

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЗАГРУЗКЕ ДУГОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

**Яковлева Н.С., студент; Червинская Н.В., доц., к.т.н.**

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

В настоящий период электродуговые печи являются самыми перспективными и экологически чистыми сталеплавильными агрегатами, используемыми для получения высококачественной стали или прецизионных сплавов заданного химического состава.

В современных условиях дуговые сталеплавильные печи (ДСП) все больше начинают использоваться как высокоэффективные технологические агрегаты для расплавления шихтовых материалов.

Для электросталеплавильных цехов характерна организация выплавки и разливки стали в одном здании – главном здании цеха [1]. В нем же часто организовано хранение запаса лома и его загрузка в корзины, хранение оперативного запаса сыпучих материалов и металлизированных окатышей, внепечная обработка стали, подготовка ковшей, а в ряде цехов с разливкой стали в изложницы предусмотрены участки обдирки и термообработки слитков. Основными линиями грузопотоков электросталеплавильного цеха являются: доставка и загрузка стального лома, а в некоторых цехах также металлизированных окатышей; доставка и загрузка в печь шлакообразующих материалов; доставка и загрузка в печь ферросплавов; транспортирование ковшей с жидкой сталью к месту разливки и установкам внепечной обработки; разливка и уборка слитков или литых заготовок и т.д.

В течение длительного времени устройство электросталеплавильных цехов и организация в них грузопотоков, особенно на отечественных заводах, были относительно стабильными и характеризовались наличием в главном здании шихтового, печного и разливочного пролетов. Последние годы характеризуются поисками и разработкой большого числа новых проектных решений по электросталеплавильным цехам, что объясняется многими факторами: ростом объема грузопотоков, вынесением части технологических операций из печи в ковш и переходом на непрерывную разливку стали, необходимостью повышения уровня механизации и улучшения условий труда, возросшими требованиями по охране окружающей среды [2].

В настоящее время поставлено множество задач, связанных с увеличением производительности выплавки стали и ее качества, среди них одними из наиболее проблемных являются задачи автоматизации процессов доставки, дозирования и загрузки сыпучих материалов, а также отдачи материалов в печь.

В ДСП шлакообразующие и углеродистые материалы в бадью и печь поступают с помощью системы непрерывной загрузки (тракт сыпучих), включающий узел приема и распределения материалов, доставленных от поставщиков (автотранспортом), расходные бункера, транспортеры и весодозирующие устройства [3]. В печь эти материалы попадают через специальное отверстие в своде.

Существующая система автоматизации тракта сыпучих материалов осуществляется полностью в ручном и полуавтоматическом режиме. Эти режимы обладают следующими главными недостатками:

- ручное отслеживание оператором положения конвейера;
- ручное отслеживание оператором включение/выключение заслонок бункеров;
- весомая погрешность, т.к система не автоматизирована и рассчитана на точность и внимательность оператора.

Задача заключается в том, чтобы реализовать автоматический режим управления трактом во взаимодействии с системами автоматического ведения плавки, который бы

позволял автоматически контролировать положение конвейера и дозировать нужный материал.

Целью управления трактом сыпучих материалов является дозирование материала и перемещение конвейера на заданную позицию. Таким образом, цель исследования сводится к регулированию позиции конвейера и массы нужного материала. На рис.1 изображена обобщенная схема тракта сыпучих материалов.

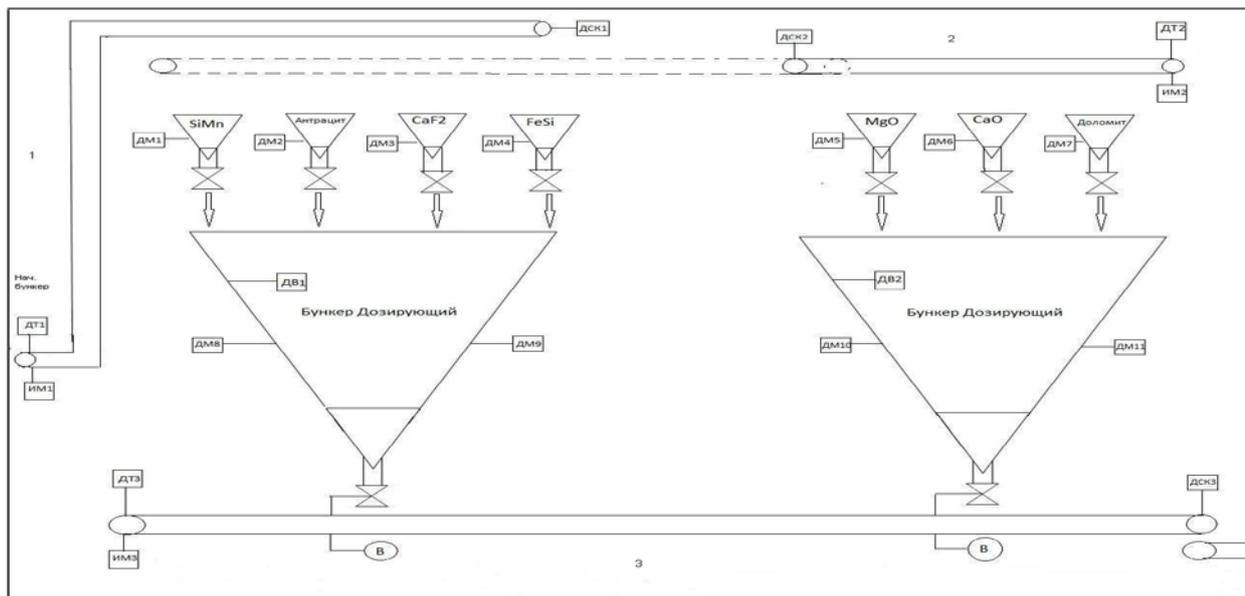


Рисунок 1 – Обобщенная функциональная схема загрузки шихты в печь

Приходящий материал в вагонах выгружается в начальный бункер. Далее с помощью открывающейся заслонки высыпается на конвейерную ленту 1. В зависимости от приходящего материала конвейерная лента 2 устанавливается в нужную позицию (двигается вправо-влево) к нужному бункеру. Материал высыпается в указанный бункер. Далее нужное количество этого материала (в зависимости от качества нужной стали) высыпается в общий дозирующий бункер. Сыпучий материал с помощью открывающейся заслонки высыпается на конвейерную ленту 3 и поступает непосредственно в печь.

На схеме рис. 1 изображены конвейеры, расходные бункеры, взвешивающие дозаторы, клапаны вытяжки пыли под каждым дозатором. Также введены следующие обозначения: ДТ1, ДТ2, ДТ3 – датчики температуры; ДМ1, ДМ2, ДМ3, ДМ4, ДМ5, ДМ6, ДМ7, ДМ8, ДМ9, ДМ10, ДМ11– датчики веса; ДВ1, ДВ2 – датчики влажности; ДСК1, ДСК2 и ДСК3 – датчики схода конвейерной ленты; ИМ1, ИМ2 и ИМ3– исполнительные механизмы, регулирующие работу двигателей конвейеров.

Для реализации задачи автоматизации требуется знать необходимую массу материала, а также номер необходимого бункера с определенным нужным материалом(позицию), к которому будет подъезжать конвейер, что и является входными параметрами в нашей системе. Возмущающими воздействиями для системы будут служить погрешности измерения массы и положения конвейера.

Для получения заданной массы и заданного положения конвейера, необходимо контролировать перемещение конвейера, а также массу материала которая подается в бункер.

На следующем этапе работы была разработана модель перемещения конвейера в пакете Matlab Simulink (рис. 2).

Сигнал с задающего устройства поступает на ПИ-регулятор в схеме, с помощью которого и будет осуществляться достижение заданного показателя качества системы. Сигнал, поступивший на исполнительный механизм, будет приводить в движение объект управления (конвейер). Выходом будет требуемая позиция конвейера.

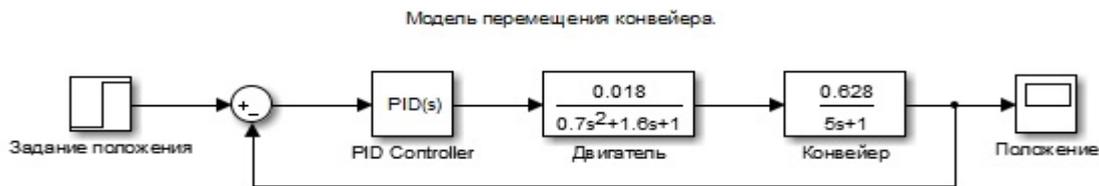


Рисунок 2 – Структурная схема в Matlab перемещения конвейера

В результате моделирования был получен следующий график переходного процесса (рис.3):

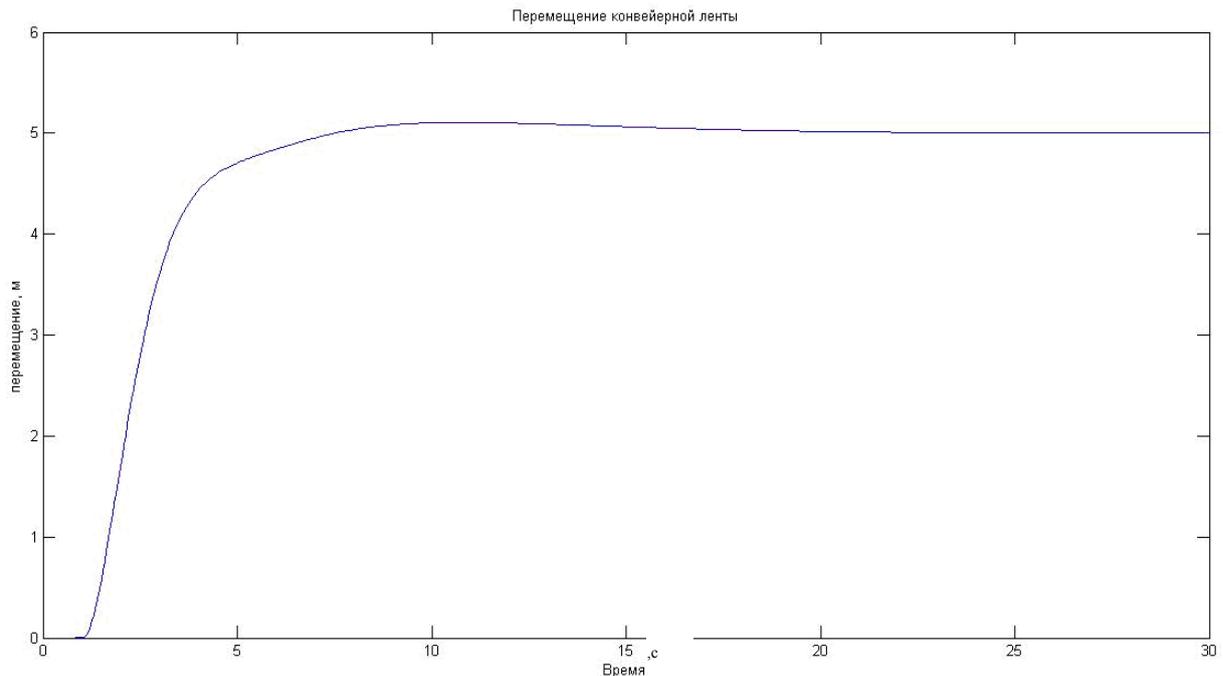


Рисунок 3 – График переходного процесса

Как видно из графика, показатели качества переходного процесса удовлетворяют заданным (не более 5 сек). Установившееся значение соответствует требуемому перемещению в 5 м. Присутствует перерегулирование, однако оно является допустимым при перемещении, к тому же величина перерегулирования невелика (не более 2%), что позволяет начать выгрузку уже с 7-8 секунды.

Также была разработана модель автоматической системы дозирования сыпучего материала в пакете Matlab Simulink (рис. 4).

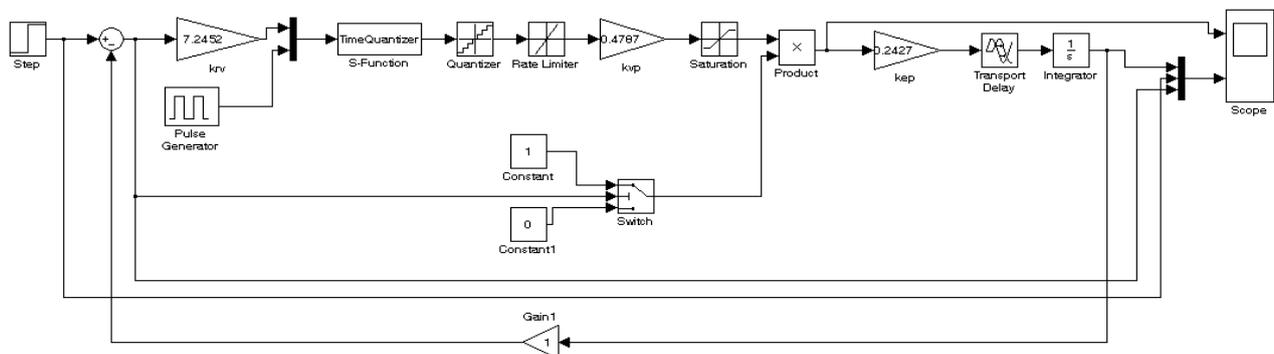


Рисунок 4 – Схема моделирования автоматической системы дозирования сыпучих материалов

В модели присутствуют блоки:

- моделирующие объект управления: вибропитатель с заданной производительностью, звено транспортной задержки (время падения дозируемого материала) и интегратор (растущая масса бункера-дозатора);

- моделирующие преобразователь частоты: датчик интенсивности на входе преобразователя, пропорциональное звено, ограничение выходной частоты на верхнем и нижнем уровнях;

- имитирующие отключение электропривода при уменьшении ошибки дозирования ниже заданного уровня;

- задания на вес, регулятор веса;

- моделирующие квантование сигнала задания на скорость по времени и уровню.

Датчик веса в модели имеет единичный коэффициент передачи.

Выполнив моделирование, получим график (рис. 5):

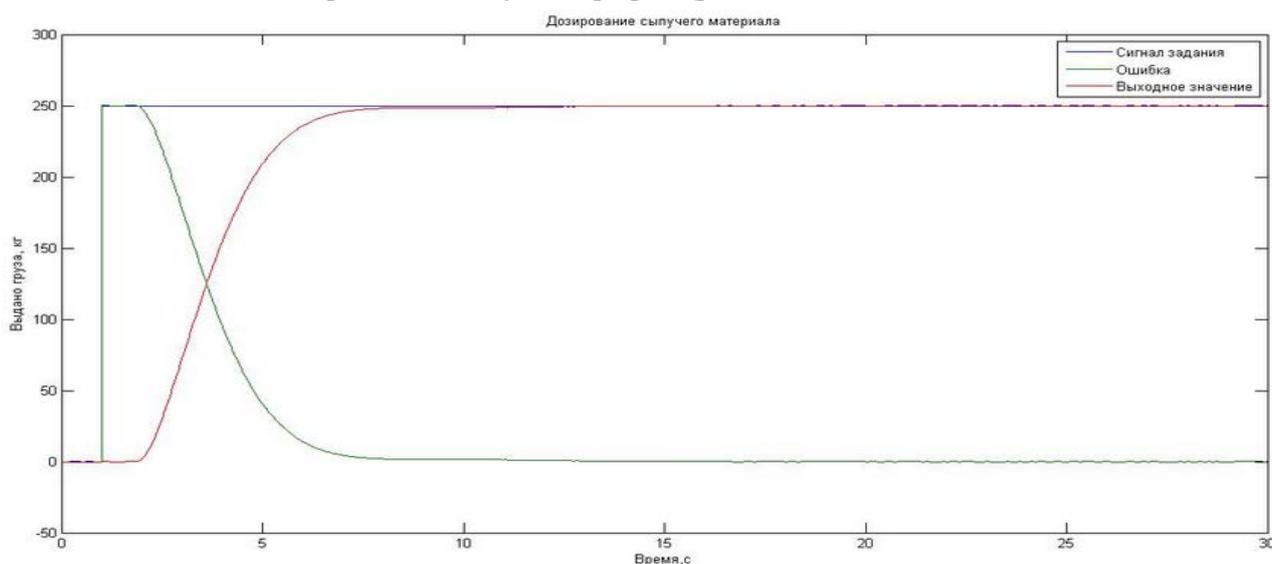


Рисунок 5 – График дозирования материала 250 кг

На графике можно наблюдать: текущий вес  $m$ , задание на вес  $m_z$  и ошибку по весу  $\delta$ . По графику видно, что 250 кг материала выгружаются менее чем за 10 сек., что соответствует заданной производительности данного бункера (150 тонн/час). Моделирование начинается с 1 секунды, но происходит задержка на 2 секунды в блоке задержки. Можно увидеть, что нет перерегулирования, что очень важно при дозировании материала. При этом материал выгружается достаточно быстро (около 8 сек). В установившемся режиме величина выданного груза устанавливается в 250 кг, т.е. можно сделать вывод, что задание выполнено.

Таким образом, проведено моделирование системы дозирования сыпучих материалов для одного бункера и одного конвейера. Исследования показали допустимое время переходного процесса и отсутствие перерегулирования. Дальнейшая задача заключается в исследовании общей системы управления всеми бункерами как единого целого.

#### Перечень ссылок

1. Производство стали в электропечах (электрометаллургия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.markmet.ru/tehnologiya\\_metallov/proizvodstvo-stali-v-elektropetchakh-elektrometallurgiya](http://www.markmet.ru/tehnologiya_metallov/proizvodstvo-stali-v-elektropetchakh-elektrometallurgiya)

2. АСУТП сталеплавильного производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oracul.org/partners/demz/>

3. Рябов А.В. Современные способы выплавки стали в дуговых печах / А.В.Рябов, И.В.Чуманов, М.В.Шишимиров // Начальное пособие.- М.: Теплотехника, 2007. - 192 с.