

2. Иванова Н.А., Рябов С.А., Шварцбург Л.Э. Оценка экологичности технологических процессов на основе их интегрального экологического показателя [Текст] // Вестник машиностроения. 2015. - № 9. - С. 36-38.

3. Иванова Н.А. Принципы автоматизации снижения экологических опасностей технологических процессов на примере химических загрязнений [Текст] // Вестник МГТУ "Станкин". 2008. - № 3. - С. 73-77.

УДК 519.876.5

Коган Ю.Г.

МГТУ «СТАНКИН», Москва

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К КОМПЛЕКСНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ДИСКРЕТНЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

В докладе рассматривается современный подход к моделированию дискретных бизнес-процессов, объединяющий в единую систему структурную и имитационную модели бизнес-процесса «цифрового» предприятия. Структурное моделирование выполняется на основе нотации eEPC. Имитационное моделирование выполняется на основе нотации Параметрической раскрашенной сети Петри.

«Цифровое» предприятие, структурное моделирование бизнес-процессов, имитационное моделирование бизнес-процессов.

Тема построения цифрового производства, цифрового предприятия и цифровой экономики в целом является одной из главных в современных дискуссиях о путях развития российской экономики. «Цифровизация» и выработка единого общегосударственного подхода к ней стали перспективным направлением государственной политики [1].

Одной из важнейших задач построения цифрового предприятия является задача построения и верификации электронной системы бизнес-процессов предприятия, производственных и непроизводственных, известной в рамках концепции «цифровизации» как «цифровой двойник» (“digital twin”) предприятия.

«Цифровизация» однозначно заставляет нас вырабатывать регламенты выполнения бизнес-процессов заранее и с таким расчётом, чтобы максимально снизить риск структурного изменения уже выполняемого процесса, а также изменения номенклатуры и количества используемых в выполняемом процессе ресурсов. Это означает, что резко возрастает роль и значение такого имитационного модели-

рования выполнения бизнес-процесса, которое позволило бы в процессе имитации выполнения процесса чётко отслеживать движение и судьбу каждой единицы каждого ресурса при выполнении каждой работы в процессе.

При этом необходимо учитывать, что и структурная модель бизнес-процесса, и имитационная модель бизнес-процесса – это модели одного и того же бизнес-процесса с разных точек зрения, ибо структура определяет поведение. К сожалению, приходится наблюдать, и не только у молодых специалистов, непонимание того, что структурная и поведенческая модели бизнес-процесса адекватно описывают процесс в целом только в совокупности, но не по-отдельности.

Из этого также следует, что модели структуры и поведения процесса должны быть преобразуемы друг в друга по чётко определённым правилам, чтобы можно было точно понять, как повлияет на изменение поведения процесса изменение в его структуре, и что надо изменить в структуре, чтобы обеспечить требуемое поведение. Таким образом, для адекватного комплексного моделирования бизнес-процесса – и структуры, и поведения – необходимо подобрать такую пару нотаций, у которых между элементами или типовыми комбинациями элементов можно было бы установить взаимно-однозначное соответствие.

На выбор нотаций существенным образом влияет то обстоятельство, что бизнес-процесс вообще, и дискретный в частности, представляет собой поток преобразований набора некоторого количества

единиц некоторых ресурсов в набор некоторого количества единиц основных и побочных продуктов процесса. То есть, в идеале, и структурная модель процесса, и модель его поведения должны позволять проследить всю цепочку преобразований для каждой единицы каждого ресурса и каждой единицы продукта, участвующей в процессе.

Соответственно, в идеале, необходимо проследживать и формирование условий, при каждом из которых возможен тот или иной вариант выполнения процесса – экземпляр процесса: модель структуры процесса описывает алгоритм его выполнения, а в алгоритме возможны ветвления и циклы с разным количеством ветвей и итераций. В каждом конкретном экземпляре процесса мы обязательно имеем дело с одной единственной веткой в каждом ветвлении алгоритма и конкретным числом итераций в каждом цикле.

То обстоятельство, что и в структуре отдельных бизнес-процессов, и в организации их совместного выполнения часто присутствует параллелизм, а также необходимость контролировать судьбу отдельных единиц различных видов ресурсов позволяют прийти к выводу о полезности комплексного моделирования дискретного бизнес-процесса на основе следующих нотаций:

eEPC («Процесс, управляемый событиями») – для структурного моделирования;

Petri Net («Сеть Петри») – для имитационного моделирования.

Использование этих нотаций, позволяющих описать каждый шаг дискретного процесса, позволяет выработать формализованные процедуры конвертации модели eEPC в Сеть Петри и наоборот. Например, так, как это показано на рисунке.

На рисунке показана ситуация, когда выполнение процесса пойдёт по пути, включающему Операцию N+1 .02, что задаётся заранее, перед началом имитационного эксперимента, за счёт расстановки в Сети Петри маркеров первоначальной разметки.

К сожалению, классическая сеть Петри не подходит для имитационного моделирования потоков разнородных ресурсов, с которыми нам приходится иметь дело в большинстве реальных бизнес-

процессов, поскольку все маркеры (или, иначе, - метки, токены) принадлежат к одному типу, и способны явно отразить только факт наступления того или иного события в ходе выполнения процесса, но не происходящие при этом изменения в судьбе отдельных единиц различных видов ресурсов.

При моделировании бизнес-процессов под каждым маркером должна подразумеваться единица некоторого ресурса, используемого в ходе процесса, или результата процесса (типа маркера): заготовка, изделие, исполнитель, документ, управленческое решение и т.д.

Более перспективным вариантом выглядит Раскрашенная (или, иначе, - цветная) сеть Петри (Colored Petri Net) [2], где маркер может принадлежать к одному из нескольких типов, каждому из которых взаимно-однозначно сопоставлен некоторый цвет. Однако, в случае рассматриваемой здесь задачи и этого недостаточно: типу и раскраске маркера может быть поставлен в соответствие определённый ресурс, как множество своих представителей, но не единичный представитель этого ресурса.

Для того, чтобы и сохранить присущую Раскрашенной сети Петри наглядность моделирования выполнения процесса, и обеспечить должную адекватность представления процесса Раскрашенной сетью Петри, необходимо модифицировать Раскрашенную сеть Петри так, чтобы уникальный идентификатор («раскраска») каждого маркера позволял:

Идентифицировать каждую единицу каждого ресурса, задействованного в бизнес-процессе.

Идентифицировать типовую принадлежность каждой единицы ресурса именно этому ресурсу.

Проследживать судьбу каждой единицы каждого ресурса в ходе выполнения бизнес-процесса.

Дополнительное ограничение состоит в том, чтобы не создавать в сети Петри «цветовую кашу», где чрезмерное, для наблюдателя, количество цветов будет препятствовать правильному пониманию наблюдаемого, хотя оно касается только визуальных, но не математических, аспектов моделирования.

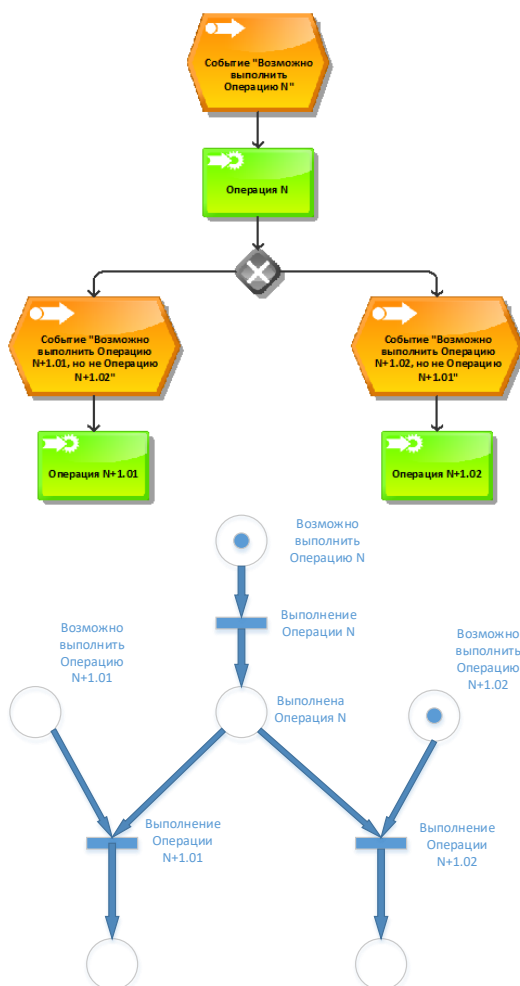


Рисунок. Отображение ветвления в алгоритме процесса в нотациях eEPC и Сеть Петри

Исходя из этих требований, можно предложить использовать для структурного и имитационного моделирования бизнес-процессов предприятия при создании его «цифрового двойника» модификацию Раскрашенной сети Петри – Параметрическую раскрашенную сеть Петри, в которой позиция, переход дуга и маркер получают некоторые наборы параметров (свойств) с их значениями, позволяющие определить раскраску маркера для каждой единицы ресурса, участвующей в процессе, а также правила появления маркера в позиции и

правила срабатывания перехода. Общий вид и правила выполнения такой сети Петри представлены в [3].

Таким образом, применение Параметрических раскрашенных сетей Петри улучшает качество и гибкость анализа объектов исследования, позволяя моделировать и отслеживать судьбу каждой единицы ресурса, каждого объекта, участвующего в моделируемом процессе. В результате такого имитационного моделирования, экспериментатор может заранее отследить и предотвратить те ситуации (из-

менить сам бизнес-процесс, изменить ресурсы данного бизнес-процесса), при которых данный бизнес-процесс невозможно завершить вообще или, по крайней мере, завершить без ошибок и сбоев.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 №1632-р утвердить прилагаемую программу "Цифровая экономика Российской Федерации" [Электронный ресурс] // Сайт Правительства РФ. – 2017 г. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FNj>

4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf (дата обращения: 20.04.2019).

2. Jensen K, Kristensen, L. Coloured Petri Nets Modelling and Validation of Concurrent Systems, Publisher Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009, 374 p.

3. Коган Ю.Г., Щербина А.А. Параметрическая раскрашенная сеть Петри для моделирования бизнес-процессов "цифрового" предприятия // Цифровая экономика: оборудование, управление, человеческий капитал: материалы всероссийской научно-практической конференции (Вологда, 25 декабря 2018 г.). – Москва, 2018. – С. 48-51.

УДК 338.45

Козлова А.В., Капитанов А.В., Мешков В.Г.
МГТУ «СТАНКИН», Москва

ОЦЕНКА ТЕКУЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

В данной статье изложена методика оценки состояния технического обслуживания и ремонта оборудования на предприятии. Представлен перечень основных выделяемых компонентов системы технического обслуживания и ремонта оборудования, анализ которых позволяет получить более полное объективное представление о состоянии системы существующей на предприятии технического обслуживания и ремонта оборудования.

Общая эффективность оборудования, ОЕЕ, показатели эффективности, техническое обслуживание оборудования, ремонт оборудования, система, компоненты системы.

Повышение эффективности технического обслуживания и ремонта оборудования и ремонта оборудования, а также использование организационно-экономических резервов в области деятельности предприятий напрямую связаны с изменениями в существующей на предприятиях системе технического обслуживания и ремонта оборудования. Для принятия любых решений по модификации (перестройке) данной системы, необходимо провести анализ текущего положения в сравнении с требованиями и нормативными значениями, присущими современным системами технического обслуживания.

Для проведения подобного анализа необходимо разработать методику оценки

состояния технического обслуживания и ремонта оборудования на предприятии.

Методика в общей сложности представляет собой «совокупность приемов, методов целесообразного проведения некоей работы, процесса, или же практического выполнения чего-либо». Целью ее разработки является формирование комплексной системы показателей, позволяющей провести объективный анализ состояния организации и реализации технического обслуживания, ремонта оборудования по отдельным выделяемым подсистемам, для выявления имеющихся организационно-технических резервов, а также дальнейшей разработки рекомендаций по совершенствованию системы технического обслуживания и ремонта оборудования. При создании методики предлагается выделять отдельные подсистемы, ряд показателей (количественных и качественных), которые характеризуют степень соответствия данной подсистемы определенным требованиям, предъявляемым к современным системам технического обслуживания и ремонта.

На выделяемые компоненты (подсистемы) системы рационального технического обслуживания и ремонта, а также группы выделяемых показателей по данным подсистемам оказывают влияние