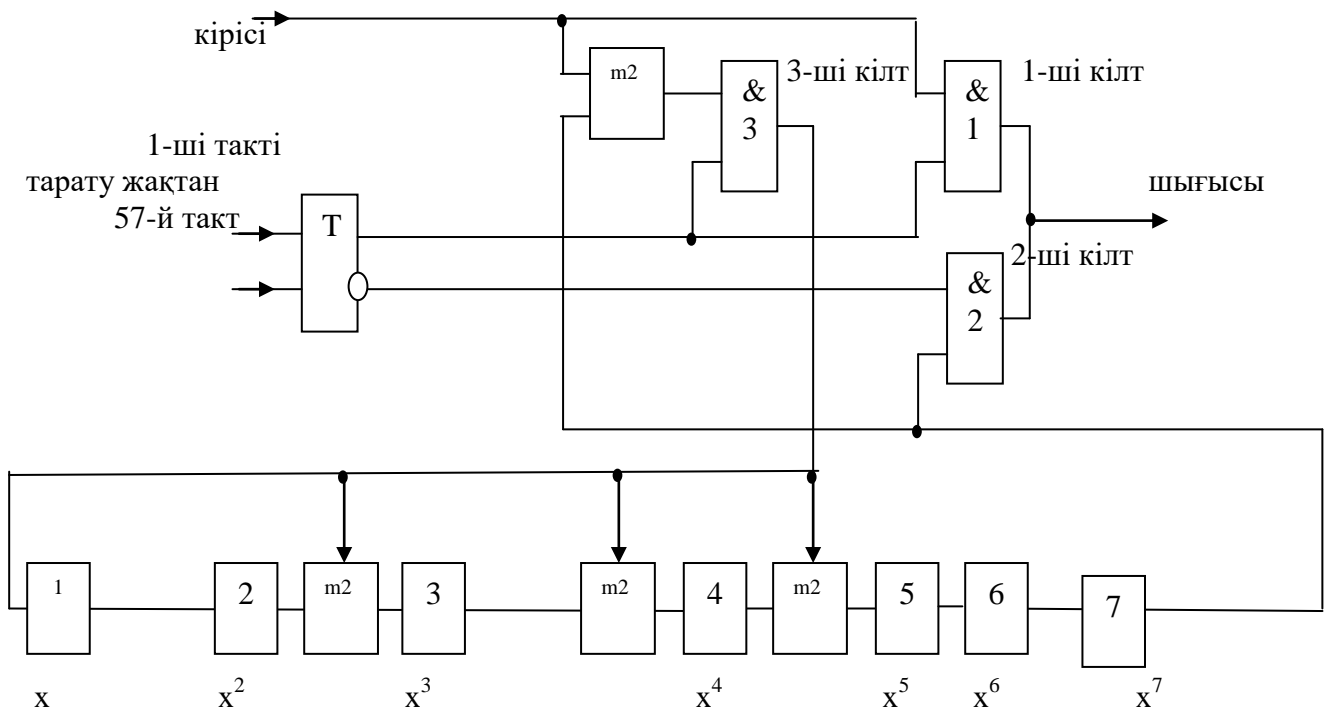
ә) кодер шығысында  $x^r m(x)$  ұяшықты бөлу сұлбасынан оларды санау жолымен бақыланған  $r$  элементін қалыптастыру.

Кодердің құрылымдық үлгісі 1 - суретте көрсетілген.

Кодердің жұмыс циклының өткізгіштігі  $n=63$  бірлік элементі  $n$  тактісін құрады. Тактілік сигнал тарату өткізгішімен қалыптастырылады. Ол үлгіде көрсетілмеген.

Кодер жұмысының бірінші режимі  $k=56$  тактіден тұрады. Бірінші такті импульсінен  $T$  триггері тік шығысына «1» сигналы, ал инверсті болып – «0» сигналы орын алады. «1» сигналымен 1 және 3 кілттер ашылады (И-логикалық сұлбалар). «0» сигналымен 2 - кілт жабық болады. Осы қалпында триггер мен кілт  $k+1$  тактісінде, яғни 57 тактісінде орналасады. Осы уақытта кодер шығысына 1 - ші ашық кілтінен 56 бірлік элементті  $k=56$  болып ақпараттық топ өтеді.

Бір уақытта 3 ашық кілттен  $x^r m(x)$  ақпараттық элементтер,  $g(x)$  көпмүшесіне бөлетін құрылғыға келіп түседі.

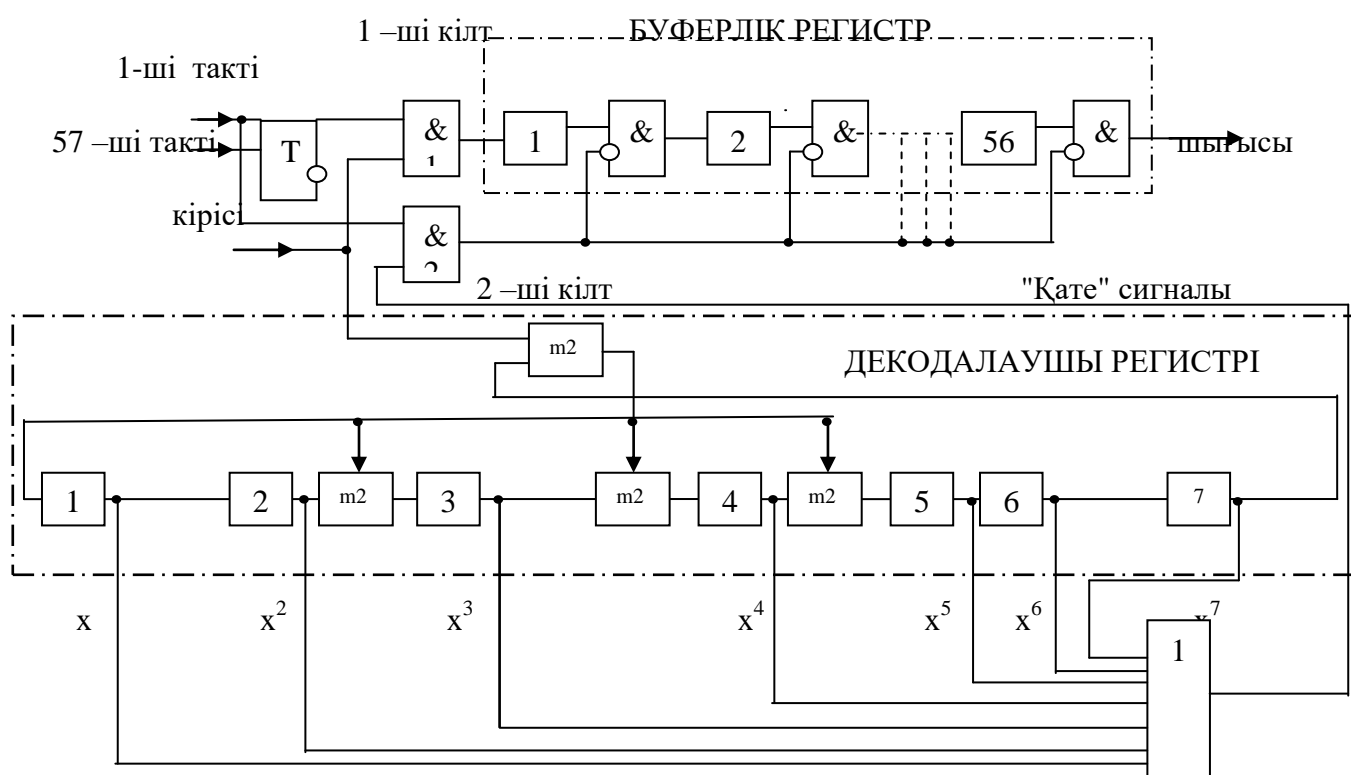


1 сурет - Кодердің құрылымдық сұлбасы

Бөлу тексергіш разрядтар санына тең ұяшық санды жылжығыш регистрмен орындалады. Осы қарастырылған жағдайда ұяшық саны  $r=7$  болады. Құрылғыдағы қосқыш саны нөлдік емес  $g(x)$  теріс бірлік мүшесінің санына тең. Біздің оқиғада қосқыш саны төртке тең. Қосқыштар нөлдік емес  $g(x)$  ұяшық мүшесінен кейін орнатылады. Барлық келтірілмейтін полиномдар  $x^0=1$  мүшесін қолдағаннан соң, осы мүшеге қатысты қосқыш 3 кілтін алдына орнатылған (И логикалық үлгі).

$k=56$  тактісінен кейін бөлу құрылғысында  $r(x)$  бөлу қалдығы жазылады.

$k+1=57$  тактілік импульс әсерінен Т триггер өзінің халін өзгертеді: инверсті шығысында «1» сигналы, ал тігінен «0» сигналы пайда болады. 1 және 3 кілт жабылады, ал 2 кілт ашылады. Қалған  $r=7$  такті бөлу қалдығының элементі 2 кілттен кодер шығысына, үлкен разрядтардан бастап түседі.



2 сурет - Декодердің құрылымдық сұлбасы

### 3.2 Циклдық коданың декодалаушы құрылғысын тұрғызу

Декодер сұлбасының жұмыс істеуі (2 сурет) келесі түрге келтіріледі.  $P(x)$  полиномын көрсететін, қабылданған кодалық комбинация декодалайтын регистр мен  $k$  ұяшығы бар буферлік регистр ұяшықтарына бірдей келіп түседі. Буферлік регистрдің ұяшықтары, «жоқ» логикалық сұлбалар арқылы өткізетін өзара байланысты, «1» сигналды бірінші кірісінде және екіншісінде – «0»-ді өткізеді (бұл кіріс дөңгелекпен белгіленген). Буферлік регистр кірісіне кодалық комбинация «ЖӘНЕ1» сұлбасы арқылы келіп түседі. Бұл кілт Т триггер шығысының бірінші тактілік импульсімен ашылып,  $k+1$

тактілік импульсімен жабылады (дәл кодер сұлбасындағы Т триггердің жұмысы сияқты). Осылайша  $k=496$  тактіден кейін элементтердің ақпараттық тобы буферлік регистрге жазылады. «ЖОҚ» сұлбасы регистрді толтыру режимінде ашық болады, өйткені «ЖӘНЕ2» кілтінен екінші кірістеріне кернеу келіп түспейді.

Бір уақытта декодалайтын регистрде барлық  $n=63$  такті ішінде кодалық комбинацияны бөлу жүріп жатады (( $P(x)$  полиномын  $g(x)$  тұғызушы полиномға). Декодалайтын регистр сұлбасы толығымен жоғарыда қарастырылып кеткен кодердің бөлу сұлбасына ұқсайды. Егер бөлу нәтижесінде нөлдік қалдық болса – синдром  $S(x)=0$ , онда келесі тактілік импульстер ақпараттық элементтерді декодер шығысына жазып алады.

Қабылданған комбинацияда қате табылған жағдайда синдром  $S(x)$  нөлге тең болмайды. Бұл  $n$ -ші (63) тактіден кейін декодалайтын регистр ұяшығы болмағанда біреуінде «1» жазылады деген сөз. Бұл жағдайда «НЕМЕСЕ» сұлбасының шығысында сигнал пайда болады. Кілт 2 («ЖӘНЕ2» сұлбасы) жұмыс істей бастайды да, буферлік регистрдің «ЖОҚ» сұлбалары жабылып қалады, ал келесі тактілік импульс регистрдің барлық ұяшықтарын «0» жағдайына ауыстырады. Сонымен қатар өшіру сигналы қабылдағышты тұйықтау және қайта сұрау командасы ретінде қолданылады.

### 3.3 Т уақыт ішінде берілетін ақпарат көлемін анықтау

Ақпаратты тарату темпі деп аталатын Т уақыт интервалы ішінде ақпаратты беру керек болсын. Жауап бермеу критериясы  $t_{отк}$  – бұл Т уақыт аралығында жіберілетін түзетілмеулердің қосындысының ұзақтығы. Егер Т уақыт ішіндегі түзетілмеулер ұзақтығы  $t_{отк}$ -дан асса, онда деректерді тарату жүйесі жауап бермеу қалпында болады.

Сондықтан,  $T_{таp} - t_{отк}$  уақыт ішінде  $C$ , бит пайдалы ақпарат беруге болады. Таңдалған код параметрлерін ескере отырып

$$W=R \cdot B \cdot (T_{таp} - t_{отк}). \quad (17)$$

Мұндағы  $R$  – циклдық коданың таңдалатын параметрлері үшін ең үлкен салыстырмалы өткізу қабілеті.

Мысал 1.

Ертеде есептелген ( $R=0.9038307$ ,  $B=1200$  бод,  $T_{пер}=3.0$ мин.,  $t_{отк}=1.5$ мин.) мысал үшін  $W$ -ны анықтау

$$W=0.9038307 \cdot 1200 \cdot (180-90)=97613.712 \text{ бит.}$$

### 3.4 Жүйе жұмысының уақыттық диаграммасын тұрғызу

Жүйе жұмысының уақыттық диаграммасы 12.15 [5] суретінің түрі бойынша тұрғызылуы тиіс.  $t_c=t_k$ ,  $t_{a,k}=t_{a,c}=0,5t_k$  деп есептейміз. М жинақтаушы сыйымдылығы (7) формуласымен анықталады. Естерінде болсын, уақыттық диаграмманы дұрыс тұрғызу үшін уақыт масштабы мен  $t_c$ ,  $t_k$ ,  $t_{a,k}$ ,  $t_{a,c}$ ,  $t_p$  шамалары арасындағы қатынасты міндетті түрде сақтау қажет.

## А -қосымшасы

### Келтірілмей тудыратын полиномдардың $r$ деңгейінің кестесі

<p><math>r=7</math> дәрежесі</p> $x^7+x^3+1$ $x^7+x^4+x^3+x^2+1$ $x^7+x^3+x^2+1$ <p><math>r=8</math> дәрежесі</p> $x^8+x^4+x^3+x+1$ $x^8+x^5+x^4+x^3+1$ $x^8+x^7+x^5+x+1$ <p><math>r=9</math> дәрежесі</p> $x^9+x^4+x^2+x+1$ $x^9+x^5+x^3+x^2+1$ $x^9+x^6+x^3+x+1$ <p><math>r=10</math> дәрежесі</p> $x^{10}+x^3+1$ $x^{10}+x^4+x^3+x+1$ $x^{10}+x^8+x^3+x^2+1$ <p><math>r=11</math> дәрежесі</p> $x^{11}+x^2+1$ $x^{11}+x^7+x^3+x^2+1$ $x^{11}+x^8+x^5+x^2+1$ <p><math>r=12</math> дәрежесі</p> $x^{12}+x^4+x+1$ $x^{12}+x^9+x^3+x^2+1$ $x^{12}+x^{11}+x^6+x^4+x^2+x+1$	<p><math>r=13</math> дәрежесі</p> $x^{13}+x^4+x^3+x+1$ $x^{13}+x^{12}+x^6+x^5+x^4+x^3+1$ $x^{13}+x^{12}+x^8+x^7+x^6+x^5+1$ <p><math>r=14</math> дәрежесі</p> $x^{14}+x^8+x^6+x+1$ $x^{14}+x^{10}+x^6+1$ $x^{14}+x^{12}+x^6+x^5+x^3+x+1$ <p><math>r=15</math> дәрежесі</p> $x^{15}+x^{10}+x^5+x+1$ $x^{15}+x^{11}+x^7+x^6+x^2+x+1$ $x^{15}+x^{12}+x^3+x+1$ <p><math>r=16</math> дәрежесі</p> $x^{16}+x^{12}+x^3+x+1$ $x^{16}+x^{13}+x^{12}+x^{11}+x^7+x^6+x^3+x+1$ $x^{16}+x^{15}+x^{11}+x^{10}+x^9+x^6+x^2+x+1$ <p><math>r=17</math> дәрежесі</p> $x^{17}+x^3+x^2+x+1$ $x^{17}+x^8+x^7+x^6+x^4+x^3+1$ $x^{17}+x^{12}+x^6+x^3+x^2+x+1$
---	---

## Әдебиеттер тізімі

### *Негізгі*

- 1 Чежимбаева К.С., Абиров Д.А. Технологии цифровой связи. Методические указания к выполнению лабораторных работ. - Алматы, АУЭС 2012.
- 2 Чежимбаева К.С., Абиров Д.А. Цифрлық байланыс технологиялары. Дәрістер жинағы. -Алматы, АЭЖБУ 2011.
- 3 Джангозин А.Д., Чежимбаева К.С., Гармашова Ю.М. Учебное пособие «Применение пакета System View для моделирования телекоммуникационных систем».-А., 2009.
- 4 Джангозин А.Д., Чежимбаева К.С. ТЦС. Методические указания к выполнению курсовой работы. - Алматы, АИЭС, 2008.
- 5 Джангозин А.Д., Чежимбаева К.С. Оқу құралы «Цифрлық байланыс технологиялары».-А.,2006
- 6 Джангозин А.Д., Чежимбаева К.С. Учебное пособие «Помезоустойчивые циклические коды».-А.,2006.
- 7 Скляр Б. Цифровая связь. – М., Санк-П., Киев: Изд. дом «Вильямс», 2007.

### *Қосымша*

- 1 Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: 2-е изд. /Пер. с англ.– М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
- 2 Прокис Дж. Цифровая связь. - М.:Радио и связь, 2000.-797с.
- 3 А.Б. Сергиенко. Цифровая обработка сигналов: Учебник для вузов. - М., 2002.
- 4 Стандарт организации. Учебно-методические и учебные работы. Общие требования к построению, оформлению и содержанию учебно-методических и учебных работ. СТ НАО 56023-1910-04-2014. – Алматы, АУЭС, 2014.
- 5 Гаранин М.В., Журавлев, Кунегин С.В. Системы и сети передачи информации. – М.: Радио и связь, 2001
- 6 Передача дискретных сообщений / Под ред. В. П. Шувалова. - М.: Радио и связь, 1990. -464 с.
- 7 Емельянов Г. А., Шварцман В. О. Передача дискретной информации. - М.: Радио и связь, 1982. - 240 с.
- 8 Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – М.-СПб.: Питер, 2002.
- 9 Абдуллаев Д.А., Арипов М.Н. Передача дискретных сообщений в задачах и упражнениях. - М.; Радио и связь, 1985.



## Мазмұны

Алғысөз.....	3
1 Курстық жұмысты безендіруге және орындауға қойылатын талаптар.....	4
1.1 Нұсқаны таңдау.....	4
1.2 Курстық жұмыстарды орындауға қойылатын талаптар.....	4
1.3 Курстық жұмысты безендіруге қойылатын талаптар .....	4
2 Курстық жұмыстың тапсырмалары және оларға арналған әдістемелік нұсқаулар.....	5
2.1 Курстық жұмыстың тапсырмасы.....	5
2.2 Берілген мәліметтер.....	6
2.3 Тапсырманы орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар.....	6
3 Циклдық коданың кодері және декодерінің сұлбасын құрастыру.....	11
3.1 Циклдық коданың кодалаушы құрылғысын құрастырайық.....	12
3.2 Циклдық коданың декодалаушы құрылғысын тұрғызу.....	13
3.3 T уақыт ішінде берілетін ақпарат көлемін анықтау.....	14
3.4 Жүйе жұмысының уақыттық диаграммасын тұрғызу.....	14
А қосымшасы.....	15
Әдебиеттер тізімі.....	16

2016 ж. жиынтық жоспары, реті 118

Қатипа Сламбайқызы Чежимбаева

Жұмахан Ақылбайұлы Абиров

## ЦИФРЛЫҚ БАЙЛАНЫС ТЕХНОЛОГИЯСЫ

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар  
мамандығының студенттері үшін  
курстық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

Редакторы Қ.С. Телғожаева

Стандарт бойынша маман Н.Қ. Молдабекова

Басуға қол қойылды " \_\_ " \_\_ "2016 ж.

Таралымы 60 дана

Көлемі 1,0 есептік-баспа табақ

Пішімі 60X84 1/16

Баспаханалық қағаз №1

Тапсырыс Бағасы 500 тг

«Алматы энергетика және байланыс университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамының  
көшірмелі – көбейткіш бюросы  
050013, Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126