

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 ξ_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 | | | | |

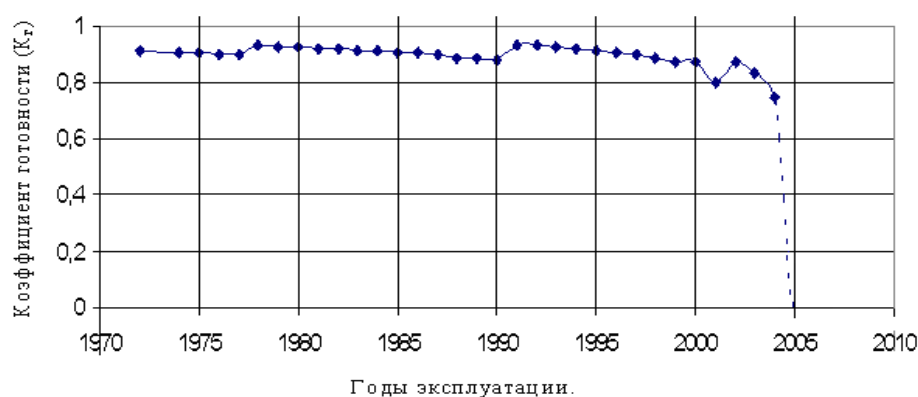


Рис. 1. Зависимость коэффициента готовности от продолжительности эксплуатации.

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 |

Таблица 4

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 | | | | |

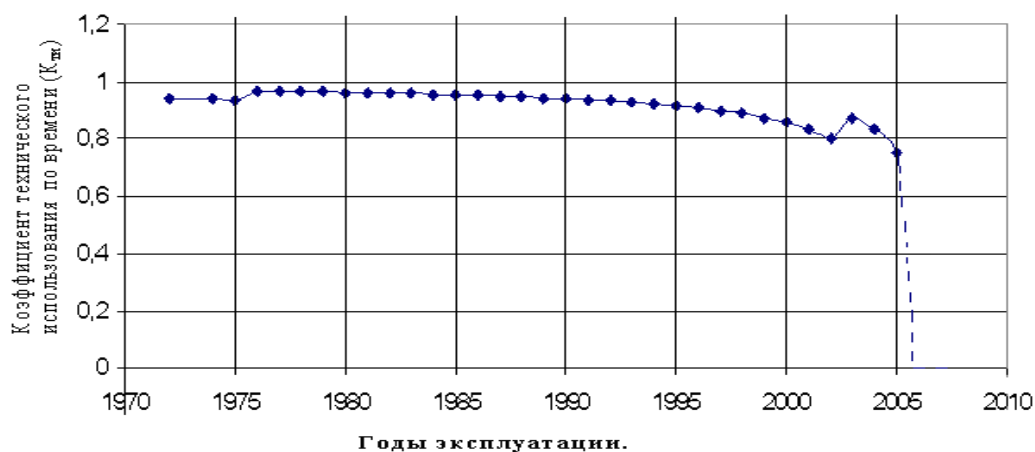


Рис. 3. Изменение Кти в зависимости от продолжительности эксплуатации и обслуживания пассажирских лифтов.

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 | 0,951222 | 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 |

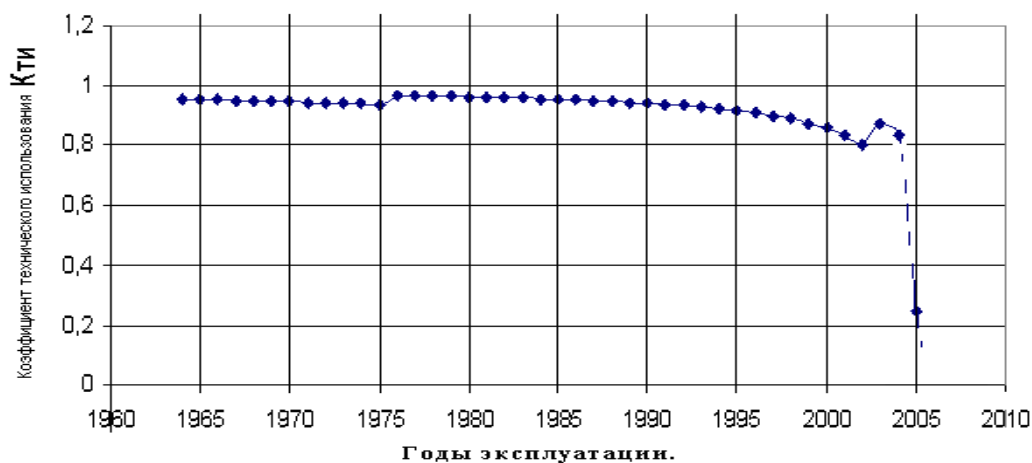


Рис. 4. Изменение Кти в зависимости от продолжительности эксплуатации и обслуживания лифтов различного назначения.

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.