

Моделирование производственных процессов изготовления деталей в среде Anylogic

И. М. Кычкин, email: vip.kychkin@gmail.com

А. А. Минигалиев, email: ainurminigaliev4@gmail.com

В. В. Мокшин, email: vladimir.mokshin@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет
– КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

***Аннотация.** Рассмотрено программное обеспечение для имитационного моделирования - Anylogic. Разработана и использована в качестве примера функционала оптимизационная модель центра производства инструментов. В работе приведено описание созданной модели, ее алгоритма работы, результатов оптимизации и интерфейса.*

***Ключевые слова:** имитационное моделирование, инструментальная среда Anylogic, производство, технологический процесс, интерфейс, пресс-формы.*

В современное время быстрое развитие информационных технологий привело к серьезным революционным изменениям в области моделирования систем. Если раньше в Российской Федерации доминирующим инструментом системного моделирования был специализированный язык GPSS, программное обеспечение GPSS World, Arena и большинство специалистов по моделированию знали его, то сейчас существует почти десяток других систем моделирования, которые позволяют вводить структуры моделируемых систем в графической форме. Также, существует множество актуальных задач по выбору системы моделирования для конкретной предметной области моделирования и возможности быстрого обучения моделированию в выбранной системе [1].

AnyLogic — программное обеспечение для имитационного моделирования, разработанное российской компанией The AnyLogic Company (бывшая «Экс Джей Текнолоджис», англ. XJ Technologies). Инструмент обладает современным графическим интерфейсом и позволяет использовать язык Java для разработки моделей. Первая версия системы AnyLogic 4.0 разработана в 2003 году. Последняя - AnyLogic 8 была выпущена в 2017 году. Начиная с версии 8.0, среда разработки моделей AnyLogic интегрирована с AnyLogic Cloud, онлайн-сервисом для аналитики имитационных моделей. Система AnyLogic

включает в себя графический язык моделирования и позволяет пользователю расширять созданные модели с помощью языка Java [2].

В процессе разработки имитационной модели пользователю доступна «Палитра компонентов моделей». Она включает в себя совокупность библиотек по отдельным тематическим разделам. Объекты основной библиотеки AnyLogic являются строительными блоками, с помощью которых строятся структурные схемы модели. По своей функциональной принадлежности объекты подразделяются на несколько категорий.

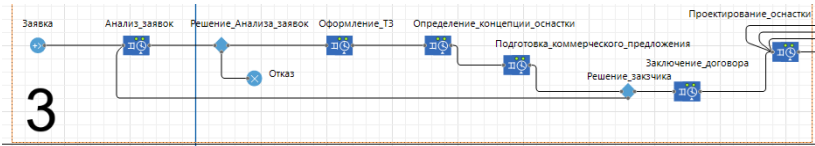
Помимо этого, пользователю доступны библиотеки AnyLogic — это коллекции элементов, созданных для решения какой-то определённой задачи моделирования или описывающих какую-то прикладную область. AnyLogic включает в себя набор следующих стандартных библиотек: библиотека моделирования процессов, пешеходная библиотека, железнодорожная библиотека, библиотека моделирования потоков, библиотека дорожного движения, библиотека производственных систем. Помимо стандартных библиотек пользователи могут создавать свои собственные и использовать их для создания моделей [4,5].

Используя пример модели, можно качественно продемонстрировать возможности программы Anylogic. В нашем случае была использована библиотека Process Modeling Library (Библиотека моделирования процессов). Она разработана для поддержки дискретно-событийного моделирования. Process Modeling Library позволяет моделировать системы реального мира с точки зрения заявок (сделок, клиентов, продуктов, транспортных средств, и т. д.), процессов (последовательности операций, очередей, задержек), и ресурсов.

Подробное описание модели приведено в ранних статьях авторов [3]. Тем не менее, кратко модель можно представить так. В систему поступает заявка от заказчика (Заявка), после чего начинается процесс ее обработки. Как только заявка будет обработана, происходит процесс проектирования оснастки (Проектирование_оснастки). Следующий этап — это производство отдельных частей пресс формы. При производстве каждой части пресс-формы проводятся различные виды обработок (слесарная, фрезерная и т.д.). После завершения изготовления каждой из частей пресс-формы происходит процесс сборки. Далее идут приемочные испытания в ЦПИ (Приемочные_испытания_в_ЦПИ), и после испытаний форма передается заказчику (передача_формы_заказчику). После завершения передачи проводятся приемо-сдаточные испытания у заказчика (Приемо_сдаточные_испытания_у_заказчика). На каждом из этапов

происходит проверка, в случае не прохождении проверки, пресс-форма отправляется на доработку, в противном случае процесс производства пресс-формы завершается.

Опишем процесс получения статистики с модели, а конкретно: определим среднее время обработки заявки и построим гистограмму. На рисунке 1 представлен участок модели, отвечающий за обработку заявки.



3

Рис. 1. Обработка заявки

На блоке “Анализ заявок” при входе в параметр агента-заявки зафиксируем значение текущего модельного времени, т.е. количество единиц модельного времени, прошедшее с начала запуска модели с помощью системной функции “time()” (Рис.2).

Действия

При входе:

При захвате ресурса:

При начале задержки:

При подходе к выходу:

Рис. 2. Фиксация текущего модельного времени

Далее в блоке “Заключение договора” на выходе найдем разницу между текущим модельным временем и тем, которое мы зафиксировали в параметр агента “startWaitingObrZvk”. Результат этой разницы добавим в данные нашей гистограммы (Рис. 3.).

Действия

При входе:

При захвате ресурса:

При начале задержки:

При подходе к выходу:

При выходе:

При извлечении:

Рис. 3. Нахождение среднего времени обработки заявки

Данные гистограммы, в которую мы записали среднее время, указывается в параметрах гистограммы в поле “Данные” (Рис.4).

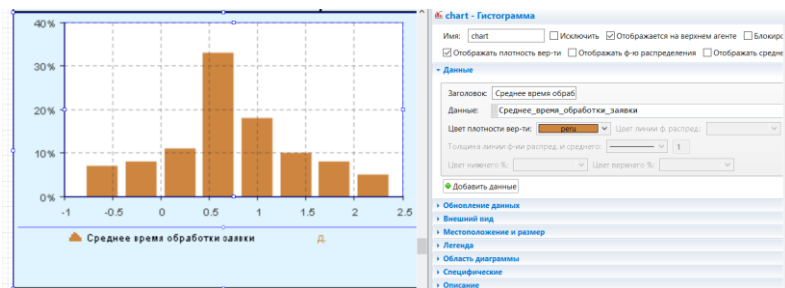


Рис. 4. Гистограмма для среднего времени обработки заявки

Для данной модели был разработан интерфейс, представляющий собой первичную форму предзапуска симуляции (Рис. 5.) и главную форму, содержащую меню (Рис. 6, 7).

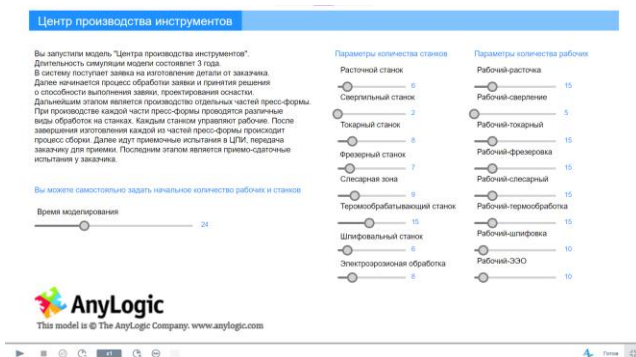


Рис. 5. Первичная форма предзапуска симуляции

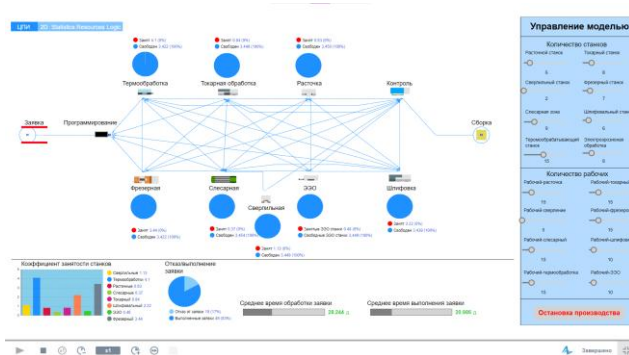


Рис. 6. Главная форма

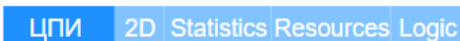


Рис. 7. Меню

Меню обладает простым и достаточным функционалом. “2D” - является вкладкой главной формы и содержит в себе основные элементы управления и схему-структуру связанной работы станков, а также основные диаграммы моделирования. “Statistics” - является вкладкой формы статистики по модели. Здесь представлена информация, необходимая для анализа работы модели (Рис. 8).



Рис. 8. Вкладка “Statistics”

Вкладка “Resources” представляет собой окно информации о примененных агентах, ресурсах для станков и для производства (Рис. 9.)

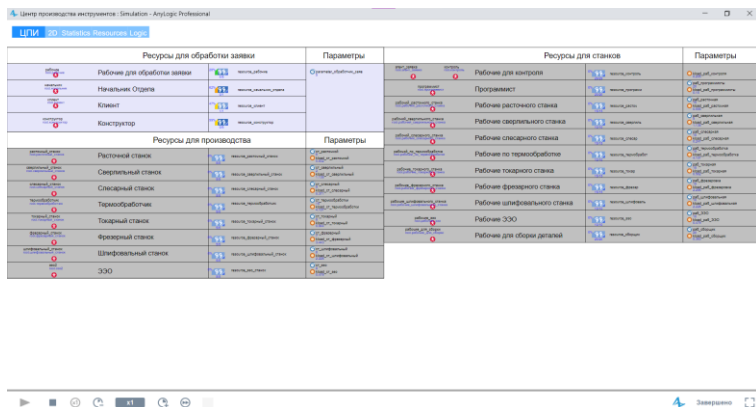


Рис. 9. Вкладка “Resources”

Последняя вкладка “Logic” предназначена для визуального ознакомления с логикой работы модели. Данная вкладка делится на несколько вложенных подзон, для детального масштабирования начальных и завершающих процессов производства (Рис. 10, 11).

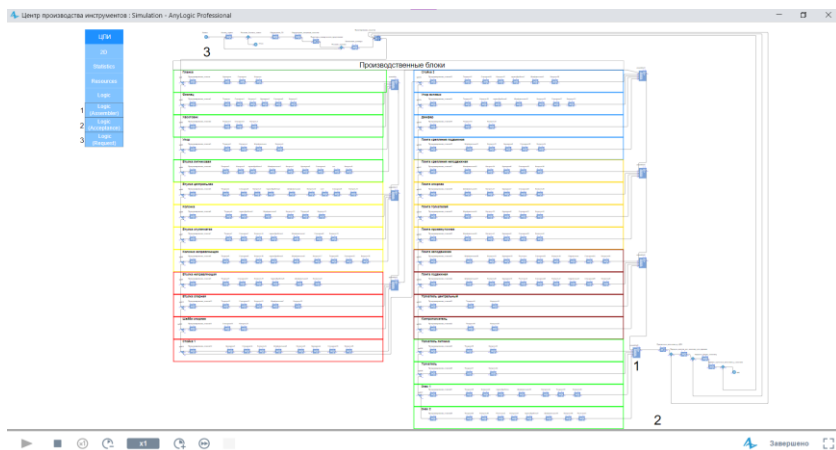


Рис. 10. Вкладка “Logic”

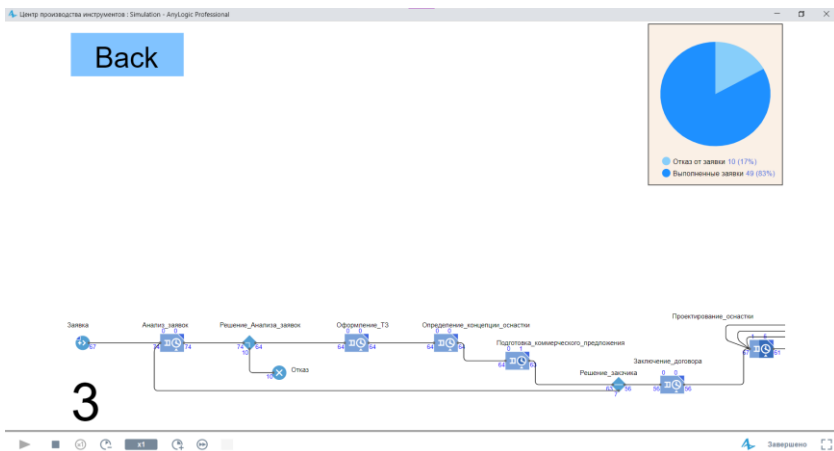


Рис. 11. Вкладка подзоны “Logic (Request)”

В результате работы модели, мы получили следующие оптимизационные данные (Таблица). Они позволяют нам сделать вывод о необходимости уменьшения/увеличения количества рабочих и станков, тем самым мы уменьшаем простой ресурсов и увеличиваем производительность ЦПИ.

Таблица

Результаты оптимизационного эксперимента

Наименование параметра	Описание	Исходное значение, штук	Нижняя граница, штук	Верхняя граница, штук	Оптимальное значение, штук
раб_расточная	Количество рабочих на расточных станках	5	5	40	12
раб_сверлильная	Количество рабочих на сверлильных станках	5	5	40	37

Продолжение табл.

Наименование параметра	Описание	Исходное значение, штук	Нижняя граница, штук	Верхняя граница, штук	Оптимальное значение, штук
раб_слесарная	Количество рабочих на слесарных станках	5	5	40	18
раб_термообработка	Количество рабочих на станках термообработки	5	5	40	37
раб_токарная	Количество рабочих на токарных станках	5	5	40	5
раб_шлифовальная	Количество рабочих на шлифовальных станках	5	5	40	9

Таким образом, можно сделать вывод что программное обеспечение для имитационного моделирования - Anylogic обладает достаточным количеством инструментария, необходимого для гибкого создания модели, а также user-friendly интерфейса, что дает возможность осуществлять качественное моделирование, комфортную настройку и анализ полученных данных.

Список литературы

2. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В. Моделирование сложных систем в имитационной среде AnyLogic // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №13. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-slozhnyh-sistem-v-imitatsionnoy-srede-anylogic> (дата обращения: 18.12.2021).
3. Anylogic - Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AnyLogic> (дата обращения: 17.12.2021).
4. А.А. Минигалиев, И.М. Кычкин. Оптимизация имитационной модели производства пресс-форм в среде Anylogic // XXV Туполевские

чтения (школа молодых ученых): Международная молодёжная научная конференция, 10–11 ноября 2021 года: Материалы конференции. Сборник докладов.

5. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Трусфус М.В., Мокшин В.В. Сравнение систем структурного и имитационного моделирования Anylogic, Extendsim, Simulink // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 15. С. 118-122.

6. Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Марусина О.К., Зиятдинов Д.М., Евлампьев В.А., Шириазданов Р.Р. Имитационное моделирование процесса сортировки и выдачи багажа в аэропорту // Вестник Технологического университета. 2019. Т. 22. № 6. С. 150-156.