

КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЭЛЕМЕНТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕТОДАМИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА

Попова О.Н.¹

¹ ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Архангельск, Россия (163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17), e-mail: oly-popova@yandex.ru

В статье рассмотрена методика календарного планирования ремонтно-строительных работ зданий. Задачей календарного планирования является внедрение планово-предупредительной технологии поэлементной эксплуатации зданий путем определения периодичности проведения ремонтно-строительных работ в условиях оптимизации капитальных вложений и эксплуатационных качеств объекта. Решение этой задачи производится с помощью методов динамического программирования. Построена математическая модель зависимостей суммарных удельных затрат на ремонтно-строительные работы от величин периодичностей текущих и капитальных ремонтов. С помощью построенной модели определяются значения периодичностей, при которых указанные затраты минимальны. Введен показатель приведенных затрат, учитывающий показатель качества эксплуатируемого объекта как среднего износа конструктивных элементов и систем инженерного оборудования на протяжении всего срока службы элемента.

Ключевые слова: календарное планирование ремонтно-строительных работ, периодичность, приведенные затраты, техническая эксплуатация, физический износ

SCHEDULING OF CONSTRUCTION WORKS ON THE BASIS OF TECHNOLOGY ELEMENTWISE OPERATION USING DYNAMIC PROGRAMMING OF PHYSICAL DETERIORATION

Popova O.N.¹

¹ Northern (Arctic) Federal University n. a. M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia (Severnaya Dvina Emb. 17, Arkhangelsk, Russia; 163002), e-mail: oly-popova@yandex.ru

The article considers the methodology of building repair works scheduling. The task of scheduling is the adoption of planned-prophylactic approach to elementwise building operation including periodicity of maintenance work and capital repairs in terms of optimization of capital investments engaged with building functional performance. The assigned task could be solved by methods of dynamic programming. The research outcome is the mathematical model of dependence of total cost per unit on repair works from periodicity of maintenance work and capital repairs. The proposed model searches the value of periodicity which provides the least cost of maintenance work and capital repairs. Moreover the model considers an indicator of reduced expenditures, which allows for the quality of exploited property as average depreciation of structural components and utilities over the lifetime of the element.

Keywords: scheduling of construction works, frequency, reduced expenditures, technical maintenance, physical deterioration

Введение

Доминирующим подходом к планированию ремонтно-строительных работ зданий и сооружений на протяжении более чем 100 лет являлась планово-профилактическая техническая эксплуатация недвижимости (ППТЭ), основанная на проведении комплекса плановых мероприятий профилактической направленности. Согласно технологии ППТЭ, мероприятия по технической эксплуатации должны выполняться с установленной нормативной периодичностью на протяжении всего срока службы объекта.

Одним из основных недостатков профилактического метода эксплуатации является его ресурсоемкость, однако объемы финансирования ремонтно-строительных работ ограничены и недостаточны для осуществления полного комплекса профилактических мероприятий, что приводит к невозможности применения данного метода в условиях рынка.

В настоящее время идет поиск новых подходов и технологий в области планирования эксплуатации объектов недвижимости. Предпочтение отдается планово-предупредительной технологии эксплуатации, обуславливая переход от программ эксплуатации зданий к программам эксплуатации отдельных конструктивных элементов и элементов оборудования [4, 5].

Для эффективной реализации комплексной программы технического обслуживания, прежде всего путем проведения капитальных и текущих ремонтов, необходимо спланировать капитальные вложения с учетом эффективного использования ограниченных материально-финансовых ресурсов. Научным методом выработки количественно обоснованных рекомендаций по принятию решений является применение методов нахождения оптимальных решений на основе экономико-математического моделирования [6].

Целью исследования данного являлась разработка новых подходов к календарному планированию ремонтно-строительных работ на основе планово-предупредительной технологии поэлементной эксплуатации зданий методами экономико-математического моделирования физического износа конструктивных элементов и систем инженерного оборудования.

Материал и методы исследования

На основании проведенных исследований [1, 3] было выявлено, что изменение физического состояния конструктивных элементов и систем инженерного оборудования зданий достаточно точно можно описать уравнением логистической кривой (рис. 1). При этом система планово-предупредительных текущих и капитальных ремонтов позволяет снизить уровень физического износа и продлить срок службы элементов (рис. 2) [2].

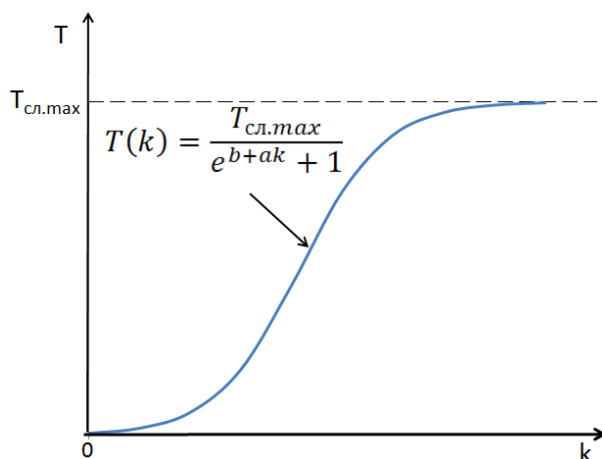


Рис. 1 Типовая кривая графика физического износа в виде логистической кривой

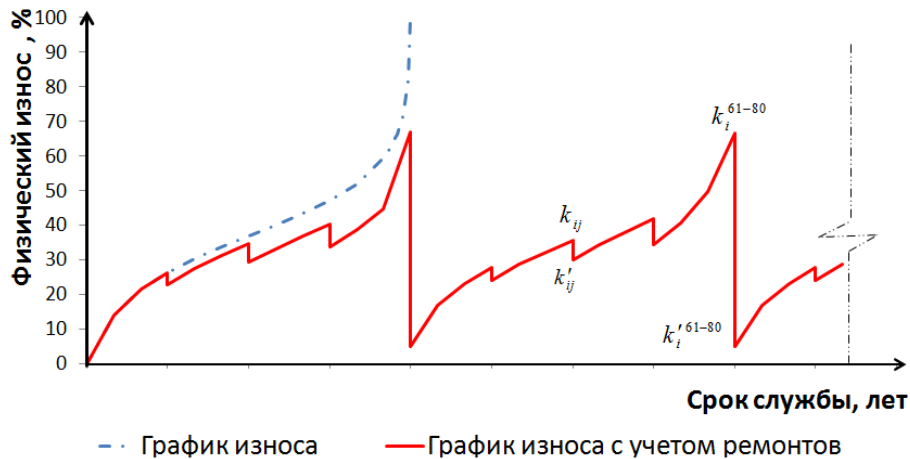


Рис. 2 График износов с учетом проведения планово-предупредительных ремонтов

Для эффективной реализации комплексной программы технического эксплуатации, прежде всего путем проведения капитальных и текущих ремонтов, необходимо спланировать капитальные вложения с учетом эффективного использования ограниченных материально-финансовых ресурсов. Научным методом выработки количественно обоснованных рекомендаций по принятию решений является применение методов нахождения оптимальных решений на основе экономико-математического моделирования, статистического моделирования.

Практика показывает, что длительные «простои» между проведением ремонтов приводят к высоким затратам на восстановление эксплуатационных свойств зданий. С другой стороны, необоснованно высокая частота проведения ремонтных работ также является сверхзатратной и неэффективной. Задачи такого рода решаются посредством применения моделей динамического программирования. Решением задачи в формализованном виде является выражение (1), которое предусматривает минимизацию суммарных затрат при выбранной периодичности работ на протяжении всего срока эксплуатации за счет оптимальной стоимости проведения текущих ремонтов и увеличения (отдаления) сроков капитальных ремонтов [2]:

$$C_{\text{сумм}} = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m C(k_{ij}) + C(k_i^{61-80}) \right) \rightarrow \min \quad (1)$$

где $C(k_{ij})$ – удельный показатель сметной стоимости затрат текущего ремонта от стоимости воспроизводства конструктивного элемента, %;

$C(k_i^{61-80})$ – удельный показатель сметной стоимости капитального ремонта от стоимости воспроизводства конструктивного элемента, %;

k_{ij} – износ конструктивного элемента в момент времени t_{ij} проведения j -го текущего ремонта в период i -го цикла между капитальными ремонтами, %;

k_i^{61-80} – износ конструктивного элемента в момент времени t_i^{61-80} проведения капитального ремонта, %;

n – количество капитальных ремонтов конструктивного элемента за срок службы объекта;

m – количество текущих ремонтов конструктивного элемента за один период между капитальными ремонтами.

Результатом проведенных расчетов является суммарный удельный показатель сметной стоимости ремонтно-строительных работ капитального и текущего ремонта на протяжении всего срока эксплуатации объекта. Однако данный показатель не отражает оптимальность принимаемого решения с точки зрения надежности конструктивных элементов в течение этого периода, поскольку снижение затрат на эксплуатацию неизбежно ведет к увеличению темпов нарастания износов. Для определения оптимального варианта планирования работ введен показатель приведенных затрат, который представляет собой произведение суммарного удельного показателя сметной стоимости ремонтно-строительных работ за период эксплуатации объекта и среднего износа конструктивного элемента на протяжении всего срока службы элемента:

$$\Pi = \frac{C_{\text{сумм}} \cdot k_{\text{ср}}}{10000} \quad (2)$$

где $C_{\text{сумм}}$ – удельный показатель суммарной сметной стоимости затрат на ремонтно-строительные работы от стоимости воспроизводства конструктивного элемента за срок службы здания, %;

$k_{\text{ср}}$ – средняя величина износа конструктивного элемента за срок службы здания, %, определяемая по формуле (3):

$$k_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{k_{ij} + k'_{ij}}{2} + \frac{k_i^{61-80} + k_i'^{61-80}}{2} \right) \quad (3)$$

где k_{ij} и k'_{ij} – износ конструкции в момент времени t_{ij} до и после проведения текущего ремонта соответственно (рис. 2), %;

k_i^{61-80} и $k_i'^{61-80}$ – износ конструкции в момент времени t_i^{61-80} до и после проведения капитального ремонта соответственно (рис. 2), %.

Экономические показатели вариантов периодичности проведения ремонтно-строительных работ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Выбор оптимального варианта периодичности ремонтных работ

| Наименование конструктивного элемента | Показатель | Периодичность проведения текущих ремонтов, лет | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Кровля | $C_{сумм}, \%$ | 3286,01 | 2212,70 | 1980,49 | 1508,91 | 1575,95 | 1317,09 | 1330,52 | 1399,37 | 1424,17 | 1498,44 |
| | $k_{ср}, \%$ | 27,89 | 30,07 | 31,11 | 31,60 | 32,85 | 33,31 | 34,81 | 32,55 | 34,12 | 34,00 |
| | Π | 9,16 | 6,65 | 6,16 | 4,77 | 5,18 | 4,39 | 4,63 | 4,56 | 4,86 | 5,09 |

Минимальная величина приведенных затрат является оптимальным соотношением между уровнем затрат на ремонтно-строительные работы и средней величиной физического износа конструкций в течение их срока службы.

Первым этапом календарного планирования является определение оптимальной периодичности проведения ремонтно-строительных работ каждого конструктивного элемента и системы инженерного оборудования объекта исходя из определенных зависимостей изменения их физического износа от срока службы [2]. График оптимального варианта периодичности ремонтных работ и износа с учетом восстановления в течение срока службы объекта на примере рулонной кровли представлен на рисунке 2.

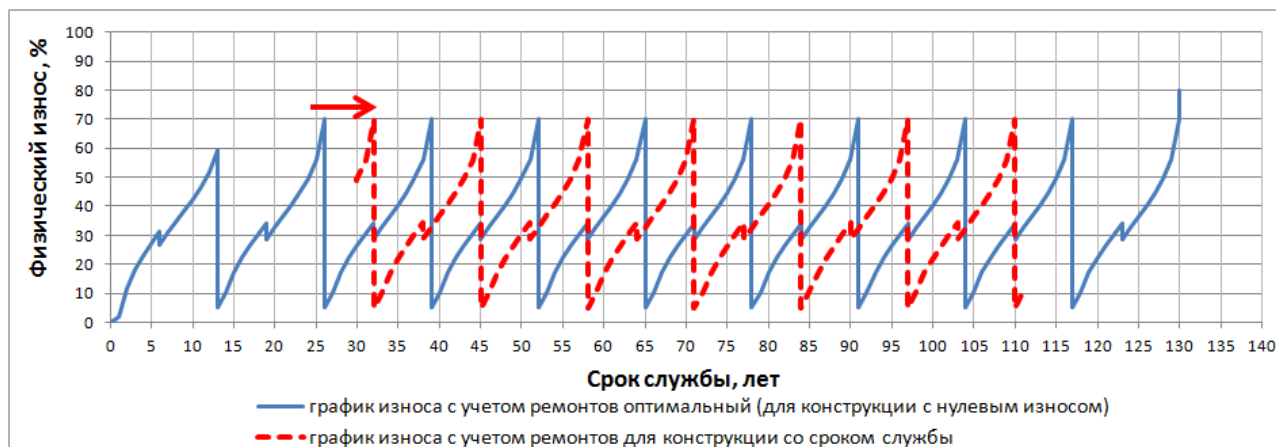


Рисунок 3 График износа кровли с учетом ремонтов

То есть на первом этапе периодичность проведения ремонтно-строительных работ конструктивных элементов и систем инженерного здания определяется исходя из того, что все элементы в начальном моменте планирования являются новыми, т.е. являются конструктивными элементами нового здания с нулевым сроком эксплуатации. Однако в большинстве случаев календарное планирование ремонтно-строительных работ осуществляется для объектов имеющих значительные сроки эксплуатации и подвергались как текущему, так и капитальному ремонтам. Таким образом, требуется адаптировать разработанные графики ремонтов к существующему комплексу объектов управления с учетом их текущего технического состояния. Для этого необходимо переместить полученные

оптимальные временные графики вдоль оси прогнозного периода до точки времени, при котором величина физического износа соответствует состоянию элемента на момент обследования. То есть на оптимальном графике износа находится точка, соответствующая износу конструкции в момент обследования и график передвигается от этого момента времени до момента времени, соответствующего сроку службы элемента. Результаты расчетов на примере кровли представлены на рисунке 3.

Перемещение графика износа конструктивных элементов относительно оптимального графика вправо указывает на то, что в текущий момент времени состояние этого конструктивного элемента лучше, чем конструктивных элементов при нормальном режиме эксплуатации. Это в свою очередь свидетельствует о достаточно качественном уровне эксплуатации. Смещение графика износа конструктивных элементов влево указывает на то, что их состояние хуже, чем состояние элементов при оптимальном режиме эксплуатации. Подобная ситуация может свидетельствовать о неудовлетворительной эксплуатации конструктивных элементов в ретроспективный период.

Графики износа конструктивных элементов с учетом проведенных ремонтов позволяют определить организационно-технологическую последовательность проведения ремонтных работ исходя из уровня остаточного ресурса конструкции и соответствующих ему оптимальных затрат. На основании проведенного моделирования технического состояния конструктивных элементов и систем инженерного оборудования здания разрабатывается обобщенная программа капитального и текущего ремонта объекта.

Результаты и обсуждения

Предложенная методика календарного планирования ремонтно-строительных работ зданий позволяет:

- разрабатывать программы эксплуатации отдельных конструктивных элементов и элементов оборудования на основе планово-предупредительной технологии эксплуатации;
- определить оптимальную периодичность проведения текущего и капитального ремонтов конструктивных элементов и систем инженерного оборудования с учетом динамики изменения технического состояния и оптимизации капитальных вложений;
- осуществлять актуализацию долгосрочных программ технической эксплуатации зданий путем корректировки календарных планов ремонтно-строительных работ отдельных конструктивных элементов и систем инженерного оборудования с учетом их текущего технического состояния по результатам периодических обследований.

В заключение следует отметить, что предложенная методика с достаточным уровнем точности позволяет определить величину капитальных вложений ремонтно-строительных работ и является универсальной для различных типов недвижимости. При этом используемая

технология планово-предупредительной поэлементной эксплуатации позволяет адаптировать программы относительно заданных условий финансирования и качества (эксплуатационной надежности, безопасности, комфортности) объектов управления.

Список литературы

1. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий / Госгражданстрой. – М.: Прейскурантиздат, 1988. – 72 с.
2. Попова О.Н., Лукин А.Ю. Планирование капитальных и текущих ремонтно-строительных работ с использованием методов динамического программирования. Промышленное и гражданское строительство. – 2013. - № 12. – С. 32-34
3. Попова О.Н., Симанкина Т.Л. Методика оценки ресурса работоспособности конструктивных элементов жилых зданий // Инженерно-строительный журнал. – 2013. - №7(42). – С. 40–50.
4. Рогонский В.А., Костриц А.И., Шеряков В.Ф. [и др.] Эксплуатационная надежность зданий и сооружений. – С.Пб.: ОАО «Издательство «Стройиздат СПб», 2004. – 172 с.
5. Тарасевич Е.И. Управление эксплуатацией недвижимости. – СПб.: Издательство «МКС», 2006. – 838 с.
6. Экономико-математическое моделирование в решении организационно-управленческих задач в строительстве. Учебное пособие / Г.С. Гранов, Г.Ш. Сафаров, К.Р. Тагирбеков – М.: АСВ, 2001. – 64 с.

Рецензенты:

Болотин С.А., д.т.н., профессор, профессор кафедры организации строительства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.

Бадьин Г.М., д.т.н., профессор, профессор кафедры технологии строительного производства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.