

профессор, д.т.н. Селиванов С.Г., магистрант Хузин Р.И.

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ**

### **Аннотация**

*Разработан метод совершенствования автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП), обеспечивающий управление инновационными проектами технического перевооружения машиностроительного производства на основе использования имитационных сетей Петри.*

### **Введение**

*Актуальность.* Согласно Указу Президента РФ от 01.12.2016 N 642 "О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» на основе интенсификации инновационной деятельности предусмотрен переход к передовым цифровым производственным технологиям, роботизированным системам, новым способам конструирования, создания систем обработки больших объемов данных.

Для совершенствования методов управления инновационными проектами модернизации, технического перевооружения производства весьма актуальной является проблема автоматизации управления инновационными проектами, в рамках которой предложено решать задачу верификации инновационных проектов с помощью имитационных сетей Петри, что позволяет совершенствовать действующие АСТПП машиностроительных предприятий.

*Цели и задачи.* Решение названной проблемы и задач должно осуществляться с помощью математического моделирования процессов с использованием современных технологий проведения научных исследований. В этой связи в данной публикации развитие АСТПП рассматривается комплексно с позиций взаимосвязанного совершенствования четырех направлений инновационной деятельности: системного анализа, синтеза, верификации и инновации.

В этом плане выполнено комплексное решение следующих задач:

1. функционального компьютерного моделирования АСТПП с помощью систем *SADT-IDEF*, что позволило использовать сети Петри в функции «Организация и управление проектами ТПП»;
2. разработка метода автоматизированного технологического проектирования с помощью сетей Петри для обоснованного управления инновационными проектами технического перевооружения

машиностроительного производства - это позволяет осуществлять имитационное моделирование выполнения календарных план-графиков инновационных проектов и обеспечивать сокращение сроков технологической подготовки производства и постановки на производство инновационной продукции;

3. статистическое обоснование зависимостей для нормирования трудоемкости разработки комплектов технологической документации в технологической части инновационных проектов технического перевооружения и реконструкции машиностроительного производства, что позволило разработать электронную базу данных в АСТПП для управления инновационными проектами, которая обеспечивает повышение достоверности расчетов при решении задачи «верификации» инновационных проектов;
4. совершенствование на основе компьютерного моделирования мехатронных технологий в виде проектных технологических процессов изготовления деталей и сборочных единиц, что позволило разработать инновационный проект технического перевооружения производства деталей и сборочных единиц в виде труб с металлокомпенсаторами.

*Научная новизна.* Разработанная функциональная модель АСТПП отличается от типовых тем, что ориентирована на создание АСТПП, которая обеспечивает управление инновационными проектами технического перевооружения машиностроительного производства на основе применения сетей Петри.

Установленные регрессионные зависимости для расчета трудоемкости разработки комплектов технологической документации инновационных проектов позволяют сократить не только трудоемкость разработки комплектов документации проектных технологических процессов в АСТПП, но и сократить сроки выполнения инновационных проектов технического перевооружения машиностроительного производства.

*Практическая полезность.* Применение методов математического моделирования для решения задач разработки технологических инноваций позволяет уменьшить технологическую себестоимость обработки деталей и увеличить производительность труда в проектах технического перевооружения производства.

Все сказанное является важной предпосылкой, обеспечивающей постановку на производство новой продукции, создания высокопроизводительных рабочих мест, увеличения производительности труда, что в данной публикации проиллюстрировано на основе разработки инновационного проекта технического перевооружения производства труб

с металлокомпенсаторами и использования современных методов имитационного моделирования проектов.

## 1. Анализ методов календарного планирования технологической подготовки производства в машиностроении

На основе аналитического обзора современных методов планирования технологической подготовки производства с применением графиков Перта (рис. 1), Гантта (рис. 3) и сетевого графика (рис. 2) можно утверждать, что они не содержат стадии верификации инновационных проектов

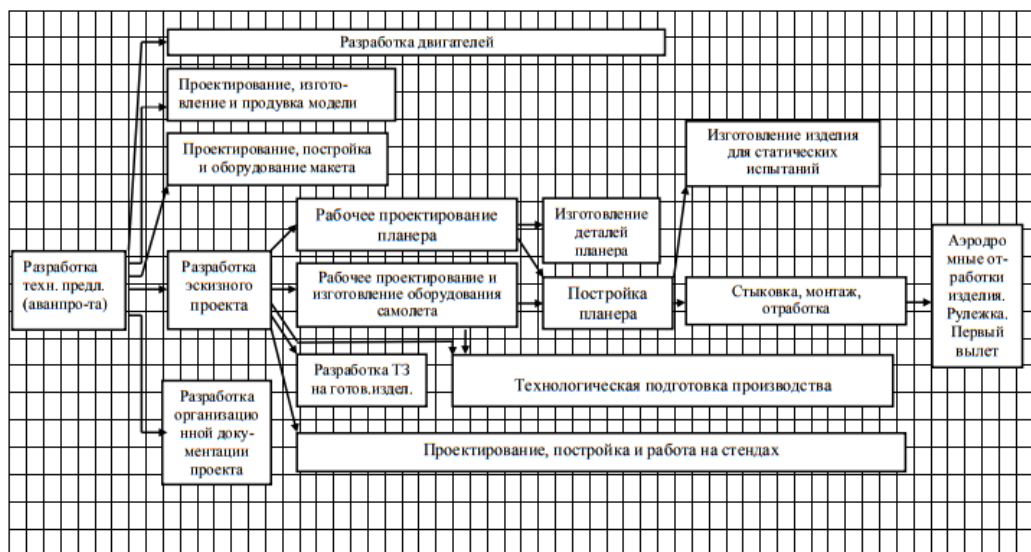


Рисунок 1 – График Перта

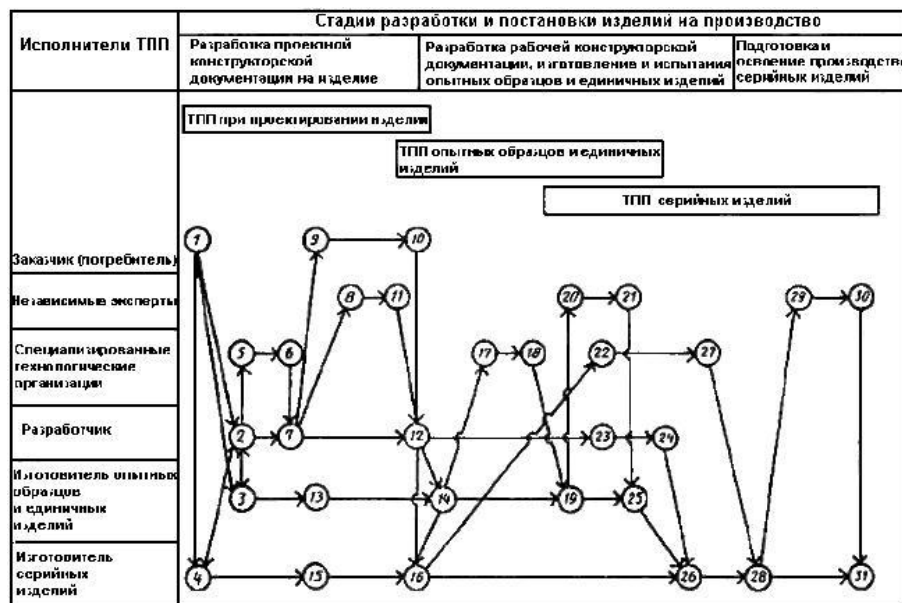


Рисунок 2 – Сетевой график

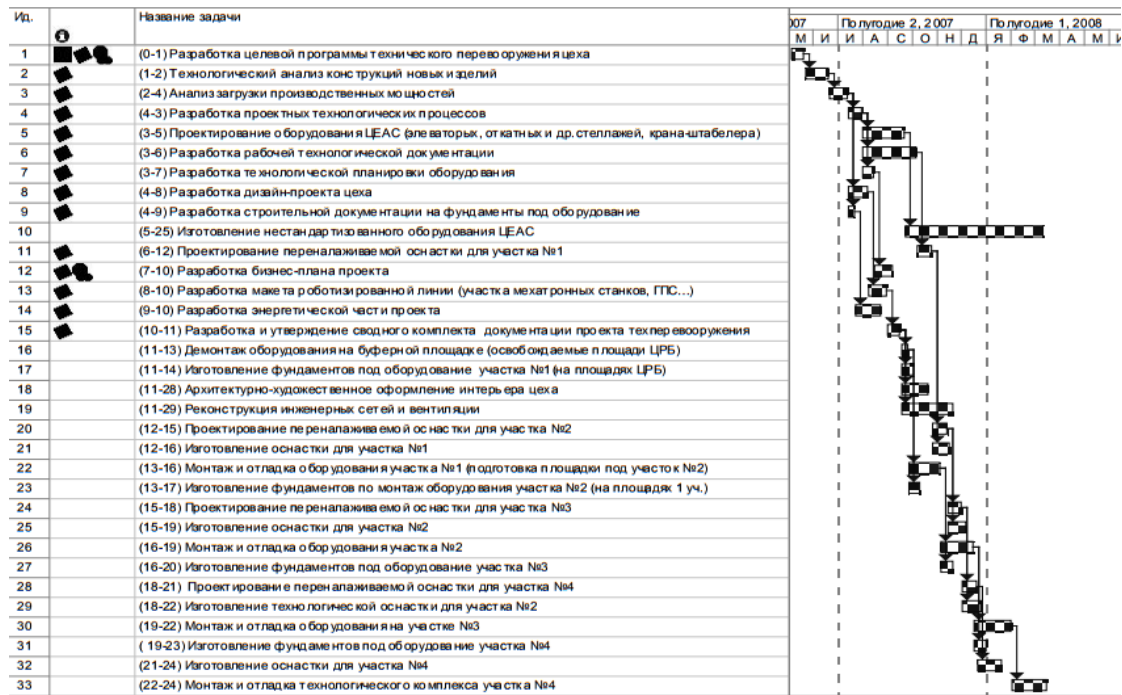


Рисунок 3 – График Гантта

На основании анализа известных систем автоматизации управления проектами: *PERT (Project Evaluation and Review Technique* – метод оценки и анализа проектов), а также *PDM, PLM, CRP, MES, PMIS, MS-Project, Project Expert, SADT-IDEF*, которые используют для управления проектами в установлено, что для верификации инновационных проектов можно использовать имитационные сети Петри.

## 2. Разработка метода управления проектами в АСТПП на основе сетей Петри

Анализ существующих сетей Петри и выбор временны́х имитационных сетей Петри, как инструмента для решения задач технологической подготовки производства в АСТПП, позволяет в качестве программного обеспечения для работы с сетями Петри применять программно-методический комплекс *Visual Object Net++*, в котором описаны правила построения сетей в данной системе и приведены основные конструкции работ и их взаимосвязей.

Для обоснования трудоемкости и продолжительности этапов и стадий технологической подготовки производства можно использовать систему *Access*, что позволило на основании определения регрессионных эмпирических зависимостей разработать электронную базу данных для расчета длительностей работ в технологической подготовке производства с учетом особенностей машиностроительного производства, ее главная форма приведена на рисунке 4:

**НОРМЫ ВРЕМЕНИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ПОДГОТОВКУ  
ПРОИЗВОДСТВА**

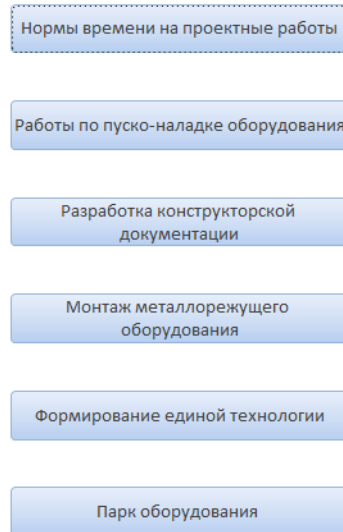


Рисунок 4 – Главное меню электронной базы данных «Нормы времени на технологическую подготовку производства»

С помощью описанной методики применения имитационных сетей для решения задач технологической подготовки производства разработана имитационная сеть Петри (рис.5) для условий разработки проекта технического перевооружения цеха и проведена ее апробация, подтвердившая работоспособность предложенного метода.

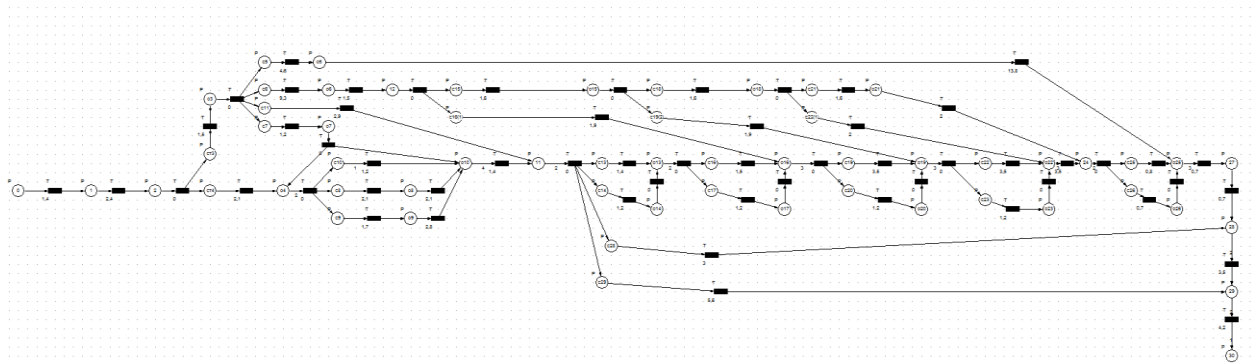


Рисунок 5 - Вид имитационной сети Петри проекта технического перевооружения цеха

**3. Разработка и управление инновационным проектом технического перевооружения производства автомобильных труб с металлокомпенсаторами**

На примере разработки инновационного проекта технического перевооружения производства изделий автомобильных труб с

металлокомпенсаторами для внедрения новой технологии и управления инновационным проектом разработана имитационная сеть Петри (рис.6,7), которая обеспечивает планирование, расчета сроков реализации этапов и стадий и управление проектом.

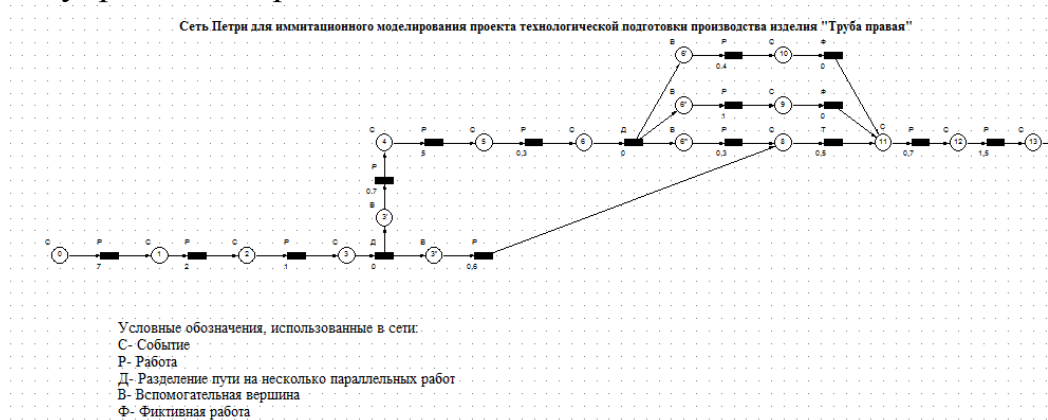


Рисунок 6 – начало сети Петри (часть 1)

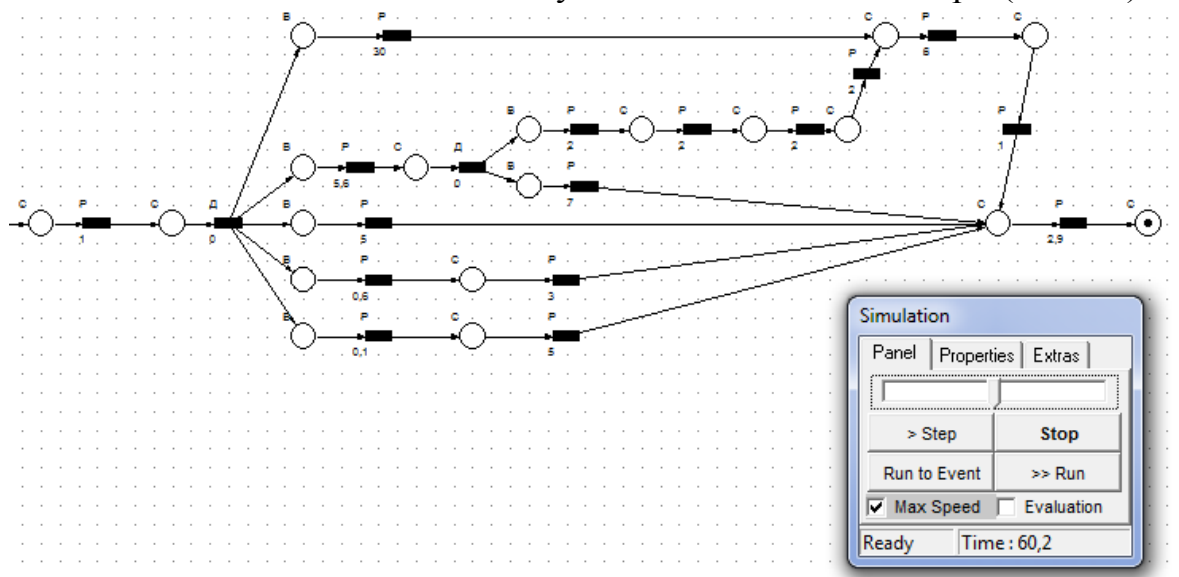


Рисунок 7 – окончание сети Петри (часть2)

В результате имитационного моделирования проекта с помощью сети Петри как видно из рис.7 можно определить длительность работ по технологической подготовке производства.

Методом внедрения проектного технологического процесса (технологической инновации) в данном случае выбрана разработка проекта технического перевооружения производства. На основании комплекта проектной технологической документации была разработана технологическая планировка оборудования производственно-технологического центра (ПТЦ) для производства изделий типа “Труба правая”, определен парк оборудования и рассчитан состав персонала.

Кроме того с помощью полученных результатов расчета сети Петри разработан календарный план-график Гантта, для оперативного управления инновационным проектом технического перевооружения

производства, что позволило обосновать показатели экономической эффективности инновационного проекта в системе *Project Expert*, рис.8:

	3-12.2018
► Ставка дисконтирования	
Период окупаемости - РВ, мес	6,00
Дисконтированный период окупаемости - DPB, мес	6,00
Средняя норма рентабельности - ARR, %	265,86
Чистый приведенный доход - NPV	13 308 548,96
Индекс прибыльности - PI	2,66
Внутренняя норма рентабельности - IRR, %	1 216,00
Модифицированная внутренняя норма рентабельности	165,86

Рисунок 8 – Результаты бизнес- планирования проекта

Данная информация, совместно с графиками окупаемости (рис.9) и чистой прибыли (рис.10) позволяют сделать вывод о целесообразности применения результатов в реальном производстве.

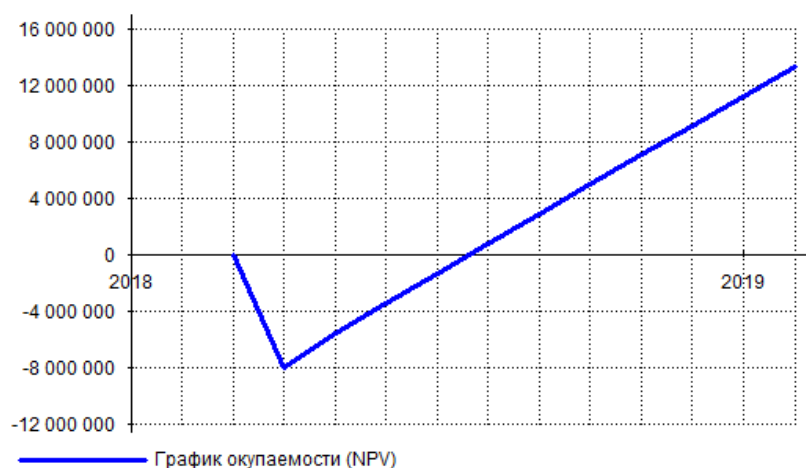


Рисунок 9 – График окупаемости проекта

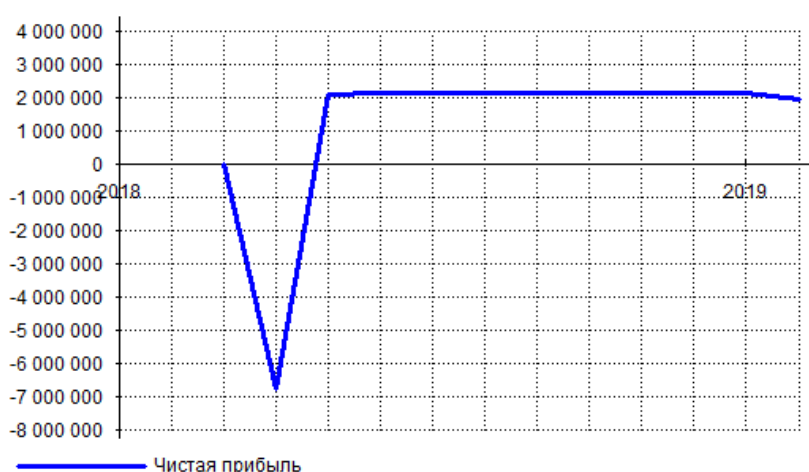


Рисунок 10 – График чистой прибыли

### Заключение

Проведенный анализ существующих методов автоматизации календарного планирования и управления проектами в АСТПП для оптимизации технологической подготовки производства позволил для совершенствования АСТПП предложить метод использования имитационных сетей Петри для управления инновационными проектами технического перевооружения машиностроительного производства.

Обоснование методики использования сетей Петри по новому назначению путем построения имитационной временной сети Петри позволяет сократить время и оптимизировать процесс планирования технологической подготовки производства в АСТПП для решения задач верификации инновационных проектов средствами их имитационного моделирования. Данные сети Петри позволяют руководителю проекта визуализировать и наглядно отслеживать ход выполнения работ по технологической подготовке производства и вносить оперативные корректировки в ход выполнения работ.

Разработанная для совершенствования АСТПП на основании эмпирических зависимостей и справочных данных электронная база данных для расчета норм времени длительности работ в технологической подготовке производства позволяет обоснованно определять продолжительность этапов и стадий выполнения проектов технологической подготовки производства с учетом особенностей машиностроительного производства базового предприятия. Проведенная тестовая имитация проекта технического перевооружения производства для проверки работоспособности и практической применимости разработанного метода применения сетей Петри на примере технического перевооружения производства автомобильных труб с металлокомпенсаторами, подтвердила достоверность и практическую пригодность метода управления инновационными проектами.

### Список литературы

1. Вылегжанина А.О. Информационно-технологическое и программное обеспечение управления проектом. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015.
2. Инновационное проектирование цифрового производства в машиностроении / С. Г. Селиванов, А. Ф. Шайхулова, С. Н. Поезжалова, А. И. Яхин. - Москва: Инновационное машиностроение, 2016. - 264 с.
3. Лескин А.А., Мальцев П.А, Спиридонов А.М. Сети Петри в моделировании и управлении. Л.: Наука. 1989.133с.



4. Селиванов С. Г., Криони Н. К., Поезжалова С. Н. С29 Инноватика и инновационное проектирование в машиностроении: практикум. – М.: Машиностроение, 2013. – 770 с. ISBN 978-5-94275-674-1
5. Этапы инновационного проектирования: учебное пособие / М-во образования и науки Российской Федерации, Новосибирский гос. технический ун-т ; [авт.-сост. Е. С. Горевая и др.]. - Новосибирск : НГТУ, 2015. - 85 с.