

УДК 656.2231

Гусев Ю.В.¹, Гусев Д.Ю.²

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЧУГУНА В КОНВЕРТЕРНЫЙ ЦЕХ

Исследуется технология транспортирования жидкого чугуна из доменного цеха в миксер конвертерного цеха. Рассмотрены факторы, влияющие на ритм транспортного потока. Предложена модель, отражающая технологические параметры производственного и транспортного процессов, характеристики и количество оборудования и подвижного состава.

Одним из наиболее ответственных процессов металлургического предприятия является обеспечение конвертерного цеха чугуном в достаточном количестве и требуемого качества. При этом, основные качественные показатели – процентное содержание серы и температура перед сливом в миксер. Поэтому стремятся к сокращению времени доставки жидкого чугуна и, при необходимости, выполняют ряд промежуточных операций направленных на снижение содержания в нем серы.

Цикличность плавов ККЦ и выпусков доменных печей не совпадают, это несовпадение сглаживается оперативным запасом чугуна в миксере, и чугуном который находится в процессе транспортирования. Характерной особенностью материального потока жидкого чугуна в ККЦ является отсутствие фазы промежуточного складирования на стадии его зарождения (непосредственный слив чугуна из доменной печи в транспортное средство) и весьма ограниченные возможности «складирования» на стадии его погашения (миксер конвертерного цеха).

Выполненным анализом установлена недостаточная эффективность работы производственно-транспортного комплекса на участке ДЦ – ККЦ. Количество локомотивов и чугуновозов зависящие от длительности операций и особенно межоперационных простоев технологического процесса транспортирования чугуна не всегда обеспечивают нормальный ритм основного производства. Наиболее явно это отражается на работе доменного цеха, в котором имеются случаи снижения производительности доменных печей из-за задержек выпусков чугуна, по причине несвоевременной подачи чугуновозов. Количество таких задержек продолжительностью 20 минут и более составляет около 15 % от общего количества выпусков. Это приводит к значительным производственным потерям и свидетельствует о необходимости повышения качества принимаемых управленческих решений и использования для этого математических моделей рассматриваемого процесса, более точно отражающих существующее положение с учетом интересов всех участников потокового процесса. [1]

Исследования транспортной технологии, направленные на совершенствование системы управления перевозочным процессом и оптимизацию транспортных издержек, учитывающие вышеперечисленные факторы не выполнялись.

В связи с указанным, цель настоящей статьи – разработка принципов построения модели, учитывающей технологические параметры производственного и транспортного процессов, характеристики и количество оборудования и подвижного состава, изменяя которые становится возможным обеспечение плановых режимов работы доменного и конвертерного цехов при минимальных транспортных издержках.

Предлагается построить такую модель на основе баланса технологических нормативов работы транспорта, доменного и конвертерного цехов. Под технологическим нормативом понимается в данном случае временной интервал между единичными составляющими дискретного потока, каким является поток чугуна от доменной печи до миксера конвертерного цеха.

¹ПГТУ, канд. техн. наук, доц.

²ПГТУ, аспирант

Количество чугуна, поступающего в миксер в смену, определяется объемом производства стали, с учетом расходных коэффициентов. Отсюда количество ковшей чугуна сливаемых в миксер в смену определяем по формуле:

$$N_k = Q_{\text{смены}} / q_k \cdot K_k, \quad (1)$$

где $Q_{\text{смены}}$ – сменный выход чугуна из миксера, т;

q_k – грузоподъемность ковша, т;

K_k – коэффициент наполнения ковша.

Тогда интервал между подачами ковшей (технологический норматив) определяется следующим образом $T_{\text{ККЦ}} = t_{\text{смены}} \cdot q_k \cdot K_k / Q_{\text{смены}}$, где $t_{\text{смены}}$ – продолжительность смены.

Миксер можно рассматривать как элемент технологической системы, который обладает входным и выходным материальным потоком. Входным является чугун, поступающий в чугуновозах из доменного цеха, выходным – самоходные, заливочные ковши, отправляемые в конверторное отделение. Таким образом, чугун в миксере является материальным запасом. Отсутствие запаса для ККЦ приводит к срыву его графика работы и, как следствие, к значительным потерям производства.

В зависимости от фактического количества чугуна в миксере на начало смены, технологический норматив может принимать значения в диапазоне от T_{min} до T_{max} . Наибольший (T_{max}) и наименьший (T_{min}) интервалы определяются по формулам:

$$T_{\text{max}} = t_{\text{смены}} \cdot q_k \cdot K_k / Q_{\text{смены}} - (P_{\phi} - P_{\text{min}})$$

$$T_{\text{min}} = t_{\text{смены}} \cdot q_k \cdot K_k / Q_{\text{смены}} - (P_{\text{max}} - P_{\phi}),$$

где P_{ϕ} – фактическое количество чугуна в миксере на начало смены;

P_{min} – минимально допустимое количество чугуна в миксере;

P_{max} – максимально возможное количество чугуна в миксере.

Задача доменного цеха – производство жидкого чугуна необходимого качества, в объемах позволяющих выполнить производственное задание сталеплавильным цехом.

Для выполнения этого условия средний интервал между выпусками чугуна доменными печами должен быть в пределах $T_{\text{min}} \cdot n_k \leq T_{\text{ДЦ}} \leq T_{\text{max}} \cdot n_k$, где n_k – количество чугуновозов заполняемых за один выпуск чугуна.

Следовательно, в качестве обобщенного норматива для всей технологической цепочки следует принять значение:

$$T_0 = \frac{1440}{n_g \cdot n_n \cdot n_k}, \text{ или } T_0 = \frac{1440 \cdot q_k \cdot K_k}{Q_c}, \quad (2)$$

где Q_c – суточный объем перевозки чугуна;

n_g – среднее количество выпусков, которое дает доменная печь за сутки;

n_n – количество доменных печей обеспечивающих работу конвертерного цеха.

Задача транспорта заключается в обеспечении ритма всего процесса с технологическим нормативом равным T_0 . Это возможно при количестве чугуновозов (N_k) и локомотивов (N_l) не менее значений рассчитанных по формулам:

$$N_k = \frac{T_{\text{об}}}{T_0}; \quad N_l = \frac{T_l}{T_0 \cdot n_T}, \quad (3)$$

где $T_{\text{об}}$ – среднее время оборота ковшей, мин.;

T_l – продолжительность работы локомотивов за период одного оборота ковшей, мин.;

n_T – средневзвешенное количество ковшей в сцепе (туре), перемещаемое одним локомотивом.

Наиболее сложным в зависимости (3) является установление продолжительности оборота ковшей и работы локомотивов, которые можно представить в виде

$$T_{\text{об}} = \sum_{i=1}^n (t_i + \tau_i) \text{ и } T_l = \sum_{i=1}^m (t_i + \tau_i), \quad (4)$$

где t_i – длительность i -й операции, τ_i – ожидание начала i -й операции, n – количество операций за период оборота ковшей, m – количество операций, в выполнении которых задействован локомотив.

Цикл оборота чугуновозных ковшей включает последовательность операций, часть которых имеет длительность с незначительным диапазоном изменений. Это операции слива чугуна из доменной печи, обмен ковшей у доменной печи и движение по перегонам. Продолжительность других операций зависит от влияния различных факторов:

- продолжительность десульфурации – $T_s = f(\Delta S, n_T, n_m)$, где ΔS – разность содержания серы в чугуна на летке доменной печи и необходимое по техническим требованиям на сливе в миксер, n_m – количество постановочных мест на линии ОДЧ;
- продолжительность взвешивания – $T_g = f(n_T)$;
- продолжительность формирования тура – $T_m = f(n_T, n_k, \Delta t_g)$, где Δt_g – интервал между выпусками чугуна;
- продолжительность скачивания шлака – $T_c = f(n_T, p, \Delta t_{n-c})$, где p – факт наличия перевалочного ковша в туре, Δt_{n-c} – интервал от начала налива перевалочного ковша до начала скачивания шлака;
- продолжительность слива чугуна из ковшей в миксер – $T_{cm} = f(n_{kp}, n_T)$, где n_{kp} – количество кранов работающих на сливе чугуна в миксер;
- продолжительность обработки ковшей – $T_o = f(n_{ob}, \Delta t_{n-m})$, где n_{ob} – количество оборотов ковша до обработки, Δt_{n-m} – интервал от начала налива ковшей до слива в миксер.

Кроме выполнения перечисленных операций на продолжительность оборота ковшей существенное влияние оказывают межоперационные простои, величина которых возрастает при уменьшении резерва перерабатывающей способности устройств, задействованных на выполнении указанных операций. [2]

Для расчета межоперационных простоев в подавляющем большинстве случаев применим аппарат теории очередей [3]. Наибольшие простои характерны для следующих операций и обслуживающих аппаратов: уборка ковшей из-под доменной печи – маневровые локомотивы; формирование туров – вывозные локомотивы; десульфурация – линии в ОДЧ, скачивание шлака – линии в ОСШ; слив чугуна в миксер – краны миксерного отделения ККЦ.

Продолжительность ожидания обслуживания ($T_{ож}$) – функция характеристик потока требований на обслуживания (p_1, p_2, \dots), характеристик длительности обслуживания (τ_1, τ_2, \dots) и количества аппаратов обслуживания (A). При простейшем потоке требований и произвольном распределении продолжительности обслуживания продолжительность ожидания равна $T_{ож} = \varphi(\lambda, \mu, \sigma_\mu, A)$, где λ – интенсивность потока требований, μ – интенсивность обслуживания, σ_μ – среднеквадратическое отклонение интенсивности обслуживания.

Математическая модель транспортирования чугуна, на основе которой возможно управление этим процессом, имеет вид

$$T_{об} = f(n_k, n_T, \Delta S, n_m, \Delta t_g, p, \Delta t_{n-c}, n_{kp}, n_{об}, \Delta t_{n-m}) + \sum \varphi_i(\lambda_i, \mu_i, \sigma_i, A_i). \quad (5)$$

Функция (5) представлена в общем виде и требуется конкретизация зависимостей длительности операций от воздействующих на них факторов. С этой целью необходимо собрать и обработать статистические данные реального процесса перевозок чугуна выполнить дополнительные исследования.

Выводы

1. Предложена модель оптимизации управления производственно-транспортным комплексом на участке ДЦ – ККЦ, обеспечивающая синхронизацию технологических параметров и учитывающая характеристики и количество оборудования и подвижного состава, а критерием оптимизации является продолжительность оборота чугуновозных ковшей.
2. Расчетная формула определения количества чугуновозных ковшей для обеспечения планового объема перевозок уточнена с использованием теории массового обслуживания для оценки простоев ковшей в ожидании начала десульфурации чугуна.

Перечень ссылок

1. *Парунакян В.Э.* К вопросу формирования логистических цепей в транспортно-грузовых системах металлургических предприятий / *В.Э. Парунакян, Ю.В. Гусев, Е.И. Сизова* // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: Зб. наук. пр. – Маріуполь, 2006. – Вип. 16 – С. 220 – 226.
2. *Марфин М.А.* Имитационная модель помогла повысить пропускную способность / *М.А. Марфин, П.А. Козлов, А.В. Бугаев* // Промышленный транспорт. – 1986. – № 12. – С. 8 – 9.
3. *Рыжиков Ю.И.* Теория очередей и управление запасами / *Ю.И. Рыжиков.* – СПб: Питер, 2001. – 384 с.

Рецензент: В.Э. Парунакян
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 27.04.2008