

**Т.А.Приходько**

## **КОМПЛЕКСНЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ В САПР ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СИСТЕМЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ**

### **Проблема**

В последнее время стремительно растет количество морально и физически устаревших транспортных сооружений Украины, проектный срок службы которых, должен бы составлять 50 - 100 лет, в зависимости от типа конструкции. В действительности же срок службы не превышает 30 - 80 лет. К тому же следует подчеркнуть, что возраст 60% автодорожных мостов Украины превышает 30 лет. Очевидно, что проектный ресурс мостов исчерпывается интенсивнее из-за отсутствия должной эксплуатации, за счет постоянного роста транспортного потока и увеличения агрессивности окружающей среды.

В этих условиях, для безаварийной эксплуатации сооружений, потребуются новые научные подходы к оценке технического состояния элементов сооружений, которые дали бы количественные критерии уровня надежности, риска и алгоритмы прогноза остаточного ресурса элементов.

Проблема оценки технического состояния мостов - это проблема системы эксплуатации и существует издавна. Она стала особенно острой в последние 10-15 лет, когда значительно уменьшились расходы на ремонт и реконструкцию мостов. В условиях ограниченного финансирования средства должны быть использованы на тех объектах, ремонт или реконструкция которых обеспечат, не только целостность и безопасность транспортной сети, но и оптимизацию средств в долгосрочном плане эксплуатации.

Необходимость автоматизации обосновывается, прежде всего, сложностью проектирования долгосрочной стратегии эксплуатации сооружения. Исследованиями многих ученых показано, что эксплуатационные затраты на ремонт и реконструкцию мостов

существенно зависят от того насколько точно определено действительное техническое состояние сооружения и временная последовательность восстановительных работ, обеспечивающих требуемую надежность сооружения. Приведем, для иллюстрации, данные из работы [1], показывающие стремительный рост эксплуатационных расходов в зависимости от действительного эксплуатационного состояния моста.

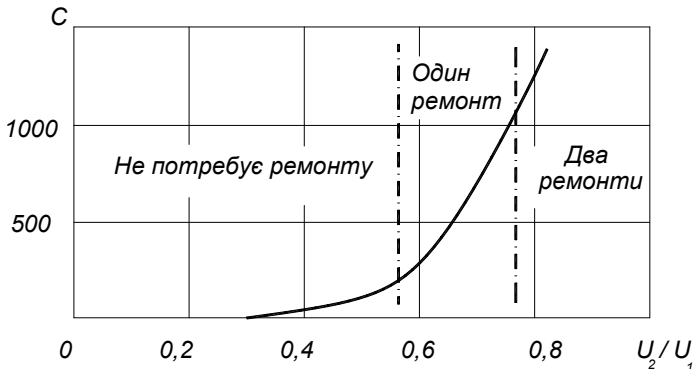


Рисунок 1 - Зависимость эксплуатационных затрат от технического состояния моста

График на рис.1 показывает какую цену приходится платить за поддержание надежности сооружения в процессе эксплуатации.

Очевидно, что экономически целесообразно проектировать ремонт сооружения как можно позднее. Определить эти сроки можно только на основе достаточно точной оценки технического состояния сооружения, получаемой в рамках автоматизированной системы проектирования.

С другой стороны, учитывая физический и моральный износ транспортных сооружений Украины, задача увеличения их остаточного ресурса расценивается в государстве как одна из наиболее актуальных социально-экономических задач. Поэтому вопрос адаптации САПР в системе эксплуатации мостов - проблема актуальная и будет всячески поддерживаться государством.

## **Выбор системы автоматизации проектов в эксплуатации мостов**

Кратко рассмотрим, какие программные средства автоматизированного проектирования способны решить задачу интегрирования систем моделирования, анализа, оценки объектов и принятия проектных решений применимы в системе эксплуатации мостов.

Современные промышленные САПР принято подразделять на системы функционального, конструкторского и технологического проектирования. Первые из них называют *системами расчетов и инженерного анализа* или системами *CAE (Computer Aided Engineering)*. Системы конструкторского проектирования называют системами *CAD (Computer Aided Design)*. Проектирование технологических процессов составляет часть технологической подготовки производства и выполняется в системах *CAM (Computer Aided Manufacturing)* [2].

Различные возможности и границы применения вычислительной техники для автоматизации проектирования определяются уровнем формализации научно-технических знаний в конкретной отрасли. Чем глубже разработана теория того или иного класса технических систем, тем большие возможности объективно существуют для автоматизации процесса их проектирования.

В настоящее время акцент переносится на автоматизацию проектных задач, имеющих четко выраженный расчетный характер, т.е. на программы автоматизированных расчетов на основе методов вычислительной математики (параметрическая оптимизация, метод конечных элементов и т. п.). Однако использование множества таких специализированных разрозненных программ предполагает освоение инженером-проектировщиком тонкостей работы с разными прикладными пакетами. Крупные разработчики САПР справляются с этой проблемой путем создания систем автоматизированного проектирования технических объектов, которые решают весь комплекс задач от анализа задания до разработки полного объема конструкторской и технологической документации [3,4]. Это достигается за счет объединения современных технических средств и математического обеспечения, параметры и характеристики

которых выбираются с максимальным учетом особенностей задач проектно-конструкторского процесса.

### **Технология подготовки входных данных для создания проектов ремонта и реконструкции мостов**

Разработке проекта реконструкции или ремонта автодорожного моста предшествует его детальное обследование, результатами которого являются:

- ведомость дефектов, их фотоснимки;
- определение агрессивности воды;
- определение механических характеристик материалов;
- инструментальная съемка и контрольные измерения;
- замеры глубин в отверстиях моста и за ее пределами;
- определение состава проезжей части в результате вырубки;
- принятие решения о техническом состоянии объекта.

Методикой определения технического состояния мостов не предусматривается обязательное принятие решения о техническом состоянии той же группой инспекторов, которая осуществляла обследование [5, 6]. Но в общем случае желательно вынесение решения о техническом состоянии объекта той же группой инженеров. Если же оценку осуществляет персонал, не участвовавший в обследовании, то, согласно нормам, требования к инженеру те же, что и к руководителю группы обследования. Это должен быть лицензированный специалист, имеющий квалификацию «Мосты и тоннели, с опытом работы не менее 5 лет, прошедший обучение и овладевший методами обследования и определения технического состояния мостов.

Таким образом, процедура принятия решения о техническом состоянии моста и его элементов соответствует части проектной подсистемы, в результате выполнения которой принимается некоторое проектное решение.

Функции подсистемы весьма сложны, как сложна сама задача экспертной оценки в условиях неполноты и недостаточной достоверности данных. Действительно, классификационные таблицы норматива [5] содержат значительное количество

показателей состояния, которые имеют числовое определение в общепринятых единицах измерения, как например, прочность бетона, ширина раскрытия трещин, толщина слоя коррозии и т.п. Определяются они с значительными *стохастическими* погрешностями, уровень которых не определен.

Еще менее достоверной и сложной для оценки оказывается информация *лингвистической* неопределенности типа «следы выщелачивания», «значительные отслоения защитного слоя бетона». В определенной степени произвольными являются нормативные значения вероятности достижения предельных состояний, то есть надежности.

Заметим, что отмеченная неопределенность и неполнота исходной информации в задаче оценки технического состояния не является специфической особенностью транспортных сооружений. Это общая проблема оценки технического состояния зданий и сооружений, находящихся в эксплуатации.

С другой стороны, нормативная модель недостаточно приспособлена для автоматизации оценки технического состояния. Количество и характер начальной информации для принятия решения о состоянии сооружения являются настолько большим и разнообразным, что ее алгоритмизация традиционными методами является неэффективной [6].

В качестве подсистемы САПР (рис.2) предлагается включить разработанную автором модель автоматизированной оценки технического состояния мостов [7, 8]. Эта модель использует аппарат нечеткой логики для автоматизированной оценки технического состояния моста и прогноза его остаточного ресурса.

Подсистема имеет в качестве входных переменных множество данных технического состояния, получаемых в процессе эксплуатации моста. Важнейшие из них приведены на схеме рис.2.

Входные переменные вынесенные на схему:

$x_i \in X|_{i=1..n}$  - вектор значений дефектов элемента;

$\bar{D}$  - вектор расчетных вероятностных параметров;

$\bar{Z}$  - вектор замеров;

$t$  - возраст сооружения.

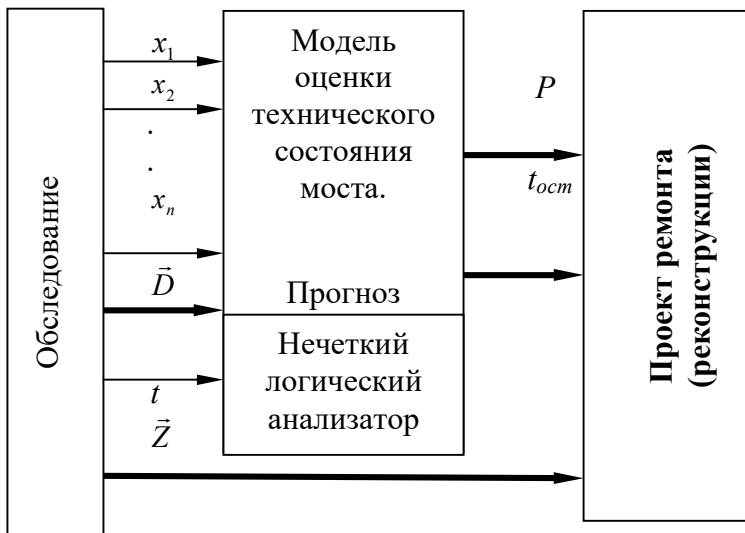


Рисунок 2 - Технологическая цепочка САПР ремонта и реконструкции мостов

В качестве выходных данных подсистема генерирует:

$P$  - дискретное состояние сооружения, определяемое в соответствии с требованиями нормативных документов оценки технического состояния [6, 7];

$t_{ост}$  - вектор остаточных сроков службы элементов моста.

## Выводы

Предлагаемая подсистема САПР, основанная на современных идеях нечетких множеств и нечеткой логики, может быть эффективным инструментом в технологической цепочке САПР ремонта и реконструкции мостов. Ее функционирование обеспечит автоматизацию и уточнение оценки технического состояния сооружения, уточнение прогноза остаточного ресурса, что в свою очередь, позволит автоматизировать выбор стратегии эксплуатации.

## Литература

1. **Дехтяр А.С.** Оптимальна експлуатація залізобетонних мостів // Системні методи керування, технології та організації виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів. - 2001, в.12. - с. 385-392.
2. **К. Ли.** Основы САПР (CAD/CAM/CAE). СПб: Питер, 2004 .
3. **Коваленко В.** Системы автоматизации проектирования вchera, сегодня, завтра. // Открытые системы - №2/97 - с. 25-31.
4. **Шатров. Б., Иванников С.** Автоматизация инженерных работ и научных исследований // Открытые системы - №2/97 - с. 47-51.
5. **Мости та труби.** Оцінка технічного стану мостів, що експлуатуються. ВБН В.3.1-218-174-2002. - Державна служба автомобільних доріг України. - К.: 2002. 74 с.
6. **Настанови з визначення технічного стану мостів.** Лантух-Лященко А.І., Кір'ян В.І., Коваль П.М. та ін. - ТАУ. Вид. "Логос", К.: 2002. 117 с.
7. **Лантух-Лященко А.І.** Узагальнення моделі оцінки технічного стану моста. // Автошляховик України: Окремий випуск. Вісник Північного наукового центру ТАУ.- 2004.К.: - Вип.7, с.76-80.
8. **Приходько Т.А.** Оценка технического состояния элементов в рамках автоматизированной системы управления мостами.//Зб. "Автомобільні дороги і дорожнє будівництво", № 69, Київ, 2004. с. 68-74.
9. **Приходько Т.А.** Автоматизация принятия решений относительно технического состояния мостов.// Сб. "Діагностика, довговічність та реконструкція мостів", Львів. Каменяр. - 2004. с.118-123.