

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК УГЛЯ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Розглянуто економіко-математична модель управління ланцюгами постачань на гірничому підприємстві.

Ключевым фактором обеспечения жизнедеятельности государства, одной из самых важных структурных составляющих экономики Украины является топливно-энергетический комплекс (ТЭК). Несмотря на значительные природные запасы угля, высокие резервы мощностей по производству электроэнергии, топлива отечественный ТЭК на сегодняшний день находится в стадии стагнации, которая не позволяет стабильно обеспечивать экономику топливно-энергетическими ресурсами по конкурентным ценам и ставит ее в существенную зависимость от экспорта газа.

При этом наметилась тенденция увеличения уровня логистических расходов в ТЭК, связанная с недостаточным уровнем развития транспортной, складской инфраструктуры, низкими темпами внедрения инновационных технологий и др.

Таким образом, задача повышения экономической эффективности в условиях увеличения промышленного производства, внутреннего и внешнего товарооборота обусловили необходимость разработки действенных механизмов управления логистическими процессами ТЭК.

На современных, ориентированных на клиента, рынках конкурируют не отдельные предприятия, а цепи поставок (ЦП): производственные и логистические сети. Эта тенденция связана с двумя факторами: стратегическим взаимодействием предприятий и формированием «сетевых» межорганизационных структур [2].

На практике цепи редко формируются «с нуля». Как правило, речь идет об улучшении уже существующих [3]. По этому основную проблему моделирования ЦП можно сформулировать как динамический структурно-функциональный синтез и реконфигурирование. Данная проблема является одной из основных в концепциях управления ЦП, основанных на динамическом построении и ориентированных на заказ клиента [1].

Следует отметить, что корректно составленная модель (адекватная, достоверная, полная, масштабируемая) позволяет использовать результаты моделирования на практике, достигая результатов, близких к полученным при моделировании. Планирование ЦП связано со значительной неопределенностью условий, в которых будет происходить реализация программ функционирования. С другой стороны, выполнение работ в ЦП сопровождается непрерывными изменениями первоначальных планов вследствие влияния различных объективных и субъективных факторов внутренней и внешней среды. Это требует оперативной корректировки как самих цепей поставок, так и моделей управления ними.

Таким образом, разработка логистической модели эффективного управления цепями поставок на горных предприятиях, входящих структурными элементами в систему топливно-энергетического комплекса позволит уменьшить транспортные расходы на перевозку угля.

В процессе моделирования цепей поставок необходимо установить итерационные согласования и баланс пропускной способности транспортных коммуникаций с учетом мощностей погрузочно-разгрузочных механизмов. Для этого используем экономико-математические методы.

Типичная цепь поставок угля в системе топливно-энергетического комплекса имеет следующую структуру.

- предприятия производители – шахты, рудники;
- распределительные центры: склады и другие элементы резервирования продукции, от которых сырьё направляется потребителям;
- предприятия, которые перерабатывают сырьё: обогащательные фабрики;
- потребители: коксохим заводы, электростанции и др.

Логистическая цепь транспортной сети внутри шахты состоит из следующих производственных компонентов (рис. 1):

- добычной комплекс;
- участковый ленточный конвейер;
- бункера: накопительные и усредняющие;
- уклонный (бренсберговский) конвейер;
- магистральный ленточный конвейер или локомотивная откатка;
- скиповой подъем.

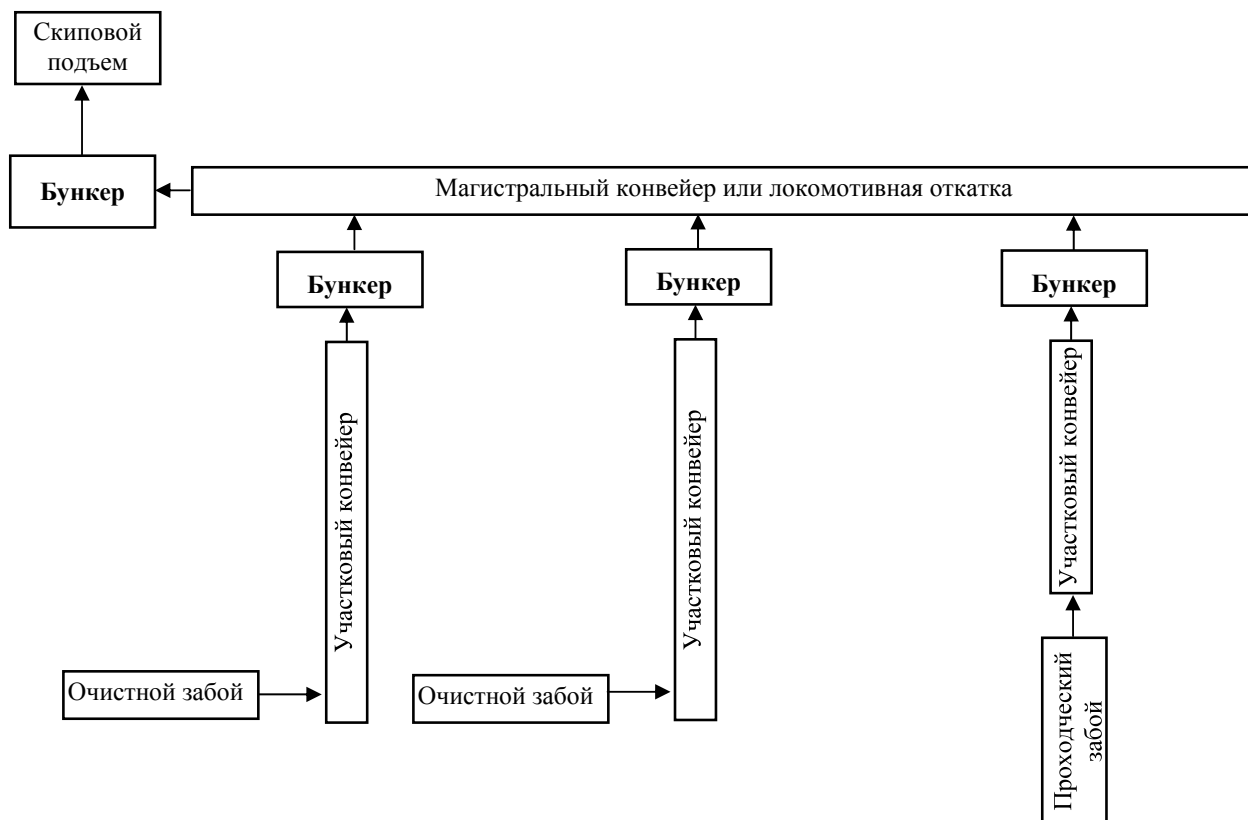


Рис. 1 Схема структуры логистической цепи подземного транспорта шахты при отработке пологих пластов длинными столбами по восстанию

Рассмотрим построение логистической модели внутришахтного конвейерного транспорта на грузопотоках, которые связаны с вывозом угля и породы и являются основными потоками в транспортной системе горно-энергетического комплекса.

Пусть некоторое горнодобывающее предприятие  $L$  содержит пункты  $I_n$  которые являются транспортными узлами для конвейерного транспорта  $k$  внутри шахты, в которых осуществляется производство, погрузка, перегрузка, аккумулярование продукции. Производимую продукцию – уголь и породу – будем именовать продуктом:  $p_1$  – уголь,  $p_2$  – порода. Обозначим через  $T$  транспортную сеть внутри шахты. Пункты

производства и аккумуляции продукции соединяются коммуникациями, например  $(l, l_1)_T$ . Указанная коммуникация предполагается быть ориентированной из пункта  $l$  в пункт  $l_1$ , причем на коммуникации между  $l$  и  $l_1$  другие пункты отсутствуют. Кроме того считаем, что может быть не более одной коммуникации из  $l$  в  $l_1$ . Не допускаем существование коммуникаций  $(l, l)_T$  с началом и концом в одном и том же пункте. Обозначим основные выходные и входные потоки логистической системы внутришахтной транспортной сети соответственно через  $v^-$  и  $v^+$ . С учетом выше изложенного, введем следующие величины:  $f_{p,kl_1}(t)$  – грузопоток продукта  $p_i$ , направляющийся конвейером в  $l_1$  по коммуникации  $(l, l_1)_T$  в момент времени  $t$ , а  $f_{0,kl_1}(t)$  – холостой ход работы конвейера. Дополнительно введем еще грузопотоки:  $g_{p,kl}^+(t)$  – грузопоток продукта  $p_i$ , погруженного на конвейер в пункте  $l$  в момент времени  $t$ ;  $g_{p,kl}^-(t)$  – грузопоток продукта  $p_i$ , разгружаемого в пункте  $l$  с конвейера в момент времени  $t$ .

Запас продукта  $p_i$  может быть положительным, например избыток горной массы в бункере, так и отрицательным – недовоз горной массы. Следует заметить, что в безбункерной цепочке конвейеров, где транспортные узлы  $l_n$  по сути являются пунктами перегрузки с одного конвейера на другой, изменение величины грузопотока происходит за счёт слияния с другими грузопотоками.

Учитывая структуру логистической системы внутришахтного транспорта, построим модель её грузопотоков (рис. 2):

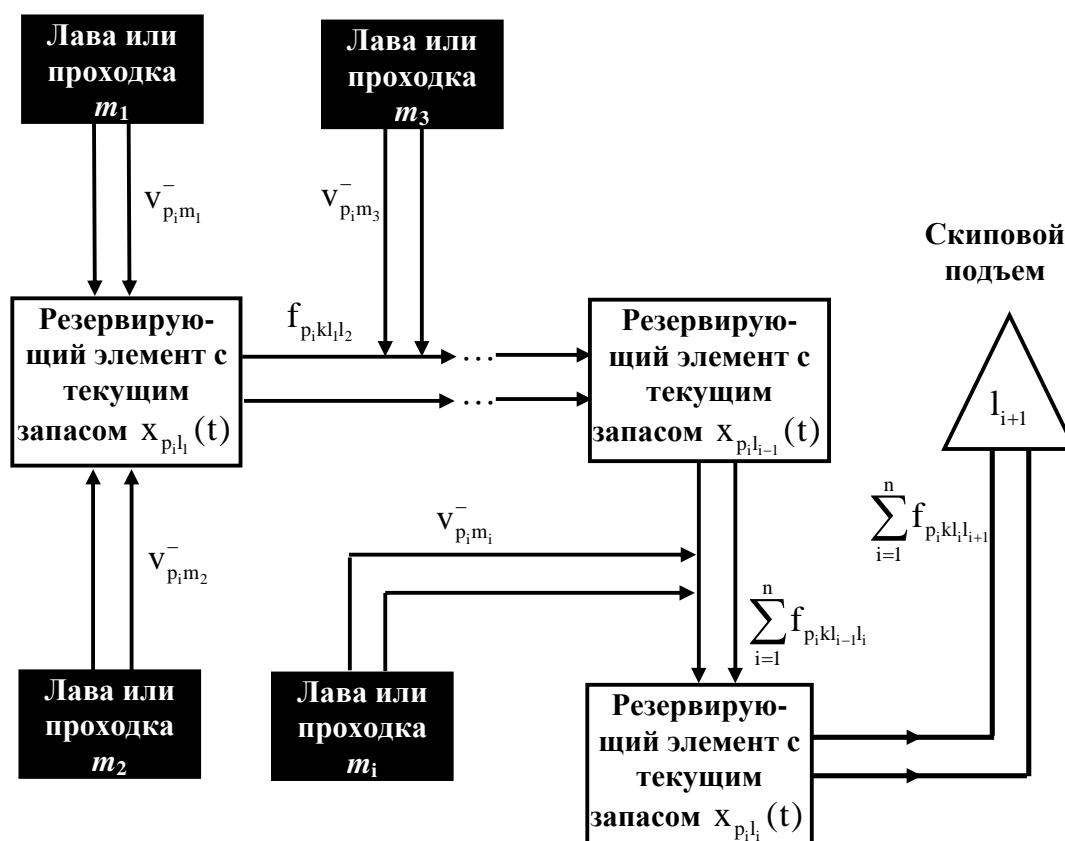


Рис. 2 Модель грузопотоков логистической системы внутришахтного транспорта

Составим балансовые соотношения транспортных процессов (перевозка, погрузка и разгрузка продукта  $p_i$ ) для конвейерного транспорта внутри шахты.

В результате будем иметь:

$$\dot{x}_{p_i l_n}(t) = \sum_{l_n \in L_T^+} f_{p_i l_{i-1} l_i}(t) + g_{p_i l_i}^+(t) - \sum_{l_n \in L_T^-} f_{p_i l_i l_{i+1}}(t + \theta_{l_i l_{i+1}}) - g_{p_i l_i}^-(t + \theta_{p_i l_i}^-) \quad (1)$$

где  $\dot{x}_{p_i l_n}(t)$  – скорость изменения величины грузопотока  $x_{p_i l_n}$  продукта  $p_i$  в пункте  $l_n$  в момент разгрузки;

$\sum_{l_n \in L_T^+} f_{p_i l_{i-1} l_i}(t)$  – суммарный грузопоток продукта  $p_i$ , доставленный в пункт  $l_i$  конвейером из других транспортных узлов по коммуникации,  $(l_{i-1}, l_i)_T$ ;

$g_{p_i l_i}^+(t)$  – грузопоток продукта  $p_i$ , погруженного в пункте  $l_i$  на конвейер;

$\sum_{l_n \in L_T^-} f_{p_i l_i l_{i+1}}(t + \theta_{l_i l_{i+1}})$  – суммарный грузопоток продукта  $p_i$ , отправленного из пункта  $l_i$  на конвейере в пункт  $l_{i+1}$  по коммуникации  $(l_i, l_{i+1})_T$ ;

$g_{p_i l_i}^-(t + \theta_{p_i l_i}^-)$  – грузопоток продукта  $p_i$ , направленного конвейером на разгрузку в пункт  $l_i$ ;

$x_{p_i l_n}(t_0) = \text{fix}$ ,  $x_{p_i l_n}(l_n) \geq 0$ ;

$f_{p_i l_{i-1} l_i}(t) = \text{fix}$  при  $t \in [t_0, t_0 + \theta_{l_{i-1} l_i}]$ ;

$\theta_{l_i l_{i+1}}$  – продолжительность движения грузопотока продукта  $p_i$  из пункта  $l_i$  в пункт  $l_{i+1}$  конвейером;

$\theta_{kl, l_{i+2}}$  – продолжительность движения грузопотока продукта  $p_i$  из пункта  $l_i$  в пункт  $l_{i+2}$  конвейером;

$f_{p_i l_{i-1} l_i}(t) \geq 0$ ,  $g_{p_i l_i}^\pm(t) = \text{fix}$  при  $t \in [t_0, t_0 + \theta_{p_i l_i}^\pm]$ ;

$\theta_{p_i l_i}^\pm$  – продолжительность погрузки или разгрузки грузопотока продукта  $p_i$  в пункте  $l_i$  соответственно с бункера на конвейер, с конвейера на конвейер или с конвейера в бункер;

$g_{p_i l_i}^\pm(t) \geq 0$ ,  $p_i \neq 0$ .

Представленные балансовые соотношения определяют изменения запасов угля на конкретном участке цепи поставок – внутришахтный конвейерный транспорт, который входит в логистическую сеть системы топливно-энергетического комплекса.

Полученные уравнения представляют собой объединенный оператор планирования транспортной сети и её грузопотоков, которые описывают основные технологические действия логистического оператора в схеме функционирования транспортной системы горно-энергетического комплекса: перевозка, погрузка, разгрузка угля и породы; выбор транспортных мощностей по пропускной способности коммуникаций с учётом мощностей погрузочно-разгрузочных механизмов и ёмкости бункеров.

Разработанная логистическая модель позволяет учитывать недостатки существующих способов управления и достаточно надёжно прогнозировать работу транспортной сети. Внедрение модели способствует повышению уровня эффективности управления транспортной сетью и её грузопотоков в логистических

системах топливно-энергетического комплекса, что ведёт к значительному снижению как транспортных затрат, так и себестоимости угля.

#### **Литература**

1. Будишевский В.А., Пуханов А.А., Пуханова Л.С. Экономические аспекты управления запасами угля в логистических системах топливно-энергетического комплекса. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: економічна. Випуск 100-1.– Донецьк: ДонНТУ, 2005. С.173-178.
2. Иванов Д.А. Логистика. Стратегическая кооперация. Издательство «Вершина», 2005. – 176 с.
3. Harrison T. P. Principles for the strategic design of supply chains, in: Harrison T.P., Lee H.L., Neale J.J. (Eds.). The Practice of Supply Chain Management, Springer, 2005, pp. 3-12.