

Потоковая модель технологического процесса изготовления блоков из ячеистого бетона

Якимов Е.А.

Кафедра АСУ, электротехнический факультет
ГУВПО «Белорусско-Российский университет»

г. Могилев, Беларусь

e-mail: e-soft@bk.ru

Аннотация — Рассмотрено построение потоковой модели процесса изготовления силикатных изделий из ячеистого бетона; определены задачи, решаемые с помощью модели, отмечены пути доопределения модели на этапе эксплуатации.

Ключевые слова: потоковая модель, силикатные изделия, доопределение модели

I. ВВЕДЕНИЕ

В производстве газосиликатных изделий качество выпускаемой продукции напрямую зависит от используемого сырья, технологии изготовления и оборудования на предприятии. Для поиска путей повышения качества продукции, экономии топливно-энергетических ресурсов ставится задача построения математической модели [1].

II. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЛОКОВ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Известково-песчаное вяжущее, песчаный шлам, вода, цемент, алюминиевая суспензия, промывные воды из расходных емкостей поступают в дозаторы. Дозированные компоненты выгружаются в самоходную газорастворомешалку (СГРМ).

Готовая формовочная смесь из СГРМ выливается в подготовленную и смазанную форму. В зависимости от реологических свойств формовочной смеси используется ударная виброплощадка.

После завершения вспучивания смеси форма при помощи толкателя перемещается на мост передаточный, который загружает форму с сырцом в течение времени T_3^k в одну из четырнадцати камер вызревания.

Вызревание сырца в камерах осуществляется в течение времени $T_{вз}^k$ до достижения требуемой пластической прочности. По окончании вызревания форма с сырцом передаточным мостом подается в зону действия крана для кантования. Кран кантует форму с сырцом на резательный комплекс.

Массив на днище, последовательно проходя через машины резательного комплекса, обрабатывается для получения блоков или плит теплоизоляционных с заданными размерами, затем перемещается краном на запарочные вагонетки. Сформированные запарочные вагонетки с сырцом загружаются в автоклав.

После автоклавной обработки для получения блоков и плит теплоизоляционных с заданными характеристиками по прочности и морозостойкости продукция на запарочных вагонетках передаточным мостом выгружается из автоклава на рельсовые пути с толкателем для охлаждения и последующей контейнеризации.

Охлажденная продукция на днище запарочном перемещается и устанавливается на делитель. Разделенный массив на днище подается в рабочую зону крана для пакетирования. После выполнения операции сжатия поддоны с продукцией укрываются

полиэтиленовой пленкой и увязываются полипропиленовой лентой. Контейнеризованная продукция конвейером транспортируется на склад для последующей отгрузки потребителю [2].

III. ПОТОКОВАЯ МОДЕЛЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИЛИКАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Для математического описания процесса изготовления силикатных изделий задана сеть $G(V, E)$ на основе концептуальной модели изготовления блоков из ячеистого бетона, состоящая из множества V вершин $v_i \in V, i = 1, \dots, |V|$ отдельных процессов изготовления блоков и множества E дуг $(v_i, v_j) \in E, v_i, v_j \in V$, соединяющих некоторые упорядоченные пары вершин, взятых из V . Будем предполагать, что сеть является симметрическим графом, т.е. если дуга (v_i, v_j) входит в сеть, то в нее входит симметричная дуга (v_j, v_i) , хотя реально такой дуги может и не быть. Для определенности присвоим вершинам сети следующие номера: $v_1, v_2, \dots, v_{|V|}$. Каждая вершина v_i характеризуется полустепенью захода $d_{v_i}^+$ и полустепенью исхода $d_{v_i}^-$ [3].

По путям сети направляется ячеистобетонная смесь, являющаяся однородным веществом, из источников в стоки. Каждой дуге (v_i, v_j) сети поставлено в соответствие число c_{ij} , называемое пропускной способностью дуги. Для данной модели пропускная способность c_{ij} – объем вещества, используемого на отдельном участке технологической линии для изготовления массива блоков, в единицу времени, измеряется в $\text{м}^3/\text{мин}$. Пусть $d_{v_1}^+ = 0$ и $d_{v_{80}}^- = 0$, тогда v_1 – единственный источник (этап дозирования), v_{80} – единственный сток (складирование), а v_2, v_3, \dots, v_{79} промежуточные вершины сети.

Ставится задача определения для заданной сети максимальной величины потока из источника v_1 в сток v_{80} . Под потоком в сети из источника в сток будем понимать совокупность потоков $\{x_{ij}\}$ по всем дугам сети, где x_{ij} – поток по дуге $(v_i, v_j), i, j = 1, \dots, |V|, i \neq j$, равный количеству вещества, перемещаемого по ней в единицу времени.

IV. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ В ТЕРМИНАХ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Математическая задача о максимальном потоке в терминах линейного программирования формулируется следующим образом: найти неотрицательные значения $x_{ij}, \forall (v_i, v_j) \in E$, максимизирующие целевую функцию

$$F_{\max} = \sum_{j=2}^n x_{1j} \mid n = |V|, |V| = 80; \quad (1)$$

при ограничениях с учетом пропускной способности дуг:

$$0 \leq x_{ij} \leq c_{ij}, i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n; i \neq j; \quad (2)$$

и условиях сохранения потока в вершинах сети

$$\sum_{j=2}^n x_{kj} - \sum_{i=1}^{n-1} x_{ik} = 0; k = 2, \dots, n-1; n = 80. \quad (3)$$

Условие (1) отражает величину максимального потока, который равен количеству вещества, вытекающего из источника. Условия (2) означают, что поток по каждой дуге должен быть неотрицательным и не превышать ее пропускной способности; из условия (3) следует, что количество вещества, притекающего в любую промежуточную вершину, равно количеству вещества, вытекающего из нее [4].

В ограничениях вида (2) для реального производственного процесса приняты средние значения c_{ij} , в квадратных скобках $[c_{ij}^{inf}, c_{ij}^{sup}]$, соответственно указаны нижняя и верхняя границы пропускной способности дуги, например,

$$0 \leq x_{1,2} \leq M; 0 \leq x_{2,3} \leq 0,375 [0,375, 0,375],$$

где M обозначает пропускную способность дуги, равную бесконечности.

V. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ НА ПОТОКОВОЙ МОДЕЛИ

На этапе эксплуатации потоковая модель обеспечивает решение следующих задач.

1. Определение «узких» мест в производственном процессе изготовления блоков из ячеистого бетона путем решения на основе теоремы Форда-Фалкерсона задачи о минимальном разрезе и максимальном потоке в транспортной сети (возможно решение оптимизационной задачи линейного программирования).

2. Расчет технико-экономического эффекта (в единицах выпускаемой продукции) от результата внедрения инвестиционных проектов «расшивки» «узких» мест.

3. Расчет требуемых объемов сырья (известково-песчаное вяжущее, песчаный шлам, вода, цемент, алюминиевая суспензия, промывная вода) на единицу (пакет объемом 5,625 м³) выпуска продукции (задача решается путем определения соотношения видов сырья в единице выпускаемой продукции после статистических исследований последовательностей данных на участке дозирования компонентов).

4. Расчет структуры себестоимости выпускаемой продукции (расчет затрат на единицу выпуска

продукции). Такая задача решается потоковым моделированием энергетических затрат (электроэнергия, тепловая энергия, газ), использования трудовых ресурсов, материальных ресурсов.

5. Расчет срока окупаемости вложенных инвестиций в модернизацию производственного процесса (задача решается как развитие основной задачи оценки пропускной способности производственного процесса).

VI. ДООПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКОВОЙ МОДЕЛИ

Потоковая модель построена с предположением о равномерном потоке из источника, т.е. дозирование компонентов реализуется за некоторое постоянное время. Однако в реальности это не так. Тем не менее даже потоковая модель позволяет делать выводы об узких местах производства.

Анализ времени дозирования компонентов показывает, что время описывается экспоненциальным законом распределения: $t_3 = \exp(x, \lambda)$, причем λ представляет ряд $G_\lambda = 0,0298; 0,0281; 0,0274; 0,0303; 0,0366$, т.е. λ находится в интервале $\lambda \in [0,0274; 0,0366]$.

Вероятностный характер процессов при изготовлении силикатных блоков не позволяет применять методы решения задач, специально разработанные для потоковых моделей.

Требование экономии топливно-энергетических ресурсов в производстве силикатных изделий ставит задачу построения имитационной модели производственного процесса [5]. При этом для разработки программы имитационной модели используются IDEF0-диаграммы, полученные с применением CASE-пакета BPWin на этапе построения вербальной и концептуальной модели.

[1] Кунец, А. Н. Моделирование производства силикатных изделий для экономии топливно-энергетических ресурсов / А. Н. Кунец, Е. А. Якимов // Студенческая наука – региону: материалы обл. студ. науч. конф., 26 мая 2010 г.; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2010. – С. 28–29.

[2] Якимов, Е. А. Построение вербальной модели ЗАО «Могилевский КСИ» на основе IDEF0 / Е. А. Якимов, А. В. Авласович, А. Н. Кунец // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.], Могилев, 20–21 ноября 2008 г. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2008. – С. 144.

[3] Йенсен, П. Потокное программирование: пер. с англ. / П. Йенсен, Д. Барнес. – М.: Радио и связь, 1984. – 392 с.: ил.

[4] Костевич, Л. С. Теория игр. Исследование операций: учеб. Пособие / Л. С. Костевич, А. А. Лапко. – Минск: Выш. школа, 1981. – 231 с.: ил.

[5] Якимов, Е. А. Технология разработки имитационной модели производства силикатных изделий на ЗАО «МКСИ» / Е. А. Якимов, А. В. Авласович, А. Н. Кунец // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф.: в 3 ч.; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.], Могилев, 16–17 апреля 2009 г. – Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2009. – Ч. 3. – С. 44.