

УДК 622.3.002.5

В.Н. Ставицкий (канд. техн. наук, доц.), А.С. Оголубченко (канд. техн. наук, доц.)
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г.Донецк,
кафедра «Горная электротехника и автоматика им. Р.М. Лейбова»
E-mail: dis_stv@ukr.net

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ДОБЫЧНОГО УЧАСТКА

Представлена математическая модель транспортной системы добычного участка, включающей в себя добычной комбайн, участковый конвейер и аккумулирующий бункер. Произведен анализ результатов моделирования.

Ключевые слова: конвейер, комбайн, бункер, транспортная задержка, автоматизация, математическая модель

Проблема и ее связь с научными задачами

Увеличение производительности угледобычи предъявляет повышенные требования ко всем технологическим процессам горного предприятия. Одной из актуальных задач является обеспечение бесперебойной работы системы подземного транспорта, в том числе, конвейерного. Современные подземные конвейерные линии характеризуются значительной протяженностью и разветвленностью транспортных магистралей, изменяющих со временем свои параметры: длину, топологию и т.п. Для шахтных конвейерных линий характерны возмущения на входе объекта управления (дискретный характер забойных грузопотоков и их переменная интенсивность в периоды непрерывных поступлений), внутренние возмущения объекта управления (экстренные и аварийные остановки конвейеров линии), возмущения на выходе объекта управления, связанные с ограниченной пропускной способностью сопряженных транспортных звеньев (приемного бункера, рельсового транспорта, грузового подъема) либо с нарушением нормального режима их работы.

Высокая эффективность горного предприятия может быть обеспечена только при согласованной работе всех технологических звеньев: очистного оборудования, участковых конвейеров, промежуточных бункеров, магистральных конвейеров. Указанное подтверждает актуальность исследований, направленных на совершенствование систем автоматического контроля и управления технологическими процессами угледобывающего предприятия.

Анализ исследований и публикаций

Вопросам повышения эффективности угледобычи за счет согласованного управления отдельными технологическими процессами посвящены работы А.А. Гливанского [3], Л.Г. Шахмейстера [4], С.А. Каримана [5] и других исследователей. Основные задачи, решаемые в указанных работах, могут быть сформулированы следующим образом:

1) Применение средств регулирования скорости в составе привода ЛК, обеспечивающих адаптацию конвейера под условия изменяющегося грузопотока (частотно-регулируемый электропривод, регулируемые муфты, каскадные схемы управления АД с фазным ротором).

2) Применение средств регулирования грузопотока за счет использования накопительных систем (промежуточные бункеры, конвейеры).

3) Применение систем автоматизации процессов горного предприятия (АСУТП), обеспечивающих координированное управление отдельными технологическими звеньями в соответствии с выбранными критериями (энергоэффективность, бесперебойность и т.п.).

Бункерные накопительные системы в настоящее время находят широкое применение на магистральных конвейерных линиях. Для участков конвейеров использование подобных систем нецелесообразно ввиду значительности капитальных затрат на их реализацию, ограниченного срока эксплуатации, обусловленного сроком отработки лавы, и нестабильности положения из-за перемещения лавы. Регулируемый привод – практически единственная альтернатива в данных условиях – пока не находит широкого применения в связи с отсутствием надежных, недорогих средств частотного регулирования в рудничном исполнении.

Обоснование направления исследований

Следует отметить, что использование указанных выше локальных средств без применения интеллектуальных систем, контролирующих состояние взаимодействующих технологических звеньев, не позволяет ощутимо повысить эффективность процесса угледобычи.

Таким образом, разработка системы автоматизации, обеспечивающей интегрированное интеллектуальное управление процессами угледобычи и транспортировки горной массы, требует исследования условий и режимов работы участковой транспортной системы (УТС).

Цель исследований

Цель проводимых исследований - повышение эффективности угледобычи путем обеспечения стабильности и непрерывности основных технологических операций за счет автоматического координирования работы элементов УТС. Задача, решаемая в данной работе, заключается в *разработке математической модели УТС в условиях взаимодействия между основными ее элементами.*

Методы и результаты исследований

Моделируемый объект представляет собой систему взаимосвязанных компонентов, в состав которой входят добычной комбайн, участковый ленточный конвейер, аккумулирующий бункер (рис.1).

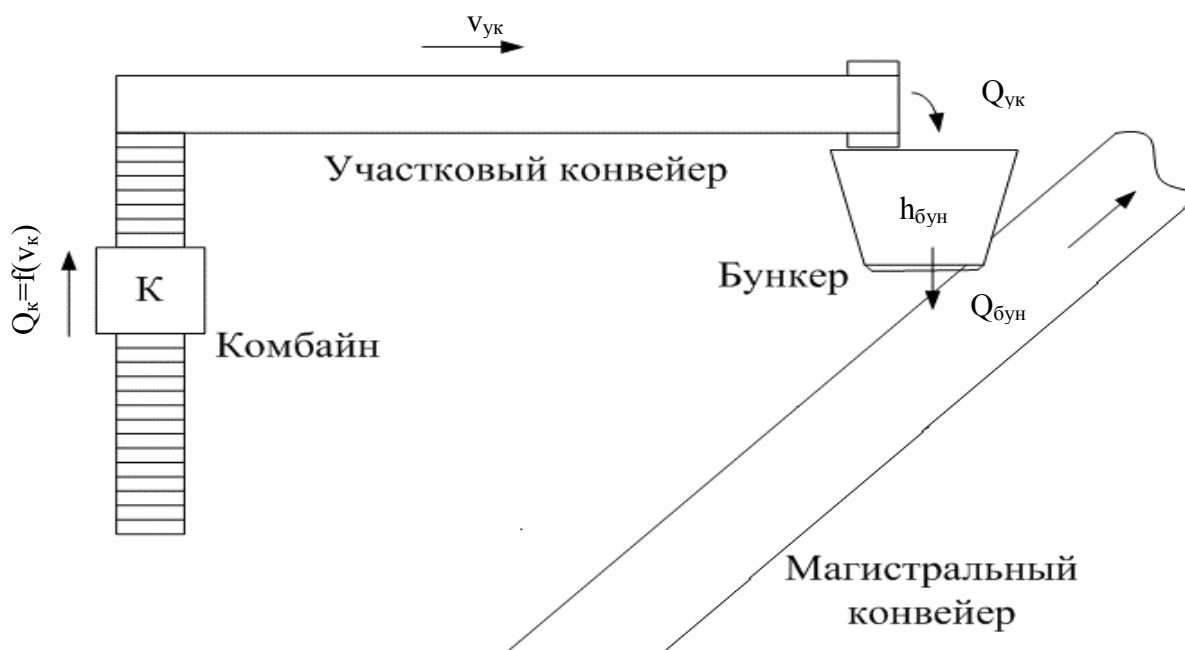


Рисунок 1 - Технологическая схема транспортной системы добычного участка

Основная задача рассматриваемой транспортной системы заключается в обеспечении поступления требуемого объема горной массы на магистральную транспортную линию. Данная задача решается следующим образом.

Грузопоток формируется благодаря работе очистного комбайна. Величина грузопотока определяются параметрами пласта (мощность, крепость), шириной захвата комбайна, а

также его скоростью перемещения по лаве. Отбитая горная масса транспортируется по лаве скребковым конвейером к откаточной выработке (конвейерный штрек).

Из забоя горная масса поступает на штрековый ленточный конвейер. Его функция заключается в передаче полезного ископаемого в накопительный бункер, установленный в месте сопряжения участковой и магистральной конвейерных выработок. Является передаточным звеном.

Бункер обеспечивает непрерывность процесса транспортирования. Его наличие позволяет в некоторой степени снизить зависимость элементов транспортной системы друг от друга, сгладить колебания интенсивности поступления груза, обусловленные цикличностью работы комбайна и аварийными ситуациями в рассматриваемой цепочке. Бункер представляет собой накопительный элемент с возможностью регулирования интенсивности выдачи горной массы.

В случае безаварийной работы рассматриваемая транспортная система обеспечивает поступление на магистральный конвейер горной массы в объеме, обусловленном параметрами пласта, комбайна и бункера.

Недостатком рассматриваемой системы в ее исходном варианте является ее зависимость от состояния магистральной линии. Остановка магистрального конвейера влечет за собой необходимость остановки всех элементов транспортной системы, спустя время, необходимое для заполнения аккумулялирующего бункера.

В результате анализа работы участковой транспортной системы разработан новый способ автоматического управления конвейерной линией с промежуточными бункерами, заключающийся в регулировании работы элементов системы в зависимости от текущего состояния системы. Ниже представлено описание возможных состояний транспортной системы и реакций ее элементов в указанных ситуациях.

1. Нормальный режим работы участка. Комбайн работает с номинальной скоростью подачи и производительностью, конвейер также работает при номинальной скорости, бункер работает в транзитном режиме.

2. Аварийный режим (авария на магистральном конвейере и его останов). В этом случае возможным является увеличение цикла работы участка на время заполнения бункера. С помощью координирующего устройства бункер переводится в аккумулялирующий режим, скорость подачи комбайна снижается и, соответственно, производительность, скорость конвейера также снижается. Работа продолжается до тех пор, пока бункер не заполнится полностью.

3. Режим переполнения. После заполнения бункера координирующее устройство отключает комбайн, выключает грузеный конвейер. Система находится в этом состоянии до тех пор, пока поломка магистрального конвейера не будет устранена.

4. Послеаварийный режим работы участка. Включение магистрального конвейера позволяет бункеру открыться на выдачу груза. Также одновременно включаются на пониженной скорости участковый ленточный конвейер и комбайн. Участок работает на этих скоростях до полного опорожнения бункера. Затем участковый конвейер и комбайн переводятся на номинальную скорость.

Для реализации представленного способа автоматического управления конвейерными линиями с промежуточными бункерами следует разработать упомянутое координирующее устройство. Для обоснования его параметров и алгоритма работы необходимо исследовать транспортную систему. В качестве инструмента исследования использована компьютерная модель, в основу которой положена математическая модель транспортной системы добычного участка.

Структурная схема исследуемой транспортной системы с учетом координирующего его работу устройства представлена на рисунке ниже (рис.2).

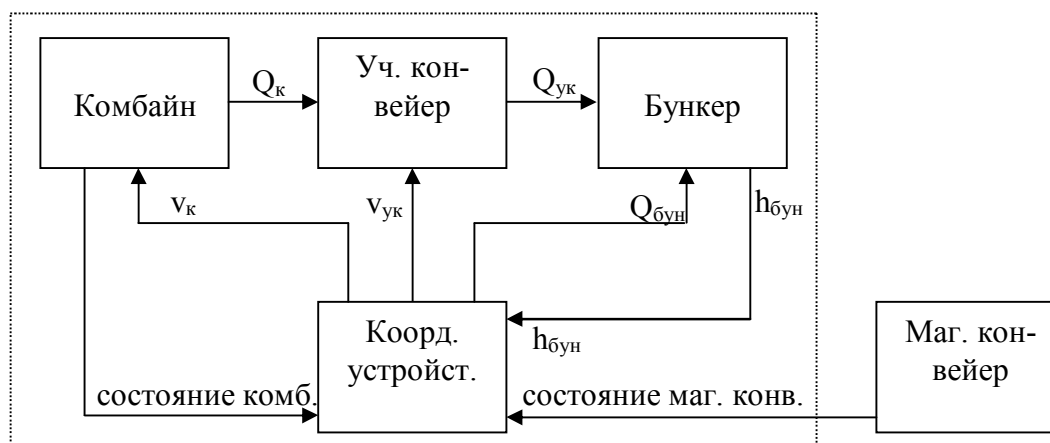


Рисунок 2 - Структурная схема участковой транспортной системы.

Анализ схемы позволяет сделать следующие выводы:

1. В состав транспортной системы входят три исполнительных компонента (добычного комбайна, участкового конвейера, бункера) и один управляющий (координирующее устройство).

2. Магистральный конвейер является внешним по отношению к рассматриваемой системе объектом, состояние которого определяет режим ее работы.

3. Координирующее устройство представляет собой элемент системы управления, контролирующий состояние магистрального конвейера и уровень горной массы в бункере.

4. Для каждого компонента исследуемой транспортной системы можно выделить определенную группу входных и выходных величин. Входные величины представляют собой внешние по отношению к данному компоненту факторы, изменяющие состояние компонента (например, для участкового конвейера таковыми являются грузопоток Q_k и скорость $v_{ук}$). Выходные величины характеризуют состояние компонента (например, для участкового конвейера - это выходной грузопоток $Q_{ук}$).

Таким образом, математическая модель исследуемой участковой транспортной системы должна представлять собой совокупность взаимосвязанных моделей отдельных ее компонентов.

При разработке математической модели исследуемой транспортной системы принимается во внимание ряд допущений. Их использование позволяет существенно упростить модель, сделать ее наглядной и удобной.

1. Мощность и крепость массива угольного пласта неизменна по всей длине лавы. Прослойки и твердые включения отсутствуют.

2. Скорость подачи добычного комбайна не зависит от направления перемещения, угла падения пласта, крепости угольного массива, не учитывается регулирование нагрузки привода резания. Скорость подачи может принимать одно из двух фиксированных значений: номинальная и аварийная – и задается внешними по отношению к комбайну факторами.

3. Не учитывается переменная транспортная задержка, обусловленная, во-первых, переменным положением комбайна в лаве, а, во-вторых, затратами времени на перемещение горной массы скребковым конвейером из забоя на конвейерный штрек. Предполагается, что горная масса, отбитая режущими органами комбайна, сразу же поступает на участковый ленточный конвейер, расположенный в конвейерном штреке.

4. Скорость участкового ленточного конвейера не зависит от количества горной массы, находящейся на ленте. Скорость конвейера может принимать одно из двух фиксированных значений: номинальная и аварийная – и задается внешними по отношению к конвейеру факторами.

5. Тяговый орган конвейера рассматривается как идеально жесткий элемент. Скорость

движения фрагментов ленты, а соответственно, и груза, находящегося на ней, одинакова по всей длине.

6. Предполагается, что бункер имеет форму прямоугольного параллелепипеда. Заполнение и опорожнение бункера происходят равномерно по всей площади сечения.

7. В транзитном режиме интенсивность грузопотока, выходящего из бункера, равняется интенсивности грузопотока, поступающего в бункер с участкового конвейера.

8. В послеаварийном режиме опорожнение бункера происходит равномерно с фиксированной интенсивностью.

Модель процесса функционирования комбайна

В соответствии со структурной схемой, представленной на рис.2, математическая модель очистного комбайна должна описывать взаимосвязь скорости подачи v_k с грузопотоком Q_k , формируемым очистным комбайном и поступающим на участковый конвейер штрека. При разработке модели должен быть учтен циклический характер движения комбайна в забое, а также наличие технологических пауз между рабочими циклами. Расчетная схема моделируемого процесса представлена на рис.3.

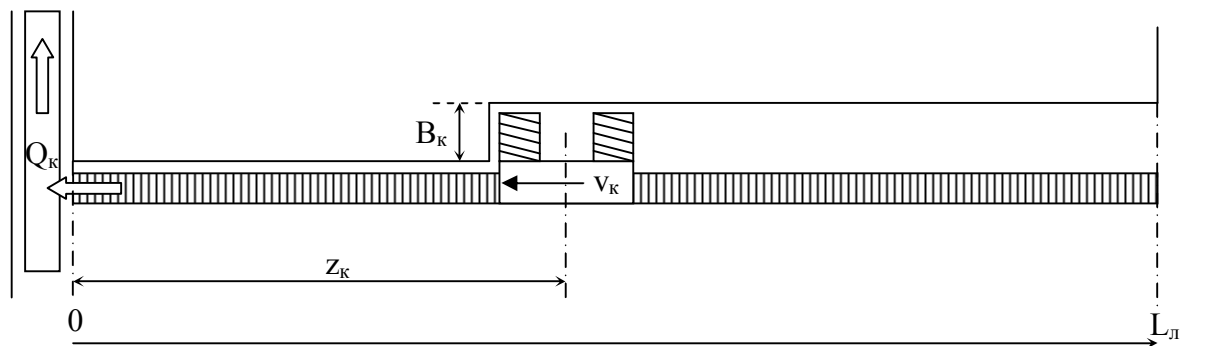


Рисунок 3 - К составлению математической модели процесса функционирования добычного комбайна

Скорость подачи комбайна может принимать одно из трех значений: 0, $v_{k.норм}$, $v_{k.авар}$. При этом также может изменяться направление движения. Факторами, от которых зависит величина скорости подачи комбайна и ее знак, являются:

- а) сигнал координирующего устройства (определяет скорость подачи в зависимости от состояния магистрального конвейера и уровня материала в бункере);
- б) наличие технологической паузы в работе комбайна (начало технологической паузы соответствует моменту достижения комбайном точки начала или конца забоя, конец паузы – окончанию фиксированного интервала T_n).

Из указанного следует, что необходимым условием для определения скорости перемещения очистного комбайна является наличие информации о положении комбайна в забое – его линейной координате z_k . С учетом того, что комбайн совершает поступательное движение по челночной схеме, связь между скоростью v_k и его положением z_k может быть описана соотношением:

$$\frac{dz_k}{dt} = v_k(t) \tag{1}$$

В свою очередь, условия а) и б), определяющие величину и знак скорости подачи комбайна могут быть выражены следующим логическим соотношением:

$$v_k(t) = f_{напр} \cdot \begin{cases} v_{k.норм}, & (R = 2) \wedge (f_{pause} = 0) \\ v_{k.авар}, & [(R = 1) \vee (R = 3)] \wedge (f_{pause} = 0) \\ 0, & (R = 0) \vee (f_{pause} = 1) \end{cases} \tag{2}$$

где R – номер режима, соответствующего состоянию транспортной системы (0 - авария магистрального конвейера, бункер заполнен, комбайн и участковый конвейер остановлены, 1 - авария магистрального конвейера, бункер в накопительном режиме, комбайн и участковый конвейер работают с ограниченной производительностью, 2 - магистральный конвейер работает, бункер в транзитном режиме, комбайн и участковый конвейер работают в номинальном режиме, 3 - магистральный конвейер работает, бункер выдает горную массу с фиксированной производительностью, комбайн и участковый конвейер работают с ограниченной производительностью); f_pause – признак наличия технологической паузы в работе очистного комбайна (0 – комбайн в работе, 1 – технологическая пауза); f_napr – признак направления движения очистного комбайна (1 – комбайн движется в прямом направлении - от конвейерного штрека к вентиляционному, -1 - обратное направление перемещения).

Номер режима устанавливается координирующим устройством на основании информации о состоянии магистрального конвейера и степени заполнения бункера.

Технологическая пауза представляет собой фиксированный промежуток времени, необходимый для осуществления вспомогательных операций в забое после завершения рабочего интервала очистного комбайна. Начало паузы соответствует моменту прибытия комбайна в начальную или конечную точки забоя. Вынужденный останов комбайна в промежуточных точках лавы (например, при переполнении накопительного бункера) не считается признаком начала технологической паузы. Конец паузы определяется ее фиксированной длительностью. Таким образом, текущее состояние признака технологической паузы f_pause зависит от следующих факторов:

- предыдущего значения этого же признака;
- текущего положения z_k очистного комбайна в забое (если комбайн не находится в одной из конечных точек лавы, паузы нет);
- текущей скорости перемещения v_k (если комбайн находится в одной из конечных точек лавы, при этом скорость имеет знак, соответствующий направлению движения к данной конечной точке, это сигнализирует о начале паузы);
- текущего времени нахождения комбайна в состоянии технологической паузы (если данное время t_n меньше, чем заданный интервал T_n , пауза продолжается).

Условие существования технологической паузы может быть описано следующим логическим соотношением:

$$f_{\text{pause}} = \begin{cases} 1, & \left[(f_{\text{pause}} = 1) \wedge (t_n < T_n) \right] \vee \left\{ (f_{\text{pause}} = 0) \wedge \left[(z_k = 0) \wedge (v_k < 0) \right] \vee \left[(z_k = L_n) \wedge (v_k > 0) \right] \right\} = 1 \\ 0, & \left[(f_{\text{pause}} = 1) \wedge (t_n < T_n) \right] \vee \left\{ (f_{\text{pause}} = 0) \wedge \left[(z_k = 0) \wedge (v_k < 0) \right] \vee \left[(z_k = L_n) \wedge (v_k > 0) \right] \right\} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Значение признака направления движения комбайна f_napr может быть установлено на основании следующих соображений:

- во-первых, комбайн работает по челночной схеме, поэтому значение признака противоположно предыдущему его значению (соответствующему предыдущему циклу работы);
- во-вторых, направление движения комбайна изменяется на противоположное сразу после окончания технологической паузы; следовательно, необходимо контролировать текущее и предыдущее состояния соответствующего признака f_pause;

Таким образом, направление движения комбайна (и, соответственно, значение признака f_napr) может быть определено на основании следующего логического соотношения:

$$f_{\text{napr}} = \begin{cases} -f_{\text{napr}}, & \left[(f_{\text{pause}_{i-1}} = 1) \wedge (f_{\text{pause}_i} = 0) \right] = 1 \\ f_{\text{napr}}, & \left[(f_{\text{pause}_{i-1}} = 1) \wedge (f_{\text{pause}_i} = 0) \right] = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Грузопоток на выходе из забоя связан со скоростью перемещения комбайна и характеристиками пласта следующим соотношением:

$$Q_k(t) = \gamma \cdot B_k \cdot m \cdot |v_k(t)| \quad (5)$$

где γ – плотность угольного массива; B_k – ширина захвата режущего органа очистного комбайна; m – мощность пласта.

Модель процесса транспортирования горной массы участковым конвейером

Математическая модель участкового ленточного конвейера должна быть представлена в виде соотношения, связывающего выходной грузопоток $Q_{ук}$, поступающий в бункер, с входным грузопотоком Q_k , формируемым очистным комбайном, и скоростью ленты $v_{ук}$ (рис.2). При разработке модели были использованы результаты исследований, представленные в работах [1, 2].

В частности, в работе [2] показано, что интенсивность грузопотока, сходящего с ленты участкового конвейера и поступающего в накопительный бункер (рис.4).

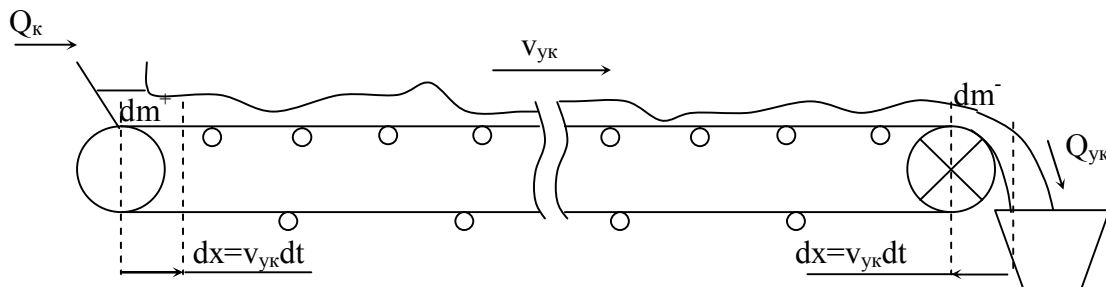


Рисунок 4 - К составлению математической модели процесса перемещения груза ленточным конвейером

$$Q_{ук}(t) = \frac{Q_k [t - T(t)]}{v_{ук} [t - T(t)]} \cdot v_{ук}(t) \tag{6}$$

Скорость участкового конвейера может принимать одно из трех значений: 0, $v_{ук.норм}$, $v_{ук.авар}$. Факторами, определяющие скорость $v_{ук}$ участкового конвейера:

- а) сигнал координирующего устройства (определяет скорость конвейера в зависимости от состояния магистрального конвейера и уровня материала в бункере);
- б) наличие технологической паузы в работе комбайна (см. п.4).

Условия а) и б), определяющие скорость конвейера, выражаются соотношением:

$$v_{ук}(t) = \begin{cases} v_{ук.норм}, & (R = 2) \wedge (f_{pause} = 0) \\ v_{ук.авар}, & [(R = 1) \vee (R = 3)] \wedge (f_{pause} = 0) \\ 0, & (R = 0) \vee (f_{pause} = 1) \end{cases} \tag{7}$$

Таким образом, скорость участкового конвейера определяется аналогично скорости перемещения комбайна v_k без учета направления движения (лента конвейера движется всегда в одном направлении). Т.е. скорости обоих объектов жестко связаны между собой.

Транспортная задержка T , является величиной переменной, зависящей от скорости $v_{ук}$. Знание данной величины необходимо для определения выходного грузопотока конвейера $Q_{ук}$. Методика определения данной величины для условий работы конвейера с переменной скоростью подробно изложена в работе [1] и заключается в численном интегрировании и контроле пути, проходимого транспортируемым грузом.

Блок-схема алгоритма, реализующего процедуру нахождения значения транспортной задержки T и значения скорости $v_{ук}(t-T)$ в соответствии с методикой, изложенной в работе [1], представлена на рис.5.

В блоке 2 производится ввод текущего значения скорости конвейера V_n . Полученное значение скорости используется для наращивания текущего значения пути, пройденного фрагментом груза (блок 3). Помимо этого увеличивается на величину шага интегрирования текущее значение транспортной задержки (блок 4). Путь, пройденный каждым из фрагментов груза на ленте, не может превышать длину конвейера. Данное условие контролируется в блоке 5. Пока условие не выполняется, производятся циклические вычисления, включающие в себя уменьшение пройденного пути за счет вычитания из него интервалов, соответствующих

щих моменту поступления сошедшего фрагмента груза на ленту (блок 6). Синхронно на соответствующее количество шагов интегрирования уменьшается транспортная задержка (блок 7) и наращивается значение указателя, соответствующего моменту поступления фрагмента груза на ленту (блок 8).

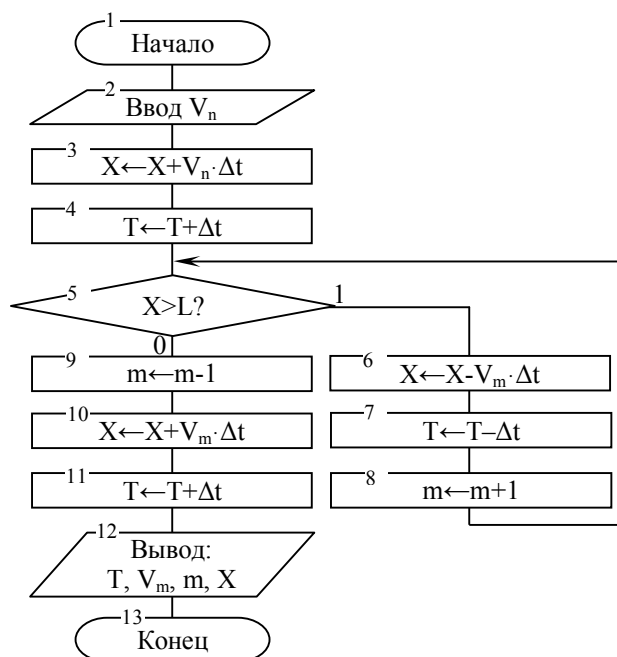


Рисунок 5 – Алгоритм определения транспортной задержки конвейера на одном шаге интегрирования

После выхода из цикла, обусловленного условием, проверяемым в блоке 5, производится «откат» на один шаг вычисленных значений указателя (блок 9), пройденного пути (блок 10), транспортной задержки (блок 11). Процедура завершается выводом вычисленных значений (блок 12).

Модель процесса функционирования аккумулирующего бункера

Модель накопительного бункера представляет собой соотношение, связывающее уровень горной массы $h_{бун}$ с интенсивностью поступающего грузопотока $Q_{ук}$ и интенсивностью подачи полезного ископаемого из бункера на магистральный конвейер $Q_{бун}$ (рис.2).

Таким образом, уровень груза в бункере определяется входящим и выходящим грузопотоком (рис.6). Поступление груза с интенсивностью $Q_{ук}$ на протяжении некоторого интервала времени увеличивает уровень на $\Delta h_{бун}^+$. В течение этого же интервала времени горная масса высыпается из бункера с интенсивностью $Q_{бун}$. Это способствует уменьшению уровня на $\Delta h_{бун}^-$. Фактическое изменение уровня горной массы в бункере определяется, как сумма $\Delta h_{бун}^+$ и $\Delta h_{бун}^-$. Суммарный уровень материала в бункере определяется в результате интегрирования данной суммы в течение заданного интервала времени от t_n до t_k с учетом начальных условий $h_{бун}(0)$:

$$h_{бун}(t) = h_{бун}(0) + \frac{1}{\gamma \cdot S_{бун}} \cdot \int_{t_n}^{t_k} (Q_{ук}(t) - Q_{бун}(t)) \cdot dt, \tag{8}$$

Или

$$\frac{dh_{бун}}{dt} = \frac{1}{\gamma \cdot S_{бун}} \cdot (Q_{ук}(t) - Q_{бун}(t)). \tag{9}$$

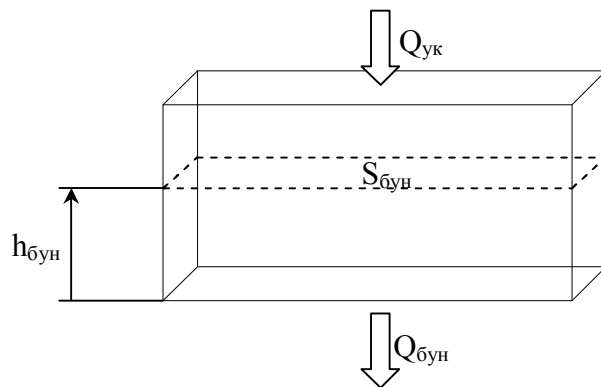


Рисунок 6 - К составлению математической модели процесса функционирования аккумуляторизирующего бункера

Интенсивность подачи материала из бункера может принимать одно из трех значений: 0, $Q_{ук}$, $Q_{бун.фикс.}$. Фактором, от которого зависит величина подачи $Q_{бун}$ горной массы, является сигнал координирующего устройства (определяет интенсивность выдачи полезного ископаемого из бункера в зависимости от состояния магистрального конвейера и уровня материала в бункере):

$$Q_{бун}(t) = \begin{cases} Q_{бун.фикс.}, & R = 3 \\ Q_{ук}, & R = 2 \\ 0, & (R = 0) \vee (R = 1) \end{cases} \quad (10)$$

Т.е. в режиме 2 (магистральный конвейер в норме, бункер пуст) выход материала определяется интенсивностью его подачи в бункер $Q_{ук}$ от участкового конвейера – бункер в транзитном режиме. В режиме 0 или 1 (магистральный конвейер остановлен) бункер накапливает (режим 1) или фиксирует накопленный материал (режим 0) – подача из него нулевая. Режим 3, соответствующий работе системы в режиме разгрузки бункера на магистральный конвейер, предполагает фиксированную интенсивность подачи горной массы $Q_{бун.фикс.}$.

Модель координирующего устройства

Координирующее устройство осуществляет управление элементами транспортной системы в соответствии с описанным выше способом. Внешними сигналами для данного устройства являются (рис.2):

- сигнал состояния магистрального конвейера;
- сигнал состояния комбайна (наличие-отсутствие технологической паузы)
- уровень полезного ископаемого в накопительном бункере;
- сигнал, определяющий скорость подачи очистного комбайна;
- сигнал, определяющий скорость участкового ленточного конвейера;
- сигнал, определяющий интенсивность выдачи сыпучего материала из бункера.

Три первых сигнала являются входными, определяющими текущий режим транспортной системы. При определении режима работы системы играют роль четыре комбинации первого и третьего сигналов, которые положены в основу соответствующего логического соотношения (11):

$$R = \begin{cases} 0, & (s_mk = avar) \wedge (h_{бун} = H_{макс}) \\ 1, & (s_mk = avar) \wedge (h_{бун} < H_{макс}) \\ 2, & (s_mk = norm) \wedge (h_{бун} = 0) \\ 3, & (s_mk = norm) \wedge (h_{бун} > 0) \end{cases} \quad (11)$$

Скорости комбайна и участкового конвейера, а также интенсивность подачи горной

массы из бункера на магистральный конвейер определяются координирующим устройством в соответствии с соотношениями (2) – (4), (7), (10).

Приведенные соотношения лежат в основе модели координирующего устройства.

Разработанная модель УТС реализована программно-вычислительными средствами пакета MathCAD. На рис.7 представлены результаты моделирования состояния УТС со следующими параметрами: длина забоя – 200м, мощность пласта – 1.5м, ширина захвата комбайна – 0.63м, максимальная скорость подачи комбайна – 5м/мин, продолжительность технологической паузы в работе комбайна – 50мин, длина участкового ленточного конвейера – 400м, максимальная скорость участкового ленточного конвейера – 1м/с, емкость накопительного бункера – 40м³,

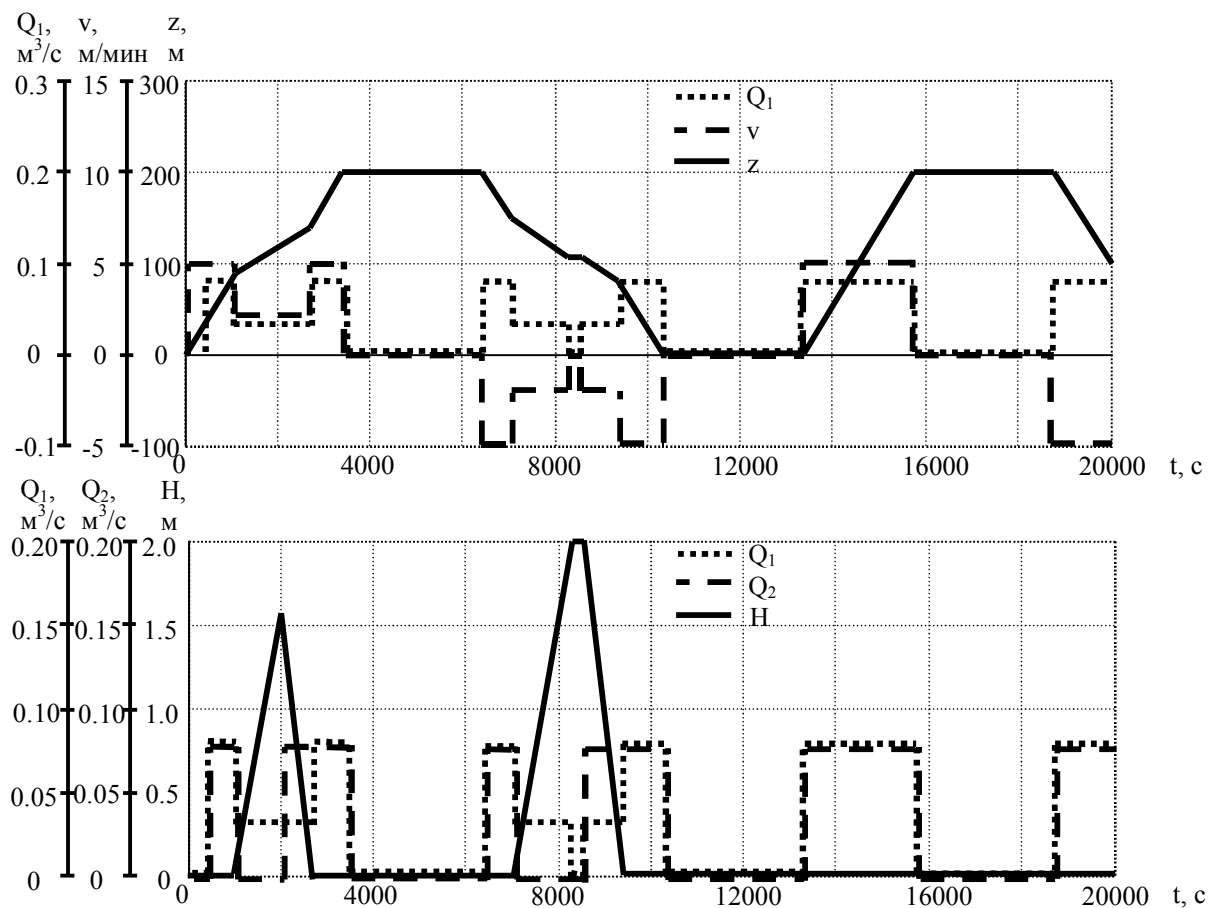


Рисунок 7 – Результаты моделирования состояния участковой транспортной системы (v – скорость подачи комбайна, z – положение комбайна относительно начала забоя, Q_1 – производительность комбайна, Q_2 – производительность участкового ленточного конвейера, H – уровень материала в бункере)

Выводы и направления дальнейших исследований

1. Разработана математическая модель, учитывающая взаимодействие основных механизмов добычного участка шахты и позволяющая оценить эффективность его работы.
2. Представленная математическая модель позволяет оптимизировать работу добычного участка за счет выявления и устранения «узких мест» системы, обоснования параметров применяемого оборудования, а также совершенствования алгоритма управления УТС.
3. Модель может быть использована при обосновании и разработке координирующего устройства, которое осуществляет управление элементами УТС, что и является основным направлением дальнейших исследований.

Список использованной литературы

1. Ставицкий В.Н. Алгоритм идентификации транспортной задержки конвейера / В.Н. Ставицкий // Сборник научных трудов ДонНТУ. Серия: Вычислительная техника и автоматизация. – Донецк: ДонНТУ. - 2011. – Выпуск 37. - С. 59-66.
2. Ставицкий В.Н. Динамика нагрузки регулируемого привода ленточного конвейера / В.Н. Ставицкий // Сборник научных трудов ДонНТУ. Серия: Вычислительная техника и автоматизация. – Донецк: ДонНТУ. - 2012. – Выпуск 23. - С.49 - 53.
3. Гливанский А.А. Методы управления шахтным подземным конвейерным транспортом. Средства и аппаратура горной автоматики для угольных предприятий. Труды института № 29 / А.А. Гливанский, И.П. Коновалова, В.М. Ротенберг, Е.К. Травкин – Москва, 1978.
4. Шахмейстер Л.Г. Динамика грузопотоков и регулирование скорости ленточных конвейеров / Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г., Лобочева А.К. – М.: Машиностроение, 1972.–160 с.
5. Кариман С.А. Моделирование и оптимизация производственных процессов при добыче угля / С.А. Кариман, А.В. Брайцев, В.М. Шрамко. – М.: Наука, 1975. – 135 с.

Надійшла до редакції:
20.04.2013р.

Рецензент:
д-р техн. наук, проф. Ковальов Є.Б.

В.М. Ставицький, О.С. Оголобченко

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Математичне моделювання транспортної системи видобувної ділянки. Подана математична модель транспортної системи видобувної ділянки, що містить в собі видобувний комбайн, діляничий конвеєр та накопичувальний бункер. Здійснений аналіз результатів моделювання.

Ключові слова: конвеєр, комбайн, бункер, транспортна затримка, автоматизація, математична модель

V.N. Stavitskiy, A.S OgoLOBchenko

Donetsk National Technical University

Mathematical Modeling of a Mining Area's Transport System. Increase of coal production leads to high requirements for all production processes of the mine. The high efficiency of a mining enterprise can be provided only with the coordinated work of all technological links: mining equipment, district belt conveyors, accumulating hopper, magistral conveyors. This goal can be achieved through the introduction of automatic device that provides integrated intelligent control processes of coal mining and transportation. This requires a study of the conditions and modes of operation of mining area's transport system. This article solves the problem of developing a mathematical model of mining area's transport system. The simulated object is represented as a system of related components, which includes mining combine, district conveyor, accumulating hopper. Condition and operation of the object is determined by a complex of internal and external factors. The main ones are the state of magistral conveyor, the hopper fill level, the presence of a waiting time of equipment. Coordinating unit automatically controls these factors and components of mining area's transport system. The mathematical model accounts the interaction of the basic mechanisms of mining area and allows evaluating its efficiency. Presented mathematical model allows optimizing the mine area by identifying and eliminating "bottlenecks" of the system, substantiation of the parameters of the equipment, improvement of the control algorithm of the mining area's transport system. The model can be used for making and development of a coordinating device that controls the elements of the mining area's transport system.

Keywords: conveyor, combine, transport delay, automation, mathematical model.