

НАДЕЖНОСТЬ ЭЦВМ «МИНСК-1»

В. И. КИЗЕВ, М. Н. СТРОГОНОВ

(Представлена научным семинаром вычислительной лаборатории ТПИ)

Одной из основных технических характеристик ЭЦВМ является ее надежность в процессе эксплуатации. Основными количественными критериями надежности являются [1—3]:

1. Средний срок службы между двумя соседними отказами

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{в}}} t_{\text{в}i}}{N_{\text{в}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{в}i}$ — время исправной работы в режиме вычислений от $i - 1$ до i отказа;

$N_{\text{в}}$ — число отказов, возникших во время работы ЭЦВМ в режиме вычислений.

Величина $\lambda_{\text{в}} = \frac{1}{T_{\text{ср}}}$ называется интенсивностью отказов ЭЦВМ в режиме вычислений.

2. Среднее время поиска и устранения одного отказа при работе машины в режиме вычислений

$$t_{\text{пуо}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{в}}} t_{\text{пуо}i}}{N_{\text{в}}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{пуо}i}$ — время, затраченное на поиск и устранение i -го отказа.

3. Вероятность безотказной работы

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_{\text{ср}}}}, \quad (3)$$

где t — заданная продолжительность работы ЭЦВМ в режиме вычислений.

4. Коэффициент эффективности профилактики

$$K_{\text{эп}} = \frac{N_{\text{проф}}}{N_{\text{проф}} + N_{\text{в}}}, \quad (4)$$

где $N_{\text{проф}}$ — число возможных отказов, предупрежденных во время профилактики.

5. Коэффициент профилактики

$$K_{\Pi} = \frac{\sum_{j=1}^m t_{\text{проф}j}}{N_{\text{в}} \sum_{i=1} t_{\text{в}i}}, \quad (5)$$

где $t_{\text{проф}j}$ — время, затраченное на проведение j профилактики.

6. Коэффициент использования

$$K_{\Pi} = \frac{t_{\text{в}}}{t_{\text{в}} + t_{\Pi}} = \frac{t_{\text{в}}}{t_{\text{вкл}}}, \quad (6)$$

где $t_{\text{вкл}}$ — время нахождения ЭЦВМ во включенном состоянии за определенный календарный срок.

7. Коэффициент готовности

$$K_{\Gamma} = \frac{t_{\text{в}}}{t_{\text{в}} + t_{\text{пуо}}} = \frac{\bar{T}_{\text{ср}}}{\bar{T}_{\text{ср}} + \bar{T}_{\text{пуо}}}. \quad (7)$$

Статистические данные по работе машины, полученные на основании записей в журнале технической эксплуатации ЭЦВМ «Минск-1» и журнале учета машинного времени, сведены в табл. 1.

По данным табл. [1], на основании формул (1—7), вычислены критерии, дающие возможность судить об эксплуатационной надежности и эффективности использования ЭЦВМ (табл. 2).

Заметим, что при вычислении коэффициента профилактики и коэффициента использования по месяцам время, затраченное на проведение полугодовых и годовых профилактик, не учитывается. Это время учитывается при вычислениях общих числовых критериев за весь рассматриваемый период.

На основании статистических данных за весь рассматриваемый период времени отказы, происшедшие в режиме вычислений, по устройствам распределяются следующим образом:

УВВ о/о	УУ о/о	ЛУ о/о	МОЗУ о/о
45	29	14	12

Данных по НМЛ не приводится в виду отсутствия достаточного количества статистического материала.

Среднее время между двумя соседними отказами при работе машины в режиме вычислений и среднее время поиска и устранения отказа с доверительными интервалами при достоверности $\gamma = 0,9$ имеют соответственно значения:

$$17,48—22,25 \text{ час.},$$

$$1,82—2,32 \text{ час.}$$

Доверительные области возможных значений неизвестных параметров $T_{\text{ср}}$ и $t_{\text{пуо}}$ рассчитываются из неравенств [3]:

$$T_{\text{срmin}} = \frac{\bar{T}_{\text{ср}}}{(+x_{\text{ср}}\gamma)} \leq \bar{T} \leq \frac{\bar{T}_{\text{ср}}}{(-x_{\text{ср}}\gamma)} = T_{\text{срmax}} \quad (8)$$

$$t_{\text{пуоmin}} = \frac{\bar{t}_{\text{пуо}}}{(+x_{\text{пуо}}\gamma)} \leq \bar{t}_{\text{пуо}} \leq \frac{\bar{t}_{\text{пуо}}}{(-x_{\text{пуо}}\gamma)} = t_{\text{пуоmax}}. \quad (9)$$

По данным $T_{\text{срmin}} = 17,48$ час., $T_{\text{ср}} = 19,58$ час., $T_{\text{срmax}} = 22,25$ час. и выражению (3) строим график (рис. 1) области, в которой заклю-

Таблица 1

Работа машины	Год, месяц	$t_{\text{проф,}}$ час.	$t_{\text{пуо,}}$ час.	$t_{\text{п,}}$ час.	$t_{\text{в,}}$ час.	$t_{\text{вкл,}}$ час.	$N_{\text{в}}$	$N_{\text{проф,}}$	$N_{\text{э}}$	$n_{\text{п}}$	Примечание
Односменн.	1963, IX	70	7	77	70	147	3	19	22	23	
1 смена	X	74	7	81	104,7	185,7	5	8	13	27	
"	XI	76	10,2	86,2	85,7	171,9	4	19	23	23	
"	XII	73,4	17	90,4	104,6	195	9	13	22	25	
"	1964, I	73	7,2	80,2	80,5	160,7	3	6	9	20	48 час. — полугодовая профилактика
"	II	55	11	66	135,8	201,8	11	13	24	25	
"	III	62	1,4	63,4	150,7	214,1	4	12	16	26	
"	IV	36,3	7,6	43,9	141,3	185,2	7	11	18	25	
"	VII	88	52,4	140,4	91,4	231,8	4	13	17	20	48 час. — годовая профилактика
Итого		607,7	120,8	728,5	964,7	1963,2	50	114	164	214	
2 смены	1964, V	61,7	6,5	68,2	256,5	324,7	9	13	22	23	
"	VI	92	14,8	106,8	217,3	324,1	11	15	26	26	Время отпусков
"	VIII										Годовая профилактика
"	IX	121,7	—	121,7	—	121,7	—	—	—	—	
"	IX, X	76,6	13,7	90,3	256,7	347,0	13	15	28	36	
"	XI	35	39,8	74,8	230,7	305,5	10	6	16	24	
"	XII	33,5	12,3	45,8	279	324,8	10	12	22	26	
"	1965, I	60,2	16,8	77	230,6	307,6	9	30	39	18	26 час. — полугодовая профилактика
"	II	42,9	40,9	83,8	224,4	308,2	13	8	21	24	
"	III	138,1	41,4	179,5	245,4	424,9	30	25	55	25	
"	IV	67,1	19,4	86,5	278	364,5	11	18	29	24	
"	V	52,0	20,0	72,0	172,3	244,3	10	19	29	23	
"	VI	64,5	31,7	96,2	267,5	363,7	9	19	28	25	
Итого		845,3	257,3	1102,6	2658,4	3761	135	180	315	274	
Итого за весь период		1453	378,1	1831,1	3623,1	5454,2	185	294	479	488	

Таблица 2

Год, месяц	$\bar{T}_{\text{ср.}}$ час.	$\bar{t}_{\text{пуо}}$ час.	$K_{\text{п}}$	$K_{\text{эп.}}$	$K_{\text{г}}$	$K_{\text{н}}$
1963 IX	23,33	2,33	1,0	0,86	0,909	0,476
X	20,94	1,4	0,707	0,61	0,936	0,564
XI	21,42	2,55	0,887	0,82	0,892	0,498
XII	11,7	1,88	0,702	0,68	0,860	0,536
1964 I	26,83	2,4	0,309	0,66	0,918	0,50
II	12,34	0,91	0,405	0,52	0,925	0,673
III	37,67	0,35	0,411	0,750	0,991	0,704
IV	20,18	1,86	0,257	0,61	0,949	0,763
VII	22,85	13,1	0,438	0,71	0,636	0,476
V	28,5	0,72	0,240	0,591	0,975	0,79
VI	19,75	1,34	0,423	0,58	0,935	0,67
—	—	—	—	—	—	—
IX, X	19,75	1,05	0,298	0,536	0,940	0,730
XI	23,07	3,98	0,152	0,375	0,853	0,755
XII	27,9	1,23	0,12	0,545	0,958	0,859
1965 I	25,6	1,87	0,148	0,759	0,932	0,819
II	17,3	3,15	0,191	0,381	0,846	0,728
III	8,18	1,38	0,563	0,454	0,856	0,578
IV	25,27	1,76	0,241	0,621	0,935	0,763
V	17,23	2,0	0,302	0,655	0,896	0,705
VI	29,72	3,52	0,241	0,679	0,894	0,736
1 смена	19,29	2,42	0,755	0,695	0,8887	0,5697
2 смена	19,69	1,906	0,318	0,571	0,912	0,7068
Всего за весь период	19,58	2,04	0,401	0,614	0,906	0,664

чено семейство кривых вероятности безотказной работы ЭЦВМ от времени.

Среднее время поиска и устранения одного отказа во время профилактики определяется по формуле

$$\bar{t}'_{\text{пуо}} = \frac{t'_{\text{проф.}} - t_{\text{тест.}}}{N_{\text{проф.}}},$$

где $t'_{\text{проф.}}$ — время, затраченное на профилактику машины без учета годовых и полугодовых профилактик;

$t_{\text{тест.}} = \bar{t}_{\text{тест.}} n_{\text{проф.}}$ — время, затраченное на проверку машины тестами в режиме профилактики;

$\bar{t}_{\text{тест.}}$ — среднее время, затрачиваемое на одну проверку машины тестом в режиме „профконтроль“;

$n_{\text{проф.}}$ — количество проведенных профилактических проверок машины за определенный календарный срок.

Числовые значения рассматриваемых величин представлены в табл. 3.

Итак, среднее время поиска и устранения одного отказа во время профилактики машины значительно меньше, чем при работе машины в режиме вычислений (табл. 2), так как при работе машины в режиме «профконтроль» отказ создается искусственно в проверяемом устройстве машины путем нарушения режима питания. Его локализовать значительно легче, чем отказ, возникший при работе машины в режиме вычислений.

Таблица 3

t' проф. час	n проф	$\bar{t}'$ тест. час	t тест. час	$\bar{t}'_{\text{пуо}}$ час
1209,3	488	1,6	780,8	1,46

Среднее время работы машины между двумя соседними отказами после проведения полугодовых и годовой профилактик несколько уменьшается.

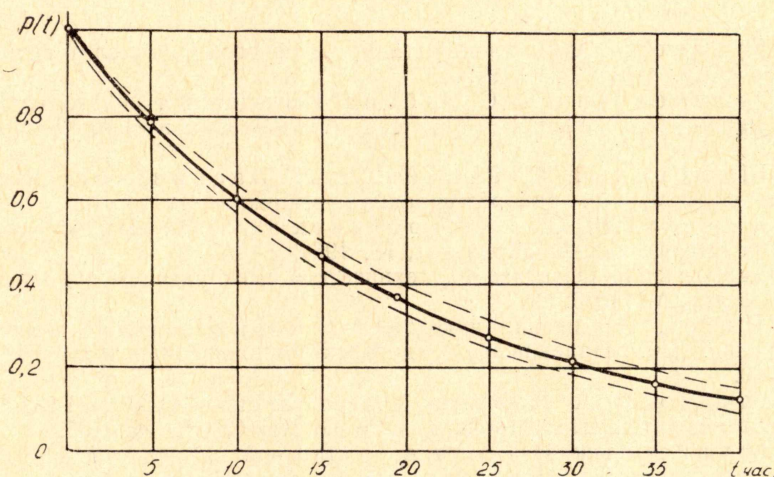


Рис. 1. Вероятность безотказной работы ЭЦВМ «Минск-1»

Это объясняется тем, что в течение примерно 200—300 час. работы машины после профилактик наблюдается интенсивный выход из строя ламп.

Проведение профилактик через 7 часов (односменная работа) или через 14 часов не оказывают заметного влияния на величину $T_{\text{ср}}$. В обоих случаях она примерно одинакова. Это, очевидно, объясняется тем, что, хотя при проведении профилактик через 7 часов число возможных постепенных отказов предотвращается относительно больше, чем при проведении профилактик через 14 часов ($K_{\text{эп}}$ в первом случае больше, чем во втором), общая интенсивность отказов $\lambda_{\text{в}}$ в обоих случаях остается примерно одинаковой за счет увеличения интенсивности внезапных отказов при односменной работе машины.

Как отмечается в ряде работ [4—8] и как показывает опыт эксплуатации, основной процент отказов приходится на электронные лампы. Так, в соответствии со статистикой, проведенной на отечественных вычислительных машинах МЭСМ, БЭСМ, «Стрела», «Урал», «Киев» и зарубежных, на лампы приходится 50—65% всех наблюдавшихся повреждений.

Обработка статистики по ЭЦВМ «Минск-1» за период 2643 час. включенного состояния машины (ноябрь 1964 г.—июнь 1965 г.) пока-

зывает, что на долю электронных ламп приходится около 83% отказов в замененных ячейках машины. Выход из строя электронных ламп происходит с большой интенсивностью в начальный период их эксплуатации — период приработки. С целью исключения периода приработки ламп в машине необходимо ввести их предварительную тренировку в течение 100—200 час.

На ЭЦВМ «Минск-1» тренировка ламп не проводилась ввиду отсутствия в запасе достаточного количества. Эффективность профилактических работ оценивается коэффициентом эффективности профилактики. По ЭЦВМ «Минск-1» он достаточно высок. Неисправности, выявленные во время полугодовой и годовой профилактики, не учитываются. Коэффициент использования, характеризующий наиболее полную эффективность использования ЭЦВМ, примерно равен значению коэффициента использования ламповых машин типа «Урал», «Киев». Величина коэффициента готовности более 90% говорит о достаточно высокой готовности ЭЦВМ в режиме вычислений.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. В. Бураков. Опыт эксплуатации цифровой вычислительной машины «Урал». Изд-во «Сов. радио», М., 1962.
2. Б. Н. Малиновский, С. С. Забара. Исследования надежности управляющей машины широкого назначения «Днипро». «Автоматика и приборостроение», № 4 (16), 1963.
3. Н. А. Шишенок, В. Ф. Репкин, Л. Л. Барвинский. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники.
4. Л. Н. Дашевский, С. Б. Погребинский, Е. А. Шкабара. Вычислительная машина «Киев». Изд-во «Техника», К., 1964.
5. В. Н. Семочкин. Организация технической эксплуатации радиорелейных линий. Изд-во «Связь», М., 1965.
6. Я. М. Рябов. Повышение надежности работы электронной вычислительной машины «Стрела». Сб. Надежность радиоэлектронной аппаратуры. Изд-во «Сов. радио», М., 1960.
7. А. Л. Брудно, Ю. А. Лавренко. Эксплуатация ЭЦВМ «М-2». Сб. Цифровая техника и вычислительные устройства. Изд-во АН СССР, М., 1959.
8. В. А. Зимин. Надежность ламп в электронной вычислительной машине. Сб. Пути развития советского математического машиностроения и приборостроения, ч. II, М., 1956.
9. Л. П. Леонтьев, А. М. Моргулис. Надежность и срок службы некоторых типов электронных ламп. Автоматика и вычислительная техника, вып. 6, изд-во АН Лат. ССР, Р., 1963.