

ГІРНИЧІ МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ

УДК 622.233

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНОЙ СИСТЕМЫ

О.М. Терентьев, канд. техн. наук (НТУУ «КПИ»)

Представлено функціональні математичні моделі системного аналізу параметрів конструювання, технології виготовлення, експлуатації, ремонту та відновлення з метою обґрунтування вибору показників життєвого циклу функціонування гірничих систем.

Для анализа процессов разрушения забоя рабочим инструментом исполнительного органа горных систем вся совокупность их параметров разделена на входные, выходные управляющие и не управляющие (случайные) [1, 2]. Оптимизация процессов взаимодействия всех подсистем проводится путем системного анализа и обобщения кинематических, конструктивных, технологических, эксплуатационных параметров и их взаимосвязей [3]. Эти взаимосвязи и формируют структуру системы и процессы функционирования каждого элемента.

Любые функциональные элементы могут быть представлены в виде структуры, а при наложении соответствующих связей и вырождении структурных элементов удается создать структурную схему для системного анализа горной техники [4]. На основе логико-интуитивного подхода с использованием известных фундаментальных теорий, законов, открытий, изобретений, экспериментальных, конструкторских, технологических и эксплуатационных достижений выполняется системный анализ и формируются параметры, определяющие жизненный цикл горной системы. Структурная схема системного анализа представлена на рис. 1.

Параметры, которые необходимо учитывать при создании горных систем, разделены на три группы:

первая группа – входные параметры конструирования $X_{кн}$, технологии изготовления $X_{из}$, эксплуатации $X_{эп}$ и ремонта $X_{рл}$ системы;

вторая группа – входные параметры, непосредственно определяющие процессы разрушения забоя рабочим инструментом исполнительного органа при заданных характеристиках привода горной системы $X_{пр}$, выходные параметры конструирования $Y_{кн}$, технологии изготовления $Y_{из}$, эксплуатации $Y_{эп}$, ремонта $Y_{рл}$;

третья группа – показатели жизненного цикла системы Z_i .

Входные параметры конструирования $X_{кн}$ необходимы для воспроизведения или отображения пространственных свойств объектов. Они характеризуются не только физическим, но и геометрическим подобием. На этапе их формирования проводится анализ геометрических, весовых, силовых, кинематических параметров, а также компоновочная проработка как отдельных

блоков и узлов, так и всей системы в целом. Параметры $X_{k1} \dots X_{kn}$ определены требованиями потребителей к качеству горной системы.

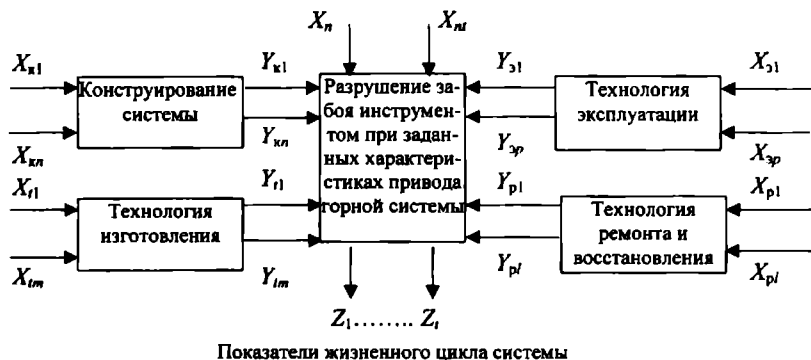


Рис. 1. Структурная схема системного анализа параметров функционирования горной системы

Выходными параметрами конструирования $Y_{k1} \dots Y_{kn}$ являются технические требования на изготовление, обобщенные показатели оценки эффективности и полезности системы, такие как производительность, удельная энергоёмкость, приведенные удельные затраты.

Вероятностные методы позволяют создать информационные модели конструирования систем. Они отображают спектр имеющихся технических решений и прогнозируют будущие изменения. На этапе конструирования системы решается ряд задач: поиск и анализ информации, расчетно-вычислительное моделирование – как математическое, так и стендовое, производственное, промышленное. Объединение системы и их характеристик в классы по конструктивным признакам способствует систематизации исходной информации. Огромное влияние на системный анализ исходных данных оказывает их ранжирование и используемые ограничения в соответствии с целью исследования. Чем больше перечень ограничений, тем меньше дисперсия исследуемых параметров сложных систем. Статистический подход позволяет исключить крайние значения параметров, которые вызывают ошибки проектирования.

Системный анализ исходных данных конструирования обеспечивает возможность прогнозирования и синтеза различных горных систем. Для этих целей используется теория матриц. Обозначив совокупность параметров жизненного цикла горной системы через матрицу X , где $X = \|X_{kn}\|$, ($k = 1, 2, 3, \dots$; $n = 1, 2, 3, \dots$), а множитель подобного преобразования через A , то по правилам умножения матриц получим новый класс горных систем, подобный первому. Этот класс описывается матрицей Y , где $Y = AX = \|AX_{kn}\|$. Соответственно обозначив вероятные граничные значения множителя подобного преобразования через A_1 и A_2 , получим $Y_1 = A_1X$ и $Y_2 = A_2X$. Все множество значений параметров рассматриваемого класса горных систем лежат в границах

$Y_1 - Y_2$, а любая матрица Y_i расположена в пределах $Y_1 \leq Y_i \leq Y_2$. Это неравенство описывает любую подгруппу подобных горных систем и ограничивает возможную область их размещения.

При формировании показателей технологии изготовления принимают во внимание следующее. Входные $X_{i1} \dots X_{im}$ и выходные $Y_{i1} \dots Y_{im}$ параметры должны отражать влияние на технологичность изготовления всего многообразия определяющих факторов, таких как технические возможности, условия производства и эксплуатации системы. Эти параметры должны обеспечивать получение обоснованных рекомендаций для выбора рациональных материалов, формы и геометрии блоков и узлов системы, а также технологий их изготовления. Параметры технологии изготовления должны обеспечивать решение вопросов, касающихся установления технико-экономической целесообразности практического применения конкретного исполнительного органа горной системы. Системный подход позволяет анализировать технологичность изготовления как отдельных узлов, так и всей системы как совокупности подсистем, например, «забой», «исполнительный орган», «привод». При этом материальные затраты на изготовление системы представляются в виде некоторой функции затрат, составляющих отдельные подсистемы. Между технологическими требованиями, разрабатываемыми на этапе конструирования, и реальными горными системами с конкретными показателями жизненного цикла $Z_1 \dots Z_i$ стоит сложная биологическая система – человек, со своими физическими и психическими возможностями, которые в еще большей степени носят вероятностный характер. Эта система влияет на объект как человек–создатель и как человек–потребитель. Человек выбирает тип системы, проектирует и изготавливает ее, задает режимы функционирования в зависимости от конкретных условий. Воздействие человека на систему при попытках получить заданный результат носит вероятностный характер. Результаты изготовления зависят от отбора статистических данных о современных технологиях изготовления как в отечественной, так и зарубежной практике. Требования [5] для системного анализа и обоснованного выбора технологий изготовления включают:

однородность, то есть конструктивное подобие систем различных классов;

равноценность, то есть возможность изготовления одной системы в различных производственных условиях;

нормализованность, то есть возможность изготовления унифицированных блоков, совместимых при блочной компоновке узлов системы;

репрезентативность, то есть достаточное количество данных для анализа технологичности изделия.

Статистические совокупности технологий изготовления системно анализируются и выбираются также с помощью теории матриц:

$$\|X_{im}\| = X = \begin{vmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{i1} & X_{i2} & \dots & X_{im} \end{vmatrix},$$

где m – минимальное число выбираемых параметров, определяется по вероятностным законам и уже при зависимости между параметрами технологии изготовления $m \leq 10$ становится мало достоверным.

Анализ параметров технологии эксплуатации X_p необходим для воспроизведения динамики процессов функционирования системы. Этот анализ предусматривает физическое, аналоговое, кибернетическое моделирование, которое существенно сокращает затраты на создание реальных систем. Основой при этом служит стремление к достижению наиболее полного соответствия физического подобия модели и объекта. При составлении моделей горных систем входные $X_{31} \dots X_{3p}$ и выходные $Y_{31} \dots Y_{3p}$ параметры технологии эксплуатации выражаются в виде соответствующих зависимостей между параметрами и набором ограничений, уточняющих условия эксплуатации, организацию работ, технические возможности и потребительские характеристики системы. Методы моделирования позволяют системно анализировать параметры технологии эксплуатации, выявляя параметры эталонной системы, устанавливать область рационального функционирования систем и условий их оптимального использования в конкретных условиях. В рассмотренной постановке задачи такого типа непосредственно переходят в задачи синтеза.

Условием, определяющим лучший вариант системы, являются рациональные значения выходных параметров $X_{31} \dots X_{3p}$ эффективности функционирования или минимизация обобщенного показателя эффективности эксплуатации. Таким образом, система-эталон устанавливается путем последовательного вычисления показателей эффективности технологии эксплуатации систем исследуемого класса и сопоставления полученных значений в виде ранжированного не возрастающего упорядоченного ряда:

$$\mathcal{E}_1 > \mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_3 \dots > \mathcal{E}_i > \dots \mathcal{E}_r,$$

где \mathcal{E}_i – показатель эффективности эксплуатации i -го образца системы данного класса.

Для вычисления обобщенного показателя эффективности эксплуатации целесообразно пользоваться его вероятной величиной из-за разнообразия конкретных условий. Для этого необходим алгоритм, отражающий взаимосвязь параметров системы и условий ее функционирования.

Любая горная система характеризуется бесконечно большим количеством переменных. Для системного анализа технологии ремонта и восстановления системы необходим обоснованный выбор наиболее существенных входных параметров. После их отбора и ранжирования можно проводить анализ подсистемы технологии ремонта и восстановления. Поскольку все входные параметры изменяются во времени, то вся подсистема рассматривается как динамическая. Тогда все отобранные входные параметры $|X_p|$ могут быть представлены как $X_{pi} = X_{pi}(t)$, а весь блок технологии ремонта и восстановления как

$$X_p(t) = [X_{p1}(t), X_{p2}(t), X_{p3}, \dots, X_{pr}(t)].$$

Выходные параметры Y_{pi} , характеризующие технологию ремонта и восстановления горной системы, являются сложными и комплексными:

$$Y_{pi}(t) = [X_{p1}(t), X_{p2}(t), X_{p3}, \dots, X_{pj}].$$

В общем виде вся горная система описывается вектор-функцией:

$$Y_{pi} = Y_{pi}(X_{pi}, t),$$

где X_{pi} – входные параметры технологии ремонта и восстановления горной системы; t – время.

В результате изменения X_{pi} и t получена траектория технологии ремонта и восстановления, то есть линия поведения системы как след перемещения конца вектора-функции в гиперпространстве технологии ремонта и восстановления.

Степень и формы организации восстановительных работ горной системы, взаимодействие между блоками и узлами обеспечиваются наложением функциональных динамических связей вида

$$f_i(X_{p1}(t), X_{p2}(t), X_{p3}, \dots, X_{pj}, t) = 0.$$

Рассматривая каждую подсистему как незамкнутую, то есть взаимодействующую с изменяющимися условиями внешней среды, получаем функциональное представление поведения горной системы на стадии технологии ремонта и восстановления:

$$X_{pi}(t) = \Phi [P(t_0), X_{pi}(t), P],$$

а состояние выходов системы:

$$Y_{pi}(t) = F[P(t_0), X_{pi}(t), P],$$

где $P(t_0)$ – состояние горной системы на момент поступления на стадию ремонта и восстановления.

Статистический анализ рядов X_{pi} и Y_{pi} дает возможность выразить функциональную связь между входными и выходными параметрами без строгого раскрытия функций Φ , F , $P(t_0)$, $X_{pi}(t)$, без чего сложно обойтись при микро-подходе системного анализа и можно избежать при макро-подходе.

В настоящей работе на первом этапе использовался классический (макро-) подход к системному анализу. Он предусматривает расчленение горной системы на элементы, подсистемы и исключение детализации при рассмотрении внутренней структуры и связей каждой из подсистем. Такой метод является интегральным, так как позволяет ограничиться только анализом входов и выходов отдельных подсистем. Поскольку горная система является динамической, то предмет ее анализа – информационные процессы, описывающие функционирование и развитие системы, а цель – создание метода установления наиболее эффективного функционирования всей систем. При этом исследование ведется с позиций технической кибернетики. Показатели жизненного цикла горной системы или производственная функция запишутся так:

$$Z = \Phi[K, И, Э, Р, В, R, T, L, J, \alpha(t)],$$

где Z – показатели жизненного цикла; Φ – функционирование системы; K – конструирование; I – изготовление; Ξ – эксплуатация; P и B – ремонт и восстановление; R и T – средства и параметры труда; L – затраты живого труда; J – информационные массивы; $\alpha(t)$ – изменение внешних воздействий.

В явном виде такой функционал определен с помощью статистического анализа зависимостей между существенными переменными. Этапы жизненного цикла горной системы представлены следующим образом:

Системный анализ. На этом этапе систематизируются конкретные практические потребности с целью определения возможности их удовлетворения.

Описание. Этот этап связан с выработкой технических требований к системе. Концепция жизненного цикла целостной горной системы рекурсивно связана с жизненными циклами, обеспечивающими ее теоретическое и эксплуатационное соответствие.

Проектирование. Этап, на котором разрабатывается проект всей системы, включающий системный анализ показателей жизненного цикла существующих систем подобного класса, функциональное описание поведения системы в реальных условиях, архитектурные принципы построения системы, планы испытаний, основанные на сформулированных технических требованиях к системе и общем ее проекте.

Реализация. Этап реализации системы, состоящий из конструирования отдельных модулей, испытания и отладки готовых модулей, объединения модулей в подсистемы для окончательной компоновки системы.

Поставка. Осуществляется передача системы заказчику с проведением аттестации системы на основе плана испытаний и подтверждением сертификата качества, а также приемно-сдаточные испытания с участием заказчика.

Эксплуатация и сопровождение. Этот этап охватывает процедуры внесения необходимых изменений для исправления ошибок и удовлетворения изменяющихся потребностей.

Апробация теории функционирования горной системы. Проверка теоретических положений по созданию горной системы.

1. Позин Е.З., Меламед В.З., Тон В.В. Разрушение углей выемочными машинами. – М.: Недра, 1984. – 288 с.
2. Солод В.И., Гетопанов В.Н., Рачек В.М. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. – М.: Недра, 1982. – 350 с.
3. Терентьев О.М. Обоснование параметров и разработка противофазного гидродневмоударного исполнительного органа рыхлителя: Дис... канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1983. – 396 с.
4. Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ. – М.: Машиностроение, 1975. – 423 с.
5. Моисеева Н.К. Выбор технологических схем решений при создании новых изделий. – М.: Машиностроение, 1980. – 181 с.