

3. Часть ригелей (P2, P3, P5, P6, P8) имеют дефекты и повреждения, которые снижают несущую способность конструкций: абразивный износ и разрушения бетона полков, коррозионный износ футеровки, разрушение защитного слоя, оголение и разрывы отдельных прядей предварительно-напряженной арматуры и др.

4. Ригели P2, P3, P5, P6, P8 необходимо усилить. Усиление конструкций выполнить по специально разработанному проекту.

5. После выполнения работ по усилению конструкций необходимо проводить регулярные осмотры (не реже 2 раз в год) и технические освидетельствования (не реже 1 раза в 5 лет) с целью недопущения деградации конструкций и своевременного восстановления их эксплуатационной пригодности.

Литература

- [1] СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 192 с.
- [2] СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Минстрой России. – М.: ГИ ЦПП, 1996. – 76 с.
- [3] ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування / Мінбуд України. – Київ: Мінбуд України, 2006. – 60 с.
- [4] Методичні рекомендації з питань обстежень деяких частин будівель (споруд) та їх конструкцій / Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. – Київ: Держбуд України, 1999. – 153 с.

Надійшла до редколегії 12.08.2008 р.

УДК 624.074

Планирование мероприятий по обслуживанию несущих конструкций одноэтажных промышленных зданий

Губанов В.В., к.т.н., Пчельников С.Б., к.т.н.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
Украина

Анотація. У статті розглядається порядок планування заходів щодо контролю дійсного стану конструкцій і їх поточного ремонту з використанням принципів попереджувальної експлуатації. Пропонований підхід дозволяє оптимізувати витрати на обслуговування конструкцій шляхом урахування їх поточного технічного стану і необхідних показників стану конструкцій в конкретний момент часу.

Аннотация. В статье рассматривается порядок планирования мероприятий по контролю текущего состояния конструкций и их текущему ремонту с использованием принципов предупредительной эксплуатации. Предлагаемый подход позволяет оптимизировать затраты на обслуживание конструкций путем учета их действительного технического состояния и требуемых показателей состояния конструкций в конкретный момент времени.

Abstract. In the article the procedure is considered on planning the measures regarding evaluation of technical condition of constructions and their current repairs having applied the principles of preventive operation. The suggested approach allows to optimize the costs for construction maintenance by means of consideration of their current technical condition and required structure state indices at the particular point in time.

Ключевые слова: несущие конструкции, эксплуатация, вероятность безотказной работы.

Введение. Состояние строительных конструкций промышленных зданий в настоящее время требует проведения мероприятий по поддержанию конструкций в работоспособном состоянии. Такими мероприятиями являются осмотры, обследования и ремонты. Проведение этих мероприятий регламентируется нормативными документами в четко определенные промежутки времени и практически не зависит от текущего состояния конструкций. Такой плановый подход к проведению эксплуатационных мероприятий является недостаточно эффективным, поскольку:

- существует риск не отследить вовремя изменение состояния конструкции в период интенсивного накопления повреждений;
- в период нормальной работы плановая периодичность проведения эксплуатационных мероприятий может оказаться завышенной, что приводит к нерациональным затратам трудовых ресурсов, а в случае привлечения для проведения таких мероприятий посторонних организаций – и экономическим затратам.

Наиболее эффективно использование принципов предупредительной эксплуатации при планировании эксплуатационных мероприятий, которая позволяет гибко регулировать сроки и объем проводимых мероприятий либо планировать эксплуатационные мероприятия на конкретный период времени в зависимости от изменения состояния конструкций.

Рассматривается порядок планирования мероприятий по контролю текущего состояния и ремонту конструкций с использованием принципов предупредительной эксплуатации.

Нормативные документы регламентируют периодичность проведения осмотров и объем контролируемых конструкций при каждом осмотре. Таким образом, для каждого типа конструкций можно выделить цикл осмотров $t_{ц}$ т.е. время, за которое происходит осмотр каждой конструкции данного вида в цеху. Величину цикла можно определить по формуле

$$t_{ц} = \frac{t_{осм}}{V_{осм}}, \quad (1)$$

где $t_{осм}$ – периодичность проведения осмотра конструкций данного типа;
 $V_{осм}$ – объем осматриваемых конструкций за один раз.

Устанавливая в качестве цели контроль показателей работоспособности конструкций, можно планировать объем и сроки проведения осмотров различного типа конструкций. Показателями работоспособности конструкций могут быть: показатели НДС элементов; показатели надежности отдельных элементов или конструкций; оценка технического состояния конструкций по различным критериям, выраженная количественно. В работе в качестве показателя работоспособности конструкций рассматривается вероятность безотказной работы отдельных элементов и конструкций.

В качестве возможных критериев технического состояния конструкций при разработке графика проведения осмотров можно рассматривать:

- требуемое (допустимое) значение вероятности безотказной работы;
- допустимую точность определения показателей надежности конструкций (максимально допустимый разброс).

Предлагается порядок планирования текущих осмотров и ремонтов:

1. Определение требуемых значений вероятности безотказной работы элементов и конструкций.
2. Определение зависимости изменения вероятности безотказной работы элементов и конструкций в процессе эксплуатации и прогнозирование величин вероятности безотказной работы на весь срок службы здания.

3. Определение граничных сроков проведения осмотров различных конструкций.

4. Корректировка графика по мере проведения мероприятий по надзору.

Рассмотрим более подробно каждый пункт.

Требуемые значения вероятности безотказной работы элементов и конструкций определяются, исходя из двух принципов:

- требуемое значение вероятности безотказной работы назначается собственником объекта с учетом требований нормативных документов по безопасной эксплуатации строительных конструкций;
- требуемое значение вероятности безотказной работы не может быть меньше минимально допустимой вероятности безотказной работы.

Определение зависимости изменения вероятности безотказной работы элементов и конструкций в процессе эксплуатации и прогнозирование величин вероятности безотказной работы на весь срок службы здания.

Вероятность безотказной работы элемента (конструкции, здания в целом) в любой момент времени определяются в виде $P = P_{\min} \dots P_{\max}$, где P_{\min} и P_{\max} определяются с учетом максимально и минимально возможных значений повреждений. Прогнозирование изменения вероятности безотказной работы в процессе эксплуатации выполняются в следующем порядке:

1. Первоначально изменение вероятности безотказной работы в процессе эксплуатации предлагается считать линейно-зависимым от времени и характеризующимся скоростью износа $V_{\text{изн}}$. Первоначально скорость износа принимается равной нормативной скорости износа. Нормативная скорость износа $V_{\text{изн}}$ определяется по формуле

$$V_{\text{изн}} = \frac{P_{\text{нач}} - P_{\text{кон}}}{t}, \quad (2)$$

где $P_{\text{нач}}$ – начальное значение вероятности безотказной работы; $P_{\text{кон}}$ – конечное значение вероятности безотказной работы; t – нормативная продолжительность эксплуатации объекта.

Поскольку вероятность безотказной работы элемента зависит от уровня напряжений в нем, то можно записать:

$$P_{\text{нач}} = f(N_{\text{нач}}); \quad (3)$$

$$P_{\text{кон}} = f(N_{\text{кон}}), \quad (4)$$

где $N_{\text{нач}}$, $N_{\text{кон}}$ – несущая способность в начале периода и в конце эксплуатации.

Учитывая, что несущая способность является функцией нагрузок и сопро

тивлення материала и считая нагрузку неизменной (3) и (4) можно записать в виде

$$P_{\text{нач}} = f(R_{\text{нач}}); \quad (5)$$

$$P_{\text{кон}} = f(R_{\text{кон}}). \quad (6)$$

2. На основании полученных результатов строится зависимость изменения вероятности безотказной работы от времени эксплуатации – кривые $P_{\text{min}} = P - \Delta P$ и $P_{\text{max}} = P + \Delta P$ (рис. 1). Зависимости изменения показателей надежности во времени описывается формулами:

$$P_M = P_0 - P_t \frac{t_k - t_n}{t_0}; \quad (7)$$

$$P_{\text{min}} = (P_0 - \Delta P) - (P_t - \Delta P) \frac{t_k - t_n}{t_0}; \quad (8)$$

$$P_{\text{max}} = (P_0 + \Delta P) - (P_t + \Delta P) \frac{t_k - t_n}{t_0}, \quad (9)$$

где P_M – среднее значение величины показателя надежности в момент времени t_k ; P_{max} – максимально возможное значение величины показателя надежности в момент времени t_k ; P_{min} – минимально возможное значение величины показателя надежности в момент времени t_k ; P_t – среднее значение величины показателя надежности в момент времени t_n ; ΔP – прирост величины за время t_0 .

3. Корректировка зависимости производится на основании результатов проведенных мероприятий – уточнения величин $R_{\text{кон}}$ и, соответственно, $P_{\text{кон}}$. Вид скорректированной зависимости определяется путем аппроксимации имеющихся данных по наиболее соответствующему закону (как один из вариантов – применение метода наименьших квадратов).

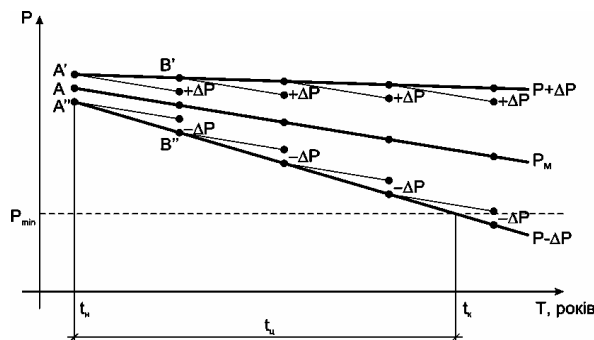


Рис. 1. Снижение вероятности безотказной работы объекта

Определение граничных сроков проведения осмотров различных конструкций предлагается выполнять с использованием значения вероятности безотказной работы P_{\min} (с позиции крайней осторожности), т.е. $t_{\text{ц}}$ предлагается находить из условия $P_{\min} = P_{\text{тр}}$. Соответственно (рис. 1) граничный срок проведения осмотров можно определить по формуле

$$t_{\text{ц}} = t_0 \cdot \frac{(P_{\text{нач}} - \Delta P) - P_{\text{тр}}}{Pt - \Delta P}, \quad (10)$$

где $P_{\text{нач}}$ – вероятность безотказной работы здания в начале рассматриваемого периода; t_0 – период, для которого определяется P_t .

Данную формулу можно преобразовать для определения граничного срока проведения i -го цикла осмотров:

$$t_{\text{ци}} = t_0 \cdot \frac{(P_{i-1} - \Delta P) - P_{\text{тр}}}{Pt - \Delta P}, \quad (11)$$

где P_{i-1} – вероятность безотказной работы конструкции после проведения $(i-1)$ -го цикла осмотров.

Используя формулу (1) возможно определить сроки и объем проведения отдельных осмотров, задаваясь одной из этих величин.

Рассматривая данный принцип разработки графика проведения осмотра, можно увидеть, что граничные сроки проведения осмотров постепенно уменьшаются, т.е. появляется вопрос: "А какое минимально допустимое значение граничного срока проведения осмотров?". Наиболее простым является следующий подход: промежуток времени между двумя последовательными циклами осмотров не может быть меньше, чем время, затрачиваемое на его проведение, и, при необходимости проведения ремонта, не может быть меньше, чем время подготовки к проведению ремонта, т.е.:

$$\begin{cases} t_{\text{ц}} \geq t_{\text{осм}}; \\ t_{\text{ц}} \geq t_{\text{подг.рем.}} \end{cases} \quad (12)$$

Или

$$\begin{cases} t_{\text{ц}} \geq \frac{T_p}{n}; \\ t_{\text{ц}} \geq t_{\text{подг.рем.}} \end{cases} \quad (13)$$

где T_p – трудоемкость проведения осмотра; n – количество человек в бригаде; $t_{\text{подг.рем.}}$ – время, необходимое на подготовительные работы по ремонту конструкций.

Корректировка графика проведения осмотров осуществляется в процессе их проведения путем уточнения кривой износа.

Как и осмотры, текущие ремонты предлагается планировать с учетом изменения вероятности безотказной работы конструкций. Срок проведения j -го текущего ремонта определяется по формуле

$$t_{p,i} = t_0 \cdot \frac{(P_{i-1} - \Delta P) - P_{тр}}{dP - \Delta P}. \quad (14)$$

В приведенном алгоритме очень важным является проблема определения вероятности безотказной работы после проведения эксплуатационных мероприятий. В конкретном случае эта проблема решается расчетным путем, однако данный подход неприменим при прогнозировании износа и планировании мероприятий по обслуживанию. Поэтому в данной работе предлагается принять следующие предположения:

- в первом приближении считать, что после проведения текущих осмотров вероятность безотказной работы принимает значение $P = P_M - \Delta P$;
- после проведения текущих ремонтов считать, что вероятность безотказной работы определяется без учета повреждений и зависит только от значения сопротивления материала в конкретный момент времени.

Графический процесс планирования текущих осмотров и ремонтов (рис. 2).

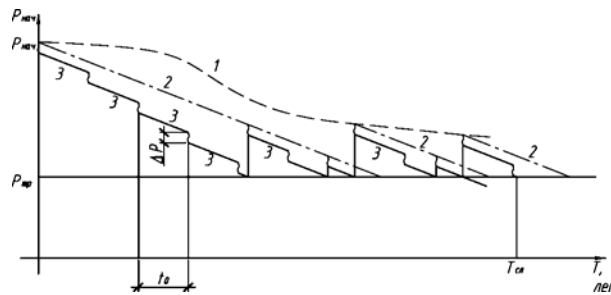


Рис. 2. График проведения текущих осмотров и ремонтов:

- 1 – кривая изменения вероятности безотказной работы вследствие усталости материала (снижения сопротивления материала); 2 – кривая изменения вероятности безотказной работы с учетом средних значений параметров повреждений; 3 – кривая изменения вероятности безотказной работы с учетом отклонений значений параметров повреждений от средних значений

Таким образом, в предложенной модели эксплуатации мероприятия проводится в случае снижения уровня безотказной работы до минимально допустимого значения.

Данный подход к планированию мероприятий по обслуживанию направлен на оптимизацию затрат по поддержанию конструкций в работоспособном

состоянии. Основными положениями предложенного подхода являются:

- Обеспечение заданного уровня надежности как отдельных конструкций, так и здания в целом.
- Учет особенностей эксплуатационного процесса и повреждаемости конструкций при составлении графиков проведения надзора за состоянием конструкций и графиков проведения ремонта конструкций.
- Оптимизация затрат на эксплуатацию конструкций путем учета индивидуальных особенностей повреждаемости для здания.

Использование данной методики позволяет упорядочить процесс обслуживания строительных конструкций, снизить трудозатраты и стоимость проведения эксплуатационного процесса.

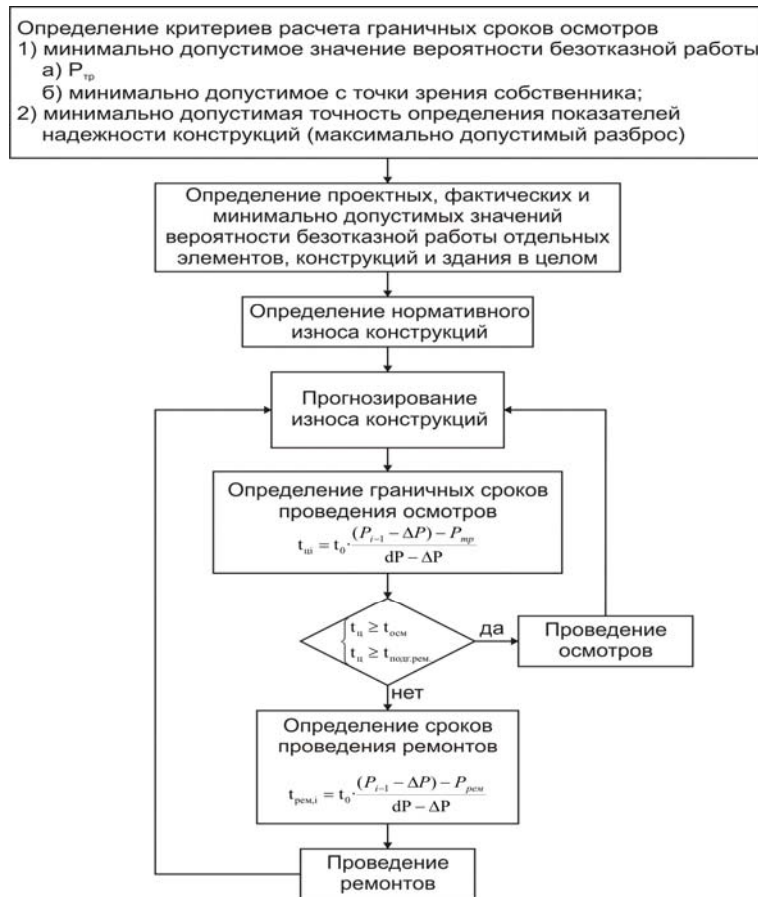


Рис. 3. Алгоритм планирования эксплуатационных мероприятий

Надійшла до редакції 19.07.2008 р.