

**Логистические проблемы в управлении транспортной системой предприятий  
топливно-энергетического комплекса**

**Аннотация.** В статье изложены результаты построения экономико-математической модели управления внутришахтным транспортом. 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 объема оперативных затрат в цепи создания стоимости конечного продукта.

**Проблема и ее связь с научными или практическими задачами.** На современных, ориентированных на клиента, рынках конкурируют не отдельные предприятия, а цепи поставок: производственные и логистические сети. Эта тенденция связана с двумя факторами: стратегическим взаимодействием предприятий и формированием «сетевых» межорганизационных структур.

Современное состояние угольной промышленности характеризуется недостаточным уровнем научной организации управления производством. При этом исследование процессов формирования и движения грузопотоков отходит на второй план несмотря на то, что 80% общей стоимости продукта определяется эффективностью управления процессом производства.

Целью логистических подходов в управлении транспортом топливно-энергетического комплекса является эффективное управление материальными потоками, которое основывается на количественных оценках характера протекания работ. Величина потока денежных затрат полностью зависит от эффективного управления транспортной сетью топливно-энергетического комплекса и потоками в ней.

Логистические подходы в управлении и моделирование работы транспортной системы шахты, перевозящей основной грузопоток, позволят:

- получить в условиях неравномерных грузопотоков, поступающих на транспортную систему из забоев, прогнозируемый, легко управляемый конечный грузопоток угля, направленный на погрузку потребителю;
- выбрать оптимальные параметры устройств, входящих в транспортную цепочку по перемещению основного грузопотока;

- рассчитать объёмы добычи полезного ископаемого, позволяющие оптимально использовать имеющиеся транспортные мощности;
- минимизировать объём угольных складов, что позволит сохранить качество продукции и сократить расходы на их содержание.

Кроме того, информационное обеспечение логистического управления транспортной системой шахты и информационные потоки, используемые для этого управления, объединят в единое целое отдельные транспортные звенья логистической системы и позволят оперативно управлять транспортными процессами. Именно такой подход в определении основных параметров транспортной системы перевозки угля на шахте и их оптимизации будет способствовать снижению транспортных расходов, а значит и себестоимости угля.

**Анализ исследований и публикаций.** Вопросам разработки логистических моделей материальных потоков в цепях поставок, использования методов имитационного моделирования, развития логистических подходов при решении проблем оптимизации запасов и управления затратами посвящены исследования многих зарубежных и отечественных учёных. Так, задача построения логистической модели управления производственными ресурсами рассматривалась А.В. Мищенко, М.В. Могильницкой, Л.И. Федуловой; вопросы формирования системы углесбытовых органов в условиях перехода на бесфондовое обеспечение при прямых связях потребителей и поставщиков угля изучались в работах А.А. Решетняк, Е.В. Крикавского, Н.И. Чухрай; проблема оптимизации и повышения эффективности функционирования транспортно-складских систем исследовалась Г.И. Нечаевым, А.Н. Стерлинговой, В.М. Кургановым, И.П. Эльяшевичем, Дж. Шрайбфедером [3]; вопросы инвестиционных решений и контроллинга в промышленной логистике рассмотрены В.И. Сергеевым, А.И. Федоренко, П.А. Терентьевым и др.

В работах Х.Таха и Д. Уотерса [5] рассматриваются транспортные модели, основанные на теории массового обслуживания, которые описывают динамику работы транспортной сети предприятия в любой момент времени. Однако, в этих работах не решена проблема прогнозирования работы транспортной сети, что является немаловажным экономическим фактором эффективного управления транспортной системой, влияющим на уровень себестоимости угля.

В работах Ф. Хейта рассмотрена классическая транспортная задача для решения отдельных проблем транспортной сети некоторого предприятия, которая не приемлема для топливно-энергетического комплекса, имеющего свои характерные особенности, связанные с наличием стационарных транспортных узлов.

Следует особо подчеркнуть, что имеющиеся аналитические методы технологических расчетов не отображают экономические показатели технологических процессов, протекающих в транспортных системах, и не обеспечивают их прогнозирование; практически не уделяется внимание разработке логистических моделей управления грузопотоками в транспорте.

ной системе горнодобывающего производства; не рассматриваются вопросы прогнозирования надежности функционирования транспортной сети; не решается проблема прогнозирования экономических показателей работы транспортной сети, что является немаловажным фактором, влияющим на себестоимость угля [2], [4].

Односторонний подход свидетельствует о недостаточно глубоком понимании важности экономико-технологических показателей функционирования шахты для маркетинговой деятельности предприятия и проведения им экономически выгодной политики. Кроме того, система научной организации и управления производством направлена на обеспечение бесперебойной работы очистных и подготовительных забоев, интенсификацию процесса транспортирования, что достигается, прежде всего, за счет уменьшения простоев и перерывов в процессе добычи угля и его транспортировании, совмещении простоев в различных технологических звеньях, увязки производительности добычной и проходческой техники, а также пропускной способности транспортных магистралей [1].

Таким образом, низкий уровень развития теории систем подземного транспорта и аналитических методов расчета технологических параметров и показателей функционирования в значительной степени обусловил низкие эксплуатационные качества этих систем и стал тормозом на пути их совершенствования. В этой связи разработка научных основ комплексного математического моделирования технологических процессов в системах подземного транспорта, повышающих эффективность их технического развития, является актуальной научной проблемой, имеющей важное государственное значение.

**Цель исследовательской работы** – предложить метод эффективного управления функционированием транспортной сети и потоков в логистических системах топливно-энергетического комплекса без замены транспортных устройств, который позволит сократить транспортные расходы на перевозку угля к потребителям и тем самым снизить его себестоимость.

**Изложение материала и результаты.** Для достижения поставленной цели решаем задачу установления влияния пропускной способности транспортных коммуникаций с учетом мощностей погрузочно-разгрузочных механизмов, емкости складов и количества единиц подвижного состава на скорость изменения запаса угля в некотором транспортном узле логистической цепи топливно-энергетического комплекса.

Типичная логистическая цепь топливно-энергетического комплекса имеет следующую структуру (рис. 1):

- предприятия производители – шахты, рудники;
- распределительные центры – склады и другие резервирующие элементы, от которых сырьё направляется потребителям;

- предприятия, которые перерабатывают сырьё – обогатительные фабрики;
- потребители – коксохимические заводы, электростанции и др.;

Причем, каждый из указанных структурных элементов содержит свою транспортную сеть с распределительными пунктами (рис. 2).

Основными выходными потоками транспортной сети шахты являются потоки перевозок угля, породы, людей и оборудования, требующего ремонта. Основными входными потоками есть потоки нового и отремонтированного оборудования, людей и вспомогательных материалов. Рассмотрим транспортные потоки, связанные с вывозом и доставкой потребителю угля и выдачи породы.

Пусть некоторое горнодобывающее предприятие  $L$  содержит пункты  $l_n$ , в которых осуществляется производство, потребление, погрузка, перегрузка, аккумуляция угля и породы. Уголь и породу в дальнейшем будем именовать продуктом  $p$  рассматриваемой отрасли. Пункты  $l_n$  в свою очередь являются транспортными узлами для различных видов транспорта  $k$ : железнодорожный и конвейерный транспорт на поверхностном транспортном комплексе, локомотивная откатка, скиповый подъем или конвейерный транспорт внутри шахты. Обозначим через  $L_T$  множество транспортных узлов горнодобывающего предприятия, т.е.  $L_T \subset L$ . Пункты производства и потребления соединяются коммуникациями, например  $(l, l_1)_T$ . Коммуникация предполагается ориентированной из  $l$  в  $l_1$ , причем на коммуникации между  $l$  и  $l_1$  другие пункты отсутствуют, кроме того считаем, что может быть не больше одной коммуникации из  $l$  в  $l_1$ . Последнее условие не исключает условия объездного пути  $(l, l_2)_T$ , минуя пункт  $l_1$ , при наличии двух коммуникаций  $(l, l_1)_T$  и  $(l, l_2)_T$ , проходящих через  $l_1$ , т.е. просто две физически различные дороги между одинаковыми пунктами рассматриваются как одна. Не допускаем существование коммуникаций  $(l, l)_T$  с началом и концом в одном и том же пункте.

Обозначим множество всех коммуникаций транспорта горнодобывающего комплекса, связанных с вывозом и доставкой продукта, через  $A_T$ , тогда

$$A_T = \{(l, l_1)_T \mid l, l_1 \in L_T\}. \quad (1)$$

Следовательно, пара множеств  $(L_T, A_T)$  представляет собой граф транспортной сети  $T$ .

Будем считать:  $f_{pk|l_1}(t)$  – поток продукта  $p$ , привезенного в  $l_1$  по коммуникации  $(l, l_1)_T$  транспортом  $k \in T$  в момент времени  $t$ , а  $f_{ok|l_1}(t)$  – поток транспорта, прибывающего из  $l$  в  $l_1$  порожняком или холостой ход работы конвейера. Обмен углем  $p$  между пунктами  $l$  и  $l_1$ , соединенными коммуникациями  $(l, l_1)_T$  и  $(l_1, l)_T$ , будем описывать двумя встречными потоками  $f_{pk|l_1}(t)$  и  $f_{pk|l_1}(t)$ .

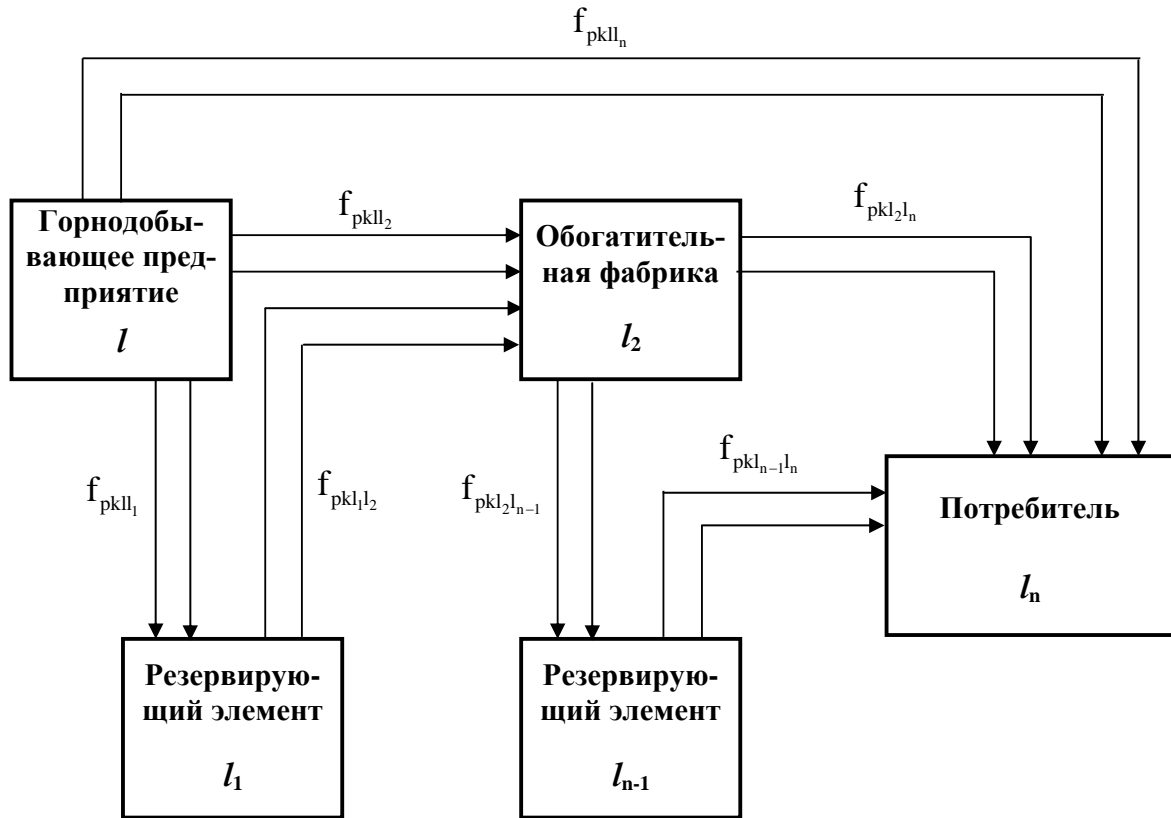


Рис. 1. Схема модели логистической сети топливно-энергетического комплекса

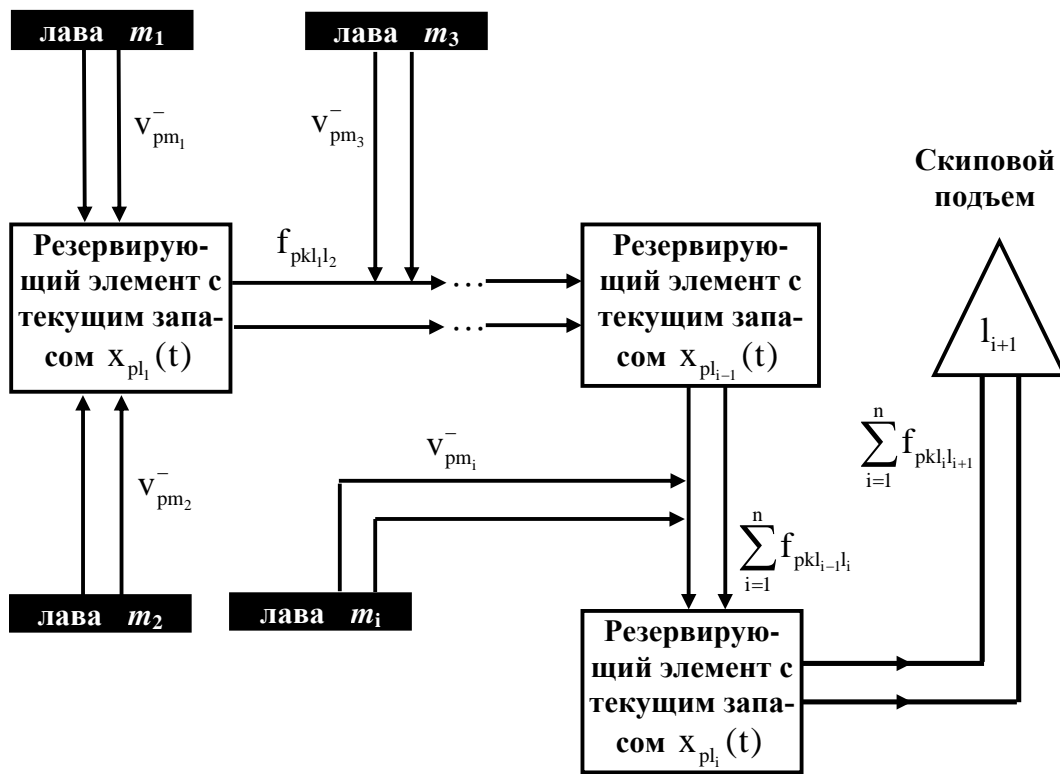


Рис. 2. Схема локального элемента логистической сети топливно-энергетического комплекса – шахты

Полагаем, что между пунктами  $I_n$  при транспортировании продукта  $p$  изменение величины его потока не происходит или эти изменения настолько малы, что ими можно пренебречь. Таким образом, изменение величины потока продукта  $p$  возможно только в пунктах  $I_n$  и, следовательно, в этих пунктах может образовываться запас продукта  $p$ , причем он может быть положительным, например избыток горной массы на складе или в бункере, так и отрицательным – недостача горной массы.

Зная интенсивность изменения запасов угля или породы в пунктах  $I_n$ , мы можем управлять работой транспортной системы как на уровне выбора основных параметров ее составляющих компонентов (погрузочно-разгрузочных механизмов, бункеров, конвейеров, скипов и т.д.), так и на уровне обратных связей с учетом динамики происходящих процессов при движении потоков горной массы (временем подачи составов под погрузку и разгрузку, скоростью работы погрузочно-транспортных механизмов и машин, интервалами разгрузки бункеров и работой скипового подъема и т.п.) с тем, чтобы исключить как избыток или недостаток горной массы в погрузочно-разгрузочных пунктах, так и простои отдельных звеньев транспортной системы и холостые режимы их работы. Иными словами, обеспечивается сбалансированная работа логистической системы топливно-энергетического комплекса. Поэтому, уравнения, определяющие скорость изменения запасов продукта  $p$  в транспортных узлах  $I_n$ , будем составлять на основе сбалансированной работы звеньев транспортной цепи и называть их балансовыми соотношениями или балансом соответствующих транспортных процессов.

Имеем некоторые результаты, а именно: балансовые соотношения перевозок, погрузок, разгрузки и простоев транспорта, баланс порожнего транспорта, балансы складываемого и не складываемого продукта для каждого вида транспорта в транспортной сети горнодобывающего комплекса.

Представим балансовые соотношения, которые связывают все виды транспорта с производственными элементами. Например, баланс продукции, которая складывается в транспортном узле  $I$ , имеет вид:

$$\dot{x}_{pl}(t) = \sum_{k \in T_p} [g_{pkl}^-(t) - g_{pkl}^+(t + \theta_{pkl}^+)] + \sum_{m \in E_{pl}^-} v_{pm}^-(t) - \sum_{m \in L} v_p^+(t), \quad (2)$$

где  $\dot{x}_{pl}(t)$  – скорость изменения потока продукта  $p$  в транспортном узле  $I$ ;

$g_{pkl}^+(t)$  – поток продукта  $p$ , погруженного в пункте  $I$  на транспорт  $k$  в момент времени  $t$ ;

$g_{pkl}^-(t)$  – поток продукта  $p$ , разгружаемого в пункте  $I$  с транспорта  $k$  в момент времени  $t$ .

$\sum_{k \in T_p} [g_{pkl}^-(t) - g_{pkl}^+(t + \theta_{pkl}^+)]$  – суммарный поток оставшийся после загрузки и выгрузки

ки продукта  $p$ ;

$\theta_{pkl}^+$  – продолжительность погрузки продукта  $p$ , разгружаемого в пункте  $l$  в транспорт  $k$ ;

$\sum_{m \in E_{pl}^-} v_{pm}^-(t)$  – суммарный выходной поток продукта  $p$  некоторого производствен-

ного элемента  $m$  (лава, проходка, обогатительная фабрика);

$\sum_{m \in L} v_p^+(t)$  – суммарный входной поток продукта  $p$  некоторого производственного

элемента  $m$ .

$x_{pl}(t_0) = \text{fix}, x_{pl} \geq 0, p \in J_1^x$ ;

$x_{pl}(t)$  – текущий запас продукта  $p$  в бункере или на складе транспортного узла  $l$ ;

$v_{pm}^-$  – выходной поток продукта  $p$  для некоторого производственного элемента  $m$  (лава, проходка на шахте; склад, бункер на обогатительной фабрике);

$v_p^+$  – входной поток угля на обогатительной фабрике (для подземного транспорта эта величина равна нулю);

$E_{pl}^-$  – множество производственных элементов  $m$ , выпускающих и поставляющих продукт  $p$  в пункт  $l$ ;

$T$  – множество видов транспорта  $k$ , перевозящего продукт  $p$ ;

$J_1^x$  – множество складированных в пунктах  $l$  продуктов  $p$ .

При этом разгрузку считаем уменьшением потока, а погрузку его увеличением.

Аналогично можно записать баланс потока добываемого продукта, баланс порожнего транспорта, баланс попутно перевозимых продуктов и т. д.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Полученные балансовые соотношения, представляющие собой объединенный оператор планирования транспортной сети и потоков в ней, позволяют учитывать недостатки существующих способов управления, что способствует более эффективному управлению транспортной сетью топливно-энергетического комплекса. Указанные детализированные логистические модели позволяют достаточно надежно прогнозировать работу транспортной сети и снизить затраты на транспортировку и хранение угля.

Перспективой дальнейших научных исследований является разработка модели прогноза изменения количества угля в транспортных узлах логистической цепи топливно-энергетического комплекса.

## Литература.

1. Будишевский В.А. Экономические аспекты управления запасами угля в логистических системах топливно-энергетического комплекса / В.А. Будишевский, А.А. Пуханов, Л.С. Пуханова // Наук. пр. Донецького нац.техн.ун-ту. Серія: Економічна. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – Вип. 100-1.– С.173-178.
2. Буэрскос Доналд Дж. Логистика. Интегрированная цепь поставок / Доналд Дж. Буэрскос, Дейвид Дж. Клосс; пер. с англ.– М.: «Олимп-Бизнес», 2005.– 640с. – Библиогр.: с. 635–638. – ISBN 5-3522-0222-2.
3. Нечаев Г.И. Моделирование транспортно-складской логистической системы / Г.И. Нечаев // Вісник СУДУ. - 1999. - №3(19). - С.264-270.
4. Резниченко С.С. Математические методы и моделирование в горной промышленности: учеб. пособ / С.С. Резниченко, А.А. Ашихмин. – М.: Московский государственный горный университет, 2001. – 404с. – Библиогр.: с. 397–399. – ISBN 5-7418-0051-3.
5. Уотерс Д. Логистика: управление цепью поставок / Д. Уотерс; пер. с англ.– М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503с. – Библиогр.: с. 499–501. – ISBN 5-6933-0101-2.

У статті викладено результати побудови економіко-математичної моделі управління внутрішньошахтним транспортом. Запропонована логістична модель заснована на використанні економіко-математичних методів, за допомогою яких створено балансів співвідношення, які вивчають вказані процеси. Коректно складена модель (адекватна, достовірна, повна, масштабована) дозволяє використовувати результати моделювання на практиці, досягаючи результатів, близьких до отриманих при моделюванні. Впровадження у виробництво розробленої моделі забезпечує підвищення ефективності управління транспортними мережами паливно-енергетичного комплексу, що сприяє значному зниженню об'єму оперативних витрат в ланцюзі створення вартості кінцевого продукту.

A mathematical model a mine transport frame is considered in the article. The offered logistic model is based on the use of математических methods by which balance correlations are created the describing studied processes. The correctly made model (adequate, reliable, complete, scaleable) allows to draw on design results in practice, arriving at results, near to got at a design. Application in the production of the developed model provides the increase of efficiency of management transport networks of fuel and energy complex, that is instrumental in the considerable decline of volume of operative expenses in the chain of creation of cost of the finished good.