

УДК 622.625.2 (574)

Н.А. Данияров

СТРУКТУРНАЯ СИСТЕМАТИЗАЦИЯ СРЕДСТВ И СИСТЕМ МЕХАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Разработана структурная классификация и проведён анализ систем и средств механизации, что позволяет упорядочить все конструктивное разнообразие применяемого самоходного оборудования по функциональному признаку; определять место и роль каждой машины в такой сложной иерархической системе, как производственный процесс, с учетом существующих функциональных связей между техническими средствами; осуществлять выбор на основе сравнения наиболее приемлемой для данных условий эксплуатации структурной схемы, а также определять пути дальнейшего развития систем и средств механизации в конструктивном и технологическом плане.

Ключевые слова: структурная классификация, средства механизации, подземная разработка, добычные агрегаты.

Задача классификации (систематизации) имеющихся сведений является одной из главных задач, предшествующих исследованию существующих систем и средств механизации и поиску новых, эффективных конструктивных и технологических решений. Рассмотрим классификацию систем разработок и средств механизации применительно к технологии подземной разработки руд с использованием самоходного оборудования. При этом необходимо отметить, что если под системой разработки понимается порядок и последовательность выполнения горных работ, то комплексы оборудования определяют виды, мощность и расстановку оборудования, обеспечивающего производство горных работ в установленном объеме и порядке [1].

Необходимо отметить, что имеющиеся методы классификации (систематизации) систем и средств комплексной механизации подземной разработки руд дают представление о

применяемых системах разработки и эксплуатируемых комплексах оборудования, однако, в них не учитываются функциональные характеристики отдельных составляющих машин и механизмов, связи между ними, не рассматривается большое многообразие конструктивных решений. Кроме того, предлагаемые методы систематизации не исчерпывают всех возможных сочетаний оборудования и в том числе, не дают направления возможных перспектив развития данного технологического процесса и средств механизации. Необходимо учитывать, что совокупность средств механизации добычи полезных ископаемых представляют собой сложную иерархическую систему, определяемую иерархичностью производственных процессов.

Производственные процессы добычи полезных ископаемых формируются в зависимости от вида и характеристики полезного ископаемого, горно-геологических, горно-технических

и социальных условий. Многообразие условий залегания различных полезных ископаемых обуславливает различную структуру производственных процессов и средств механизации, для изучения и упорядочения которых требуется разработка принципов систематизации, обеспечивающих четкое разделение горных машин по функциональным признакам, определяющим их место и назначение в сложной иерархической системе. Именно такая систематизация предложена в работах профессора, заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации Г.И. Солода [2, 3, 4].

Существо данной систематизации состоит в следующем. Производственный процесс, осуществляемый на горно-добывающем предприятии служит для добычи полезного ископаемого. Часть производственного процесса, во время которого происходит непосредственно выемка горной массы, его транспортировка и первичная переработка, называется технологическим процессом добычи полезного ископаемого.

Технологический процесс делится на функциональные процессы выемки, транспортирования и первичной технологической переработки. В свою очередь функциональные процессы делятся на операции или функционально определенные элементы. Обозначив функциональные процессы и элементы операций технологического процесса добычи полезного ископаемого в качестве символов для машин, их механизирующих и установив условные обозначения видов связей между структурными элементами, можно составить структурные формулы средств механизации выемки, транспортирования и первичной технологической переработки ископаемого при различном сочетании функци-

циональных машин, а также структурные формулы систем механизации [4].

Полученная подобным образом структурная систематизация, несомненно, упорядочивает и классифицирует все многообразие конструктивных решений средств механизации технологического процесса добычи полезного ископаемого.

Структура комплексов механизации процессов подземной разработки рудных месторождений зависит от многих факторов: горно-геологических, горно-технических, организационных, вида применяемого оборудования и др. Общим для комплексов оборудования является то, что обрушение горной массы производится, как правило, буровзрывным способом.

Проведенный анализ позволяет выделить основной классификационный признак — функциональный, благодаря которому процесс выемки руд можно разделить на части или операции, в каждой из которых действия практически однородны и являются, по существу, законченным этапом. С учетом этого, в технологическом процессе подземной разработки рудных месторождений с использованием самоходного оборудования можно выделить следующие основные функциональные процессы: отбойка горной массы (бурение шпуров, закладка взрывчатого вещества, взрывание массива) и ее доставка (погрузка отбитого полезного ископаемого и породы, транспортирование в пределах забоя и откаточных выработок, разгрузка в рудоспуск или аккумулирующие емкости), а среди вспомогательных процессов отметим процесс крепления выработанного пространства (бурение шпуров, торкретирование и оборка кровли) [5, 6, 7].

Технологический процесс подземной разработки рудных месторожде-

ний включает в себя два основных процесса:

- технологический процесс проведения горнодобывающих работ;
- технологический процесс очистной выемки полезного ископаемого.

И в первом, и во втором случае технологический процесс P , в общем, можно разделить на функциональные процессы отбойки горной массы — O , ее доставку — D и крепление выработанного пространства — K .

Последовательность выполнения процессов установлена исходя из традиционной технологии подземной разработки рудных месторождений. Связи же между процессами зависят от средств механизации, их обеспечивающих.

Каждый функциональный процесс выполняется техническими средствами механизации, соответствующими друг другу по производительности, размерам и другим параметрам, позволяющим обеспечивать взаимоувязку машин и механизмов и способствующим их эффективной и надежной работе. Совокупность этих технических средств и является комплексом оборудования по выполнению технологического процесса.

В состав комплекса по добыче руды в данном случае могут входить следующие машины:

- машина для отбойки горной массы (буровая установка, буровой станок, проходческий или очистной комбайн, зарядно-доставочная машина и т.д.);
- средство механизации для погрузки и доставки (погрузочная или погрузочно-доставочная машина, экскаватор, автосамосвал, самоходный вагон и т.д.);
- оборудование для крепления выработок (самоходный полок, устройства для оборки кровли, установки для торкретирования).

Различие перечисленных технических средств — по функциональному назначению. В общей же схеме технологического процесса эти машины могут быть объединены для работы в комплексе путем наложения на них технологической, кинематической и конструктивной связей.

На основе принципа согласования, сочленения и совмещения структурных элементов, с учетом возможного их вырождения из базовой структурной формулы, представляющей согласование всех структурных элементов, можно получить 24 формально возможные структурные формулы для систем механизации технологического процесса подземной разработки рудных месторождений, а также для средств механизации процессов: отбойки горной массы, ее доставки и крепления выработанного пространства [7].

Каждая из классификационных таблиц содержит 7 групп и 4 вида средства механизации: индивидуальные функциональные машины (I), комплекты функциональных машин (II), комплексы (III—IV) и агрегаты (V—VII). Группы средств механизации имеют свои отличительные особенности. При этом каждая последующая группа отражает более высокую ступень развития средств механизации по сравнению с предыдущей группой.

Полученные формулы определяют по существу структуру схем механизации технологических процессов, причем базовой формулой данной структуры является формула, в которой четко, в отдельности, выражены все функциональные структурные элементы

$$P = O - D - K. \quad (1)$$

Анализ полученных данных показывает, что бывают случаи, когда функциональный процесс содержит

не все элементы, в частности, применение погрузочно-доставочных машин комбинирует операции погрузки, транспортирования и разгрузки. Известны случаи использования в рудных шахтах буро-зарядных машин, позволяющих совмещать функции бурения и зарядки в одной машине. При разработке месторождений марганцевых руд и калийных солей распространение получили горные комбайны, выполняющие функции отбойки и погрузки горной массы. Такое сочетание средств механизации, конечно же, будет описываться структурными формулами, содержащими не весь перечень функциональных машин. При отсутствии одновременно двух функциональных элементов формулы имеют элемен-тарный вид (т.е. процесс производится только индивидуальными машинами).

Структурный анализ систем и средств механизации на основе их систематизации показывает, что развитие механизации технологического процесса добычи руды шло по пути создания вначале индивидуальных машин, выполняющих отдельные операции, затем — по пути объединения их для совместного действия методом наложения последовательно технологической, кинематической и конструктивной связей, при согласовании, сочленении и совмещении структурных элементов.

В табл. 1 приведены структурные формулы, описывающие существующие составы комплексов самоходного оборудования. Данные таблицы 1 позволяют сделать вывод, что развитие средств механизации основного технологического процесса подземной разработки руд в настоящее время характеризуется наличием машин и механизмов, описываемых формулами из II, IV, VI и VII групп средств ме-хан-

анизации [7], в частности, подавляющее большинство машин работает в комплектах и комплексах и связано между собой: технологической связью, при которой возникает необходимость согласовывать их действия как по производительности, так и по времени или кинематической, при которой согласованность действий функциональных машин во времени обусловлена еще при проектировании.

Очевидно, что перед производителями горного оборудования стоит задача создания добычных агрегатов, представляющих собой совокупность буро-зарядных и доставочных агрегатов, а также агрегатов для крепления выработанного пространства. Мировой опыт производства горного оборудования подтверждает актуальность этого поступата, в частности, одним из важнейших прогрессивных принципов, широко используемых в конструкции современных горных машин, является принцип комбинирования их функций. Эта необходимость вызвана ограниченностью рабочего пространства в подземных условиях, неизбежностью потерь времени на обмен рабочих машин у забоя, необходимостью снижения их массы и стоимости [8]. В настоящее время тенденция совмещения двух или нескольких функций в одной рабочей машине достаточно широко характерна для современного самоходного оборудования (табл. 2).

Одним из перспективных путей создания добычных агрегатов считается широкое использование автоматических манипуляторов с программным управлением. Идея такой технологии заключается в рациональном разделении процесса добычи руд на простые операции, автоматизация которых может быть выполнена

Таблица 1

Структурные формулы комплексов СГО

Структурные формулы		
систем механизации	средств механизации	
	отбойки	доставки
О-Д-К	Б-З-В	Т+Р
О-Д-К	Б-З-В	П-Т+Р
О-Д-К	Б-З-В	Т+Р
О-Д-К	Б-З-В	П-Т+Р
О-Д-К	Б-З-В	П-Т+Р
О-Д-К	Б*Э*В	Т+Р
О-Д-К	Б-З-В	П-Т*Р
О-Д-К	Б-З-В	П-Т+Р
О-Д-К	Б-З-В	П+Т+Р

Таблица 2

Применение способа комбинирования функций в СГО

Выполняемые функции	Тип оборудования	Производитель
Отбойка и погрузка	Проходческие и очистные комплексы ПК-8, ПК-9Р	Ясиноватский машиностроительный завод (Украина)
Бурение и зарядка	Бурозарядные машины	Фирма «Demag» (Германия)
Бурение шпуров и крепление	Самоходная бурильная установка «Robolt 08-324С»	Фирма «Sandvik Mining and Construction» (Швеция)
Бурение и погрузка	Буропогрузочные машины БГМ, КПГ-1	Александровский завод, ВНИПИрудмаш (РФ)
Погрузка, доставка, разгрузка	Погрузочно-доставочные машины Toro-501DL, LK-4	Фирма «Sandvik Mining and Construction» (Швеция) и «Fadroma» (Польша)

с использованием роботов первого поколения (мобильных робототехнических систем, представляющих собой платформы или шасси, управляемые автоматами); осуществлении высокопроизводительного режима отбойки; оптимальном сочетании самоходных и шагающих агрегатов комплекса; в обеспечении максимального объема и высокой степени механизации и частичной автоматизации вспомогательных работ. Работы по созданию безлюдной выемки руды проводятся многими научными

центрами и высшими учебными заведениями Республики Казахстан, в частности, Институтом горного дела им. Д.А. Кунаева был спроектирован агрегат, осуществляющий комплекс операций по обуриению, заряжанию и взрыванию забоя (БЗВА) [9].

Дальнейшая классификация средств механизации идет в направлении придания структурным формулам большей определенности в конструктивном отношении. Для этого символы структурных элементов в структурных

формулах снабжаются соответствующими индексами, а при необходимости указываются количественные значения определяющих параметров функциональных машин. Например, комплекс самоходных машин, состоящий из погрузочной машины «Cat-980G», вместимостью ковша 5,3 м³ и автосамосвала «Toro-40D», грузоподъемностью 40 т можно представить в виде следующей структурной формулы

$$\Delta = \Pi_{PM}^{5,3} - T_{AC}^{40} + P_{AC}^{40}. \quad (2)$$

Кроме того, любая из структурных формул систем механизации может быть написана с использованием соответствующих формул средств механизации функциональных процессов.

Таким образом, полученная структурная классификация и анализ систем и средств механизации позволяет: упорядочить все конструктивное разнообразие применяемого самоходного оборудования по функциональному признаку; определять место и роль каждой машины в такой сложной иерархической системе, как производственный процесс, с учетом существующих функциональных связей между техническими средствами; осуществлять выбор на основе сравнения наиболее приемлемой для данных условий эксплуатации структурной схемы, а также определять пути дальнейшего развития систем и средств механизации в конструктивном и технологическом плане.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1980. 632 с.
2. Солод Г.И., Раджевич Я.М. Управление качеством горных машин: учебное пособие. М.: МГИ, 1985. 92 с.
3. Солод Г.И. Оценка качества горных машин: учебное пособие. М.: МГИ, 1978. 72 с.
4. Солод Г.И. Основы квалиметрии: учебное пособие для слушателей спецфака. М.: МГИ, 1991. 84 с.
5. Данияров Н.А. Структурный анализ средств и систем механизации технологического процесса подземной разработки руд // Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана: Тр. междунар. науч.-практической конф. / КарГТУ. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2007. С. 121–124.
6. Жалгасбеков А.З., Данияров Н.А., Хамитова Б.Ж., Гриб И.Ю. Структурное строение и классификация средств механизации процесса добычи руд самоходным оборудованием // Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030»: Тр. междунар. науч. конф. / КарГТУ. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2007. – Вып.2. – С. 139–141.
7. Daniarov N., Mozer D., Greeb I. Structural systematization of systems and means of ore deposits underground development mechanization // 17. Zittauer Seminar zur energiewirtschaftlichen Situation in den Landern Mittel- und Osteuropas / Hochschule Zittau. – Gorlitz, 2007. – С. 347–355.
8. Кальницкий Я.Б., Филимонов А.Т. Самоходное, погрузочное и доставочное оборудование на подземных рудниках. М.: Недра, 1974. 304 с.
9. Болгожин Ш.А., Вороненко В.К., Кожахмедов Д.Б. и др. Научно-технические основы электрификации горнодобывающих машин на рудниках. Алма-Ата: Наука, 1985. 248 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Данияров Н.А., кандидат технических наук, Карагандинский государственный технический университет, kargtu@kstu.kz

UDC 622.625.2 (574)

STRUCTURAL CLASSIFICATION OF MECHANIZING METHODS AND MEANS FOR UNDERGROUND ORE MINE PROCESS FLOWS

*Daniyarov N.A., Candidate of Engineering Sciences, Karaganda State Technical University,
e-mail: kargtu@kstu.kz*

The developed structural classification and analysis of mechanizing methods and means enable: ranking of multivarious self-propelled equipment designs by functional features; designating position and purpose of every machine inside the complex hierarchy of the industrial process, considering functional relations of equipment; selecting the most suitable functional chart under given operation conditions; and identifying further development policy for the mechanization means in terms of design and technology.

The structure of combinations of mechanizing means and methods for underground ore mining depends on mining-and-geological and mine-technical factors, organizational issues, types of equipment in operation, etc. The common condition for underground mine machine complexes is operation in the drilling-and-blasting affected environment.

From analysis, the key classification feature is the functional criterion that allows an ore mining process to be divided into operations, each representing nearly uniform activity and a virtually accomplished stage.

Key words: structural classification, mechanizing means, underground mining, mining alternatives.

REFERENCES

1. Rzhevsky V.V., 1980. Open Pit Mining Technology and Full-Size Mechanization. Moscow: Nedra. P. 632.
2. Solod G.I., Radkevich Ya.M., 1985. Mining Machinery Quality Control: Educational Aid. Moscow: MGI. P. 72.
3. Solod G.I., 1978. Mining Machinery Quality Evaluation: Educational Aid. Moscow: MGI. P. 72.
4. Solod G.I., 1991. Fundamentals of Qualimetry: Special Course Educational Aid. Moscow: MGI. P. 84.
5. Daniyarov N.A., 2007. Structural analysis of mechanizing methods and means for underground ore mining process flow, Int. Sci. Conf. Proc. Actual Problems in Mining and Metallurgical Industry in Kazakhstan. Karaganda: KarGTU. pp. 121–124.
6. Zhalgasbekov A.Z., Daniyarov N.A., Khamitova B.Zh., Greeb I.Yu., 2007. Structure and classification of ore mine mechanization with self-propelled machinery, Int. Sci. Conf. Proc. Science and Education—Major Factor of Kazakhstan-2030 Strategy. Karaganda: KarGTU. pp. 139–141.
7. Daniyarov N., Mozer D., Greeb I., 2007. Structural systematization of systems and means of ore deposits underground development mechanization, Zittauer Seminar zur energiewirtschaftlichen Situation in den Landern Mittel- und Osteuropas . Gorlitz: Hochschule Zittau. pp. 347–355.
8. Kalnitsky Ya.B., Filimonov A.T., 1974. Self-Propelled Load-Haul-Dumpers in Mines. Moscow: Nedra. P. 304.
9. Bolgozhin Sh.A., Voronenko V.K., Kozhakhmedov D.B. et al., 1985. Sci-Tech Basis for Underground Mine Machinery Electrification. Alma-Ata: Nauka.

