

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СКЛАДА СЛЯБОВ ПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

М.А. Коровин, Г.В. Заходякин (Москва)

Введение

Важнейшую роль в эффективности процессов металлопрокатного и плавильного производства играет их непрерывность. Она обеспечивается бесперебойным снабжением плавильной печи и стабильной работой подъемно-транспортного оборудования (ПТО), осуществляющего подвоз необходимого сырья, в частности, металлических слябов. В связи с этим определение рационального количества погрузчиков является сложной задачей. С одной стороны, использование дополнительных единиц техники и увеличение резервов эффективного рабочего времени повышает надежность процессов грузопереработки. С другой – снижается эффективность использования парка ПТО и увеличиваются капитальные затраты. Точное количество единиц ПТО и оценку риска срыва производственной программы невозможно рассчитать по аналитическим моделям, поскольку на эти показатели влияют несколько факторов, среди которых есть стохастические: графики прибытия составов с сырьем, график производства, графики смен операторов ПТО, надежность оборудования для грузопереработки, расположение и правила использования зон для хранения различных видов сырья.

Имитационное моделирование позволяет описать процессы на складе слябов, учесть взаимодействия различных участков складской системы, отслеживать подробную статистику и поведение системы во времени и проигрывать сценарии изменений на различных горизонтах планирования. Практическая значимость данного доклада состоит в том, что в нем приведен пример детальной, наглядной, просто настраиваемой и практически полезной имитационной модели.

Описание процесса грузопереработки слябов

Рассматриваемый металлопрокатный завод осуществляет плавку слябов, поставляемых железнодорожным транспортом. Поезда приходят с заданной интенсивностью и состоят из определенного числа вагонов грузоместимостью 5 слябов. Вагоны разгружаются партиями, поскольку длина поезда больше длины разгрузочной площадки. Слябы из вагонов разгружаются специальными погрузчиками – ричстакерами (Reach stacker) на площадку, расположенную вдоль железнодорожных путей. Далее слябы перемещаются другим видом погрузчиков, крессами (Kress stacker), в зоны временного хранения (эта задача имеет средний приоритет), где в течение дня проходят процесс приемки и затем перемещаются крессами в зоны основного хранения (эта задача низкого приоритета). Высший приоритет для крессов имеет задача перемещения слябов в плавильную печь.

Слябы имеют разную оборачиваемость и в соответствии с ней делятся на типы. Всего таких типов около 25. Зоны основного хранения, расположенные близко к плавильной печи, предназначены для типов слябов с высокой оборачиваемостью. Всего зон внутри склада около 30. Складирование слябов во всех зонах происходит штабелями по 10 слоев, в одном штабеле могут храниться слябы только одного типа. Кресс может взять несколько слябов из одного штабеля за раз в соответствии с грузоподъемностью для данного типа слябов.

Плавка слябов в печи происходит в соответствии с плавильными кампаниями, во время которых требуются определенные количество и масса слябов одного типа. Объем плавильных кампаний варьируется, на вход модели подаются параметры распределения недельного потребления по типам слябов.

Процесс работы погрузчиков Kress и Reach прерывается на плановое и внеплановое обслуживание, прием пищи водителями.

Укрупненная схема процесса грузопереработки слябов с указанием входных параметров и ресурсов для выполнения операций представлена на рис. 1.

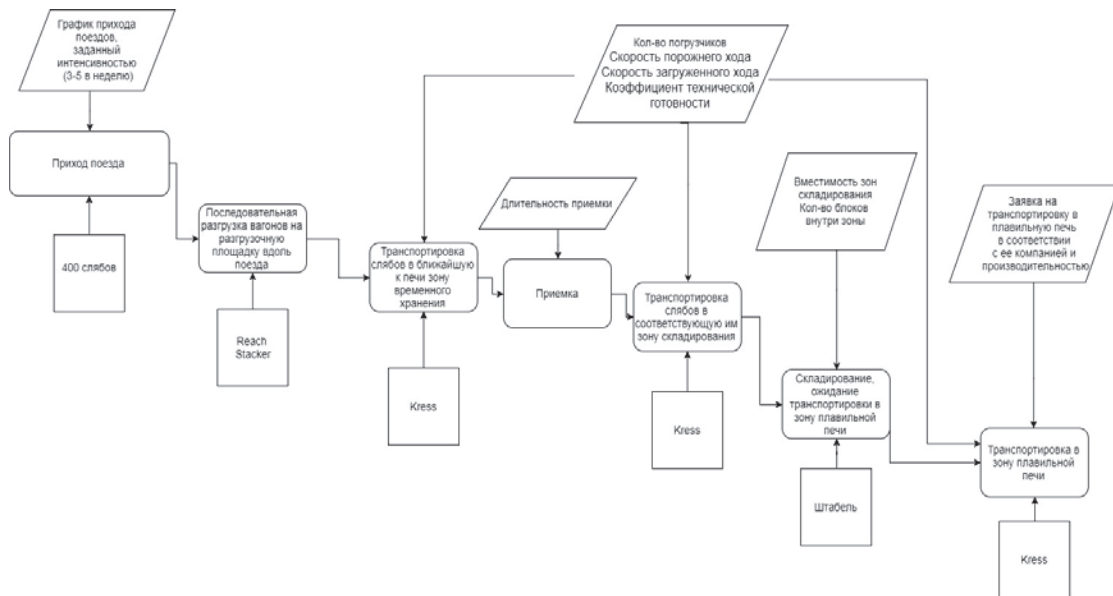


Рис.1. Схема процесса грузопереработки слябов на металлургическом заводе

Цели моделирования

Основной целью было создание гибко настраиваемой модели, позволяющей оценить загруженность ПТО, зон хранения и проверить, будут ли выполняться плавильные кампании при сокращении числа ПТО. Для этого статистика должна выдавать распределение времени, затраченного погрузчиками на выполнение различных типов операций: простой, порожние и загруженные перемещения, что при известных скоростях загрузочного и порожнего хода позволит отследить использование горюче-смазочных материалов (ГСМ) и износ техники, данные об использовании грузоподъемности ПТО, разнице в объемах фактического и планового потребления слябов плавильной печью за выбранный период, динамике очередей транспортировки слябов на различных участках. Логика модели представлена на рис. 2.

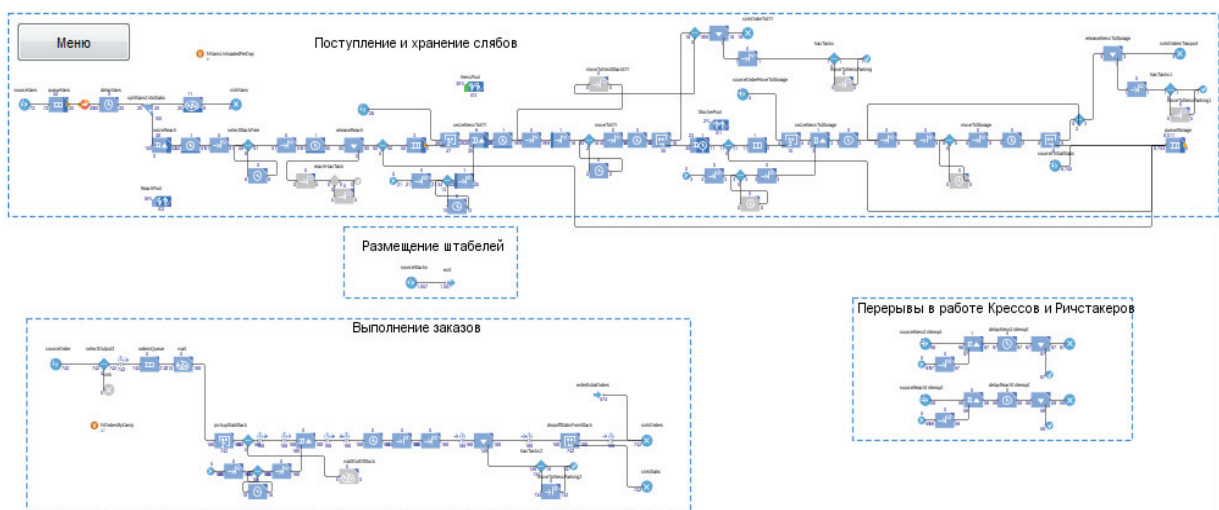


Рис.2. Схема основной логики модели

Допущения и особенности модели

При разработке модели были сделаны следующие допущения, существенно не влияющие на достижение целей моделирования:

- размещение слябов на площадках разгрузки и складирования определяется с точностью до штабеля, кресс за одну езду забирает слябы только из одного штабеля. При размещении слябов в зоне хранения кресс ищет ближайший штабель, перемещается в ближайшую точку на подъездном пути, размещает в штабель слябы. Если кресс привез больше слябов, чем доступно в штабеле, то он ищет новый ближайший свободный штабель. Зона хранения для сляба выбирается в соответствии с заданными в реляционной базе данных приоритетами для данного типа сляба. Если места в наиболее приоритетной зоне нет, выбирается следующая по приоритету зона;
- перемещение погрузчиков происходит независимо друг от друга – это возможно благодаря тому, что ширина подъездных путей достаточна для двустороннего движения;
- перерывы в работе ПТО возникают случайно, согласно интенсивности, так, чтобы их суммарная длительность соответствовала коэффициенту доступности, определенному на основе статистических данных о работе ПТО;
- соотношение количества слябов каждого типа, поступающих на поездах, соответствует соотношению объемов плавильных кампаний;
- в течение дня потребляются слябы всех видов в объеме, равном дневному потреблению, рассчитанному исходя из входных параметров недельного потребления: с учетом среднего и стандартного отклонения.

Модель реализована в пакете AnyLogic 8 с использованием библиотеки моделирования процессов и объектов для разметки транспортной сети (см. рис. 3). Модель достаточно подробно отражает работу и движение ПТО, учитывая реальный масштаб карты, занятость штабелей другой техникой и схемы подъезда к ним.



Рис.3. Размеченная карта территории склада

Модель предназначалась для использования аналитиками, не обладающими знаниями по разработке моделей в среде AnyLogic, поэтому входные параметры загружаются из таблиц в Excel, статистика оформлена в виде кнопочного интерфейса, в случае добавления или удаления зоны хранения, фигуры разметки, достаточно присвоить ей специальное имя, и она автоматически, исходя из ее размера, заполнится штабелями адекватно ориентации в пространстве. Кроме того, модель поддерживает изменение числа типов слябов. Это делает модель удобной для изменения и масштабирования.

Эксперименты с моделью

Основная цель моделирования – обоснование необходимого количества погрузчиков Kress, что выполняют транспортировку слябов из зон хранения в зону печи для плавильной кампании, а также участвуют в разгрузке поезда, перемещая слябы из зоны разгрузки в зоны хранения. Их загрузка достигает максимума в период разгрузки очередного состава. Поезда прибывают несколько раз в неделю, поэтому требовалось моделировать систему в течение нескольких недель модельного времени.

На первом этапе в экспериментах изменялись параметры количества погрузчиков Reach (1–2 шт.), Kress (3–5 шт.), скорости их порожнего (10–15 км/ч) и груженого (5-10 км/ч) хода, частота прихода поездов (4–6 р./нед.). Обобщенные результаты экспериментов представлены в таблице. Затем найденное лучшее решение тестировалось на устойчивость к случайным воздействиям путем варьирования параметров с репликациями.

Таблица результатов экспериментов

Название параметра/номер эксперимента	1	2	3	4	5	6
Скорость груженого хода Kress, км/ч	10	5	10	10	10	10
Скорость порожнего хода Kress, км/ч	15	10	15	15	15	5
Количество Kress, шт	3	3	4	5	3	3
Количество Reach, шт	2	2	2	2	2	1
МАРЕ выполнения плана	0,45%	0,98%	0,44%	0,41%	0,52%	0,49%
МАЕ выполнения плана	37,8	89,2	52,6	44,5	47,7	41,3
Сумма отклонений в выполнении плана	101	632	-105	316	204	65
Частота прихода поездов, п/нед	5	5	5	5	6	6
Загруженность Kress, %	74	89	67	62	86	85
Загруженность Reach, %	34	33	35	34	40	59
Среднее время выполнения заказа на транспортировку в печь, мин	11,0	24,0	11,6	14,0	14,2	10,2
Медиана времени выполнения заказа на транспортировку в печь, мин	6,4	12,3	5,7	5,3	6,9	6,7

При использовании 5 погрузчиков их загрузка – 62%, включая перерывы согласно коэффициенту готовности. Небольшие отклонения в выполнении плавильных кампаний объясняются спецификой работы модели и не связаны с неэффективной работой ПТО. Использование 5 погрузчиков избыточно, это подтверждается тем, что показатели отклонения выполнения плана (средней абсолютной процентной ошибки) существенно не изменяются при сокращении погрузчиков до 4, а также диаграммами структуры загруженности погрузчиков Kress на рис. 4.

Использование 3 погрузчиков Kress существенно (на 11,7%) более эффективно. Изменение процентной ошибки выполнения плана во всех экспериментах, кроме второго, может быть обусловлено случайными различиями, в то время как изменение медианного времени позволяет более достоверно оценить последствия уменьшения числа погрузчиков. Его увеличение на 1 минуту не является критичным для выполнения плавильных кампаний. Увеличение же данного показателя в 2 раза при использовании 3 погрузчиков на скорости, вдвое ниже технической, приведет к существенному увеличению времени подачи слябов в печь и поставит под угрозу выполнение плавильных кампаний. При увеличенной частоте прихода поездов 3 погрузчика Kress все равно смогут обеспечить потребности компании (рис. 5), увеличивая медианное время выполнения заказа до 7 минут.

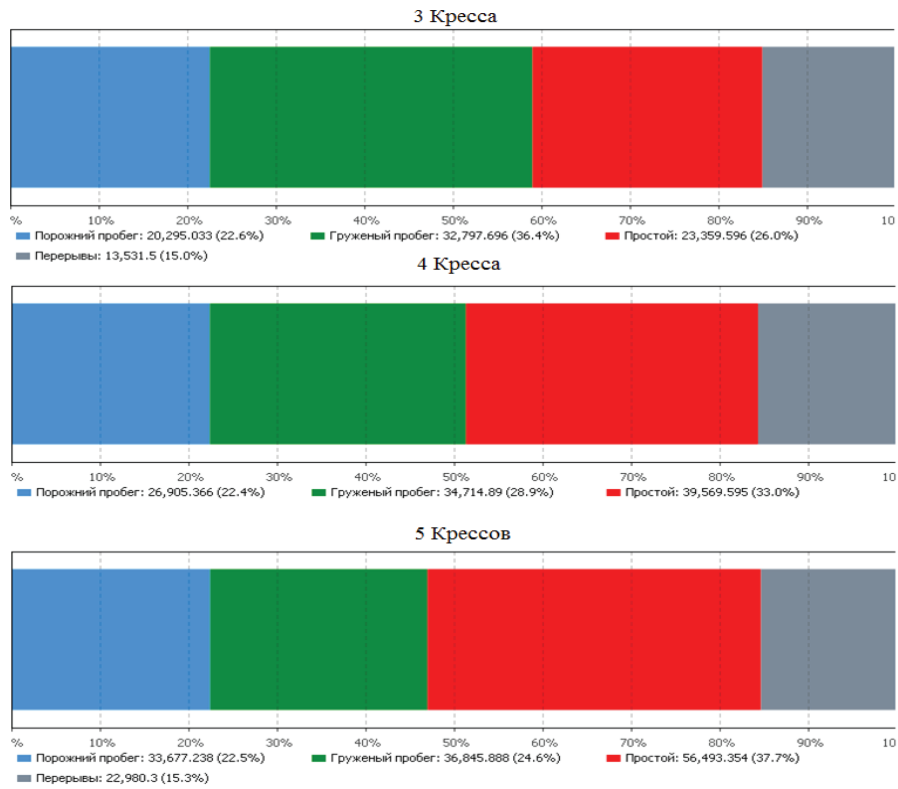


Рис. 4. Динамика средних значений количества используемых погрузчиков Kress

Погрузчики Kress и Reach являются дорогостоящими объектами основных средств, поэтому сокращение их числа, если это возможно, позволит высвободить значительные денежные средства.

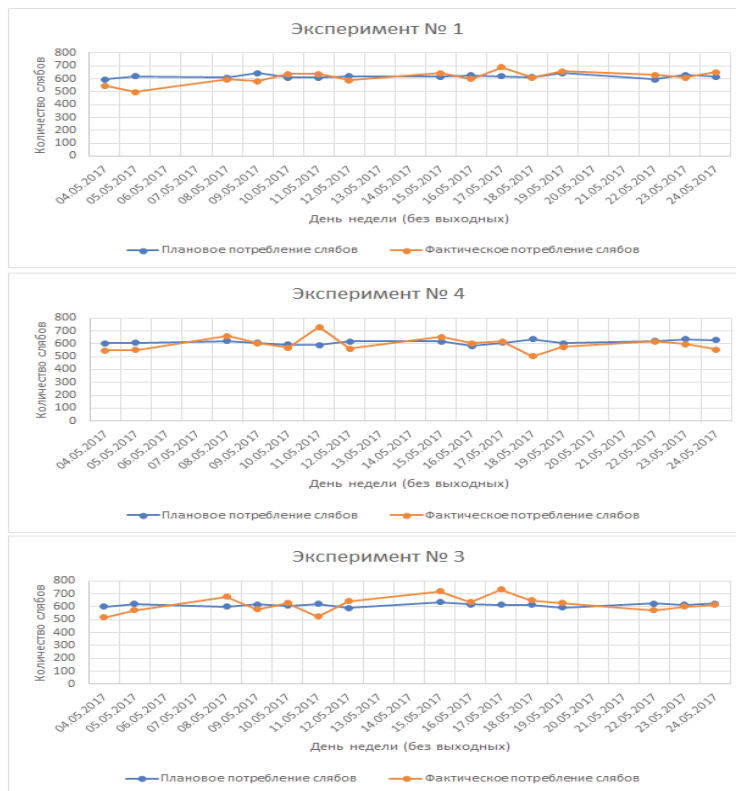


Рис. 5. Графики планового и фактического потребления слябов различного числа погрузчиков Kress

Если сокращение числа Kress возможно, то сокращение количества погрузчиков Reach, разгружающих поезда, нецелесообразно из-за увеличения длительности разгрузки поезда в среднем на 39% (рис. 6.)

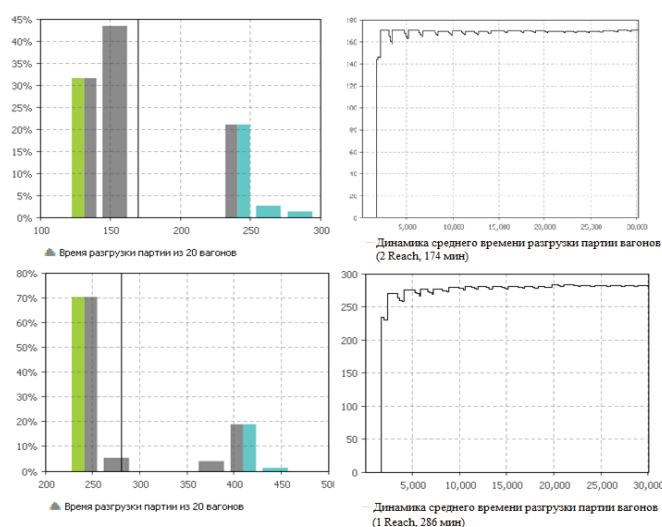


Рис.6. Распределение и динамика времени разгрузки партии вагонов

Таким образом, имитационное моделирование служит инструментом наглядной демонстрации и оценки поведения системы при внесении изменений и позволяет повысить эффективность использования основных средств, являясь обоснованием принимаемых решений. Рассмотренная модель была использована для обоснования необходимого количества единиц ПТО аналитикам металлургической компании.

Литература

1. Дыбская В.В., Зайцев Е.И. Логистика складирования. Изд. 1-е. // М.: Альфа-Пресс, 2014. С. 349–547.
2. Боев В.Д. Компьютерное моделирование. Изд. 1-е. СПб.: Юрайт. 2014. С. 286–306.