

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 004.043; 519.872

ЗИРКО
Ольга Федоровна

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОЦЕССОВ ДИСКРЕТНЫХ
ПРОИЗВОДСТВ НА ОСНОВЕ ОЧЕРЕДЕЙ ТРЕБОВАНИЙ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.13.01 – Системный анализ,
управление и обработка информации

Минск, 2015

Работа выполнена по личной инициативе.

Научный руководитель	Кудрявцев Владимир Иванович , доктор технических наук, заместитель технического директора ЗАО «Мосэнергоремонтсервис»
Официальные оппоненты:	Вишняков Владимир Анатольевич , доктор технических наук, профессор кафедры менеджмента УО «Минский университет управления»; Комличенко Виталий Николаевич , кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Экономическая информатика» УО «БГУИР»
Оппонирующая организация	Международный экологический университет имени А.Д. Сахарова

Защита состоится 18 июня 2015 г. в 15.00 на заседании совета по защите диссертаций К 02.05.01 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65, кор. 1, ауд. 202 тел.: (+375 17) 2939564.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан «18» мая 2015 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций,
кандидат технических наук,
доцент

Н.Н. Гурский

© Зирко О.Ф., 2015

© Белорусский национальный
технический университет, 2015

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Многие современные информационные технологии, применяемые на предприятиях в Республике Беларусь, ориентированы на совершенствование управления производственными процессами. В настоящее время активно осуществляется информационная поддержка оперативного персонала предприятий, для чего используются разнообразные системы баз данных, базы знаний, экспертные и имитационные компьютерные системы. Между тем информационная поддержка автоматического управления производственными процессами зачастую ограничивается простым логическим согласованием работы производственных линий и отдельного технологического оборудования в связи с чем этот уровень управления назван уровнем программируемых логических контроллеров. При этом часть решений оперативного персонала, для которых была использована информационная поддержка, реализуется именно на уровне программируемых логических контроллеров, называемом также непосредственным уровнем управления технологическими процессами. Перенос части имеющихся средств информационной поддержки персонала на уровень программируемых логических контроллеров помог бы увеличить оперативность и точность управления технологическими процессами. Для этого следует адаптировать типы имеющейся информационной поддержки персонала для целей автоматического управления. В наибольшей степени к этому готовы дискретные производства, включая сборочные, ремонтные производства и другие, в которых предмет обработки представляет собой отдельный объект. Для них созданы разнообразные системы информационной поддержки принятия решений, в частности на основе очередей требований, которые имеют перспективы использования для разработки систем информационной поддержки автоматического управления.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами. Диссертационная работа выполнена по личной инициативе. Часть материала диссертации создана в рамках НИР «Исследование методов информационного управления в производственных, технологических и социальных процессах» в УО «Белорусский государственный технологический университет».

Цель и задачи исследования.

Создание системы информационной поддержки на уровне непосредственного управления процессами дискретных производств на основе очередей требований. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих методов и предложить методы и модели расчета очереди с возможностью сопоставления требования с произволь-

ным количеством производственных данных, влияющих на его расчет в очереди, в сложно соединенных очередях, а также с учетом сложного поведения требований.

2. Провести анализ связи разработанных методов расчета очереди с концептуальным моделированием предметной области и структурами производственных данных.

3. Определить системные взаимодействия на уровне непосредственного управления в рамках разработанных методов расчета очереди.

4. Определить достижимые эффекты информационной поддержки на уровне непосредственного управления процессами дискретных производств на основе очередей требований.

Научная новизна

Выполненные в работе исследования позволили получить совокупность новых знаний:

- разработаны системы динамических моделей расчета очереди с представлением требования в объектной парадигме в виде численной и даталогической моделей для набора систем массового обслуживания характерных при моделировании процессов дискретного производства;

- разработаны дискретные системная и расчетная модели производственной очереди с переменными очереди и в процессе требования, а также модели расчета производственной очереди для прогнозного расчета аспектов целевого производственного события;

- разработана методика управления производственной очередью для методического обеспечения автоматического управления процессами дискретных производств и для поддержки системы производственного анализа;

- предложена процессная модель данных в виде фактологических структур на основе очереди и комплексный оргграф дискретного производства в качестве концептуальной модели предметной области для представления данных дискретного производства в структуре очереди;

- предложена система информационной поддержки с использованием модели производственных очередей для обеспечения информационных запросов на автоматическое управление и анализ дискретных производств, а также предложена новая модель системных отношений, лежащих в ее основе.

Положения, выносимые на защиту

1. Комплекс динамических моделей расчета очереди требований, отображающий процесс обработки предметов производства в различных модельных ограничениях и позволяющий исследовать конфликты системной модели очереди и методов ее расчета в теории очередей при использовании их для управления процессами дискретных производств;

2. Системная и расчетная модели производственной очереди, отличающиеся тем, что системная модель представлена в виде системы массового обслуживания с требованиями в виде процессов формирования данных в очереди требований, где все ее элементы определены по отношению к местам очереди, а из расчетной модели производственной очереди исключены поточные характеристики требований, которые в отличие от известных позволяют выполнять расчет процессов очереди с учетом изменений условий обработки требований и топологии производства;

3. Методика управления производственной очередью, отличающаяся тем, что управление расчетом производственной очереди, представляющим собой прогноз целевого события очереди, осуществляется автоматически в соответствии с последовательностью событий очереди и критериями управления расчетом, определяемыми в процессе управления рисками для этой очереди, что позволяет обеспечить автоматическое управление процессами дискретных производств;

4. Модель данных в виде фактологической структуры данных, представляемая в диахронических последовательностях очереди, и концептуальная модель дискретного производства в виде комплексного орграфа, отображающего систему производственных очередей, что позволяет обеспечить связь прогнозного расчета целевого производственного события с потоками данных, определяющих это событие фактов производственной обработки;

5. Система информационной поддержки дискретного производства товаров и услуг, оказываемых в промышленном масштабе, отличающаяся тем, что дискретное производство моделируется как единая структура логически связанных данных в порядке следования производственных очередей, что создает конкурентную среду для вычислительных процессов, синтезируемых системой информационной поддержки, и позволяет обеспечивать высокую адаптивность автоматического управления процессами дискретных производств к изменяющимся факторам и целям производства, а также обеспечивать высокую адаптивность технического обслуживания и технологических схем для поддержания требуемой точности автоматического управления.

Личный вклад соискателя

Все результаты и положения, выносимые на защиту, получены автором лично. Научный руководитель принимал участие в постановке задач, определении возможных путей их решения, в предварительном анализе, обсуждении теоретических результатов, выводе формул и методов, практических исследований, проведенных автором самостоятельно.

Апробация результатов диссертации

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на IV Международной научной конференции Ассоциации

«История и компьютер» (Минск, БГУ, 1997 г.); на III Міжнароднай навуковай канферэнцыі (ПГУ, Полацк, 1995 г.); на II міжнароднай канферэнцыі «Историческая информатика» (МГУ, Москва, 1996 г.), на Третьей международной конференции «Новые информационные технологии в образовании» (Минск, 1998), на V Международной конференции (БГУ, Минск, 1998 г.), IV, V и VI международных конференциях «Новые информационные технологии в образовании» (БГЭУ, Минск, 2000, 2002 и 2004 г.), 63, 64, 65, 66-ой конференциях БГТУ (Минск, БГТУ, 2007-2010), на Международной научно-практической конференции «Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК» (ФГБНУ «Росинформагротех», Москва, 2012 и 2014 гг.), на XII Международной конференции «Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ, 2013 и 2014)» (НАН Беларуси, Минск, 2013 и 2014 гг.).

Опубликование результатов диссертации

По материалам диссертации опубликовано 22 научных работ, в том числе: 8 статей в рецензируемых журналах, в соответствии с требованиями ВАК Беларуси; 8 статей в материалах научных конференций и 6 тезисов докладов в материалах конференций. Общий объем статей составляет 12.4 печатных авторских листов, в том числе: 4.08 печатных листа опубликованы в изданиях, которые рекомендует ВАК Беларуси; 6.37 авторских листа – в статьях материалов научных конференций; 1.95 авторских листа – в трудах тезисов докладов в материалах конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложения.

Полный объем диссертации составляет 299 страниц, в том числе: 101 страниц текста, 8 приложений на 173 страницах, 26 рисунков на 13.75 страницах и 4 таблиц на 1.25 страницах, библиографический список из 109 наименований литературных источников на 10 страницах, включающий собственные 22 публикации на 2 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во введении рассмотрена актуальность исследований, проведенных в данной диссертационной работе и направленных на разработку системы информационной поддержки процессов дискретных производств.

В первой главе проведен анализ современного состояния информационной поддержки процессов дискретных производств и выявлены проблемы информа-

ционного моделирования с целью автоматического управления на уровне программируемых логических контроллеров АСУТП.

Информационная поддержка в промышленности в соответствии с классификацией Международной Ассоциации Производителей и Пользователей Решений для Промышленных Предприятий реализуется на четырех уровнях управления: OLAP, ERP, MES, и АСУТП, из которых два последних предназначены для управления производством в реальном времени. При этом MES – системы предназначены для информационной поддержки руководства предприятия с целью осуществления анализа текущего состояния производства и поиска путей его совершенствования. Часть принимаемых руководством решений в ходе диспетчерского управления доводятся на уровень непосредственного управления технологическим процессом, он же уровень программируемых логических контроллеров, представляющий собой один из подуровней АСУТП. Очевидно, что автоматическая генерация таких решений на уровне программируемых логических контроллеров в режиме автоматического управления увеличило бы оперативность и точность производственного управления в целом. При этом собственно, информационная поддержка производственного управления заключается в расширении доступа к данным либо доступа к знаниям. Расширение и упорядочение доступа к данным обеспечивается использованием модели данных, а расширение доступа к знаниям – использованием в управлении математического моделирования. К наиболее развитым технологиям математического моделирования производственных процессов относятся системы дискретно-событийного моделирования, предметом моделирования которых является дискретное производство.

До сих пор данное моделирование реализуется лишь в компьютерных имитационных системах, которые не могут быть использованы для массивной обработки множества текущих производственных данных. При этом в дискретно-событийном моделировании моделируется либо предметная область, то есть само производство, с целью прогноза его состояния в определенных ситуациях либо непосредственно задача управления. Однако, как это было исследовано в диссертации на примере теории расписаний, множественные огрубления задачи управления в таком моделировании не позволяют использовать его результаты в автоматическом управлении. С другой стороны, в теории очередей, в которой процессы дискретного производства (ПДП) моделируются как системы массового обслуживания СМО, также не учитываются многие реалии этих процессов с точки зрения автоматического управления ими. Эти реалии, сформулированы как аномалии системной модели очереди в теории очередей (ТО) и представлены на рисунке 1. На этом же рисунке им противопоставляются свойства и цель расчета СМО в ТО.

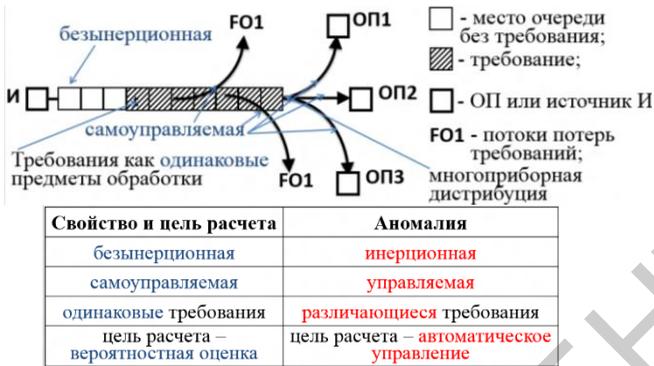


Рисунок 1. – Аномалии системной модели очереди в ТО, которые должны быть учтены в расчете с целью автоматического управления ПДП

Во второй главе диссертационной работы были исследованы возможности разрешения аномалий системной модели ТО в расчете, ориентированном на автоматическое управление процессами дискретных производств. Для изучения возможности имплементации аномалий в расчет ТО был предложен набор модельных примеров систем очередей и сопряженных с ними процессов, где требование очереди представлялось как объект с независимыми системным параметром T и внесистемными параметрами Q . Предполагалось, что связь требования с производственными данными будет осуществляться через параметры Q . Было предложено учитывать в расчете очереди параметры Q с помощью расширения числа Z , представляющего требование в расчетах ТО. В ТО это число выражало системный показатель требования T , представляющий собой значение времени появления требования в очереди. В своей расширенной версии число Z относится к $s+1$ -мерному пространству над полем комплексных чисел как это представлено в формуле

$$Z = T + i_1 Q_1 + i_2 Q_2 + \dots + i_s Q_s, \quad (1)$$

где i_1, i_2, \dots, i_s – мнимые единицы комплексного пространства; T – действительная часть показателя требования, в данном случае параметр времени в относительных единицах; Q_1, Q_2, \dots, Q_s – значения мнимой части показателя требования, представляющие собой внесистемные параметры требования; s – количество внесистемных параметров требования.

Была предпринята попытка формального расчета модельных примеров с приведенной выше расширенной версией числа Z , в которой были выделены следующие стадии: преобразование производственных данных в расширенное число Z ; расчет систем очередей методами ТО; преобразование результата рас-

чета в данные ТО. Однако последняя стадия расчета оказалась затруднена настолько, что дальнейшее исследование потеряло практический смысл, и работа в этом направлении была прекращена. В методе расчета очередей О. М. Тихоненко требование представлено двумя независимыми параметрами, один из которых назван объемом требования и на первый взгляд представляет собой внесистемный параметр, который может иметь производственное значение за пределами системы очередей. В ходе математического исследования выяснилось, что объем требования является и системным, и внесистемным параметром, и поэтому не может являться произвольным элементом производственных данных. Тем не менее, опираясь на данный и другие методы ТО были проведены математические эксперименты по имплементации аномалий системной модели ТО в расчет очереди, что отражено на рисунке 2.

Объект исследования	Системное содержание эксперимента	Изучено:
Расчет СМО с объемом требования О.М. Тихоненко		изначальное системное огрубление методики расчета;
Восстановление однородности требований, конвейеризация		реализация аномалий одинаковости и безынерционности;
Управление сложной системой перестановок требований		реализация аномалии цели расчета и аномалии самоуправления;
Соединение разноуровневых концептуальных моделей в ТО		аномалия самоуправления в концептуальной модели сети МО;
Данные моделей расчета теории очередей		проблемы данных в связи с аномалией одинаковости требований.

Рисунок 2. – Математический эксперимент по реализации аномалий системной модели в расчете теории очередей

В результате этого исследования были определены проблемы использования аномалий в расчете теории очередей, которые представлены в таблице 1.

Для устранения этих проблем были предложены новая системная модель очереди, названная производственной, и новая дискретная расчетная модель очереди. Их отличия от моделей ТО представлены в таблицах 2 и 3. В соответствии с изменением системной и расчетной моделей очереди на основе поточно-дискретной динамической модели расчета очереди Н. Джейсуола с так называемыми потерями требований, которые в новой расчетной модели трактуются как инореализации требований, осуществляемые принудительно, была разработана дискретная динамическая модель расчета производственной очереди.

Таблица 1. – Проблемы моделирования, неразрешимые в рамках существующих методов и подходов теории очередей

Свойство СМО	Проблемы модели расчета очереди с аномалией свойства СМО
Безынерционность	Невозможность моделирования точной локализации свободных вакансий требований в очереди
Самоуправляемость	Невозможность моделирования в едином математическом выражении управляемых процессов из-за разнообразия условий и схем управления Не поддерживает идентификации отдельных приборов одной очереди и их производственных потоков
Одинаковость требований	Не поддерживает моделирование аномалий одинаковости как свойств объекта Не поддерживает моделирование каскадного восстановления однородности требований в привязке к местам очереди Не поддерживает моделирование индивидуальных ограничений для требований в очереди
Данные и оценки расчета	Агрегационные оценки дискретных потоков требований как исходные данные и как характеристики связи с процессами управления не поддерживают управление в реальном времени Вероятность реализации требований как агрегационная оценка не поддерживает актуальную обратную связь в реальном времени и требует методики установления актуальности критерия управления. Использование сложных вычислительных конструкций, чувствительных к неточности производственных данных

Таблица 2. – Различия очереди ТО и производственной очереди

Концепт очереди	Очередь ТО	Производственная очередь
Требование	Свойства объекта	Процесс формирования данных в очереди
Процесс требования	Нет	Процесс формирования данных в требованиях, связанных причинно-следственными связями
Очередь	Безынерционная	Инерционная
Место очереди	Определяется требованием	Определяется независимо от требования
Модель места очереди	Нет	Вакансия требования
Обслуживающий прибор (ОП)	Вне очереди	Место очереди с особыми условиями взаимодействия с требованием
Источник очереди	Вне очереди	Последнее место очереди
Нарушение порядка Ю	Потери	Управляющее воздействие

Таблица 3. – Различия поточно-дискретной расчетной модели очереди ТО и дискретной расчетной модели производственной очереди

Концепт расчета очереди	Очередь ТО	Производственная очередь
Системные ограничения расчета	Разомкнутая система с входным и выходными потоками требований	Замкнутая система с первоначально установленным количеством требований и контролируруемыми состояниями
Цель расчета	Вероятность реализации требования	Сравнение прогноза целевого события требования с критериями управляющего процесса
Форма представления расчета	Расчет по модели расчета очереди в виде математического выражения	Расчет в сочетании гибкой вычислительной конструкции, моделирующей особенности дискретного процесса, и модели расчета очереди

В модели использовались зависимые счетные переменные очереди $k; h; \alpha_k; \beta_k; \gamma_k$, где k – количество требований в очереди перед рассчитываемым требованием; h – номер места очереди с k -м требованием, начиная с $h=0$ соответствующий ОП; α_k – количество свободных вакансий требований в очереди, ограниченной рассчитываемым требованием на момент времени фиксации очередного i -го интервала реализации требования (IR), который представляет собой последовательность событий в очереди, ограниченной этим требованием, до момента его реализации; γ_k – количество требований подлежащих реализации на i -ом IR; β_k – количество требований подлежащих инореализации на i -ом IR. Управляющее воздействие на очередь представляет собой план инореализаций β_k требований из очереди, рассчитываемом в итерационном алгоритме. Для расчета плана инореализаций β_k требований из очереди в аспекте управления очередью в диссертации была разработана методика управления производственной очередью, названная QPC (Queue Processes Calculations), схема которой представлена на рисунке 3.

ДМРПО – одна из дискретных моделей расчета производственной очереди, выбор которой определяется типом этой очереди;

β_k – элемент плана управляющих воздействий на очередь;

Δt_k – характерный отрезок времени элемента последовательности контролируемых событий очереди.

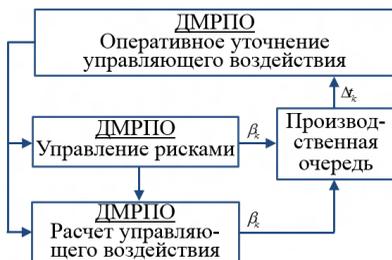


Рисунок 3. – Методика управления производственной очередью QPC

При дальнейшем анализе дискретной динамической модели расчета очереди в контексте QPC выявились проблемы ее вычислимости, а также проблемы

связи расчета с производственными данными и проблемы адаптации ее к изменяющимся производственным условиям. В связи с этим было предложено использовать аппроксимирующий расчет очереди, в которой переменные посредством аппроксимирующей функции преобразуются в целевые значения расчета. В ходе дальнейшего исследования выяснилось, что если моделировать места очереди или переходы между местами очереди, соответственно, как места или переходы с производственной или транспортной обработкой требования, то переменные очереди в расчете могут быть заменены на переменные требования, которые в концепции производственной очереди представляют собой произвольные элементы производственных данных.

Получившийся стиль расчета ориентирован на данные в том смысле, что в его основе лежит феноменологическая, а не математическая модель предметной области. Поэтому он легко адаптируется к изменению состава влияющих данных, для чего используется корреляционный анализ, к изменению зависимости между ними в расчете, а также к изменению целевых значений расчета. При этом аппроксимирующая зависимость может быть смоделирована множеством разных функций, подбираемых и оптимизируемых автоматически. Поскольку QPC был сформулирован для динамической модели расчета была доказана совместимость с методикой QPC расчетных оценок аппроксимирующего моделирования и было обнаружено даже превосходство этих оценок при реализации автоматического управления очередью в методике QPC. При выполнении алгоритма аппроксимирующего расчета производственной очереди в процессе требования создается вычислительная структура для хранения промежуточных результатов, пример которой приводится на рисунке 4.

h=n-1			...	h=0			$\tau_{r_i,a} - \Delta_{a,\max}$	№
a	us	rt	...	a	us	rt	-	тр
0	0	0	...	0	$t_{us}^{0,0}$	$t_{rt}^{0,0}$	-	0
0	0	0	...	$t_a^{1,0}$	$t_{us}^{1,0}$	$t_{rt}^{1,0}$	$\tau_{r_i,a}^{1,0} - \Delta_{a,\max}^{1,0}$	1

0	$t_{us}^{i-1,n-1}$	$t_{rt}^{i-1,n-1}$	...	$t_a^{i-1,0}$	$t_{us}^{i-1,0}$	$t_{rt}^{i-1,0}$	$\tau_{r_i,a}^{i-1,0} - \Delta_{a,\max}^{i-1,0}$	i-1
$t_a^{i,n-1}$	$t_{us}^{i,n-1}$	$t_{rt}^{i,n-1}$	...	$t_a^{i,0}$	$t_{us}^{i,0}$	$t_{rt}^{i,0}$	$\tau_{r_i,a}^{i,0} - \Delta_{a,\max}^{i,0}$	i
$t_a^{i+1,n-1}$	$t_{us}^{i+1,n-1}$	$t_{rt}^{i+1,n-1}$	...	$t_a^{i+1,0}$	$t_{us}^{i+1,0}$	$t_{rt}^{i+1,0}$	$\tau_{r_i,a}^{i+1,0} - \Delta_{a,\max}^{i+1,0}$	i+1

$t_a^{k,n-1}$	$t_{us}^{k,n-1}$	$t_{rt}^{k,n-1}$...	$t_a^{k,0}$	$t_{us}^{k,0}$	$t_{rt}^{k,0}$	$\tau_{r_i,a}^{k,0} - \Delta_{a,\max}^{k,0}$	k
---------------	------------------	------------------	-----	-------------	----------------	----------------	--	---

Рисунок 4. – Фрагмент временной развертки прогнозных значений требований очереди на интервале реализации требований IRs

Эта вычислительная структура имеет вид временной развертки прогнозных значений требований, находящихся в очереди, на так называемом интервале реализации требований IRs, который представляет собой те события очереди, которые отобраны для контроля с целью автоматического управления этой

очередью. При этом для каждого места очереди h определяется время поступления $t_a^{i,n-1}$ и время полезного пребывания требования $t_{us}^{i,n-1}$ на этом месте, а также время его готовности к переходу на другое место очереди $t_{rt}^{k,n-1}$. Далее производится расчет соответствующих значений времени по алгоритму, воспроизводящему логику перемещения требования в очереди до места $h=0$ соответствующему завершающему ОП и сравнение его результата с заданным значением $\tau_{rt,a} - \Delta_{a,max}$. В диссертации на модельных примерах с использованием этих вычислительных структур были исследована и выявлена возможность реализации в данном расчете всех аномалий ТО, требуемых для управления очередью.

В третьей главе предложены концепции фактологических структур (QFS), моделирующих производственные очереди, и комплексного орграфа для моделирования процессов дискретного производства в производственных очередях.

Для поддержки по методике QPC взаимодействия фактических значений событий очереди с вычислительной структурой временной развертки в диссертации была разработана соответствующая ей структура хранения фактических данных. Она отражает три диахронических последовательности: процесс событий очереди в требовании, процесс требований в очереди и процесс требования в очередях. Событие очереди представлено в ней посредством многомерного факта, поэтому данная структура данных названа фактологической структурой очереди (QFS). Для совместимости QFS с реляционной моделью на уровне структуры был выбран формат двумерных таблиц данных, которые названы таблицами требований. Для ее совместимости на уровне метода были использованы иерархические ключи и ключи замещения, которые поддерживают отношения следования в реляционной модели RM/T, что дает возможность извлечения реляционных данных из структур QFS с использованием языка SQL в части команд, созданных на основе реляционного исчисления. В диссертации также была предложена концептуальная модель дискретного производства в виде его комплексного орграфа. Он включает в себя только узлы простой трансформации и дистрибуции требований. По аналогии с ограничениями на целостность данных, установленными для реляционной модели для QFS были сформулированы положения процессной целостности данных на уровне факта, требования и процесса требования. Соответствия между реляционной моделью и QFS отображены в таблице 4.

Таблица 4. – Ограничения на целостность данных в IRM и QFS

Уровни целостности данных в IRM	Уровни целостности данных QFS	Уровень контроля в QFS	Нарушение целостности данных в QFS
Атрибут (1НФ)	Факт	Измерения факта	Wm
Кортеж (2 и 3НФ)	Требование	Факт	Vc
Ссылочная	Процесс требования	Ключи S^{in}, S^{out}	Null2, Wm
Категорная	Категорная	Ключ t^{in}	Null2, Wm

Контроль процессной целостности данных основан на логическом разрешении состояний Null в таблице требований в процессе формирования данных в требовании и отображен на рисунке 5.

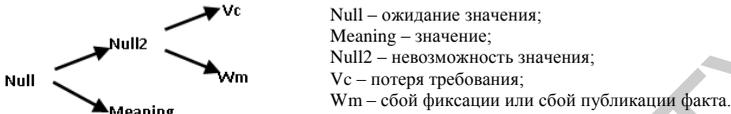


Рисунок 5. – Разрешение Null состояний в QFS

В четвертой главе рассмотрены механизмы реализации системы информационной поддержки автоматического управления на уровне непосредственного управления технологическими процессами на основе структур данных QFS, которая была названа IQM, а также рассмотрены особенности формирования положительного эффекта в этой системе.

Для исследования механизмов реализации IQM была сформулирована общая структура информационного запроса на расчет управляющего воздействия в IQM, представленная на рисунке 6.



Рисунок 6. – Общая структура информационного запроса на расчет управляющего воздействия в IQM

Информационный запрос представляет собой запрос на данные в контексте вычислительного процесса, который как это следует из рисунка 6 в нашем случае представляет собой прогноз целевых значений событий очереди на основе актуального прецедента, сформированного в QFS из уже завершенных требований. Соответственно в IQM должны быть представлены возможности синтеза различных версий таких прогнозов с целью учета изменяющихся производственных условий и возможности их сравнения в пользу лучшего из них. Эти возможности были проанализированы, и примерная схема их реализации представлена в диссертации. Эта схема основана на том, что может быть определен лучший вычислительный процесс для уже завершившихся процессов управления. При этом не нужно воспроизводить новые ситуации и соответс-

вующие им новые процессы управления. Это создает новые возможности не только для автоматического управления, но и для производственного анализа. Например, путем сравнения точности множества частных вычислительных процессов в актуальном прецеденте с точностью тех же вычислительных процессов в образцовом прецеденте можно своевременно осуществлять анализ текущей точности производственных данных составляющих предпосылки того или иного вычислительного процесса и таким образом улучшить оперативность обслуживания средств автоматизации и технологического оборудования.

Целью автоматической адаптации вычислительного процесса к изменяющимся производственным условиям, которая как было показано выше может быть обеспечена в IQM, должно быть достижение того или иного качества автоматического управления производственным процессом. Для этого на примере управления распределением требований в две однотипные очереди по принципу наиболее быстрого обслуживания требований, был рассмотрен аспект точности такого управления. Было доказано, что в традиционной схеме теории автоматического управления адаптивное управление таким распределением практически невозможно потому, что мы очень редко можем достаточно определенно судить насколько верно был осуществлен выбор целевой очереди. Кроме того, очевидно, что в этом случае изменение собственно функции управления, имеющей простую логику выбора между двумя прогнозами, имеет сомнительную ценность для повышения точности управления. Между тем показано, что при управлении по методике QPC, где обратной связью охвачен и корректируется прогноз целевого события очереди, а функция управления остается неизменной, каждый цикл управления создает основания для коррекции вычислительного процесса по обратной связи. Для оценки точности управления по методике QPC было предложено использовать значение риска ошибочности управления как это показано на рисунке 7.

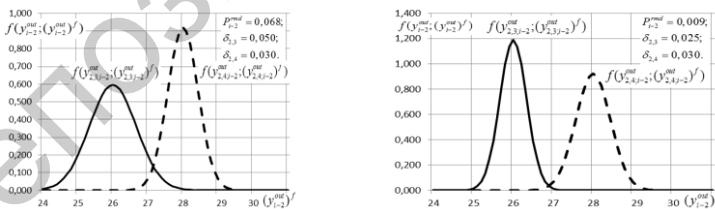


Рисунок 7. – Изменение риска ошибочности управления дистрибуцией требований при уточнении одного из прогнозов

На этом рисунке приведен пример уменьшения рисков ошибочности управления дистрибуцией требований P_j^{md} с 6,8% до 0,9% при уточнении одного из прогнозов с класса точности прогноза 5 до класса точности 2,5. В рамках модельных примеров было выяснено, что за счет автоматической кор-

рекции прогноза средний риск ошибочности дистрибуции может быть уменьшен в 5 раз и в ходе управления глубиной прогнозирования, что предполагает манипулирование ресурсами собственно вычислительного процесса, – в 2,5 раза.

Анализ автоматического управления очередью посредством простой трансформации требований в ней позволил выявить возможности для формирования новых контуров управления и новые возможности для управления интенсивностью использования технологического оборудования посредством выборочного изменения процессов простой трансформации требований в очереди. В результате были представлены следующие эффекты применения системы информационной поддержки IQM процессов дискретного производства:

1. На уровне PLC могут быть достигнуты: автоматическая адаптация управления к изменяющимся условиям производства; индивидуализация обработки в массовом производстве; автоматическая перенастройка производства с учетом конъюнктурных факторов и автоматическая адаптация к изменяющимся целям управления.

2. На уровне MES -- адаптация существующих или формирование новых контуров управления к новыми целевым фактам управления или новым целевым измерениям факта, а также изменение технологических схем с целью повышения точности автоматического управления ПДП.

3. На уровнях MES и SCADA - повышение оперативности технического обслуживания средств автоматизации и технологического оборудования.

4. На уровнях ERP и OLAP - облегчение доступа к данным для изменяющихся информационных потребностей автоматизированной системы управления производством.

Кроме того, в диссертации был предложен новый системный подход к описанию концептуальных отношений в системах информационной поддержки на основе модели данных, которые создают собственные системные эффекты. Например, благодаря обоснованию требования как процесса формирования данных в очереди, QFS позволяет моделировать не только дискретное производство товаров, но и дискретное производство услуг, включая банковскую и финансовую сферу, а также иные коммерческие, социальные, производственные и информационные сервисы. Благодаря разделению данных и вычислительных процессов с выделением вычислительных процессов логического поиска, процессов логического контроля и процессов с отображением структур хранения в вычислительных структурах, можно исключить нарушение целостности данных при использовании в системе информационной поддержки структур, отличающихся друг от друга моделью данных, в частности речь может идти о бимодельных структурах данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Разработаны поточно-дискретные динамические модели расчета очереди. В них требование было представлено как объект с независимыми системным и внесистемными параметрами, представляемыми в виде комплексного числа или в виде набора данных [1, 3]. Было выявлено, что для устранения недостатков поточно-дискретных динамических моделей расчета очереди необходимо произвести изменения в системной и расчетной моделях очереди, а также в методах использования модели расчета очереди в процессах управления ею [5, 6].

2. Предложены версии системной и дискретной расчетной моделей очереди для отображения процессов дискретных производств с целью управления ими. В системной модели очередь, которая названа производственной, представляет собой последовательность не только требований, но независимых от них мест очереди, а требование представляет собой отдельный событийный процесс формирования данных в очереди однотипных процессов. Дискретная расчетная модель системы производственных очередей строится на событийной схеме очереди в ограниченном количестве требований данной системы [2, 4, 8].

3. Предложена методика управления производственной очередью (QPC), включающая в себя расчет управляющего воздействия на очередь, управление рисками и оперативное уточнение управляющего воздействия на очередь в рамках одной из дискретных моделей расчета производственной очереди, дискретной расчетной модели очереди и событийной схемы управления [6, 22].

4. Для использования в методике QPC была разработана дискретная динамическая модель расчета производственной очереди со счетными переменными очереди. Предложено также использовать аппроксимирующую модель расчета производственной очереди со счетными переменными очереди для чего разработана согласующая модель, связывающая ее с QPC. Проведено сравнение данных моделей расчета очереди. Предложена дискретная расчетная модель производственной очереди в процессе требования. Для нее разработано аппроксимирующее моделирование расчета производственной очереди в процессе требования и согласующая модель, связывающая ее с методикой QPC. Разработаны образцы специализированных алгоритмов, связывающих производственные данные с расчетными значениями прогнозов системы управления очередью [3, 13, 14, 22].

5. Разработана модель данных для информационной системы дискретного производства на основе системной и дискретной расчетной моделей производственной очереди, которая представлена как фактологическая структура очередей QFS в виде логически связанных двумерных таблиц требований. По-

следние представляют собой диахронические последовательности фактов, отражающие событийную схему требования в очереди. Была предложена концептуальная модель дискретного производства в виде комплексного орграфа с узлами простой трансформации и с узлами дистрибуции требований [7, 15].

б. При исследовании внутренних взаимодействий в системе информационной поддержки на основе очередей требований предложены метод коррекции вычислительного процесса системы и последовательность операций синтеза вычислительных структур для выполнения информационных запросов на автоматическое управление дискретным производством. На модельных примерах рассмотрено содержание такого рода запросов и достигаемые в них эффекты управления. Разработана новая концептуальная схема системных взаимодействий в системах информационной поддержки на основе модели данных и выявлено, что применение разработанной системы информационной поддержки распространяется также на область дискретного производства услуг, а целостность данных в системах информационной поддержки может поддерживаться в структурах данных, принадлежащих разным моделям данных [8, 21, 22].

Рекомендации по практическому использованию результатов.

Разработанные структуры и методы рекомендуется использовать при проектировании информационных систем для управления процессами дискретных производств товаров и услуг, а также как основу для научных исследований информационного моделирования процессов непрерывных производств посредством очередей, а также информационного моделирования процессов дискретных производств как в производственных очередях, так и в узлах с функциями обработки, выходящими за пределы дистрибуции и простой трансформации требований. Предложенные подходы могут быть использованы для создания бимодельных баз данных на основе реляционной модели и QFS. Изложенный в диссертации материал могут быть использован в преподавании курсов «Базы данных», «Информационные системы» как подход дополняющий реляционную модель данных моделью данных на основе очереди.

Систему информационной поддержки на основе очередей требований планируется внедрить при создании системы управления технологическими процессами авторемонтного предприятия.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в научных журналах

1. Зирко, О.Ф. Требования к комплексными показателями в системах массового обслуживания / О.Ф. Зирко // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информат. – 2007. – Вып. XV. – С.130 – 133.
2. Зирко, О.Ф. Теория массового обслуживания в циклических процессах автоматического управления / О.Ф. Зирко, В.И. Кудрявцев // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информ. – 2007. – Вып. XV. – С.134 – 137.
3. Зирко, О.Ф. ВМАР – модели систем массового обслуживания с ограниченным пространством при комплексном представлении требований/ О.Ф. Зирко, А.Ф. Кобайло // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информ. – 2008. – Вып. XVI. – С.145 – 148.
4. Зирко О.Ф. Модель системы массового обслуживания с высокой адаптивностью / В.И. Кудрявцев, О.Ф. Зирко // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информ. – 2008. – Вып. XV. – С.149 – 152.
5. Зирко, О.Ф. Расчет вероятности реализации требований в комплексной структурной модели системы массового обслуживания / О.Ф. Зирко, В.И. Кудрявцев // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информ. – 2009. – Вып. XVII. – С.132 – 136.
6. Зирко О.Ф. Описание ВМАР системы массового обслуживания в комплексной структурной модели / В.И. Кудрявцев, О.Ф. Зирко // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информ. – 2009. – Вып. XV. – С.149 – 152.
7. Зирко, О.Ф. Графоаналитический метод представления комплексных систем массового обслуживания / О.Ф. Зирко, В.И. Кудрявцев // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информ. – 2010. – Вып. XVIII. – С.180 – 185.
8. Зирко, О.Ф. Автоматическое прогнозное управление процессами дискретных производств / В.И. Кудрявцев, О.Ф. Зирко // Системный анализ и прикладная информатика - Минск.: БНТУ, 2015. – №2 – С. 125–131.

Статьи в материалах научных конференций

9. Зирко, О.Ф. Проблемы обучения студентов сетевым технологиям и системам массового обслуживания на историческом факультете / О.Ф. Зирко // Матэрыялы III Міжнароднай навуковай канферэнцыі. – Полацк: Полацкі гісторыка-культурны музей-запаведнік, ПГУ, 1995. – С.140-143.
10. Зирко, О.Ф. Системы массового обслуживания с задержкой и их применение в экономике // О.Ф. Зирко // Компьютерный анализ данных и моделирование: сборник научных статей V Международной конференции, Минск, 8-12 июня 1998 г. – Мн.:БГУ, 1998. Часть 3: А-К – С.151–159.
11. Zirko, Olga F. Delay Process in the models of Queueing Systems / Olga F Zirko. — Poland: IEE, 2000. – p. 185–191.
12. Zirko, O.F. MultiAgent Querying systems / O.F. Zirko, B.A. Zhelezko // Komputernyi analiz dannyh I modelirovaniee . – NITE, Poland, 2001. – p. 94-121.

13. Зирко, О.Ф. Источник требований и его роль в системах массового обслуживания / О.Ф. Зирко // Новые информационные технологии в образовании: труды IV международной конференции, Минск, 10-14 декабря 2000 – Мн.: БГЭУ, 2000. – Т.1. – С.51–54.

14. Зирко, О.Ф. Процесс задержки как система массового обслуживания – средство построения экономических моделей / О.Ф. Зирко // Новые информационные технологии в образовании: труды V международной конференции, Минск, 26-30 октября 2002. – Мн.: БГЭУ, 2002. – Т.1. – С.91–95

15. Зирко, О.Ф. Системы массового обслуживания с задержкой и их применение в экономике / О.Ф. Зирко // Компьютерный анализ данных и моделирование : Сборник научных статей VI Международной конференции, Минск, 2002 г. / Белорусский государственный университет; под ред. проф. С.А. Айвазяна и проф. Ю.С.Харина. – Мн.: БГУ, 2002. – Часть 3: А-К – С.151-158.

16. Зирко О. Ф. Основы информационного моделирования производственных процессов с использованием очередей / В. И. Кудрявцев, О. Ф. Зирко // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: матер Международной науч.-практ. конф. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – С. 414-423.

Тезисы докладов в материалах конференций

17. Зирко, О.Ф. Сети ЭВМ и системы массового обслуживания в исторических исследованиях / О.Ф. Зирко // Информационный бюллетень Ассоциации “История и компьютер”, Москва, апрель 1995 г. – М: МГУ, 1995. – №14 – С.150-152.

18. Зирко, О.Ф. Возможности использования систем массового обслуживания в архивах / О.Ф. Зирко // Новые информационные технологии в образовании: Труды второй международной конференции “Историческая информатика”. – Мн.: БелНИИДАД, 1996. – Т.Ш. – С.18-21.

19. Зирко, О.Ф. Архив как система массового обслуживания / О.Ф. Зирко // Информационный бюллетень Ассоциации “История и компьютер”. – М.: МГУ, 1996. – № 17. – С. 45-47.

20. Зирко, О.Ф. Будущее систем массового обслуживания в экономике / О.Ф. Зирко // Новые информационные технологии в образовании : Труды Третьей международной конференции, Минск, 12-13 ноября 1998 г. – Мн.: БГЭУ, 1998. –Т.П. – С. 54-56.

21. Зирко, О.Ф. Операция “задержки” требований как инструменты анализа моделей систем массового обслуживания / О.Ф. Зирко // PATTERN recognition and INFOMATION processing. – Minsk–Szczecin: Belarus-Poland, IEE,1999. – V.2 – pp. 325–331.

22. Зирко, О.Ф. Информационное моделирование массовых производственных процессов / О.Ф. Зирко, В.И. Кудрявцев // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2013): доклады XII Международной конференции, Минск, 20 ноября 2013 г. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2013. – С.140-146.

РЭЗІЮМЭ

Зірко Вольга Фёдарайна

Інфармацыйная падтрымка працэсаў дыскрэтных вытворчасцей на аснове чэргаў патрабаванняў

Ключавыя словы: інфармацыйная падтрымка; кіраванне працэсамі дыскрэтнай вытворчасці; інфармацыйная сістэма; чарга патрабаванняў; вытворчая чарга; тэорыя масавага абслугоўвання; камплексны оргграф прыкладной галіны; структура фактаў; вылічальныя працэсы інфармацыйнай сістэмы.

Мэтай працы з'яляўецца стварэнне сістэмы інфармацыйнай падтрымкі пры непасрэдным кіраванне працэсамі дыскрэтных вытворчасцей на аснове чэргаў патрабаванняў.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: Распрацавана сістэма струменева-дыскрэтных дынамічных мадэляў разліку чаргі з выкарыстаннем прад'яўленні патрабаванняў і разліку ў выглядзе комплекснага ліку, створаная ў мэтах даследавання вылічальнасці такіх мадэляў разліку. Распрацавана сістэма струменева-дыскрэтных дынамічных мадэляў разліку чаргі, створаных на аснове метадыкі А.М. Ціханенка, для ўліку пазасістэмны параметраў патрабаванняў і мэтах даследавання сістэмных, разліковых і мэтавых канфліктаў мадэлявання працэсаў дыскрэтных вытворчасцей пры разліку чэргаў, а вынікі гэтага даследавання стварылі перадумовы для змены сістэмнага, разліковага мадэлявання і мадэлявання кіравання чэргамі. Прадстаўлена канцэпцыя вытворчай чаргі, якая фармалізуе працэсы дыскрэтных вытворчасцей для наступнага разліку. Распрацавана канцэпцыя дыскрэтнай разліковай мадэлі вытворчай чаргі з падліковымі зменнымі чэргі і зменнымі працэсу патрабаванняў. Створана метадыка кіравання вытворчай чаргой QPC. Распрацаваны дыскрэтная дынамічная мадэль разліку вытворчай чаргі з падліковымі зменнымі працэсу чаргі і апраксіруючы разлік вытворчай чаргі з зменнымі працэсу чаргі і патрабаванняў. Распрацавана канцэптэуальная мадэль працэсаў дыскрэтных вытворчасцей у выглядзе комплекснага оргграфа. Створаны і даследаваны факталагічныя структуры чэргаў QFS. Прапанаваны метадыка пераўтварэння QFS у вылічальныя мадэлі аналізу і кіравання апраксімацыйнага разліку чаргі з зменнымі працэсу патрабаваннямі і канцэпцыя прагнознага кіравання чаргой. Створана і даследавана сістэма інфармацыйнай падтрымкі кіравання працэсамі дыскрэтнай вытворчасці.

РЕЗЮМЕ

Зирко Ольга Федоровна

Информационная поддержка процессов дискретных производств на основе очередей требований

Ключевые слова: информационная поддержка; управление процессами дискретного производства; информационная система; очереди требований; теория массового обслуживания; комплексный оргграф прикладной области; моделирующая очереди структура фактов; вычислительные процессы информационной системы.

Целью работы является создание системы информационной поддержки на уровне непосредственного управления процессами дискретных производств на основе очередей требований.

Полученные результаты и их новизна: Разработана система поточно-дискретных динамических моделей расчета очереди с использованием представления требования в расчете в виде комплексного числа, созданная в целях исследования вычислимости таких моделей расчета. Разработана система поточно-дискретных динамических моделей расчета очереди, созданных на основе методики О.М. Тихоненко, для учета внесистемных параметров требования в целях исследования системных, расчетных и целевых конфликтов моделирования процессов дискретных производств при расчете очередей, а результаты этого исследования создали предпосылки для изменения системного, расчетного моделирования и моделирования управления очередями. Представлены концепция производственной очереди, формализующей процессы дискретных производств, а также концепция дискретной расчетной модели производственной очереди со счетными переменными очереди и переменными процесса требования. Создана методика управления производственной очередью (QPC). Разработаны дискретная динамическая модель расчета производственной очереди со счетными переменными процесса очереди и аппроксимирующий расчет производственной очереди с переменными процесса очереди и требования. Разработана концептуальная модель процессов дискретных производств в виде комплексного оргграфа. Созданы и исследованы фактологические структуры очередей QFS. Предложены методика преобразования QFS в вычислительные структуры анализа и управления аппроксимирующего расчета очереди с переменными процесса требования, и концепция прогнозного управления очередью в рамках QPC. Предложена и исследована система информационной поддержки для управления процессами дискретных производств.

SUMMARY

Zirko Olga Fedorovna

Information support of discrete manufacturing processes queues-based requirements

Keywords: discrete manufacturing process control; information system; queues of requirements, queuing theory, complex application area digraph; simulating the queue structure of facts; computational processes management system; computational processes information system.

The aim is the establishment of the system of information support on PLC- level for production control of discrete manufacturing processes using queues.

The results obtained and their novelty: A system thread - discrete dynamical models for calculating queue using representation requirements in terms as a complex number, created to study the computability of such calculation models. A system of continuous- discrete dynamical models for calculating the queue created on the basis of a technique O.M. Tihonenko to account for non-system parameters in order to study the requirements of the system, settlement of conflicts and target simulation of discrete production processes in the calculation of the queue, and the results of this study set the stage for changes in the system, the design modeling and simulation of queuing . It were introduced the concept of a production line, formalizes the process of discrete production for the subsequent calculation. It was ordered the concept of discrete computational model of the production line with countable variables queue and process variables requirements were elaborated. It was established method for managing production queue QPC. It were developed a discrete dynamical model calculation of the production line with countable process variables queue and appreciating calculation of the production line with the requirements of the process queues and variables. It was elaborated a conceptual domain model of discrete manufacturing process as a complete digraph. It was created and studied the structure queues factual QFS. It was established a method for converting QFS in computational structure analysis and computational management structure appreciating calculation queue process variables requirements. The concept of predictive queue management had been proposed. It was elaborated and established the system of information support for discrete manufacturing process control.

Научное издание

ЗИРКО Ольга Федоровна

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОЦЕССОВ
ДИСКРЕТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ НА ОСНОВЕ
ОЧЕРЕДЕЙ ТРЕБОВАНИЙ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.13.01 – Системный анализ,
управление и обработка информации

Подписано в печать 15.05.2015. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 1,28. Уч.-изд. л. 1,00. Тираж 60. Заказ 382.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.