

КАК ОЦЕНИТЬ ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ГОРНОЙ ТЕХНИКИ

Г.Г. Литвинский

Донбасский горно-металлургический институт
г. Алчевск, Украина

Запропонована нова методика оцінки ефективності гірничої техніки. Сформульовані і обґрунтовані критерії оцінки різних показників техніки. З використанням теорії подібності і розмірностей одержано новий узагальнений критерій ефективності, який відповідає вимогам масштабної і часової інваріантності.

С переходом на большие глубины горно-геологические условия разработки угольных пластов существенно ухудшаются, что особенно характерно для шахт Донецкого бассейна [1]. В условиях кризисного состояния горной промышленности, когда принятие решений о приобретении или проектировании новой горной техники сопровождается повышенным риском, особенную актуальность приобретает объективная оценка ее технического уровня.

Для проведения сравнительной оценки технического уровня горной техники необходимо использовать комплекс показателей, позволяющих сопоставить ее эффективность по различным характеристикам, которые можно разбить на несколько групп:

- геометрические параметры (в том числе габаритные размеры) горной машины и отдельных ее элементов;
- показатели условий применения техники (горно-геологические и горнотехнические данные);
- энерго-механические параметры (тип энергии, установленная мощность двигателей на исполнительном органе, на погрузке, движителе, КПД, и т.д.);
- показатели технической и эксплуатационной производительности, надежность, коэффициент готовности,
- технические параметры отдельных систем и условий их эксплуатации;
- требования безопасности, комфортности, охраны труда;
- технико-экономические данные (стоимость, окупаемость, , ремонтпригодность и пр.);

Учитывая недостаточно достоверный характер, либо отсутствие некоторых исходных технических данных в доступной для анализа текущей информации, желательно выбрать такие их комбинации, чтобы

они охватывали как можно более стабильные и распространенные показатели. Заметим, что не следует переоценивать достоверность приводимых различными фирмами данных, поскольку здесь может быть как их неосознанное искажение (например, когда машина еще не запущена в серию), так и вполне сознательная дезинформация, диктуемая требованиями рекламы, конкурентной борьбой за рынок и пр. Однако, несмотря на возможный разброс данных, можно полагать, что в своей совокупности эти неизбежные неточности при статистической обработке будут взаимно компенсированы и не помешают получить вполне реальное представление о тенденциях и закономерностях развития горной техники и технологии.

К техническим данным, чаще всего приводимым в технических характеристиках горной техники, можно отнести (в скобках указаны обозначения размерности [l] – длина; [t] – время; [m] – масса; [P] – сила, $[m \cdot l/t^2]$):

- A – габаритные размеры (длина, ширина, высота, м) [l];
- V – условный объем, который занимает машина в выработке [l^3].
- M – общая масса данного образца техники, (т) $[m] \sim \gamma^* [l^3]$; где $\gamma = \text{Const}$ – плотность материала;
- N – мощность суммарная N_c и рабочего органа N_p (кВт), $[P \cdot l/t]$ $\sim [m^2/t^2]$, а поскольку $[m] \sim \gamma^* [l^3]$, то размерность мощности $\gamma^* [l^5/t^2]$;
- П – производительность в единицах готовой продукции за единицу времени (например, м³/мин, т/час; и т.д.), для горной техники чаще всего $\gamma^* [l^3/t]$;

При указании размерности какого-либо показателя приведена оценка его пропорциональности геометрическим размерностям с целью учета и дальнейшего исключения «масштабного» эффекта. Под «масштабным» эффектом понимается изменение численной величины показателя машины при пропорциональном изменении ее размеров. Так, например, масса M, которая при изменении масштаба изменяется пропорционально $[M] \sim [b \cdot l^3]$, где b – постоянный коэффициент, а мощность N рабочего органа горной машины, пропорциональна (с некоторым постоянным коэффициентом) $[N] \sim [a \cdot l^5]$. Поэтому одним из важнейших требований к результативным показателям при оценке технического уровня машины является их постоянство (инвариантность) при изменении масштаба (геометрических размеров) машины.

Следует обратить внимание на то, что в указанные данные, характеризующие горную технику, не включены чисто экономические показатели (стоимость, затраты на ремонт и восстановление, окупаемость и др.). Это сделано вовсе не потому, что ими здесь пренебрегли. Такая позиция в данном исследовании является вынужденной, поскольку в рыночной экономике эти данные относятся скорее всего к коммерческой тайне фирм. Более того, некоторые из технических данных также можно

иногда поставить под сомнение, поскольку под влиянием рыночной конкуренции в рекламных проспектах или описаниях конструкции они иногда приводятся не вполне объективно.

Из совокупности наиболее достоверных данных целесообразно получить некоторые показатели, которые условно можно использовать для сравнительной оценки разных образцов техники. Целесообразно (а это всегда возможно) для единообразия так сформировать эти показатели, чтобы они при своем возрастании указывали на повышение технических качеств горной техники. Иными словами, когда первая производная от выбранного результативного показателя по времени положительна, это отражает положительную тенденцию. Кроме того, как это отмечалось выше, изменение масштаба любого вида техники не должно приводить к изменению значения показателя.

Независимо от способа формирования набор показателей (критериев) в многокритериальной задаче должен удовлетворять определенным требованиям [2]:

- Полнота. Использование любых дополнительных критериев не изменяет результатов решения задачи;
- Декомпозируемость. Набор критериев обеспечивает возможность разбиения сложной задачи на отдельные, более простые части.
- Неизбыточность. Различные показатели (критерии) не должны учитывать один и тот же аспект последствий.
- Минимальность. Набор должен содержать как можно меньшее количество критериев.
- Измеримость. Каждый критерий должен допускать возможность оценки интенсивности характеризуемого им свойства.

Формирование набора критериев позволяет выделить те аспекты последствий, которые должны приниматься во внимание при сравнении различных вариантов горной техники [3].

Перечислим некоторые из этих показателей, при этом, учитывая правила мнемоники, обозначим их единообразно и с исчерпывающей определенностью, например, через $\lambda_{П/М} = П/М$, где нижними индексами отражен смысл показателя. Все ниже перечисленные показатели инвариантны относительно размеров горной машины, т.е. постоянны при изменении ее линейных размеров (масштаба, но при соблюдении неизменного масштаба реального времени), что видно из сравнения их размерностей:

1. $\lambda_{П/М} = П/М^{3/5}$ – показатель удельной производительности, отнесенной к установленной мощности машины. Он характеризует, насколько эффективно используется установленная мощность, показывает в определенном смысле энергоемкость получаемой продукции и является одним из важнейшим среди остальных показателей. Чем больше этот показатель, тем более эффективно используется энергия для получения

конечной продукции, тем лучше энерго-механическая компоновка машины.

2. $\lambda_{П/М} = П/М$ – показатель, характеризующий эффективность конструкторского решения с точки зрения ее материалоемкости и отражающий, какую производительность дает каждая единица массы машины. Чем выше этот показатель, тем меньше удельная материалоемкость горной машины, тем выше ее производительность, приходящаяся на единицу массы, тем меньше следует ожидать затрат на материалы при изготовлении горной машины, тем ниже ее стоимость при прочих равных факторах.
3. $\lambda_{П/V} = П/V$ – показатель эффективности заполнения объема горного оборудования, характеризующий свойство компактности и использования пространственных решений в конструкции горной машины. Чем выше этот показатель, тем меньше материалозатраты на единицу продукции машины, тем меньше загромождается выработка, тем легче монтировать и обслуживать машину с позиций размещения ее в выработке.
4. $\lambda_{N/M} = N^{3/5}/M$ – показатель энерговооруженности горной машины, по нему можно судить, какова удельная энергия в единице массы, насколько «активно» в конструкции использована каждая единица массы. Косвенно в этом показателе отражается использование новых прогрессивных и высокопрочных материалов в машине, ее силовая сбалансированность, приближение привода к рабочим органам, экономия на трансмиссиях и редукторах и т.д.
5. $\lambda_{N/V} = N^{3/5}/V$ – показатель использования объема машины для размещения мощности, он оценивает эффективность пространственного конструкторского решения, ее компактность и энерговооруженность единицы занимаемого объема, косвенным образом позволяет оценить проблемы теплового баланса горной машины и т.д.
6. $\lambda_{M/V} = M/V$ – показатель сосредоточения массы в единице объема горной машины (своеобразный показатель плотности конструкции машины), дает оценку соотношения экстенсивных характеристик машины и позволяет судить о компактности конструкторских решений, что важно для горных выработок, где во многих случаях экстенсивные параметры горной машины выступают как лимитирующий фактор.

Большинство из этих показателей не всегда вычисляются однозначно, поскольку под каждым их входящих параметров могут подразумеваться разные значения (например, производительность может быть максимальной и минимальной, мощность может быть общей или только исполнительного органа и т.д.), поэтому в каждом отдельном случае следует конкретизировать, значение какого показателя имеется в виду.

Однако выбранные параметры (показатели) даже в таком усеченном виде чересчур многочисленны и поэтому не совсем удобны для суждения о конструкции горной машины в целом. Поэтому можно попытаться создать обобщенный критерий качества горной машины, который позволял бы произвести «свертку» (объединение) основных технических данных, характеризующих ту или иную конкретную конструкцию. Это позволило бы сравнивать различные горные машины одного и того же предназначения, даже несмотря на большие их конструктивные различия.

Таким обобщенным критерием может быть простейшая комбинация основных технических данных в виде следующего симплекса:

$$\lambda_0 = \frac{\Pi}{M^\alpha N^\beta} \quad (1)$$

где α и β – некоторые постоянные величины, которые следует выбрать, исходя из требования независимости симплекса от масштабного и временного факторов. Поскольку каждый из входящих в симплекс сомножителей зависит от геометрических размеров [1], то для выполнения сформулированного требования инвариантности показателя относительно масштаба следует использовать основные положения теории подобия и размерностей, для чего подставить в зависимость (1) размерности соответствующих параметров:

$$\lambda_0 = \frac{[l^3/t]}{[l^3]^\alpha [l^5/t^2]^\beta} = \frac{[l^{3-3\alpha-5\beta}]}{[t^{1-2\beta}]}$$

Из полученного соотношения размерностей в формуле для обобщенного показателя, чтобы добиться его безразмерного значения, необходимо положить значения степеней равными 0:

$$1 - 2\beta = 0;$$

$$3 - 3\alpha - 5\beta = 0'$$

откуда сразу следуют искомые зависимости: $\beta = 1/2; \alpha = 1/6$. Окончательно обобщенный критерий будет иметь вид:

$$\lambda_0 = \frac{\Pi}{\sqrt{MN^{1/3}}} \quad (2)$$

Важно обратить внимание на то, что полученное соотношение степеней в обобщенном критерии гарантирует не только его инвариантность по отношению к линейным размерам, но и относительно масштаба времени (если плотности материала модели и природы равны), что является дополнительным его преимуществом. Сам критерий в данном виде не является безразмерным, причем его размерность равна $\gamma^{1/3}$ (если производительность задается в размерности $\gamma^*[l^3/t]$).

Поскольку конкретное выражение для критерия эффективности следует получать с помощью теории подобия и размерностей, то его модификации будут зависеть от принятой размерности производительности того или иного вида техники. Например, для грузового транспорта, производительность которого измеряется в тонно-километрах/час $[m^*l/t] \sim \gamma^*[l^4/t]$, обобщенный критерий эффективности грузового транспорта, после выполнения требований инвариантности относительно изменения линейных размеров и времени, принимает значение уже с иными показателями $\alpha=\beta=1/2$:

$$\lambda_0 = \frac{\Pi}{\sqrt{MN}}$$

Обобщенный критерий эффективности λ_0 характеризует, ценой каких затрат энергии и материалоемкости достигается конечный результат, отраженный в производительности машины, т.е. цель, ради которой она создана. Косвенным образом знаменатель отражает возможную стоимость машины, т.к. включает в себя интенсивный (мощность N) и экстенсивный (масса M) параметры. Чем выше обобщенный критерий, тем экономичнее машина, тем она компактнее, а ее конструкция более совершенна.

Чтобы этот обобщенный критерий был наполнен более достоверным содержанием, следует входящий в него параметр Π (производительность) указывать для заранее заданных одинаковых (например, горно-геологических) условий работы сравниваемых конструкций горной техники. Поэтому приходится при проведении исследований тщательно выбирать тип горных машин по целевому назначению, когда производительность выражается одной и той же размерностью и трактуется в одинаковых понятиях. Надо, например, с осторожностью и дополнительными обоснованиями проводить сравнение по такому обобщенному критерию в ряде случаев родственных горных машин (сопоставление комбайнов с погрузочными машинами или с буровой техникой), пусть даже их производительность измеряется одинаковыми размерностями (например, м³/мин).

Обобщенный критерий эффективности дает научно обоснованную базу для объективного сравнения различных образцов горной техники, что важно на всех этапах ее создания, проектирования, изготовления и проведения сравнительных испытаний.

Литература

1. Garry G. Litvinsky. Problem eksploatacji cienkich pokladow w ukraińskich kopalniach wegla kamiennego Zagłębia Donieckiego. Proceedings of the school of Underground Mining 2002. International Mining Forum. Polish-Ukrainian Forum. – Polish Academy of Science. – Krasow: Nauka-Technika, 2002. Pp. 347-363.

2. Keeney R.L., Raifla H. Decisions with Multiple Objectives: Preference and Value Tradeoffs. – New York, 1976, “John Willey”.
3. Гафт М.Г. Принятие решений при многих критериях. – М.: Знание, 1979. – 64 с.

Поступила в редакцию 12.01.04