

URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Системы_управления_предприятием_\(ERP-рынок_России\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Системы_управления_предприятием_(ERP-рынок_России)) (дата обращения: 10.12.2024).

2. Краткий путеводитель по методологиям и нотациям описания и моделирования бизнес-процессов. Часть 1. – URL: <https://infostart.ru/pm/1426878/> (дата обращения: 10.12.2024).

3. Работа с базой данных. – URL: <https://v8.1c.ru/platforma/rabota-s-bazoy-dannykh/> (дата обращения: 10.12.2024).

4. Как мы в 1С: Предприятии работаем с моделями данных (или «Почему мы не работаем с таблицами?»). – URL: <https://habr.com/ru/companies/1c/articles/334050/> (дата обращения: 10.12.2024).

УДК 004.94

С.С. Масальский, доц.; А.С. Масальская, студ.;
Л.С. Масальский, студ. (МГТУ им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия)

АНАЛИЗ ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

Современное металлургическое производство является сильно ресурсоёмким и энергоёмким. Поэтому проведение натуральных технологических экспериментов непосредственно на работающих металлургических агрегатах сопряжено с рядом трудностей.

Доступной альтернативой для проведения экспериментов представляется разработка цифровых моделей, применение концепции «цифровых двойников».

Цифровой двойник – это виртуальная, математически описанная модель сложной системы (технических, природных объектов или процессов) [1]. С использованием цифровых двойников доступно рассмотрение поведения системы в трудновоспроизводимых условиях, что позволяет углубить понимание внутренних процессов и скорректировать используемые в системе технологии в соответствии с полученными данными.

На сегодняшний день не существует полноценных цифровых двойников для системы машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Для упрощения теоретических исследований на кафедре металлургии и химических технологий ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г. И. Носова» межпредметной группой исследователей инициирована разработка цифрового двойника слабовой МНЛЗ.

Первостепенной задачей при разработке цифрового двойника является создание цифровой модели устройства, на основе которой надстраиваются потоки технологических процессов.

Современная МНЛЗ представляет собой сложный комплекс технологического оборудования, включающий следующие агрегаты и локальные системы: сталеразливочный ковш, сталеразливочный стенд, промежуточный ковш, устройство для перемещения и подъема промежуточного ковша, кристаллизатор, механизм качания кристаллизатора, затравка и механизмы для ее введения и отделения, поддерживающие устройства зоны вторичного охлаждения, система вторичного охлаждения заготовки, тянуще-правильное устройство, устройство для разделения заготовки на мерные части.

Системы агрегата МНЛЗ выполняют следующие функции:

- взвешивание жидкого металла в сталеразливочном ковше в рабочей и резервной позиции;
- измерение температуры жидкого металла в промежуточном ковше;
- независимое измерение и регулирование скорости разливки металла по ручьям;
- независимое измерение и регулирование частоты качания кристаллизаторов по ручьям;
- независимое измерение и регулирование амплитуды качания кристаллизаторов по ручьям;
- измерение давления и температуры воды на подводах к кристаллизаторам;
- измерение и регулирование расхода воды на подводах к кристаллизаторам;
- измерение давления, расхода и температуры воды на сливах с кристаллизаторов;
- измерение и регулирование расхода воды по малому и большому радиусу на каждую зону вторичного охлаждения слитков;
- измерение давления воды и воздуха по малому и большому радиусу на каждую зону вторичного охлаждения слитков;
- регулирование расхода воды на охлаждение оборудования МНЛЗ;
- управление перемещением всех механизмов МНЛЗ (стенд, тележки промежуточных ковшей, машины газокислородной резки, привода роликов, механизмы заведения и отделения затравки);
- управление транспортировкой заготовок за машинами газокислородной резки;

- автоматическое поддержание уровня металла в кристаллизаторе;
- распознавание «подвисания» корочки слитка в кристаллизаторе;
- диагностика состояния механизма качания кристаллизатора;
- управление шиберами сталеразливочных ковшей;
- управление всеми гидростанциями и системами смазки;
- автоматическое поддержание температуры масла в гидростанциях;
- регулирование давления кислорода и природного газа в резаках машин газокислородной резки;
- контроль состояния электрооборудования;
- сбор и обработка технологической информации перед началом разливки металла с целью определения готовности оборудования МНЛЗ к работе;
- сбор и обработка информации о технологических параметрах в процессе разливки металла, оперативное обеспечение обслуживающего персонала достоверной технологической информацией;
- регистрация отклонений контролируемых параметров от заданных значений и информирование об этих отклонениях технологического персонала;
- регистрация неисправностей оборудования и нарушений технологического режима;
- регистрация предаварийных ситуаций;
- формирование информации в виде мнемосхем, таблиц и т.п.; на экранах рабочих станций, панелей операторов и с помощью принтеров;
- проведение мониторинга теплового состояния кристаллизатора с функциями предупреждения прорывов, мониторинга положения кристаллизатора с функциями диагностики сбоев в работе;
- контроль положения переднего конца слитка при разливке.

Задача создания цифрового двойника подразумевает реализацию цифровых моделей всех представленных выше агрегатов, а также комбинирование их в единую взаимосвязанную систему [2].

При проектировании цифровой модели выбран подход конструирования «снизу вверх», то есть от опорных деталей к небольшим механизмам и надстройкам. Таким образом, процесс построения цифрового двойника повторяет реальный процесс строительства конструкции МНЛЗ и обеспечивает создание более точной модели [3].

Отдельной задачей при создании цифровой модели является выбор подходящего инструментария. Существует огромный спектр про-

граммного обеспечения, реализующий функционал создания трехмерных объектов, но использование подобных инструментов предполагает создание моделей отдельно от программного функционала.

Такой подход не соответствует поставленной цели – созданию полноценного цифрового двойника, поскольку он разделяет программные объекты на графические (трехмерные изображения агрегатов) и физические (объекты, передающие физические характеристики реальных аналогов).

Цель цифрового двойника – инкапсулировать логику модели внутри модели, чтобы она могла функционировать самостоятельно. Поэтому вместо готовых инструментов рисования пространственных объектов выбор сделан в пользу программных инструментов создания графики на основе геометрии, а именно фреймворка Babylon.js языка JavaScript.

Данный фреймворк позволяет генерировать графику напрямую браузерными скриптами [4], что является значительным преимуществом с точки зрения пользовательского восприятия интерфейса.

На сегодняшний день командой исследователей реализуется разработка соответствующих программных классов, проводится отладка в соответствии с консультациями сотрудников, непосредственно участвующих в производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кокорев, Д.С. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса / Д.С. Кокорев, А.А. Юрин // Colloquium-Journal. – 2019. – № 10-2(34). – С. 101-104.
2. Столяров, А.М. Непрерывная разливка стали Машины непрерывного литья заготовок / А.М. Столяров, В.Н. Селиванов. – Москва; Вологда : ООО «Издательство "Инфра-Инженерия"», 2020. – 192 с.
3. Сафонов, Д.С. Автоматизация проектирования конструкции секций вторичного охлаждения машины непрерывного литья заготовок / Д.С. Сафонов, О.С. Логунова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2015. – № 1(49). – С. 111-127.
4. Автоматизация создания инженерных учебных WebGL приложений / А.Н. Власенко, С.С. Александрова, Ф.Г. Садреев, П.А. Воронин // Труды Международной конференции по компьютерной графике и зрению "Графикон". – 2021. – № 31. – С. 47-53. – DOI 10.20948/graphicon-2021-1-47-53.