

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ПОГРУЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА ПОВЕРХНОСТИ ШАХТЫ

¹Пугач Н.А. студ.; ¹Неежмаков С.В., доц., к.т.н., доц., ²Дубинин С.В., доц., к.т.н., доц.

¹(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

²(Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь)

Отгрузка угля в технологическом комплексе поверхности шахты – завершающий этап в процессе добычи полезного ископаемого. Комплекс представляет собой совокупность горно-технических сооружений и зданий на поверхности шахты, обеспечивающих работу её подземного хозяйства, а также складирование, переработку (при наличии соответствующих компонентов) и отправку потребителям добытого сырья.

Основные требования к погрузочному комплексу поверхности шахты являются: оптимальная загрузка вагонов (отсутствие недогрузов и перегрузов), минимальное время загрузки без простоя вагонов, автоматическое распознавание номеров вагонов, загрузка каждого вагона согласно его полной грузоподъемности, автоматизация документооборота и быстрое оформление отгрузочных документов, передача данных о погрузке в режиме реального времени в информационную систему предприятия, формирование «шапки» угля для предотвращения выдуваний при транспортировке, исключение влияния человеческого фактора на погрузочные работы. Исходя из этого, особое значение приобретают вопросы надежной и безопасной погрузки угля в вагоны для дальнейшей его транспортировки. Контроль технологических параметров погрузки угля необходимо осуществлять для обеспечения непрерывной и безаварийной работы погрузочного комплекса.

Так как отсутствует возможность проводить натурные эксперименты, связанные с погрузкой угля в условиях реальной эксплуатации погрузочного комплекса, то актуальным является математическое моделирование работы погрузочного комплекса поверхности шахты для дальнейшего синтеза системы автоматического управления данным технологическим процессом.

Используем классический подход к разработке математической модели – получение уравнений на основе физических законов, описывающих характеристики погрузочного комплекса в зависимости от изменения тех или иных параметров (производительности питателей, свободного объема бункера и т.д.).

Технологическая схема погрузочного комплекса поверхности шахты приведена на рисунке 1. Для оптимизации процесса погрузки проводится два расчета: для рабочего верхнего уровня и для рабочего среднего уровня заполнения бункера.

Технологические параметры работы погрузочного комплекса:

H_v – Верхний уровень заполнения бункера (5 т);

H_{sr} – Средний уровень заполнения бункера (2.5 т);

H_n – Нижний уровень заполнения бункера (1.2 т);

t_k – Время моделирования (может варьироваться);

t_1 - t_5 – Временные циклы (1.8, 2, 3.8, 4, 5.9, мин);

Q_{vh} – Добыча материала (40 т/мин);

Q_{vih} – Мах отдача бункера (50 т/мин);

F – Объем бункера (10, Т).

Математические выражения приводятся в терминах приложения Mathcad.

Для рабочего верхнего уровня:

$$Q_{post}(t) := \begin{cases} Q_{vh} & \text{if } (0 \leq t < t_{11} \vee t_{22} \leq t < t_{33} \vee t_4 \leq t \leq t_5) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

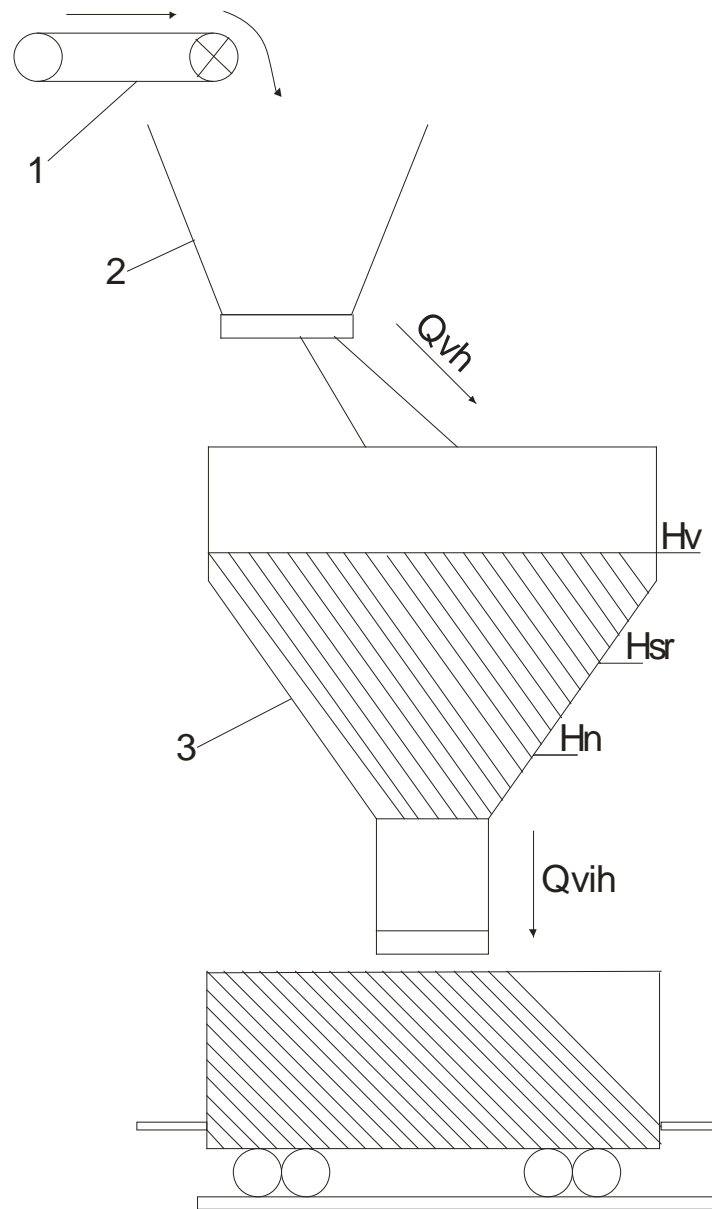


Рисунок 1 – Технологическая схема участка погрузочного комплекса поверхности шахты
 1 - ленточный конвейер, 2 - промежуточный бункер, 3 - основной бункер.

Q_{post} – присвоение значения в 1 момент времени (поступающий грузопоток);

$$Q_{vih}(x, \varphi) := \begin{cases} Q_{vih} & \text{if } \text{or}[(x \geq H_v), (x > H_n)] \cdot (\varphi < 0) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

Q_{vih} – исходящий грузопоток, зависит от положения задвижки $\varphi=0$ – задвижка закрыта, $\varphi=1$ – задвижка открыта, и уровня.

Следующим этапом является составление дифференциального уравнения:

$$D(t, x, Q) := \frac{Q_{post}(t) - Q}{F} \quad (3)$$

Начальные значения для уравнения:
 $\varphi=0$, $h_n=0$, $N=300$, $t_n=0$;

N - Количество шагов моделирования;

t_n - Начальное время.

Для решения полученного дифференциального уравнения используется метод Рунге-Кутты:

$$\text{Rk}(t,x,\varphi,ht) := \left\{ \begin{array}{l} Q \leftarrow Q_{vih}(x,\varphi) \\ k1 \leftarrow D(t,x,Q) \\ k2 \leftarrow D\left[\left(t + \frac{ht}{2}\right), x + \frac{ht}{2} \cdot k1, Q\right] \\ k3 \leftarrow D\left[\left(t + \frac{ht}{2}\right), x + \frac{ht}{2} \cdot k2, Q\right] \\ k4 \leftarrow D[(t + ht), x + ht \cdot k3, Q] \\ rk \leftarrow \left(\frac{1}{6}\right) \cdot (k1 + 2 \cdot k2 + 2 \cdot k3 + k4) \\ x \leftarrow x + ht \cdot rk \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\underline{S} := \left\{ \begin{array}{l} ht \leftarrow \frac{tk - tn}{N} \\ t1 \leftarrow tn \\ \varphi1 \leftarrow \varphi \\ h1 \leftarrow hn \\ Q1 \leftarrow Q_{vih}(h1, \varphi1) \\ S1 \leftarrow (t1 \ h1 \ Q1) \\ \text{for } i \in 0..N - 1 \\ \quad \left\{ \begin{array}{l} t1 \leftarrow t1 + ht \\ \dots \\ Q1 \leftarrow Q_{vih}(h1, \varphi1) \\ H1 \leftarrow \text{Rk}(t1, h1, \varphi1, ht) \\ \varphi1 \leftarrow \frac{H1 - h1}{ht} \\ h1 \leftarrow H1 \\ S2 \leftarrow (t1 \ H1 \ Q1) \\ S1 \leftarrow \text{stack}(S1, S2) \end{array} \right. \\ S1 \end{array} \right. \quad (5)$$

Аналогично производятся вычисления для рабочего среднего уровня, при этом принимаем максимальную отдачу бункера и добычу материала равной $Q_v=50$:

$$Q_{post2}(t_1) := \left\{ \begin{array}{l} Q_{vh} \text{ if } (0 \leq t_1 < t_{11} \vee t_{22} \leq t_1 < t_{33} \vee t_4 \leq t_1 \leq t_5) \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \quad (6)$$

$$Q_2(x1, m) := \left\{ \begin{array}{l} Q_v \text{ if } \text{or}[(x1 \geq H_{st}), (x1 > H_n)] \cdot (m < 0) \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \quad (7)$$

$$D2(t_1, x, Q11) := \frac{Q_{post2}(t_1) - Q11}{F} \quad (8)$$

Начальные значения для уравнения:

$m=0, h_{n1}=0, N1=300, t_{n1}=0.$

$$Rk2(t_1, x1, m, ht1) := \begin{cases} Q11 \leftarrow Q2(x1, m) \\ k1 \leftarrow D2(t_1, x1, Q11) \\ k2 \leftarrow D2\left[\left(t_1 + \frac{ht1}{2}\right), x1 + \frac{ht1}{2} \cdot k1, Q11\right] \\ k3 \leftarrow D2\left[\left(t_1 + \frac{ht1}{2}\right), x1 + \frac{ht1}{2} \cdot k2, Q11\right] \\ k4 \leftarrow D2[(t_1 + ht1), x1 + ht1 \cdot k3, Q11] \\ rk1 \leftarrow \left(\frac{1}{6}\right) \cdot (k1 + 2 \cdot k2 + 2 \cdot k3 + k4) \\ x1 \leftarrow x1 + ht1 \cdot rk1 \end{cases} \quad (9)$$

$$W := \begin{cases} ht1 \leftarrow \frac{tk - t_{n1}}{N1} \\ t_{11} \leftarrow t_{n1} \\ m1 \leftarrow m \\ h11 \leftarrow h_{n1} \\ Q111 \leftarrow Q2(h11, m1) \\ W1 \leftarrow (t_{11} \ h11 \ Q111) \\ \text{-----} \\ \text{for } i \in 0..N1-1 \\ \quad \begin{cases} t_{11} \leftarrow t_{11} + ht1 \\ Q111 \leftarrow Q2(h11, m1) \\ H11 \leftarrow Rk2(t_{11}, h11, m1, ht1) \\ m1 \leftarrow \frac{H11 - h11}{ht1} \\ h11 \leftarrow H11 \\ W2 \leftarrow (t_{11} \ H11 \ Q111) \\ W1 \leftarrow \text{stack}(W1, W2) \end{cases} \\ W1 \end{cases} \quad (10)$$

С помощью разработанной модели получены графики изменения грузопотоков и уровня материала в бункере исследуемого погрузочного комплекса (рис. 2, 3). Произведенные вычисления позволили определить зависимости основных технологических параметров погрузочного комплекса поверхности шахты, таких как уровень заполнения бункеров, от работы шиберов и производительности промежуточных элементов. Графики показали, что колебания уровня заполнения бункера до различных величин приводит к изменению характеристик работы погрузочного комплекса.

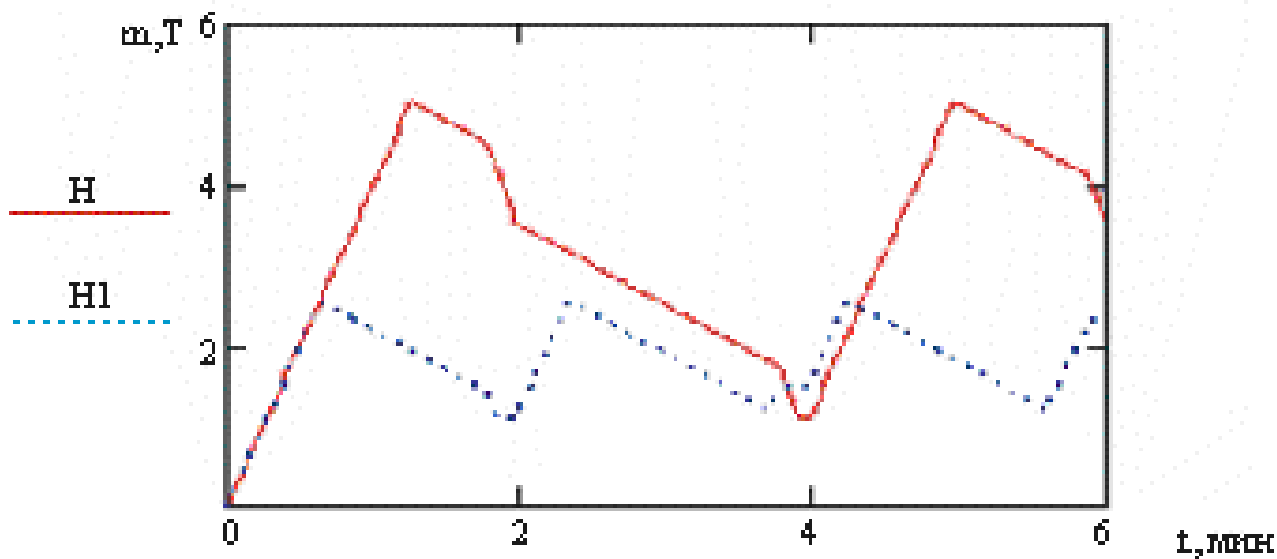


Рисунок 2 – Графики зависимости фактического уровня от времени

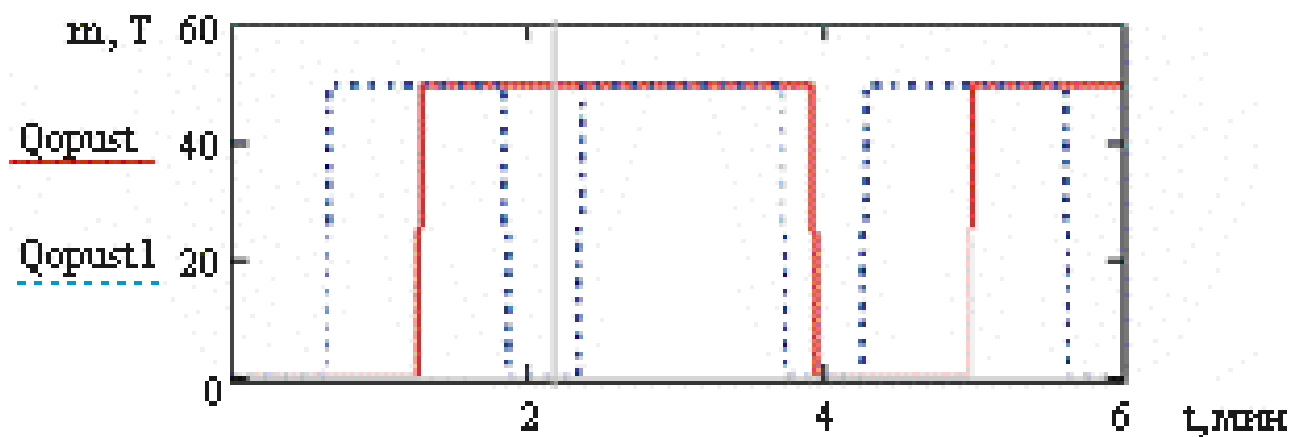


Рисунок 3 – График зависимости поступающего грузопотока от времени

Разработанная математическая модель позволяет исследовать зависимости основных технологических параметров погрузочного комплекса от изменяющегося во времени грузопотока, используя данные параметрической идентификации объекта.

Полученные зависимости дают возможность перейти к разработке системы автоматизации управления погрузочным комплексом шахты, которая будет обеспечивать удержание в заданных пределах уровень сыпучих в бункерах и ритмичность загрузки вагонов.