

### РАСЧЕТ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЗДАНИЙ

*Пермяков Михаил Борисович*

*Декан архитектурно-строительного факультета ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, кандидат технических наук*

С каждым годом основные фонды предприятий устаревают, зачастую в условиях факторов, отрицательно влияющих на состояние строительных конструкций. В настоящее время в эксплуатации находится большое количество зданий, отработавших нормативный срок эксплуатации. Аварии данных объектов могут привести не только к экономическим потерям, но и к существенному нанесению ущерба окружающей среде. К таким опасным производственным объектам относятся практически все здания основных производств промышленных предприятий.

Исходя из этого актуальным становится вопрос об остаточном ресурсе зданий и возможности продления срока их эксплуатации.

В качестве базовой концепции для расчета остаточного ресурса зданий предлагается подход, основанный на принципе "безопасной эксплуатации по техническому состоянию". Согласно данному подходу оценка технического состояния объекта осуществляется по параметрам технического состояния, обеспечивающим его надежную и безопасную эксплуатацию согласно нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации, а остаточный ресурс – по определяющим параметрам технического состояния. В качестве последних принимаются параметры, изменение которых (в отдельности или в некоторой совокупности) может привести объект в неработоспособное или предельное состояние.

В зависимости от критериев предельного состояния и условий эксплуатации объекта параметрами его технического состояния служат:

- характеристики материалов (предел текучести, предел прочности, твердость, трещиностойкость, пределы выносливости, длительной прочности, ползучести, химический состав, характеристики микроструктуры и т.д.);
- коэффициенты запасов прочности (по пределам текучести, прочности, длительной прочности, ползучести, трещиностойкости, устойчивости, по числу циклов или напряжениям при расчетах на циклическую прочность);
- технологические показатели (температура, параметры вибрации, режимы работы и т.д.).

Оценка параметров технического состояния и выбор критериев осуществляются по результатам анализа технической документации, данных оперативной (функциональной) диагностики, экспертного обследования.

Прогнозирование остаточного ресурса или установление назначенного ресурса осуществляется согласно закономерностям изменения определяющих параметров, полученным при анализе механизмов развития повреждений и (или) по результатам измерения функциональных показателей.

Анализу технической документации подлежат:

- нормативно-техническая, конструкторская (проектная) и эксплуатационная, в том числе монтажная и ремонтная, документация;
- техническая документация и научно-техническая информация по отказам и повреждениям по парку объектов и аналогичному оборудованию.

При анализе технической документации рассматриваются:

- паспорт на здание и (или) сооружение;
- комплект общестроительных чертежей с указанием всех изменений, внесенных при производстве работ, и отметок о согласовании этих изменений с проектной организацией, разработавшей проект;
- акты приемки здания (сооружения) в эксплуатацию с указанием недоделок, акты устранения недоделок;
- акты приемочных испытаний, проведенных в процессе эксплуатации;
- технический журнал по эксплуатации здания (сооружения);
- акты на скрытые работы и акты промежуточной приемки отдельных ответственных конструкций;
- журналы производства работ и авторского надзора;
- материалы геодезических съемок;
- журналы контроля качества работ;
- сертификаты, технические паспорта, удостоверяющие качество конструкций и материалов;
- акты противокоррозионных и окрасочных работ;
- акты результатов периодических осмотров конструкций;
- акты расследования аварий и нарушений технологических процессов, влияющих на условия эксплуатации здания (сооружения);
- отчеты, документы и заключения специализированных организаций о ранее выполненных обследованиях;
- установленные нормативные сроки эксплуатации;
- документы о текущих и капитальных ремонтах, усилениях конструкций;
- документы, характеризующие фактические технологические нагрузки и воздействия и их изменения в процессе эксплуатации;
- документы, характеризующие фактические параметры внутри цеховой среды (состав и концентрация газов, влажность, температура, тепло- и пылевыведение и т.д.);
- технологические регламенты и другую документацию;
- отчеты по инженерно-геологическим условиям территории, на которой расположено здание (сооружение);

- декларацию промышленной безопасности опасного производственного объекта (в установленных законодательством Российской Федерации случаях).

При анализе условий эксплуатации рассматриваются:

- технологические режимы;
- режимы нагрузений;
- температурные воздействия;
- эксплуатационная среда;
- факторы, влияющие на безопасную эксплуатацию (факторы риска аварий).

К факторам риска аварий относятся:

- близкое расположение других опасных производственных объектов;
- близко расположенные подземные коммуникации, магистральных газопроводов и линий электропередач;
- близко расположенные железнодорожные станции (пути), автомобильные дороги, аэродромы;
- территориальные, инженерно-геологические и климатические факторы.

Цель оперативной диагностики – получение данных о техническом состоянии обследуемого объекта.

При оперативной диагностике проводятся:

- ранжирование элементов здания на группы конструкций;
- проведение обследования конструкций с оценкой состояния конструкций.

Основными группами элементов конструкций металлических каркасов одноэтажных промышленных зданий являются:

- колонны (постоянного по высоте сечения, переменного по высоте сечения (ступенчатые), отдельные – в виде двух стоек, жестко связанных между собой);
- несущие элементы покрытия (стропильные и подстропильные фермы, фермы фонарей, прогоны);
- подкрановые конструкции (подкрановые балки (фермы), тормозные балки или фермы)
- связи (связи между колоннами, связи по покрытию).

Результатом диагностики является дефектная ведомость с указанием технического состояния конструкций.

Цель экспертного обследования - получение информации о реальном техническом состоянии объекта, наличии в нем повреждений, выявление причин и механизмов их возникновения и развития.

Экспертное обследование здания включает в себя:

### 1. Обследование конструкций:

- 1.1 определение фактических размеров сечений конструкций и соединений, их пространственное положение;
- 1.2 проверка соответствия конструкций проектной документации, фактической геометрической неизменяемости, выявление отклонений,

дефектов и повреждений элементов и узлов конструкций с составлением ведомостей дефектов и повреждений;

1.3 уточнение фактических и прогнозируемых нагрузок и воздействий;

1.4 установление фактических физико-механических свойств материалов конструкций;

1.5 проверка фундаментов, деформаций каркаса здания и несущей способности грунта при выявлении осадок фундаментов.

2. Проверочный расчет, при этом необходимо выполнить следующие работы:

- выбрать расчетную схему конструкций с учетом выявленных при обследовании отклонений, дефектов и повреждений, фактических нагрузок и свойств материалов конструкций;

- проверить несущую способность элементов, узлов и соединений. Выявить те из них, которые не удовлетворяют условиям прочности, жесткости и устойчивости.

По результатам проведенного экспертного обследования определяется техническое состояние конструкций и выполняется экспертная оценка остаточного ресурса.

Экспертная оценка основывается на:

– анализе технической и эксплуатационной документации;

– анализе условий эксплуатации;

– результатах полученных данных визуального и измерительного контроля, инструментального контроля, неразрушающих испытаний, определения пространственного положения конструкций;

– результатах проверочного расчета.

Техническое состояние конструкций подразделяется на пять уровней: исправное; работоспособное; ограниченно работоспособное; недопустимое и аварийное.

На основании анализа полученных результатов и опыта эксплуатации принимается решение о продлении эксплуатации здания с назначением остаточного ресурса либо о необходимости проведения расчета остаточного ресурса.

Остаточный ресурс объекта необходимо устанавливать на основе совокупности имеющейся информации прогнозированием его технического состояния по определяющим параметрам до достижения предельного состояния.

Во время прогнозирования величины остаточного ресурса должно быть обеспечено выполнение (одновременное) следующих условий:

– известны параметры технического состояния здания;

– известны определяющие параметры технического состояния, изменяющиеся соответственно выявленному механизму повреждения элементов объекта;

– назначены критерии предельных состояний объекта, достижение которых возможно при развитии выявленных повреждений.

Критериями расчета остаточного ресурса зданий с металлическими каркасами являются:

- физический износ;
- статическая прочность с учетом дефектов и температурного воздействия;
- коррозия;
- усталость.

Расчет остаточного ресурса может выполняться как по одному, так и по нескольким критериям.

В общем случае выбор метода расчета остаточного ресурса по тому или иному критерию должен обосновываться точностью и достоверностью полученных данных, а также требованиями точности и достоверности прогнозируемого ресурса объекта и риска его дальнейшей эксплуатации.

Для более точного расчета остаточного ресурса при необходимости могут проводиться экспериментальные исследования конструкций, а именно: тензометрия и (или) акустическая эмиссия.

Расчеты остаточного ресурса по критериям предельных состояний проводятся по следующим методам:

### 1) Расчет остаточного ресурса в зависимости от физического износа

Общая оценка повреждаемости сооружения производится по формуле

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \cdot \varepsilon_1 + \alpha_2 \cdot \varepsilon_2 + \dots + \alpha_i \cdot \varepsilon_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$  – максимальные повреждения отдельных видов конструкций;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$  – коэффициенты значимости отдельных видов конструкций.

Относительная оценка повреждаемости сооружения производится по формуле

$$\lambda = 1 - \varepsilon. \quad (2)$$

Постоянная износа определяется по данным обследования

$$\lambda = \frac{-\ln \gamma}{t_\varphi}, \quad (3)$$

где  $t_\varphi$  – срок службы в годах на момент проведения экспертизы.

Срок службы здания с начала эксплуатации до капитального ремонта определяется по формуле, в годах:

$$T = \frac{0,16}{\lambda}, \quad (4)$$

## 2) Расчет остаточного ресурса по статической прочности

Остаточный ресурс по критерию предельного состояния – допускаемому напряжению составляет:

$$T_{\kappa}(T_{\vartheta}) = \frac{\sigma_{\varepsilon}(t) - [\sigma]}{\alpha_{\sigma}}, \quad (5)$$

где  $\sigma_{\varepsilon}(t)$  – предел прочности на момент проведения обследования;

$[\sigma]$  – предел прочности по расчету;

$\alpha_{\sigma}$  – скорость снижения механических свойств.

Скорость снижения механических свойств:

$$\alpha_{\sigma} = \frac{\sigma_{\varepsilon} - \sigma_{\varepsilon}(t)}{t}, \quad (6)$$

где  $\sigma_{\varepsilon}$  – нормативный предел прочности;

$t$  – время от начала эксплуатации до момента проведения обследования.

## 3) Расчет остаточного ресурса по коррозионному износу конструкций

Остаточный ресурс конструкций здания, подвергшихся коррозии определяется по формуле

$$T_{\kappa} = \frac{S_{\phi} - S_{\text{p}}}{\alpha}, \quad (7)$$

где  $S_{\phi}$  – фактическая минимальная толщина стенки элемента, мм;

$S_{\text{p}}$  – расчетная величина стенки элемента, мм;

$\alpha$  – скорость равномерной коррозии, мм/год.

Скорость равномерной коррозии  $\alpha$  определяется следующим образом:

$$\alpha = \frac{S_{\text{u}} - S_{\phi}}{t}, \quad (8)$$

где  $S_{\text{u}}$  – исполнительная толщина стенки элемента, мм;

$t$  – время от момента начала эксплуатации до момента проведения обследования, лет.

## 4) Расчет остаточного ресурса по усталости конструкций

Ресурс циклической работоспособности определяется по формуле:

$$T_{\text{u}} = \frac{T_{\vartheta}[N]}{N_3}, \quad (9)$$

где  $T_{\vartheta}$  – время эксплуатации с момента начала эксплуатации, лет;

$[N]$  – допустимое количество циклов нагружения;

$N_3$  – количество циклов нагружения за период эксплуатации.

Ресурс остаточной работоспособности определяется по формуле:

$$T_{ост(ц)} = T_ц - T_э. \quad (10)$$

По результатам расчетов остаточного ресурса делается оценка ресурса отдельных конструктивных элементов здания, частей здания либо здания в целом.

При расчете остаточного ресурса по нескольким критериям ресурс назначается по минимальному значению.

На основании данных по оценке технического состояния объекта и остаточного ресурса принимается обоснованное решение о возможности дальнейшей эксплуатации объекта в соответствии с остаточным или назначенным ресурсом или его ремонте, снижении рабочих параметров, использованию по иному назначению или выводу из эксплуатации.

### Библиографический список

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N 116-ФЗ
2. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
3. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.