

Орловцева В.С.,

магистр,

1 курс, факультет «А» Ракетно-космическая техника

Балтийский государственный технический

университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова,

Санкт-Петербург, Россия

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РОБОТИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Аннотация: В статье рассматривается проблема автоматизации механической обработки корпусных деталей в условиях частой смены номенклатуры. Показано, что применение роботизированных участков вместо классических поточных линий и автономных станков с ЧПУ позволяет повысить производительность и сократить такт выпуска за счёт минимизации межоперационных и вспомогательных переходов. Поскольку традиционный расчёт по эмпирическим формулам не позволяет выявить «узкие места» и учесть вероятность отказов, предложено использовать дискретно-событийное имитационное моделирование в среде AnyLogic. Разработанная модель, основанная на реальном технологическом процессе и представленная в виде диаграммы процессов, даёт возможность исследовать поведение роботизированного комплекса в реальном времени до его физического ввода в эксплуатацию.

Ключевые слова: моделирование, имитационное моделирование, участок цеха, механическая обработка, корпусные детали, Основание, AnyLogic, роботизированное производство.

Annotation: This paper examines the challenge of automating the machining of housing parts given frequent shifts in product nomenclature. We demonstrate that

utilizing robotic cells, as an alternative to conventional flow lines or standalone CNC machines, can significantly enhance productivity and shorten production cycles by minimizing both inter-operational and auxiliary steps. Since traditional calculations relying on empirical formulas often fail to identify bottlenecks or account for potential failures, we propose employing discrete-event simulation modeling within the AnyLogic environment. Our developed model, which draws from a real-world technological process and is presented as a process flowchart, allows for real-time investigation of the robotic complex's behavior prior to its physical commissioning.

Keywords: *modeling, simulation modeling, workshop site, machining, body parts, Foundation, AnyLogic, robotic production.*

При изготовлении группы корпусных деталей может происходить частая сменяемость номенклатур, что требует автоматизации механообрабатывающего производства. Если перевести производство на использование поточных линий, то это не даст должного эффекта. Так, прибегая к использованию роботизированных участков, которые рассчитаны не только на изготовление определенной группы деталей, можно найти ряд преимуществ относительно классических участков, где используются станки с числовым программным управлением.

Главным отличием в применении роботизированных производств от использования исключительно станков с числовым программным управлением будет повышение производительности производства, сокращение такта выпуска, то есть сократится время на межоперационные и вспомогательные переходы, за счет точного подбора средств для механической обработки (станков), вспомогательного оборудования, например, роботов-манипуляторов и связью технологических и транспортных потоков.

Технологический процесс является сложной системой, из-за обширного числа отдельных элементов, которые связаны между собой. От технологического процесса зависят следующие параметры:

- загрузка оборудования;
- время изготовления одной детали;
- себестоимость изготовления [1].

Результаты маршрутно-технологического графика загрузки оборудования, полученные при расчетах на основе эмпирических формул (формулы 1,2,3) [2], предоставляют достаточные данные для проектируемого участка цеха механической обработки, но не позволяют определить его «узкие места», недостаток производственных мощностей с учетом ошибок, таких как непредвиденные поломки.

$$T_{оп} = T_o * N_{п} \quad (1)$$

$$N_p = T_{оп} / \Phi_{э} \quad (2)$$

$$N = N_p / k_3 \quad (3)$$

Где, k_3 – нормативный коэффициент загрузки оборудования;

T_o – трудоемкость выполнения операций;

$N_{п}$ – приведенная программа выпуска;

$\Phi_{э}$ – эффективный годовой фонд времени;

N_p – расчетное количество станков;

N – расчетное количество станков с учетом коэффициента загрузки.

Таблица 1.

Маршрутно-технологический график загрузки оборудования

Параметры	Токарно-фрезерный станок MAZAK INTEGREX i-200S	Фрезерный станок DMC 80 U duoBLOCK
$T_{оп}, ч$	887.78	3533
N_p	0.16	0.62
N	0.21	0.83

Согласно данным, приведенным выше, количество оборудования каждого типа равняется единице, поскольку каждая из единиц оборудования используется в двух операциях и оснастка в них отличается, следует увеличить единицы оборудования до двух. Так, из-за невозможности точного описания модели участка исключительно системами уравнений, следует воспользо-

ваться имитационным моделированием в системе AnyLogic [3]. Где появляется возможность исследовать модель роботизированного комплекса в реальном времени.

Имитационное моделирование используется для проведения тех или иных экспериментов (опытов) на основе разработанной компьютерной модели реальной системы или объекта. Чаще всего применение данного вида моделирования обосновано невозможностью построения аналитической модели системы, где учитываются причинно-следственные связи, ошибки, которые следует предугадать и проконтролировать до введения системы или объекта в эксплуатацию.

Так, имитационное моделирование – это высокоуровневая информационная технология с применением компьютеров, чаще всего используемая при моделировании сложных систем [4].

В данной работе применено дискретно-событийное моделирование, которое обозначает "процессное" моделирование, в котором динамика системы представляется как последовательность операций. Но перед его использованием стоит убедиться, что моделируемая система действительно описывается как иерархическая [3].

Исходя из расчетов, проведенных выше, и разработанного технологического процесса, известно время на выполнение операций. Так, первая и четвертая операции производятся на токарно-фрезерных станках и занимают 3,7 минуты и 2,2 минуты, а вторая и третья – выполняются на фрезерном станке, где время на операцию составляет 20 минут и 3,35 минут соответственно.

Перед началом моделирования, для удобства и понимания, представили все действия агентов/ресурсов в виде блок-схем, что представляет собой диаграмму процессов (Рисунок 1) [5].

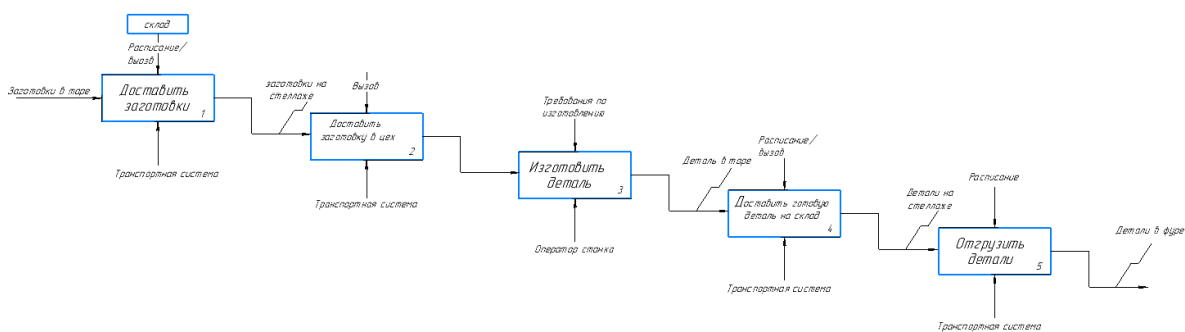


Рисунок 1. блок A0. Маршрутно-технологический процесс

Так же, принимается решение, как следует расположить элементы на участке, каким образом будет производиться доставка заготовок/деталей. С помощью AnyLogic создается модель рассматриваемого роботизированного участка цеха механической обработки, с учетом всех габаритных размеров (Рисунок 2). В двумерном представлении изображена схема цеха, где созданы пути и узлы. Узлом является место, где агент может находиться в течение какого-то времени (в данном случае узлами являются приемная зона 1 – receivingDock, место парковки погрузчиков 3 – forkliftParking). Затем соединим эти узлы линией, которая образует путь. Также имеется узел 6 – departureDock, откуда готовые детали забирает машина. Добавим стеллажи – 2 palletRack (стеллаж для расположения пустых паллет) и 3 – palletRack1 (стеллаж с готовыми деталями).

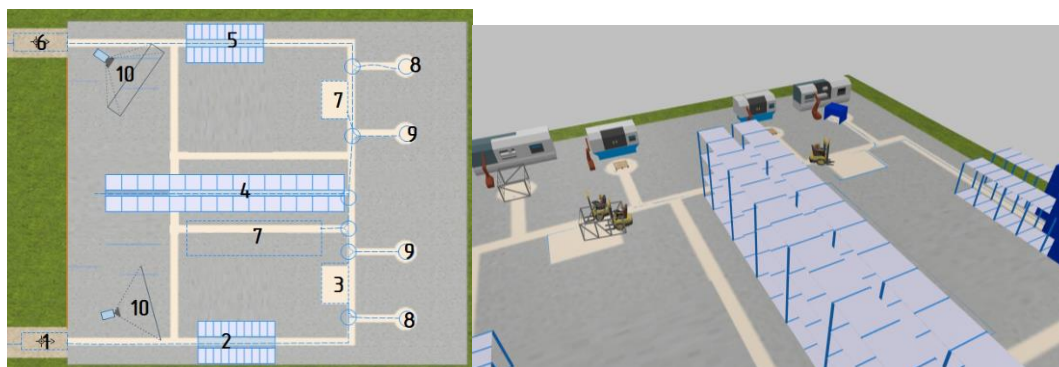


Рисунок 2. 2D и 3D модели участка цеха

1-узел, представляющий собой приемную зону для поддонов; 2 – склад с тарами; 3-узел, определяющий место парковки автопогрузчиков, когда они находятся в ожидании и не выполняют никаких заданий (парковка); 4 – склад для паллет и тар; 5 - склад с готовыми деталями; 6 – узел, представляющий зону для отправки готовых деталей; 7 – узел, представляющий зону сборки оснастки; 8 – токарные станки; 9 – фрезерные станки.

На рисунке 3 представлена диаграмма процесса, собираемая из блоков библиотеки. Каждый блок играет важную роль в общем процессе моделирования. Модель начинается с появления фуры, которая доставляет тары, в которых расположены заготовки в количестве 16 штук, и направляется на склад. После чего тара с заготовками направляется на станок, где происходит обработка согласно маршрутно-технологическому процессу (МТП). Далее тары с заготовками в процессе обработки (ЗвПО) направляются на участок сборки оснастки, где каждую заготовку устанавливают на паллету, после чего её же направляют к станку или на склад. Вся последующая обработка и перемещение тар с деталями и заготовками описана в МТП.

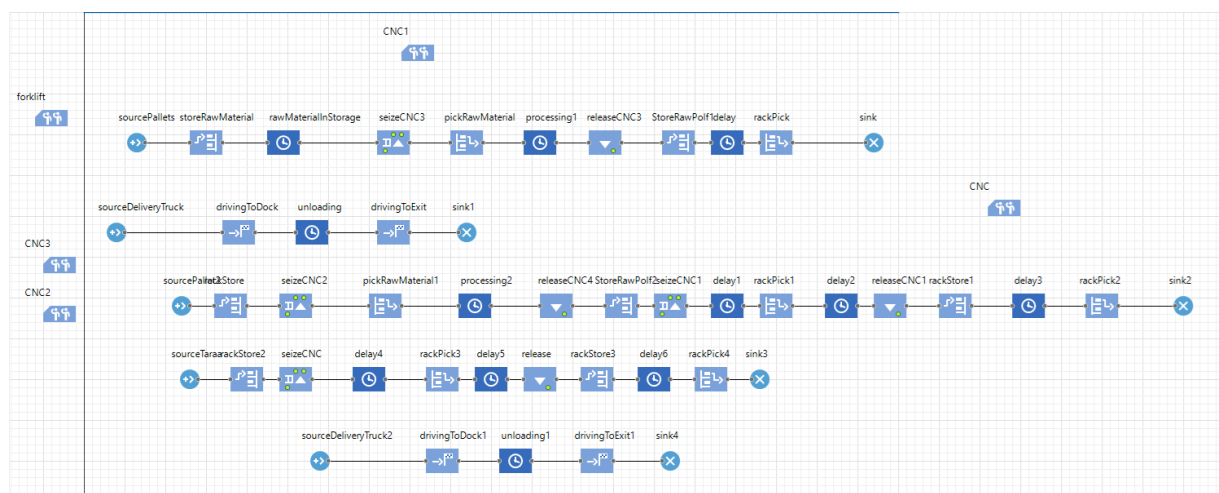


Рисунок 3. Динамика процесса

Так, чтобы модель можно было сопоставить с реальным участком, следует учитывать время некоторых задержек, ошибок через случайные величины. В построенной модели есть возможность исследования различных элементов роботизированного участка, которые возможно произвести без высоких материальных, временных и трудовых ресурсов. Разработанную модель можно проверить на надежность, задавая различные варианты нештатных ситуаций, также появляется возможность проверить правильность расположения оборудования с учетом имеющегося архитектурного решения и предварительно заданной логистики. Различные роботизированные участки крайне сложно анализировать, опираясь исключительно на аналитические данные, ГОСТы.

Список литературы:

1. Имитационное моделирование производственных систем/Под общ. ред. чл.-кор. АН СССР А. А. Вавилова.— М.: Машиностроение; Берлин: Техника, 1983. — 416 с.
2. Хватов, Б.Н. Гибкие производственные системы. Расчет и проектирование : учеб, пособие / Б.Н. Хватов. - Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. - 112 с
3. AnyLogic: имитационное моделирование для бизнеса [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.anylogic.ru/>
4. Маликов, Р. Ф. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6 : учеб. пособие / Р. Ф. Маликов. – Уфа : Изд-во БГПУ, 2013. – 296 с.
5. Р 50.1.028-2001 «Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции».