

- задач термоупругости слоистых композитов // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. – Днепропетровск. – 2006. – Вып. 63. – С. 172-177.
13. Киричевский В.В., Сахаров А.С. Нелинейные задачи термомеханики конструкций из слабо-сжимаемых эластомеров. – К.: Будівельник, 1992. – 216 с.
14. Киричевский В.В., Толок В.А. Метод конечных элементов и суперэлементов в приложении к трехмерным задачам механики. – К.: Наук. думка, 2001. – 364 с.

УДК 622.647.2:681.5

Жигула Т.И., Ладутина Л.П., Максютенко В.Ю.

АЛГОРИТМ КОМПЬЮТЕРНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ОПТИМАЛЬНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

На основі узагальненої математичної моделі оптимального управління режимами роботи стрічкового конвеєра розроблено алгоритм управління конвеєром під час пуску, сталого режиму та гальмування.

COMPUTER ALGORITHM OF OPTIMAL AUTOMATIC OPERATION BY BELT CONVEYOR'S WORKING REGIMES

On the base of the generic mathematical model of optimal operation by belt conveyor's working regimes computer algorithm of operation by conveyor start, movement and stoppage is developed.

В настоящее время наиболее распространенным видом транспорта на выемочных участках шахт является конвейерный транспорт. Ограничивающее влияние работы конвейера на производительность добычного участка проявляется в виде его простоев по причине отказа какого-либо элемента. Высокая производительность и эффективность работы добычного участка может быть обеспечена применением современных методов управления шахтным подземным транспортом: автоматизированным управлением и оптимальным автоматическим управлением.

Основными задачами автоматизированного управления являются: повышение надежности конвейеров при помощи средств диагностики и контроля, снижение трудоемкости обслуживания конвейеров и повышение безопасности эксплуатации.

Оптимальное автоматическое управление – более высокая ступень управления. Его задачей является автоматизированный поиск и реализация такого варианта реакции системы на возмущение, при котором достигается наиболее выгодный по выбранному критерию режим работы объекта.

Главные задачи системы оптимального автоматического управления конвейером вытекают из вспомогательной роли конвейера по отношению к лаве и состоят в предельном снижении ограничивающего

влияния режимов работы конвейера на производительность очистного забоя и сглаживании неравномерности грузопотока, принимаемого транспортными средствами.

На решение этих задач направлены исследования, которые ведутся в течение последних лет в отделе физико-механических основ горного транспорта ИГТМ НАНУ. В рамках этих исследований были рассмотрены задачи оптимального управления переходными режимами (пуск, торможение) и технологической скоростью ленточного конвейера с частотно-регулируемым электроприводом, разработана обобщенная математическая модель оптимального управления его движением [1].

Оптимальное управление переходными режимами привода конвейера состоит в том, чтобы достичь заданной скорости конвейерной ленты за минимальный отрезок времени с минимальным коэффициентом динамичности и минимальными потерями электроэнергии, при этом должен выполняться ряд ограничений: по ускорению ленты, по прочности ленты, по сцеплению ленты с приводным барабаном, по непровисанию ленты.

При стационарном режиме оптимальное управление сводится к регулированию скорости ленты с целью сглаживания неравномерности поступающего грузопотока.

Цель настоящей работы – на основании обобщенной математической модели оптимального управления режимами работы ленточного конвейера разработать алгоритм, включающий управление конвейером во время пуска, стационарного режима и торможения, т.е. охватывающий полный период работы конвейера – от пуска до останова.

В работе [2] приведен алгоритм вычисления оптимальной пусковой характеристики ленточного конвейера. Исходными данными для его реализации являются электромеханические параметры конвейера с электроприводом и текущее значение погонной нагрузки на ленту. Все основные электромеханические параметры определяются на стадии проектирования и остаются постоянными в процессе эксплуатации.

Переменными параметрами являются погонная нагрузка на ленту q и скорость ленты V , которые могут принимать значение от нулевых до максимально допустимых:

$$\begin{aligned} 0 \leq q \leq q_{\max}; \\ 0 \leq V \leq V_{\max}. \end{aligned}$$

Поэтому целесообразно для конкретного конвейера рассчитать оптимальные пусковые и тормозные характеристики, соответствующие

различным значениям погонной нагрузки и скорости ленты, а затем ввести рассчитанные варианты в память управляющего компьютера.

Была составлена Фортран-программа «Пуск» для определения оптимальных пусковых характеристик одноприводного ленточного конвейера для различных значений загрузки ленты, т.е. был задан шаг по нагрузке h_q и определены пусковые характеристики для $n+1$ значений $q_i = h_q(i-1)$, ($i = 1, \dots, n+1$), причем $q_{n+1} = q_{\max}$.

На рис. 1 приведена блок-схема этой программы.

Оптимальные зависимости изменения скорости и момента привода во времени при торможении рассчитываются Фортран-программой «Торможение», которая аналогична программе «Пуск». Отличие состоит в том, что в качестве начального значения скорости принимается ее текущее значение V_T , а в качестве конечного – нулевое. В качестве переменного параметра здесь выступает V_T , а нагрузка на ленту принимается равной расчетной, $q = q_p$, т.к. регулирование скорости ленты в процессе транспортирования дает возможность сохранять нагрузку практически постоянной. Программа рассчитывает оптимальные характеристики динамического торможения для n значений текущей скорости

$$V_{Ti} = h_V \cdot i, \quad (i = 1, \dots, n),$$

где h_V – шаг по скорости, которые также заносятся в память управляющего компьютера.

На рис. 2 приведена блок-схема программы «Торможение».

Для осуществления оптимального автоматического управления полным периодом работы – от пуска до останова ленточного конвейера составлена Фортран-программа «Управление».

Информационное обеспечение этой программы включает в себя пусковые и тормозные характеристики, рассчитанные для данного конвейера, а также текущие значения погонной нагрузки на ленту, которые замеряются специальным датчиком и вводятся в компьютер через заданные интервалы времени Δt . Выходным параметром программы является текущее значение скорости ленты V_T , которое рассчитывается с шагом Δt и передается на преобразователь частоты (ПЧ).

Работа программы начинается после того, как в компьютер поступает начальное значение погонной нагрузки q_T . По этому значению выбирается пусковая характеристика, соответствующая такому q_T , чтобы

$$|q_T - q| \leq \frac{1}{2} h_q.$$

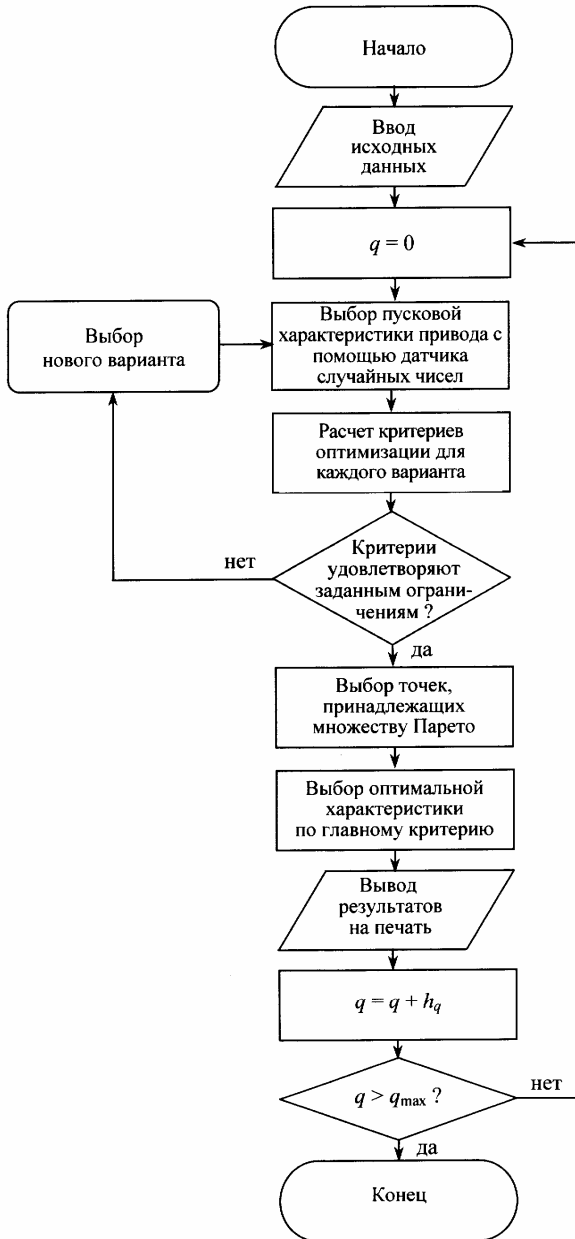


Рис.1 – Блок-схема программы «Пуск»

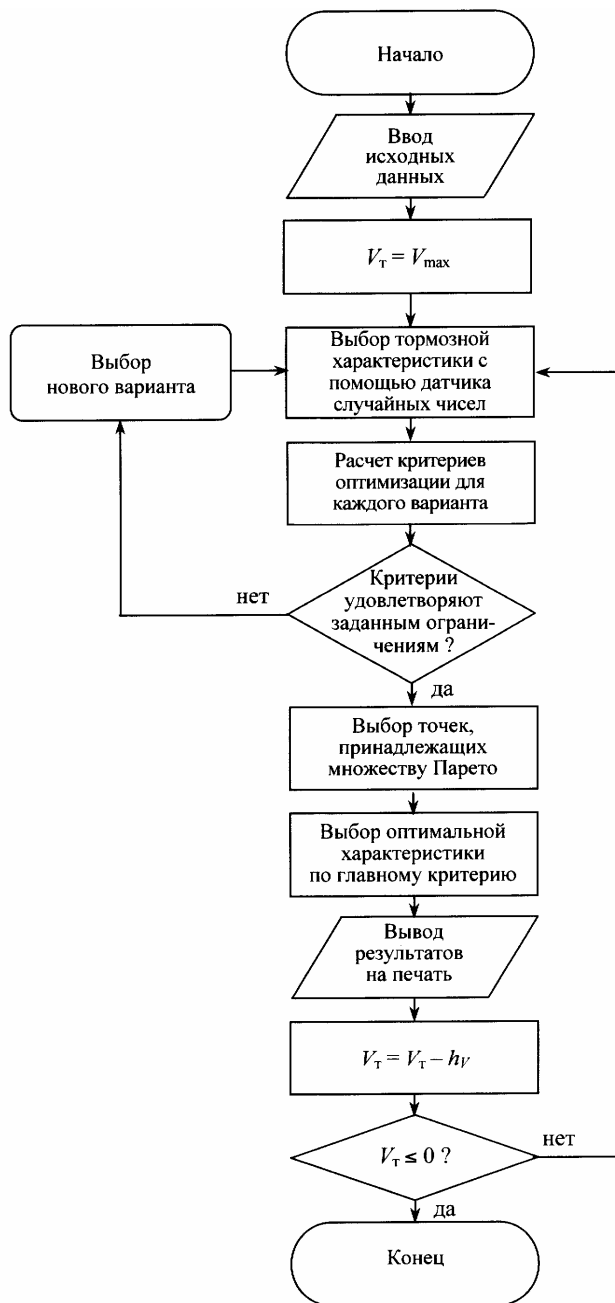


Рис. 2 – Блок-схема программы «Торможение»

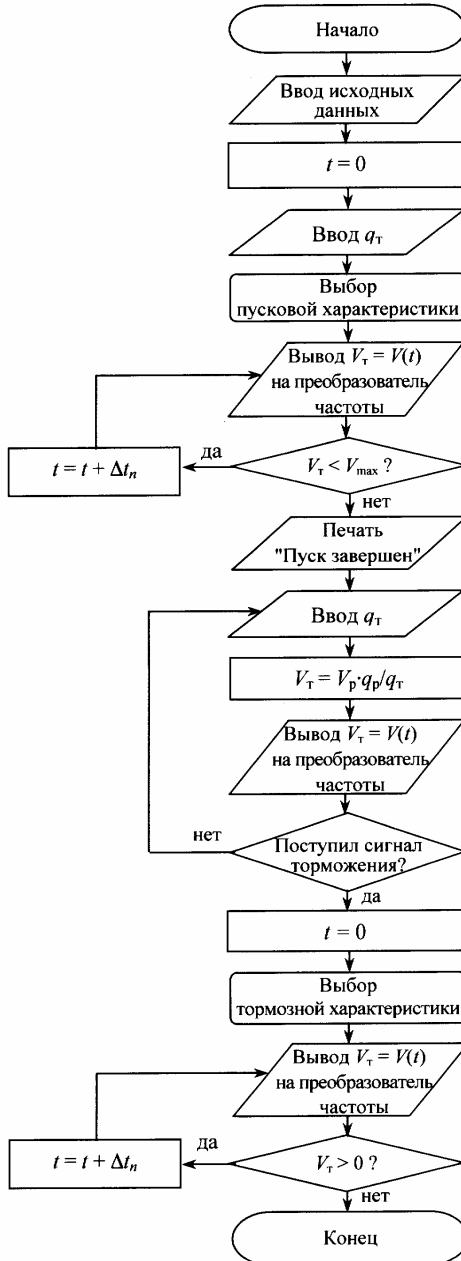


Рис. 3 – Блок-схема программы «Управление»

Функция изменения скорости от времени, соответствующая выбранной пусковой характеристике, передается на частотный преобразователь, с помощью которого и осуществляется управление скоростью привода. После того, как пуск завершен (скорость ленты достигла максимальной), осуществляется регулирование скорости с целью поддержания текущей погонной нагрузки q_T на уровне, близком к расчетному q_p [1]. Для этого измеренные через заданный интервал времени Δt значения нагрузки q_T сравниваются с расчетными q_p , если $q_T > q_p$, то скорость ленты уменьшается, если $q_T < q_p$ – увеличивается до тех пор, пока не выполнится равенство

$$q_T = q_p.$$

Если конвейер необходимо остановить, программа выбирает из ранее рассчитанных тормозную характеристику, соответствующую текущему значению скорости

$$|V_T - V| \leq \frac{1}{2} h_v,$$

и передает ее на преобразователь частоты. Управление торможением осуществляется согласно выбранной характеристике.

Блок-схема программы «Управление» представлена на рис. 3.

Обобщенная математическая модель оптимального автоматического управления ленточным конвейером [1] и приведенный выше алгоритм ее компьютерной реализации могут служить основой для дальнейших исследований по разработке систем оптимального автоматического управления конвейерными линиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимальное управление приводом ленточного конвейера при различных режимах его работы / Жигула Т.И., Ладутина Л.П., Максютенко В.Ю. // Геотехническая механика: Сб. науч. тр. ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск. – 2005. – №56. – С. 212-218.
2. Выполнить научное обоснование методов управления средствами непрерывного транспорта для ресурсосберегающих технологий: Отчет о НИР (заключительный) / ИГТМ НАН Украины. Рук. В.Ю. Максютенко. – № ГР 0100U001479. – Днепропетровск, 2002. – 116 с.