

2. Яценко Е.А. Методы расчета железобетонных конструкций на длительное воздействие с учетом ползучести бетона: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01. – М., 1989. – 364 с.

3. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.

Получено 16.05.2002

УДК 004.89 : 692.4

С.Н. ТАРАКАНОВСКИЙ, канд. экон. наук  
Одесский государственный экономический университет  
Г.П. КОЛЮМИЙЧУК

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

### **МАКЕТ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЙ**

Рассматривается возможность создания прикладной экспертной системы, позволяющей реализовать методику получения многомерной оценки конструкций, полученной на основе анализа конструктивных решений и статистического обобщения технико-экономических показателей большепролетных пространственных покрытий.

Существующая практика проектирования и строительства показывает, что в большинстве сооружений фактический расход материалов и сметная стоимость отличаются от планируемых, различие увеличивается от стадии к стадии, от начала строительства к его завершению. В связи с этим очень важно более четко и правильно определять технико-экономические показатели объектов строительства на ранних стадиях проектирования. Чтобы отыскать лучший вариант проекта, недостаточно использовать традиционные методы, основанные на интуиции и опыте проектировщиков (знаниях экспертов), необходимо находить научно-обоснованные методы проектирования, выбора рационального варианта конструкции и реализовывать их в экспертных системах, применяемых в сфере проектирования объектов строительства.

К решению этих проблем существует два методических подхода. Первый характеризуется тем, что сведения о конструкциях и соответствующие технико-экономические показатели сводятся в каталогах, из которых проектировщику предлагается выбирать решение. При этом опускается сравнительный анализ, как родственных конструкций, так и систем построенных на различных структурных принципах. При втором подходе информация об объектах обобщается и формализуется в виде графических моделей, которые дают возможность сравнивать разные системы и уменьшают субъективизм оценки. Наглядность и строгость графического моделирования вытекающего из математического моделирования, делают этот подход более убедительным. Но в

этом случае оценка выполняется по одному критерию, что делает ее односторонней и неполной. Следовательно, возникает необходимость создать на основе второго подхода наглядный и математически обоснованный инструмент анализа многомерной оценки конструкций.

Цель прикладной экспертной системы: реализовать методику получения многомерной оценки конструкции по расходу материалов (условного материала, стали и железобетона), трудоемкости, энергоемкости и стоимости, полученной на основе анализа конструктивных решений и статистического обобщения технико-экономических показателей большепролетных пространственных покрытий. Необходимость создания прикладной экспертной системы на основе Excel-оболочки ЭС обосновывается наличием в нем развитых средств статистического анализа (в том числе регрессионного и факторного), построения графиков и принятия оптимальных (или подбора рациональных) решений.

Проектировщик, выбирая конструкцию, планы, форму сооружения, тем самым решает не только объемно-планировочные и инженерные задачи, но направляет труд многих людей на изготовление строительных конструкций, их перемещение и монтаж. Поэтому следует, что если не учитывать затраты всех ресурсов, то при осуществлении замыслов возникнут противоречия между проектом и социальным заказом, между целевыми установками, нормами и стандартами, и т.п. Экономия ресурсов – основная социальная предпосылка творчества инженеров и архитекторов. Прочность и красота в архитектуре должны сочетаться с экономичностью (выгодное использование материала в разумном бережливом расходе при постройке).

Никонов Н.Н. в своей диссертационной работе изложил методику анализа и оценки конструкций большепролетных покрытий при проектировании на основе статистических данных, изложенных в научных отчетах и многих литературных источников. Он приводит технико-экономические данные по более чем ста объектам строительства пространственных всячич конструкций. Эта информация и определила базу данных разработанной прикладной экспертной системы. Базу знаний экспертной системы составила методика расчета показателей расхода материала (условного, стали и бетона), трудоемкости, энергоемкости и стоимости на основе анализа конструктивных решений и статистического обобщения технико-экономических показателей большепролетных пространственных покрытий. Многомерная оценка конструкции основывается на накопленном статистическом материале по большепролетным пространственным покрытиям: всячим, куполам и оболочкам, пространственным решетчатым плитам и некоторым плоскостным конструкциям.

Одномерные оценки, указанных выше технико-экономических показателей всяких покрытий находятся на основе статистической обработки данных строительства с помощью встроенных в Excel статистических функций **ЛИНЕЙН** и **ИНДЕКС**. Первая функция использует метод наименьших квадратов, чтобы вычислить прямую линию, которая наилучшим образом аппроксимирует имеющиеся данные. Предварительный анализ показал, что зависимость расхода условного материала на м. кв. от приведенной площади сооружения (также как и многих других показателей) следует, для выборок, образуемых для каждого типа всячего покрытия, разыскивать в виде функции дробно-степенного типа. Так как данная функция путем логарифмирования приводится к линейному виду, то задача ставится следующим образом: по данным выборки найти коэффициенты линейной регрессии и оценить их, построить на их основе зависимости исследуемых показателей и внести в базу знаний. Отметим, что включение в базу данных новых сведений о большепролетных пространственных покрытиях приводит к автоматическому перерасчету коэффициентов полученных зависимостей показателей.

Для многомерной оценки уровня условной стоимости проектируемых пространственных большепролетных покрытий используется следующий инструмент статистического анализа Excel – «Регрессия». Множественный линейный регрессионный анализ заключается в подборе графика для набора наблюдений с помощью метода наименьших квадратов. Регрессия используется для анализа воздействия на отдельную зависимую переменную значений одной или более независимых переменных. В нашем случае, на общую стоимость сооружения влияют несколько факторов, включая стоимость материалов, трудоемкость изготовления и монтажа конструкций и стоимость затраченной энергии (стоимость условного топлива). Регрессия пропорционально распределяет меру стоимости по этим трем факторам на основе статистических данных возведенных объектов. Результаты регрессии впоследствии могут быть использованы для предсказания стоимости нового проектируемого сооружения. На основе результатов множественной регрессии, внесенной в базу знаний прикладной экспертной системы, делается многомерная предварительная оценка стоимости проектируемого покрытия.

По данным множественной регрессии коэффициент детерминированности ( $r^2$ ) равен 0,986, что указывает на сильную зависимость между независимыми переменными и стоимостью. Определенное значение F-статистики говорит о том, что полученный результат (с таким

высоким значением  $t_2$ ) не является случайным. По вычисленным значениям  $t$ -статистики можно судить о том, насколько полезен каждый коэффициент наклона для оценки стоимости воплощения покрытия здания. Таким образом было установлено, что показатель энергоёмкости покрытия не является статистически значимым при определении стоимости его воплощения.

Чтобы выраженные с помощью материальной системы форма сооружения несла эстетическое содержание и эмоциональный заряд, нужно отразить в ней то, что соответствовало бы объективным факторам: функции, конструкции, материалу, методам возведения и условиям среды, но также фактору субъективному: восприятие сооружения человеком. Но эстетические идеалы и эмоциональная окраска воплощаются в материальном объекте в соответствии с объективными законами красоты, которые не всегда адекватны законам построения оптимальных конструктивных систем, что неизбежно вызывает в структурном скелете здания некоторые отклонения от рационального режима работы при сопротивлении внешним воздействиям. В этих условиях приходится затрачивать материал и труд на решение художественных задач. Важно знать: существуют ли разумные границы этих затрат?

Возможность описывать нечеткие знания, понятия в разработанной оболочке экспертной системы в среде Excel позволяет приоткрыть завесу в разрешении такого рода вопросов. В прикладной экспертной системе осуществлена корректировка зависимости расхода условного материала от приведенной площади покрытия с учетом значения такого нечеткого понятия как экспертная оценка архитектурной выразительности здания.

Альтернативные варианты нечеткой степени принадлежности такого понятия как «архитектурная выразительность» следующие: «плохая», «средняя», «хорошая», «отличная», «замечательная». Эксперт здания при определении архитектурной выразительности сооружения может пользоваться также и двумя типами дополнений нечеткости: из первого – «не», «очень», «почти» и из второго – «не», «очень», «сильно», «почти», «достаточно». С помощью экспертной системы были получены нечеткие оценки архитектурной выразительности выборочной совокупности воплощенных всяческих покрытий (13 объектов). Нечеткие оценки переводятся в четкие с помощью встроенной функции оболочки экспертной системы «Расчет Среднего».

Ниже приведена таблица с данными, по которым была осуществлена множественная регрессия. Приведенная выборка обладает сле-

дующим коэффициентом корреляции логарифма площади и логарифма расхода условного материала – 0,93.

Номер	x1 - LOG10 (четкая оценка)	x2 - LOG10 (площадь)	y - LOG10 (расход материала)	Коэффициент корреляции Y и x1	
				по строкам	коэффициент
1	1,755112266	3,243038049	1,791690649		
2	1,890421019	3,662757832	1,92788341	с 1 по 13	0,234628
3	1,890421019	3,662757832	1,92788341		
4	1,758154622	3,462397998	1,872156273		
5	1,755112266	3,67669361	1,834420704		
6	1,757396029	3,67669361	1,848804701	с 1 по 6	0,879703
7	1,757396029	4,243038049	2,176091259		
8	1,770115295	4,243038049	2,199206479		
9	1,892094603	4,301029996	2,227886705	с 7 по 9	0,925674
10	1,755112266	3,803457116	1,969881644		
11	1,757396029	3,685741739	1,973127854		
12	1,762678564	3,698970004	1,986771734		
13	1,770115295	3,685741739	2,021189299	с 10 по 13	0,983928

Полученное значение t-статистики для переменной X1 (0,262) говорит о малой важности такого фактора как «архитектурная выразительность» для учета его влияния на общий расход условного материала покрытия. При этом оценка t-статистики для переменной X2 (7,98), наоборот, свидетельствует о важности данного фактора в определении искомой регрессии.

Для дальнейших исследований выборочная совокупность была разделена на три в соответствии со следующими интервалами приведенной площади покрытия: от 1750 до 4750 (объекты с 1-го по 6-й), от 4850 до 6360 (объекты с 10-го по 13-й) и от 17500 до 20000 (объекты с 7-го по 9-й). В таблице приведены значения коэффициентов корреляции для этих трех выборок, по которым можно сказать, что существует тесная корреляционная связь между расходом условного материала и архитектурной выразительностью сооружения, если выборочная совокупность однородна в пределах приведенной площади покрытия. Такой фактор как «архитектурная выразительность здания» оказывает существенное влияние на результирующие значения расчетных оценок расхода условного материала, идущего на воплощение всеяких большепролетных пространственных покрытий.

*Получено 17.05.2002*