

4.Цыганков, Д.Э. Отображение конструктивно-функциональной структуры изделия в САД-системе / Д.Э. Цыганков, А.Ф. Похилько // Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем: сборник научных трудов X Юбилейной Всероссийской научно-практической конференции (с участием стран СНГ). – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – С. 173-175.

*Цыганков Д. Э., к.т.н., инженер-конструктор I категории ОКБ, АО «Ульяновский механический завод», e-mail: d.tsyg@mail.ru*

*Похилько А. Ф., к.т.н., доцент, доцент кафедры «Прикладная математика и информатика» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», e-mail: afp@ulstu.ru*

*Горбачев И.В., к.т.н., доцент, начальник учебного управления ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», e-mail: giv.uln@gmail.com*

## **УДК 658.512.22**

### **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ ДИНАМИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПОТОКОВ РАБОТ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

Н. Н. Войт, С. Ю. Кириллов, С. И. Бочков, А. С. Степанов, В. А. Гордеев

Ульяновский государственный технический университет

**Аннотация.** Представлена реализация авторских методов анализа и контроля диаграмматических моделей в компьютерной программе. На основе этой программы проведен вычислительный эксперимент и дана оценка полученных результатов в сравнении с аналогами.

**Ключевые слова:** проектирование, потоки проектных работ, интеллектуализация, диаграмматика

Вычислительный эксперимент на основе разработанной компьютерной программы, реализующей методы анализа и контроля динамических распределенных потоков работ в проектировании сложных автоматизированных систем, является необходимым условием оценки эффективности предложенных новых методов в теории автоматизации проектирования сложных автоматизированных систем. В работе авторы описывают программное средство анализа и контроля диаграмматики и вычисляют количественную оценку работы предложенных методов.

Программа разработана на платформе .Net Framework 4.5, для анализа используются диаграммы построенные в Microsoft Visio 2017, для представления сети Петри используется формат программы Platform Independent Petri Net Editor.

Приложение поддерживает 4 типа диаграмм для анализа и конвертации в сеть Петри: BPMN, EPC, IDEF3, IDEF5 (рис.1б). На рис. 1 показан пример анализа EPC диаграммы. В случае нахождения ошибки, показывается описание ошибки и подсвечивается ошибочный элемент в Microsoft Visio 2017. Для анализа диаграммы необходимо открыть его в MS Visio и нажать кнопку «Анализ», в этом случае будет проанализирована диаграмма, находящиеся на активной странице. В случае необходимости можно проанализировать только часть диаграммы, для этого необходимо выделить нужные фигуры в MS Visio и также нажать кнопку «Анализ».

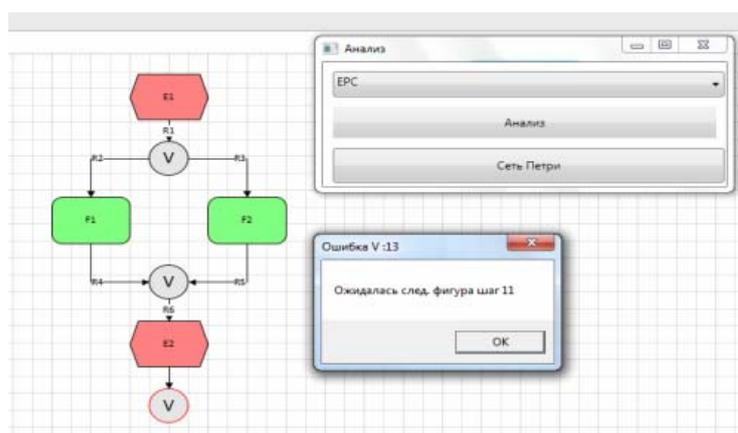


Рис. 1 Пример анализа EPC диаграммы

Программа позволяет транслировать диаграмму в ингибиторную сеть Петри для дальнейшего анализа. Полученную сеть Петри можно изучить во внутреннем редакторе, а также сохранить и просмотреть в программе Platform Independent Petri Net Editor.

На рис. 2 показана архитектура приложения для анализа диаграмм. Основные компоненты системы: Microsoft Visio – внешняя программа для построения диаграмм. Коннектор к MS Visio – компонент для работы с диаграммами MS Visio. Парсер EPC - компонент для парсинга EPC диаграмм MS Visio и преобразования их в универсальный формат диаграмм. Парсер BPMN - компонент для парсинга BPMN диаграмм MS Visio и преобразования их в универсальный формат диаграмм. Парсер IDEF3 - компонент для парсинга IDEF3 диаграмм MS Visio и преобразования их в универсальный формат диаграмм. Парсер IDEF5 - компонент для парсинга IDEF5 диаграмм MS Visio и преобразования их в универсальный формат диаграмм. Анализатор - компонент для анализа диаграмм и поиска ошибок. Подсистема отображения ошибок – компонент для отображения найденных ошибок пользователю. Транслятор в сеть Петри – компонент для преобразования диаграммы в ингибиторную сеть Петри. Подсистема отображения сети Петри – компонент для отображения полученной сети Петри. Конвертор сети Петри в PIPE – компонент для сохранения сети Петри в формат программы Platform Independent Petri Net Editor. Platform Independ-

ent Petri Net Editor – внешняя программа для просмотра, редактирования и анализа сетей Петри.

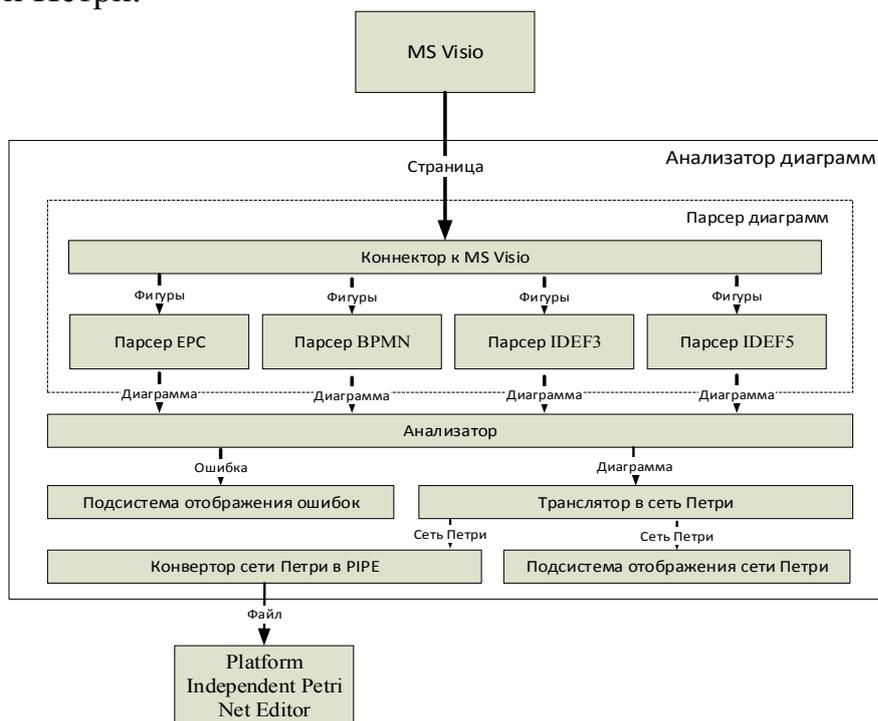
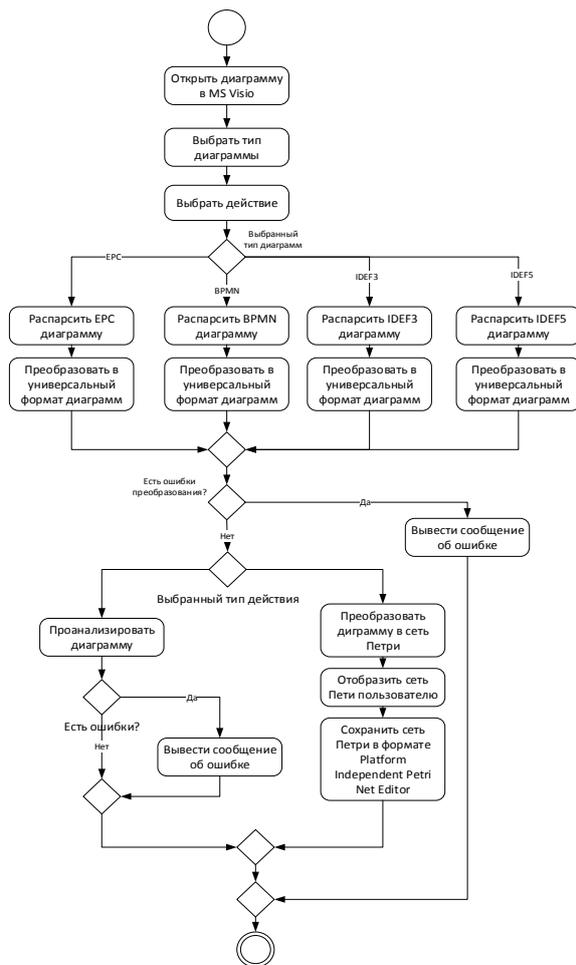


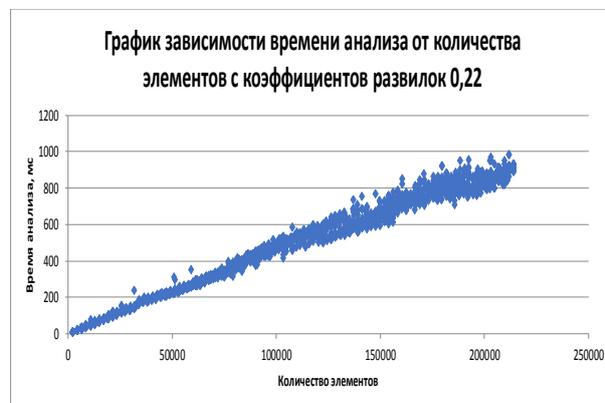
Рис. 2 Архитектура приложения

На рис. 3а показана диаграмма последовательности работы приложения. Для анализа диаграммы сначала необходимо открыть MS Visio и загрузить необходимую диаграмму, и выбрать тип диаграммы в приложении. Существует два режима работы: Режим «Анализ» – анализ диаграмм на ошибки; Режим «Сеть Петри» - построение сети Петри для выбранной диаграммы. Для анализа диаграммы необходимо нажать кнопку «Анализ». Приложение подключится к MS Visio, загрузит оттуда список фигур и связей, и сформирует описание диаграммы. Если в процессе формирования внутреннего представления диаграммы возникнет ошибка, пользователь будет уведомлён о ней. Следующим шагом полученная диаграмма поступит в подсистему анализа, где диаграмма пройдёт проверку на возможные ошибки. Результаты анализа также будут представлены пользователю. Для построения сети Петри необходимо выбрать режим «Сеть Петри». В этом режиме после загрузки диаграммы из MS Visio, она будет преобразована в сеть Петри, сохранена в файл формата «Platform Independent Petri Net Editor» и отображена пользователю.

Пусть коэффициентом развилок будет отношение числа дуг на число дуг, исходящих из развилок. График зависимости времени анализа от количества графических элементов визуальных элементов в диаграмматической модели потоков проектных работ представлена на рис. 3б.



а)



б)

Рис. 3 Диаграмма последовательности работы приложения (а), временная зависимость анализа и контроля диаграмматических моделей (б)

Из графика видна линейная зависимость числа элементов от времени анализа и контроля, поэтому предложенные методы являются в научном плане эффективнее, чем существующие подходы анализа, имеющие экспоненциальную и полиномиальную сложность анализа диаграмматических моделей.

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

## 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.

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](mailto: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](mailto: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](mailto:bochkovsi@ido.ulstu.ru)

**УДК 658.512.266:004.896**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ РАБОТ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА**

Н. Н. Войт<sup>1</sup>, С. Ю. Кириллов<sup>2</sup>, М. Е. Уханова<sup>3</sup>, С. И. Бочков<sup>4</sup>, Д. С. Канев<sup>5</sup>

<sup>1,2,4,5</sup>Ульяновский государственный технический университет

<sup>3</sup>Ульяновский 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.