



004615377

*На правах рукописи*

ДРАПАЛЮК ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

МОНИТОРИНГ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ИЗНОСА ЗДАНИЙ И  
СООРУЖЕНИЙ И РАЗРАБОТКА МАТРИЦЫ ОРГАНИЗАЦИИ  
КАПИТАЛЬНЫХ И ТЕКУЩИХ РЕМОНТОВ

Специальность 05.23.08 – Технология и организация строительства

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

- 2 ДЕК 2010

Воронеж-2010

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Мищенко Валерий Яковлевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Шеина Светлана Георгиевна

кандидат технических наук, доцент  
Челнокова Вера Михайловна

Ведущая организация: Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Защита диссертации состоится «16» декабря 2010 г. в 10 00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.033.02 при Воронежском государственном архитектурно-строительном университете по адресу: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, корпус 3, ауд. 3220, тел. (факс): +7(4732)71-53-21.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Воронежского государственного архитектурно-строительного университета.

Автореферат разослан «16» ноября 2010 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Н.А. Старцева

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы.** Большая часть жилого фонда требует проведения текущего и капитального ремонта, реконструкции или реновации. Существующая нормативная база: МГСН 301.01-96, МДС 3-1.99, ВСН 58-88(р), ВСН 53-86(р), - регламентирующая проведение капитальных и текущих ремонтов, устарела и не отражает ситуации в ЖКК; кроме того, в РФ отсутствуют нормы, регламентирующие риск аварии на объектах строительства, а существующие методики требуют серьезных доработок.

В настоящее время в большинстве крупных муниципальных образований сохранилась трехуровневая система эксплуатации жилищного фонда, которая не предполагает заинтересованности в снижении затрат на содержание жилищного фонда. Основной формой является бригадное обслуживание: получая фиксированную заработную плату, работники жилищного хозяйства не заинтересованы в сохранности объектов жилищного фонда, рост объемов производства основывается на ремонтных работах, и доход работников не зависит от качественных показателей.

Таким образом, возникла необходимость разработки нового подхода к эксплуатации жилищного фонда: от восстановления и затратного механизма финансирования к сохранению жилищного фонда - повышению безопасности при эксплуатации жилого фонда, повышению качества предоставляемых условий проживания, предупреждению аварийных ситуаций и др.

Выходом из создавшейся ситуации является комплексное использование современных методов мониторинга и прогнозирования дефектов зданий с последующим планированием ремонтно-строительных работ. Разрабатываемая методика должна позволить собственнику жилья увидеть эксплуатационные затраты на любом периоде жизненного цикла объекта недвижимости, установить, на что и как будут расходоваться средства, какие текущие и капитальные ремонты предстоит провести в какие периоды времени.

**Целью работы** является разработка мониторинга эксплуатационного износа зданий и сооружений и матрицы капитальных и текущих ремонтов для повышения эффективности проведения ремонтно-строительных работ, позволяющей достигнуть высокого уровня предоставляемых жильцам услуг.

### **Задачи исследования:**

- определить факторы количественной оценки эксплуатационного износа элементов зданий и сооружений;
- разработать математическую модель, описывающую износ зданий в зависимости степени поврежденности элементов с учетом нарушений режимов эксплуатации;
- разработать методику планирования ремонтно-строительных работ с использованием интегральных показателей состояния несущих строительных конструкций, инженерных систем;
- разработать матрицу капитальных и текущих ремонтов для планирования

ремонтно-строительных работ на весь период эксплуатации объекта.

#### **Научная новизна:**

- определены факторы количественной оценки эксплуатационного износа элементов зданий и сооружений для определения уровня остаточного ресурса;
- разработана математическая модель, описывающая износ зданий в зависимости от старения степени поврежденности элементов с учетом нарушений режимов эксплуатации;
- разработана методика планирования ремонтно-строительных работ отличающаяся от известных тем, что в ней используются интегральные показатели состояния несущих строительных конструкций, инженерных систем. Методика позволяет определить время проведения капитального ремонта, при этом интервал проведения ремонтных работ определяется исходя из уровня остаточного ресурса;
- отличительным признаком разработанной методики планирования ремонтно-строительных работ является матричное описание всех видов работ позволяющее получить полную последовательность работ;
- с использованием результатов мониторинга, определение остаточного ресурса и плана ремонтно-восстановительных работ разработана матрица капитальных и текущих ремонтов. Для проведения вычислений предложенной матрицы в оболочке MATLAB разработан алгоритм.

**Практическая значимость** работы заключается в разработке методики эксплуатации жилищного фонда, позволяющего оценить текущее состояние строительных конструкций и элементов зданий, определить оптимальный состав и объем ремонтно-строительных работ для обеспечения качественных условий проживания на любом этапе эксплуатации объектов. Положения и научные результаты работы могут быть использованы на различных предприятиях ЖКК и в учебном процессе.

**Достоверность результатов.** Теоретическая часть работы базируется на основных физических законах и статистических данных. Основные допущения, принятые при выводе исходных уравнений модели, широко используются в работах других авторов. Адекватность модели и точность полученных вычислений оценивалась путем сопоставления расчетных данных с результатами данных обследований жилого фонда.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на 1-й международной научно-практической конференции «Оценка риска и безопасность строительных конструкций» (г. Воронеж, 2006 г.); международной научно-практической конференции «Концептуальные вопросы современного градостроительства» (г. Воронеж, 2007 г.); 4-й международной конференции «Строительство и недвижимость: экспертиза и оценка» (г. Прага, 2007 г.); международной научно-практической конференции «Проблемы эффективного функционирования и развития региональных инвестиционно-отраслевых комплексов» (г. Прага-Пенза, 2009 г.).

### **На защиту выносятся:**

- факторы количественной оценки эксплуатационного износа элементов зданий и сооружений для определения уровня остаточного ресурса;
- математическая модель, описывающая износ зданий в зависимости от старения степени поврежденности элементов с учетом нарушений режимов эксплуатации;
- методика планирования ремонтно-строительных работ, отличающаяся от известных тем, что в ней используются интегральные показатели состояния несущих строительных конструкций, инженерных систем;
- матрица капитальных и текущих ремонтов и алгоритм для проведения вычислений предложенной матрицы в оболочке MATLAB.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 16 научных статей общим объемом 82 страниц, из них лично автору принадлежит 53 страница. Пять статей опубликованы в изданиях, включенных в перечень ВАК: «Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура», «Промышленное и гражданское строительство», «Вестник гражданских инженеров».

В статьях, опубликованных в рекомендованных ВАК изданиях, изложены основные результаты диссертации: в работе [1] изложены основные принципы системного подхода к организации ремонта и содержания жилого фонда, показано построение модели эффективной эксплуатации жилого фонда; в работе [2] приведена оценка фактического технического состояния строительных конструкций с использованием комплекса методик прогноза и мониторинга изменения технического состояния; в работе [3] приведена классификация качественных признаков формирования организационно-технологических систем; в работе [4] представлена комплексная модель износа системы объектов ЖКК; в [5] определены принципы формирования планов проведения ремонтно-строительных работ.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы из 147 наименований и трех приложений. Общий объем работы составляет 170 страницы машинописного текста, включая 40 таблиц и 36 рисунков.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** сформулированы цель и задачи диссертационной работы, обоснована ее актуальность, определена научная новизна и практическая значимость результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** проведен анализ современного состояния жилищного фонда и инженерной инфраструктуры Воронежской области, исследованы тенденции их развития.

Рассмотрены основные понятия системы обеспечения сохранности жилищного фонда и существующие методики оценки состояния объектов недвижимости в зависимости от периода их жизненного цикла.

Классифицированы основные факторы эксплуатационного износа: с точки зрения механизма воздействия факторы, вызывающие нарушение работоспособности здания, можно разделить на две группы, - факторы внутреннего характера (к ним относятся физико-химические процессы, протекающие в материалах, из которых изготовлены конструктивные элементы; нагрузки и процессы, возникающие при эксплуатации; конструктивные факторы; качество изготовления) и факторы внешнего характера (климатические факторы - температура, влажность, солнечная радиация; факторы окружающей среды - ветер, пыль, наличие в атмосфере агрессивных соединений, биологические факторы).

Рассмотрены существующие методы организации планово-предупредительных ремонтов, существующие подходы к планированию текущих капитальных ремонтов.

Проведен анализ причин аварийного обрушения конструкций. Использование в строительстве методики нормирования, основанной на коэффициентах надежности, теоретически обеспечивает безопасность зданий, однако опыт эксплуатации конструкций показывает, что надежность – необходимо, но не достаточное условие безопасности.

Проведен анализ существующих подходов к мониторингу объектов недвижимости как наиболее эффективного способа оценки состояния конструктивных элементов зданий.

С развитием вычислительной техники в последнее время все большее значение и применение получают методы математического моделирования процессов прогнозирования, учета данных, и обработки информации. При моделировании и автоматизации мониторинга и планирования работ по технической эксплуатации объектов недвижимости необходима разработка эффективных численных методов решения соответствующих математических задач на ЭВМ, которые позволят обработать и получить необходимые данные по состоянию элементов жилых зданий и сформировать планы ведения ремонтно-строительных работ по поддержанию жилого фонда.

Во второй главе предлагается общая структура мониторинга технического состояния зданий и сооружений в виде схемы (рис. 1).

Мониторинг разделяется на информационную систему и управление. В основу информационной системы закладываются наблюдения и прогноз технического состояния строительных конструкций зданий и инженерных систем. Для сложных систем, к числу которых относятся практически все здания и инженерные сооружения, могут быть применены методы оценки и прогнозирования сроков службы, указанные на схеме. Для создания информационной системы мониторинга технического состояния зданий и инженерных сооружений требуется совместное использование нескольких методик, построенных на разных подходах и учитывающих различные параметры работы конструкций, что позволяет избежать погрешностей каждого метода в отдельности и увеличить достоверность результатов по прогнозированию ресурса элементов зданий.

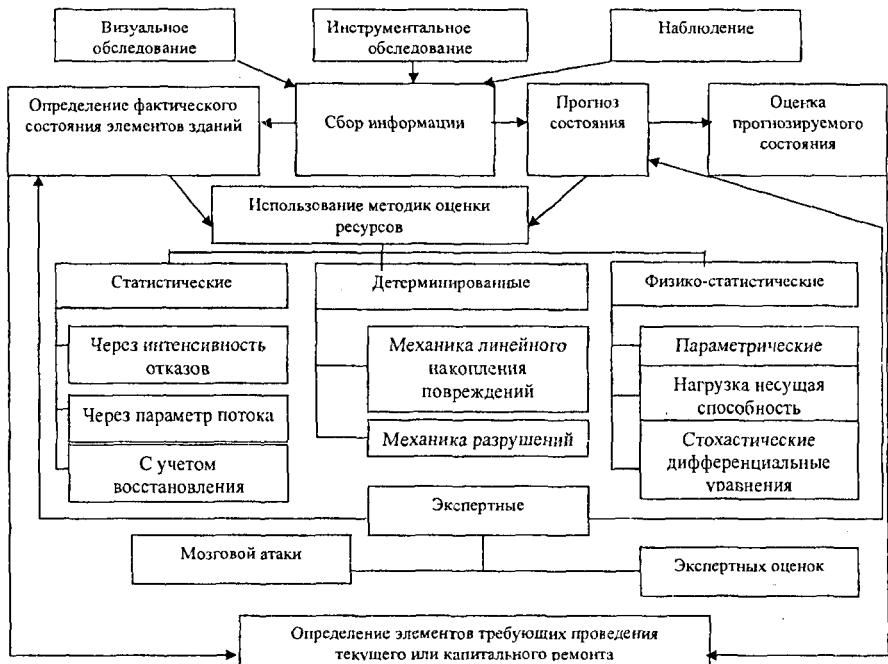


Рис. 1. Система мониторинга эксплуатационного износа зданий и сооружений

В основу статистической методики с учетом восстановления конструкций положен основной закон старения или накопления повреждений классической теории надежности. Математическое выражение, описывающее закон накопления повреждений, может быть представлено в виде

$$F = \ln \left( \frac{1 + Bt/T}{1 - t/T} \right) \cdot \frac{1}{m}, \quad (1)$$

где  $F$  - величина повреждений (физического износа), полученная на прогнозируемый момент времени  $t$ ;  $B$  - предельно допустимая поврежденность данного вида конструкций;  $T$  - предельный срок службы конструкции;  $m$  - коэффициент формы кривой.

На рис. 2 показаны графики уточненной модели физического износа и экспоненциальной модели; точки А, В, С показывают границы состояния конструкций: исправное в течение первых 24 лет эксплуатации объекта, запроектированного на срок службы до 100 лет; состояние нормальной эксплуатации до 67 лет жизненного цикла объекта; далее идет период, в течение которого требуется проведение

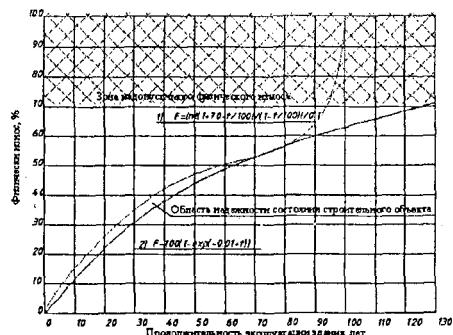


Рис. 2. Уточненная модель физического износа – 1 и экспоненциальная модель – 2

вычисление предельного срока службы конструкции и дальнейшее прогнозирование процесса старения конструкции до любой степени повреждения (физического износа).

Методики оценки физического износа зданий обобщены в ВСН 53-86 (п). Для определения физического состояния конструктивных элементов применяют оценку категорий технического состояния на основании результатов обследования и проверочных расчетов. На основании этой оценки конструкции (по СП 13-102-2003) подразделяются на следующие группы: конструкции в исправном состоянии, работоспособном состоянии, ограниченно работоспособном состоянии, недопустимом состоянии, аварийном состоянии. На основе обобщения существующих подходов и данных результатов проведенных обследований разработана классификация состояния элементов здания и инженерных систем (табл. 1).

Таблица 1  
Классификация состояний элементов зданий

Степень повреждения	Снижение несущей способности	Категории технического состояния	Уровень остаточного ресурса $b$
Незначительная	0-5%	Исправное	1-0,95
Слабая	6-15%	Работоспособное	0,94-0,85
Средняя	16-25%	Ограниченно работоспособное	0,84-0,75
Сильная	До 50%	Недопустимое	0,74-0,50
Полное разрушение	Свыше 50%	Аварийное	От 0,50 и ниже

По результатам визуального и детально-инструментального обследования составляют дефектные ведомости в форме таблиц. В первом столбце таблицы указывают адреса обследованных объектов, паспортные данные, в остальных столбцах – конструктивные элементы и инженерные системы. Определяют их состояние на момент обследования в виде значений остаточного ресурса  $b$  (по

восстановительных мероприятий; впоследствии наступает недопустимое и аварийное состояние строительных конструкций, которое требует отселения жильцов с последующей утилизацией объекта.

При выполнении работ по оценке фактического технического состояния строительных конструкций здания определяется величина повреждений на момент обследования. С использованием зависимости (1) производится

предложенной классификации - табл. 1). В первую очередь рассматривают состояние элементов зданий, имеющих повышенное значение и представляющих опасность для людей и оборудования с точки зрения разрушения объекта. Для повышения точности и достоверности принимаемых решений в процедуре определения остаточного ресурса участвуют несколько экспертов, а окончательное решение принимается коллегиально. При назначении остаточного ресурса необходимо учитывать проектный срок эксплуатации здания и его уровень ответственности.

Для построения математической модели динамики ремонтов мы ограничивались задачей эксплуатации группы объектов в стационарных условиях, когда общие условия содержания зданий не изменяются резко и старение конструкций и элементов идет в среднем закономерным, вполне детерминированным образом. Необходимо прежде всего выделить основные переменные и параметры, характеризующие систему, а затем проанализировать их взаимные связи и эволюцию во времени. Будем считать, что вся управляемая система объектов недвижимости состоит из  $n$  объектов:  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , каждый из которых описывается набором  $m$  параметров:  $a_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im})$ . В качестве объектов  $x_i$  естественно принять здания, а в качестве параметров  $a_{ij}$  - долю или процент износа  $j$ -го укрупненного элемента  $i$ -го здания. Под укрупненным элементом мы будем понимать какую-либо частную характеристику здания, отнесенную ко всему зданию в целом. Полная картина износа фонда определяется матрицей коэффициентов износа  $\alpha$  с элементами  $0 \leq a_{ij} \leq 1$ , зависящими от времени, так что  $a_{ij} = a_{ij}(t)$ . Основным параметром, определяющим эволюцию системы, является само время  $T$ . Каждый объект имеет свой срок проектной эксплуатации  $T_i^P$ , за пределами которого объект считается вышедшим из строя.

Параметры  $a_{ij}$  подразделяем на две группы: в первую группу отнесем критически важные параметры, для которых снижение значений ниже нормативных границ  $b_j, j = 1, 2, \dots, m_1$  недопустимо. Если оно наступает, то эксплуатация здания прекращается. Вторая группа параметров характеризуется рекомендуемыми границами минимально допустимых значений  $b_j, j = m_1, \dots, m$ .

Возможности проведения восстановительных работ по разным элементам зданий различны, поэтому учитывать степень восстановления будем, вводя коэффициент восстановления  $p$  при текущем ремонте и коэффициент восстановлений  $q$  при капитальном ремонте. Коэффициенты должны удовлетворять условию  $0 < p \leq q < 1$ .

Состояние элемента после ремонта будет определяться по формуле

$$a_{i+1} = p^k, \quad (2)$$

$a_i$  отражает состояние  $i$  элемента;  $k$  - номер последнего ремонта, проведенного по объекту (если ремонта еще не было, то после начала эксплуатации). Если

элемент начинают обслуживать не с начального момента, когда  $a_1 = a_0 = 1$ , то необходимо установить время последнего ремонта и состояние элемента после него, а далее вести отсчет времени с этого момента.

Возникает вопрос об рациональном количестве ремонтов (капитальных и текущих), при котором общая стоимость затрат за период эксплуатации данного элемента будет минимальна. В постановке самой задачи отходим от точного описания и учитываем неточность ситуации. Одним из наиболее простых способов учета нечеткости является введение интервальных оценок или нечеткого описания системы, основанного на интервальном оценивании. Введем интервал значений  $[b, B]$  состояния износа элемента, в котором нужно принимать решение о ремонте. Тогда для одиночного элемента системы  $[\log_p b] + 1 \leq n \leq [\log_p B] + 1$  (3)

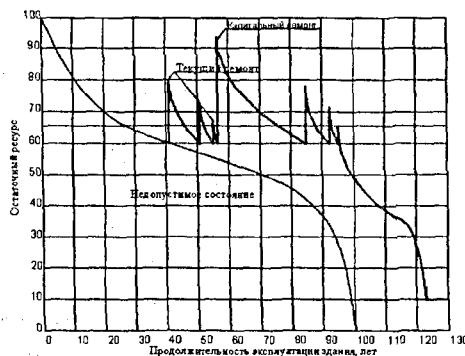


Рис. 3 Интервал принятия решения о ремонте

Согласно рис. 3 количество ремонтов перестает быть строго фиксированным и будет зависеть от дополнительных условий, которые могут быть связаны с наличием совокупности элементов, находящихся в интервале ремонтов в течение года.

С течением времени затраты на ремонт существенно возрастают за счет старения основных, несменяемых, элементов, поэтому эксплуатация зданий может быть прекращена не только в связи с их аварийностью, но и в связи с

потерей экономической рентабельности проведения ремонтно-восстановительных работ.

В третьей главе разработана методика моделирования процесса планирования ремонтно-строительных работ для поддержания системы элементов в эксплуатационном состоянии. Обозначим параметры управления системой  $u(t)$ .

Таким параметром мы будем считать текущее финансирование, где  $t$  - год финансирования. Саму операцию управления мы обозначим  $U(t)$ . Она состоит в выполнении определенных ремонтных работ в момент времени  $t$ . Работы не выполняются, если не достигнут верхний порог остаточного ресурса, то есть  $a_{ij} \geq b_{ij}$ . Работы рассматриваем как требующие выполнения, если для них выполняется условие  $b_{ij} < a_{ij} < b_{ij}$ .

При этом критически важные работы относятся к группе элементов  $1 \leq j \leq m_1$ . Они обеспечивают возможность дальнейшей эксплуатации зданий, а параметры группы элементов  $m_1 + 1 \leq j \leq m$  обеспечивают нормальное качество жизни.

Для каждой из этих двух групп показателей мы введем интегральный показатель состояния:

$$s = \frac{1}{nm} \sum_{i,j} s_j a_{ij}, \quad (4)$$

$$d = \frac{1}{n(m-m_1)} \sum_{i,j} d_j a_{ij}, \quad (5)$$

где  $n$  - полное число объектов;  $m$  - число оцениваемых элементов по каждому объекту. Показатель  $0 \leq s \leq 1$  оценивает общее состояние критически важных элементов для всех объектов, находящихся в эксплуатации. Показатель  $0 \leq d \leq 1$  оценивает общее состояние остальных элементов. При расчете показателей усреднение проводится по всем объектам и всем учитываемым элементам. Динамика этих двух показателей позволяет судить о технической успешности деятельности управляющей компании в целом. Чем больше значения  $s(t)$ , тем лучше общее состояние критически важных элементов в целом по всем объектам. Чем больше значение  $d(t)$ , тем выше эксплуатационные качества объектов.

В результате проведения ремонтных работ, описываемых матрицей ремонтных работ  $U^k$  с номером  $k$ , система переходит в состояние

$$a^{k+1} = U^k \otimes a^k. \quad (6)$$

Матрица  $a^{k+1} = \|a_{ij}^{k+1}\|$  сразу после ремонта состоит из элементов, которые совпадают с элементами матрицы  $a_{ij}^k$ , если ремонт не производился, либо из элементов, характеризующих состояние после ремонта:  $a_{ij}^{k+1} = U_{ij}^k a_{ij}^k$ .

Итоговое состояние элемента  $Q(k)$  после всех  $k$  ремонтов оценивается по формуле

$$Q(k) = q^L p^l. \quad (7)$$

Значения  $L$  и  $l$ , зависят от скорости старения и величин  $q$  и  $p$ . Для отдельного элемента значения  $L$  и  $l$ , могут быть рассчитаны аналитически.

Для каждого элемента  $(i, j)$  должна сохраняться информация о числе капитальных ремонтов  $L(i, j)$  и числе текущих ремонтов после последнего капитального ремонта  $l_i(i, j)$ . Соответственно состояние этого элемента по результатам последнего ремонта будет

$$Q_{ij}(k) = q^{L(i,j)} p^{l_i(i,j)}. \quad (8)$$

Элементы итоговой матрицы состояний системы объектов отчетного периода имеют вид  $a_{ij}^{k+1} = a_{ij}^k$ , если ремонт не проводился, и  $a_{ij}^{k+1} = q^{L(i,j)} p^{l_i(i,j)}$ , если ремонт проведен. Таким образом, матрицу  $\|a_{ij}^{k+1}\|$  можно представить в виде суммы двух матриц – матрицы остатка  $\|c_{ij}^k\|$  и матрицы ремонта  $\|r_{ij}^k\|$ :

$$\|a_{ij}^{k+1}\| = \|c_{ij}^k\| + \|r_{ij}^k\|. \quad (9)$$

Матрица остатка  $\|c_j^k\|$  получается из матрицы текущего состояния  $\|a_j^k\|$  вычеркиванием дефектных элементов  $\tilde{a}_j^k$  и заменой их на нули, то есть вычитанием матрицы дефектов:  $\|c_j^k\| = \|a_j^k\| - \|\tilde{a}_j^k\|$ .

Матрица ремонтов  $\|r_j^k\|$  состоит из нулевых элементов в позициях, соответствующих отсутствию ремонта, и элементов  $r_j^k = q^{L(i,j)} p^{l(i,j)}$  в позициях, соответствующих проведенному ремонту.

При наличии комплекса элементов решение о ремонте принимается с учетом состояния всех элементов и интервала принятия решения.

При достижении элементом состояния, требующего ремонта, необходимо определить, какие работы должны предшествовать данной работе для учета технологической зависимости работ.

Фактически каждой работе следует сопоставить список работ, которые должны предшествовать. В отличие от возведения зданий, когда до выполнения полного списка работ дальнейшие шаги невозможны, в случае ремонтных работ мы уже имеем здание, в котором все элементы присутствуют, но находятся в разном состоянии. Если соответствующие элементы потребуют ремонта в ближайшие два года, то мы считаем, что они также необходимы уже в текущий момент и включаем их в матрицу ремонта. Если имеются элементы, которые с необходимостью требуют ремонта после проведения данной работы, то они также включаются в план работ. Все работы с разбросом до двух лет мы агрегируем.

Итак, каждому элементу данного типа объекта следует сопоставить список предшествующих и обязательно следующих работ. То есть имеются два списка с перечнем номеров:  $j \rightarrow k_1, k_2, \dots$ ,  $j \rightarrow m_1, m_2, \dots$ . Это некоторые парные связи, которые можно описать двумя матрицами смежности смотри рис. 4.

Первая матрица смежности описывает смежные работы, предшествующие данной, матрица  $D$  состоит из 0 и 1. Номер строки соответствует номеру элемента, для которого рассматривается текущая работа, номер столбца соответствует номеру предшествующей работы. Если на пересечении строки с номером  $i$  и столбца с номером  $k$  стоит 0, то работа с номером  $k$  не предшествует непосредственно данной работе, а если 1, то соответственно эта работа предшествует данной. Таким образом, просмотром строки можно определить всех непосредственных предшественников данной работы. Если перемножить две матрицы  $D$ , то мы получим матрицу  $D^2 = D \cdot D$ , ненулевые элементы которой укажут, какие работы предшествуют данной работе  $i$  за два шага до нее. Возведя матрицу в степень 3, получим список работ, предшествующих данной за три шага до нее, и т.д. Данные свойства основываются на теореме для матриц смежности, согласно которой элемент  $D_{ij}$  матрицы  $D^l$  равен числу путей длины  $l$  из вершины  $i$  в вершину  $j$ . Аналогичным образом, матрица  $F$  дает список последующих работ, а ненулевые элементы ее степени  $l$  показывают работы, следующие за данной в течение  $l$

шагов.

Последовательность работ описывается направленным графом и матрица смежности такого графа является не симметричной. Если работа с номером  $k$  следует за работой с номером  $i$ , то это в свою очередь означает, что работа с номером  $i$  предшествует работе с номером  $k$ . Иными словами,  $D_i = E_i$  или

$$F \equiv D^T, \quad (10)$$

то есть матрица  $F$  равна транспонированной матрице  $D$ . Также и

$$F^I = \langle D^T \rangle^I = \langle D^I \rangle^T. \quad (11)$$

Матричное описание позволяет получить полную последовательность работ. Если объекты разных типов, то им могут быть сопоставлены разные типы работ и разные матрицы.

Планирование проведения ремонтно-строительных работ будем проводить с использованием агрегированной матрично-сетевой модели.

Если требуется план производства работ в части выполнения отдельных операций для какого-то вида работ, то создается матрица коэффициентов совмещения, элементами которой являются отдельные операции, - для создания такой матрицы пользуемся технологическими картами.

Применение этой методики позволяет снизить трудоемкость процесса ввода исходных данных. На выходе получаются графики различной степени детализации, которые легко читаются, что часто требуется для решения управленческих задач разного уровня.

Рис. 4. Матрица технологической последовательности ведения работ.

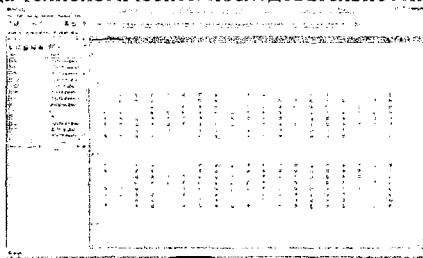


Рис. 5. Матрица капитальных и текущих ремонтов сгенерированная в MATLAB.

**В четвертой главе** для практического обоснования разработанной методики произведено комплексное техническое обследование группы зданий Ленинского района г. Воронежа по улицам Челюскинцев и 20-летия Октября. По результатам мониторинга составили дефектные ведомости и планы проведения ремонтно-восстановительных работ с учетом прогноза состояния элементов и инженерных систем зданий согласно предложенной методике.

Создается матрица коэффициентов совмещения из укрупненных блоков работ, каждый укрупненный блок детализируется на отдельные работы, которые также связываются между собой коэффициентами совмещения, и при необходимости можно получить план производства работ на отдельный укрупненный блок работ.

В комплексе описанные усовершенствования позволят повысить качество планирования работ и снизить затраты на проектирование и мониторинг, что, в свою очередь, повысит эффективность деятельности предприятий жилищно-коммунального комплекса.

Эффективность предложенной методики складывается за счет следующих факторов: 1) предупреждения ускоренного износа, рационального увеличения сроков службы вследствие снижения недоремонта и повышения безотказности; 2) сокращения затрат на ремонт конструкций за счет рациональной организации и последовательности ремонтных работ; 3) продления срока нормативной эксплуатации здания.

В табл. 2 показаны в процентном отношении экономический эффект от реализации ремонтно-восстановительных работ жилого дома по ул. Челюскинцев, 82 по предложенной методике и по нормативам.

Таблица 2  
Стоимость работ на ремонт кровли по разработанной  
методике на период 50 лет.

Годы	2011	2016	2021	2026	2030	2034	2038	2042	2046	2050	2055	2060
Текущий ремонт с учетом инфляции, рублей	491761,6	791986,9	1275502	205421	3007569	440338	644699	943904	13819699	-	3258612	5248028
Капитальный ремонт с учетом инфляции, рублей	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1484039	-	-
Коэф дисkontирования	0,847	0,37	0,162	0,071	0,037	0,019	0,01	0,007	0,003	0,001	0,001	0,001
Дисконтированный текущий ремонт, руб.	416522,1	293035,2	206631,5	145848	111280,1	83664,3	64469,9	66073	41459,1	-	32586	52480,3
Дисконтированный капитальный ремонт, руб.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1484,04	-	-
Суммарные затраты на текущий и капитальный ремонт по методике с учетом дисконтирования, 1595535 руб.												

Таблица 3

Стоимость работ на ремонт кровли по нормативам на период 50 лет.

Годы	2011	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
Текущий ремонт с учетом инфляции, рублей	91761	19988	159548	857464	3007569	-	800859	2563363	20233421	-	2480285
Капитальный ремонт с учетом инфляции, рублей	-	-	-	-	-	9506631	-	-	-	31230861	-
Коэф дисконтирования	0,847	0,437	0,191	0,084	0,37	0,016	0,7	0,3	0,001	0,001	0,001
Дисконтированный текущий ремонт рублей	16522,1	14634,8	21473,7	56867	11280,1	-	4606,1	7690,01	20233,4	-	2480,3
Дисконтированный капитальный ремонт, рублей	-	-	-	-	-	12106,1	-	-	-	31230,9	-
Суммарные затраты на текущий и капитальный ремонты по нормативу с учетом дисконтирования, 1829124 руб.											

Суммарный ожидаемый экономический эффект от реализации метода оптимальной эксплуатации на примере ремонта кровли в жилом доме типовой застройки 60-х годов составит 233 тыс. рублей.

Предложенная методика по рациональному проведению ремонтно-восстановительных работ, апробированная на примере жилых домов Ленинского района города Воронежа показала экономию средств по содержанию жилого дома в размере 24 %.

## ВЫВОДЫ

1. Определены факторы количественной оценки эксплуатационного износа элементов зданий и сооружений для определения уровня остаточного ресурса, учитывающие особенности состояния конструктивных элементов. Эти факторы дают возможность распределять рационально ресурсы на проведение ремонтно-строительных работ достигая таким образом наименьших затрат при наибольшей продолжительности жизни объектов жилой недвижимости.

2. Разработана математическая модель, описывающая износ зданий в зависимости от старения, степени поврежденности элементов с учетом нарушений режимов эксплуатации. На основании математической модели определены сроки эксплуатации элементов зданий и их состояние. Что позволяет прогнозировать время проведения мониторинга элементов зданий и инженерных систем и время проведения ремонтно-строительных мероприятий.

3. Разработана методика планирования ремонтно-строительных работ отличающая от известных тем, что в ней используются интегральные показатели состояния несущих строительных конструкций, инженерных систем. Методика позволяет определить время проведения капитального ремонта, при этом интервал проведения ремонтных работ определяется исходя из уровня остаточного ресурса. Отличительным признаком разработанной методики планирования ремонтно-строительных работ является матричное описание всех видов работ позволяющее получить технологическую последовательность работ.

4. Разработана матрица капитальных и текущих ремонтов. Для проведения вычислений предложенной матрицы в оболочке MATLAB разработан алгоритм, позволяющий в отличие от известных определить приоритетность ремонтно-восстановительных работ в любой период жизни объектов недвижимости и сформировать планы проведения ремонтных работ, электронный паспорт здания. Алгоритм позволяет проводить мониторинг текущего состояния, планировать проведение капитальных и текущих ремонтов как одного, так и группы объектов.

Основные положения диссертации отражены в следующих работах:

**Статьи в изданиях, входящих в перечень ВАК:**

1. Драпалюк, Д.А. Прогнозирование темпов износа жилого фонда на основе мониторинга дефектов строительных конструкций / В.Я. Мищенко, П.А. Головинский, Д.А. Драпалюк // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – 2009. – Вып. № 4 (16). – С. 111-117.
2. Драпалюк, Д.А. Мониторинг дефектов и учет старения строительных конструкций жилого фонда / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк, Е.А. Солнцев // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – 2009. – Вып. № 4 (16). – С. 118-123.
3. Драпалюк, Д.А. Разработка вариантов формирования организационно-технологической схемы реконструкции объектов недвижимости / В.Я. Мищенко, И.С. Суровцев, Д.А. Драпалюк, Н.А. Понявина // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – 2010. – Вып. № 1 (17). – С. 132-138.
4. Драпалюк, Д.А. Планирование проведения ремонтно-строительных работ с целью достижения максимального срока эксплуатации строительных объектов / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк, Н.А. Понявина // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – Вып. № 9. – С. 28-31.
5. Драпалюк, Д.А. Моделирование проведения ремонтно-строительных работ при эксплуатации жилого фонда / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк, А.Н. Назаров // Вестник гражданских инженеров. – 2010. – Вып. № 24. - С. 43-47.

**Статьи в других изданиях:**

6. Драпалюк, Д.А. Конкурентоспособное управление жизненным циклом объектов недвижимости / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк // Оценка риска и безопасность строительных конструкций: сб. ст. по материалам 1-й междунар. науч.-практ. конф.– Воронеж: ВГАСУ, 2006. – С. 95-99.
7. Драпалюк, Д.А. Система информационных матриц при организации конкурентоспособного управления жилищно-коммунальном комплексе недвижимости / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк // Оценка риска и безопасность строительных конструкций: сб. ст. по материалам 1-й междунар. науч.-практ. конф.– Воронеж: ВГАСУ, 2006. – С. 99-100.
8. Драпалюк, Д.А. Исторические здания города Воронежа / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк, Л.П. Мышковская // Сб. ст. по материалам совещания деканов факультетов «Промышленное и гражданское строительство» строительных вузов России и стран СНГ. – Воронеж: ВГАСУ, 2006. – С. 119-129.
9. Драпалюк, Д.А. Конструктивно-технологические подходы при разработке технологий и методов реконструкции / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк, Е.Г. Аноприенко // Сб. ст. по материалам совещания деканов факультетов «Промышленное и гражданское строительство» строительных вузов России и стран СНГ. – Воронеж: ВГАСУ, 2006. – С. 95-100.
10. Драпалюк, Д.А. Особенности повышения эффективности технической экспертизы зданий и сооружений архитектурно-исторического наследия / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк, Н.А. Зуева // Строительство и недвижимость: экспертиза и оценка: материалы 4-й междунар. конф., Прага-Москва. - М., 2007. – С. 265-271.
11. Драпалюк, Д.А. Особенности разработки проектных решений для зданий и сооружений архитектурно-исторического наследия / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк // Актуальные проблемы эффективного развития инвестиционно-отраслевых комплексов: сб. ст. по материалам междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: ПГУАС, 2007. – С. 340-346.
12. Драпалюк, Д.А. Влияние окружающей среды на физический износ зданий старой постройки / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк, Н.А. Зуева // Высокие технологии в экологии: труды 10-й междунар. науч.-практ. конф. / Воронежское отделение Российской экологической академии. - Воронеж, 2007. – С. 156-159.
13. Драпалюк, Д.А. Влияние ресурсообеспечения ремонтных работ на организационно-техническую надежность их выполнения / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк, Н.А. Зуева // Концептуальные вопросы современного градостроительства: сб. ст. по материалам междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2007. – С. 169-175.
14. Драпалюк, Д.А. Эффективные технологические решения и конструктивные решения при реконструкции жилого фонда / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк, Н.А. Зуева // Концептуальные вопросы современного градостроительства: сб. ст. по материалам междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2007. – С. 164-168.
15. Драпалюк, Д.А. Применение комбинированных экспертно-модельных

систем в управлении строительным производством / В.Я. Мищенко, Д.И. Емельянов, Д.А. Драпалюк // Актуальные проблемы эффективного развития инвестиционно-отраслевых комплексов: сб. ст. по материалам междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: ПГУАС, 2007. – С. 309-316.

16. Драпалюк, Д.А. Выбор рациональных методов ремонта, модернизации и реконструкции объектов недвижимости / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк, Ю.М. Зубцова // Проблемы устойчивого функционирования региональных инвестиционно-отраслевых комплексов: сб. ст. по материалам междунар. науч.-практ. конф. – Прага-Пенза 2009. – С. 266-273.

**ДРАПАЛЮК ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**МОНИТОРИНГ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ИЗНОСА ЗДАНИЙ И  
СООРУЖЕНИЙ И РАЗРАБОКА МАТРИЦЫ ОРГАНИЗАЦИИ  
КАПИТАЛЬНЫХ И ТЕКУЩИХ РЕМОНТОВ**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать 11.11.2010. Формат 60x84 1/16.  
Бумага писчая. Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ №570

Отпечатано: Издательство учебной литературы и учебно-методических пособий  
Воронежского государственного архитектурно-строительного университета  
394006 г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84