

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СТРАТЕГИИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

А.Г. Волошко, А.Н. Ивутин, О.С. Крюков

В работе рассматривается проблема рациональной организации процесса производства с использованием методологии расширенных сетей Петри. Предложен подход к структурному анализу процесса, а также представлен метод оценки временных характеристик процессов.

Ключевые слова: сети Петри, моделирование, производственный процесс, оценка времени, оптимизация.

В настоящее время конкурентоспособность промышленных предприятий тесно связана с уровнем его цифровизации [1] и автоматизации. Цифровизация затрагивает весь процесс от перевода измерений и документов в цифровую форму до создания новых бизнес-процессов, полностью опирающихся на данные цифровой копии предприятия и программное обеспечение, обеспечивающее ее актуальность.

Процесс перехода предприятия к цифровому производству должен быть постепенным и основываться на долгосрочной стратегии. Стратегия оптимизации как самих производственных процессов, так и управления ими является ключевым моментом, от которого зависит конечный результат преобразования предприятия. Разработка такой стратегии является первым этапом цифровизации производства. Для этого необходим комплексный анализ текущих процессов, знания в области современных цифровых технологий и технологий автоматизации производства и управления производством, а также учет текущего положения предприятия на рынке, его возможностей, прогнозов по развитию рынка и экономики в целом и данного предприятия в частности.

Для автоматизации процесса разработки стратегии можно использовать методы моделирования и анализа процессов с использованием математического аппарата расширенных сетей Петри с семантическими связями. Для моделирования требуется сбор значительного количества разнородной информации о протекающем производственном процессе, ее анализ и представление в требуемом виде, что может быть сделано с использованием методов процессной аналитики (Process Mining) [2] и интеллектуального анализа данных (Data Mining) [3]. В зависимости от возможностей провести исследование производственного процесса и зафиксировать его результаты могут использоваться журналы функционирования информационных систем или анализ данных из систем управления технологическими процессами предприятия. Однако в этой статье затронем только вопросы собственно моделирования процессов.

Обзор литературы. Вопросам поиска подходов к модернизации предприятий посвящено множество работ, однако большая часть этих работ просто представляет собой теоретические предположения без учета особенностей конкретных производств. Среди них все же следует отметить работу [4], где проведена систематизация решения проблем модернизации производства, работу [5], в которой представлены и формализованы основные пути цифровизации производства, а также работу [6], в которой приведены методы модернизации, выявленные путем опроса российских предприятий, и которая до сих пор не потеряла актуальности. Большого внимания заслуживает работа [7], в которой авторы предлагают модели представления знаний о структуре, параметрах и функционировании системы для мониторинга, диагностики и модернизации технических систем на различных стадиях жизненного цикла, что позволяет проводить анализ текущего состояния технической системы, прогнозировать последующие состояния, проводить диагностику неисправностей и предлагать варианты модернизации, с

учетом заданных целей, или по результатам проведенного анализа технических характеристик работы системы. Однако учет ограничений предприятия при выдаче рекомендаций по модернизации не предусмотрен. Среди зарубежных исследователей вопросов модернизации производства необходимо отметить работу [8], посвященную вопросам принятия решений в процессе производства, работы [9 -11] и др., в которых проведен анализ, выделены эффекты от внедрения современных информационных технологий в производственный процесс, однако, не все идеи зарубежных исследователей могут найти применение в условиях российской экономики. Практически все исследователи в вопросах выбора метода модернизации сходятся во мнении о необходимости моделирования процессов для получения информации о его сильных и слабых сторонах.

Наиболее подробная систематизация методов моделирования процессов представлена в работе [12], где кратко представлены достоинства и недостатки различных методов, однако нет рекомендаций для их применения на различных уровнях рассмотрения процессов и для различных этапов жизненного цикла. Моделирование производственных процессов с использованием различных расширений классической теории сетей Петри предлагается многими учеными (например, [13 - 17] и многие другие работы) в связи с простотой реализации, наглядностью и возможностью получения дополнительных характеристик, путем наложения на сеть временных и условных параметров. Сети Петри позволяют рассмотреть в динамике различные стороны процесса, исследовать временные и структурные характеристики процесса, однако не предлагаются структурные изменения сети в качестве исследования возможностей по улучшению производственного процесса. Однако подходы к структурному преобразованию сетей для оптимизации процессов практически не описаны. В рамках данной работы предлагается рассмотреть новый подход к моделированию с использованием адаптивных моделей на базе расширенных сетей Петри с семантическими связями [18, 19] и его возможности для моделирования производственных процессов и повышения их эффективности.

Расширенные сети Петри с семантическими связями. Расширенной сетью Петри с семантическими связями (РСПСС) является иерархической цветной временной сети Петри с дополнительными семантическими связями и представляет собой структурно-параметрическую модель, заданную множеством:

$$\Psi = \{P, M\}, \quad (1)$$

где $P = \{A, Z^C, Z^S, Tr\}$ – множество, описывающее структуру трехдольного ориентированного графа, представляющего собой расширенную сеть Петри, A – конечное множество позиций размером $J(a)$; Z^C – конечное множество переходов по управлению размером $J(z^C)$; Z^S – конечное множество переходов по семантическим связям размером $J(z^S)$; $Tr = \{Tr_{i(col)}\}$ – множество дуг сети, $Tr_{i(col)} = \{\{\tilde{R}_{i(col)}^C, \hat{R}_{i(col)}^C\}, \{\tilde{R}_{i(col)}^S, \hat{R}_{i(col)}^S\}\}$ – множество дуг сети определенного цвета col ; $\tilde{R}_{i(col)}^C$ матрица смежности размером $J(a) \times J(z^C)$, отображающая множество позиций в множество переходов по управлению для фишек типа $i(col)$; $\hat{R}_{i(col)}^C$ – матрица смежности размером $J(z^C) \times J(a)$, отображающая множество переходов по управлению в множество позиций для фишек типа $i(col)$; $\tilde{R}_{i(col)}^S$ – матрица смежности $J(a) \times J(z^S)$, отображающая множество позиций в множество переходов по семантическим связям для фишек типа $i(col)$; $\hat{R}_{i(col)}^S$ – матрица смежности размером $J(z^S) \times J(a)$ отображающая множество переходов по семантическим связям в множество позиций для фишек типа $i(col)$; $M = \{h^C(t), h^S(t), \Lambda^C, \Lambda^S\}$ – параметры, накладываемые на структуру P , и определяющие временные и логические характеристики СПДСС; $h^C(t)$ – вектор размерности $J(z^C)$ времени задержки управляющей составляющей фишки в позиции перед прохождением соответствующего перехода по управлению; $h^S(t)$ – вектор размерности $J(z^S)$ времени задержки семантической составляющей фишки в позиции перед прохождением соответствующего перехода по семантическим связям; t – время;

$\Lambda^C = (\lambda_{i(z^C)}^C)$ – вектор логических условий размером $J(z^C)$, определяющий возможность срабатывания перехода по управлению; $\Lambda^S = (\lambda_{i(z^S)}^S)$ – вектор логических условий размером $J(z^S)$, определяющий возможность срабатывания перехода по семантическим связям; $I_A(Z^C)$ и $O_A(Z^C)$ – соответственно входная и выходная функции переходов по управлению; $I_A(Z^S)$ и $O_A(Z^S)$ – соответственно входная и выходная функции переходов по семантическим связям.

Позиция данной сети представляет собой отдельные операции или этапы процесса. При этом сеть строится по принципу декомпозиции, и одна позиция РСПСС может сама представлять собой подсеть, отображающую развитие процессов.

Разделение переходов на два типа по управлению и по семантике вызвано необходимостью анализа слабых мест производственных процессов с позиции временных затрат. Переход по управлению в данной модели представляет собой изменение деятельности – то есть переход от выполнения одной операции к другой. Переход по семантическим связям характеризует возможность выполнения новой операции на основании завершенности предыдущих и предоставления доступа к информации или физического доступа к объектам. Так в сети имеются данные о времени, связанном с переходом по управлению, что показывает время выполнения предшествующей ему операции, а также данные о времени, связанном с переходом по семантическим связям, что показывает время на предоставление данных либо время на транспортировку объектов или передачу информации к другим участниками производственного процесса. При недостаточной автоматизации процессов время перехода по семантическим связям может быть сравнимо или даже больше времени соответствующего перехода по управлению, что свидетельствует о необходимости модернизации именно данных операций. Кроме того, возможны ситуации, когда одна и та же информация может требоваться нескольким участникам процесса, а возможности ее использования с точки зрения организации производственного процесса, может быть как параллельной, так и последовательной, что и представляется с использованием переходов по управлению.

Все переходы по управлению в сети можно разделить на:

простые (рис. 1, а), т.е. переход от одного действия к другому;

fork (рис. 1, б), т.е. порождающая операция, которая описывает действие, в результате которого в системе запускается один или несколько дополнительных (параллельных) процессов;

join (рис. 1, в), т.е. поглощающая операция, которая описывает действие, в результате которого в системе один или несколько параллельных процессов объединяются в один;

synchro (рис. 1, г), т.е. синхронизирующая операция, которая характеризует действие, в результате которого в системе два и более параллельных процессов ожидают завершения друг друга, после чего их независимое выполнение продолжается. При этом дополнительные логические условия, накладываемые на такой переход, могут разрешать или запрещать запуск одного или нескольких процессов, пока один или несколько процессов не закончат выполнение предыдущих операций.

Фактически переход по семантическим связям представляет собой организацию информационных и материальных потоков. Все переходы по семантическим связям в сети можно разделить на:

простые, т.е. передача информации от одного процесса только одному другому;

s-join, т.е. операция получения процессом данных или материалов из всех необходимых источников;

s-share, т.е. операция, при которой представленные данные или материальные потоки становятся доступны одновременно множеству пользователей. Такие операции возможны при организации информационных потоков с использованием общей корпоративной среды с разделением прав доступа и наилучшим образом соотносится с идеей параллельного проектирования.

Переход по управлению и переход по семантике называются совместными, если они связывают одинаковые позиции.

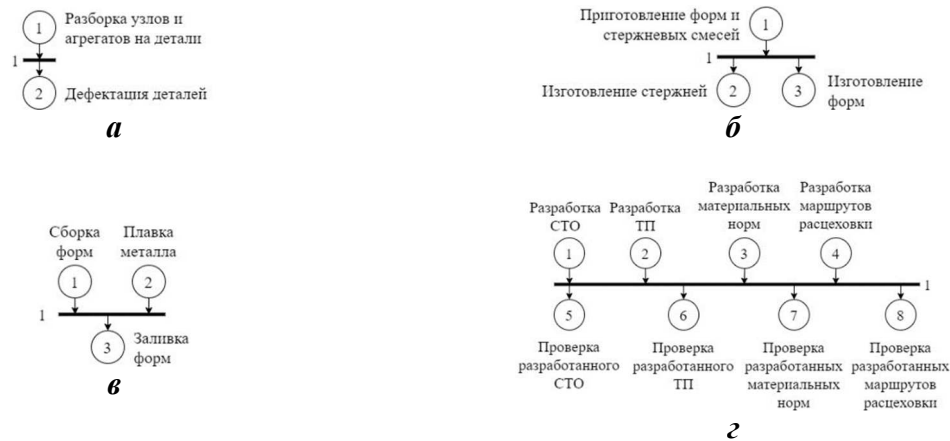


Рис. 1. Варианты переходов по управлению в сети: а – простые; б – fork; в – join; z – synchro

Фишки в сети представляют собой запросы на выполнение той или иной операции и могут иметь различный тип (цвет), характеризующий эти запросы в рамках исследуемых процессов. Фишки любого цвета являются составными, то есть имеют управляющую и семантическую часть одного цвета. Фактически семантическая составляющая фишки представляет объект или информацию, над которыми или на основании которых проводятся действия, а управляющая составляющая фишки указывает на доступность ресурса для проведения операции. Дуги на сети также могут иметь цвет, и именно с использованием цветных дуг задаются условия функционирования переходов. Переходы по управлению обозначаются утолщенными линиями, переходы по семантическим связям обозначаются треугольниками.



Рис. 2. Варианты переходов по семантическим связям в сети: а – 1 – простой; 2 – s-join; б – s-share

Переход по управлению может сработать, если для каждого из цветов количество составных фишек во входных позициях больше или равно количеству дуг соответствующего цвета, соединяющих данную позицию с переходом (если иное не задано отдельным условием). Переход по управлению срабатывает с задержкой, заданной в векторе $h^C(t)$. При срабатывании перехода по управлению из входных позиций перехода извлекаются управляющие составляющие фишки в количестве равном количеству входных дуг перехода заданного цвета, идущих от заданной позиции, в выходные позиции переносятся управляющие составляющие фишки в количестве равном количеству выходных дуг заданного цвета в заданную позицию. Важно, что все связанные с позицией переходы по семантическим связям могут быть выполнены только после того, как будет выполнен переход по управлению. Переход по семантическим связям может сработать, если для каждого из цветов количество семантических составляющих фишек во входных позициях, из которых уже совершен переход по управлению, больше или равно количеству дуг соответствующего цвета, соединяющих данную позицию

с переходом (если иное не задано отдельным условием). Переход по семантическим связям срабатывает с задержкой, заданной в векторе $h^S(t)$. При срабатывании перехода по семантическим связям из входных позиций перехода извлекаются семантические составляющие фишки в количестве равном количеству входных дуг перехода заданного цвета, идущих от заданной позиции, в выходные позиции переносятся управляющие составляющие фишки в количестве равном количеству выходных дуг заданного цвета в заданную позицию.

В выходных позициях управляющие и семантические составляющие фишек объединяются. При этом возможны ситуации, когда в позиции сначала оказывается семантическая, а только потом управляющая составляющая фишки, так и когда, сначала появляется управляющая, а затем семантическая составляющие. Первый случай может свидетельствовать о неэффективной организации процесса, в случае если следующий переход мог бы сработать при добавлении в позицию управляющей части фишки. Повышение эффективности в таких случаях может быть достигнуто путем параллельного исполнения работ. Во втором случае, необходимо проанализировать задержку прихода требуемой информации/объектов в эту позицию, и выявить причины непроизводительных затрат времени и пути их устранения.

Преимуществом таких сетей является возможность автоматизации моделирования и анализа процессов. В ЭВМ структура сети может быть содержит только матрицы смежности, которые представляются в разреженном виде, так как преимущественно заполнены нулевыми элементами, что снижает требования к компьютерной памяти. Любая из матриц может быть представлена в виде следующей структуры: $\text{Matrix}\{ \text{set } A; \text{set } B; \text{integer } n; \text{integer } m\}$, где n и m определяют количество строк и столбцов соответственно, set – некоторая структура, подходящая для хранения мультимножеств. Обращение по индексам к данной структуре вернет 1 , если будет найдена соответствующая пара в A и B , иначе вернется 0 . Установка 1 в матрице создает пару значений в A и B в соответствии с индексами, установка 0 удаляет соответствующую пару.

Кроме того, возможно автоматическое построение изображения сети по матрицам, процесс построения сводится к анализу матриц смежности и построению изображения с соответствующими переходами (линия или треугольник) и связями в зависимости от типа матриц смежности.

На основании дополнительных логических и временных данных о сети, возможно организовать автоматическое и автоматизированное перестроения сети с изменением ее структуры в соответствии с заданными критериями эффективности процессов и заданными ограничениями. Рассмотрим подходы к анализу производственных процессов на основе модели РСПСС более подробно.

Анализ РСПСС с целью повышения эффективности производственных процессов. Для повышения эффективности производственных процессов, необходимо построить РСПСС текущего процесса. Для этого, необходимо каждый этап или операцию для выбранного уровня абстракции модели связать с позицией сети (в случае достаточно автоматизированного производства часть данных могут быть взяты из системы автоматического управления или из ERP системы [20]). Затем проводится расстановка переходов по управлению, отражающих последовательность выполнения операций в рамках процесса. После этого моделируются потоки информации и объектов в сети путем добавления переходов по семантическим связям. В сеть добавляются временные характеристики. После этого задается начальная маркировка сети – наличие той или иной информации и объектов на разных этапах.

Построенная сеть должна быть подвергнута анализу следующим образом:

1. Анализ изолированных источников информации и материальных объектов – поиск в сети множества источников информации/объектов, имеющих только выходные связи с малым числом следующих позиций. При наличии множества таких источников сеть может быть перестроена следующим образом – позиции порождения этих потоков объединяются в одну/несколько в зависимости от типа источника, добавляется переход

типа s-share, связывающий все позиции-потребители данных и материальных объектов. В реальной системе это обозначает применение общей информационной системы для доступа к необходимым данным, или автоматизацию складского хранения.

2. Анализ возможностей параллельного исполнения процессов. Отслеживаются случаи прихода в позиции сначала семантических фишек. В таких случаях перестраивается часть сети, связанная с переходами по управлению.

3. Анализ временных характеристик процессов. Расчет общего времени исполнения процесса, как максимальная из сумм времен переходов по управлению и по семантике для переходов, входящих в путь от начальной позиции к конечной (или заданной) позиции. Поиск максимальных значений времени, сравнение с возможными значениями времени для этих операций. Возможно, следует исследовать этот процесс более детально на другом уровне абстракции для выявления самых затратных по времени операций. Сравнение времен совместных переходов по управлению и по семантическим связям. В случае превышения времени перехода по семантическим связям над временем перехода по управлению, возможно требуется введение автоматизированной системы для передачи информации, или изменение расположения отдельных этапов в пространстве, если требуется постоянная транспортировка объектов. Однако такие решения должны приниматься с учетом материальных и ресурсных возможностей предприятия.

Анализ временных характеристик. После всех структурных преобразований сети необходимо выполнить анализ временных характеристик процесса. Для этого необходимо задаться следующими обозначениями: a – текущая позиция сети; a_f – заданная конечная позиция анализа; T^C – затраты времени по управлению; T^S – затраты времени по семантике; $t_{j(z_j^C)}^{db}$ – установленное время перехода z_j^C из БД; $C_j = \{a_{cbj}, Cond, C_p\}$, $Cond = \{(a_{condj}, a_{outj})\}$ – описание циклов.

Анализ выполняется для каждого возможного пути.

1. 'a' – начальная позиция
2. Если существует такой цикл, что $a_{cb} = a$, то добавляем данный цикл в список циклов данного пути, $a = a_{out}$, переход к 2, иначе к 3.
3. Ищем все семантические переходы z^S , ведущие в 'a' и имеющие входы, принадлежащие только данному пути.
4. $T^S = T^S + \sum h_{j(z^S)}^S$
5. Если $a = a_f$, то переход к 15, иначе к 6.
6. Ищем переходы по управлению $z^C \in Z$, в которые ведет 'a'.
7. Если $|Z| = 0$, то завершить рассмотрение пути, иначе если $|Z| = 1$, то переход к шагу 8, иначе к шагу 13.
8. $T^C = T^C + h_{j(z^C)}^C$
9. Составляем множество позиций A, в которые ведет z^C .
10. Если $|A| = 1$, то $a = A_0$, добавляем 'a' к текущему пути, переход к 2. Иначе переход к 11.
11. Создаем $|A|-1$ копий текущего пути.
12. Для каждого из созданных путей, а также текущего, ставим в соответствие $a \in A$. Продолжаем рассмотрение каждого из этих путей с 2.
13. Создаем $|Z|-1$ копий текущего пути
14. Для каждого из созданных путей, а также текущего, ставим в соответствие $z^C \in Z$. Продолжаем рассмотрение каждого из этих путей с шага 8.
15. Для каждого цикла C_j данного пути выполняется анализ тела в соответствии с шагами 1-14, но в шаге 5 производится сравнение не с a_f , а с a_{condj} , учитывая первое посещение a_{cbj} если $a_{cbj} = a_{condj}$.
16. Для всех путей, появившихся в результате анализа тела циклов, сохраняем $\max(T^C, T^S)$ и завершаем рассмотрение пути.

17. Выполняется расчет среднего времени переходов по управлению как

$$t_{avg}^C = \frac{\sum_j^n h_{j(z_j^C)}^C}{n}.$$

18. Если существует такой z_j^C что $h_{j(z_j^C)}^C \gg t_{j(z_j^C)}^{db}$, то помещаем z_j^C в список переходов с повышенной длительностью и если $h_{j(z_j^C)}^C > t_{avg}^C$, то выдается рекомендации о скорейшей оптимизации процесса.

19. Выполняется расчет среднего времени семантических переходов как

$$t_{avg}^S = \frac{\sum_j^n h_{j(z_j^S)}^S}{n}.$$

20. Если существует такой z_j^S что $h_{j(z_j^S)}^S \gg t_{avg}^S$, то помещаем z_j^S в список переходов с повышенной длительностью.

21. Для каждого перехода по управлению z_j^C выполняем поиск совместных переходов z_j^S , таких что существуют хотя бы одна позиция a_i и a_j для которых $a_i \in I_A(z_j^C) \wedge a_i \in I_A(z_j^S) \wedge a_j \in O_A(z_j^C) \wedge a_j \in O_A(z_j^S)$. Если $h_{j(z_j^C)}^C < h_{j(z_j^S)}^S$, то генерируется предупреждение.

Предложенные в статье методы моделирования и анализа производственных процессов могут быть внедрены в промышленность для разработки стратегии модернизации в соответствии с современными достижениями науки и техники, что позволит грамотно спланировать и организовать процесс постепенной цифровизации производства для повышения конкурентоспособности российской экономики путем более эффективного использования имеющихся на предприятии ресурсов и внедрения новых информационных технологий. Предложенный подход может использоваться на практике на этапе планирования модернизации производства или при планировании новых производств.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук МК-1160.2020.9.

Список литературы

1. Ларина Е.Б., Орехова Е.А. Цифровизация как фактор повышения конкурентоспособности национальной экономики на мировых рынках // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2019. №. 2 (76). С. 29-34.
2. Ahmed R., Faizan M., Burney A. I. Process Mining in Data Science: A Literature Review // 2019 13th International Conference on Mathematics, Actuarial Science, Computer Science and Statistics (MACS). IEEE, 2019. С. 1-9.
3. Hofmann M., Klinkenberg R. (ed.). RapidMiner: Data mining use cases and business analytics applications. CRC Press, 2016. 525 p.
4. Болтрукевич В.Е. Управление процессом модернизации производственных систем российских промышленных предприятий: дис. М., 2008. 135 с.
5. Туровец О.Г., Родионова В.Н., Каблашова И.В. Обеспечение качества организации производственных процессов в условиях управления цифровым производством // Организатор производства. 2018. Т. 26. №. 4. С. 65-76.
6. Кононова В.Ю. Модернизация производственных систем на российских промышленных предприятиях: современное состояние и перспективы // Российский журнал менеджмента. 2006. Т. 4. №. 4. С. 132 – 134.
7. Кизим А.В. и др. Программный комплекс поддержки модернизации технических систем // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. №. 2. С. 311-324.

8. Khurana A. Managing complex production processes // MIT Sloan Management Review. 1999. Т. 40. №. 2. С. 85.
9. Malecki E.J., Moriset B. The digital economy: Business organization, production processes and regional developments. Routledge, 2007. С. 119 – 132.
10. Boczkowski P.J., Ferris J.A. Multiple media, convergent processes, and divergent products: Organizational innovation in digital media production at a European firm // The Annals of the American Academy of Political and Social Science. 2005. Т. 597. №. 1. С. 32-47.
11. Kleis L. et al. Information technology and intangible output: The impact of IT investment on innovation productivity // Information Systems Research. 2012. Т. 23. №. 1. С. 42-59.
12. Сироткин М.Е. Методы моделирования производственных процессов предприятия машиностроения // Машиностроение и компьютерные технологии. 2011. №. 8. С. 1 - 14.
13. Седых И.А., Аникеев Е.С. Представление цементного производства иерархическими раскрашенными временными сетями Петри на основе окрестностных моделей // Вестник Липецкого государственного технического университета. 2017. №. 1. С. 19.
14. Степаненко В.Е., Фролов Д.Н., Марьин Б.Н. Метод имитационного моделирования организации производственных процессов с использованием расширенных сетей Петри // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2011. Т. 1. №. 7. С. 71-78.
15. Ломазова И.А. Вложенные сети Петри и моделирование распределенных систем // Труды международной конференции «Программные системы: теория и приложения». Переславль-Залесский. М.: Физматлит. 2004. С. 337 – 352.
16. Zhang L., Rodrigues B. Nested coloured timed Petri nets for production configuration of product families // International journal of production research. 2010. Т. 48. №. 6. С. 1805-1833.
17. Cavone G. [et al]. Hybrid Petri nets to re-design low-automated production processes: the case study of a sardinian bakery // IFAC-PapersOnLine. 2018. Т. 51. №. 7. С. 265-270.
18. Ivutin A.N., Troshina A.G. Semantic Petri-Markov nets for automotive algorithms transformations // 2018 28th International Conference Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA). IEEE, 2018. P. 1-6.
19. Ивутин А.Н., Трошина А.Г. Метод формальной верификации параллельных программ с использованием сетей Петри // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2019. №. 70. С. 15-26.
20. Attri R. [et al]. A literature review on the implementation of Enterprise Resource Planning (ERP) system // International Journal of Metallurgy and Alloys. 2018. Т. 4. №. 2. С. 21-24.

Волошко Анна Геннадьевна, канд. техн. наук, доцент, atroshina@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет,

Ивутин Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой, alexey.ivutin@gmail.com, Россия, Тула, Тульский государственный университет,

Крюков Олег Сергеевич, студент, atroshina@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет

**METHODS FOR MODELING AND ANALYSIS OF PRODUCTION PROCESSES FOR
DEVELOPING AN ENTERPRISE MODERNIZATION STRATEGY**

A.G. Troshina, A.N. Ivutin, O.S. Kryukov

The problem of rational organization of the production process with application of theory of extended Petri nets is considered. The approach to analysis of the process structure is proposed, and the method of the analysis of temporal characteristics is presented.

Key words: Petri nets, simulation, production process, time estimation, optimization.

Voloshko Anna Gennad'evna, candidate of technical sciences, docent, atroshina@mail.ru, Russia, Tula, Tula State University,

Ivutin Alexey Nikolaevich, candidate of technical sciences, docent, head of department, alexey.ivutin@gmail.com, Russia, Tula, Tula State University,

Kryukov Oleg Sergeevich, student, ol_kryukov97@mail.ru, Russia, Tula, Tula State University

УДК 004.9

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗОВ

А.А. Гречишкин, Е.М. Баранова, А.Н. Баранов, С.Ю. Борзенкова

В статье представлено исследование уровня автоматизации в Тульском государственном университете, представлены возможности по внедрению новейших информационных автоматизированных систем в различные рабочие процессы университета.

Ключевые слова: автоматизация, университет, учебные планы, повышение эффективности деятельности ВУЗов.

Автоматизированные системы позволяют значительно упростить и автоматизировать большое количество внутренних процессов. Это неизбежно приводит к повышению эффективности работы и деятельности сторон, вовлеченных в образовательный процесс. Например, благодаря автоматизации, объединяются множество документов, составляющих одно целое, благодаря чему учебные планы и распределение нагрузки преподавателей рассматриваются в едином комплексе процессов формирования, что позволяет избежать ошибок несоответствия этих документов. Автоматизированные информационные системы и мероприятия по информатизации процедур управления учебным процессом способны помочь эффективно решить большинство задач, связанных с жизнедеятельностью университета, способны существенно улучшить качество управления и сократить его трудоемкость.

Перечень программ, применяемых в ТулГУ:

1) Система зачисления студентов. Приём выпускников школ будет осуществляться по результатам ЕГЭ. В 2021 году считаются действительными результаты ЕГЭ 2017-2021 годов. Заявление на участие в ЕГЭ необходимо подать до 1 февраля 2021 года.

Выпускники техникумов и колледжей могут поступать как по результатам ЕГЭ, так и по результатам внутренних испытаний. Также выпускники колледжей могут рассчитывать на частичный зачёт знаний, умений и навыков, полученных в колледже и ускоренное обучение по индивидуальному учебному плану.

Абитуриенты обязаны сдать все необходимые для поступления в вуз экзамены в мае-июне, поскольку никаких досдач в июле и второй волны в 2021 году не будет.