

УДК 622: 658. 513 (0.75) (575.2) (04)

## К ВОПРОСУ О ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК, ОТРАБОТАВШИХ НОРМАТИВНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ

*П.И. Пахомов* – докт. техн. наук

*Т.В. Лядышева* – аспирантка

---

At this work described basic question with further exploitation lifting devices used their normative service life.

В данной статье изложены основные положения для рассмотрения подъемников, как многомассовых систем, с целью установления длительно допустимых нагрузок, возникающих в их элементах при переходных процессах.

Для оценки их прочности и долговечности приводится методика расчета основных элементов подъемников (канатоведущих органов, тормозных систем, подъемных сосудов).

В число подъемно-транспортных средств входит большая группа, объединенная общим названием “Подъемники”, которые:

- являются стационарно установленными в отличие от передвижных кранов и строительных подъемников;
- работают циклично, т.е. их движение чередуются с остановками (паузами) в отличие от непрерывного транспорта;
- производят транспортировку как штучных, так и насыпных грузов в специальных сосудах, передвигающихся при помощи канатов, что отличает их от других транспортных средств;
- движение сосудов происходит по постоянной (зафиксированной) траектории, для вертикальных подъемников – по направляющим, в которых движутся сосуды, а для наклонных подъемников – по рельсовым путям, по которым сосуды передвигаются на колесах.

По назначению подъемники подразделяют на:

а) лифтовые (грузовые, грузопассажирские и пассажирские), устанавливаемые в вертикальных шахтах, для обслуживания зданий различного назначения: жилых домов, промышленных предприятий, административных зданий, зрелищных, учебных и других заведений;

б) подъемные установки для передвижения полезного ископаемого, породы, людей, оборудования и материалов по вертикальным и наклонным шахтным стволам;

в) открытые, рельсы которых укладываются на земле (карьеры, отвалы, склады, фуникулеры) или на специальных металлоконструкциях (доменные, строительные и др.).

Подъемники, например, лифтов, работают по различным методикам, хотя все они имеют общие принципы действия, законы движения и нагрузки, возникающие в их элементах. При их проектировании производят проверку основных деталей на прочность и долговечность.

Статическая прочность характеризует несущую способность детали при действии наибольшей кратковременной нагрузки. Для определения статического запаса прочности можно использовать формулу, предложенную Ю.Р. Бредихиным [1]:

$$n = \frac{\delta_T}{\delta_{max}} \geq 2, \quad (1)$$

где  $\delta_T$  – предел текучести материала;  $\delta_{max}$  – максимально возможное напряжение в детали.

В процессе работы подъемников проверяется способность детали выдерживать необходимое число циклов напряжений, зависящее от требуемого срока эксплуатации.

Установлено, что в процессе работы деталь испытывает переменные напряжения, амплитуда которых значительно меньше предела прочности, поэтому со временем в ее наиболее напряженном месте возникают микротрещины, которые, постепенно развиваясь при работе детали, проникают в глубь материала, приводят ее к разрушению. Явление понижения прочности материала при переменных напряжениях за счет прогрессивно развивающихся микротрещин называют усталостью материала.

Усталостные характеристики материалов обычно представляют в виде кривых усталости, показывающих зависимость количества циклов до разрушения от величины амплитуды измеряемого напряжения.

Наибольшее по абсолютной величине напряжение, соответствующее базовому числу циклов  $N_B = 10^6 \dots 10^8$ , которые может выдерживать материал детали, называется пределом его выносливости  $\delta_{-1}$ .

Если на деталь действует переменная нагрузка, амплитуда напряжения которой  $\delta_a = \frac{\delta_{max} - \delta_{min}}{2}$  изменяется по симметричному циклу и не превышает предел усталости, то запас прочности по выносливости характеризуется выражением:

$$n_B = \frac{(\delta_{-1})_D}{\delta_a}, \quad (2)$$

где  $\frac{(\delta_{-1})_D}{\delta_a} = \frac{kr}{E} \delta_{-1}$  – предел выносливости

с учетом масштабного фактора и концентрации напряжений;

$kr$  – коэффициент, характеризующий концентрацию напряжений;

$E$  – коэффициент влияния абсолютных размеров детали;

$\delta_{max}, \delta_{min}$  – соответственно наибольшее и наименьшее значения периодически изменяющегося напряжения. Если на деталь действует ступенчато изменяющаяся нагрузка с амплитудами напряжений  $\delta_{ai}$ , на каждой ступени, запас прочности по выносливости определяется по формуле [1]:

$$n_B = \frac{(\delta_{-1})_D}{(\delta_a)_{np}}, \quad (3)$$

где  $(\delta_a)_{np}$  – эквивалентное, симметричное напряжение.

По усталостному воздействию эквивалентное, симметричное напряжение соответствует действующей нагрузке и определяется из выражения:

$$(\delta_a)_{np} = \delta_{av} k_{dl}, \quad (4)$$

где  $\delta_{av}$  – амплитуда напряжения, соответствующая наибольшей из длительно действующих ступенчатых переменных нагрузок;

$k_{dl}$  – коэффициент долговечности:

$$k_{dl} = \sqrt[n]{\frac{1}{a} \sum_{i=1}^{i=k} \left( \frac{\delta_{ai}}{\delta_{av}} \right)^m \frac{N_i}{N_B}}, \quad (5)$$

где  $a = 1 \dots 1,3$  – коэффициент сопротивления нагрузкам;

$N_B$  – параметры кривой усталости;

$N_i$  – число циклов нагружения детали при действии напряжений  $\delta_{ai}$ ;

$k$  – число ступеней нагрузки.

В случае действия переменной нагрузки, амплитуда которой изменяется по плавной кривой, напряжение описывается временной функцией  $\delta_a(t)$ , а коэффициент долговечности:

$$k_{дл} = \sqrt[m]{\frac{1}{a \delta_a^m N_B} \int_0^{T_p} \delta_a^m(t) N(t) dt}, \quad (6)$$

где  $T_p = v \frac{t_d + Q}{3600}$  – расчетный срок службы детали в часах;

$t_0$  – продолжительность одного цикла подъема, с;

$Q$  – продолжительность паузы между подъемами;

$n_r, t_r, i_q, i_{лет} = v$  – число подъемов за весь срок службы детали;

$n_r$  – число подъемов в 1 час;

$t_r$  – число часов работы подъемника в сутки;

$i_q$  – число рабочих дней в году;

$i_{лет}$  – число лет работы подъемника;

$N(t)dt$  – текущее число циклов, которое испытывает деталь за время  $dt$ .

Усталостные дефекты возникают в условиях эксплуатации вследствие физического износа, а также неправильного технического обслуживания оборудования. Эти дефекты сильно влияют на техническое состояние деталей и узлов оборудования.

Усталость материала – один из видов физического износа, процесс постепенного изменения работоспособности деталей под воздействием переменных по величине и направлению нагрузок. Усталость проявляется в виде трещин, называемых усталостными, которые возникают преимущественно в деталях, испытывающих при работе многократные законопеременные нагрузки. Чаще всего они возникают в местах концентрации напряжений – расположения технологических дефектов типа неисправностей, галтелях, у отверстий, в местах перехода, глубоких рисок и т.д. Возникновению усталостных трещин способствуют также структурная неоднородность металла и местные повреждения в виде забоин, рисок, вмятин, царапин, появляющихся при неправильном техническом обслуживании оборудования.

К физическому износу относятся механический и коррозионный, также представляющие опасность, поскольку при этом уменьшается сечение металла, рассчитанное на определенную нагрузку. Особенно вредно влияние коррозии при одновременном воздействии на деталь переменных нагрузок. Наличие тех или иных дефектов само по себе не определяет потерю работоспособности деталей. Их опасность, наряду с влиянием собственных характеристик (вид, форма, размеры и т.д.), зависит от большого числа конструктивных и эксплуатационных факторов.

Возможные конкретные дефекты в зависимости от их влияния на эксплуатационные свойства технических средств относятся к критическим, значительным или малозначительным.

Критический – дефект, при котором использование оборудования по назначению практически невозможно или исключено в соответствии с требованиями безопасности.

Значительный – дефект, который существенно влияет на использование оборудования по назначению и (или) на его долговечность, но не является критическим.

Малозначительный – дефект, который не оказывает существенного влияния на использование оборудования по назначению, на его долговечность.

Доказано, что наиболее опасны трещиноподобные дефекты (особенно трещины), поскольку служат сильными концентраторами напряжений и развиваются в процессе эксплуатации оборудования; наименее опасны – объемные дефекты (например, поры). Поэтому к критическому дефекту чаще всего относят трещины, а к малозначительному – поры. Влияние величины не провара на величину прочности принято считать пропорциональным относительной его величине при статической нагрузке и пластичном материале; влияние не провара также определяется разностью в прочности металла шва и основного металла. При малопластичном материале, а также при динамической или вибрационной нагрузках сравнительно небольшие дефекты могут существенно влиять на усталостную прочность. Обнаруженные при контроле недопустимые дефекты могут быть устранимыми или неустраняемыми. Устранимый – дефект, устранение которого технически возможно и экономически целесообразно. Неустраняемый – дефект, устранение которого технически невозможно или экономически нецелесообразно.

Для своевременного выявления недопустимых повреждений оборудования применяют диагностирование.

Техническое диагностирование является одним из важнейших направлений в повышении эффективности и качества эксплуатации оборудования, увеличивает межремонтную наработку, своевременно предотвращает отка-

зы и соответственно сокращает затраты труда и средств на техническое обслуживание и ремонт техники. Наибольший экономический эффект от диагностирования достигается за счет снижения трудоемкости контроля и повышения достоверности информации о техническом состоянии при невысокой стоимости средств диагностирования.

Эти задачи наилучшим образом решаются в случае применения электрических методов измерения с использованием электронной аппаратуры и особенно при наличии средств автоматизированного диагностирования, позволяющих свести к минимуму участие мастера-диагноста в получении и обработке измерительной информации и оптимизировать процесс диагноза путем реализации ряда перспективных универсальных диагностических методов (в том числе виброакустического, вибрационного, методов, основанных на анализе неустановившихся и переходных режи-

мов), недоступных для реализации механическими средствами.

Следовательно, определить возможность дальнейшей эксплуатации подъемных установок, отработавших нормативный срок службы, можно на основе:

- визуального осмотра;
- оценки технического состояния;
- соответствия с паспортными данными;
- фактических условий эксплуатации.

#### ***Литература***

1. Федорова З.М., Лукин И.Ф., Нестеров А.П. Подъемники. – Киев: Вища школа, 1976. – 296 с.
2. Гончаров И.Б., Матангин К.М. Дефектоскопия оборудования в угольной промышленности. – М.: Недра, 1990. – 149 с.
3. Колчин А.В. Датчики средств диагностирования машин. – М.: Машиностроение, 1984. – 120 с.