

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНО ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

И.В. Новицкий, А.В. Малиенко  
(Украина, ДВНЗ «Национальный горный университет», Днепр)

Эффективное функционирование угольных предприятий во многом определяется режимами работы очистных лав при заданных условиях ТП (технологического процесса). Процесс добычи имеет неравномерный характер, что не может не сказываться на работе всей угольной шахты. Неравномерность объемов добычи обусловлена в первую очередь характером залегания угольного массива, режимами работы оборудования, спросом на продукцию предприятия. Для стабилизации объемов добычи, сглаживания неравномерности добычи, транспортирования, а главное уменьшения простоев дорогостоящего оборудования технологических комплексов горного предприятия необходимы внедрение и модернизация существующих систем ДУ (диспетчерского управления), на основе совершенствования математических моделей СОДУ (систем оперативно диспетчерского управления) [1].

Цель. Разработка математической модели СОДУ, которая, в свою очередь, позволит сократить время и повысить эффективность принятия решений диспетчером угольных шахт.

Постановка задачи. Шахта – сложная система, поэтому эффективное управления СОДУ, при оптимальном сочетании параметров, элементов, использования математической модели, её ограничений, формируемых в зависимости от решаемой задачи на определённом этапе работы горного предприятия, обуславливает эффективное функционирование угольной шахты.

При планировании ее производственных программ на определенный период необходим комплексный системный подход. Он состоит в обосновании составного критерия, отражающего экономическую эффективность функционирования предприятия. Критерий должен учитывать не только технологические ограничения, но и иметь актуальную экономическую составляющую [2,3].

Ограничения задачи должны учитывать технологические ограничения, энергетические и ограничения выполнения плановых отгрузок потребителю с использованием ХУП (хранилище угля поверхности).

Таким образом, предложенная комплексная математическая модель задачи расчета нагрузок на лавы угольной шахты имеет следующий вид:

$$F = \sum_{i=1}^n C_i x_i + \gamma_1 \Delta P T + \gamma_2 \Delta V \text{sign}[(V_T - V_H) \Delta V] \rightarrow \min \quad (1)$$

где  $n$  - количество работающих лав;  $C_i$  - себестоимость тонны угля в  $i$  – й лаве [грн/т];  $x_i$  - объём добычи по  $i$  – й лаве за время  $T$  [час] (время актуальности, период квазистационарности) [т];  $\Delta P * T$  - превышение лимита потребляемой электроэнергии за время  $T$  [час] (если оно имеет место) [кВт\*час];  $\gamma_1$  - коэффициент штрафа за превышение лимита электроэнергии [грн/кВт\*ч];  $\Delta V$  - объём угля поступающий на ХУП [т];  $V_T$  - текущее количество угля на ХУП [т];  $V_H$  - желаемое качество угля на ХУП [т];  $\gamma_2$  - весовой коэффициент [грн/т].

Функция цели имеет следующие составляющие: - первое слагаемое - это стоимость добычи угля по всем лавам за время  $T$ ; второе – штраф за превышение лимита затраченной электроэнергии; третье – актуальное изменение состояния ХУП.

Систему ограничений разделим на части согласно предложений целевой функции:

- система ограничений I

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n x_i &= D_{\text{факт}}, \\ \frac{\sum_{i=1}^n Z_i x_i}{D_{\text{факт}}} &\leq B_1, i = \overline{1..n}, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\sum_{i=1}^n S_i x_i}{D_{\text{факт}}} &\leq B_2, i = \overline{1..n}, \\ \frac{\sum_{i=1}^n V_i x_i}{D_{\text{факт}}} &\leq B_3, i = \overline{1..n}, \end{aligned}$$

Выработка за время  $T$  по каждой лаве:

$$x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max}, i = \overline{1..n} \quad (3)$$

где  $x_i^{\min}$  - минимально возможная производительность – которая напрямую зависит от остатка угля на ХУП;  $x_i^{\max}$  – максимально возможная производительность добычи по  $i$  – й лаве.

$$\sum_{i=1}^n x_i P_i \pm \sum_{i=1}^n x_i^{ck} \geq D_{\text{план}}, i = \overline{1..n} \quad (4)$$

где  $P_i$  – вероятность работы  $i$ -й лавы в штатном режиме;  $D_{план}$  – плановый объем отгрузки углей по шахте в целом;  $D_{факт}$  – фактический объем добычи по шахте в целом;  $S_i$  – содержание серы в углях  $i$  – забоя;  $Z_i$  – содержание золы в углях  $i$  – забоя;  $V_i$  – содержание влаги в углях  $i$  – забоя;  $B_1, B_2, B_3$  – граничные значения по содержанию золы, серы и влаги;  $x_i^{СК}$  – объемы углей из  $i$  – го забоя на ХУП шахты;

- система ограничений II

$$\Delta P = \begin{cases} P_{план} - P_{заявл} & \text{при } P_{план} > P_{заявл} \\ 0 & \text{при } P_{план} \leq P_{заявл} \end{cases} \quad (5)$$

Плановая потребляемая мощность на период  $T$  [час] при производительности лав  $\frac{x_i}{T}$   $i = \overline{1..n}$ .

$$P_{план} = P_{подье} + P_{тр} + P_{кт} + P_{ком} + P_{вод} \quad (6)$$

$$P_{план} \leq P_{уст}$$

$P_{заявл}$  – мощность, соответствующая заявленному лимиту на интервале времени  $T$ ;  $P_{подье}$  – мощность оборудования угольного подъёма;  $P_{тр}$  – мощность оборудования локомотивного транспорта;  $P_{кт}$  – мощность оборудования конвейерного транспорта;  $P_{вод}$  – мощность оборудования водоотлива;  $P_{уст}$  – суммарная установленная мощность оборудования, соответствующая обеспечивающим возможностям подстанции;  $\gamma_1$  – коэффициент штрафа за превышение лимита [грн/кВт\*ч];

- система ограничений III

Приращение объёмов угля на ХУП определим по формуле 7 и имеет значение:  $\Delta V > 0$  при поступлении угля на ХУП и  $\Delta V < 0$  – при отборе и отгрузке потребителям за отчетный период времени  $T$ :

$$\Delta V = \left( \sum_{i=1}^n x_i - D_{план} \right), \quad (7)$$

где  $D_{план}$  – планируемые отгрузки со склада за время  $T$  [т].

Определение текущего состояния склада производится исходя из отчетного периода времени и пересчитывается на каждый промежуток отчетного времени по нижеприведенной формуле:

$$V_T = V_T + \left( \sum_{i=1}^n x_i - D_{план} \right) \quad (8)$$

Тогда количество находящегося на ХУП угля должно находиться в пределах следующего ограничения:

$$0 \leq V_T + \left( \sum_{i=1}^n x_i - D_{\text{план}} \right) \leq V_{\text{max}} \quad (9)$$

где  $V_{\text{max}}$  – объём [т] угля на ХУП.

Таким образом, сформулированная задача не является типовой задачей ЛП, так как в целевой функции (1) слагаемое по превышению лимита электроэнергии может отсутствовать, а значение состояния склада меняет знак в зависимости от объёмов добычи и планируемых отгрузок. Поэтому решение может быть выполнено в несколько этапов: получение приближенного значения, без второго и третьего слагаемого целевой функции, а на последующих этапах уточнение оптимального решения с учетом вышеуказанных слагаемых, например, методом спуска по координатам  $x_i, i = \overline{1..n}$ . Задача расчета оптимальных нагрузок на лавы в постановке (1)-(9) была сформулирована и решена в условиях шахты ООО «Юнион-Углегазодобыча».

**Выводы.** Сформулированная задача расчета нагрузок на лавы угольных шахт позволяет учитывать не только затраты при выполнении плановых показателей объёма и качества добываемых углей, но и производить корректировку с учетом затрат электроэнергии, отгрузки угля потребителю. Методика решения такой задачи предполагает двухэтапную процедуру: вначале определяется начальное приближение к оптимальному решению методом линейного программирования, а затем уточняется методом спуска по координатам.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Слесарев В.В. Малиенко А.В. Разработка метода расчета оперативных графиков работы горнотранспортной сети // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ.- Выпуск 5 (88). – Днепропетровск, 2013. – С.110 -116.
2. Малиенко А.В «Разработка математической модели системы расчетного сопровождения добычи угля на угольных шахтах.» II -га- Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні наукові дослідження – 2006». Том 17. Технічні науки - Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. С. -57-60.
3. Ткачев В.В. Разработка математической модели децентрализованного управления транспортной системой калийного рудника// Обогащение руд. – С.Пб. – 1993. – № 4. – С. 53 – 56.