

УДК 519:622.64

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА МЕТОДОМ СЕТЕЙ ПЕТРИ

**Кравцов С. М., студент; Гавриленко Б. В., доцент, к.т.н.**

*(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)*

Конвейерный транспорт является важным звеном в транспортировании полезного ископаемого от очистных и подготовительных забоев к скиповому подъему для выдачи его на поверхность. Моделирование работы конвейерного транспорта позволяет проводить ее анализ, решать вопросы оптимизации и проектирования новых транспортных цепочек. В качестве инструмента имитационного моделирования возможно использование программных пакетов MATLAB, GPSS, которые предоставляют широкие возможности для постановки различных проблемных задач по моделированию различных технологических объектов.

Метод сетей Петри является наиболее перспективным и малоизученным методом имитационного моделирования. Сети Петри позволяют изучать параллельных процессы и процессы, носящих событийный характер [1]. Элементами сети Петри являются: позиция (место), переход и дуга, связывающая позицию и переход.

Проведем имитационное моделирование конвейерного транспорта методом сетей Петри на примере шахты «Лидиевка» ПО «Донецкуголь».

Сформируем схему имитационного моделирования разветвленного конвейерного транспорта применительно к условиям подземного транспорта шахты «Лидиевка», исключив из схемы электровозный транспорт. Элементами данной схемы являются очистные забои, конвейерные линии, аккумулирующие бункера, а также скиповой подъем для выдачи полезного ископаемого на поверхность. Выражая их через элементы сетей Петри, получим следующую схему имитационного моделирования конвейерного транспорта шахты «Лидиевка» (рис. 1).

В данном случае позициями (на схеме имеют графический образ в виде кружка) представлены очистные забои, аккумулирующие бункера, бункер скипа и поверхность. Используются позиции двух типов: маркированные и немаркированные. Маркированные позиции (очистные забои) маркированы таким количеством полезного ископаемого, каким достаточно представить процесс моделирования. В этом конкретном примере мы предполагаем моделирование транспортирования одинакового количества полезного ископаемого от всех четырех очистных забоев (по 200 фишек или условных тонн угля – усл. т). Немаркированные позиции (бункеры и поверхность) характеризуются возможностью принятия определенного максимального количества фишек, величина которого для бункеров определяется их фактической емкостью, а для поверхности - суммарным значением фишек всех очистных забоев.

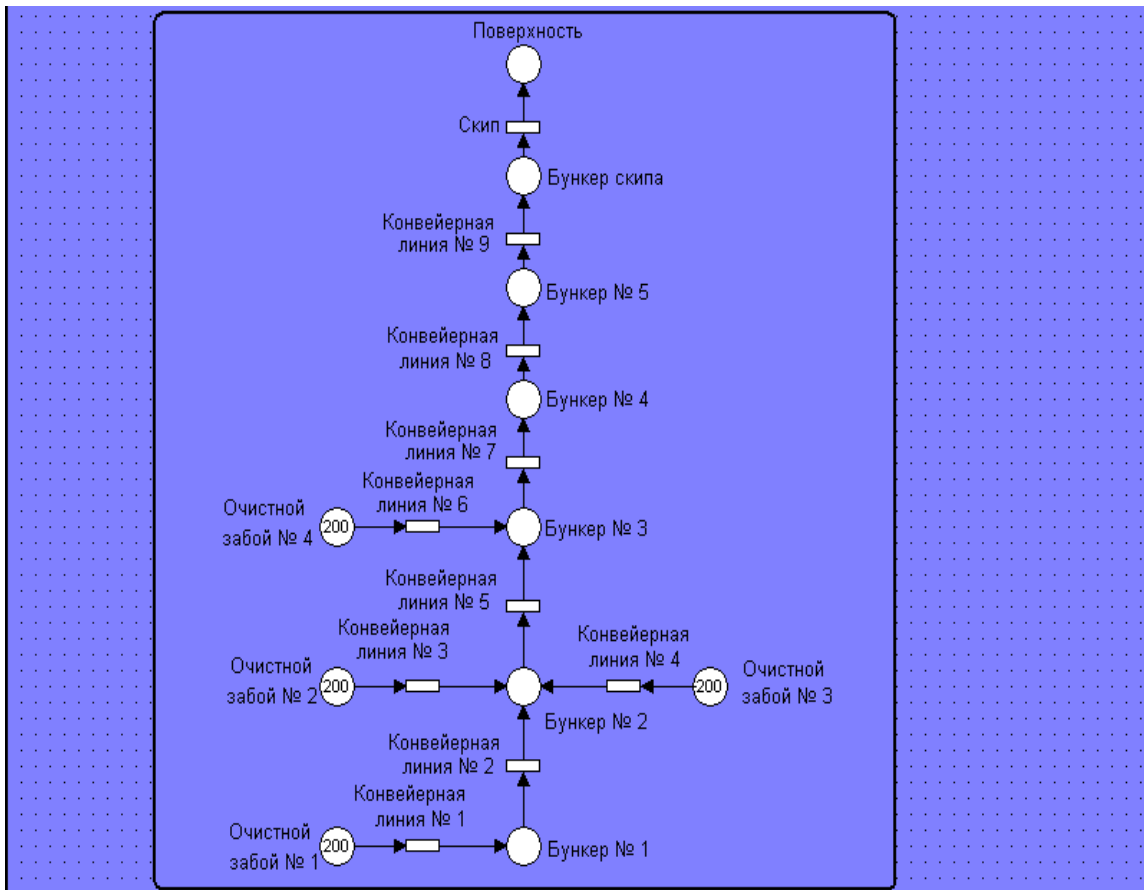


Рисунок 1 – Схема имитационного моделирования конвейерного транспорта шахты «Лидиевка»

Переходы (на схеме отображаются прямоугольниками) представляют собой конвейерные линии, связывающие те элементы схемы, которые были выражены позициями. Переходы характеризуются инициированной задержкой. Значения инициированных задержек переходов, имитирующих конвейерные линии №№ 2, 5, 7 – 9, находятся из выражения:

$$\Delta t = \frac{\sum_1^n \frac{L}{v}}{kn},$$

где  $\Delta t$  - значение инициированной задержки перехода (конвейерной линии);

$L$  - длина конвейера, входящего в данную конвейерную линию;

$v$  - скорость движения несущего органа конвейера, входящего в данную конвейерную линию;

$n$  - количество конвейеров, входящих в данную конвейерную линию;

$k$  - коэффициент моделирования, адаптирующий полученные результаты к времени (шагу) моделирования, в данном случае принят равным 100.

Значения инициированных задержек переходов, имитирующих конвейерные линии, которые непосредственно осуществляют транспортирование полезного ископаемого от очистных забоев (конвейерные линии №№ 1, 3, 4, 6), находятся из выражения:

$$\Delta t = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{L}{v}}{k_1 n} + k_2,$$

где  $k_1$  - коэффициент моделирования, адаптирующий полученные результаты к времени (шагу) моделирования (соответствует коэффициенту  $k$  предыдущей формулы);

$k_2$  - коэффициент моделирования, учитывающий неравномерность поступления грузопотоков от очистных забоев, в данном случае принят равным 1.

Коэффициент моделирования  $k_2$  сформирован исходя из того, что грузопоток, поступающий от очистных забоев, носит случайный характер, выражающийся двумя составляющими: непрерывной, имеющей нормальное (гауссовское) распределение и зависящей в основном от скорости подачи комбайна, и дискретной - имеющей экспоненциальное распределение и характеризующей отсутствие (поступление) грузопотока на транспортную цепочку в связи с перерывами по различным (организационным, технологическим и др.) причинам [2]. Предполагается, что неравномерность поступления грузопотоков от очистных забоев одинакова, и ею в данном случае можно пренебречь, но конвейерные линии, непосредственно принимающие грузопотоки от очистных забоев, должны иметь значение инициированной задержки большее на коэффициент моделирования  $k_2$  в отличие от других конвейерных линий.

Значение инициированной задержки перехода, имитирующего скиповой подъем, находятся из зависимости:

$$\Delta t = \frac{2H}{v_{cp}},$$

где  $H$  - высота подъема;

$v_{cp}$  - средняя скорость подъемного сосуда на всех участках пути.

Дуги осуществляют соединение позиций и переходов и могут иметь два направления: от позиции к переходу и от перехода к позиции. В имитационной схеме дуги, примыкающие к одному переходу, равнозначны. Дуга характеризуется таким параметром как вес, который определяет то количество фишек, какое переносится от одного элемента схемы к другому за момент осуществления одного события. Вес дуг, примыкающих к переходам, имитирующих конвейерные линии, определяется из выражения:

$$w = k_3 \times \frac{\sum_{i=1}^n P}{n},$$

где  $k_3$  - коэффициент моделирования, адаптирующий полученные результаты к общему количеству используемых фишек, в данном случае принят равным 0,01;

$P$  - номинальная производительность конвейера, входящего в данную конвейерную линию.

Вес дуг, примыкающих к переходу, имитирующему скип, рассчитан исходя из емкости подъемного сосуда.

Произведем исследование конвейерной сети шахты с использованием программного пакета HpetriSim v1.1, имеющего элементы анимационного представления процесса имитационного моделирования (рис. 2).

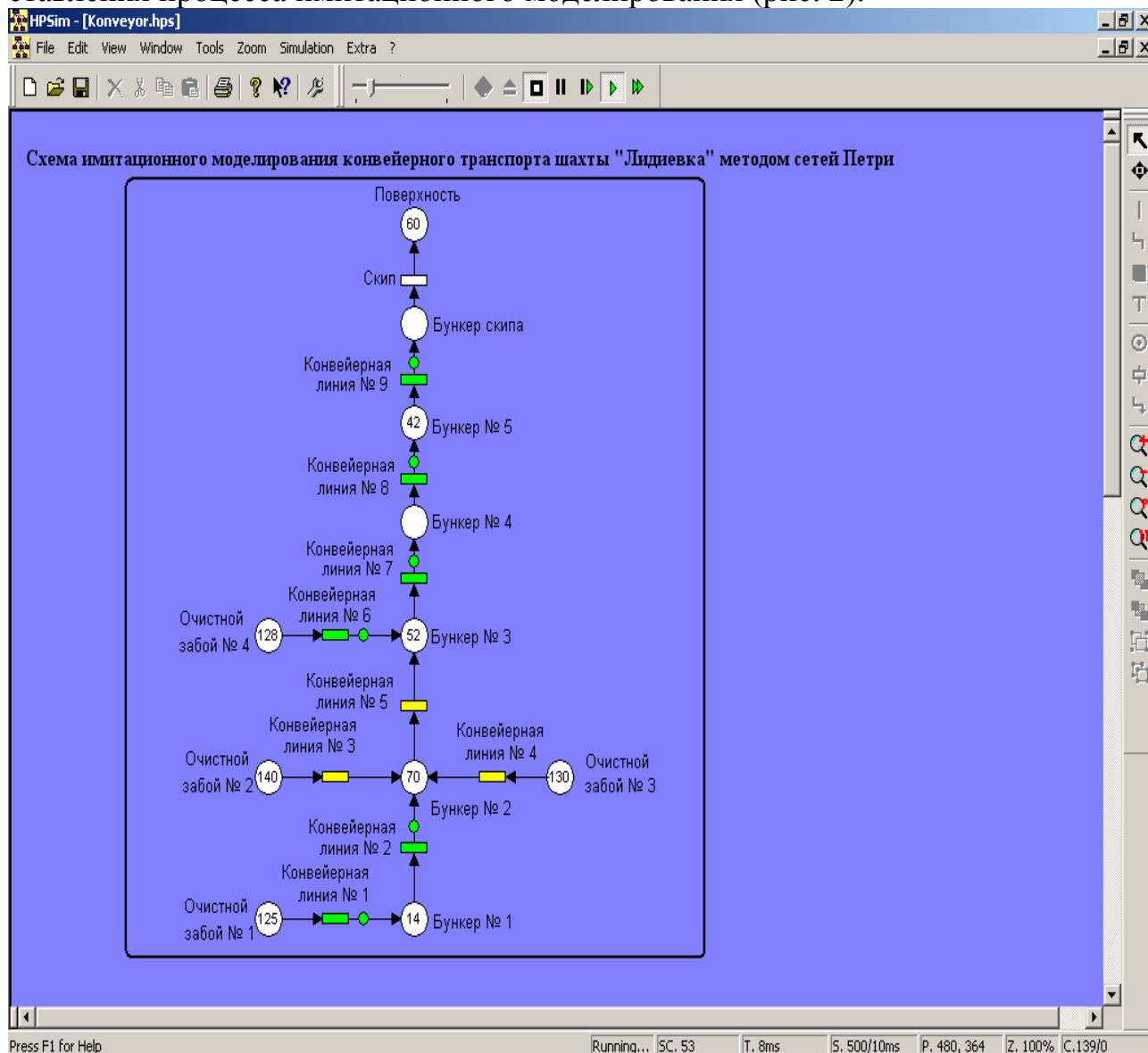


Рисунок 2 –Моделирование конвейерного транспорта шахты «Лидиевка» с использованием программного пакета HpetriSim v1.1.

В результате моделирования при оговоренных выше исходных данных затрачено 393 единицы модельного времени (ед. мод. вр.) и получены диаграммы работы очистных забоев (рис. 3), конвейерных линий (рис. 4-5) и процесса выдачи угля на поверхность шахты (рис. 6).

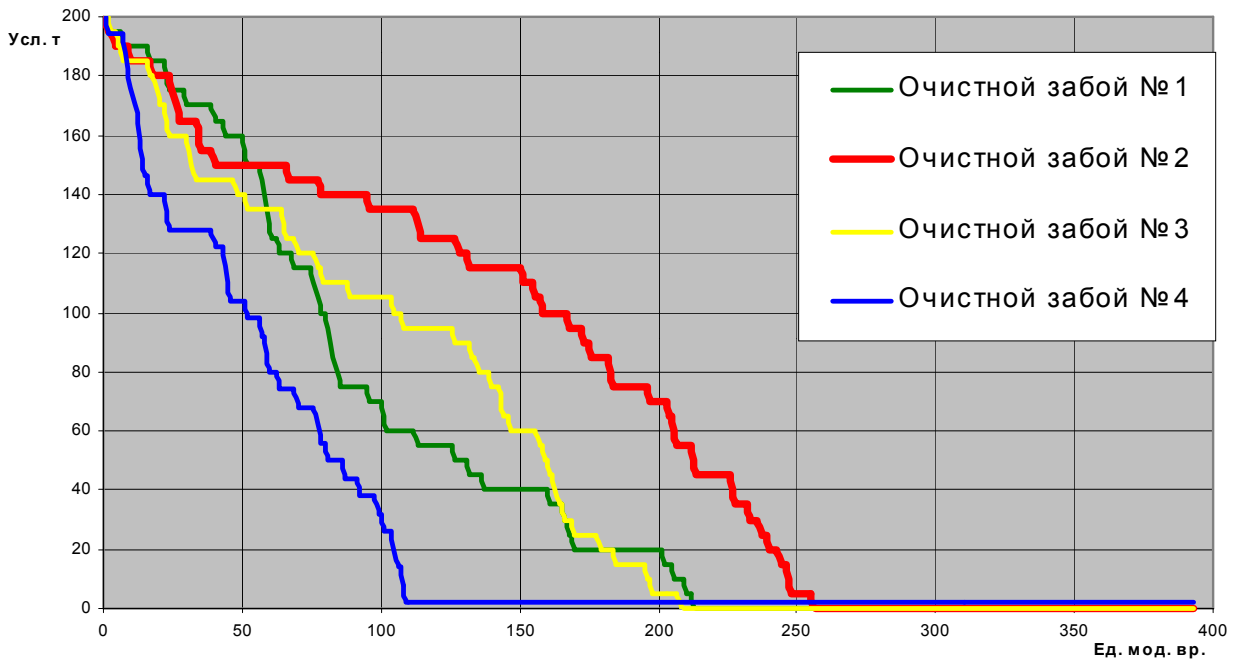


Рисунок 3 – Диаграмма моделирования работы очистных забоев

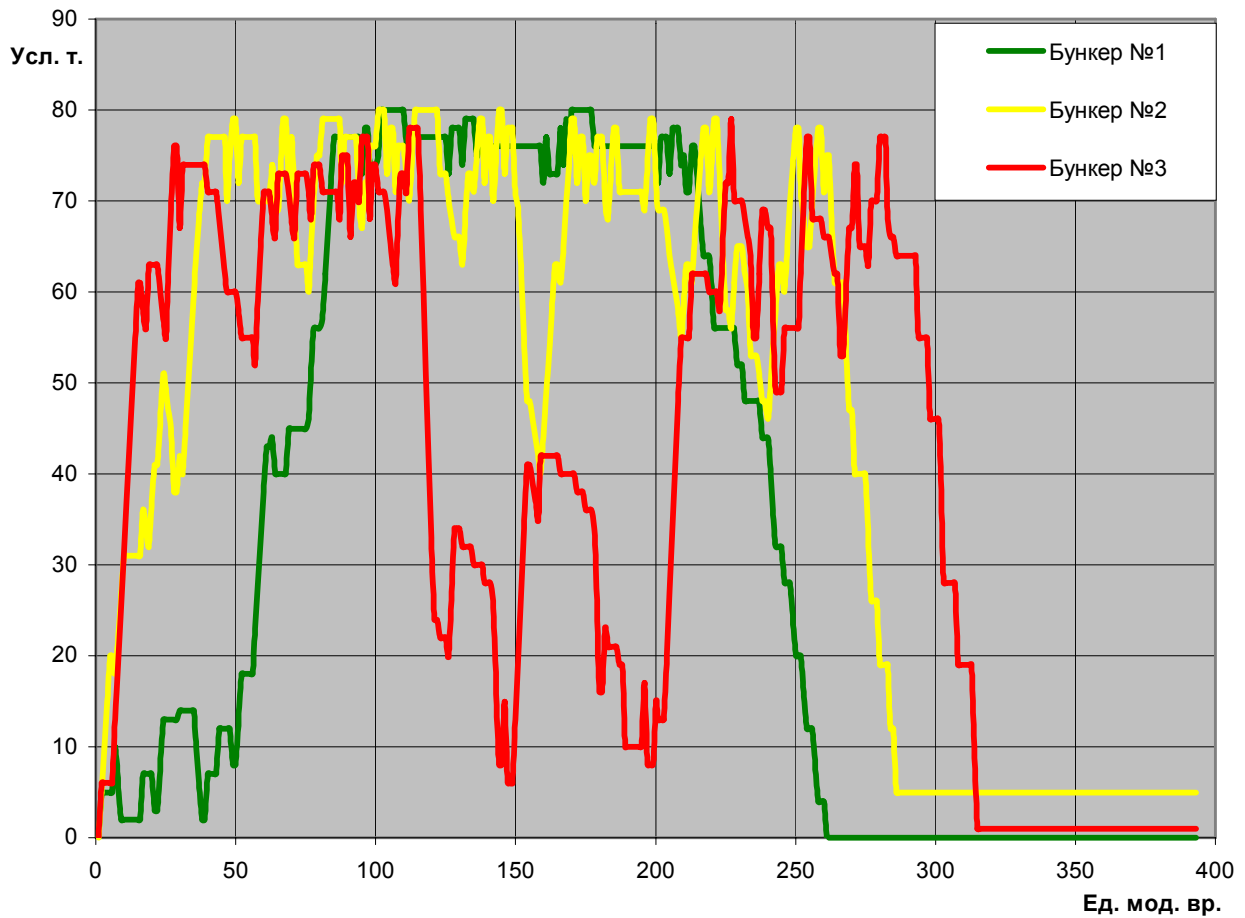


Рисунок 4 – Диаграмма моделирования работы аккумуляющих бункеров №№1 - 3

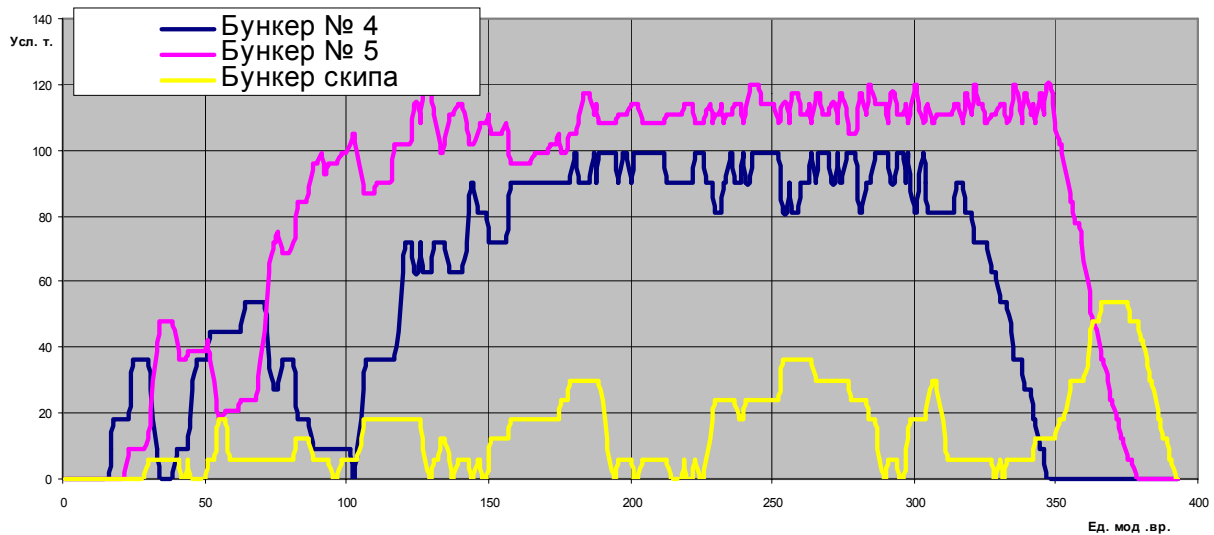


Рисунок 5 – Диаграмма моделирования работы аккумулярирующих бункеров №№ 4, 5 и бункера скипа

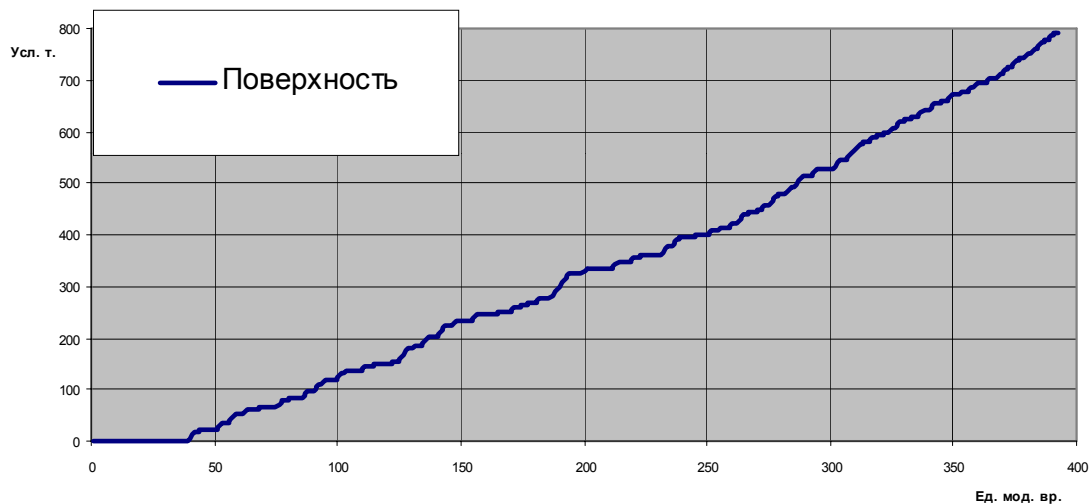


Рисунок 6 – Диаграмма моделирования процесса выдачи угля на поверхность шахты

Анализ диаграмм показывает, что пропускная способность транспортной цепочки шахты определяется в первую очередь режимами работы отдельных конвейеров и емкостью аккумулярирующих бункеров.

Разработанная имитационная модель позволяет с учетом детального анализа и вариации всех элементов транспортной цепочки шахты производить прогноз возможных грузопотоков и определять оптимальные параметры аккумулярирующих бункеров.

Перечень ссылок:

1. Васильев В. В., Кузьмук В. В. Сети Петри, параллельные алгоритмы и модели мультипроцессорных систем. – К.: Наук. Думка, 1990. – 212 с.
2. Алотин Л.М., Степанов П.Б. Моделирование и расчет транспортных систем горных предприятий. – Алма-Ата: Наука, 1979. – 215 с.