

УДК 622.271

**В.В. Акименко, В.В. Макаров, М.М. Иудин,
Н.И. Гнатюк**

**ПРОБЛЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ
ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ
НА НЕРЮНГРИНСКОМ УГОЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ**

Рассмотрены технические проблемы планирования и управления горно-транспортными комплексами и предложены пути их решения.

Семинар № 20

Описание любого технологического процесса требует рассмотрение множества составляющих. В частности, в него необходимо включать материальную и информационную (управляющую) компоненты, различать задачи управления и планирования и т.д. В настоящей работе авторы ограничиваются рассмотрением незначительного числа проблем планирования и управления ГТК. Под проблемой понимается совокупность (система) вопросов, ответы на которые еще не получены, но получение их необходимо для развития науки, техники или социальной практики. То есть, технические проблемы – это проблемы <ЦЕЛЬ - СРЕДСТВО>, которые преодолимы, если в первоначально проблемных ситуациях использовать достаточные ресурсы и подходящие алгоритмы. Обычно свойственные любому крупномасштабному производству проблемы обостряются и становятся явными в связи с началом этапа интенсификации производства. В 2005 году ОАО ХК «Якутуголь» приступил к внедрению автоматизированной системы управления на базе GPS. В настоящее время завершается этап автоматизированной диспетчеризации на

горнодобывающем комплексе НУР – АТА и назрела необходимость формализовать как описание основных задач, так и информационных потоков в ГДК.

Как известно планирование и управление такими большими технологическими системами как НУР регламентируется необходимостью учитывать следующие особенности:

1) любое управление пространственно – разнесенными объектами (экскаваторы – комплексы автосамосвалов) является управлением с запаздыванием;

2) исходная информация, адекватно отражающая в реальном режиме времени материально–транспортные потоки, имеет стохастическую компоненту;

3) динамическая модель объекта управления является хаотической, если подпадает под определение: «решение детерминистического уравнения, для которого характерно высокая чувствительность к начальным условиям, и эволюция которого в фазовом пространстве представляется весьма беспорядочной, называется хаотичной» [1]. Иными словами, множество траекторий хаотичной

системы должно быть почти всюду плотно в фазовом пространстве;

4) высокий уровень организованности технических служб и дисциплины исполнения, традиционно присущий горному производству, является необходимым как его существования, так и для реализации производственных программ. Тем не менее, высокая сложность системы горнодобывающего производства приводит к тому, что его модель в принципе не может не быть стохастичной. Обоснуем последнее утверждение, для чего рассмотрим одну из составляющих горно-транспортного комплекса. На первый взгляд такая простая система как *экскаватор – кольцевой поток автосамосвалов (ЭАК)*, должна допускать элементарное детерминированное описание типа:

$$j = \sum_{n=1}^N a_n \sin(\omega_n t + \varphi_n), \quad (1)$$

здесь j – поток горной массы, φ_n – случайная фаза, N – число самосвалов, работающих с фиксированным экскаватором. В работе [2] показана адекватность стохастической модели работы комплекса экскаватор – самосвал в условиях НУР. Согласно [2] рассматриваемая модель вполне определяется заданием интенсивности обслуживания μ и параметром входящего потока λ . Используя допущение (1) и параметр $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$, который

входит множителем в a_n , построим модель фазового пространства ЭАК. По определению множество пар $\{X, P\}$, где $X = X(t)$ – параметр положения автосамосвала, $P = P(t) = M\dot{X}$ – параметр импульса груженого автосамосвала, M – горная масса в кузове автосамосвала.

Даже самое строгое соблюдение технологии погрузки может гарантировать, что количество горной массы в кузове распределено по нормальному закону. Из теоремы Якоби [3] следует, что множество траекторий в фазовом пространстве будет всюду плотным, если координаты почти каждой точки $\{X, P\}$ несоизмеримы. Легко видеть, что в нашем случае условие несоизмеримости выполняется, так как отношение двух независимых различных распределений случайных величин может быть рациональным только на множестве меры нуль;

5) стохастичность модели приводит к тому, что управление производством НУР по необходимости является адаптивным. По определению адаптивной системой управления (АДСУ) является переменная во времени система, параметры которой варьируются (непрерывно или дискретно) таким образом, чтобы поддерживать требуемое управление выходом. Этот класс систем управления считается достаточно разработанным. [4] В то же время адаптивные системы управления вообще, а с запаздыванием тем более, внутренне противоречивы. В самом деле: в контуре адаптивного управления должны быть средства достижения цели идентификации и средства управления объектом. Но если цель идентификации состоит в изучении собственных свойств объекта, которые выявляются в развитии характерных для него реакций на управление, то цель управления состоит, в нивелировании всяких различий между управляемыми объектами, в навязывании им ожидаемых переходных процессов в ущерб проявлению их собственных свойств. Так, например линейный динамический объект, описываемый системой вида $\dot{x} = Ax + Bu$, $u = Dx$, где A, B – операторы управления и отклика, совершенно невозможно

идентифицировать по протекающему в замкнутой системе динамического процесса. Действительно, одному оператору $Q = A + BD$ замкнутой системы соответствует несчетное множество операторов (\hat{A}, \hat{B}) . Иными словами задача адаптивного управления с идентификацией некорректна по Адамару [5]. Успешность же использования указанного класса систем объясняется тем, что в контур управления включен человек принимающий решения, далее – ЛПР. Принимающий решение орган анализирует вектор выхода u управляемой технологической системы и сравнивает его с предусмотренными планом задания, т.е. с вектором \tilde{y} . Если между обоими векторами имеются нежелательные расхождения, то орган управления подготавливает решение $T_{St} \cdot y$, T_{St} – оператор управления. Если $|y - \tilde{y}| > \varepsilon$, то принимается решение об управляющем воздействии. То есть едва ли не решающее значение приобретает решение задачи оперативного (на смену) планирования. Сложившаяся практика предполагает тщательную проработку годовых и поквартальных планов, тогда как сменные задания корректируются «на ходу». Разумеется, отказываться от существующих традиций управления производством, по меньшей мере, неразумно. В то же время внедряемая система АдСУ налагает свои, достаточно жесткие требования. С точки зрения авторов значительная часть противоречий между требованиями АдСУ и практикой можно избежать, выстраивая сменные задания, используя стохастическую модель ЭАК [2]. Так, например, указанная модель дает удовлетворительное решение задачи оптимизации экскаваторно-автомобильного комплекса. Именно, по параметру ρ для системы экскаватор – автосамосвал строится функция издер-

жек в денежном выражении: $I = I_3 + I_a$, где I_3 – издержки от простоя экскаватора; I_a – издержки от простоя транспортных средств.

Для пуассоновского потока:

$$I = v \cdot C_a + C_3 \cdot (1 - \rho),$$

где $v = \rho^2 / (1 - \rho)$ – соотношение Хинчина – среднее количество автосамосвалов, находящихся в ожидании погрузки; C_a , C_3 – стоимость часового простоя автосамосвала и экскаватора соответственно.

Иначе для пуассоновского случая можно записать:

$$I = C_a \cdot \rho^2 / (1 - \rho) + C_3 \cdot (1 - \rho).$$

Оптимум находится в точке

$$\rho_{opt} = 1 - \frac{\sqrt{C_a \cdot (C_a + C_3)}}{C_a + C_3}.$$

Для других типов потоков оптимум находится по тому же алгоритму (при условии $\rho < 1$), но вычисления будут куда более громоздкими. В практически значимых случаях точку оптимума можем найти численным дифференцированием или численным решением соответствующих уравнений (вообще говоря – трансцендентных). При использовании средств коммуникации GPS обращение за решением упомянутой задачи в информационную службу займет несколько секунд. Эта же служба выдаст вектор опорного решения. Тогда вектор входа системы принимает вид $x + T_{St} \cdot y$, а вектор выхода $y = T_p(x + T_{St}y)$. Предположим, что существует оператор T_p^{-1} , обратный оператору процесса T_p . Тогда получаем $T_p^{-1}y = x + T_{St}y$, из чего следует $(T_p^{-1} - T_{St})y = x$.

Если примем далее, что имеется оператор, обратный оператору $(T_p^{-1} - T_{St})$, то вектор выхода будет определяться уравнением $y = (T_p^{-1} - T_{St})^{-1}x$. Из этого уравнения получается

$y = (E - T_p \cdot T_{St})^{-1}T_p x$, (A), где E - единичный оператор. Тем самым оператор обратной связи выражается следующим образом: $\mathcal{K} = (E - T_p T_{St})^{-1}$. Уравнение для управления на основе оператора обратной связи имеет форму $y = \mathcal{K}T_p x$. В том случае, если входные и выходные величины экономико-кибернетической системы являются скалярами, а T_p и T_{St} - множителями λ и ζ , то оператор обратной связи \mathcal{K} умножается на величину $\mathcal{K} = 1/(1 - \lambda\zeta)$, называемую множителем обратной связи. В этом случае обратная связь записывается так:

$$y = \frac{\lambda}{1 - \lambda\zeta} x = \mathcal{K}x \quad [6].$$

Приведенные построения на первый взгляд не вызывают возражений, тем не менее попытка превратить их в численные алгоритмы обычно заканчивается неудачей. Причина этого заключается в том, что возникает неустойчивость, порожденная излишней идеализацией задачи.

Введение временного лага (запаздывания) устраняет неустойчивость

алгоритма, но приводит к другой неустойчивости - внутренне присущей решениям уравнений с запаздывающим аргументом. Отметим, что аналогичные трудности возникают при попытках численного решения уравнений В. Леонтьева по экономическим задачам [7]:

$$(E - A)X(t) - B\dot{X}(t) = Y(t). \quad (A_1)$$

Структурное сходство соотношений (A) и (A₁) очевидно. Подчеркнем, что отождествление качества управления и точности решения ε недопустимо, как недопустимо сопоставлять решения (A) и (A₁) в одном масштабе времени. Кроме того, задание параметра ε не является критерием точности решения, его, в задачах оптимизации, можно гарантировать только в исключительных случаях [8].

Таким образом, авторами рассмотрены некоторые технические проблемы планирования и управления ГТК и предложены пути их решения. Но, авторы сознательно отказались от рассмотрения в данной работе проблемы реализации инновационных программ в большой действующей технологической системе, каковой является НУР. Эта проблема относится к классу административно - экономических и, следовательно, требует соответствующих ресурсов. Указанная проблема, безусловно, будет решена, как только будут приняты необходимые решения руководством ОАО ХК «Якутуголь».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Табор М.* Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике. – М.: УРСС, 2001. – 318 с.
2. *Иудин М.М., Макаров В.В., Чураев А.Р.* Оптимизация планирования управления выемочно-погрузочных работ // Пути решения актуальных проблем добычи и переработки полезных ископаемых Южной Якутии. – Нерюнгри: Изд-во ЯГУ, 2005.
3. *Гальперин Г.А., Земляков А.Н.* Математические бильяры. – М.: Наука, 1990. – 288 с.
4. *Искусственный интеллект: Применение в интегрированных производственных системах.* – М.: Машиностроение, 1991. – 544 с.
5. *Колмогоров А.Н., Фомин С.В.* Элементы теории функций и функционального анализа. – 7-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 572 с.
6. *Мэнеску М.* Экономическая кибернетика. – М.: Экономика, 1986. – 230с.
7. *Leontief W.* «Essays in economics», Transaction Books New Brunswick and Oxford, 1990, p. 415.
8. *Жилинскас А., Шалтянис В.* Поиск оптимума. – М.: Наука, 1989. – 128 с. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Акименко В.В. – НУР ОАО ХК «Якутуголь»,
Иудин М.М. – ИГДС СО РАН,
Макаров В.В., Гнатюк Н.И. – ТИ (ф) ЯГУ.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 20 симпозиума «Неделя горняка-2007».
 Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.И. Галкин.*



ДИ С С Е Р Т А Ц И И

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

<i>Автор</i>	<i>Название работы</i>	<i>Специальность</i>	<i>Ученая степень</i>
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. КАНЫША САТПАЕВА			
БАХТИН Евгений Александрович	Повышение эффективности и безопасности взрывных работ на горнодобывающих предприятиях с использованием новых взрывчатых веществ	25.00.22	к.т.н.