

## ГОРНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ

УДК 622.002.5.004.1

Г.Д. Буялич

### ОЦЕНКА КОНКУРИРУЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО НЕСКОЛЬКИМ КРИТЕРИЯМ

Ниже предлагается методика оценки конкурирующих технических решений конструкции горной машины или её отдельных частей в процессе проектирования для заданных условий эксплуатации.

Для этих целей при сравнении конкретных конструктивных решений представляется целесообразным использовать в качестве отдельных показателей не параметры машин, поделённые на функциональный критерий (как это делается в теории качества [1]), которые в полной мере не отражают условий эксплуатации, а комплексные показатели (частные критерии), отражающие процессы взаимодействия машин с окружающей средой (например, коэффициент неравномерности, характеризующий эпору контактного взаимодействия опорного элемента крепи с породой, или максимальные напряжения в конструкции, возникающие при определённых условиях нагружения, или величина опускания кровли, обусловленная силовыми и конструктивными параметрами крепи). Иными словами, частные критерии должны количественно характеризовать взаимодействие конкретного технического решения машины с окружающей средой в определённых условиях эксплуатации.

При наличии нескольких подобных частных критериев необходимо также ранжировать их по степени важности, а также иметь какой-то интегральный критерий для комплексного сопоставления и выбора конкретного технического реше-

ния.

Одним из возможных путей количественного анализа между собой частных критериев для различных конструктивных решений является построение интегрального критерия в виде аддитивной функции полезности [2, 3]

$$U_j = \sum_{i=1}^n P_i V_{ij},$$

где  $U_j$  - интегральный критерий  $j$ -ого технического решения;

$V_{ij}$  -  $i$ -ый частный критерий  $j$ -го технического решения;

$P_i$  - весовой коэффициент  $i$ -го частного критерия;

$n$  - количество частных критериев.

Основной сложностью построения такого аддитивного обобщённого критерия является нахождение весовых коэффициентов  $P_i$ , которые наиболее часто определяются с помощью метода экспертных оценок. Однако такой способ недостаточно надёжен из-за присутствия элементов субъективизма и требует привлечения большого количества квалифицированных специалистов.

Наиболее приемлемым способом определения оценок весовых коэффициентов  $P_i$  в приведённой функции полезности является энтропийный подход [4], использующий имеющуюся статистику значений частных критериев  $V_{ij}$  и позволяющий произвести оценку как по отдельным частным критериям, так и по конструкции машины в

целом (интегральный критерий). При этом также можно оценить и степень влияния отдельных частных критериев на комплексный показатель.

Для обеспечения адекватного относительного сравнения частных критериев между собой их приводят к безразмерному виду, делают однонаправленными и изменяющимися в одном диапазоне от 0 до 1.

Центрированность и нормированность частных критериев достигается преобразованием

$$V_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{i \min}}{x_{i \max} - x_{i \min}},$$

где  $x_{ij}$  -  $i$ -ый частный критерий по  $j$ -му техническому решению;

$x_{i \min}$  и  $x_{i \max}$  - соответственно минимальное и максимальное значение  $i$ -го частного критерия по всем техническим решениям;

$V_{ij}$  - центрированное (изменяющееся в диапазоне от 0 до 1) значение  $i$ -го частного критерия по  $j$ -му техническому решению.

Для обеспечения однонаправленности частных критериев, что облегчает их относительное сравнение, частные критерии, уменьшение которых вызывает улучшение функции полезности, приводят к виду

$$V_{ij} = 1 - V_{ij}.$$

Такие преобразования линейны и не изменяют ранжировки относительной оценки технического решения по аддитивной функции полезности.

В качестве оценки весового коэффициента  $i$ -го частного критерия можно принять сред-

неквадратичное отклонение его нормированных значений по всем оцениваемым конструкциям

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{N-1}},$$

где  $N$  - количество сравниваемых между собой технических решений;

$Y_{ij}$  - нормированное значение частного критерия

$$Y_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{i \max}};$$

$\bar{Y}_i$  - среднее значения  $i$ -го частного критерия.

В некоторых случаях частные критерии принимают отрицательные значения, либо меняют свой знак при изменении каких-либо параметров (например, угол поворота перекрытия при изменении силовых параметров крепи). В этих случаях вместо нормированных значений частных критериев по формуле (1) используют их аналоги, вычисляемые по следующей зависимости

$$Y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max(|x_{i \min}|, x_{i \max})}.$$

Для построения интегрального критерия в виде функции полезности, во-первых, необходимо сделать отбор частных критериев так, чтобы они были взаимонезависимы и в то же время максимально информа-

тивно отражали бы особенности конструктивного решения. Для этого строится корреляционная матрица нормированных значений частных критериев и по ней среди конкурирующих между собой кандидатов в принятые частные критерии, имеющих значимую корреляционную связь, следует отобрать те, которые имеют наибольшую изменчивость, т. е. имеют большую чувствительность к изменению при варьировании параметров конструкции машины.

Факторы  $x_i$  и  $x_m$  считаются коррелированными, если их коэффициенты корреляции

$$r_{mi} > \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{N-2}{t_{kp}^2(\alpha; k)}}},$$

где  $t_{kp}(\alpha; k)$  - критическое значение распределения Стьюдента для двухсторонней критической области для уровня значимости  $\alpha$  и числа степенной свободы  $k=N-2$ .

Значение оценки весового коэффициента  $\sigma_i$ , близкое к нулю, показывает, что этот частный критерий изменяется незначительно для различных технических решений в данных условиях эксплуатации. В этом случае либо параметры, определяющие данный критерий, не могут быть изменены в достаточных пределах, либо это изменение не приводит к значимым результатам. Поэтому дан-

ными частными критериями можно пренебречь.

При среднеквадратичном отклонении  $\sigma_i$ , близком к максимальному значению, напротив, необходимо обратить наибольшее внимание на соответствующий частный критерий, поскольку он обладает наибольшей чувствительностью при изменении параметров конструкции и в направлении которого можно наиболее эффективно увеличить полезные свойства технического решения.

Так как в аддитивной функции полезности сумма весовых коэффициентов частных критериев должна быть равной единице, то они могут быть определены пропорционально определенным среднеквадратичным отклонениям

$$P_i = \frac{\sigma_i}{\sum_{i=1}^n \sigma_i}.$$

Рассмотренная методика сравнительной оценки различных конструкций машин или их отдельных элементов по какому-либо набору отобранных признаков (частных критериев) позволяет на стадии проектирования количественно оценить конкурирующие технические решения как по отдельно взятым, так и по совокупности частных критериев для заданных условий эксплуатации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солод Г.И., Шахова К.И., Русихин В.И. Повышение долговечности горных машин. - М.: Машиностроение, 1979. -184 с.
2. Кини Р., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: Предпочтения и замечания. - М.: Радио и связь, 1981. -238 с.
3. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. -М.:Мир, 1978. -520 с.
4. Раев А.Г. Об одном способе определения весовых коэффициентов частных критериев при построении аддитивного и интегрального критерия // Автоматика и телемеханика, 1984. -№ 5.-С. 162-165.
5. Румишский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента: Справоч. руководство. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1971. -192 с.

□ Автор статьи:

Буялич  
Геннадий Данилович  
- к.т.н., доцент каф. горных  
машин и комплексов