

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА ПРОИЗВОДСТВА МЕДИ АО «УРАЛЭЛЕКТРОМЕДЬ»

Аннотация. В ходе анализа работы цеха электролиза меди были выявлены недостатки в текущей реализации системы оперативно-календарного планирования. В качестве альтернативы была предложена реализация системы оперативно-календарного планирования на основе имитационной модели цеха электролиза меди, которая способна воспроизвести реальный технологический процесс в пространстве и избежать имеющихся недостатков текущей системы при формировании плана работ на месяц и перестроения расписания работ при возникновении производственных отклонений. В данной работе описана возможность применения агентного метода имитационного моделирования в программном обеспечении AnyLogic для воссоздания технологического процесса цеха электролиза меди АО «Уралэлектромедь» и формирования оперативно-календарного плана производства.

Ключевые слова: оперативно-календарное планирование, планирование работ, имитационное моделирование, агентный метод моделирования, AnyLogic, цех электролиза меди.

Abstract. In the course of the analysis of the operation of the copper electrolysis shop, shortcomings were identified in the current implementation of the operational scheduling system. As an alternative, there was proposed the implementation of an operational-scheduling system based on a simulation model of a copper electrolysis shop, which is able to imitate the real technological process in space and avoid the existing shortcomings of the current system in process of forming a job plan for a month and rebuilding the job schedule following for plan deviations. This article describes the possibility of using the agent-based simulation method in the AnyLogic software to recreate the technological process of the copper electrolysis shop of JSC "Uralelectromed" and to create operational schedule of production.

Key words: operational scheduling, job planning, simulation modeling, agent-based simulation, AnyLogic, copper electrolysis shop.

Автоматизированные системы управления предприятием (АСУП) в настоящее время в России активно развиваются и внедряются на металлургических предприятиях. АО «Уралэлектромедь» также находится на стадии внедрения АСУП для цифровизации технологических процессов производства с целью уменьшения финансовых затрат и сроков выпуска продукции.

Оперативно-календарное планирование – процесс обеспечения синхронной работы участков производства для надёжного функционирования всего экономического объекта (цеха, предприятия) в целом. Математические задачи оперативно-календарного планирования преимущественно решаются на основе моделей теории расписаний и управления запасами. Результатом расчётов оперативно-календарного планирования должны быть оптимальные (как правило, сменные) задания на выполнение необходимых работ, формирование привязанных к точным датам заказов другим экономическим объектам [1].

На предприятии АО «Уралэлектромедь» была поставлена задача автоматизировать процесс составления графика работы цеха электролиза меди. Ранее была реализована система оперативно-календарного планирования работ цеха электролиза меди безосновной технологии на месяц на базе системы управления производственными процессами «MPDV Hydra». Недостатком этого программного решения является то, что процесс распределения производственных заказов не способен учесть некоторые ограничения, связанные с реальным взаимодействием цехового оборудования в пространстве, а также особенностями планирования работ на сутки и определённым чередованием операций.

Для автоматизированного построения оперативно-календарного плана производства с учётом недостатков ранее внедрённой системы был рассмотрен метод имитационного моделирования. Имитационное моделирование – это способ исследования, при котором рассматриваемая (производственная, аналитическая, логистическая или какая-либо другая) система заменяется цифровой моделью, максимально приближенной к реальной системе, при этом имеется возможность проводить бесконечное количество испытаний без расходования материальных ресурсов. Данные опыты проводятся с целью извлечь информацию из построенной модели в процессе имитирования [2]. Метод обладает следующими преимуществами при применении его на производстве:

1. Имитационное моделирование позволяет описать технологический процесс в трёхмерном пространстве. Это даёт возможность учитывать движение транспортного оборудования, материалов и готовой продукции, которые сложно учесть при аналитическом методе построения модели.

2. При разработке имитационной модели работы цеха возможно проверить взаимодействие оборудования на правильность с помощью визуальной оценки эксперимента над моделью.

3. В имитационную модель возможно включить случайные события, влияющие на работу цеха (аварии, внеплановое обслуживание технологического оборудования, нарушение сроков поставки сырья и подобные), что может приблизить идеальный план к реальному.

Для разработки имитационной модели и проведения экспериментов над ней было выбрано программное обеспечение «AnyLogic», разработанное российской компанией The AnyLogic Company.

В качестве основного принципа моделирования объектов был выбран агентный метод, так как организация работ цеха электролиза меди соответствует описанию агентного подхода к моделированию – динамика работы оборудования, в отличие от других методов имитационного моделирования, определяется не глобальными правилами и законами, а являются результатом индивидуального взаимодействия оборудования на конкретный момент работы цеха [3].

Имитационная модель состоит из нескольких элементов:

1. Пространственная область технологического оборудования. Содержит в себе информацию о физических размерах пространства, расстояниях между объектами и возможных траекториях перемещения оборудования. Демонстрация пространственной области, имитирующая помещение цеха электролиза меди, изображена на рисунке 1.

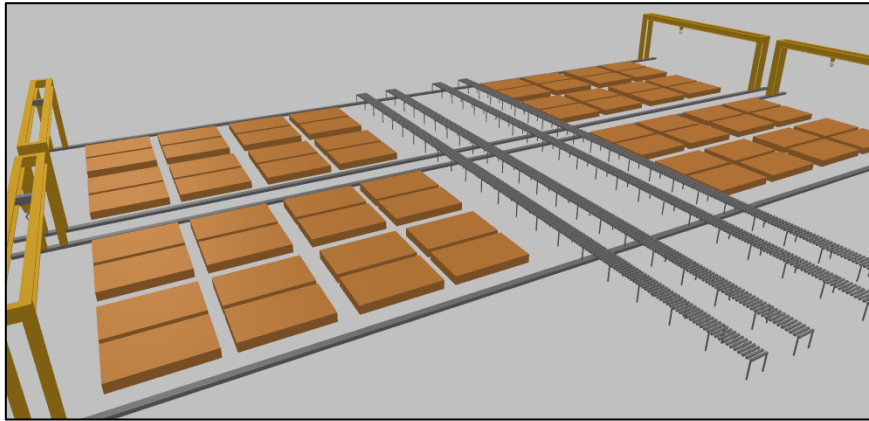


Рис. 1. Пространственная область, имитирующая помещение цеха электролиза меди

2. Область агентов. Все виды технологического оборудования представлены как типы объектов, каждый из которых имеет в себе логику внутренней работы оборудования и внешнего взаимодействия между другими типами объектов. Всё технологическое оборудование цеха размещено в пространственной области в качестве экземпляров типов объектов (популяции агентов). В качестве примера на рисунке 2 изображена диаграмма состояний для технологического крана, отражающая внутреннюю логику работы оборудования (тип агента – краны). Данный тип агента способен выполнять транспортировку материалов между оборудованием. Для того чтобы в плане работ кран считался занятым в работе, возможно создание временных меток при переходе крана из состояния «ожиданиеЗадания» к движению и к возвращению к этому состоянию. Временные метки начала и конца операции определяют границы конкретной работы.

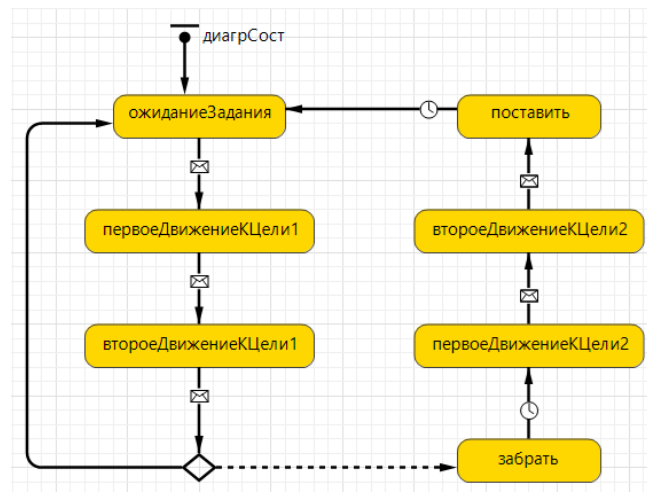


Рис. 2. Диаграмма состояний технологического крана

3. База данных. В результате проведения имитации работы цеха происходит выполнение алгоритмов всего оборудования. В алгоритмы работы оборудо-

вания также заключены действия, формирующие данные о начале и конце технологической операции, которые отправляются в базу данных для дальнейшей обработки. Примерный формат данных приведён на рисунке 3.

1,1,0,2022-01-01 00:00:00,2022-01-01 04:30:00
2,4,0,2022-01-01 00:04:00,2022-01-01 04:35:00
3,0,0,2022-01-01 04:35:00,2022-01-08 04:35:00
4,4,0,2022-01-08 04:35:00,2022-01-08 11:35:00
5,2,0,2022-01-08 04:40:00,2022-01-08 11:40:00
6,0,0,2022-01-08 11:35:00,2022-01-15 11:35:00
7,4,0,2022-01-15 11:35:00,2022-01-15 18:35:00
8,2,0,2022-01-15 11:40:00,2022-01-15 18:40:00
9,0,0,2022-01-15 18:35:00,2022-01-22 18:35:00
10,4,0,2022-01-22 18:35:00,2022-01-23 01:35:00
11,2,0,2022-01-22 18:40:00,2022-01-23 01:40:00
12,4,0,2022-01-22 18:35:00,2022-01-23 01:35:00
13,3,0,2022-01-22 18:35:00,2022-01-23 02:40:00

Рис. 3. Формат данных для создания диаграммы Ганта

Строки базы данных состоят из значений, каждое из которых содержит следующую информацию:

1-й столбец – идентификационный номер технологической операции;

2-й столбец – код типа оборудования (идентификатор типа агента);

3-й столбец – код экземпляра типа оборудования (идентификатор экземпляра популяции агентов);

4-й столбец – дата начала операции (ГГГГ-ММ-ДД ЧЧ:ММ:СС);

5-й столбец – дата окончания операции (ГГГГ-ММ-ДД ЧЧ:ММ:СС);

Также возможно организовать обмен данными между базами данных информационной системы цеха и базой имитационной модели для получения текущего состояния выполнения операций на горизонте планирования, что позволяет запускать имитацию с подготовленными начальными условиями с целью перестроения плана работ.

4. Визуализация данных. Данные, поступившие в базу данных, могут быть обработаны для построения графика работ, например, в виде диаграммы Ганта. Пример диаграммы Ганта, сформированной на основе временных меток, получаемых в ходе проведения имитации работы цеха, изображён на рисунке 4. Данная визуализация, детализированная по суткам, позволяет определять сменные задания – время начала работ, задействованное оборудование и количество задействованного оборудования.

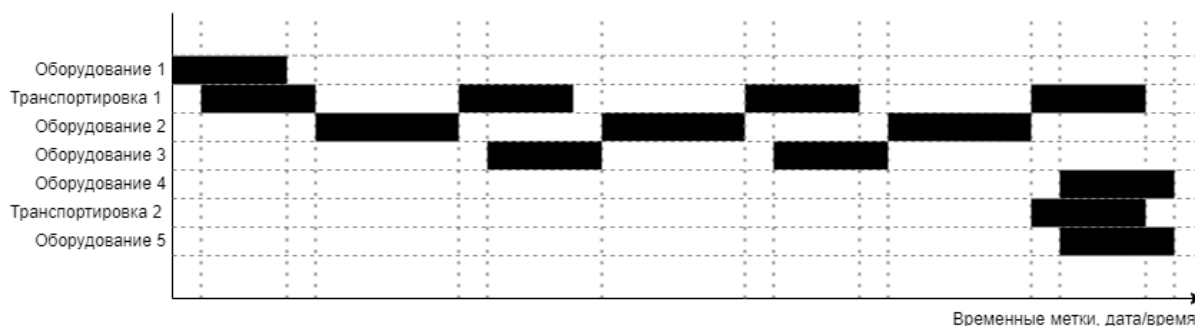


Рис. 4. Диаграмма Ганта, сформированная на основе временных меток технологических операций

Таким образом, имитационное моделирование, в частности, агентный метод, может быть использован в качестве инструмента для оперативно-календарного планирования производства цеха электролиза меди, который способен избежать недостатков других систем планирования. Также модель может быть использована не только как инструмент планирования работ цеха, но и как инструмент для нахождения узких мест во взаимодействии цехового оборудования и выяснение причин отклонений от плана. Перспективы развития данной работы заключается в следующем:

1. Дальнейшая разработка имитационной модели цеха электролиза меди может быть использована для оценки влияния будущих изменений цеха на выпуск готовой продукции при изменении параметров технологического процесса, расширении или сужении производства, модернизации оборудования и подобных изменениях.

2. Разработанная модель может послужить основой для создания имитационных моделей других цехов предприятия, а также возможно создание единой модели производства предприятия целиком.

Список использованных источников

1. Высочин С.В. Оперативно-календарное планирование [Электронный ресурс] – URL: <http://www.zspps.ru/index.php/mes-tesaurus/205-production-scheduling.html> (дата обращения – 17.04.2023).

2. Лебедюк Э.А. Агентное моделирование: состояние и перспективы / Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, 2017. №6 (96). – С. 155-162.

3. Строгалев В.П., Толкачева И.О. Имитационное моделирование / Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2008. – С. 17.

УДК 004.94

Т. М. Приходько, Г. В. Макаров

ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,

г. Новокузнецк, Россия

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Аннотация. В статье рассмотрена проблема анализа и визуализации производственных данных. Создание ситуационных центров при производственных комплексах требует особых форм и средств представления данных. В настоящее время большинство таких средств стали недоступны или ограниченно доступны для российского рынка. Это дает возможность осуществить разработку востребованного продукта, который в отличие от