



ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ СПЕЦІАЛЬНИХ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

В.В. Губанов, С.Б. Пчельніков

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
вул. Державіна 2, 86123, м. Макіївка, Україна.
E-mail: vadvy@dgasa.dn.ua*

Отримана 4 жовтня 2005; прийнята 15 листопада 2005

Анотація. В статті наведена методика розробки графіка ремонтів будівельних конструкцій з урахуванням необхідної надійності та економічного обґрунтування їх експлуатації.

Ключові слова: експлуатація, спеціальні промислові будівлі, імовірність, надійність, ремонт.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРОМЗДАНИЙ

В.В. Губанов, С.Б. Пчельников

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
ул. Державина 2, 86123, г. Макеевка, Украина.
E-mail: vadvy@dgasa.dn.ua*

Получена 4 октября 2005; принята 15 ноября 2005

Аннотация. В статье приведена методика составления графика ремонтов строительных конструкций с учетом требуемой надежности и экономической целесообразности их эксплуатации.

Ключевые слова: эксплуатация, специальные промышленные здания, вероятность, надежность, ремонт.

MAINTENANCE OPTIMIZATION FOR SPECIAL INDUSTRIAL CONSTRUCTION

V.V. Gubanov, S.B. Pchelnikov

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
Derzavin str. 2, 86123, Makeyevka, Ukraine.
E-mail: vadvy@dgasa.dn.ua*

Received October 4, 2005; accepted November 15, 2005

Abstract. The technique of designing repair and inspection schedule for building structures is given in the paper. The technique takes into account required level of safety and economical issues of maintenance.

Keywords: maintenance, special industrial construction, probability, safety, repair.

Введение

Эксплуатация конструкций промышленных зданий заключается в проведении мероприятий по контролю технического состояния и ремонту конструкций. Проведение эксплуатационного процесса должно основываться на:

- знаниях о надежности конструкции в отдельности и здания в целом;
- знаний о напряженно-деформированном состоянии конструкций;
- грамотной организации процесса надзора за техническим состоянием конструкций.

Основным критерием эффективности эксплуатации в настоящее время являются экономические показатели – стоимость и экономическая целесообразность эксплуатации.

При современном состоянии эксплуатационного процесса для повышения эффективности его проведения требуется разработать следующие вопросы:

- организация работы службы технадзора;
- количественный и качественный состав службы;
- планирование мероприятий по надзору – объем и сроки проведения.
- обработка данных результатов осмотров и обследований;
- отсутствие привязки нормативных документов к индивидуальным особенностям здания для нормирования предельных значений контролируемых параметров;
- определение степени опасности обнаруженных несовершенств для конструкций данного объекта;
- ранжирование несовершенств по степени опасности для конструкций объекта;
- принятие решений по ремонту конструкций с учетом обеспечения максимального уровня надежности.

В данной статье приводится методика, позволяющая оптимизировать процесс эксплуатации конструкций с учетом его экономической эффективности для цехов металлургических предприятий.

Определение степени опасности обнаруженных несовершенств для конструкций данного объекта

В процессе обследования степень опасности обнаруженных несовершенств определяется

поверочным расчетом. Поскольку часто происходит так, что каждый раз обследование проводится новой организацией, то соответственно каждый раз составляется новая расчетная схема на основании результатов обследования и выполняется поверочный расчет. Суть предложенной методики заключается в том, что заключается долгосрочный договор с одной организацией, которая и проводит мероприятия по контролю технического состояния данного объекта. В обязанности специализированной организации входит проведение обследований объекта, выдача технических заключений, разработка рекомендаций по дальнейшей эксплуатации. При проведении первого обследования организация разрабатывает автоматизированную систему анализа НДС конструкций данного объекта, которая включает в себя расчетную схему сооружения, фактические нагрузки на конструкции, алгоритмы учета несовершенств, характерных для данного сооружения. Служба эксплуатации использует данную систему при обработке результатов осмотров. Для этого в штате службы эксплуатации должен быть работник, обученный работе с системой обработки данных, желательно имеющий высшее техническое образование.

В качестве одного из вариантов такой системы предлагается использовать в качестве специализированной расчетной программы SCAD, а в качестве программы обработки данных приложение Microsoft Office Excel. Такая система была разработана и позволила проанализировать состояние конструкций здания цеха в случае выключения из работы отдельных элементов конструкций. В результате анализа было выявлено, что выключение из работы элементов поясов фермы оказывает влияние только на надкрановые части колонн (увеличивает напряжение в элементах надкрановой части колонн в 1,2-1,5 раза), отсутствие элементов решетки оказывает влияние в основном только на элементы ферм (увеличивает напряжение в элементах в 1,5-3 раза), отсутствие элементов решетки колонн оказывает влияние только на ветви соответствующей колонны, незначительно увеличивая напряжения в ветвях (до 1,15 раз).

Ранжирование несовершенств по степени опасности для конструкций объекта

Ранжирование несовершенств по степени опасности проводится с использованием FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) [1].

FMEA-анализ проводится в три стадии:

- 1) определение показателя значимости последствий для потребителя «S». Значение показателя определяется на основании результатов поверочного расчета;
- 2) оценка показателя вероятности появления несовершенства «P». Определяется на основании данных проводимых обследований и зависит от частоты появления дефекта и времени проведения мероприятия по контролю технического состояния относительно средней периодичности между мероприятиями;
- 3) показатель вероятности обнаружения несовершенства «D». Зависит от объема контролируемых конструкций, повреждаемости конструкций, методов и способов проведения мероприятий по надзору [2, 3]. Вероятность фиксации несовершенства определяется по формуле:

$$P_{\phi} = P_n \cdot P_{об}, \quad (1)$$

где p_n – вероятность присутствия несовершенства на контролируемом участке

$$p_n = A \cdot \lambda, \quad (2)$$

A – объем контролируемых конструкций (в % от общего их количества);

λ – повреждаемость конструкций на данном участке.

$$P_{об} = \begin{cases} p_v & \text{– при проведении} \\ & \text{визуального контроля} \\ p_u & \text{– при проведении} \\ & \text{инструментального контроля,} \end{cases} \quad (3)$$

p_v – вероятность фиксации несовершенства при проведении визуального контроля;

p_u – вероятность фиксации несовершенства при проведении инструментального контроля.

Каждый показатель оценивается по 10-бальной шкале.

Для получения обобщенной оценки несовершенств, их влияния на работоспособность

сооружения и уровня предполагаемых действий вычисляется комплексный показатель риска

$$КПР = S \cdot P \cdot D$$

В зависимости от значения КПР рекомендуются различные варианты действий.

Принятие решений по ремонту конструкций с учетом обеспечения максимального уровня надежности

Методика определения надежности здания в целом

Суть методики заключается в рассмотрении здания как набора отдельных конструкций, взаимодействующих с точки зрения теории надежности как при последовательно-параллельном соединении.

Порядок определения надежности здания:

- 1) составляется структурная схема здания (либо его модульной единицы), на которой показана взаимосвязь составляющих его конструкций (рис. 1);
- 2) устанавливается степень влияния отдельных конструкций на надежность здания в целом на основании анализа конструктивной схемы здания, используя последовательно-параллельное соединение конструкций. При составлении схемы принимается, что разрушения различных пролетов здания являются независимыми, следовательно, являются параллельными процессами. Влияние же конструкций рамы в пределах одного пролета принято как последовательное соединение;
- 3) определяются показатели надежности отдельных конструкций. В качестве показателя надежности принята вероятность неразрушения конструкций по первому предельному состоянию.

Общая надежность рамы здания будет равна

$$P = 1 - \prod_1^4 (1 - P_i'), \quad (4)$$

где $P_1' = P_2 \cdot P_6 \cdot P_7 \cdot P_{11} \cdot P_{12}$, $P_2' = P_1 \cdot P_3 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_{12} \cdot P_{13}$,

$P_3' = P_1 \cdot P_4 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{13} \cdot P_{14}$, $P_4' = P_5 \cdot P_9 \cdot P_{10} \cdot P_{14} \cdot P_{15}$,

$P_{1...P_{15}}$ – вероятности неразрушения отдельных конструкций.

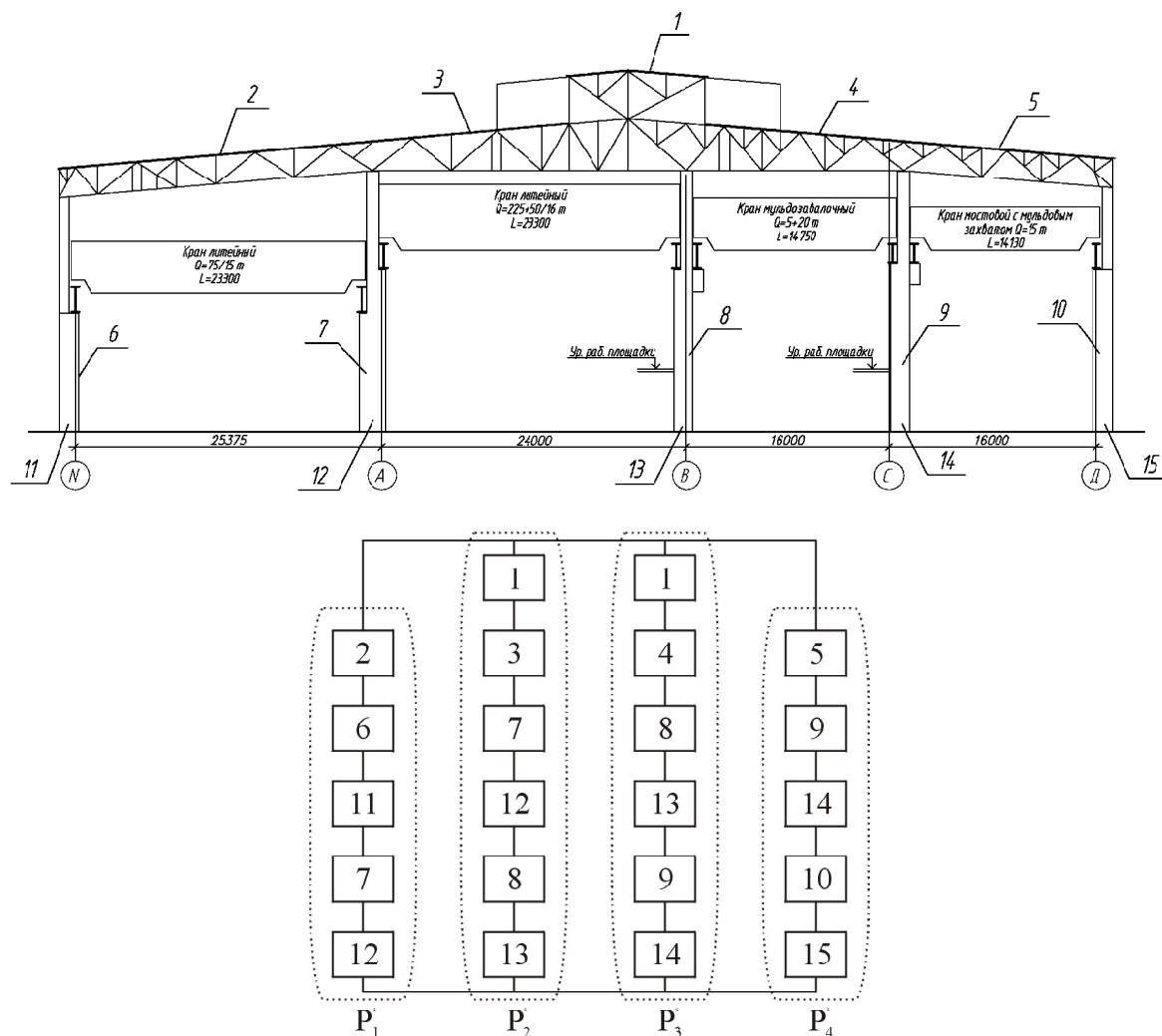


Рис. 1. Взаимосвязь конструктивных элементов поперечной рамы здания мартеновского цеха.

Определение надежности отдельных элементов

Надежность отдельных конструкций определяется следующим образом:

- а) фермы – наименее надежный элемент;
- б) колонны – наименее надежный основной элемент (подкрановая, наружная ветвь или надкрановая часть).

Принятие решений по ремонту

Принятие решений по проведению ремонта должно основываться, в первую очередь, на экономических показателях, которыми являются стоимость и экономическая целесообраз-

ность эксплуатации конструкции. Порядок принятия решений следующий:

- 1) в качестве исходных данных используются: стоимость конструкции, стоимость ремонта отдельных несовершенств конструкции, характеристики повреждаемости конструкции различными видами несовершенств;
- 2) определяются изменения прочностных характеристик конструкции и стоимости ремонта в зависимости от проведения или не проведения мероприятий по ремонту в течение 1, 2, 3 и т.д. лет в течение нормативного срока службы конструкции;
- 3) путем варьирования сроков проведения ремонтов составляется график их проведения

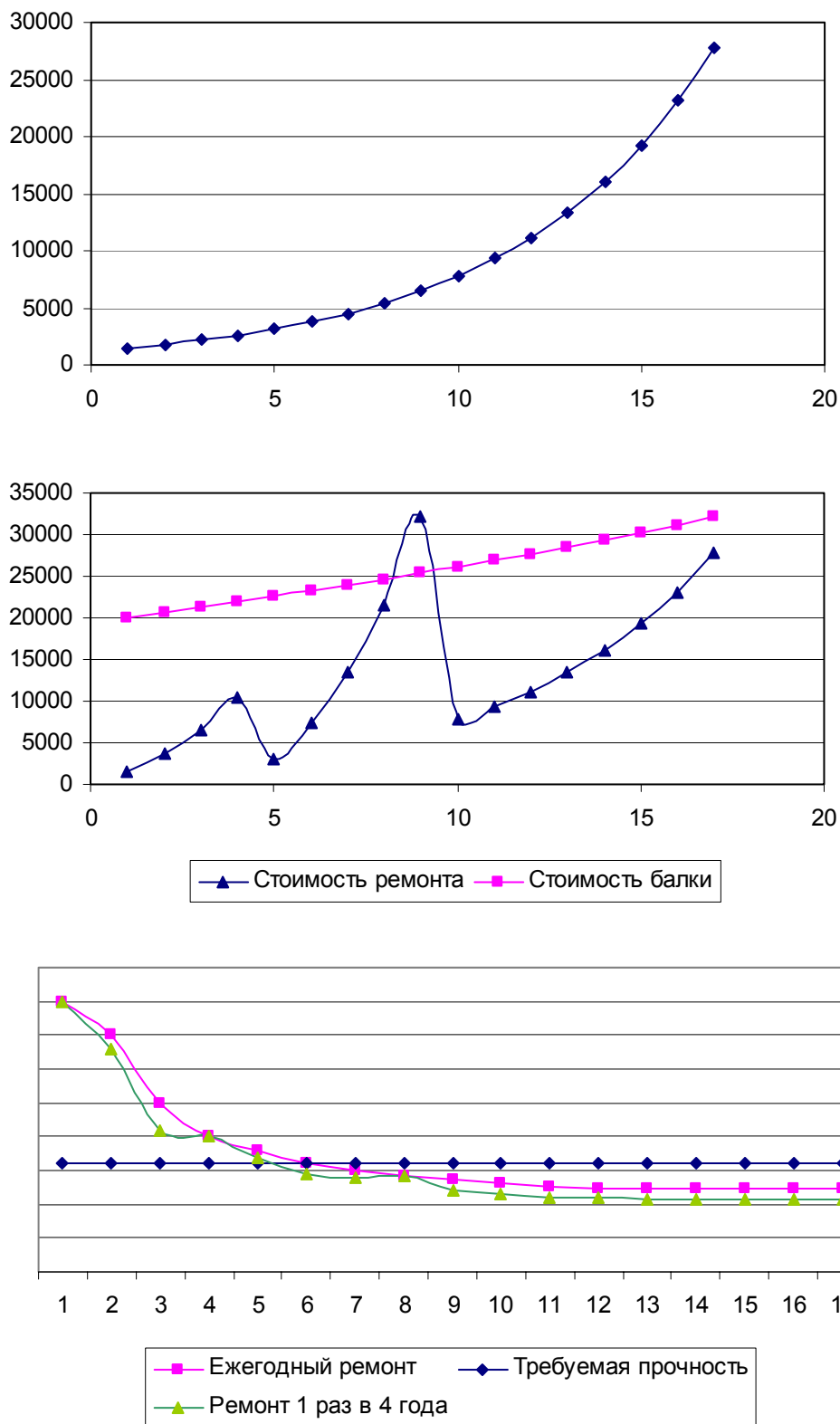


Рис. 2. Стоимость ежегодного ремонта.

из условия обеспечения максимального срока службы конструкции с учетом экономической целесообразности эксплуатации конструкции.

Приведем порядок принятия решений по ремонту на примере сварной подкрановой балки. Примем начальную стоимость балки равной 20 тыс. грн. (включая проектирование, изготовление и монтаж). Рассмотрим в качестве периодически возникающего несовершенства трещины в сварных швах крепления верхнего пояса балки к стенке. Примем стоимость ремонта (заварку одной трещины) в районе 1500 грн. Рассмотрим случай, когда в среднем за год эксплуатации в балке возникает одна трещина. Тогда стоимость ежегодного ремонта конструкции определяется по формуле:

$$C_i = C_1 \cdot k^{(i-1)}, \quad (5)$$

где C_1 – стоимость ремонта в первый год эксплуатации; k – коэффициент увеличения стоимости ремонта (в простом случае может быть равен коэффициенту инфляции).

Это справедливо для случая, когда ремонт конструкции проводится ежегодно в необходимом объеме. Если же ремонт не проводился, то соответственно на следующий год необходимо увеличить объем ремонта в 2 раза и так далее. Т.е., к примеру, для случая, когда ремонт балки проводится каждые 4 года выгоднее выполнить ремонт балки один раз на 4-м году эксплуатации, а на 9-м году заменить балку.

Одновременно с экономическими необходимо рассматривать и прочностные показатели конструкции. Так, для случая ежегодного ремонта изменение прочностных показателей конструкции будет иметь один вид, а для случая ремонта 1 раз в 4 года – другой.

Из приведенных графиков следует, что более выгодно проведение 1-го ремонта на 4-м году эксплуатации, а для продления срока эксплуатации балки на 1-1,5 года в дальнейшем ремонт необходимо выполнять ежегодно.

Выводы

В статье предложена методика, позволяющая составлять график проведения ремонтов строительных конструкций цехов металлургических предприятий из условия обеспечения максимального срока службы конструкции с учетом экономической целесообразности эксплуатации конструкции. Методика включает в себя определение степени опасности обнаруженных несовершенств на конструкции объекта в целом, ранжирование несовершенств по степени опасности и порядок принятия решений по ремонту. Предлагаемая методика позволяет оптимизировать проведение эксплуатационного процесса с точки зрения его экономической эффективности.

Литература

1. Югов А.М. Техническая диагностика и оценка остаточного ресурса эксплуатируемых металлических конструкций. – Дисс... доктора техн. наук: 05.23.01 / Донбасская государственная академия строительства и архитектуры. – Макеевка, 2004. – 270 с.
2. В.В. Губанов, С.Б. Пчельников. Использование теории вероятности при планировании мероприятий по контролю технического состояния строительных конструкций // Международная конференция в Ростове-на-Дону.
3. С.Б. Пчельников. Факторы, влияющие на вероятность обнаружения несовершенств стальных конструкций // Вестник ДонГАСА 2004-1(43), стр. 105-107.

Губанов Вадим Вікторович є доцентом кафедри "Металеві конструкції" Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Член Інституту Інженерів Будівельників (The Institution of Civil Engineers, Великобританія). Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, розрахунок та проектування висотних споруд.

Пчельников Сергій Борисович є асистентом кафедри "Теоретична і прикладна механіка" Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій.

Губанов Вадим Викторович является доцентом кафедры "Металлические конструкции" Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Член Института Инженеров Строителей (The Institution of Civil Engineers, Великобритания). Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, расчет и проектирование высотных сооружений.

Пчельников Сергей Борисович является ассистентом кафедры "Теоретическая и прикладная механика" Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций.

Gubanov Vadim Victorovich is a Docent of Metal Structures department at Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. He is a member of The Institution of Civil Engineers, Great Britain. His research interests include the reliability of metal structures and design of high-rise special construction.

Pchelnikov Sergey Borisovich is a assistant of Department of theoretical and applied mechanics at Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. His research interests include the the reliability of building metal structures.