

УДК 622.673.1

**Оптимальный алгоритм построения структурной схемы
приоритетного развития горного машиностроения**

**Optimal algorithm for designing of structural scheme of priority
development of the mining machinery**

Акашев З.Т., Мехтиев А.Д.

Карагандинский государственный технический университет (E-mail: barton.kz@mail.ru)

Тау машина жасауды қазіргі дамытудың негізгі шарттары, бәсекеге қабілеттілік және осы саладағы жұмыс тиімділігінің көкейкесті мәселелері қарастырылған. Өндірістік процестердің технологиясын әбден жетілдіруі және саланың тау-кен жабдығының техникалық деңгейінің жоғарлатуы бойынша ұсыныстар жасалды. Мақалада, энергия сақталуы заңы негізінде, балама ретінде тау-кен машина жасау саласында жұмыстар ақысы келтірілген. Сонымен бірге тау-кен машина жасаудың басымды дамуына негізделген құрылымдық сұлбаның оңтайлы алгоритмін блоктық жүйелер бойынша жұмысты кезеңдерге бөлуде уақытты тиімді үлестіру қарастырылған.

The basic conditions for development of modern mining machinery and actual questions of competitiveness and efficiency of the industry are reviewed. The recommendations for improving the production processes technology and raising the technical level of the mining industry equipment are given. In the article, based on the law of energy conservation, the cost of mining machinery works is used as an alternative. The reasons of the optimal algorithm using necessity for the mining machinery priority development structure scheme constructing are proved. The optimization of the successive stages time distribution is considered, the realization of the work is correlated with the blocks: "Mining Equipment", "Mechanical Engineering", "Scientific Basis", "Production and technical base."

Введение

В современных условиях развития горного машиностроения весьма актуальны вопросы конкурентоспособности и эффективности работы отрасли: совершенствование технологии производственных процессов и повышение технического уровня оборудования горной отрасли, соответствие общемировым приоритетам научно-технического и социально-экономического развития. Экономический эффект может быть усилен благодаря подготовке и внедрению принципиально новых научных разработок и методов, которые позволят существенно повысить надежность механического оборудования горнодобывающих предприятий.

Диалектичность развития современной технологии выражается в том, что сегодня главная задача состоит не в поддержании технологий на достигнутом высоком уровне, а в необходимости постоянно и оперативно ее изменять. При этом наиболее существенные изменения происходят не на пути модернизации, а за счет принципиального преобразования их в наукоемкие технологии [1].

Как известно, независимо от способа разработки полезных ископаемых, при взрывном разрушении массива технология производства горных работ состоит из следующих этапов: разбуривание горного массива; взрывание горного массива; выделение и дробление негабарита взрывным или механическим способом; погрузка кондиционной части рядовой горной массы в транспортные средства;

доставка горной массы до места назначения и перегрузка ее в приемный бункер обогатительной фабрики или укладка в штабель (отвал).

На основании исходных требований, предъявляемых к объекту исследования, исходя из потребностей производства, формируется конечная цель и намечаются рациональные этапы реализации, т.е. разрабатывается программа научных исследований [1]. Последняя должна предусматривать оптимизацию структуры исследуемых процессов и режимов функционирования оборудования, реализующего эту технологию, что обеспечит наилучшие технико-экономические показатели объекта управления. Поэтому цель управления (минимум времени, минимум энергии и т.д.) можно рассматривать как минимизацию некоторого критерия оптимальности (время, энергия и т.д.).

Решение системы дифференциальных уравнений на экстремум является одним из способов математической оптимизации по критерию быстродействия системы определяет функциональный критерий объекта управления, который играет существенную роль в дальнейших исследованиях. Во-первых, он определяет основной (функциональный) признак классификации объекта управления, во-вторых, функциональный критерий используется для оценки качества научно-технической продукции по комплексному показателю (техническому уровню).

Для этого исходя из нужд производства разрабатываются исходные требования к объекту управления, благодаря которым резко сокращается количество структурных схем, пригодных к реализации [2].

В качестве единичных показателей принимаются показатели, каким-либо способом влияющие на функциональный критерий. В количественном отношении единичных показателей не должно быть более пяти (по количеству эффективных коэффициентов весомости [3], доля которых выше 1 %).

Важное значение имеет правильное ранжирование единичных показателей, т.е. присвоение им коэффициентов весомости. Ранжирование единичных показателей, как правило, производится согласно ГОСТу 2.116–84 и ГОСТу 4.21–85 — «Качество продукции» и «Номенклатура показателей», по которым находятся показатели назначения, надежности, эффективности, экологической и технической безопасности, технологичности.

Оптимальный алгоритм построения структурной схемы приоритетного развития горного машиностроения

Проблема развития машиностроения в регионе может иметь двойное значение: служить основным производством или же исполнять роль вспомогательного производства. Но при этом построение структуры машиностроения должно соответствовать тем требованиям и задачам, которые были поставлены перед отраслью. Следовательно, строительство объектов, например, горного машиностроения, следует оптимизировать как по структуре, объему производства, режиму работы, так и по стоимости работы.

Угольная промышленность, как наиболее механизированная и автоматизированная отрасль индустрии, составила базовую часть национальной межотраслевой программы «Научно-техническая проблема машиностроения и создание новых высокоэффективных машин и аппаратов», реализуемой по линии Министерства науки и новых технологий Республики Казахстан. Поэтому развитие угольного машиностроения рассматривается как основа развития общего горного машиностроения всех смежных отраслей горнодобывающей промышленности.

В связи с этим независимое (локальное) решение указанной межотраслевой проблемы невозможно без учета потребностей всех смежных отраслей горной промышленности по следующим причинам:

- проблема развития угольного машиностроения, как вспомогательного производства отрасли, не должна рассматриваться без учета перспективы развития и установления потребностей основного производства в горном оборудовании (ГО);
- перспективы развития угольного машиностроения должны быть ориентированы на общую потребность в горной технике всех смежных отраслей горной промышленности, использующих однотипное ГО;
- основные направления развития угольного машиностроения должны определяться с учетом мощностей заводов смежных отраслей горной промышленности, в том числе и конверсионных заводов военно-промышленного комплекса, объединенных общностью законов экономического стимулирования при рыночных отношениях в общеструктурную единицу по горному машиностроению;

- разрабатываемая концепция развития угольного машиностроения должна составить генеральное направление (линию) приоритетного развития заводов горного машиностроения, с некоторой доверительной областью отклонений вокруг него, учитывающей специфику развития смежных отраслей горной промышленности;
- любые локальные решения, принимаемые по развитию конкретных заводов горного машиностроения, не должны выходить за пределы доверительной области отклонений и тем самым максимально содействовать реализации общей программы приоритетного развития горного машиностроения в регионе.

Приведенные исходные требования, предъявляемые к развитию собственной базы угольного машиностроения, обуславливают необходимость уточнения формулировки разрабатываемой проблемы (объекта исследования) с целью охвата всех подлежащих при этом решению задач. Тогда, согласно исходным требованиям, объектом исследования (ОИ) будет производственно-техническая база (ПТБ) угольной промышленности, а целью — разработка программы приоритетного развития ПТБ горного машиностроения на период планирования.

Очевидно, разработка последней будет значительно упрощена и может быть легче реализована при анализе ОИ по модульному составу, на основе критерия независимости, т.е. с переходом на блочный принцип исследования. Такой анализ показывает, что программа развития ПТБ горного машиностроения, как информационно-зависимая система, состоит из четырех обособленных блоков (модулей): «Горное оборудование», «Машиностроение», «Научная база» и «Развитие ПТБ» с входными и выходными параметрами. При этом каждый блок является самостоятельной единицей и имеет свой алгоритм, а выходные данные каждого предыдущего блока — входные параметры для последующего.

В то же время программа и общий алгоритм развития ОИ определяются его функциональным признаком (назначением), т.е. выполняемой им работой, поэтому структурно-математическую модель функционирования информационно-зависимой системы следует формализовать из предпосылки, что общая (удельная) работа, выполняемая ПТБ отрасли, или предприятием, или машиной и системой машин, или станками и инструментами и другими приспособлениями, по стоимости адекватна общим (удельным) приведенным затратам на производство этой работы. При этом в установившемся непрерывном режиме работы ОИ она определяется при непрерывном учете фактора времени [4] как:

$$A_{уд} = \int_0^L \frac{F}{Q} dL = \int_0^T \frac{Fv}{Q} d\tau = \int_0^T \frac{1}{Q} \cdot (E_H K + U) \cdot (1 + E_{HP})^{-\tau} d\tau, \quad (1)$$

где T — принятый период оценки, лет; L — перемещение, м; τ — интервал дискретности, ед. времени ($\tau = 1, 2, \dots, T$); F и v — сила тяги (Н) и скорость движения (м/с) ОИ в установившемся режиме работы (состояние статического равновесия); E_H , E_{HP} — нормативные коэффициенты: эффективности использования капитальных вложений и для приведения разновременности затрат; K , U — текущие капитальные и эксплуатационные затраты.

При этом разрабатываемая таким образом программа должна быть рациональной, содержать минимум необходимых работ и в то же время не упустить важные по значимости работы.

Очевидно, такая задача является задачей вариационного исчисления, поэтому математическую модель ОИ необходимо привести к виду, удобному для использования метода математической оптимизации. Поскольку $F \cdot v = N$ — мгновенная производственная мощность, потребляемая ОИ при выполнении заданного объема работы Дж/с, то из условия (1) следует:

$$N = (E_H K + U) \cdot (1 + E_{HP})^{-\tau}. \quad (2)$$

Для установления вида экстремали, получаемой при оптимизации, возьмем первую и вторую производные из условия (2) по интервалу дискретности, как из произведения двух сопряженных величин, тогда

$$\left. \begin{aligned} \frac{dN}{d\tau} &= -B(1 + E_{HP})^{-\tau}; \\ \frac{d^2 N}{d\tau^2} &= -B_1(1 + E_{HP})^{-\tau} > 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $B = (E_H K + U) \cdot \ln(1 + E_{HP}) = \text{const}$; $B_1 = B \cdot \ln(1 + E_{HP}) = \text{const}$.

Следовательно, критерием оптимальности (параметром, характеризующим состояние ОИ) будет минимум мгновенной производственной мощности, потребляемой ОИ при выполнении заданного объема работы в установившемся режиме движения (состоянии статического равновесия):

$$N = x_1; B_1(1 + E_{\text{ПП}})^{-\tau} = x_2; \dot{x}_2 = u\varepsilon = u = u(\tau).$$

Уравнение (3) запишем как систему дифференциальных уравнений вида

$$\frac{dx_1}{d\tau} = x_2; \frac{dx_2}{d\tau} = B_1(1 + E_{\text{ПП}})^{-\tau} = u, \quad (4)$$

где u — управляющее воздействие.

Систему уравнений (4) решим на оптимум, используя «принцип максимума» Л.С.Понтрягина, тогда промежуточной функцией системы (4) будет

$$H = \Psi_1 x_2 + \Psi_2 U_0, \quad (5)$$

где Ψ_1 и Ψ_2 — вспомогательные переменные.

Из условий «принципа максимума»

$$\dot{\Psi}_i = -\frac{\partial H}{\partial x_i}; \frac{\partial H(\Psi, x, u)}{\partial u} = 0, \quad (6)$$

$$u = u(\tau).$$

Из (5) имеем: $\Psi_1 = 0$; $\Psi_2 = -\Psi_1$. Откуда $\Psi_1 = C_1$; $\Psi_2 = C_2 - C_1 \tau$.

При $\tau=0$, $\Psi_2^{\max} = C_2$, но $\Psi_2 = -C_1$, следовательно, из уравнения (6)

$$u_0 = \text{sign } \Psi_2 = \pm 1, \quad (7)$$

где C_2 и C_1 — постоянные интегрирования.

Это означает, что в качестве управляющего воздействия могут применяться только конечные значения общих приведенных затрат за конкретные периоды дискретности по одновременности их вложения, что является необходимым и достаточным основанием для классификации затрат по данному признаку и установления периодов дискретности их вложения.

Программа и структура приоритетного развития производственно-технической базы горного машиностроения

Классификация приведенных затрат по данному признаку и ее анализ позволяют сделать следующие выводы:

- критерий оптимальности — минимум мгновенной производственной мощности, потребляемой ОИ в установившемся режиме движения при выполнении заданного объема работы;
- управляющее воздействие — конечные значения приведенных затрат за периоды дискретности по одновременности их вложения;
- общий признак классификации приведенных затрат на любые виды работ — распределение по принципу одновременности их вложения;
- периоды дискретности приведенных затрат по одновременности их вложения — это уровни затрат на текущее производство, воспроизводство и перепроизводство (развитие производства).

Наличие в каждом блоке «Программы» трех уровней приведенных затрат по одновременности их вложения, согласно алгоритму математической оптимизации «золотая пропорция» [2], обуславливает достаточность наличия 5 этапов работ на каждом уровне, что обеспечивает минимально необходимый объем работы, а следовательно, рациональность всей «Программы приоритетного развития ПТБ горного машиностроения на период планирования».

Аналогично наличие в «Программе» трех производственных блоков: «Горное оборудование» (ГО), «Машиностроение» (М), «Развитие ПТБ» (Р) и трех возможных способов их реализации — изготовление совместно с иными фирмами (-), изготовление его по кооперации (+) или изготовление на собственной базе (.) — позволяют осуществить классификацию ПТБ отрасли по принципу структурного построения (табл.), пользуясь троичной системой классификации [1] проф. Г.И.Солода, которая устанавливает неповторяющиеся, рациональные (основные и комбинированные) пути развития ПТБ. Очевидно, выбор классификации того или иного пути развития для конкретного завода должен обосновываться технико-экономическим анализом, сущность которого заключается в установлении необ-

ходимого дополнительного количества материалов, оборудования и производственных площадей, требующихся для реализации программы выпуска изделий и сравнительной оценки их себестоимости и сроков окупаемости при альтернативных вариантах организации производства.

И наконец, реализация «Программы приоритетного развития ПТБ горного машиностроения на период планирования» требует детальнейшей разработки методологии прогнозирования развития ПТБ на основе ее полного математического обеспечения, разработки программы и алгоритмов расчета искомых параметров на ПЭВМ, системного анализа и привлечения других методов научных исследований. В связи с этим требуются высококвалифицированные специалисты различных отраслей науки и производства.

Анализ структурной схемы развития ПТБ отрасли (см.табл.) показывает, что если отрасль создается впервые, то она первоначально базируется только на импортной поставке (группа II), а затем дальнейшее ее развитие необходимо основывать на кооперации (группа III) и частично на импортной поставке (группа IV). В это же время закладывается основа собственной базы машиностроения (группа V), способная первоначально освоить выпуск ряда наиболее многочисленных и несложных изделий, а в последующем, с расширением ее мощности и повышением технического уровня, освоить выпуск технически более сложных новых изделий. При этом недостающая часть потребностей отрасли в ГО покрывается импортными поставками (группа VI) или же поставками по кооперации (группа VII). Очевидно, что конечной целью создания собственной базы машиностроения является полное удовлетворение потребностей отрасли в ГО и собственных нужд машиностроения.

Современное состояние горного машиностроения республики по степени освоения выпуска различных изделий характеризуется группами V–VII, поэтому большое значение имеет правильный, обоснованный выбор направления (способа) их реализации.

Необходимо знать четкие граничные условия перехода от одного способа выпуска изделий к другому, которые определяются следующим образом. Все способы выпуска изделий располагают в ряд, в порядке убывания степени их значимости: изготовление на собственной базе; изготовление по кооперации; организация совместного предприятия и закупка по импорту. Им соответственно присваиваются коэффициенты значимости по известной методике сравнительной оценки объектов управления [1]. При этом если каждое изделие рассматривать в отдельности, то значения его функционального критерия и единичных показателей (способов реализации выпуска изделий) будут приняты за базовые и в относительных единицах измерения будут равны единице.

Поэтому общее значение приведенных затрат по каждому единичному показателю, определяемое как произведение трех величин, из которых две равны единице, а третья — коэффициенту весомости, будет равно последнему. Это дает основание для следующих выводов:

- если 62 % и более элементов данного изделия выпускается на собственной базе, то его выпуск предпочтительно организовывать на собственной базе машиностроения;
- если доля собственной базы в выпуске изделия составляет от 23,5 до 62 %, то предпочтительно организовать выпуск по кооперации;
- если доля собственной базы в выпуске изделия составляет от 9 до 23,5 %, то предпочтительно организовать совместное предприятие с инофирмами;
- если доля собственной базы в выпуске изделия менее 9 %, то предпочтительна поставка по импорту.

Очевидно, что для установления доли собственной базы машиностроения в выпуске каждого изделия в отдельности необходимы не только четкое представление о состоянии и номенклатуре выпускаемой продукции на заводах-изготовителях горного оборудования, но и сведения о режимах работы, направлениях приоритетного развития отрасли в целом на ближайшую и более отдаленную перспективу.

Структурное построение объектов машиностроения

| Принципы построения структурных формул | Согласование | | | Сочленение | | | Совмещение | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------------|-------------------------------|-----------------|--|---------------------------|----------------|---|---------------------------|-------------------------|--|-------|-------|--|-------|-----|----------------------|-----|-------|--|-------|-------|--|-------|-------|----------------------|--|--|
| | с вырождением двух элементов | с вырождением одного элемента | базовая формула | с вырождением элементов | с согласованием элементов | всех элементов | с вырождением элементов | с согласованием элементов | с сочленением элементов | всех элементов | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Структурные формулы | Г | М | Р | Г-М | Г-Р | М-Р | Г-М-Р | Г+М | Г+Р | М+Р | Г+М-Р | Г+Р-М | М+Р-Г | Г+М+Р | Г.М | Г.Р | М.Р | Г.М-Р | Г.Р-М | М.Р-Г | Г.М+Р | Г.Р+М | М.Р+Г | Г.М.Р | | | |
| № формулы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | | | |
| Этапы перспективного развития ПТБ отраслей промышленности | Модули ПТБ отраслей промышленности | | | Начальная стадия организации производства | | | Промежуточная стадия организации производства | | | Собственная производственно-техническая база отраслей промышленности | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Особенности развития ПТБ отраслей промышленности | Обособленные модули | | | Функционально неполно укомплектованные ПТБ | | | Укомплектованные ПТБ | | | Функционально неполно укомплектованные ПТБ | | | В комплекте с индивидуальными модулями | | | Укомплектованные ПТБ | | | Функционально неполно укомплектованные ПТБ | | | В комплекте с индивидуальными модулями | | | Укомплектованные ПТБ | | |

По режиму работы во времени деятельность отрасли подразделяется на два основных вида: на режим устойчивой, стабильной деятельности и переходной режим, который, в свою очередь, состоит из режима «текущего совершенствования» и режима «приоритетного развития» производственно-технической базы отрасли. Характерной чертой периода устойчивой (основной) деятельности отрасли является относительная стабильность заданных проектом условий эксплуатации, за исключением случаев выявления и целенаправленного использования внутренних резервов производства, не приводящих, однако, к моральному износу производственно-технической базы отрасли.

В связи с этим основная деятельность отрасли характеризуется функционированием только двух производственных блоков — «Горного оборудования» и «Машиностроения» на двух уровнях затрат по разновременности их вложения — «текущая эксплуатация» (производство) и «воспроизводство». И наоборот, переходной период деятельности отрасли характеризуется частичным или полным изменением условий эксплуатации по сравнению с проектными, и поэтому целью деятельности отрасли в этом режиме работы является совершенствование производства или же развитие производства до уровня мировых стандартов. В зависимости от поставленной перед отраслью конкретной цели переходной режим различается как режим «текущего совершенствования», или «приоритетного развития» ПТБ отрасли. При этом в режиме «текущего совершенствования ПТБ» производственные блоки основной деятельности функционируют уже на трех уровнях, хотя на третьем уровне затрат «развития производства» деятельность их ограничена частичным совершенствованием горного и заводского оборудования. Кроме того, подключается блок «Научная база» на первом и втором уровнях разновременности затрат, т.е. функции его ограничены использованием известных математических аппаратов или частичным их совершенствованием, которые являются сигналами управляющих воздействий.

В режиме «приоритетного развития ПТБ» к деятельности отрасли подключается блок «развитие ПТБ», в результате чего все четыре блока функционируют на всех трех уровнях одновременности затрат по полной программе работы. Очевидно, наличие в программе работ множества прямых и обратных межблочных и внутриблочных связей и связей управления значительно усложняет исследование объекта. При математическом моделировании ОИ все эти связи становятся неявными, и поэтому оценка степени влияния каждой из них на состояние ОИ невозможна. В связи с этим для эксплуатации ОИ в оптимальных на всех этапах деятельности режимах более предпочтителен метод структурного моделирования, который позволяет усиливать или снижать степень влияния тех или иных связей на состояние ОИ и, тем самым, каждый раз оптимизировать режимы деятельности ОИ соответственно происшедшим изменениям в первоначально заданных условиях эксплуатации.

Выводы

В горном машиностроении критерием оптимальности приведенных затрат на выполнение заданного объема работ является минимум мгновенной производственной мощности, потребляемой объектом исследования в структурах разновременных работ.

Программа приоритетного развития горного машиностроения является информационно-зависимой системой, состоящей из трех производственных блоков: «Горное оборудование», «Машиностроение», «Развитие базы машиностроения» и «Научная база», которая выполняет роль управляющего воздействия.

Программа приоритетного развития горного машиностроения на основании «Универсальной оптимальной закономерности дискретного распределения вероятностей появления значений случайной величины» распределяется по объему работ между организационными способами изготовления изделий следующим образом:

- если доля собственной базы машиностроения в изготовлении изделия более 62 %, то предпочтительно его полное освоение;
- если доля собственной базы машиностроения в изготовлении изделия в пределах 23,5...62 %, то предпочтительно изготовление его по кооперации;
- если доля собственной базы машиностроения 9...23,5 %, то предпочтительно создание совместных предприятий с иными фирмами;
- если доля собственной базы машиностроения ниже 9 %, то предпочтительна закупка изделия по импорту.

Таким образом, программа приоритетного развития горного машиностроения является оптимальной как по содержанию и структуре, так и по способу ее реализации, поэтому может быть принята за основу при создании и совершенствовании собственной базы горного машиностроения.

Ключевые слова: оптимальный алгоритм, структурная схема, горное оборудование, структура производственного развития, производственно-техническая база, структура приоритетного развития, критерий оптимальности распределения.

References

1. Akashev Z.T. Methodology of improving and choosing the structure of mining companies' technology processes // M.: Heavy engineering. — 2005. — № 12. — P. 17–19.
2. Akashev Z.T., Daniyarov N.A., Malybayev N.S. Expertless method of quarry transport systems' evaluation according to the technical level // Heavy engineering. — 2003. — № 8. — P. 18–22.
3. Akashev Z.T., Malybayev N.S., Akashev A.Z. Searching and realization of science products in industry and transport. — Karaganda: Publ. KarSTU, 2006. — 197 p.
4. Ignatov S.N. Choosing of parameters and optimization of diamond instrument's work modes for rocks' destruction and hard materials' processing. — Almaty: Kazgos. INTI, 1993. — 53 p.