

2.Афанасьев А.Н., Войт Н.Н. Интеллектуальная агентная система анализа моделей потоков проектных работ //Автоматизация процессов управления. 2015. № 4 (42). С. 52-61.

3.Afanasyev A., Voit N. Intelligent agent system to analysis manufacturing process models // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2016. Т. 451. С. 395-403.

4.Afanasyev A.N., Voit N.N., Kirillov S.Y. Development of ryt-grammar for analysis and control dynamic workflows // В сборнике: Proceedings of the IEEE International Conference on Computing, Networking and Informatics, ICCNI 2017 Evolution of Grid to Revolution in Cloud. 2017. С. 1-4.

Войт Николай Николаевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: n.voit@ulstu.ru

Кириллов Сергей Юрьевич, аспирант кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: kirillovsyu@gmail.com

Бочков Семен Игоревич, аспирант кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: bochkovsi@ido.ulstu.ru

УДК 658.512.266:004.896

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ РАБОТ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Н. Н. Войт¹, С. Ю. Кириллов², М. Е. Уханова³, С. И. Бочков⁴, Д. С. Канев⁵

^{1,2,4,5}Ульяновский государственный технический университет

³Ульяновский механический завод

Аннотация. Разработана и исследована диаграмматическая модель гибридных динамических потоков проектных работ этапа согласования конструкторской документации в условиях радиотехнического предприятия. Моделирование показало «узкое горлышко», выявило парадоксальную проектную ситуацию.

Ключевые слова: диаграмматика, потоки проектных работ, проектирование

Поток проектных работ должен быть концептуально представлен на формальном языке для анализа и экспертизы перед развертыванием в САПР и АСТПП. Такое представление также полезно при передаче задач потока работ между проектировщиками, лаборантами, инженерами-технологами, менеджерами и техническим персоналом. Концептуальные представления могут быть выполнены с использованием Workflow Nets (WF-nets), Workflow Graphs, Object Coordination Nets (OCoNs), Adjacency Matrix, Unified Modeling Language (UML) diagrams, Evolution Workflow Approach and Propositional Logic, Business Process Model and Notation (BPMN), Integrated DEFinition for Process Description Capture Method (IDEF3), extended event-driven process chain (eEPC) и др.

Исследуем разработанную на рисунке диаграмматическую концептуальную модель согласования конструкторской документации при проектировании сложных автоматизированных систем [1,2]. Началом выполнения гибридных динамических потоков проектных работ по согласованию конструкторской документации (КД) является вход с меткой *in* и с ролью исполнителя – начальник (*department manager*), формулирующий задачи конструкторской подготовки производства. На схеме такой поток проектных работ представлена как *wf1*. Завершение постановки задачи начальником представлено в блоке *Done1*. Поток проектных работ *wf2* является входом для исполнителей (*the junior executives*). Далее следует разработка технического задания (*development*) исполнителями в виде потока проектных работ *wf3*. Блок *Done5* является завершением разработки технического задания при этом формируется поток *wf4*, являющийся входом для формирования комплекта конструкторской документации – *quire*. Поток проектных работ *wf5* формирует комплект документов. Блок *Done2* является завершением формирования комплекта документов и создается поток *wf6*, являющийся входом в блок для проверки конструкторской документации – *checking*. Поток проектных работ *wf7* выполняет проверку (контроль) документации и является входом в блок *Done6*, завершающий проверку. Формируется поток проектных работ *wf8* для составления маршрута изготовления сложной автоматизированной системы. Этот маршрут формируется в блоке *route*, в котором оцениваются замечания контроля и, в случае приемлемого результата оценки, формируется поток проектных работ *wf9*, входящий в блок *Successfully Done1*, а если оценка является неудовлетворительной для пропуска далее, то создается поток проектных работ *wf10*, входящий в блок *Failed Done1*. Поток проектных работ *wf12* является входом в блок согласования конструкторской документации – *agree* с начальником сектора – *chief of a sector*, где, в случае успешного согласования, формируется поток проектных работ *wf17*, являющийся входом для блока согласования технической документации конструкторами и схемотехниками соответственно *Design and Laboratory*, а если есть ошибки, замечания, то создается поток проектных работ *wf18*, являющийся входом для блока *Failed Done2*. Потоки проектных работ *wf11*, *wf19* входя в блок оформления замечаний *remarks*, из которого выходит поток проектных работ *wf13*, являющийся входом в блок *Done4*, где представлены все замечания. Поток проектных работ *wf14* является входом для блока доработка конструкторской документации *rework*, в котором формируется поток проектных работ *wf15*, означающий завершение изменений в документации и входящий в блок *Done3*. Поток проектных работ *wf16* сообщает руководителю темы и исполнителям *the junior executives* о внесении изменений в конструкторскую документацию.

Конструктора и схемотехники сектора выполняют потоки проектных работ по решению поставленной задачи в блоке *Design and Laboratory*, ко-

торый декомпозирует на уровень детализации. Выходной поток проектных работ *wf67* входит в блок принятия решения *Design and Laboratory Return*, в случае успешно выполненных потоков проектных работ конструкторами и схемотехниками формируется поток проектных работ *wf70*, являющийся входом в блок *Design and Laboratory Successfully Done*, а если имеются недочеты, ошибки, замечания, то создается поток *wf71*, являющийся входом в блок *Design and Laboratory Failed Done*. Поток проектных работ *wf72* означает формирования замечаний и является входом в блок *remarks*. Поток проектных работ *wf73* формирует комплект конструкторской документации на подпись начальнику и является входом в блок *Approval*. Формируется поток *wf75* в случае наличия не устраненных замечаний и является входом в блок *Approved Failed*, из которого выходит поток проектных работ *wf76*, входящий в блок *remarks*. Поток проектных работ *wf74* создается если конструкторская документация утверждена, этот поток входит в блок *Approved Successfully*. Поток проектных работ *wf77* входит в блок контролируется оформление по стандарту *OSN* и, в случае успеха, формируется поток проектных работ *wf78*, входящий в блок *OSN Successfully*. Если имеются замечания в блоке *OSN*, то создается поток проектных работ *wf79*, следующий в блок *OSN Failed*, из которого в свою очередь исходит поток *wf80*, входящий в блок *remarks*. Завершающим потоком проектных работ является *wf105*, входящий в блок *The End of Agreed upon documents*, являющимся выходом *out*.

Примером реализации рассмотренной модели является случай, когда начальник конструкторского сектора проверяет конструкторскую документацию на наличие ошибок в документации, полноту комплекта документов для согласования, наличие согласующих подписей, необходимых для текущего этапа согласования. По результатам проверки, начальник сектора принимает решение: отдать документацию на доработку или отправить на следующий этап согласования. Модель проверялась на следующие свойства: достижимость (*reachability*) – которое устанавливает, что конечное состояние системы будет достигнуто при любой последовательности переходов от позиции *i*. Данное свойство также подразумевает, что при достижении конечной позиции данной сети отсутствуют фишки в промежуточных позициях; безопасность (*safety*) – устанавливает, что в процессах отсутствуют зависания (*deadlocks*), заикливания, тупики; живость (*liveness*) – устанавливает, что система не содержит лишних позиций, которые никогда не будут выполнены. Отсутствие живости означает либо избыточность бизнес-процесса в проектируемой системе, либо свидетельствует о возможности возникновения заикливаний, тупиков, блокировок.

Проведенный анализ модели потока работ согласования КД, представленный на рисунке, показал «узкое горлышко» – некоторые свойства сети зависят от квалификации проектировщика. Чем ниже квалификация конструктора, тем больше количество раз документация будет возвращать-

ся на доработку, а значит, тем большее количество фишек будет скапливаться в позициях. В тоже время складывается парадоксальная проектная ситуация – чем выше квалификация разработчика КД, тем меньше «живость» потока работ, поскольку многие операции, связанные с доработкой КД не будут выполнены. Модель обладает хорошим свойством безопасности, поскольку отсутствуют зависания, зацикливание, тупики и блокировки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-07-01417, Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 2.1615.2017/4.6, РФФИ и Администрации Ульяновской области в рамках научного проекта № 18-47-730032.

Литература

1.Афанасьев А. Н., Войт Н. Н., Уханова М. Е., Ионова И. С., Епифанов В. В. Анализ конструкторско-технологических потоков работ в условиях крупного радиотехнического предприятия // Радиотехника. 2017. № 6. С. 49-58.

2.Афанасьев А. Н., Войт Н. Н. Интеллектуальная агентная система анализа моделей потоков проектных работ //Автоматизация процессов управления. 2015. № 4 (42). С. 52-61.

Войт Николай Николаевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: n.voit@ulstu.ru

Кириллов Сергей Юрьевич, аспирант кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: kirillovsyu@gmail.com

Уханова Мария Евгеньевна, аспирант кафедры «Вычислительная техника», АО «Ульяновский механический завод», 432008, г. Ульяновск, Московское шоссе, 94, e-mail: mari-u@inbox.ru

Бочков Семен Игоревич, аспирант кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: bochkovsi@ido.ulstu.ru

Канев Дмитрий Сергеевич, к.т.н., УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: dima.kanev@gmail.com

УДК 658.512.22

ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ МНОГОАГЕНТНАЯ СИСТЕМА

Н. Н. Войт, С. Ю. Кириллов, С. И. Бочков, Р. Ф. Гайнуллин, В. С. Хородов

Ульяновский государственный технический университет

Аннотация. Исследованы способы организации многоагентных систем коллективного проектирования сложных автоматизированных систем, разработана новая архитектура