

А.А. Пуханов, Красноармейский индустриальный институт Донецкого национального технического университета

УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК УГЛЯ В СИСТЕМАХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. В статье рассмотрена экономико-математическая модель управления цепями поставок угля в системах топливно-энергетического комплекса на конкретном участке цепи – внутришахтный конвейерный транспорт. Предложенная логистическая модель основана на использовании экономико-математических методов, с помощью которых созданы балансовые соотношения описывающие изучаемые процессы. Корректно составленная модель (адекватная, достоверная, полная, масштабируемая) позволяет использовать результаты моделирования на практике, достигая результатов, близких к полученным при моделировании. Применение в производстве разработанной модели обеспечивает повышение эффективности управления транспортными сетями топливно-энергетического комплекса, что способствует значительному снижению объёму оперативных затрат в цепи создания стоимости, приходящихся на цепи поставок.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс, цепи поставок, логистические системы, грузопотоки, конвейер, моделирование.

I. Введение

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, С.5]. Основными этапами ЦП является их планирование в соответствии с целями проекта и оперативное управление в динамике в соответствии с текущими условиями выполнения работ. На практике цепи редко формируются «с нуля». Как правило, речь идет об улучшении уже существующих [5, С.7]. По этому основную проблему моделирования ЦП можно сформулировать как *динамический структурно-функциональный синтез и ре-*

конфигурирование. Данная проблема является одной из основных в концепциях управления ЦП, основанных на динамическом построении и ориентированных на заказ клиента [1, С.3]. К таким концепциям относятся Mass Customization ([4], [6]), CPFR ([3], [7]), сети предприятий малого и среднего бизнеса [8]. Процесс моделирования цепи является чрезвычайно важным, так как 80% общей стоимости продукта определяется эффективностью *структурно-функционального синтеза* [5, С.5]. Доля оперативных затрат в цепи создания стоимости, приходящаяся на ЦП, составляет 75%. Исследования, проведенные на государственном предприятии «Селидовуголь» – шахта «Россия» – доказали прямую взаимосвязь между эффективностью ЦП и финансовыми результатами.

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.

II. Постановка задачи.

Цель статьи – предложить рассмотрению разработанную логистическую модель эффективного управления цепями поставок в системах топливно-энергетического комплекса на конкретном участке цепи – внутришахтный конвейерный транспорт. Решение указанной проблемы позволит уменьшить транспортные расходы на перевозку угля от поставщика сырья до конечного потребителя и тем самым снизит его себестоимость.

Для достижения поставленной цели решаем задачу путём установления итерационных согласований и балансировки пропускной способности транс-

портных коммуникаций с учетом мощностей погрузочно-разгрузочных механизмов. Для этого используем экономико-математические методы.

III. Результаты. 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: обогатительные 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;
- скиповый подъем.

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 l_n которые являются транспортными узлами для конвейерного транспорта k внутри шахты, в которых осуществляется производство, погрузка, перегрузка, аккумуляция 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 $(l, l_1)_T$ 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 $f_{0kl_1}(t)$ – 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 .

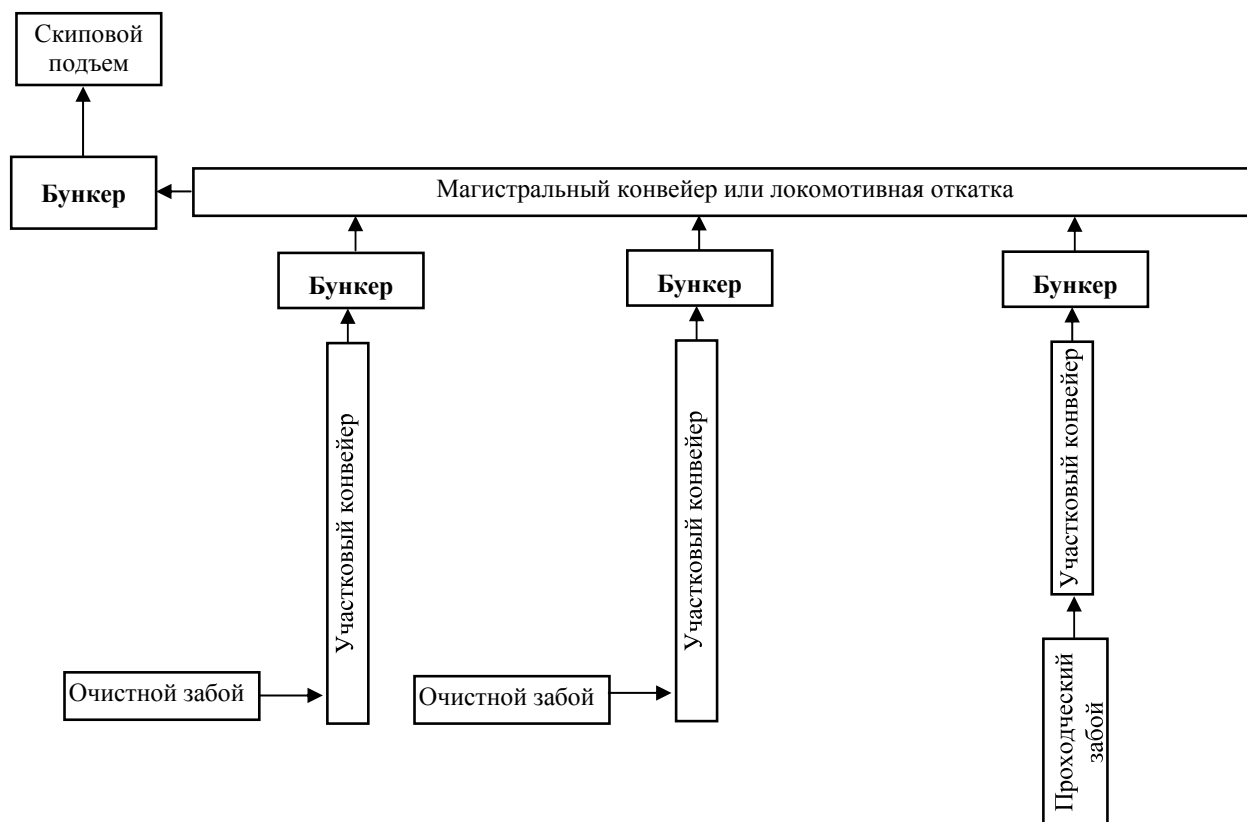


Рис. 1 Схема структуры логистической цепи подземного транспорта шахты при отработке пологих пластов длинными столбами по восстанию

Запас продукта p_i может быть положительным, например избыток горной массы в бункере, так и отрицательным – недостача 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):

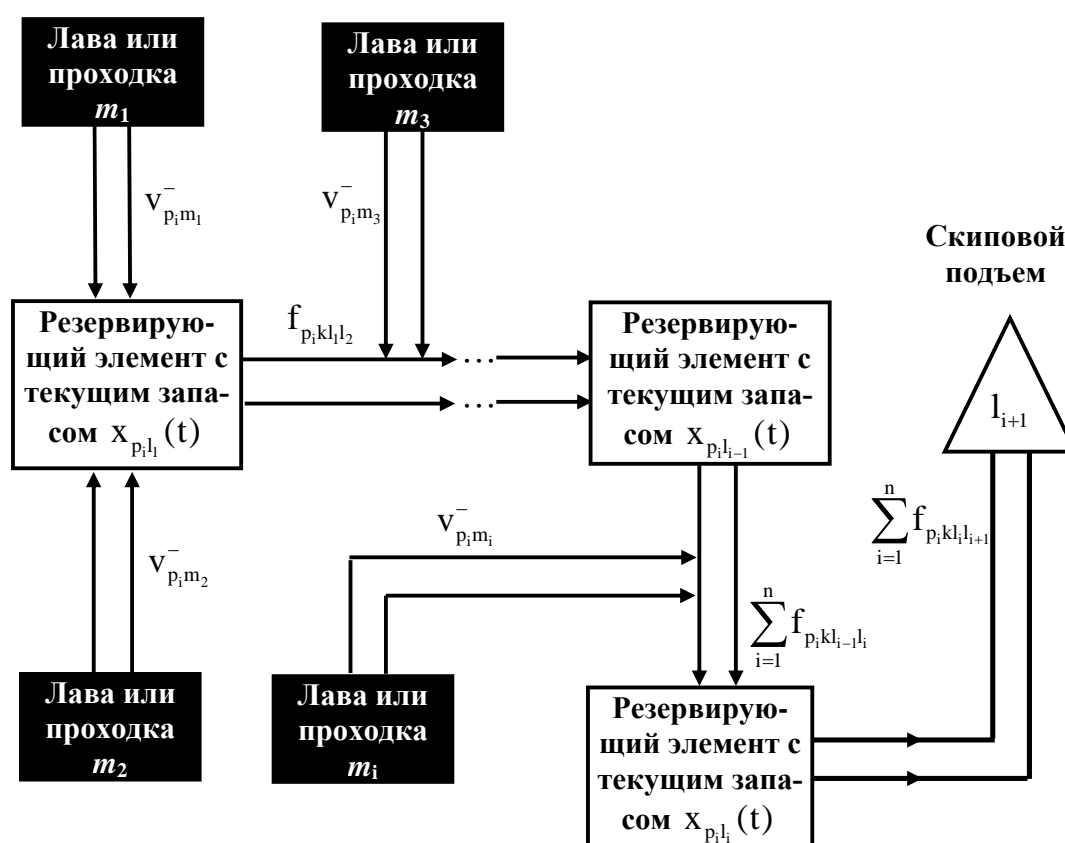


Рис. 2 Модель грузопотоков логистической системы внутришахтного транспорта

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;

$\theta_{kl_i l_{i+2}}$ – 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;

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

IV. Выводы.

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. Aviv J. Collaborative Forecasting and its Impact on Supply Chain Performance. In: David Simchi-Levi, S. David Wu, Z. Max Shen (Eds.), Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling in the E-Business Era,

Kluwer Academic Publishers, 2004, p. 393-445.

4. Chandra, C. and Kamrani, A.K. (2004) *Mass Customization: A Supply Chain Approach*, Springer, 288 p.
5. 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.
6. Montreuil B., Poulin M. Demand and supply network design scope for personalized manufacturing. In: *Production Planning and Control*, 16:454-469, 2005.
7. Seifert D. *Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment - How to create a Supply Chain Advantage*. - Galileo Press, 2002.
8. Teich, T. *Extended Value Chain Management (EVCM)*, Verlag der GUC, Chemnitz, 2003.