

**ХУЗИН РУСЛАН ИЛЬДАРОВИЧ  
СЕЛИВАНОВ СЕРГЕЙ ГРИГОРЬЕВИЧ**

Уфимский государственный авиационный технический университет  
khuzinrus@yandex.ru

**МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ И  
УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА**

*В данной статье рассмотрены методы планирования технологической подготовки производства, применяемые в настоящее время, а так же находящиеся на стадии разработки.*

*Ключевые слова. График Перта, график Гантта, сетевой график, сеть Петри.*

*Актуальность.* В соответствии с Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г. No 642 "О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации"<sup>20</sup>. В ближайшие 10-15 лет приоритетами научно-технологического развития в РФ следует считать те направления, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке, и обеспечат:

а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

*Цели и задачи.* Целью данной публикации является системный анализ и разработка методов инновационного проектирования и использования систем обработки больших объемов данных для управления в автоматизированных системах технологической подготовки машиностроительного производства (АСТПП) проектами с помощью сетей Петри.

*Методы.* На основе системного анализа графиков Перта, сетевых графиков, графиков Гантта, которые являются типовыми для использования в АСТПП показано, что сети Петри обеспечивают сокращение времени на моделирование инновационных проектов в АСТПП, позволяют автоматизировать процессы инновационной деятельности.

*Научная новизна.* Для управления инновационными проектами в АСТПП сети Петри использованы впервые.

*Практическая полезность.* Данную разработку можно рекомендовать для внедрения на машиностроительных предприятиях в целях

оптимизации процессов технического перевооружения и модернизации производства.

### 1. Аналитический обзор существующих методов АСТПП для решения поставленной задачи

В соответствии с государственным стандартом ГОСТ 14.004-83 технологическая подготовка производства (ТПП) представляет собой совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства.

В настоящее время планирование технологической подготовки производства разделено на три этапа, каждому из которых соответствует свой метод визуализации:

- предварительного планирования, для которого применяют графики Перта (рис.1);
- оптимизации и расчета длительностей работ с применением сетевого графика (рис.2);
- разработки календарных план-графиков Ганта (рис.3), применяемых для управления проектами.

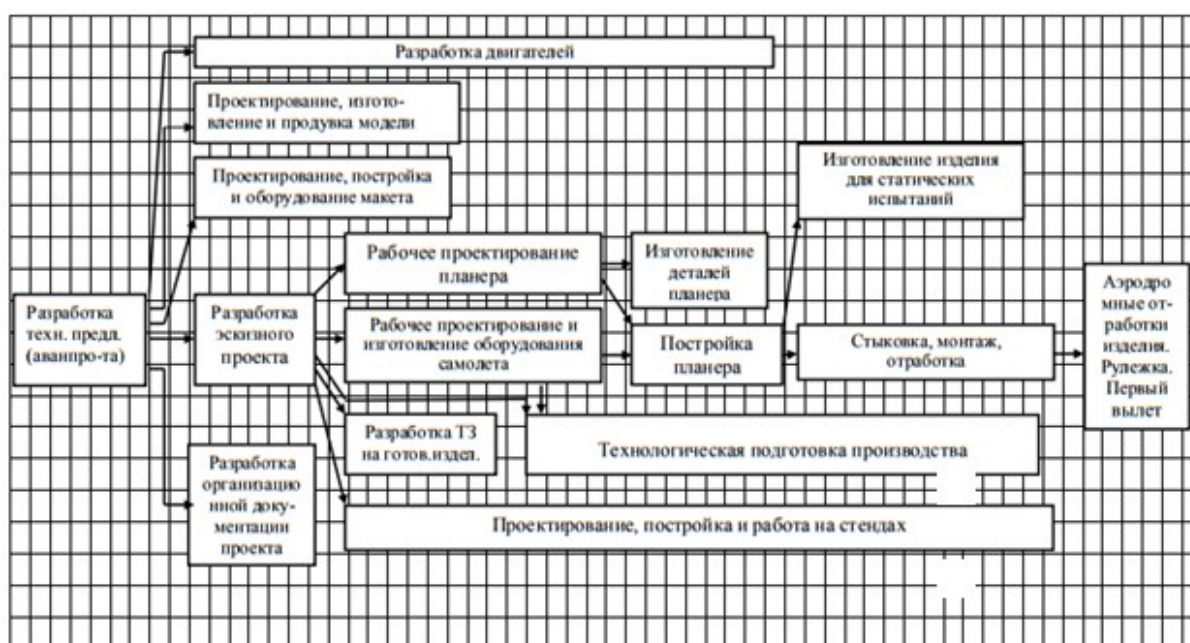


Рисунок 1 – График Перта [4]

Для предварительного планирования ТПП определяют основные работы, которые необходимо выполнить в целях обеспечения готовности производства, последовательность их выполнения, а так же взаимосвязи между ними. Эти данные для удобства и последующей декомпозиции заносят на график Перта. Данный этап планирования ТПП совмещают с оптимизацией и расчетом сроков выполнения работ, в таком случае график Перта не строят, а переходят напрямую к формированию сетевого графика.

В соответствии с ГОСТ Р 51167-98 сетевой график применяют для изображения связей и результатов всех работ, выполнение которых необходимо для достижения определенной цели. В задачах оценки и обеспечения временных свойств служебной информации и в задачах планирования и контроля за ходом выполнения ТПП сетевые графики применяют для изображения ТПП без учета операций контроля данных или без учета возможных ошибок, обнаруженных при контроле данных.

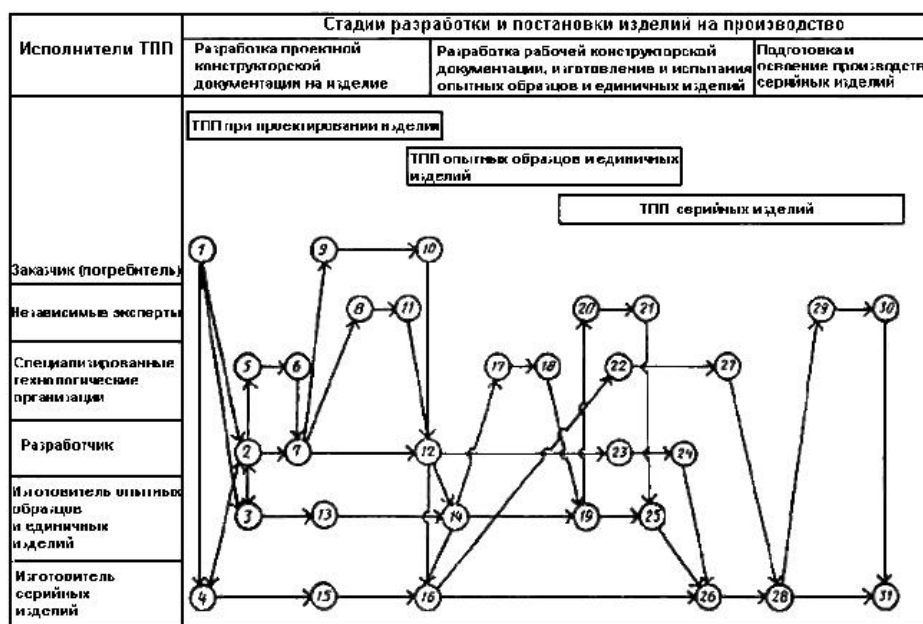
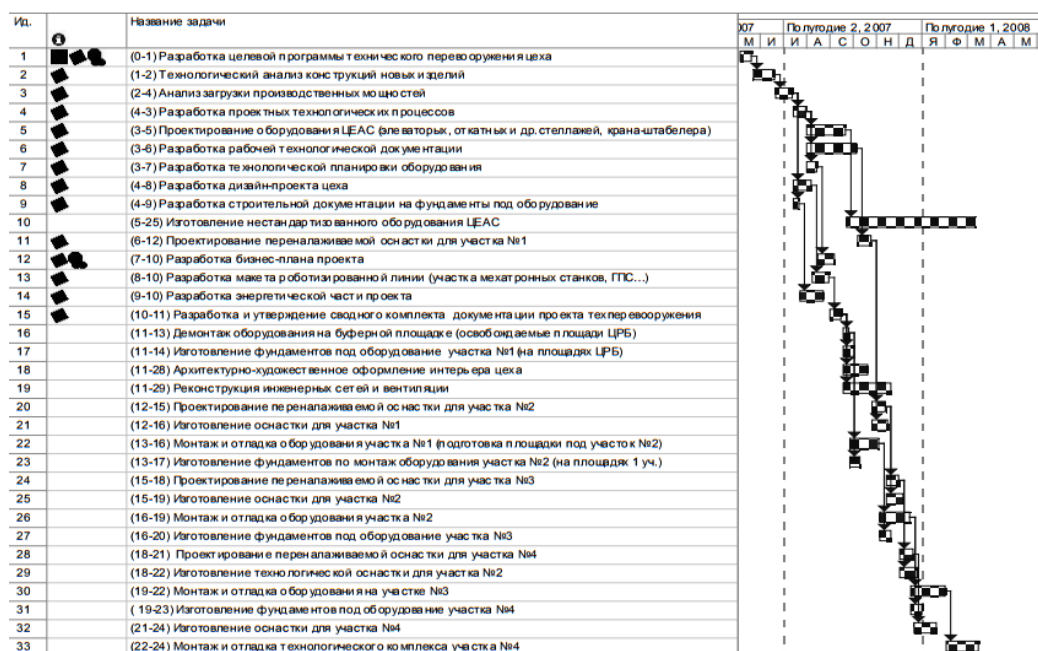


Рисунок 2 – Сетевой график ТПП [2]

Вершинами на сетевом графике изображены события, а стрелками - работы, необходимые для наступления этих событий. Представленный на рисунке сетевой график может быть дополнен такими параметрами, как: длительность работ, число исполнителей, задействованных при их выполнении, ранние и поздние сроки окончания работ, резервы времени и т.д. На основании построенного сетевого графика осуществляется оптимизация планов ТПП по срокам, затратам и численности задействованного персонала. Одной из наиболее распространенных методологий оптимизации сетевого графика является *PERT (Project Evaluation and Review Technique* – метод оценки и анализа проектов) [3].

На финальном этапе планирования ТПП в автоматизированных системах технологической подготовки производства (АСТПП), например в *MS Project*, на основании оптимизационных расчетов сетевого графика строят календарный план график Ганта, в котором содержатся конкретные даты начала и окончания каждой работы, закрепленные исполнители и лица, ответственные за своевременное выполнение задач.

Рисунок 3 – Пример диаграммы Ганта в *MS Project*

Системы АСТПП позволяют вносить оперативные корректировки в график Ганта, а так же обеспечивать многопользовательский доступ к проектам, что делает их удобными и эффективными средствами планирования и управления ТПП.

## 2. Инновационные технологии в управлении проектами

В настоящее время в ТПП начинают применяться искусственные нейронные [4] и имитационные сети. Рассмотрим более подробно возможности применения имитационных сетей Петри (рис.4), которые можно использовать для решения задач планирования и управления ТПП. Новые возможности находятся на стыке функционала сетевого графика и графика Ганта.

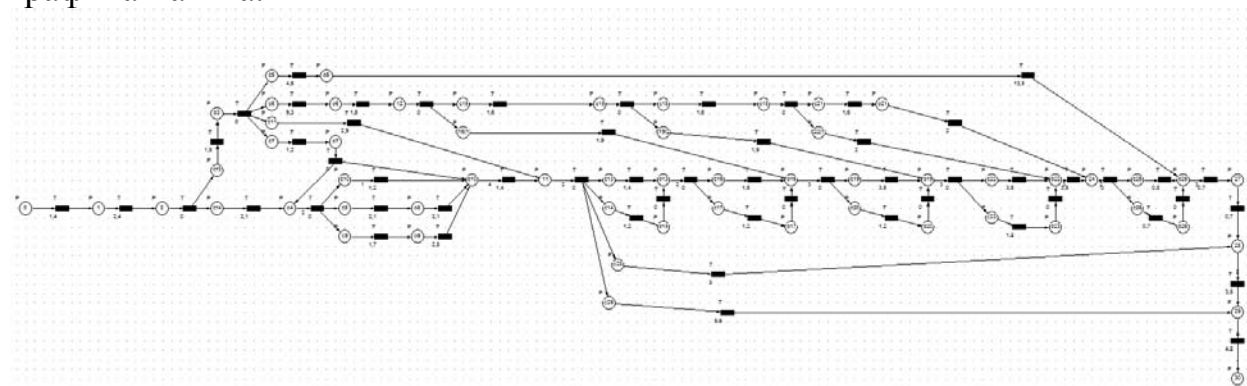


Рисунок 4 – Сеть Петри, в приложении к задачам ТПП.

Сеть Петри представляет собой совокупность событий (вершин) и работ (черные прямоугольники) приводящих к их свершению, по своему внешнему виду сеть Петри похожа на сетевой график. Однако, для

эффективного отображения перерывов между окончанием одной работы и началом следующей, резервов времени, а так же из-за правил построения данных сетей, одна работа, находящаяся между двумя вершинами сетевого графика, в сети Петри может включать в себя дополнительные события и работы. При запуске процесса моделирования ТПП, маркер из крайнего левого события с течением времени начинает перемещаться по сети, наглядно показывая какие работы выполняются в определенный момент времени. При ручном управлении временем с заданным шагом (как правило один шаг это один день) можно рассчитать срок наступления каждого события и общую длительность выполнения проекта в целом.

Несмотря на ограниченность функциональных возможностей программ работающих с данными сетями, которые являются универсальными инструментами изучения данных сетей, а не специализированными инструментами АСТПП, уже сейчас программы расчета и анализа сетей Петри позволяют отслеживать порядок выполнения работ, рассчитывать ранние сроки их выполнения и находить ошибки планирования.

Дальнейшее развитие программного обеспечения, работающего с имитационными сетями Петри, и оптимизация его для решения задач ТПП позволит максимально упростить процесс оптимизации планов ТПП, полностью автоматизировать расчет сроков выполнения и резервов времени всех работ, избавить технолога от необходимости построения и расчета сетевого графика и графика Ганта, заменив их построением одной сети, что в свою очередь позволит сократить сроки планирования ТПП.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта может быть основан на применении в АСТПП имитационных сетей Петри.

Показано, что сети Петри обеспечивают сокращение времени на моделирование инновационных проектов в АСТПП, позволяют автоматизировать процессы инновационной деятельности.

### *Список литературы*

1. ГОСТ Р 51167-98. Качество служебной информации. Графические модели технологических процессов переработки данных. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1998
2. ГОСТ Р 50995.3.1-96 Технологическое обеспечение создания продукции. Технологическая подготовка производства.- М.: Издательство стандартов, 1997
3. А.Кофман Сетевые методы планирования/ А.Кофман, Г.Дебазей.- Москва: Прогресс, 1968.- 182 с.
4. Селиванов С. Г., Криони Н. К., Поезжалова С. Н. Инноватика и инновационное проектирование в машиностроении: практикум. – М.: Машиностроение, 2013. – 770 с.