

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОРПУСООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕХА СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА ANYLOGIC

А. М. Колосов, Т. Н. Толстякова (Санкт-Петербург)

Введение

Анализ реализации существующих производственных проектов на судостроительных предприятиях (ССП) показал, что, в их рамках большое место уделяется методам и технологиям имитационного моделирования (ИМ). При этом основными результатами такого моделирования являются: данные по загрузке оборудования, по времени проведения отдельных операций и всего цикла производства, как следствие выявление узких мест процесса. Также по средствам имитационного моделирования исследователи оценивают реализуемость выполнения производственной программы предприятия. Такого рода выходные данные позволяют в последующем максимально снизить неопределенность в процессе принятия управленческих решений касательно оптимизации производственных систем и технологических процессов, что, в свою очередь, позволяет сократить сроки и затраты производства. На сайте НП «Национальное общество имитационного моделирования» (<http://simulation.su/ru.html>) представлены сведения о реализации нескольких проектов, выполненных специалистами АО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (Санкт-Петербург), в рамках которых использовались методы и технологии ИМ. Это «Моделирование функционирования комплекса подводного кораблестроения предприятия ОАО «Адмиралтейские верфи», «Моделирование функционирования корпусообработывающего производства судостроительной верфи», «Моделирование рыбообработывающего комплекса среднего рыболовного траулера-парусника». В данном докладе на основе ранее выполненных исследований [1] проведено моделирование и анализ функционирования корпусообработывающего цеха.

Постановка задачи исследования

Работа корпусообработывающего цеха относится к заготовительному периоду и начинается одной из первых работ, которые проводятся на судостроительном предприятии. Судно состоит из секций, который в свою очередь состоят из множества деталей, полос, металлических профилей. Обработка и подготовка последних к сварке – задача анализируемого корпусообработывающего цеха. В частности, на исследуемом судостроительном предприятии данный цех состоит из 8-ми пролетов: 1-ый и 2-ой пролеты специализированы под обработку профилей, 3-ий – 5-ый – под обработку деталей и полос. В данный цех листы и профили попадают после первичной обработки на складе и входом для цеха является расходный склад стали А и В (со склада А (1, 2, 3) поступают листы металла в пролеты 3–5, а со склада В – металлические профили в пролеты 1 и 2). После обработки в корпусообработывающем цехе полученные части секции попадают в участок промежуточного складирования. Таким образом два склада – на входе и выходе процесса служат буферными зонами для балансировки входящих и выходящих материальных потоков. В корпусообработывающем цехе установлено оборудование, предполагающее ручной, механический и полумеханический труд. Укрупненно оборудование можно разделить на группы: мостовые краны, машины для резки листов (на полосы и на детали), машины гибки (профилей, деталей). А рабочих можно разделить на группы – фрезеровщиков, занимающихся зачисткой кромок после сварки, и комплектовщиков, принимающих обработанные в цехе заготовки и формирующие их по секционное размещение.

Производственная система СПП, как и любая другая техническая система характеризуется неисправностями, подлежащими исследованию в рамках теории надежно-

сти. За десятки лет исследования этой научной области сформировалось устойчивое определение понятия надежности. Надежность – свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции при заданных режимах и условиях применения технического обслуживания, хранения и транспортировки. При этом надежность характеризуется понятиями долговечности, сохранности, отказоустойчивости, готовности, ремонтпригодности, безотказности [2]. На ССП существуют 4 группы объектов ПС, которые имеют различные методы расчета показателей оценки надежности [3]: неремонтируемые (служат до 1-го отказа); ремонтируемые, однако, не подлежащие ремонту в процессе производства – невозстанавливаемые элементы; ремонтируемые в процессе, но перерывы на ремонт не допустимы; ремонтируемые и допустимы кратковременные перерывы – восстанавливаемые элементы/системы.

Исследуемый корпусообрабатывающий цех, обобщенная структура, которого представлена на рис. 1 относится к последнему типу - восстанавливаемой подсистеме судостроительного предприятия, поскольку для производственных станков и мостовых кранов для транспортировки материалов допускается кратковременный ремонт в случае отказа одного из них.

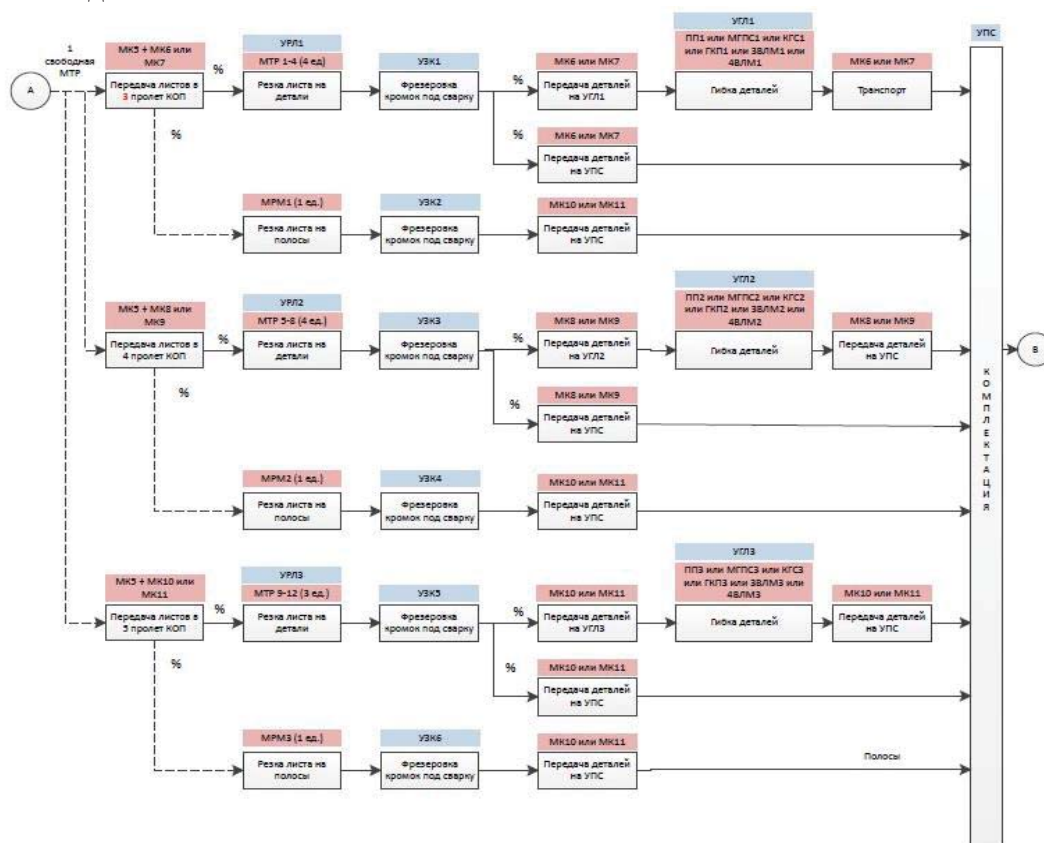


Рис. 1. Схема корпусообрабатывающего цеха (обеспечивающий склад А)

Основными видами неисправностей производственных систем ССП в данном цехе являются: недостаточный и несовершенный контроль дефектов изготовления и нарушения режимов эксплуатации; ошибочные действия операторов устройств и систем; избыточная концентрация производства в отдельных производственных зонах; воздействие внешних факторов воздействия на персонал и технические объекты.

Таким образом, основными показателями надежности анализируемого цеха являются [2]: средняя наработка на отказ (наработка (время) элемента, приходящаяся в среднем на один отказ в анализируемый период времени); наработка между отказами (время от i-го отказа до i+1-го отказа); среднее время восстановления (время, требую-

щееся для восстановления элемента в среднем в анализируемом периоде времени); коэффициент готовности системы (характеризует вероятность работоспособности элемента в случайный момент времени).

В ходе проведенного исследования анализировалась деятельность корпусообработывающего цеха ССП в течение года при выполнении следующего планового задания. Необходимо было обеспечить обработку корпусов четырех судов: 2-х корветов, 1 газовеца, 1 подводной лодки. В цехе для каждого из видов оборудования заданы временные характеристики работы. Поступление новой задачи осуществляется с заданной интенсивностью. Для цеха с учетом требуемого количества деталей, полос и профилей для 1 секции каждого из судов плановое значение годового выпуска этих заготовок составило приведенное в таблице 1 количество.

При проведении исследований задачей моделирования и анализа логистических процессов судостроительного предприятия являлась проверка реализуемости значений планового показателя годового выпуска деталей и полос, а также профилей в корпусообработывающем цехе. Проверка осуществлялась с помощью сценарного анализа, реализованного в программе имитационного моделирования AnyLogic. Оптимистический сценарий работы цеха – сценарий, где не учтены параметры надежности транспортного и обрабатывающего оборудования, а также параметры уровня качества изготавливаемых заготовок.

Таблица 1

Вид заготовки	Плановое значение (шт.)
Детали и полосы	8000
Профили	3000

В данном сценарии логистические процессы протекают без аварий, ремонта и появления брака. Однако эти события присущи данным процессам, поэтому созданный пессимистический сценарий отражает несовершенства процессов, где возникают подобные отрицательные события с некой долей вероятности. Далее после рассмотрения обоих сценариев, анализа и выявления узких мест процесса вырабатывались рекомендации, направленные на улучшение критических операций процессов, реализуемых в корпусообработывающем цехе ССП.

Результаты исследований

В разработка имитационной модели цеха проводилась на программной платформе AnyLogic версии 8.0.5. Данная программная платформа имеет несколько библиотек для разного рода объектов моделирования. Для моделирования логистических процессов, в частности, материальных потоков, выбрана библиотека моделирования процессов.

Было реализовано три сценария в рамках сценарного анализа: оптимистический, пессимистический и стандартный. Задавая плановое значение годового показателя выпуска цеха, необходимо не только учитывать номинальную мощность оборудования и производительность рабочих, но и учитывать параметры надежности системы. Так, в оптимистическом сценарии отражен вариант протекания процессов без учета возможных поломок и брака. А в пессимистическом сценарии отражены худшие исходы аварийных ситуаций, времени ремонта и вероятности наличия брака. Стандартный сценарий же имитирует работу цеха по результатам анализа предыдущих двух сценариев: нахождения узких мест, их анализу и изучению, проведения мероприятий по модернизации оборудования и обучения рабочих. Модернизация состоит в том, что 1) введено обслуживание оборудования, которое проводится через n количество времени, равное

½ времени наработки до отказа для каждого из станков и мостовых кранов; 2) проведена перенастройка оборудования – машин гибки и резки; 3) проведено дополнительное обучение работников цеха; 4) найдены узкие места процесса, критические операции: гибка и резка. Таким образом, происходят следующие позитивные изменения, отраженные в стандартном сценарии:

- 1) увеличивается среднее время наработки до отказа ресурсов в среднем в 2 раза;
- 2) уменьшается время ремонта ресурсов на 50%, т.к. аварии при периодическом обслуживании требуют меньшего объема трудозатрат;
- 3) уменьшается доля брака после настройки оборудования в среднем на 10%;
- 4) сокращается время обработки на участках гибки и резки до 24 и 25 минут в среднем соответственно.

Результаты моделирования каждого из сценариев сравниваются с плановым значением. Также проводится сравнительный анализ доли выполнения плана от сценария к сценарию. В итоге находится доля выполнения плана с учетом реалистичных параметров цеха – параметров стандартного сценария.

На рисунке 2 изображена построенная модель для оптимистического сценария, а на рисунке 3 — пессимистического сценария. За исследуемый период был взят календарный год без учета праздничных дней – 360 дней, 8640 часов. Модельное время – часы. Шаг модели – 3 часа. В модель также были добавлены элементы статистики для наглядности результатов моделирования. Временной график и столбиковая диаграмма с накоплением для поломок каждого вида оборудования, гистограммы для распределения времени прохождения заготовкой каждого из пролетов, столбиковая диаграмма для отображения количества произведенных на КО складе деталей и профилей и, наконец, круговая диаграмма для наглядной иллюстрации долей брака по каждому из участков контроля качества.

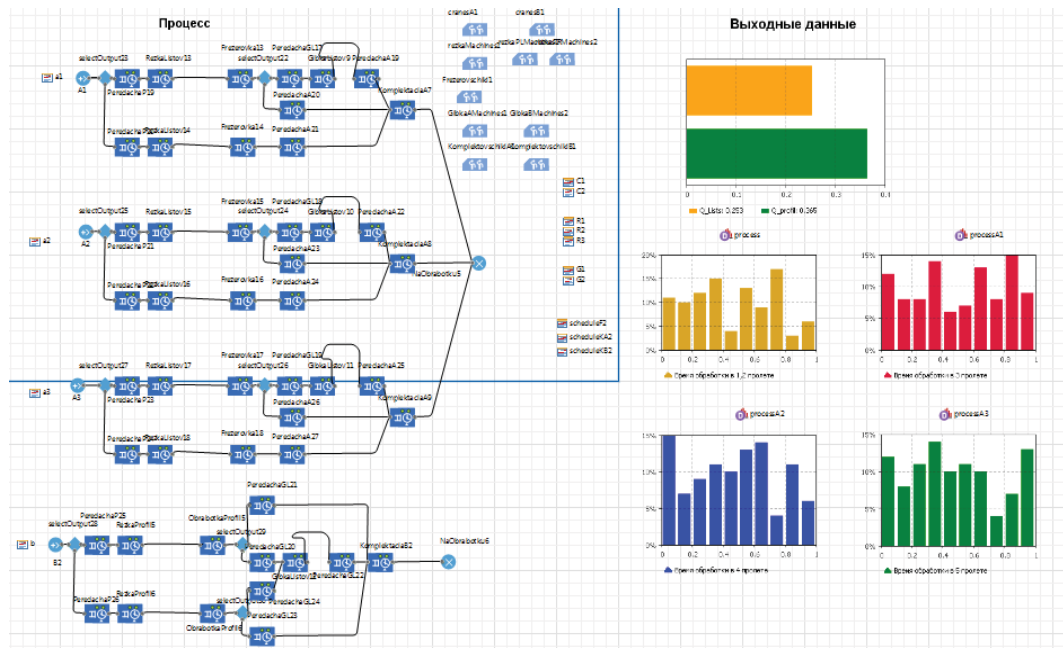


Рис. 2. Модель корпусообработывающего цеха: оптимистический сценарий

Результаты анализа моделирования по различным сценариям относительно планового показателя объема выпуска – общего и отдельно по видам заготовок сведены в таблицу 2. Таким образом, по стандартному сценарию (см. рис.4), который отражает более реалистичную картину процессов корпусообработывающего цеха, процент выполнения плана всего 73%: 75% по деталям и полосам, 68% – по производству профилей.

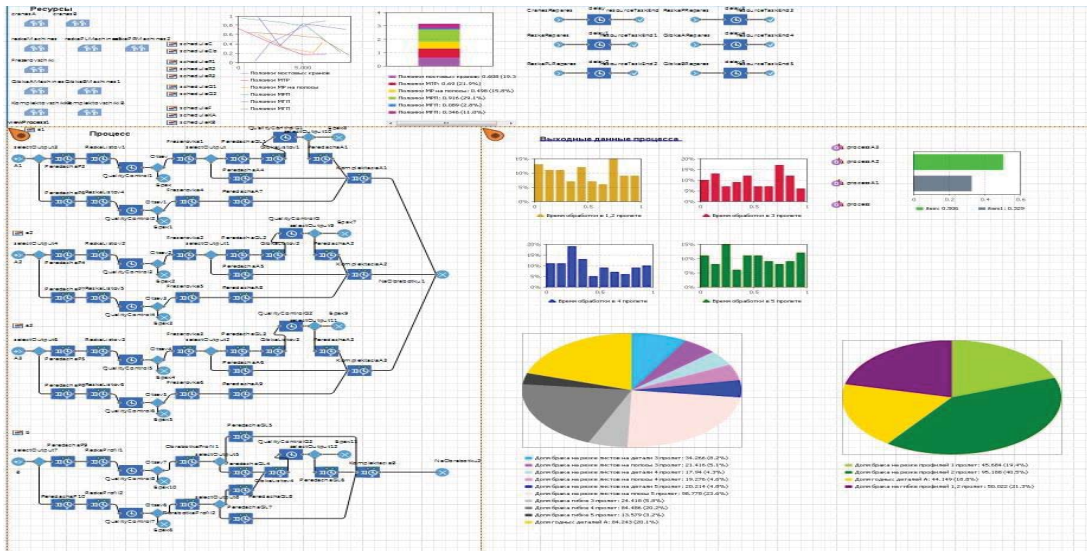


Рис. 3. Модель корпусообработывающего цеха (пессимистический сценарий)

Таблица 2

Вид заготовки	План	Сценарии			% выполнения плана		
		О	П	С	О	П	С
Детали и полосы	8000	7068	5794	5978	88%	72%	75%
Профили	3000	2350	1872	2032	78%	62%	68%
Объем выпуска	11000	9418	7666	8010	86%	70%	73%

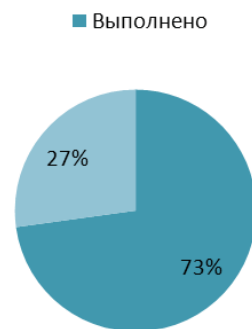


Рис. 4. Процент выполнения плана

Поскольку 27% планового показателя годового объема производства не было освоено, то модель стандартного сценария была дополнена следующим образом. Для выполнения планового значения единственным возможным вариантом представляется увеличить количество часов работы цеха. Было увеличено количество рабочих часов для рабочих и оборудования с одной 10-ти часовой смены до 1,5-ой смены (15 часов). При таком режиме работы процент выполнения плана по деталям и полосам составляет 110%, а по профилям – 99%, общий показатель выполнения плана – 107%. Следовательно, для выполнения плана необходимо ввести 1,5-ую смену работы, что увеличит себестоимость продукции, поскольку производство понесет дополнительные затраты. С учетом вышеизложенного появляется задача для дальнейших исследований, заключающаяся в решении оптимизационной задачи с ограничениями по затратам и целевой функцией выпуска. Также возможна постановка обратной задачи.

Заключение

В ходе выполненных исследований была построена концептуальная и формальная модели функционирования корпусообрабатывающего цеха ССП. Обоснована целесообразность реализации модели функционирования корпусообрабатывающего цеха ССП в программной среде AnyLogic. Разработана программа имитации функционирования корпусообрабатывающего цеха ССП в программной среде AnyLogic, проведено исследование характеристик разработанной программы.

В результате моделирования получены следующие результаты:

- в корпусообрабатывающем цехе ССП по оптимистическому сценарию произведено 7 068 шт. деталей и полос, а также 2 350 шт. профилей. Среднее время обработки в 1 и 2 пролетах 3,3 часа, в 3-м – 3,2 часа, в 4-м – 2,8 часа, в 5-м – 2,9 часа;
- по пессимистическому сценарию в цехе было обработано деталей и полос – 5 794 шт., а профилей 1 872 шт. Что примерно на 18% и 20,3% меньше, чем по оптимистическому сценарию. Большую долю всех поломок (122) составляют поломки гибочных механизмов для листов – 25 случаев, составивших 20,5%, а также случаи поломок машин резки профилей – 24 случая, составивших 19,7%;
- в рамках стандартного сценария на 4% увеличился объем выпуска деталей и полос в цехе относительно пессимистического сценария, а объем выпуска профилей вырос на 8,5% относительно худшего исхода. В среднем по 3,4,5 пролетам цеха наблюдается сокращения времени обработки одной заготовки. Сократилось число поломок оборудования.

Сделан вывод о том, что единственным возможным вариантом выполнения планового значения является увеличение количества часов работы цеха. При таком режиме работы % выполнения плана по деталям и полосам составил 110%, а по профилям – 99%, общий показатель выполнения плана – 107%. Следовательно, для выполнения плана необходимо ввести 1,5-ую смену работы, что увеличит себестоимость продукции, поскольку производство понесет такие затраты, как оплата работы сверх нормативов, дополнительные расходы на электроэнергию и топливо для оборудования и др.

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились в рамках бюджетных тем №№0073–2014–0009, 0073–2015–0007.

Литература

1. Долматов М. А., Плотников А. М., Соколов Б. В., Пашенко А. Е., Потрясаев С. А., Девятков Т. В., Федотов М. В., Нифантьев Е. А. Опыт и перспективы разработки программного обеспечения решения задач оценивания и анализа выполнимости производственных планов судостроительных и судоремонтных предприятий. / Труды третьей международной научно-практической конференции «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» – «ИКМ МТМТС 2015» // ISBN 978-5-902241-28-7 // АО «Центр технологии судостроения и судоремонта», Санкт-Петербург, 2015, с. 80–87.
2. Тимошенко С. П. Основы теории надежности: учебник и практикум для академического бакалавриата / С. П.Тимошенко, Б. М.Симонов, В. Н.Горошко. – М.: Издательство Юрайт, 2017. 445 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-01196-8.
3. Филипчик И. Ю. Применение метода дискретно-событийного моделирования для повышения эффективности логистической системы сборочного участка // Журнал «Электротехнические и компьютерные системы», № 18(94), 2015. С.65–69.