



**Коммерциялық емес
акционерлік қоғам**

**ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ
АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

«Электроника және
робототехника» кафедрасы

АСПАПТАР МЕН ЖҮЙЕЛЕРДІҢ СЕНІМДІЛІГІ

6B07109 – «Аспап жасау» білім бағдарламасының студенттері үшін
зертханалық жұмыстарды орындауға әдістемелік нұсқаулар

Алматы 2022

ҚҰРАСТЫРУШЫ: Т.Ж. Калкабекова. Аспаптар мен жүйелердің сенімділігі. 6B07109 – «Аспап жасау» білім беру бағдарламасының студенттері үшін зертханалық жұмыстарды орындауға әдістемелік нұсқаулар – Алматы: Ғұмарбек Дәукеев атындағы АЭЖБУ, 2022. – 50 с.

Әдістемелік нұсқаулар «Аспаптар мен жүйелердің сенімділігі» пәнін оқуға арналған.

Сенімділік теориясында кеңінен қолданылатын негізгі ұғымдар, анықтамалар, критерийлер кезең-кезеңімен сипатталған. Артық және артық емес жұмыс істеу принципі әртүрлі техникалық жүйелердің сенімділік параметрлерін есептеудің жалпы әдістері қарастырылды. Студенттерге берілген зертханалық жұмыстарды орындау кезеңдері түсіндіріледі. Жұмыс әртүрлі бағдарламалардың көмегімен жасалды, мысалы: StatGraphics, Arena, Excel және т.б.

Әдістемелік нұсқаулар сенімділік теориясына қатысты негізгі қажетті білімдерді алу мақсатында құрастырылған және 6B07109 – Аспап жасау білім беру бағдарламасы бойынша студенттерге арналған. Әр зертханаға 2 сағат уақыт беріледі.

Без.- 35, әдебиеттер саны- 7, кестелер - 20

Пікір беруші: профессор.

Ермекбаев М.М.

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2022 ж.басылым жоспары бойынша басылады.

Кіріспе

Зертханалық жұмыстар барысында белгілі бір уақыт аралығында объектілердің жұмыс қабілеттілігінің көрсеткіштерінің өзгеру заңдылықтары, сәтсіздіктердің физикалық табиғаты қарастырылады, соның негізінде объектілердің беріктігі мен сенімділігіне қол жеткізу үшін қажетті әдістер жасалады.

Бұл зертханалық жұмыстардың мақсаты – студентті болжау, бағалау дағдыларын дамыту. Сондай-ақ, «адам-автоматтандыру-орта» сияқты аспаптар мен жүйелердегі жағымсыз салдарларды жою және/немесе жұмсарта алатын маманды қалыптастыру.

Пәннің міндеті - «адам-автоматтандыру-орта» математикалық модельдерінің сенімділік көрсеткіштеріне талдау жасау және жүргізу. Сонымен қатар, қауіп-қатерлерді талдау, аспаптар мен жүйелердің техникалық жағдайын болжау және бағалау дағдыларын алу.

№1 зертханалық жұмыс. Excel ортасында қалпына келтірілмейтін элементтер үшін статистикалық мәліметтерге сәйкес элементтер сенімділігінің негізгі көрсеткіштерін анықтау

Мақсаты: MS Excel бағдарламасын қолдана отырып, белгілі бір уақыт кезеңіндегі статистикалық мәліметтерге сәйкес жөнделмейтін элементтердің сенімділігінің негізгі көрсеткіштерін анықтауға үйреніңіз.

1.1 Теориядан қысқаша мәлімет

Егер объект өзінің барлық параметрлерінің белгіленген шегінде уақытында сақтай алатын болса, ол сенімді болады. Бұл параметрлер объектінің белгілі бір режимдер мен пайдалану, техникалық қызмет көрсету және сақтау жағдайларында қажетті функцияларды орындау қабілетін сипаттайды.

Элемент дегеніміз – әр элемент белгілі бір функцияларды орындайтын және жүйенің басқа элементтерімен өзара әрекеттесетін күрделі жүйенің құрамдас бөлігі. Күрделі жүйелердің сенімділігін талдау үшін, атап айтқанда олардың жұмысын бағалау үшін жүйе алдымен олардың параметрлері мен сипаттамаларын қарастыру үшін бірнеше элементтерге бөлінеді.

Егер өз функцияларын орындау барысында жөндеуге жол берілмесе, бұйымдар немесе элементтер қалпына келтірілмейді. Сонымен, егер сәтсіздік болса, орындалатын операция тоқтатылады және оны қайтадан бастау керек (егер сәтсіздікті жою мүмкін болса). Қалпына келтірілмейтін тобына бір немесе бірнеше рет қолданылатын бұйымдар жатады. Атап айтқанда: әуе қозғалысын басқару жүйелер, өндірістік үдерістерді басқарылатын жүйелер және тағы басқа жүйелер жатады.

1.2 Жұмысты орындау әдістері

Ұсынылған статистикалық деректер негізінде қалпына келтірілмейтін объектілер сериясының сенімділік көрсеткіштерін есептеу және талдау жүргізу. Бұл элементтердің сенімділігінің негізгі көрсеткіштері: өнімнің істен шығу ықтималдығы, өнімнің істен шығу ықтималдығы, істен шығу қарқындылығы және элементтің істен шығу ықтималдығының тығыздығы.

Тақырыбы келесі түрде қойылған. Жалпы саны $N = 1000$ бұйым, сынақтар жүргізу барысында әрбір 100 сағат сайын бұйымдардың істен шығу саны анықталды. № 1 зертханалық жұмысты орындау үшін бастапқы деректер төменде 1.1-кестеде келтірілген.

1.1 кесте – № 1 зертханалық жұмысты орындау үшін бастапқы деректер

Журналдағы тізім бойынша нұсқа	Бұйымдардың жалпы саны	t_i уақыт аралығы үшін істен шыққан бұйымдардың саны, дана									
		0 – 100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	400 – 500	500 – 600	600 – 700	700 – 800	800 – 900	900 – 1000
1	3007	49	99	88	554	594	542	580	86	87	40
2	2379	68	41	37	434	501	282	471	74	77	99
3	2754	75	97	65	554	305	410	407	83	96	82
4	2415	67	56	81	346	405	442	490	57	35	60
5	2785	51	89	98	383	497	575	501	35	92	60
6	2303	63	73	94	263	261	493	484	52	64	87
7	2430	44	62	44	299	482	362	436	49	84	68
8	2337	99	44	75	299	575	411	217	36	46	55
9	2217	66	43	57	395	218	355	510	67	90	58
10	1940	61	66	71	232	376	226	305	72	37	81
11	1913	60	50	100	259	363	438	250	58	58	73
12	2511	72	84	100	377	533	374	520	75	52	44
13	2460	40	94	40	363	426	541	435	86	83	47
14	2306	35	80	37	318	575	387	493	54	35	37
15	1919	37	35	80	340	374	403	215	77	58	96
16	2406	36	45	90	590	339	392	396	90	92	55
17	2654	47	68	77	326	584	470	570	62	74	70
18	2581	83	52	93	431	303	567	345	93	81	89
19	2554	51	48	58	432	218	595	353	99	89	63
20	2626	65	99	73	591	220	550	544	47	60	88

Сенімділік көрсеткіштері әрбір интервал үшін келесі ретпен анықталады:

1.2.1 Бірінші қадам, әр кезеңнің соңында өсу қарқынымен істен шыққан бөлшектердің санын төменгі формула бойынша анықтаймыз:

$$n(t_{i+1}) = n(t) + \Delta n(t) \quad (1.1)$$

1.2.2 Содан кейін әр кезеңнің соңында жұмыс істейтін өнімдердің санын анықтау керек:

$$N(t) = N - n(t), \quad (1.2)$$

мұндағы $n(t)$ – 0-ден t -ге дейінгі кезең үшін қарастырылып отырған кезеңнің соңындағы істен шыққан бұйымдардың саны.

1.2.3 Алынған мәндерді қолдана отырып, әр кезеңнің соңында тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығының статистикалық бағасын табамыз:

$$P^*(t) = 1 - \frac{n(t)}{N} = \frac{N(t)}{N}. \quad (1.3)$$

1.2.4 Ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығын біле отырып, әр кезеңнің соңындағы істен шығу ықтималдығының статистикалық бағасын анықтаймыз:

$$Q^*(t) = \frac{n(t)}{N}. \quad (1.4)$$

1.2.5 Істен шығу ықтималдығының тығыздығын статистикалық бағалау осы формула бойынша есептейміз:

$$f^*(t) = \frac{\Delta n(\Delta t)}{N\Delta t}, \quad (1.5)$$

мұндағы $\Delta n(\Delta t)$ – Δt берілген уақыт интервалындағы істен шыққан бұйымдардың саны.

1.2.6 Істен шығу қарқындылығының мәнін табамыз:

$$\lambda^*(t) = \frac{\Delta n(t)}{(N - n(t))\Delta t}, \quad (1.6)$$

1.3 Орындалған жұмыстың мысалы

Жалпы саны $N=500$ бұйымдарға сынақтар жүргізу барысында әрбір 50 сағат сайын бұйымдардың істен шығу саны анықталды. Сынақ нәтижелері 1.1-кестеде келтірілген. Барлық қалпына келмейтін жүйелерін негізгі сенімділік көрсеткіштерді есептеп, сондай-ақ графикалық тәуелділіктерді сызу керек.

1.3.1 Бастапқы Excel бағдарламасын іске қосамыз және берілген ақпаратқа сәйкес кестені толтыра бастаймыз. Есеп шартына сәйкес қарастырылатын кезеңдердің ұзақтығы $\Delta t= 50$ сағат (1.1 сурет).

Уақыт аралығы Δt , сағат	Берілген интервал үшін істен шығу саны, $\Delta n(t)$
0-50	20
50-100	10
100-150	55
150-200	15
200-250	23
250-300	32
300-350	35
350-400	45
450-500	60
500-550	70
550-600	5
600-650	10
650-700	14
700-750	6
750-800	23
800-850	17
850-900	25
900-950	15
950-1000	20
	500

1.1 сурет – Берілген ақпарат

1.3.2 $t=0$ кезінде барлық өнімдер тиімді болды, сондықтан $P^*(0)=1.0$, $Q^*(0)=0$.

1.3.3 (1.2) формуланы қолдана отырып, бірінші кезеңнің соңындағы жұмыс істейтін элементтердің санын табамыз. Содан кейін, жұмыс істейтін өнімдердің санын біле отырып, формула бойынша әр кезеңнің соңында элементтің жұмыс істемеу ықтималдығын анықтаймыз. Оны табу үшін (1.3) формуланы қолданамыз (1.2 сурет).

Уақыт аралығы Δt , сағат	Берілген интервал үшін істен шығу саны, $\Delta n(t)$	Кезең соңындағы жұмысқа қабілетті бұйымдар саны, $N(t)$	Кезең соңына бұйымдарының істен шығу саны
0-50	20	480	20
50-100	10	470	30
100-150	55	415	85
150-200	15	400	100
200-250	23	377	123
250-300	32	345	155
300-350	35	310	190
350-400	45	265	235
450-500	60	205	295
500-550	70	135	365
550-600	5	130	370
600-650	10	120	380
650-700	14	106	394
700-750	6	100	400
750-800	23	77	423
800-850	17	60	440
850-900	25	35	465
900-950	15	20	480
950-1000	20	0	500

1.2 сурет – Бұйымның ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығын есептеу

1.3.4 Содан кейін (1.1) формуланы пайдалана отырып, бірінші кезеңнің соңындағы істен шыққан бөліктердің санын жинақтаушы түрде анықтаймыз және (1.4) формуланы пайдалана отырып, әрбір кезең соңындағы істен шығудың статистикалық ықтималдығын табамыз (1.3 сурет).

Уақыт аралығы Δt , сағат	Берілген интервал үшін істен шығу саны, $\Delta n(t)$	Кезең соңындағы жұмысқа қабілетті бұйымдар саны, $N(t)$	Токтаусыз жұмыс істеу ықтималдығы, $P^*(t)$	Кезең соңына бұйымдарының істен шығу саны	Істен шығу ықтималдығы, $Q^*(t)$
0-50	20	480	0,96	20	0,0
50-100	10	470	0,94	30	0,0
100-150	55	415	0,83	85	0,1
150-200	15	400	0,8	100	0,
200-250	23	377	0,754	123	0,24
250-300	32	345	0,69	155	0,3
300-350	35	310	0,62	190	0,3
350-400	45	265	0,53	235	0,4
450-500	60	205	0,41	295	0,5
500-550	70	135	0,27	365	0,7
550-600	5	130	0,26	370	0,7
600-650	10	120	0,24	380	0,7
650-700	14	106	0,212	394	0,78
700-750	6	100	0,2	400	0,
750-800	23	77	0,154	423	0,84
800-850	17	60	0,12	440	0,8
850-900	25	35	0,07	465	0,9
900-950	15	20	0,04	480	0,9
950-1000	20	0	0	500	

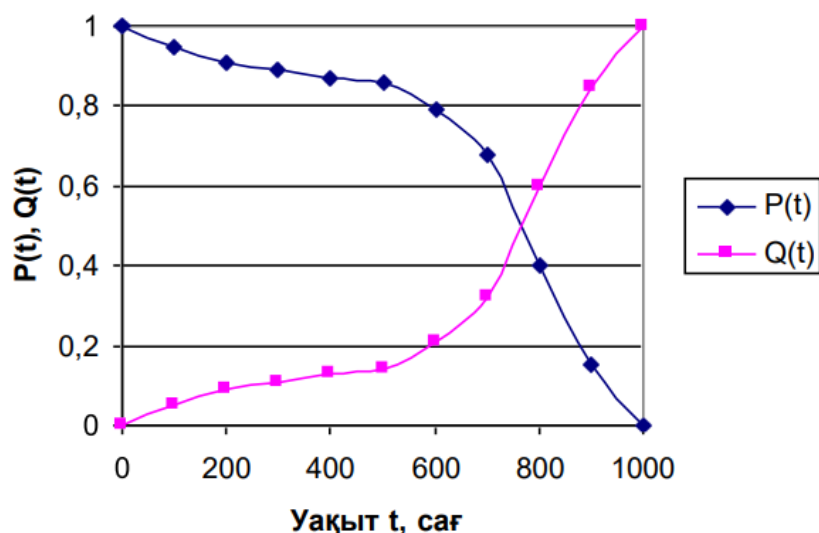
1.3 сурет – Өнімнің істен шығу ықтималдығын есептеу

1.3.5 Ақаулардың статистикалық ықтималдық тығыздығы және істен шығу жылдамдығының мәні сияқты сенімділіктің келесі көрсеткіштерін (1.5) - (1.6) формулалары арқылы табуға болады. Есептеулер нәтижелері кестеде жинақталған (1.4 сурет).

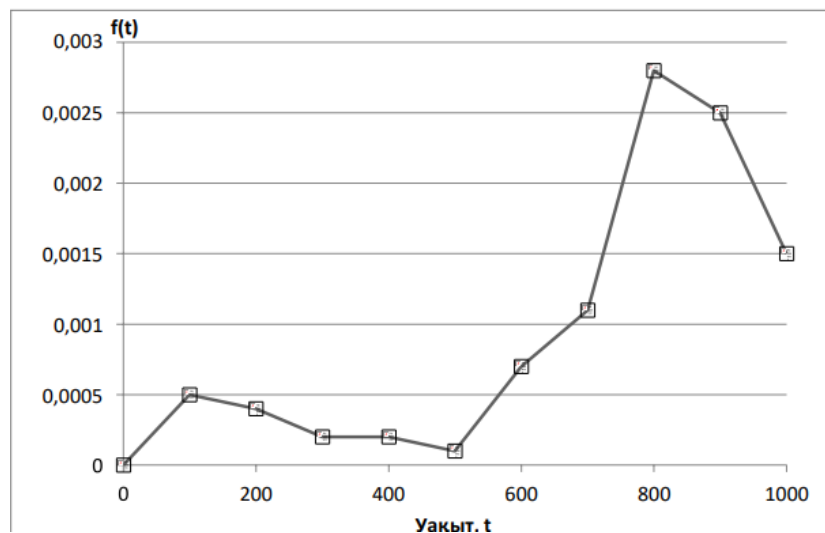
Уақыт аралығы Δt , сағат	Берілген интервал үшін істен шығу саны, $\Delta n(t)$	Кезең соңындағы жұмысқа қабілетті бұйымдар саны, $N(t)$	Токтаусыз жұмыс істеу ықтималдығы, $P^*(t)$	Кезең соңына бұйымдарының істен шығу саны	Істен шығу ықтималдығы, $Q^*(t)$	Істен шығу ықтималдығының тығыздығы $f(t)$	Істен шығу қарқындылығы $\lambda(t)$
0-50	20	480	0,96	20	0,04	0,0008	0,000833
50-100	10	470	0,94	30	0,06	0,0004	0,000426
100-150	55	415	0,83	85	0,17	0,0022	0,002651
150-200	15	400	0,8	100	0,2	0,0006	0,00075
200-250	23	377	0,754	123	0,246	0,00092	0,0012
250-300	32	345	0,69	155	0,31	0,00128	0,00185
300-350	35	310	0,62	190	0,38	0,0014	0,00225
350-400	45	265	0,53	235	0,47	0,0018	0,00339
450-500	60	205	0,41	295	0,59	0,0024	0,00585
500-550	70	135	0,27	365	0,73	0,0028	0,0103
550-600	5	130	0,26	370	0,74	0,0002	0,00076
600-650	10	120	0,24	380	0,76	0,0004	0,00166
650-700	14	106	0,212	394	0,788	0,00056	0,00264
700-750	6	100	0,2	400	0,8	0,00024	0,001
750-800	23	77	0,154	423	0,846	0,00092	0,00597
800-850	17	60	0,12	440	0,88	0,00068	0,00566
850-900	25	35	0,07	465	0,93	0,001	0,01428
900-950	15	20	0,04	480	0,96	0,0006	0,01
950-1000	20	0	0	500	1	0,0008	
500							

1.4 сурет – Қалпына келмейтін жүйелердің көрсеткіштерін есептеу нәтижелері

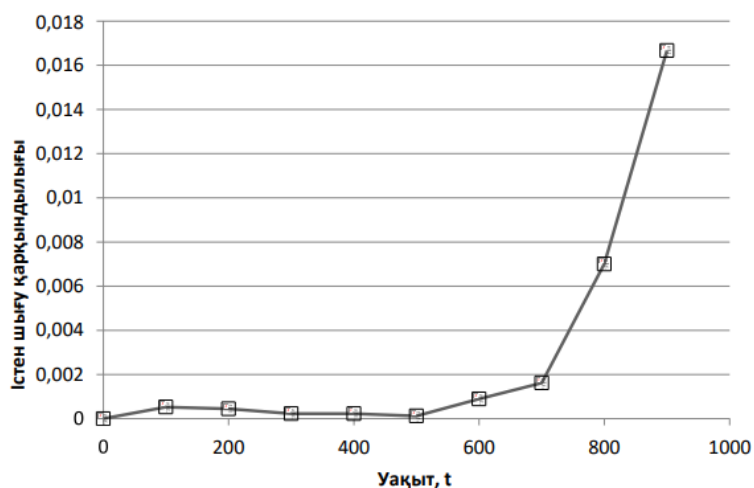
1.3.6 Есептеу деректеріне сәйкес есептелген мәндердің уақыт бойынша тәуелділік графиктерін саламыз (1.5, 1.6, 1.7 суреттер).



1.5 сурет – Токтаусыз жұмыс ықтималдығының және істен шығу ықтималдығының уақытқа тәуелділігінің графигі



1.6 сурет – Уақыт бойынша істен шығулардың үлестіру тығыздығының тәуелділік графигі



1.7 сурет – Уақыттан бас тарту қарқындылығының тәуелділік графигі

1.4 Есеп мазмұны

- жұмыс мақсаты;
- оның нұсқасы үшін тұжырымдалған нақты мазмұны бар мәселенің қойылуы;
- жүйенің сенімділік көрсеткіштерін есептеу нәтижелерін сандық және графиктер арқылы көрсету керек;
- зерттеу нәтижелеріне негізделген қорытындылар.

1.5 Бақылау сұрақтар

- 1) Тоқтаусыз жұмыс ықтималдығы функциясының қасиеттері?
- 2) Істен шығу ықтималдығы функциясының қасиеттері?
- 3) Уақыт бойынша жұмыс атқарылымының таралу тығыздығы қалай анықталады?
- 4) Уақыт бойынша істен шығу қарқындылығының байланыс графигі.
- 5) Уақыт бойынша істен шығу таралуы тығыздығының байланыс графигі.

№2 зертханалық жұмыс. StatGraphics ортасында эксперименттік деректер бойынша қалпына келмейтін және қалпына келтірілетін элементтердің сенімділік көрсеткіштерін анықтау

Мақсаты: қалпына келмейтін және қалпына келтірілетін элементтердің сенімділік көрсеткіштерін анықтау, эксперименттік мәліметтер негізінде көрсеткіштерді есептеу дағдыларын меңгеру, сенімділік есептеулерінде бағдарламалық құралдарды меңгеру және қолдану

2.1 Теориядан қысқаша мәлімет

Қалпына келтірілмейтін элементтердің сенімділік көрсеткіштері бұл: $P(t)$ – t уақыт ішінде элементтің істен шығусыз жұмыс істеу ықтималдығы; T_1 – ақаусыз жұмыс істеудің орташа уақыты (атқарымға дейінгі жұмыс); $f(t)$ – сәтсіздікке дейінгі уақыттың таралу тығыздығы; $\lambda(t)$ – t уақыт сәтіндегі істен шығу интенсивтілігі.

Эксперименттік мәліметтер - элементтердің істен шығу уақыты: $t_1, t_2, \dots, t_b, \dots, t_N$, мұндағы N – сынақтарға қатысатын элементтердің жалпы саны. Бұл жағдайда істен шығудың орташа уақыты t_i уақытының арифметикалық орташа мәні ретінде есептеледі.

Осы көрсеткіштер арасында келесі тәуелділіктер бар:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}, \quad (2.1)$$

$$\omega(t) = -P'(t), \quad P(t) = \int_t^\infty \omega(t) dt, \quad (2.2)$$

$$\lambda(t) = \frac{\omega(t)}{P(t)}, \quad (2.3)$$

$$T_1 = \int_0^\infty P(t) dt. \quad (2.4)$$

Қалпына келтірілетін элементтердің сенімділік көрсеткіштері: $\omega(t)$ – t уақыт кезіндегі істен шығу ағынының параметрі; T_1 – істен шығу арасындағы орташа жұмыс уақыты (істен шығуға істеленген атқарылым); $\lambda(t)$ –

t уақыт кезіндегі істен шығу интенсивтілігі.

Эксперименттік мәліметтер-элементтердің істен шығу уақыты: $t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n$, мұндағы n – істен шыққан элементтер саны. Бұл жағдайда сынақ кезеңі белгілі бір ұзындықтағы уақыт аралықтарына бөлінеді және әр аралықтағы істен шыққан элементтердің саны есептеледі.

Қалпына келмейтін және қалпына келтірілетін элементтердің арасындағы сенімділік көрсеткіштері келесі түрде өрнетіледі:

$$f(t) = \omega(t) + \int_0^t f(\tau)\omega(t-\tau)dt, \quad (2.5)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \frac{1}{T_1}. \quad (2.6)$$

2.2 Жұмысты орындау әдістері

2.2.1 Тапсырма келесідей қойылады. 2 деректер жинағы берілген.

Бастапқы деректердің бірінші жинағы. Сынақ $N=100$ элементте жүргізілді. Элементтердің істен шығу сәттері 2.1-суретте көрсетілген. Барлық элементтер істен шыққанға дейін жұмыс істейді және істен шыққаннан кейін жөнделмейді. Элементтің статистикалық және теориялық сенімділік көрсеткіштерін анықтау қажет $T_1, P(t), \lambda(t), f(t)$.

120	221	151	212	445	575	411	415	152	750
123	130	235	875	147	316	613	745	251	319
120	145	120	309	432	243	649	158	344	789
247	197	623	254	655	723	696	267	997	326
128	130	158	462	346	294	120	30	165	215
232	186	938	146	518	248	177	848	127	198
239	450	216	559	239	560	263	144	139	261
378	289	768	310	413	351	141	292	319	969
56	877	357	265	796	584	243	394	614	146
422	255	360	360	824	114	242	396	166	224

2.1 сурет – Элементтердің істен шығу сәттері, сағат

Бастапқы деректердің екінші жинағы. Сынақ $N = 100$ элементте жүргізілді. $T = 700$ сағат кезеңінде қалпына келтірілген элементтердің істен шығу сәттері белгіленеді (2.2 сурет). Істен шыққан элементтер бірдей сенімділігі бірдей элементтермен ауыстырылады деп болжамдалады. Қатар тұрған істен шығулар арасындағы жұмыс уақытын сипаттайтын элементтің сенімділік көрсеткіштерін анықтау қажет: $T_2, \omega(t), f(t), \lambda(t)$ анықтау қажет.

Элемент тің номері	700 сағат уақыт кезеңіндегі істен шығу моменттері
1	204; 221; 345; 376; 537; 697
2	2; 39; 71; 104; 118; 213; 544; 596; 608; 657
3	138; 314; 387; 467; 471; 556; 699
4	8; 11; 52; 94* 192; 476; 491; 527; 655
5	106; 168; 325; 360; 690
6	192; 207; 217; 362; 426
7	225; 440; 618; 657; 667
8	371; 420; 500
9	85; 371; 568; 579; 611; 625; 663
10	80; 111; 152; 162; 369; 394; 462; 551

2.2 сурет – Элементтердің істен шығу сәттері, сағат


2.2.2 Біріншіден, күрделі стохастикалық (ықтималдық) жүйелерді зерттеу нәтижесінде алынған эксперименттік мәліметтерге статикалық талдау жүргізуге мүмкіндік беретін StatGraphics статистикалық графикалық пакетін іске қосамыз.

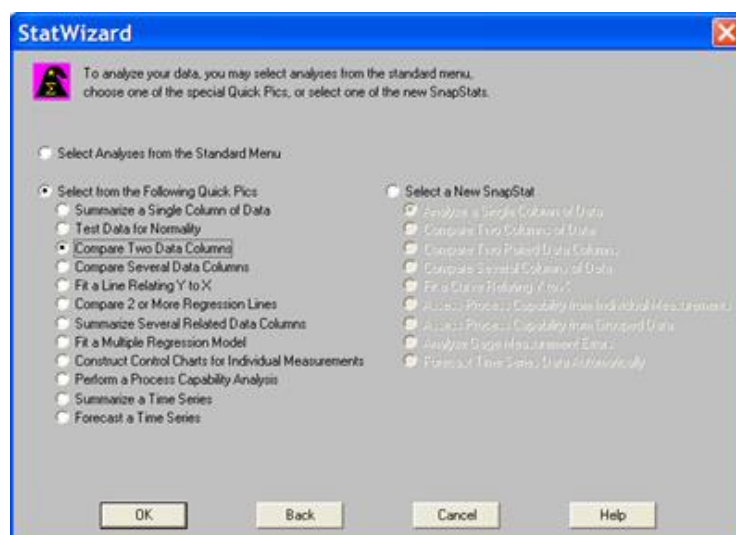
Элементтердің екі түрі үшін сенімділік көрсеткіштерін табудан бастайық. Бір уақытта екі жиынтық үшін деректерді статистикалық өңдеуге бастапқыда дайындау қажет. Осы мақсатта біз «StatGraphics» іске қосамыз, «parabotka 1» және «parabotka 2» атаулары бар екі айнымалы жасаймыз, оларды бір файлда сақтаймыз. 2.1-суретте көрсетілген бастапқы деректердің бірінші жиынын «parabotka 1» айнымалысына орналастырайық. «parabotka 2» айнымалысында жазылған деректер үшін 2.2-суретте көрсетілген әрбір элементтің істен шығу уақытының кейінгі және алдыңғы мәндерінің арасындағы айырмашылықты есептейміз.

Нәтижесінде StatGraphics бағдарламалық құралының терезесі келесі суретінде көрсетілді (2.3 сурет).

	narabotka1	narabotka2
1	120	204
2	221	17
3	151	124
4	212	31
5	445	161
6	575	160
7	411	2
8	415	37
9	152	32
10	750	33
11	123	14
12	130	95
13	235	331
14	875	52
15	147	12
16	316	49
17	613	138
18	745	176
19	251	73
20	319	80
21	120	4
22	145	85

2.3 сурет – Дайын деректер

2.2.3 Әрі қарай, «narabotka 1» және «narabotka 2» айнымалыларындағы әрбір деректер жиыны үшін статистикалық көрсеткіштерді анықтайық. Ол үшін құралдар тақтасындағы  «StatWizard» түймесін басып, келесі терезеге назар аударамыз (2.4 сурет).



2.4 сурет – «StatWizard» терезесі


2 жиынды салыстыру үшін «narabotka 1» - «Sample 1» және «narabotka 2» «Sample 2» болатын «Compare 2 data columns» (2 деректер бағандарын салыстыру) опциясын таңдау керек. Бұл қажетті сипаттамаларды есептеп, оларды төменде ұсынылған келесі пішінде экранда көрсетеді (2.5 сурет).

	narabotka1	narabotka2
Count	100	65
Average	361,61	95,4615
Variance	56297,7	8290,63
Standard deviation	237,271	91,0529
Minimum	30,0	2,0
Maximum	997,0	371,0
Range	967,0	369,0
Std. skewness	4,23103	4,14834
Std. kurtosis	0,214563	1,61519

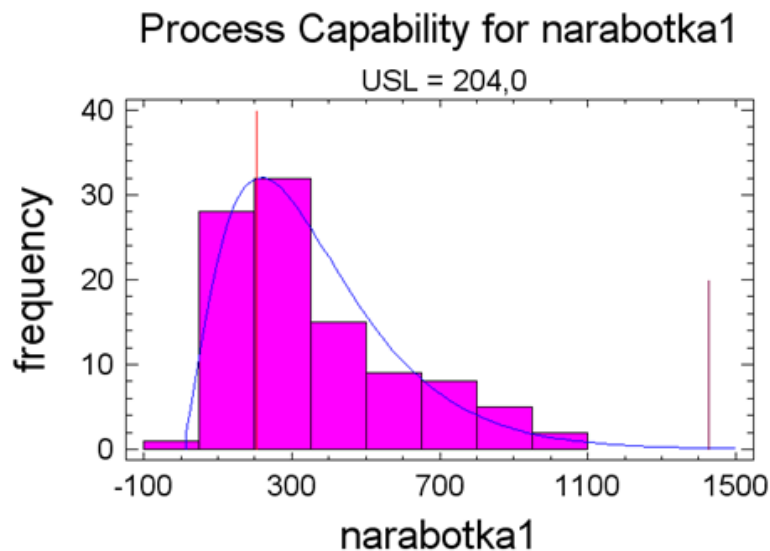
2.5 сурет – 2 жиынтықты салыстыру нәтижесі

Бұдан шығатыны, бастапқы нәтижелердің бірінші жиынтығы үшін бірінші істен шыққанға дейінгі орташа атқарылым шамамен $T_1=362$ сағатқа тең, ал екінші жиынтық үшін істен шығудың орташа атқарылым уақыты $T_2 = 95$ сағатқа тең. Бірінші жағдайда элементтің жұмыс уақытын істен шығулар арасында бөлу экспоненциалды уақыттан айқын ерекшеленеді, өйткені $s_1= 237$ стандартты ауытқуы сәтсіздіктің орташа жұмысынан айтарлықтай ерекшеленеді. Екінші жағдайда, стандартты ауытқу $s_2=91$ істен шыққанға дейін орташа атқарылым істеуге жеткілікті жақын, бұл үлестірімнің экспоненциалдыға жақын екенін көрсетеді.

Сондай-ақ, бірінші нәтижелер жиынтығы үшін кездейсоқ атқарымның істен шыққанға дейінгі барлық іске асырулары [30; 997] аралықта болатынын және іріктеменің ауқымы 967 сағатқа тең екенін көреміз. Екінші нәтижелер жиынтығы үшін барлық іріктемелі мәндер ұзындығы 369 сағатқа тең және [2; 371] интервалында болады.

2.2.4 Әрі қарай, қалпына келмейтін элементтің сенімділік көрсеткіштерін анықтау үшін «Capability Analysis»  түймені басыңыз.

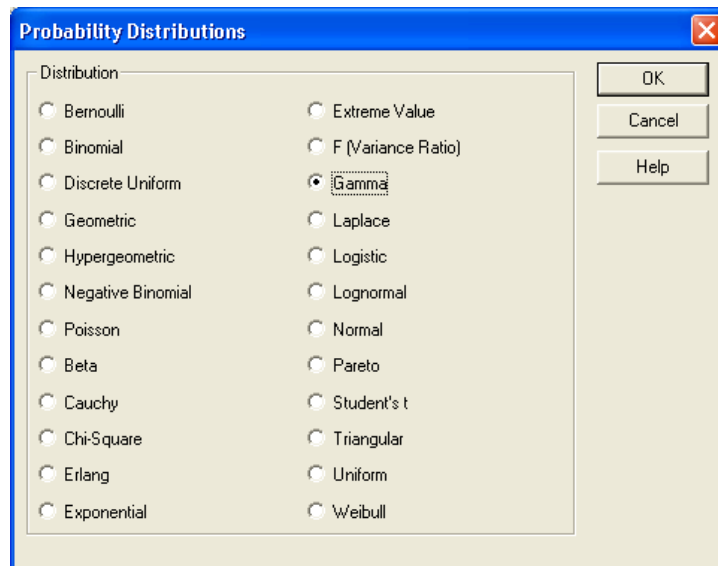
«Data» деген жерге «narabotka 1» айнымалысымен, «USL» - «narabotka 2» бойынша мәліметтерді толтырыңыз. «Analysis Options» мәзірінде «Гамманың таралуы» тармағын таңдаңыз, біз жиіліктердің гистограммасын және оны теңестіретін Гамманың таралу тығыздығы функциясын аламыз 2.6-суретке сәйкес.



2.6 сурет – Жиіліктердің гистограммасына таралу тығыздығын таңдау

Гамма-үлестіру үшін маңыздылық деңгейі 0,728906 құрайды. Бұл мән талап етілетін 0,05-тен үлкен болғандықтан, Гамма-үлестіру эксперименттік мәліметтерге сәйкес келеді.

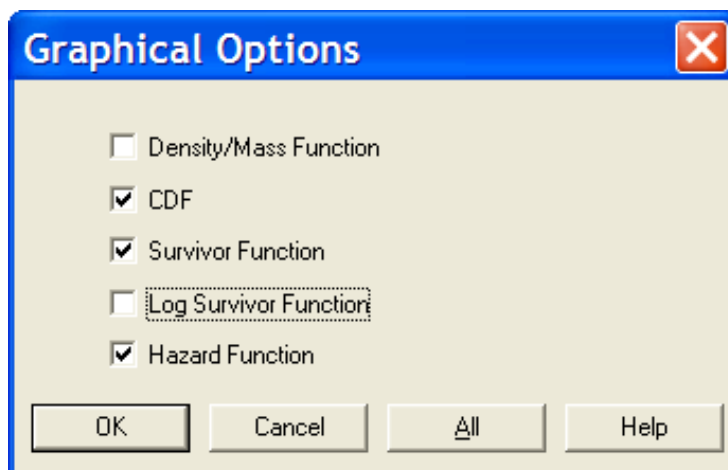
2.2.5 Содан кейін «Describe\Distributions\Probability Distributions» қойындысына өтіп, бұрын есептелген параметрлерге сәйкес қажетті сенімділік көрсеткіштерінің графиктерін құру керек. Мысал ретінде «narabotka 1» айнымалысы үшін гамма-таралуды таңдаймыз (2.7 сурет).



2.7 сурет – Сәтсіздіктер арасындағы уақытты бөлу заңын таңдау

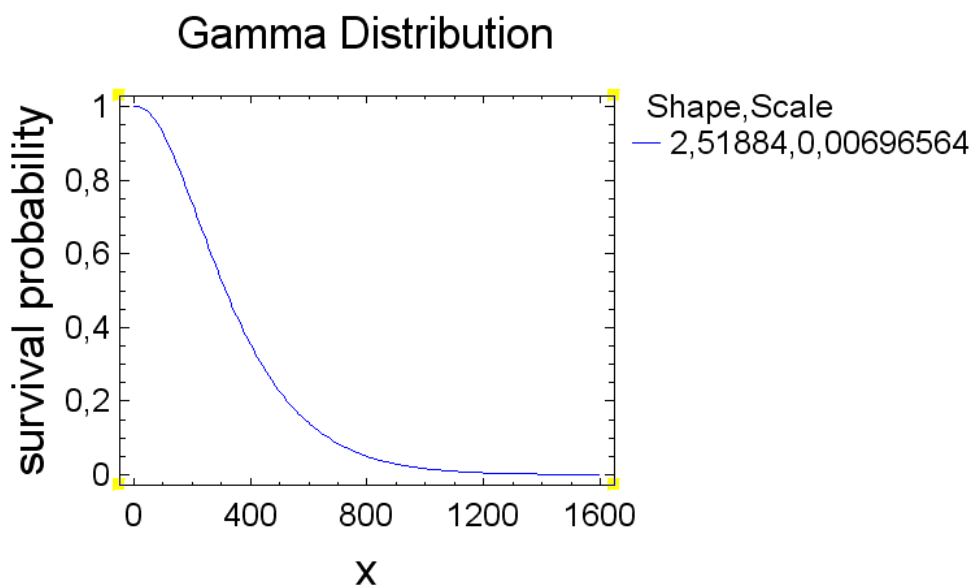
Содан кейін жүйе сенімділігінің қажетті көрсеткіштерінің графиктерін құру үшін «Probability Distributions» терезесінде «Graphical Options» көмекші мәзірін ашып, қажетті пункттерді белгілеңіз (2.8 сурет), мұндағы «Density function» таралу тығыздығы $f(t)$; «Survivor function» - ақаусыз жұмыс істеу

ықтималдығы $P(t)$; «Log survivor function» - ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығының логарифмі; «Hazard function» – істен шығу интенсивтілігі $\lambda(t)$.

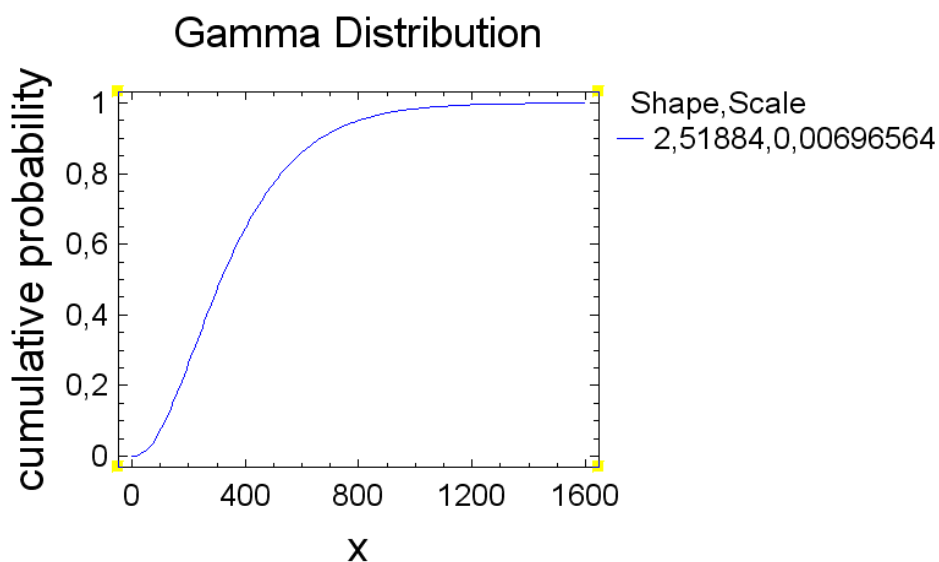


2.8 сурет – Қажетті сенімділік көрсеткіштерін таңдау

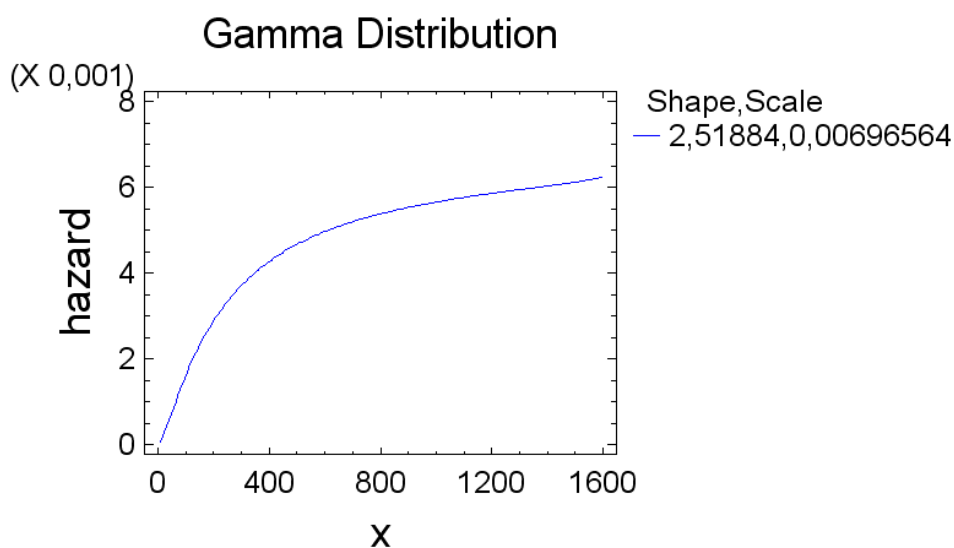
Бір немесе басқа элементті таңдау нәтижесінде 2.9, 2.11 - суреттерде көрсетілген графиктерді аламыз.



2.9 сурет – Ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы $P(t)$



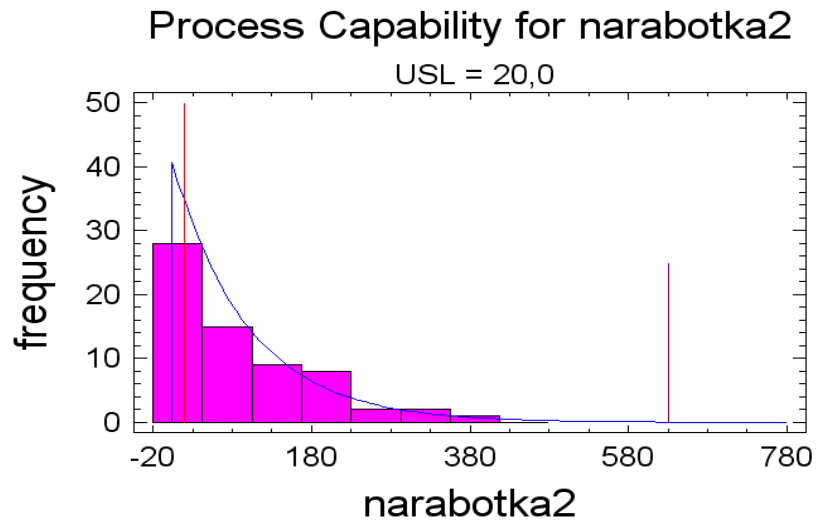
2.10 с урет– Элементтің істен шығу ықтималдығы $Q(t)$



2.11 сурет – Істен шығу интенсивтілігі $\lambda(t)$

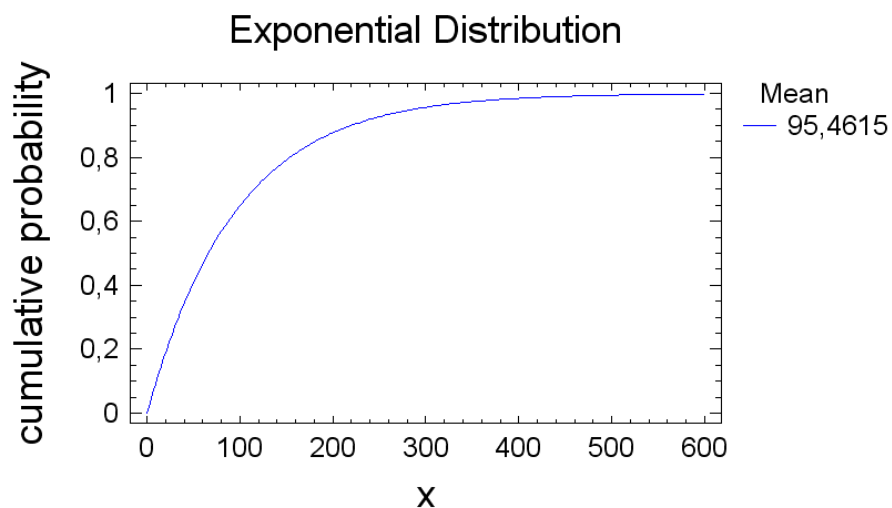
2.2.6 Келесі қадам қалпына келтірілетін элемент үшін деректерді талдау болып табылады. Ол үшін «Probability Distributions» терезесінде «Graphical Options» көмекші мәзірін ашып, 5 түрлі үлестіруді санап, маңыздылық деңгейі бойынша ең қолайлысын таңдаңыз. Мысал ретінде экспоненциалды үлестірімді қарастырайық.

«parabotka 2» айнымалысының гистограммасы және сәйкес экспоненциалды таралу қисығы 2.12-суретте көрсетілген. Экспоненциалды таралу үшін маңыздылық деңгейі 0,28, бұл берілген мәнділік деңгейінен 0,05 жоғары. Демек, экспоненциалды таралу эксперименттік мәліметтерге қайшы келмейді.

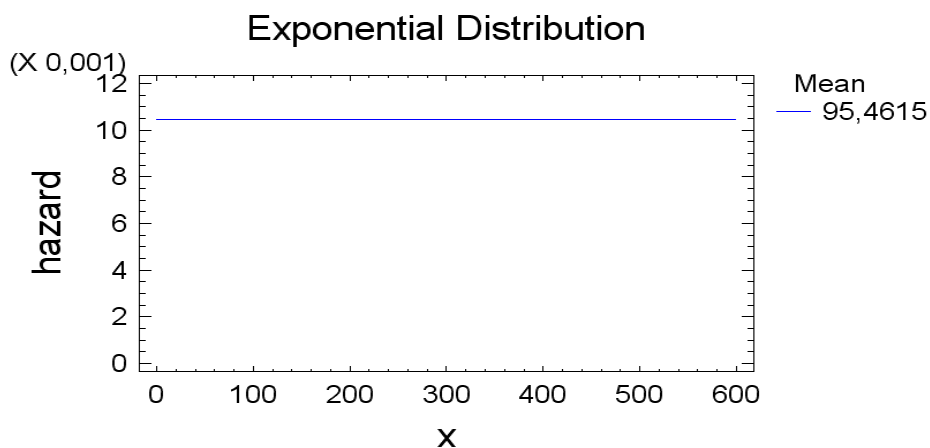


2.12 сурет – Жіліктердің гистограммасына таралу тығыздығын таңдау

2.2.7 Көрсетілген параметрлерге сәйкес «Describe\Distributions\Probability Distributions» қойындысына өтіп, қажетті сенімділік көрсеткіштерінің графиктерін құру қажет. 2.13 және 2.14-суреттерде сәйкесінше бөлу функцияларының және істен шығу жылдамдығының графиктері көрсетілген. Үзілістер арасындағы орташа уақыт $T_2 = 95,5$ сағат.



2.13 сурет – Элементтің жұмыс уақытын ақаулар арасында бөлу функциясы



2.14 сурет – Істен шығу қарқындылығы $\lambda(t)$

2.2.8 Жөндеуге келмейтін бұйымдардың алынған статистикалық мәліметтерін өңдеу үшін ең алдымен келесі формула бойынша уақыттың өзгеру диапазонын (вариация ауқымы) анықтаудан бастау керек:

$$h = t_{\max} - t_{\min} = 997 - 30 = 967 \quad (2.7)$$

2.2.9 Әрі қарай төменгі формула бойынша вариация диапазонын k интервалына бөлеміз:

$$k < 1 + 3.3 \lg N, \quad (2.8)$$

мұндағы N – үлгі элементтерінің саны.

Демек, (2.8) формуласы бойынша $5 < k < 20, k = 1 + 3.3 \lg 100 = 7$ интервал болады.

2.2.10 Келесі формуласын пайдаланып, бір интервалдың ұзындығын анықтау керек, содан кейін интервалдардың әрқайсысына жататын үлгідегі ақаулардың санын есептеу керек. Егер бір аралықтағы сәтсіздіктер саны 5-тен аз болса, онда аралықтарды біріктіру қажет.

$$\Delta t = \frac{h}{k} \quad (2.9)$$

Осы формуланы қолданып, іріктеу интервалының ұзақтығы «narabotka1» 138,14 сағатты құрайды.

Әрбір интервалға түскен үлгі ақауларының саны:

$$\begin{aligned}
[30;168) : n_1 &= 24; \\
[168;306) : n_2 &= 29; \\
[306;444) : n_3 &= 20; \\
[444;582) : n_4 &= 7; \\
[582;720) : n_5 &= 7; \\
[720;858] : n_6 &= 8; \\
(858;997] : n_7 &= 5;
\end{aligned}$$

2.2.11 Ақаулар арасындағы уақыттың таралу тығыздығын табу үшін (сәтсіздік жылдамдығы параметрі, істен шығу жылдамдығы) келесі формуланы қолданамыз:

$$\omega_i = \frac{n_i}{N \cdot \Delta t} \quad (2.10)$$

Біздің жағдайда сәтсіздікке дейінгі уақыттың таралу тығыздығы:

$$\begin{aligned}
\omega_1(t) &= 0.001737 ; \\
\omega_2(t) &= 0.002099 ; \\
\omega_3(t) &= 0.001448 ; \\
\omega_4(t) &= 0.000507 ; \\
\omega_5(t) &= 0.000507 ; \\
\omega_6(t) &= 0.005791 ; \\
\omega_7(t) &= 0.000362 .
\end{aligned}$$

2.2.12 Істен шығу қарқындылығын табу үшін төменгі формуланы қолданамыз:

$$\lambda_i = \frac{n_i}{(N - n_i) \cdot \Delta t} \quad (2.11)$$

Біздің жағдайда істен шығу қарқындылығы $\lambda(t)$:

$$\begin{aligned}
\lambda_2^*(t) &= \frac{29}{(100 - 24) \cdot 138,14} = 0,0027622 ; \\
\lambda_3^*(t) &= \frac{20}{(100 - 29) \cdot 138,14} = 0,0020391 ; \\
\lambda_4^*(t) &= \frac{7}{(100 - 20) \cdot 138,14} = 0,0006334 ; \\
\lambda_5^*(t) &= \frac{7}{(100 - 7) \cdot 138,14} = 0,0005449 ; \\
\lambda_6^*(t) &= \frac{8}{(100 - 7) \cdot 138,14} = 0,0006227 ; \\
\lambda_7^*(t) &= \frac{5}{(100 - 8) \cdot 138,14} = 0,0003934 .
\end{aligned}$$

Қалпына келтірілетін элемент үшін деректерді өңдеуді дәл осылай орындаңыз. Содан кейін нұсқаңызға сәйкес әртүрлі элементтердің сенімділік көрсеткіштерін есептеңіз (1-қосымшаны қараңыз).

2.3 Есеп мазмұны

- жұмыс мақсаты;
- оның нұсқасы үшін тұжырымдалған нақты мазмұны бар мәселенің қойылуы;
- StatGraphics бағдарламасындағы тапсырмаларды орындау. Қажетті статистикалық көрсеткіштерді, сандық мәндерді және осы көрсеткіштердің мағынасын есептеуге арналған формулаларды келтіріңіз, деректерді топтастыру нәтижелерін жиілікті бөлу кестесі түрінде беріңіз.
- зерттеу нәтижелеріне негізделген қорытындылар.

2.4 Бақылау сұрақтар

- 1) Сенімділік теориясының элементі қандай?
- 2) Жүйе элементтері қандай түрлерге бөлінеді және олардың айырмашылығы неде? Сенімділіктің қандай параметрлері оларды және олардың формулаларын сипаттайды?
- 3) StatGraphics-тің негізгі қызметі қандай?
- 4) Қалпына келтірілетін жүйелердің ерекшеліктері қандай?
- 5) Қалпына келтірілетін жүйелер үшін сенімділіктің негізгі көрсеткіштері?
- 6) Күрделі жүйелердің қандай көрсеткіші негізгі болып табылады?

№3 зертханалық жұмыс. Кездейсоқ шаманың таралу заңдарын орнату принциптері

Мақсаты: статистикалық мәліметтер бойынша сенімділік көрсеткіштерінің таралу заңын анықтауда практикалық дағдыларды алу

3.1 Теориядан қысқаша мәлімет

Тарату заңы – кездейсоқ шаманың мүмкін мәндерін және олардың сәйкес ықтималдықтарын байланыстыратын қатынас. Сенімділік теориясында кездейсоқ шаманың таралу заңын орнату, көбінесе істен шығудың орташа уақытын пайдалана отырып, жүйе сенімділігінің негізгі параметрлерін есептеуде үлкен маңызға ие. Осылайша, бірдей бастапқы деректерді пайдалана отырып, $P(t)$ ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығын анықтау, бірақ таралу заңдары әртүрлі, айтарлықтай әртүрлі нәтижелерге әкелуі мүмкін.

Тәжірибелік деректер негізінде осы немесе басқа таралу заңдылығын орнатуға болады, ол қамтамасыз ету қиынға соғатын бірдей жағдайларда көптеген тәжірибелерді қамтиды. Дұрыс шешім - осы немесе басқа таралу

пайда болатын физикалық жағдайларды зерттеу. Ол үшін сәтсіздіктердің пайда болу үлгілерін және оларға сәйкес таралу заңдарын құрастыру қажет. Көбінесе тәжірибеде кездейсоқ үзіліссіз шаманың таралу заңдылықтары бар: қалыпты таралу заңы (Гаусс заңы немесе шектеу заңы), Вейбулл үлестірімі, Гамма таралу және экспоненциалды таралу. Олардың әрқайсысының өзіндік ерекшеліктері мен қолданылуы бар.

3.2 Жұмысты орындау әдістері

Бұл зертханалық жұмыс барысында қалпына келмейтін объектілердің сенімділік көрсеткіштерін есептеу және кездейсоқ шаманың таралу заңын орнату қажет. Кіріс статистикалық ақпарат 3.1-кестеде берілген.

3.1 кесте – №3 зертханалық жұмыстың берілген мәліметтері

Нысанның №	Бақылау уақыты	Істен шығу уақыты, сағат	Ақаулар саны
1	1150	155, 291, 340, 396, 900, 1145	6
2	1990	90, 180, 460, 853, 1761, 1987	6
3	3020	420, 930, 1213, 1916, 2005, 2774, 3015	7
4	3600	300, 830, 1430, 1933, 2247, 2968, 3220, 3561	8
5	2250	301, 610, 1700, 1900, 2100, 2250	6
6	3000	68, 415, 888, 1231, 1717, 1917, 2090, 2967	8
7	2898	87, 211, 715, 1600, 1903, 2115, 2344, 2898	8
8	2050	60, 280, 395, 470, 850, 1050, 2000	7
9	1350	50, 158, 484, 945, 1120, 1300	6
10	2550	81, 240, 793, 1145, 1781, 1973, 2005, 2500	8

3.2.1 Ең алдымен қарапайым статистикалық қатарды алу үшін барлық объектілердің істен шығу уақытын анықтаймыз. Бұны істеу үшін әрбір келесі сәтсіздіктің пайда болу уақытынан алдыңғысын алып тастаңыз. Алынған мәліметтерді өсу ретімен орналастырыңыз. Алынған қарапайым статистикалық қатардан максималды және ең кіші мәнді табамыз (кесте 3.2).

3.2 кесте – Істен шығу уақытын анықтау

Бұйымның №	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8
1	155	136	49	56	504	245		
2	90	90	280	393	908	226		
3	420	510	283	703	89	769	241	
4	300	530	600	503	314	721	252	341

3.2 кестенің жалғасы

5	301	309	1090	200	200	150		
6	68	347	473	343	486	200	173	877
7	87	124	504	885	303	212	229	554
8	60	220	115	75	380	200	950	
9	50	108	326	461	175	180		
10	81	159	553	352	636	192	32	495

Демек, $t_{min} = 32$ сағат, $t_{max} = 1090$ сағат, сондықтан енді (2.7) формуласы арқылы статикалық қатардың мәндер ауқымын немесе амплитудасын анықтауға болады. Онда $h = 1090 - 32 = 1058$ сағат.

3.2.2 Содан кейін эмпирикалық жиіліктер есептеліп, гистограмма құрастырылады. Есептеулерді қиындатпау үшін аралықтардың саны көп болмауы керек (аралықтар саны артқан сайын теңдеулер саны артады), аз болмауы керек, өйткені онда $\chi^2_{есен}$ критерий тиімді болмайды.

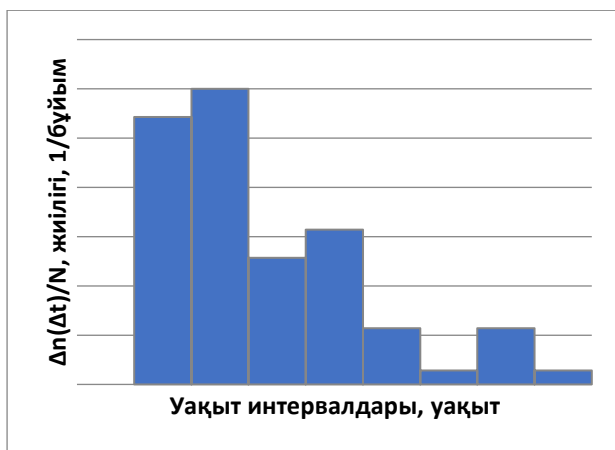
Мәліметтер саны 100. (2.8) формула бойынша k аралықтардың немесе интервал санын анықтаймыз. Демек, $k = 8$ интервал болады.

(2.9) формулаға сәйкес бір интервалдың ұзындығын анықтау керек, содан кейін интервалдардың әрқайсысына түсетін сәтсіздіктер санын есептеу керек. Егер бір аралықтағы сәтсіздіктер саны 5-тен аз болса, онда аралықтарды біріктіру қажет. Бұл формуланы қолданатын болсақ, интервалдың ұзақтығы шамамен 140 сағатты құрайды.

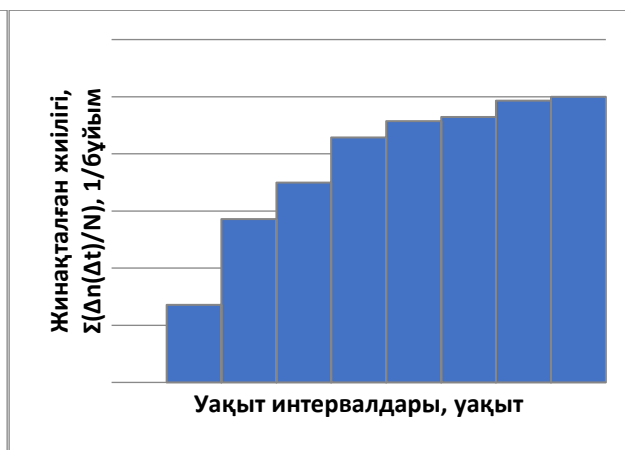
Барлық интервалдар үшін жиілікті және жинақталған жиілікті есептейміз (3.3 кесте). Жиіліктің және жинақталған жиіліктің алынған мәндеріне сәйкес гистограммаларды құрастырамыз (3.1, 3.2 сурет). Жиілік пен жинақталған жиіліктің алынған мәндеріне сәйкес гистограмма пішіндерін талдағаннан кейін сәтсіздіктер арасындағы уақыт Вейбулл заңына бағынады деген гипотеза ұсынылады..

3.3 кесте – Жиілік пен жинақталған жиілікті есептеу

Интервалдың №	Интервалдың басы, сағат	Интервалдың аяғы, сағат	Берілген интервалда ақаулар болған өнімдердің саны, $\Delta n_i(\Delta t_i)$	Жиілігі, $\Delta n(\Delta t)/N$	Жинақталған жиілігі, $\Sigma(\Delta n(\Delta t)/N)$
1	30	170	19	0,27	0,27
2	170	310	21	0,30	0,57
3	310	450	9	0,13	0,70
4	450	590	11	0,16	0,86
5	590	730	4	0,06	0,91
6	730	870	1	0,01	0,93
7	870	1010	4	0,06	0,99
8	1010	1150	1	0,01	1,00
			$\Sigma=70$	$\Sigma=1,00$	



3.1 сурет – Жиілік гистограммасы



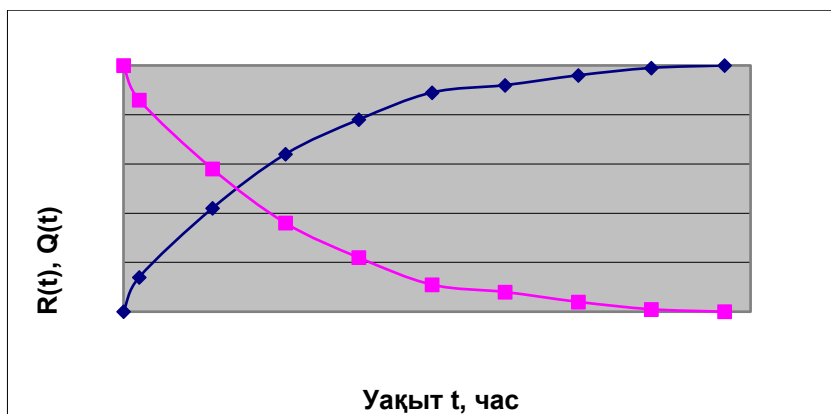
3.2 сурет – Жинақталған жиіліктің гистограммасы

3.2.3 Топтастырылған деректер негізінде сенімділіктің негізгі параметрлерін есептейміз. Сенімділік көрсеткіштерін статистикалық мәліметтер бойынша №2 зертханалық жұмыста есеп жүргізілген әдіс бойынша есептейміз. Мәліметтерді кестеге енгіземіз (3.4 кесте).

3.4 кесте – Тәжірибелік мәліметтер бойынша сенімділік көрсеткіштерін есептеу

Интервалдың басы, сағат	Интервалдың аяғы, сағат	Интервалдың ортасы, сағат	Берілген интервалда ақаулар болған өнімдердің саны	Берілген интервалдың ортасында ақаулар болған өнімдердің саны	Интервалдың ортасындағы жұмысқа жарамды өнімдердің саны	$R(t)$	$Q(t)$	$f(t)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	170	100	19	9,5	60,5	0,86	0,14	0,00097
170	310	240	21	29,5	40,5	0,58	0,42	0,00301
310	450	380	9	44,5	25,5	0,36	0,64	0,00454
450	590	520	11	54,5	15,5	0,22	0,78	0,00556
590	730	660	4	62	8	0,11	0,89	0,00633
730	870	800	1	64,5	5,5	0,08	0,92	0,00658
870	1010	940	4	67	3	0,04	0,96	0,00684
1010	1150	1080	1	69,5	0,5	0,01	0,99	0,00709

3.2.4 Тәжірибе деректері бойынша ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығының $R(t)$ және істен шығу ықтималдығының $Q(t)$ тәуелділігінің графигін тұрғызамыз (3.3 сурет).



3.3 сурет – Ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығының және уақытқа байланысты істен шығу ықтималдығының графигі

3.2.5 Тоқтатуға дейінгі уақыттың сандық сипаттамаларын есептейік. Тоқтауға дейінгі орташа уақыт мына формуламен анықталады:

$$\bar{t} = \frac{\sum n_i \cdot t_{i\text{сеп}}}{N} \quad (3.1)$$

мұндағы n_i – берілген интервалда ақаулар болған өнімдердің саны;

$t_{i\text{опт}}$ – интервалдың ортасы, сағат.

Содан кейін нәтижелерді келесі кесте ретінде ұсынғаны дұрыс:

3.5 кесте – Тоқтатуға дейінгі орташа уақыттың аралық есептеулері

Интервалдың ортасы, сағат	Интервалда ақаулар болған өнімдердің саны	$t_{i\text{опт}} \cdot n_i$	$t_{i\text{опт}}^2 \cdot n_i$
100	19	1900	190000
240	21	5040	1209600
380	9	3420	1299600
520	11	5720	2974400
660	4	2640	1742400
800	1	800	640000
940	4	3760	3534400
1080	1	1080	1166400
		$\Sigma=24360$	$\Sigma=12756800$

Сондықтан, сәтсіздіктер арасындағы орташа уақытты біле отырып, біз төмендегі формулаларды пайдаланып дисперсияны, стандартты ауытқуды және форма коэффициентің табамыз (3.2, 3.3,3.4).

$$D = \frac{\sum n_i \cdot t_{icер}^2}{N} - \bar{t}^2 \quad (3.2)$$

$$\sigma = \sqrt{D} \quad (3.3)$$

$$v = \frac{\sigma}{\bar{t}} \quad (3.4)$$

Сандық мәндер ауыстырылғаннан кейін келесі мәндер алынады: $D=61136$, $\sigma=247$, $v=0,71$. Бұл жағдайда сәтсіздікке дейінгі орташа уақыттың таралу заңына сәйкес гипотезаны ұсынуға болады. Егер $v > 0,5$ болса, онда бұл кездейсоқ шама Вейбулл заңына бағынады. Бұл жағдайда $0,71 > 0,5$, сондықтан Вейбуллдың таралу заңын таңдаймыз.

Вейбулл таралу заңының сипаттамаларын анықтаймыз: пішін және масштаб коэффициенттерін анықтау үшін 3.4-суреттегі номограмманы қолданайық.



3.4 сурет – Вейбулл заңының параметрін анықтауға арналған номограмма

3.4-сурет бойынша $v=0,71$ -ге тең болғандықтан $\alpha=1,47$ болады. λ параметрін есептейік:

$$\lambda = \frac{1}{t^\alpha} \quad (3.5)$$

$\lambda = 0,0001836$ 1/сағат.

3.3.6 Гипотезаны растау үшін есептеу жүргізейік. Гипотезаны растау үшін теориялық қисық сызығының эксперименталды бақыланатын гистограммадан ауытқуын сипаттайтын Пирсонның χ^2 критерийін ((3.6) формуласы бойынша) қолданамыз. Есептеуді 8 аралықта жүргіземіз және нәтижелерді кесте түрінде береміз (3.6 кесте).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n_{imeop})^2}{n_{imeop}}, \quad (3.6)$$

$$n_{imeop} = P_{im} \cdot N, \quad (3.7)$$

$$P_{im} = e^{-\lambda t_i^\alpha} - e^{-\lambda t_{i+1}^\alpha}, \quad (3.8)$$

мұндағы P_{im} – t_i -ден t_{i+1} -ге дейінгі аралықта соғу ықтималдығы.

3.6 кесте – χ^2 Пирсон критерийін есептеу

Интервалдың басы, сағат	Интервалдың аяғы, сағат	Интервалдың ортасы, сағат	Берілген интервалда ақаулар болған өнімдердің саны	P_{it}	n_{it}	$n_i - n_{it}$	$(n_i - n_{it})^2$	$(n_i - n_{it})^2 / n_{it}$	
30	170	100	19	0,294	20,61	-1,61	2,61	0,13	
170	310	240	21	0,275	19,28	1,72	2,97	0,15	
310	450	380	9	0,198	13,84	-4,84	23,41	1,69	
450	590	520	11	0,119	8,30	2,70	7,29	0,88	
590	730	660	4	0,063	4,38	-0,38	0,15	0,03	
730	870	800	1	0,030	2,09	-1,09	1,19	0,57	
870	1010	940	4	0,013	0,91	3,09	9,53	10,43	
1010	1150	1080	1	0,005	0,37	0,63	0,40	1,07	
				$\Sigma =$ 0,997					$\Sigma = \chi^2 =$ 14,95

Алынған есептелген χ^2 4,9-ға тең. Есептелген χ^2 -ні α маңыздылық деңгейі және $r = k - 1 = 8 - 1 = 7$ дәреже саны үшін теориялық χ^2 -мен салыстырайық, мұндағы k – интервалдар саны. Бұл жағдайда $\chi_{теор}^2(7,001) = 16,622$.

$14,95 < 16,622$ бастап, яғни. $\chi_{есеп}^2 < \chi_{теор}^2$ болса, онда сәтсіздікке жету уақыты осындай параметрлермен Вейбулл заңына сәйкес келеді деген гипотеза жоққа шығарылмайды.

3.4 Есеп мазмұны

- жұмыс мақсаты;
- оның нұсқасы үшін тұжырымдалған нақты мазмұны бар мәселенің қойылуы;
- Excel бағдарламасындағы тапсырмаларды орындаңыз. Қажетті статистикалық көрсеткіштерді есептеу формулаларын келтіріңіз, гистограммалар беріңіз, теориялық таралу туралы гипотезаны негізденіңіз, сенімділік көрсеткіштерін есептеңіз, графиктер құрыңыз.
- зерттеу нәтижелеріне негізделген қорытындылар.

3.5 Бақылау сұрақтар

- 1) Кездейсоқ шама дегеніміз не?
- 2) Қандай оқиғалар кездейсоқ болады? Сенімділік теориясындағы дискретті және үздіксіз кездейсоқ оқиғаларға мысалдар келтіріңіз.
- 3) Кездейсоқ шаманың таралу заңы қандай? Бөлу заңдарының қандай түрлері көбірек кездеседі?
- 4) Кездейсоқ шаманың таралу тығыздығы, математикалық күтуі, дисперсиясы, стандартты ауытқуы, вариация коэффициенті, квантильді, медиана, мода дегеніміз не?
- 5) Статистикалық қатар дегеніміз не және оны өңдеу тәртібі қандай? Сәйкестік критерийі не үшін қолданылады?

№4 зертханалық жұмыс. Жүйелердің құрылымдық сенімділігін зерттеу

Мақсаты: резерві жоқ қалпына келтірілетін жүйенің қасиеттерін қарастыру, «Арена» жүйесінің көмегімен элементтері тізбектей және параллель қосылған жүйелердің сенімділік көрсеткіштерін есептеу

4.1 Теориядан қысқаша мәлімет

Элементтері жүйенің бір элементінің істен шығуы бүкіл жүйенің істен шығуына әкелетіндей етіп қосылған жүйені тізбекті (негізгі) байланысы бар жүйе деп атайды.

Сондықтан тізбекті қосылымы бар жүйеде кейбір жұмыс уақытында t ақаусыз жұмыс істеу үшін оның әрбір n элементінің осы жұмыс уақытында ақаусыз жұмыс істеуі қажет және жеткілікті. Бұл n элементтің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы ықтималдықты көбейту теоремасы арқылы анықталатынын білдіреді: тәуелсіз оқиғалардың бірігіп пайда болу ықтималдығы осы оқиғалардың ықтималдықтарының көбейтіндісіне тең:

$$P(t) = p_1(t) \cdot p_2(t) \cdot \dots \cdot p_n(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t) = \prod_{i=1}^n (1 - q_i(t)) \quad (4.1)$$

Сәйкесінше, мұндай техникалық жүйенің істен шығу ықтималдығы:

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - \prod_{i=1}^n p_i(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - q_i(t)) \quad (4.2)$$

Жоғары берілген формулаларды талдағаннан кейін сенімділігі жоғары тізбекті жалғанатын элементтер санының ұлғаюымен бүкіл жүйенің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы кері пропорционалды төмендейтінін атап өтуге болады. Сонымен қатар, мұндай техникалық жүйенің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы оның ең сенімсіз элементтерінің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығынан жоғары болуы мүмкін емес.

t жұмыс уақытында оның барлық құрамдас элементтері істен шыққанда ғана істен шығатын жүйе параллель түрінде элементтері қосылған жүйесі деп аталады. Элементтердің мұндай байланысы қайталану/артықшылық орын алатын осындай техникалық жүйелерде қолданылады. Мұндай жүйенің ықтималдығын ықтималдықтарды көбейту теоремасы арқылы элементтің істен шығу ықтималдығының туындысы ретінде табуға болады. Техникалық жүйенің істен шығу ықтималдығы

$$Q(t) = q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_n = \prod_{i=1}^n q_i(t) = \prod_{i=1}^n (1 - p_i(t)) \quad (4.3)$$

Ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығын анықтайық:

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - \prod_{i=1}^n q_i(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i(t)) \quad (4.4)$$

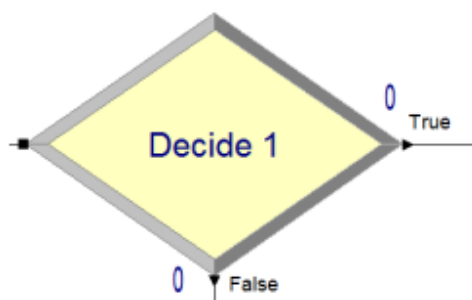
Жоғары формулаларға сәйкес параллель қосылымы бар жүйенің сенімділігі элементтер санының артуымен артады. Жүйенің істен шығу ықтималдығы 1-ден аз болғандықтан, жүйенің істен шығу ықтималдығы оның ең сенімді элементінің ықтималдығынан жоғары болуы мүмкін емес. Бұл салыстырмалы түрде сенімсіз элементтерден толық сенімді жүйені құруға болатынын білдіреді.

4.2 Жұмысты орындау әдістері

4.2.1 Алдымен симуляцияны қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін «Arena» бағдарламалық құралын орнату керек. Содан кейін берілген жүйедегі құрылымдық сенімділіктің имитациялық моделі жасалады.

Тоқтаусыз (немесе тоқтаулы) жұмысты анықтаудың ықтималды тәсілі

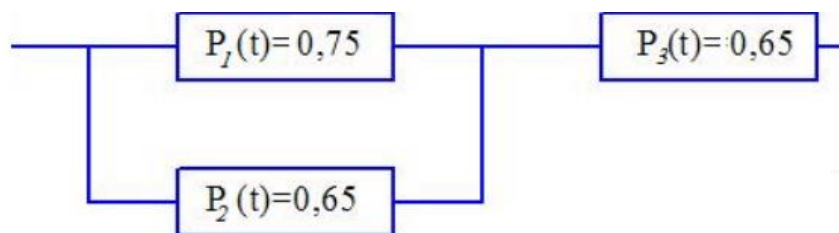
әзірленіп жатқан модельдеу моделінің негізінде жатыр. Бұл жағдайда модельді жүзеге асыру үшін негізгі логикалық элемент ретінде «Decide» («Шешім қабылдау») модулі пайдаланылады (4.1 сурет).



4.1 сурет – «Decide» модулі

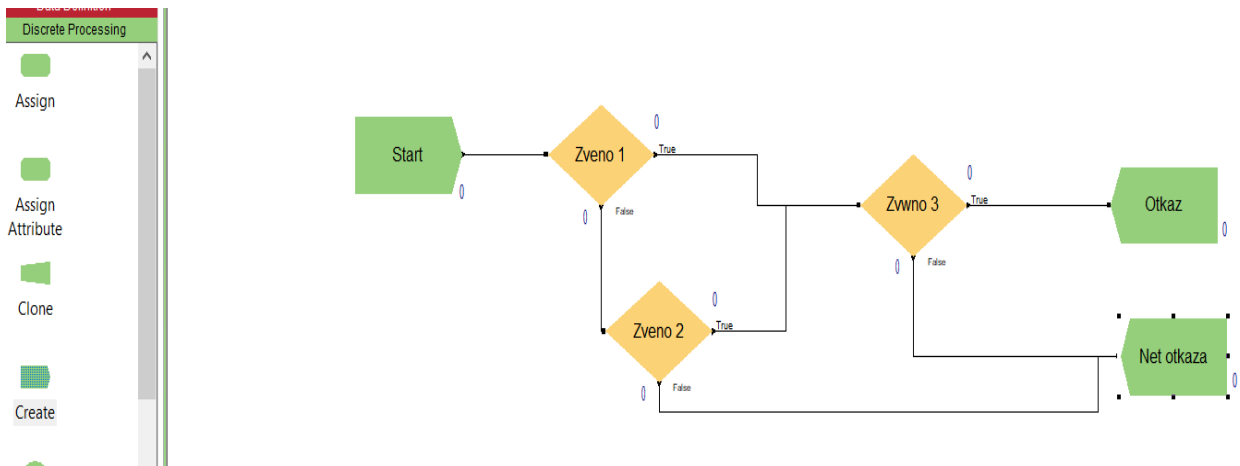
«Decide» модулі шешім қабылдауды ескере отырып, модельдің логикасын сипаттайды және анықтайды. Шешім қабылдау не шартқа, не ықтималдыққа, не айнымалының мәніне және басқа негізделуі мүмкін. Орнатылған шарт орындалса, «True» тармағы іске қосылады, әйтпесе – «False». Бұл модуль тек бір ғана емес, бірнеше жағдайды тексеруге мүмкіндік береді.

4.2.2 Мысал ретінде сұлбасы 4.2-суретте көрсетілген жүйенің құрылымдық сенімділігінің имитациялық моделін жасауды қарастырайық.



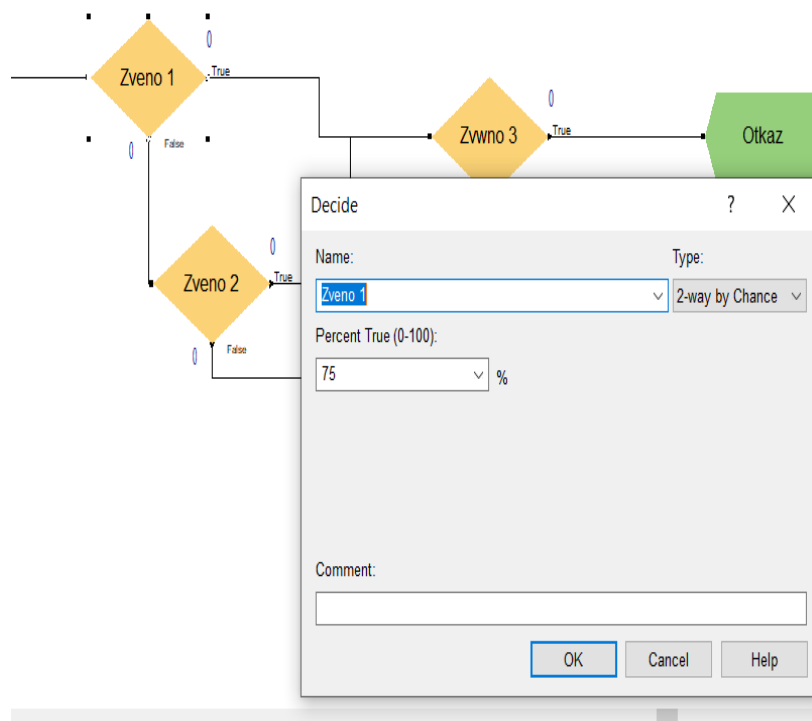
4.2 сурет – Жүйенің құрылымдық диаграммасы

Бұл жағдайда «Arena» бағдарламасын пайдалану кезінде жүйенің әрбір элементін «Decide» модулімен ауыстырамыз, лентадағы «Connect» түймесін басу арқылы элементтерді қосамыз (4.3 сурет).



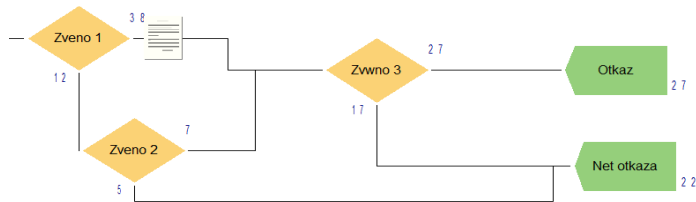
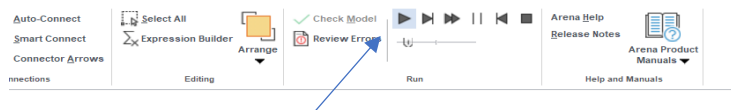
4.3 сурет – Блок-сұлбаның имитациялық модель

4.2.3 Әрбір «Decide» модулі үшін барлық элемент үшін ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығының мәнін белгілеу қажет. Мысалы, «Zveno 1» блогы үшін жұмыс уақытының ықтималдығы 75% құрайды (4.4 сурет).



4.4 сурет – «Zveno 1» блогының параметрлері

4.2.4 Жүйенің қалған 2 блогы үшін ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығының мәндерін белгіледі жалғастырыңыз. Сондай-ақ, нәтижесінде қандай нәтиже шығатынын тексеру қажет (4.5 сурет).



4.5 сурет – Симуляцияны іске қосылуы

Содан кейін, сұлбасы 4.3-суретте көрсетілген жүйенің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығын есептеп, нәтижелерді салыстыру қажет.

4.2.5 Нұсқаңызға сәйкес (қосымша 2) ұқсас әрекеттерді орындауыңыз керек және мұны жеке зертханалық жұмыс есебінде көрсетуіңіз керек

4.4 Есеп мазмұны

- құрылған имитациялық модельдің сұлбасы;
- ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығын, істен шығу ықтималдығын, ақаулардың жиілігі мен қарқындылығын есептеу;
- элементтерді қосу сұлбалары, бағдарламаның скриншоттары;
- жұмыс нәтижелері бойынша қорытындылар.

4.5 Бақылау сұрақтар

- 1) «Arena» бағдарламалық қамтамасыз ету – оның анықтамасы, ол не үшін арналған;
- 2) Жүйедегі элементтердің қосылу түрлері;
- 3) Элементтердің әртүрлі байланыстары үшін сенімділік көрсеткіштерін есептеу қалай жүргізіледі;
- 4) Имитациялық модельдеу дегеніміз не?
- 5) «Decide» модулі не үшін қолданылады?

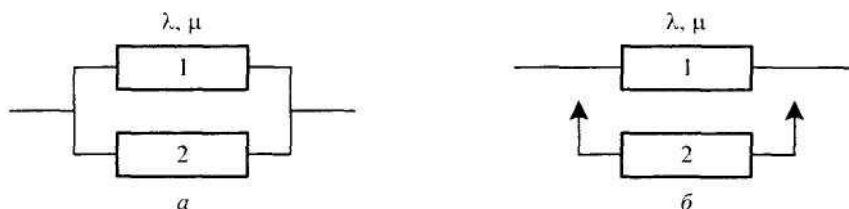
№5 зертханалық жұмыс. Қалпына келтірілетін резервсіз жүйенің сенімділігін зерттеу

Мақсаты: қалпына келтірілген жүйелердің сенімділік көрсеткіштерін бағалау үшін резервтеудің әртүрлі түрлерінің әсерін есептеу және талдау

5.1 Теориядан қысқаша мәлімет

Қалпына келтірілетін жүйелерде бұрын қарастырылған сенімділік көрсеткіштері ғана емес, сонымен қатар қосымша негізгі көрсеткіштер бар, мысалы: ақаулар арасындағы уақыт T , дайындық функциясы $K_d(t)$, дайындық коэффициенті K_d . Бұл көрсеткіштер берілген жүйенің резервтің түрі мен қысқалығына байланысты.

Жүйенің сенімділігін арттыру үшін резервтеудің екі түрі қолданылады: тұрақты қосылған резервпен (5.1, а) және ауыстыру әдісімен (5.1, б). Жабдықтың сенімділігін арттырудың және техногендік тәуекелді төмендетудің ең тиімді жолы жүйенің жұмысы кезінде істен шыққан элементтерді қалпына келтіру мүмкіндігімен резервтеу болып табылады. Артық жұмысты пайдалану жабдықтың құнын және оның жұмыс істеуін жоғарылататындықтан, артықшылықтың еселігі шектеулі, ал көп жағдайда артықшылық $m = 1$ еселігімен қолданылады (қайталау). Резервтеудің екі түрінің ішінде сенімділіктегі ең үлкен өсім ауыстыру арқылы резервтеу арқылы қол жеткізіледі, бірақ бұл артықшылықтың елеулі кемшіліктері болғандықтан, үнемі резервтегі резерв (ҮРР) жиі пайдаланылады.



5.1 сурет – Резерв бар жүйелердің құрылымдық сұлбалары

5.2 Жұмысты орындау әдістері

5.2.1 Бұл зертханалық жұмыста келесі сенімділік көрсеткіштері бар жүйе берілген: 1) жүйенің қызмет ету мерзімі T_0 , сағат; 2) үздіксіз жұмыс уақыты t , сағат; 3) істен шығу жылдамдығы $\lambda(t)$, 1/сағ; жүйе элементінің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы $p = [1; 0,1; 0,05; 0,01]$; резервтеу коэффициенті m ; жүйенің істен шығуына байланысты тәуекел r , шарт.бірл., жұмыс кезінде рұқсат етілген тәуекел $R(1000)$, шарт.бірл.

Сіздің нұсқаңызға сәйкес (3-қосымша) сенімділік көрсеткіштерінің барлық қажетті мәндерін анықтаңыз. Атап айтқанда, екі типті резервтік, бір және екі қызмет көрсету бригадалары бар жүйенің T ақаулары мен қолжетімділік коэффициенті K_d арасындағы уақытты анықтау қажет; артық жүйелердің орташа жұмыс уақытын табу; әртүрлі қызмет сипаттамалары үшін бастапқы жүйенің және артық жүйелердің техногендік тәуекелін анықтау.

Мысал ретінде келесі есептеуді алайық.

Мынадай сипаттамалары бар жүйе берілген делік: 1) жүйенің қызмет ету

мерзімі $T_0=380$ сағат; 2) үздіксіз жұмыс уақыты $t=4,2$ сағат; 3) істен шығу жылдамдығы $\lambda(t)=1,5$ 1/сағ; жүйе элементінің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы $p = [1; 0,1; 0,05; 0,01]$; резервтеу коэффициенті $m=1$; жүйенің істен шығуына байланысты тәуекел $r=8,5$ шарт.бірл., жұмыс кезінде рұқсат етілген тәуекел $R(1000)=275$ шарт.бірл.

5.2.2 Ақаулар арасындағы уақытты және қолжетімділік коэффициентін анықтау үшін сәйкесінше бір және екі бригадаға қызмет көрсету кезінде (5.1 - 5.5) формулаларды қолдану қажет. Егер бізде:

- бір қызмет көрсету тобы болса, онда:

$$T = T_0 \left(1 + \frac{1}{2\rho} \right) \quad K_o = \frac{1+2\rho}{1+2\rho+\rho^2} \quad (5.1)$$

- екі қызмет көрсету тобы болса, онда:

$$T = T_0 \left(1 + \frac{1}{2\rho} \right) \quad K_o = \frac{1+2\rho}{1+2\rho+\rho^2} \quad (5.2)$$

Ауыстыру арқылы резервтеу болса:

- бір қызмет көрсету тобы:

$$T = T_0 \left(1 + \frac{1}{\rho} \right) \quad K_o = \frac{1+\rho}{1+\rho+\rho^2} \quad (5.3)$$

- екі қызмет көрсету тобы:

$$T = T_0 \left(1 + \frac{1}{\rho} \right) \quad K_o = \frac{1+\rho}{1+\rho+\frac{1}{2}\rho^2} \quad (5.4)$$

Резервсіз жүйе болған кезде:

$$T = T_0 = T_1 \quad K_o = \frac{1}{1+\rho} \quad (5.5)$$

5.2.3 Алынған формулаларды талдағаннан кейін, ақаулар арасындағы уақыт пен артық жүйенің қолжетімділік коэффициенті ρ функциялары екенін атап өтуге болады. Бұл MS Excel көмегімен есептеулерді автоматтандыруға мүмкіндік береді.

MS Excel бағдарламасына сандық мәндерді енгізіп, қажетті параметрлерді есептейік (5.2 сурет).

	A	B	C	D	E	F
1						
2	$T_0 =$	380				
3	$t =$	4,2				
4	$\lambda =$	1,5				
5	$r =$	8,5				
6	$r1000 =$	275				
7						
8		ρ	1	0,1	0,05	0,01
9	жүйенің қызмет ету мерзімі, үзіліс (1 топ)	TP1	570	2280	4180	19380
10	жүйенің қызмет ету мерзімі, үзіліс (2 топ)	TP2	570	2280	4180	19380
11	жүйенің қызмет ету мерзімі, ауыст. (1 топ)	TZ1	760	4180	7980	38380
12	жүйенің қызмет ету мерзімі, ауыст. (2 топ)	TZ2	760	4180	7980	38380
13	дайындық коэф., үзіліс, (1 топ)	KP1	0,6	0,983607	0,995475	0,999804
14	дайындық коэф., үзіліс, (2 топ)	KP2	0,75	0,991736	0,997732	0,999902
15	дайындық коэф., ауыст., (1 топ)	KZ1	1	1,081081	1,045131	1,009801
16	дайындық коэф., ауыст., (2 топ)	KZ2	1,2	1,085973	1,046373	1,009851

5.2 сурет – Жүйе сенімділігінің есептелген көрсеткіштері

Алынған нәтижелерге сүйене отырып, келесі қорытындыларды жасауға болады:

- еселігі $m = 1$ болатын артық жүйенің істен шығуы арасындағы уақыт жөндеу бригадаларының санына байланысты емес;
- ρ аз мәндерінде ауыстыру арқылы қайталанатын жүйенің істен шығуы арасындағы уақыт тұрақты қосулы резервпен қайталау кезіндегіден 2 есе көп;
- қалпына келтірумен резервтеу жүйенің істен шығуы арасындағы уақытты айтарлықтай арттырады;
- жөндеу бригадаларының саны артық жүйенің болуына айтарлықтай әсер етпейді;
- шағын ρ үшін резервтің түрі дайындық коэффициентінің мәніне іс жүзінде әсер етпейді.

5.2.4 Тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығының орташа уақытын анықтау үшін келесі формулаларды пайдалану керек:

(а) сұлбасы үшін:

$$T = T_0 \left(1,5 + \frac{1}{2\rho} \right) \quad (5.6)$$

(б) сұлбасы үшін:

$$T = T_0 \left(2 + \frac{1}{\rho} \right) \quad (5.7)$$

мұндағы T_0 – резервсіз жүйенің тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығының орташа уақыты.

Нәтижелерді кестеге енгізу керек (5.3 сурет).

Қызмет етудің орт.уақыты, (үзіліс)	ТМ1	760	589	579,5	571,9
Қызмет етудің орт.уақыты,(ауыст.)	ТМ2	1140	798	779	763,8
Жүйенің riskі (резервсіз)	R1				53,0198
Жүйенің riskі (үзіліс)	R2	21,42	87,78689	96,92308	104,9794
Жүйенің riskі (ауыст.)	R3	17,85	48,24324	50,87886	53,01455

5.3 сурет – Есептеу нәтижелері

Егер біз тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығының орташа уақытың және тоқтауға дейін уақытын алынған мәндерін салыстырсақ, біз олардың жоғары сенімді жүйелерге тән шағын p мәндері үшін іс жүзінде бірдей екенін көреміз.

5.2.5 Берілген резервсіз жүйенің техногендік тәуекелін есептеу үшін $p=0,01$ кезінде келесі формуласын қолданамыз. Содан кейін,

$$R(1000) = \frac{r\lambda t}{1+p} = \frac{8,5 * 1,5 * 4,2}{1,01} = 53,02 \quad (5.8)$$

Жоғары берілген формулаларға ұқсас жолмен пайдалана отырып, $m = 1$ еселігі бар артық жүйенің тәуекелін тұрақты резервте және ауыстыру резерві үшін есептейміз. Нәтижелерді кестеге енгізу керек (5.3 сурет).

5.3-суретте келтірілген нәтижелер бойынша тәуекелдің рұқсат етілген деңгейден төмен, 275 шартты бірлікке тең екенін көруге болады, кез келген резервлеу және басым қызмет түрін пайдалану кезінде.

Содан кейін, 380 сағатты құрайтын жүйенің бүкіл қызмет ету мерзімі бойынша тәуекел мәнін есептеу қажет. $R(1000)$ -мен салыстырғанда жүйенің техногендік тәуекелі 90 есе артады және 275 шарт.бірл.-ке тең қажетті тәуекелден асады.

Осы жұмыстың нәтижесінде берілген артық емес жүйе жеткілікті сенімді емес және қажетті тәуекелді қамтамасыз ете алмайды деген қорытынды жасауға болады. Оның тәуекелі 4800 шарт.бірл. құрайды, бұл талап етілгеннен әлдеқайда жоғары (275 шарт.бірл.). Осы уақыт ішінде кез келген түрдегі құрылымдық резервтеу қолданылса, тәуекелге жол берілмейді.

5.4 Есеп мазмұны

- мәселенің тұжырымы;
- есептеулер мен формулалар;
- есептеулері бар кестелер;
- жұмыс нәтижелері бойынша қорытындылар.

5.4 Бақылау сұрақтар

- 1) Қандай жүйелер қалпына келтірілетін деп аталады?
- 2) Бұл жұмыста қалпына келтірілген жүйелердің қандай сенімділік параметрлері есептелген?
- 3) Тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығының орташа уақыты және ақаусыз жұмыс істеудің орташа уақыты, дайындық коэффициентін анықтау үшін қандай формулалар қолданылады?
- 4) Техногендік тәуекел – оның есептеу формулалары және жүйенің жұмысына әсері.

№6 зертханалық жұмыс. Күй бағаны бойынша жүйенің сенімділігінің стационарлық көрсеткіштерін анықтау

Мақсаты: сенімділікті талдаудың топологиялық әдістерімен танысу, жүйенің күйлерінің графигін құру, бір күйден екінші күйге өту формулаларын құру, бағдарламалық құралдарды қолдана отырып сенімділік көрсеткіштерін есептеу дағдыларын игеру

6.1 Теориядан қысқаша мәлімет

Топологиялық - бұл күйлер графигі бойынша немесе сенімділіктің құрылымдық сұлбасы бойынша сенімділік көрсеткіштерін анықтау әдістері. Осы әдістермен, техникалық жүйені математикалық модельдеуге жүгінбестен, сенімділіктің әртүрлі көрсеткіштерін есептеуге болады.

Күй графигі арқылы жүйе сенімділігінің топологиялық талдауы күй графигі жүйенің барлық күйлерін және бір күйден екінші күйге барлық ауысуларды толығымен сипаттайтындығына негізделген. Жүйенің күй графигін матрицалық түрде – күй матрицасы және өтпелі матрица түрінде көрсетуге болады.

Қалпына келтірілетін жүйені t уақытында i -к күйінде табу ықтималдығы катынас ретінде анықталуы мүмкін:

$$P_i(z) = \frac{\Delta i(z)}{\Delta(z)}, \quad (6.1)$$

мұндағы $\Delta(z)$ – Лаплас түрлендіруінде жазылған дифференциалдық теңдеулер жүйесінің негізгі анықтаушысы;

$\Delta i(z)$ – жүйенің жеке анықтаушысы.

Анықтаушылар полином түрінде жазылады, онда айнымалы коэффициенттер күйлердің графигіне және ауысу қарқындылығына байланысты болады. Жүйенің негізгі анықтаушылар полином дәрежесі күй графигінің түйіндерінің санына тең, ал жеке анықтаушы ағымдағы күй санына және жүйенің бастапқы күйіне байланысты болады.

$P_{жс}(t)$ жүйесінің тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығы t уақыт ішінде жүйенің тек жұмысқа қабілетті күйде болу ықтималдығына тең, мына формула бойынша есептеледі

$$P_c(t) = \sum_{i=0}^{k-1} P_i(t), \quad (6.2)$$

мұндағы $P_i(t)$ – t уақыт ішінде жүйенің i -ші жарамды күйге түсу ықтималдығы;
 k – жүйенің жарамды күйіне сәйкес келетін баған шыңдарының саны.

Жалпы жағдайда істен шығуға арналған орташа атқарылым мынадай формула бойынша есептеледі:

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i \in E_+} P_i}{\sum_{i \in E_-} P_i \sum_{j \in E_+} \mu_{ij}}. \quad (6.3)$$

Осы формула бойынша есептеу кезінде жүйенің мүмкін күйлерде болуының соңғы күйлері анықталады. Белгілі орташа қалпына келтіру уақыты \bar{t}_b болған кезде істен шығу былай өрнектеледі:

$$\bar{T} = \frac{K_\partial}{1 - K_\partial} \bar{t}_{к.к}, \quad (6.4)$$

мұндағы K_∂ – жүйенің дайындық коэффициенті.

$K_\partial(t)$ дайындық функциясы жүйенің кездейсоқ уақытта жарамды күйде болу ықтималдығы болып табылады және $P_i(s)$ уақытының белгілі бір сәтінде оның барлық жарамды күйлерінің ықтималдық қосындысына тең. Лаплас түрленуінде

$$K_\partial(s) = \sum_{i=0}^{k-1} P_i(s), \quad (6.5)$$

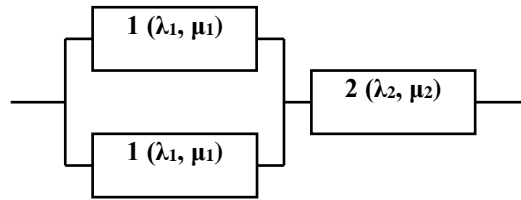
мұндағы k – жүйенің жарамды күйлерінің саны.

Қалпына келтірудің орташа уақыты белгілі дайындық коэффициентімен және істен шығуының орташа жұмысымен есептелуі мүмкін

$$\bar{t}_{к.к} = \frac{1 - K_\partial}{K_\partial} \bar{T}. \quad (6.6)$$

6.2 Жұмысты орындау әдістері

6.2.1 Құрылымдық сұлбасы 6.3 суретте көрсетілген жүйенің сенімділігінің стационарлық көрсеткіштерін есептеңіз.

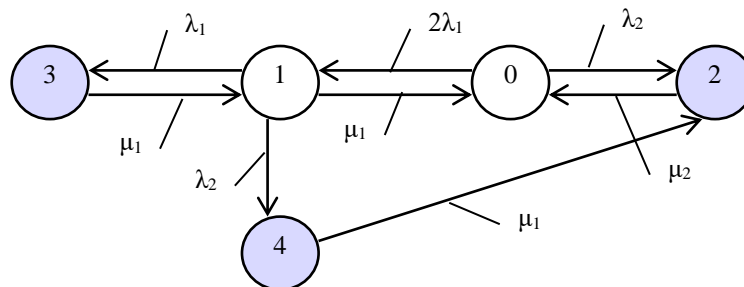


Сурет 6.3 – Қайталанатын жүйенің құрылымдық схемасы

Қайталанатын ішкі жүйенің істен шығуы мен қалпына келу қарқындылығы λ_1 және μ_1 - ге тең. 2-элементтің істен шығуы мен қалпына келу қарқындылығы сәйкесінше λ_2 және μ_2 - ге тең. Бір жөндеу тобы жүйеге қызмет етеді, тікелей қызмет көрсету басымдығы, яғни істен шыққан элементтерді қалпына келтіру олардың істен шығу тәртібімен жүзеге асырылады.

Бағанның шыңы күйлер жүйесі (6.4 суретте) мынадай талаптарға сәйкес келеді:

- 0 – барлық элементтер жарамды;
- 1 – қайталанған ішкі жүйе элементтерінің бірі істен шықты және қалпына келтірілді, қалған элементтер жарамды;
- 2 – 2-элемент істен шықты және қалпына келтірілді, қалған элементтер жарамды (жүйе жұмыс істемейді);
- 3 – қайталанатын ішкі жүйенің екі элементі де істен шықты, бірінші істен шыққан элемент жөнделуде, екіншісі қызмет көрсетуге кезекте, 2-элемент жарамды (жүйе жұмыс істемейді);
- 4 – қайталанған кіші жүйе элементтерінің бірі істен шықты және қалпына келтірілді, істен шықты және 2-элементке қызмет көрсетуге кезекте тұр (жүйе жұмыс істемейді).



Сурет 6.4 – Жүйенің күйлер бағанасы

Бағананың доғалары бір күйден екінші күйге ауысу қарқындылығына жатады a_{ij} (кесте 6.1).

Кесте 6.1 – 6.4 суреттегі жүйе күйлерінің ауысу кестесі

Жүйе күйінің нөмірі	Бір күйден екінші басқа күйге ауысулар	Бір күйден шығудың жиынтық қарқындылығы
0	$a_{01} = 2\lambda_1, a_{02} = \lambda_2$	$a_{01} + a_{02}$
1	$a_{10} = \mu_1, a_{13} = \lambda_1, a_{14} = \lambda_2$	$a_{10} + a_{13} + a_{14}$
2	$a_{20} = \mu_2$	a_{20}
3	$a_{31} = \mu_1$	a_{31}
4	$a_{42} = \mu_1$	a_{42}

6.2.2 Жүйе күйлерінің анықтауыштарын және сенімділік көрсеткіштерін есептеу үшін арналған қатынастар.

Жүйе S_0 күйінде болады, ауысу қарқындылығының келесі түрде болғанда:

$$(a_{10} + a_{13} + a_{14}) a_{20} a_{31} a_{42} = a_{10} a_{20} a_{31} a_{42} + a_{13} a_{20} a_{31} a_{42} + a_{14} a_{20} a_{31} a_{42}.$$

Оң жақ бөліктің екінші терминіне контурды құрайтын түйіндердің қарқындылығының $a_{13}a_{31}$ көбейтіндісі кіретіндіктен, мұндай термин қабылданбауы керек, содан кейін күй анықтаушысы 0 болады:

$$\Delta_0 = a_{10} a_{20} a_{31} a_{42} + a_{14} a_{20} a_{31} a_{42} = \mu_1^3 \mu_2 + \lambda_2 \mu_1^2 \mu_2.$$

Тура солай S_1 күйі үшін аламыз:

$$(a_{01} + a_{02}) a_{20} a_{31} a_{42} = a_{01} a_{20} a_{31} a_{42} + a_{02} a_{20} a_{31} a_{42},$$

$$\Delta_1 = a_{01} a_{20} a_{31} a_{42} = 2\lambda_1 \mu_1^2 \mu_2.$$

S_2 күйі үшін:

$$(a_{01} + a_{02})(a_{10} + a_{13} + a_{14})a_{31}a_{42} = a_{01}a_{10}a_{31}a_{42} + a_{01}a_{13}a_{31}a_{42} +$$

$$+ a_{01}a_{14}a_{31}a_{42} + a_{02}a_{10}a_{31}a_{42} + a_{02}a_{13}a_{31}a_{42} + a_{02}a_{14}a_{31}a_{42},$$

$$\Delta_2 = a_{10} a_{14} a_{31} a_{42} + a_{02} a_{10} a_{31} a_{42} + a_{02} a_{14} a_{31} a_{42} = 2\lambda_1 \lambda_2 \mu_1^2 +$$

$$+ \lambda_2 \mu_1^3 + \lambda_2^2 \mu_1^2.$$

S_3 күйі үшін:

$$(a_{01} + a_{02})(a_{10} + a_{13} + a_{14})a_{20}a_{42} = a_{01}a_{10}a_{20}a_{42} + a_{01}a_{13}a_{20}a_{42} +$$

$$+ a_{01}a_{14}a_{20}a_{42} + a_{02}a_{10}a_{31}a_{42} + a_{02}a_{13}a_{20}a_{42} + a_{02}a_{14}a_{20}a_{42},$$

$$\Delta_3 = a_{01} a_{13} a_{20} a_{42} = 2\lambda_1^2 \mu_1 \mu_2.$$

S_4 күйі үшін:

$$(a_{01} + a_{02})(a_{10} + a_{13} + a_{14})a_{20}a_{31} = a_{01}a_{10}a_{20}a_{31} + a_{01}a_{13}a_{20}a_{31} +$$

$$+ a_{01}a_{14}a_{20}a_{31} + a_{02}a_{10}a_{20}a_{31} + a_{02}a_{13}a_{20}a_{31} + a_{02}a_{14}a_{20}a_{31},$$

$$\Delta_4 = a_{01} a_{14} a_{20} a_{31} = 2\lambda_1 \lambda_2 \mu_1 \mu_2.$$

Жүйенің басты анықтауышы:

$$\Delta = \mu_1^3 \mu_2 + \lambda_2 \mu_1^2 \mu_2 + 2\lambda_1 \mu_1^2 \mu_2 + 2\lambda_1 \lambda_2 \mu_1^2 + \lambda_2 \mu_1^3 + \lambda_2^2 \mu_1^2 + 2\lambda_1^2 \mu_1 \mu_2 + 2\lambda_1 \lambda_2 \mu_1 \mu_2.$$

Тиісті анықтауыштардың негізгі анықтамаларға қатынасы бойынша біз сенімділік көрсеткіштерін анықтайтын p_0, p_1, p_2, p_3, p_4 , күйлерінде жүйенің болу ықтималдығын табамыз.

(6.6) формуланы пайдаласақ, дайындық коэффициенті:

$$K_\partial = p_0 + p_1 \quad (6.7)$$

(6.4) формуланы пайдаласақ, істен шығудың орташа атқарылымы

$$T := \frac{p_0 + p_1}{\lambda_2 p_0 + (\lambda_1 + \lambda_2) \cdot p_1} \quad (6.8)$$

Қалпына келінің орташа уақыты:

$$T_0 := \frac{p_2 + p_3 + p_4}{\lambda_2 p_0 + (\lambda_1 + \lambda_2) \cdot p_1} \quad (6.9)$$

6.2.3 Есептеулер Mathcad немесе SMath бағдарламалық пакетінде орындалады. Мысалы, $\lambda_1 := 10^{-2}$ 1/сағ.; $\mu_1 := 0.1$ 1/сағ.; $\lambda_2 := 10^{-3}$ 1/сағ.; $\mu_2 := 0.25$ 1/сағ. Жүйенің жеке анықтауыштарын есептеу формулаларын жасаңыз (6.10).

$$\begin{aligned} \Delta_0 &= \mu_1^3 \mu_2 + \lambda_2 \mu_1^2 \mu_2 \\ \Delta_1 &= 2\lambda_1 \mu_1^2 \mu_2 \\ \Delta_2 &= 2\lambda_1 \mu_1^2 \lambda_2 + \lambda_2 \mu_1^3 + \lambda_2^2 \mu_1^2 \\ \Delta_3 &= 2\lambda_1^2 \mu_1 \mu_2 \\ \Delta_4 &= 2\lambda_1 \lambda_2 \mu_1 \mu_2 \end{aligned} \quad (6.10)$$

Негізгі анықтауышты анықтап болғаннан кейін, p_i ықтималдықтарын есептеу үшін кіші бағдарлама жасаңыз. Ол үшін "Бағдарламалау" панелін қолданыңыз (сурет 6.6).

$$\text{verojatnost}(\Delta, \Sigma) := \begin{cases} \text{for } i \in 0..4 \\ p_i \leftarrow \frac{\Delta_i}{\Sigma} \\ p \end{cases}$$

Сурет 6.6 – p_i ықтималдықтарын есептеу үшін кіші бағдарлама

Алынған ішкі бағдарламаны ықтималдық баған векторын қалыптастыру үшін қолданыңыз $p := \text{verojatnost}(\Delta, \Sigma)$. Баған элементтерінің келесі мәндерін аламыз (сурет 6.7).

$$p = \begin{pmatrix} 0.817 \\ 0.162 \\ 3.913 \times 10^{-3} \\ 0.016 \\ 1.617 \times 10^{-3} \end{pmatrix}$$

Сурет 6.7 – p_i элементтердің мәндері

Дайындық коэффициентін есептеңіз, ол үшін (6.7) формуланы қолдана отырып, оның бағдарламасын Mathcad/SMath бағдарламада есептеңіз. Нәтижесі $K_0 = 0.978$.

Істен шығуға арналған орташа атқарымды және қалпына келтірудің орташа уақытын (6.8), (6.9) формулар көмегімен есептейміз. Нәтижесі (сағатпен) $T = 376,95$, $T_0 = 8,36$.

6.3 Есеп мазмұны

- жұмыстың мақсаты және бастапқы мәліметтер (құрылымдық схема, күй графигі);
- есептеу тәртібі (анықтауыштарды, жүйенің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдылығын және сенімділік көрсеткіштерін есептеу формулалары);
- есептеулердің қорытындылары мен нәтижелері.

6.4 Бақылау сұрақтар

- 1) Сенімділікті талдаудың топологиялық әдістері қандай?
- 2) Жүйе күйлерінің матрицасы.
- 3) Жүйенің өтпелі матрицасы.
- 4) Жүйе күйлерінің графигі.
- 5) Сенімділік көрсеткіштерін ықтималдықтар бойынша бағалау.
- 6) Жүйе детерминанттары.

1-ші қосымша (№1 зертханалық жұмыс)

Кесте 1 – Варианттар журналдағы тізімнің нөміріне сәйкес таратылады

Тізім бойынша реті	Берілген ақпарат
1, 3, 5, 7, 9	2, 3-ші кестелер
2, 4, 6, 8, 10	4,5-ші кестелер
11,13,15,17,19	6,7-ші кестелер
12,14,16,18,20	8,9-ші кестелер

Кесте 2 – Кіріс деректерінің бірінші жинағы (Қалыпты үлестірім)

1155	1147	1126	1139	1137	1132	1120	1165	1163	1156
1142	1143	1138	1144	1149	1145	1157	1152	1145	1140
1140	1145	1169	1148	1121	1135	1152	1138	1128	1161
1140	1149	1149	1123	1141	1164	1145	1131	1157	1123
1136	1146	1140	1130	1147	1108	1122	1133	1115	1165
1166	1137	1147	1137	1126	1143	1114	1109	1147	1135
1147	1148	1153	1146	1128	1145	1135	1147	1151	1151
1119	1145	1137	1149	1163	1141	1137	1137	1146	1133
1128	1123	1139	1134	1154	1149	1144	1166	1152	1159
1163	1112	1126	1146	1147	1149	1146	1127	1143	1154

Кесте 3 – Енгізілген деректердің екінші жинағы (Экспоненциалдық үлестірім)

Нөмірі	700 сағат уақыт аралығындағы жұмыс тоқтату сәттері
1	37; 90; 279; 355; 360; 420; 466; 488; 627; 671
2	26; 77; 141; 532; 642; 661
3	53; 59; 164; 183; 316; 568; 607
4	22; 26; 134; 287; 356; 470; 472; 481
5	24; 40; 152; 412; 431; 486; 567; 630; 649
6	193; 216; 474; 488; 538; 616
7	86; 355; 415; 451
8	117; 157; 358; 462; 527; 673
9	74; 89; 356; 356; 420; 492; 497; 512; 548; 601
10	204; 276; 327; 515; 516; 544

Кесте 4 – Кіріс деректерінің бірінші жинағы (Гамма үлестірім)

2127	1162	1131	1111	4414	1291	1266	2122	2268	1168
9168	2126	2134	4116	7119	2113	2110	3123	1103	3192
3288	3289	2229	1261	9224	1282	4221	7229	1248	5228
3232	2263	1216	8253	5262	4243	2268	2272	3270	5202
7235	1220	2292	3263	1251	5220	4200	8219	3208	2116
2146	3121	5109	5147	4214	4156	1202	4104	3123	1122
2288	4225	6234	6210	1240	8238	~171	1263	1208	8214
9236	1100	7137	3196	2158	5110	3127	2146	1166	2158
1103	3218	6218	5217	2238	3212	2232	3233	1130	1151
4154	2186	1197	2136	3113	1115	1111	1138	2116	2168

Кесте 5 – Бастапқы деректердің екінші жинағы (Бірыңғай үлестірім)

Нөмірі	600 сағат уақыт аралығындағы жұмыс тоқтату сәттері
1	107; 201; 295; 397; 515
2	95; 213; 320; 403; 483; 568
3	97; 196; 282; 399; 504; 584
4	109; 216; 328; 422; 528
5	112; 226; 310; 417; 524
6	103; 195; 300; 392; 480 570
7	93; 178; 268; 375; 494
8	93; 203; 312; 393; 488 581
9	119; 210; 293; 408; 518
10	102; 220; 334; 439; 537

Кесте 6 – Кіріс деректерінің бірінші жинағы (Гамма үлестірім)

221	370	84	97	196	475	426	151	72	133
282	97	321	315	107	108	156	597	241	210
107	37	176	197	182	467	146	97	244	54
91	255	169	149	256	53	283	103	468	38
369	305	209	227	276	351	244	216	382	430
204	306	163	159	221	235	126	106	670	72
80	466	93	60	123	706	112	236	298	49
277	155	83	67	298	168	30	210	178	275
86	161	397	508	334	252	582	24	427	139
559	138	405	187	229	107	167	519	226	247

Кесте 7 – Кіріс деректерінің екінші жинағы (Қалыпты үлестірім)

Нөмірі	600 сағат уақыт аралығындағы жұмыс тоқтату сәттері
1	110; 211; 296; 408; 512; 584
2	80; 167; 239; 336; 435; 523
3	113; 206; 292; 370; 466; 588
4	123; 211; 301; 397; 502
5	79; 197; 296; 377; 457; 538
6	132; 224; 302; 383; 486; 570
7	86; 185; 312; 390; 471; 576
8	106; 195; 265; 350; 431; 537
9	83; 176; 253; 328; 407; 511; 595
10	130; 232; 371; 442; 539

Кесте 8 – Кіріс деректерінің бірінші жинағы (Қалыпты үлестірім)

156	161	145	122	180	190	153	174	163	133
135	156	176	160	163	150	157	156	136	168
176	155	165	140	165	160	138	181	183	182
165	175	153	131	180	168	149	156	173	156
148	133	154	149	152	150	188	163	145	142
169	163	174	135	154	183	172	136	166	157
157	182	174	162	173	191	165	146	151	163
175	167	141	163	142	143	167	149	142	173
149	148	150	154	149	178	145	168	176	170
158	140	152	162	163	148	184	159	143	163

Кесте 9 – Бастапқы деректердің екінші жинағы (Бірыңғай үлестірім)

Нөмірі	500 сағат уақыт аралығындағы жұмыс тоқтату сәттері
1	105; 208; 323; 414
2	113; 216; 331; 433
3	111; 192; 272; 363; 453
4	110; 209; 314; 426
5	85; 192; 301; 393; 480
6	87; 174; 292; 381; 479
7	102; 195; 314; 404
8	94; 190; 275; 363; 449
9	218; 230; 331; 433
10	105; 219; 310; 408

2 қосымша (№4 зертханалық жұмыс)

Кесте 10–№4 зертханалық жұмыстың бастапқы мәліметтері

Нұсқау №	Жүйенің құрылымдық сұлбасы
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

3 қосымша (№5 зертханалық жұмыс)

Кесте 11 – №5 зертханалық жұмыстың бастапқы мәліметтері (1-8 нұсқалар) (1-8 нұсқаулар)

Нұсқау нөмері	1	2	3	4	5	6	7	8
T , сағат	600	700	650	1000	960	810	380	750
t , сағат	4	3,5	5	2,5	3	2,7	4,2	5
λ , сағат ⁻¹	1,2	2,1	1,1	0,8	1,6	1,3	1,5	1,1
r , шарт.бірл.	100	190	120	68	93	120	85	120
$R(t)$, шарт.бірл.	400	520	360	420	516	180	275	500

Кесте 12 – №5 зертханалық жұмыстың бастапқы мәліметтері (1-8 нұсқалар) (9-16 нұсқаулар)

Нұсқау нөмері	9	10	11	12	13	14	15	16
T , сағат	380	900	820	630	1000	750	600	500
t , сағат	3	2,6	3,5	4	2	2,5	3,5	4
λ , сағат ⁻¹	0,8	1,2	1,6	0,7	2,1	1,8	1	1,1
r , шарт.бірл.	90	110	210	180	68	87	100	80
$R(t)$, шарт.бірл.	525	480	360	720	800	495	470	390

Кесте 13 – №5 зертханалық жұмыстың бастапқы мәліметтері (1-8 нұсқалар) (17 - 28 нұсқаулар)

Нұсқау нөмері	17	18	19	20	21	22	23	24	25
T , сағат	350	460	750	820	680	1000	800	700	720
t , сағат	2,8	3,5	5	4,3	3,8	2,5	3	4	3,2
λ , сағат ⁻¹	0,8	2,1	1,8	2	0,75	1,5	1,8	0,9	1
r , шарт.бірл.	120	90	85	150	165	92	87	115	
$R(t)$, шарт.бірл.	126								
	500	490	450	380	525	475	600	380	
	725								

Қолданған әдебиеттер тізімі

1. Шыңғысов, Б. Т. Аспап жасаудағы автоматтандырылған жобалау жүйелерінің негіздері: оқу құралы / Б.Т. Шыңғысов, К.О. Кожамбердиев; ҚР БҒМ, КЕАҚ АЭЖБУ. - Алматы: АЭЖБУ, 2018
2. Байбазаров, М. Б. Жоғары математика. Есептер жинағы:оқу құралы. 1-бөл. / М.Б. Байбазаров, Б.Ж. Атабай; ҚР БҒМ, КЕАҚ АЭЖБУ. - Алматы: АЭЖБУ, 2019. - 243 б.
3. Ықтималдықтар теориясы және математикалық статистика: 5В100200-Ақпараттық қауіпсіздендіру жүйелері маман. студ. б-ша оқитын студ. үшін дәрістер жинағы / КЕАҚ АЭЖБУ, Математикалық модельдеу және бағдарламалық қамту каф-сы, құраст.: А.К. Дүйсек,Ж.С.Абдулланова.- Алматы: АЭЖБУ,2017.-53б.
4. А.С. Әбілдаева. Басқару жүйесінің сенімділігі мен диагностикасы. Оқу құралы/ Тараз, 2018
5. P.E. William H. Smith, Electric Power System Reliability, Alphagraphics-Roswell GA, 2018. – 300 p.
6. Statgraphics Technologies [Сілтемесі]. <https://www.statgraphics.com/contact-us-dealers-global-partners> (6.05.2022).
- 7.Arena Simulation Software by Rockwell Automation [Сілтемесі]. <http://www.arenasimulation.com> (6.05.2022).

Мазмұны

Кіріспе.....	3
№1 зертханалық жұмыс	3
№2 зертханалық жұмыс	10
№3 зертханалық жұмыс	21
№4 зертханалық жұмыс	28
№5 зертханалық жұмыс	32
№6 зертханалық жұмыс	37
1 қосымша	43
2 қосымша	46
3 қосымша	48
Қолданған әдебиеттер тізімі.....	49

Калкабекова Томирис Женисбекқызы

АСПАПТАР МЕН ЖҮЙЕЛЕРДІҢ СЕҢІМДІЛІГІ

6B07109 – «Аспап жасау» білім бағдарламасының студенттері үшін
зертханалық жұмыстарды орындауға әдістемелік нұсқаулар

Редактор:
Стандарттау бойынша маман:

Изтелеуова Ж.Н.
Ануарбек Ж.А.

Басылымға қол қойылды __. __. __.
Таралымы 50 дана.
Көлемі – 3,0 оқу- бас.ә.

Пішімі 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз № 1
Тапсырыс Бағасы 1500 тг.

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс
университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірме – көбейту бюросы
050013 Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126/1