РАЗДЕЛ XXXIII. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Маркин В.С.¹, Штерензон В.А.^{1,2}**Имитационное моделирование процесса перемещения горячекатаных рулонов на участке листопрокатного цеха**¹Уральский федеральный университет имени Первого президента России

Б.Н.Ельцина

²Уральский институт ГПС МЧС России

(Россия, Екатеринбург)

doi: 10.18411/lj-08-2021-153

Аннотация

В работе представлены результаты имитационного моделирования процесса перемещения горячекатаных рулонов на участке листопрокатного цеха.

Ключевые слова: имитационное моделирование, AnyLogic.

Abstract

The paper presents the results of simulation of moving process hot-rolled coils in the sheet-rolling manufactory.

Keywords: simulation modeling, AnyLogic.

Предприятие ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» представляет собой металлургический комплекс с полным производственным циклом – от подготовки железорудного сырья и до глубокой переработки черных металлов. В структуру предприятия ОАО «ММК» входят: агломерационное производство, коксохимическое производство, доменное производство, сталеплавильное производство, прокатное производство, листопрокатное производство, сортовое производство. Листопрокатное производство – это ряд цехов с прокатными станами, на которых производятся стальные листы, рулоны, трубы.

В цех холодной прокатки входят: отделение складирования, подготовки и травления горячекатаных полос; отделение термической обработки, порезки и отделки горячекатаной травленной и нетравленной полосовой и листовой стали; прокатное отделение, в состав которого входят прокатный и дрессировочный станы; отделение термической обработки холоднокатаной полосовой или рулонной стали; отделение нанесения защитных покрытий на поверхность холоднокатаных полос или листов; отделение порезки, сортировки, упаковки и отгрузки холоднокатаной полосовой и листовой продукции. Поступление горячекатаных рулонов из других цехов в цех холодной прокатки происходит средствами железнодорожной развязки, существующей между цехами. Отличительная особенность – применение интегрированной производственной линии: непрерывно-травильный агрегат – стан холодной прокатки (НТА – СХП). Непрерывно-травильный агрегат предназначен для устранения окалины и оксидирования поверхности листовой стали перед холодной прокаткой. Агрегат непрерывного горячего цинкования и агрегат непрерывного отжига объединены в один участок производства. Складирование присутствует как итоговое складирование и как складирование на каждом из вышеперечисленных этапов. Помимо этих процессов происходят процессы погрузки/отгрузки, межагрегатные перемещения и транспортировка между цехами. Рассмотренные группы оборудования и этапы технологического процесса по-разному встроены в автоматизированную систему управления производством.

Транспортно-складские процессы являются «узким местом», т.к. не в полной мере реализуется автоматизация идентификации и распознавания информации о перемещающихся рулонах; автоматизация обработки информации обеспечивается только на уровне процессов агрегатов. Влияние человеческого фактора (ошибки оператора при вводе информации, некорректное прочтение маркировки, ошибки при выборе рулона) создаёт проблемы и снижает фактическую производительность производства. Необходимо обеспечить возможность информационного отслеживания конкретной единицы продукции на всех этапах производства. Фактически налицо противоречия между требованиями концепции «Индустрия 4.0» к уровню цифровизации производства и использованием на контрольных операциях не полностью автоматизированных средств и технологий контроля основных и вспомогательных процессов. Реализуется базовые уровни автоматизации, но в них отсутствует достаточный уровень идентификации и прослеживаемости продукции, что говорит об отсутствии полного контроля за движением материальных и информационных потоков.

Современная практика принятия бизнес-решений опирается на методологию моделирования. Моделирование сегодня – достаточно эффективный способ понимания процессов и прогнозирования динамики и направленности их развития. Наличие большого количества хорошо апробированных методов моделирования с математическим и программным обеспечением существенно упрощают задачу изучения исследуемого объекта [1]. Применение имитационного моделирования для исследования производственных и бизнес-процессов (как дискретно-событийных процессов) сегодня используется достаточно широко: модели производственных линий и сборочных узлов; модели вспомогательных процессов (например, складских операций по приемке, транспортировке и обработке грузов); модели неподвижных и подвижных систем транспортировки грузов (краны, манипуляторы, погрузчики, конвейеры) и т.д. [1]. Разработано и используется несколько десятков программных продуктов имитационного моделирования. В данной работе был использован программный продукт AnyLogic.

Для имитационного моделирования был выбран участок склада приема рулонов на агрегате непрерывного горячего цинкования листопрокатного цеха. Данный участок интересен тем, что на нём осуществляется прием рулона, т.е. его идентификация, передача в агрегат, последующая маркировка, перемещение и размещение рулона на склад. Движение рулона осуществляется последовательно по всем указанным этапам. В исходной схеме системы управления участком информация о рулоне считывалась не автоматически, а вносилась оператором в систему контроля перемещением рулонов с автоматизированного рабочего места (АРМ). Имитация работы участка в системе AnyLogic дана на рис.1. В среднем, на исследуемый участок поступает 2 рулона в час (а пропускная способность – 4 рулона/час), время работы агрегата – 1,5 часа, время перемещения крана от исходной до конечной точки 8-12 минут, общее количество задействованного персонала 11-13 человек. Период моделирования функционирования участка – 48 часов.

Рисунок 1 – Модель перемещения рулонов на участке склада (базовая структура системы учета и контроля перемещением рулонов)

Моделирование исходного варианта частично автоматизированной системы контроля за перемещением рулонов на участке листопрокатного цеха показало: человеческий ресурс используется неэффективно, максимальная загрузка персонала невысока ($\sim 10\%$), что свидетельствует о необходимости тщательного изучения этого вопроса (например, проведение хронометража рабочего времени операторов) и актуальности внедрения комплексной автоматизации учета продукции и её перемещения по цеху. Так же было установлено, что работа кранового оборудования и участков с мало автоматизированной работой персонала имеют большую задержку по времени, что также сказывается на общем времени и объемах прохождения продукции в пространстве рассматриваемого участка.

Для ликвидации выявленных локальных производственных проблем была предложена другая (модернизированная) структура автоматизированной системы учета и контроля движением горячекатаных рулонов на участке склада приема рулонов на агрегате непрерывного горячего цинкования листопрокатного цеха; подобрано аппаратно-программное обеспечение нижних уровней автоматизированной системы управления производством. На *первом* уровне [2] автоматизация охватывает преимущественно процессы управления оборудованием, которые осуществляются на основе поступающих с датчиков данных о параметрах процессов и продукции. На *втором* уровне [2] автоматизация охватывает деятельность по контролю и оптимизации производственных технологических процессов с применением математических моделей процессов. На *третьем* уровне [2] автоматизация применяется для поиска оптимального решения задачи управления ресурсами. К анализируемым и оптимизируемым ресурсам относятся материальные, энергетические ресурсы, а также производственные мощности оборудования. Целевой функцией выступает минимизация потребляемых ресурсов при известном объеме производства. На данном уровне для оперативного управления производственными процессами применяются автоматизированные MES-системы [2]. В данной структуре (рис.2) в последовательной траектории перемещения рулона сделано разветвление на случай его некорректной идентификации, был изменен алгоритм контроля и учета проходящих рулонов и управления их перемещением.

Рисунок 2 – Модель перемещения рулонов на участке склада (модернизированный вариант системы)

В результате имитационного моделирования модернизированного варианта системы контроля и учета рулонов было установлено, что человеческий ресурс нужен в меньшем количестве, и целесообразно сократить количество операторов. Так же было установлено, что работоспособность системы увеличилась, прохождение рулонов занимает меньшее время, при этом задержки времени, связанные с документацией минимизированы или отсутствуют.

По результатам имитационного моделирования было проведено сравнение ключевых показателей (табл.1) базового и модернизированного вариантов системы

контроля и учета рулонов на участке склада приема рулонов на агрегате непрерывного горячего цинкования листопрокатного цеха.

Таблица 1

Сравнение показателей систем

Показатель	Базовый вариант	Модернизированный вариант
Число рулонов, получивших отказ в течение часа	0.54 рулонов/час	0.42 рулонов/час.
Номинальная производительность системы	2 рулонов/час	3 рулонов/час
Доля времени простоя канала	23.7 мин	28.4 мин.
Среднее время пребывания рулона на участке	0.61 часа	0.47 часа

В базовом варианте системы нет оптимального использования ресурсов и необходимо автоматизировать процесс контроля слежения за продукцией как фактический, так и в плане сопутствующего документооборота, это уменьшит задержку в работе кранов, агрегатов и вспомогательного персонала. В предлагаемом варианте уменьшается время нахождения заявки в системе, уменьшается количество рулонов, не прошедших контроль, увеличивается номинальная производительность. Предлагаемый вариант системы учета рулонов справляется с поставленными задачами лучше; моделирование показало её работоспособность, и предлагаемый вариант системы может быть апробирован в реальных условиях.

***

1. Штерензон В.А. Имитационное моделирование в оценке варианта реализации SMED / Современные материалы, техника и технологии. 2019. № 4 (25). С. 33-39.
2. Блинов Д.В., Аксенов К.А., Антонова А.С. Перспективы развития автоматизированных систем управления на металлургических предприятиях Уральского региона // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15186> (дата обращения: 20.07.2021).