

УДК 622: 658.513 (575.2) (04)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЛИФТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Т.В. Лядышева* – соискатель

In the article question about lift equipment reliability with long service period are considered.

Для оценки эксплуатационной надежности лифтовых подъемных установок используется методика определения комплексных показателей надежности. Комплексные показатели надежности при обследовании лифтовой подъемной установки определяют дополнительный срок ее службы. Они характеризуют сразу несколько свойств, таких, как:

- коэффициент готовности  $k_g$ ;
- коэффициент технического использования по времени  $k_{ми}$  [1, 2].

При расчете комплексных показателей используем данные по пассажирским лифтам, поскольку они наиболее распространены. Рассмотрим общее количество лифтов и количество пассажирских лифтов, вводимых в эксплуатацию в республике с 1964 по 2006 г. включительно.

*Коэффициент готовности* – комплексный показатель надежности, определяющий два различных свойства одновременно – ремонтпригодность и безотказность.

Коэффициент готовности  $k_g$  характеризует вероятность того, что подъемная установка (лифт) окажется работоспособной в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов на ремонт и определяется по формуле [1]:

$$k_g = \frac{T_o}{T_o - T_B}, \quad (1)$$

где  $T_o$  – наработка на отказ, характеризующая безотказность;  $T_B$  – среднее время восста-

новления, характеризующее ремонтпригодность.

Таким образом, безотказность и ремонтпригодность одновременно определяются одним коэффициентом готовности.

Статическое значение  $k_g$  выражается формулой:

$$k_g = \frac{\sum_{i=1}^{N_u} \xi_i}{N_u T_{раб.}}, \quad (2)$$

где  $\xi_i$  – суммарное время пребывания  $i$ -го лифта в работоспособном состоянии;  $T_{раб.}$  – продолжительность эксплуатации, состоящей из последовательно чередующихся интервалов времени, работы и восстановления.  $N_u$  – число работоспособных лифтов в начальный момент времени  $t = 0$ .

При обследовании конкретного лифта, зная среднюю наработку на отказ, можно определить величину коэффициента готовности (табл. 1, 2). Коэффициент готовности статически определяется отношением суммарного времени пребывания наблюдаемых элементов в работоспособном состоянии к произведению числа этих элементов на продолжительность эксплуатации (за исключением простоев на проведение плановых ремонтов и технического обслуживания).

По данным табл. 1 можно получить зависимости коэффициента готовности от продолжительности эксплуатации (рис. 1).

Таблица 1

Коэффициент готовности, полученный в результате исследования пассажирских лифтов, вводимых в эксплуатацию с 1974 по 2007 г. при  $N_u=1$

Год	To	Траб.	Кг	Год	To	Траб.	Кг
1972	35	32	0,914286	1991	16	15	0,9375
1974	33	30	0,909091	1992	15	14	0,933333
1975	32	29	0,90625	1993	14	13	0,928571
1976	31	28	0,903226	1994	13	12	0,923077
1977	30	27	0,9	1995	12	11	0,916667
1978	29	27	0,931034	1996	11	10	0,909091
1979	28	26	0,928571	1997	10	9	0,9
1980	27	25	0,925926	1998	9	8	0,888889
1981	26	24	0,923077	1999	8	7	0,875
1982	25	23	0,92	2000	7	6	0,857143
1983	24	22	0,916667	2001	6	5	0,833333
1984	23	21	0,913043	2002	5	4	0,8
1985	22	20	0,909091	2003	4	3,5	0,875
1986	21	19	0,904762	2004	3	2,5	0,833333
1987	20	18	0,9	2005	2	1,5	0,75
1988	19	17	0,894737	2006	1	0	0
1989	18	16	0,888889	2007	0	0	0
1990	17	15	0,882353				

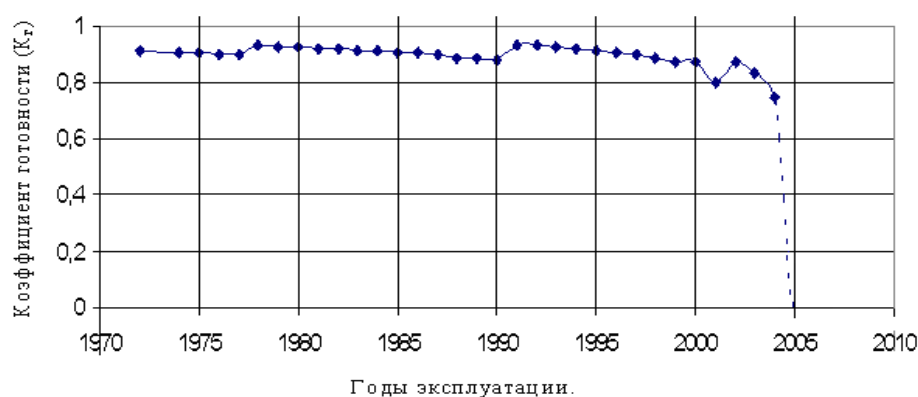


Рис. 1. Зависимость коэффициента готовности от продолжительности эксплуатации.

Таблица 2

Коэффициент готовности для всех лифтов, введенных в эксплуатацию с 1964 по 2007 г.

Год	То	Траб.	Кг	Год	То	Траб	Кг
1964	43	39	0,90697	1986	21	19	0,9047
1965	42	38	0	1987	20	18	0,9
1966	41	37	0	1988	19	17	0,8947
1967	40	36	0,9	1989	18	16	0,8888
1968	39	35	0,921	1990	17	15	0,8823
1969	38	35	0	1991	16	15	0,9375
1970	37	34	0,9189	1992	15	14	0,9333
1971	36	33	0,9166	1993	14	13	0,9285
1972	35	32	0,9142	1994	13	12	0,923
1973	34	31	0	1995	12	11	0,9166
1974	33	30	0,909	1996	11	10	0,909
1975	32	29	0,9062	1997	10	9	0,9
1976	31	28	0,9032	1998	9	8	0,8888
1977	30	27	0,9	1999	8	7	0,875
1978	29	27	0,9	2000	7	6	0,8571
1979	28	26	0,9285	2001	6	5	0,8333
1980	27	25	0,9259	2002	5	4	0,8
1981	26	24	0,923	2003	4	3,5	0,875
1982	25	23	0,92	2004	3	2,5	0,833
1983	24	22	0,9166	2005	2	1,5	0,75
1984	23	21	0,913	2006	1	0	0
1985	22	20	0,909	2007	0	0	0



Рис. 2. Зависимость  $K_g$  от продолжительности эксплуатации всех лифтов.

По данным табл. 2 можно определить зависимость коэффициента готовности (Кг) от продолжительности эксплуатации всех лифтов (пассажирских, грузопассажирских, грузовых и больничных) (рис. 2).

Величина коэффициента готовности  $k_g$  для ЛПУ колеблется в пределах 0,89 – 0,98.

Коэффициент технического использования по времени  $k_{ми}$  – отношение времени пребывания подъемной установки в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме времени производительной работы  $T_p$ , времени регламентируемых простоев  $T_{pn}$  на техническое обслуживание и времени ремонтов  $T_n$  за тот же период эксплуатации;  $k_{ми}$  – характеризует интенсивность использования лифтовой подъемной установки и определяется по формуле [2]:

$$k_{ми} = \frac{T_p}{T_p + T_{pn} + T_n} \quad (3)$$

При эксплуатации подъемных установок с длительным сроком службы меняются их функции, следовательно, меняется режим их работы. Лифт может выполнить в течение времени  $T_1$  функции основного подъема с коэффициентом использования  $k_{u1}^t$ , а затем в течении времени  $T_2$  – вспомогательного  $k_{u2}^t$ , в течение  $T_3$  – запасного  $k_{u3}^t$ . В данном случае коэффициент использования определяется по формуле [2]:

$$k_{ми} = \frac{k_{u1}^t T_1 + k_{u2}^t T_2 + k_{u3}^t T_3}{T_n + \Delta T} \quad (4)$$

Статистически коэффициент технического использования по времени определяется как

$$k_{ми} = \frac{\sum_{i=1}^N \xi_i}{NT_{экс.}} \quad (5)$$

где  $T_{экс.}$  – продолжительность эксплуатации, состоящая из времени работы и времени простоев (регламентируемых и не регламентированных).

Следовательно, фактическое время производительной работы за весь срок эксплуатации можно определить коэффициентом технического использования по времени  $k_{ми}$ . При этом учитывается система планово-предупредительного ремонта подъемной установки (лифта) (табл. 3).

Плановые ремонты по системе планово-предупредительного ремонта (ППР) подразделяются: на текущий – малый (М), средний (С) и капитальный (К), которые проводятся в соответствии с планом-графиком в объеме, предусмотренном для каждого вида ремонта. Коэффициент технического использования по времени может определяться в течение суток, месяца, года. Определим коэффициент технического использования по времени для пассажирских лифтов, учитывая этажность и данные табл. 3.

По данным табл. 4 получим график изменения коэффициента технического использования (Кти) в зависимости от продолжительности эксплуатации и обслуживания пассажирских лифтов (рис. 3).

Таблица 3

Структура и периодичность циклов пассажирских лифтов с автоматическими раздвижными дверями в зависимости от числа обслуживаемых этажей

Группа лифтов	Этажность	Цикл	Чередование ремонтных работ в цикле	Продолжительность цикла, лет	Число ремонтов		
					больших	средних	малых
I	4–6	Первый	К-М-М-М-М-С-М-М-М-М-М-К	12	1	1	10
		Последующий	К-М-М-М-М-С-М-М-М-М-К	10	1	1	8
II	7–9	Первый	К-М-М-М-М-С-М-М-М-К	10	1	1	8
		Последующий	К-М-М-М-С-М-М-М-К	8	1	1	6
III	10–15	Первый	К-М-М-М-С-М-М-М-К	8	1	1	6
		Последующий	К-М- М-С-М-М-К	8	1	1	4
IV	16–24	Первый	К-М- М-С-М-М-К	6	1	1	4
		Последующий	К-М- С-М-К	4	1	1	2

Коэффициент технического использования, полученный в результате исследования пассажирских лифтов, вводимых в эксплуатацию с 1974 по 2007 г. при  $N_u = 1$ 

Год	Тр.	Тэсп.	Кти	Год	Тр.	Тэсп.	Кти
1972	35	33	0,942857	1991	16	15	0,9375
1974	33	31	0,939394	1992	15	14	0,933333
1975	32	30	0,9375	1993	14	13	0,928571
1976	31	30	0,967742	1994	13	12	0,923077
1977	30	29	0,966667	1995	12	11	0,916667
1978	29	28	0,965517	1996	11	10	0,909091
1979	28	27	0,964286	1997	10	9	0,9
1980	27	26	0,962963	1998	9	8	0,888889
1981	26	25	0,961538	1999	8	7	0,875
1982	25	24	0,96	2000	7	6	0,857143
1983	24	23	0,958333	2001	6	5	0,833333
1984	23	22	0,956522	2002	5	4	0,8
1985	22	21	0,954545	2003	4	3,5	0,875
1986	21	20	0,952381	2004	3	2,5	0,833333
1987	20	19	0,95	2005	2	1,5	0,75
1988	19	18	0,947368	2006	1	0	0
1989	18	17	0,944444	2007	0	0	0
1990	17	16	0,941176				

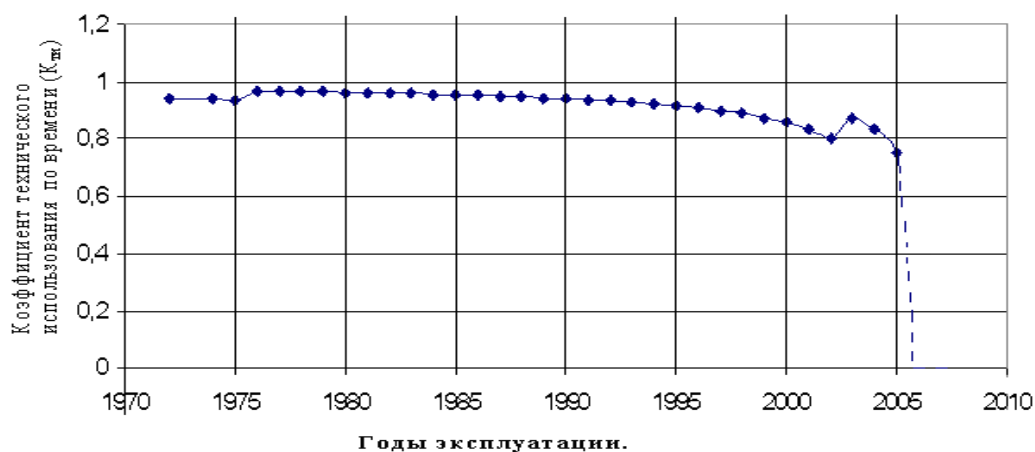
Рис. 3. Изменение К<sub>ти</sub> в зависимости от продолжительности эксплуатации и обслуживания пассажирских лифтов.

Таблица 5

Коэффициент технического использования для всех лифтов,  
введенных в эксплуатацию с 1964 по 2007г.

Год	Тр	Тэсп.	Кти.	Год	Тр.	Тэсп.	Кти
1964	41	43	0,953488	1986	20	21	0,952381
1965	40	42	0,952381	1987	19	20	0,95
1966	39	41	0,95122	1988	18	19	0,947368
1967	38	40	0,95	1989	17	18	0,944444
1968	37	39	0,948718	1990	16	17	0,941176
1969	36	38	0,947368	1991	15	16	0,9375
1970	35	37	0,945946	1992	14	15	0,933333
1971	34	36	0,944444	1993	13	14	0,928571
1972	33	35	0,942857	1994	12	13	0,923077
1973	32	34	0,941176	1995	11	12	0,916667
1974	31	33	0,939394	1996	10	11	0,909091
1975	30	32	0,9375	1997	9	10	0,9
1976	30	31	0,967742	1998	8	9	0,888889
1977	29	30	0,966667	1999	7	8	0,875
1978	28	29	0,965517	2000	6	7	0,857143
1979	27	28	0,964286	2001	5	6	0,833333
1980	26	27	0,962963	2002	4	5	0,8
1981	25	26	0,961538	2003	3,5	4	0,875
1982	24	25	0,96	2004	2,5	3	0,833333
1983	23	24	0,958333	2005	0,5	2	0,25
1984	22	23	0,956522	2006	0	1	0
1985	21	22	0,954545	2007	0	0	0

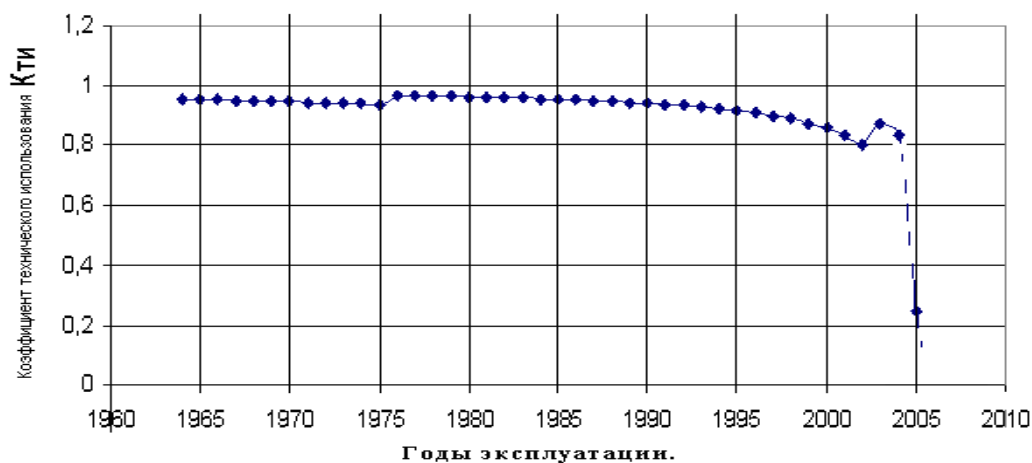


Рис. 4. Изменение Кти в зависимости от продолжительности эксплуатации и обслуживания лифтов различного назначения.

По данным табл. 5 получили график изменения коэффициента технического использования в зависимости от продолжительности эксплуатации и обслуживания всех лифтов: пассажирских, грузопассажирских, грузовых и больничных (рис. 4).

Таким образом, проведенный анализ аналитических исследований допустимых статических нагрузок лифтовых подъемных установок показал:

- одним коэффициентом готовности одновременно определяются безотказность и ремонтпригодность ЛПУ;
- коэффициентом технического использования по времени  $k_{ти}$  определяется фактическое время производительной работы за весь срок эксплуатации ЛПУ;
- существует реальная возможность продления срока службы указанного оборудования, отработавшего нормативный срок с точки зрения показателей надежности.

### Литература

1. Справочник по расчету надежности / Б.А. Козлов, И.А. Ушаков. – М.: Советское радио, 1975. – 472 с.
2. Кубачек В.Р., Куклин Л.Г. Основы надежности горных машин. – Свердловск: СГИ, 1982. – 78 с.
3. Федорова З.М., Лукин И.Ф., Нестеров А.П. Подъемники. – Киев: Вища школа, 1976. – 294 с.
4. Афанасьев А.И., Потапов В.Я. Математическая обработка результатов эксперимента: Учебное пособие. – 2-е изд. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. – 148 с.
5. Волков Д.П., Кубачек В.Р., Куклин Л.Г. Повышение качества надежности машин. – М.: Машиностроение, 1974. – 79с.
6. Методические указания по проведению обследования подъемной машины с целью определения возможности ее дальнейшей эксплуатации. – Свердловск: Минцветмет СССР, 1983. – 29 с.