

УДК 621.7:658.12

Т.И. Разманова, С.Г. Митин, П. Ю. Бочкарёв

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГЕНЕРАЦИИ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ
ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ СВЕРЛИЛЬНОЙ ГРУППЫ
С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТА СЕТЕЙ ПЕТРИ**

Описаны этапы получения модели с применением аппарата сетей Петри, которая позволяет формализовать проектную процедуру генерации возможных вариантов технологической оснастки при проектировании технологических операций, реализуемых на оборудовании сверлильной группы.

Автоматизация проектирования, сверлильная обработка, многономенклатурное производство, сети Петри

T.I. Razmanova, S.G. Mitin, P. Yu. Bochkarev

DEVELOPMENT OF MODEL FOR GENERATING OF OPTIONS OF PRODUCTION TOOLS FOR EQUIPMENT OF DRILLING GROUP BY USING OF PETRI NETS

The article describes the stages of obtaining of the model by using of Petri nets, which allows to formalize design procedure of generation of possible options of production tools at design of the technological operations realized on the equipment of drilling group.

CAD/CAM, drilling processing, multinomenclature manufacturing, Petri nets

Автоматизация проектирования технологических процессов – важная задача современного машиностроения, решение которой позволит значительно сократить время проектирования технологических процессов и улучшить качество проектных решений, что позволит предприятиям-изготовителям изделий машиностроения выйти на совершенно новый этап работы, со значительным сокращением цикла производства большого количества новых изделий.

На сегодняшний день решением задачи автоматизирования технологических процессов занимаются как учёные технических специальностей, так и известные проектные организации. Продуктом их трудов являются программные системы автоматизированного проектирования технологических процессов. Данные разработки имеют достаточно широкие возможности в сфере проектирования технологических процессов и значительно облегчают труд технолога либо инженера на предприятии. Однако более детальное изучение существующих программ для автоматизации проектирования технологических процессов и анализ их возможностей позволили выявить значительные их недостатки. К наиболее существенным недостаткам относятся такие как: низкая автоматизация проектирования, присутствие диалога «человек-программа» на каждом этапе проектирования технологических процессов, отсутствие связи с производством.

В Саратовском государственном техническом университете имени Гагарина Ю.А. разрабатывается система планирования многономенклатурных технологических процессов [1]. Основными принципами её создания является полная формализация всех проектных процедур и возможность учёта складывающейся производственной ситуации. В результате процесс проектирования технологии изготовления деталей становится полностью автоматизированным, что позволит значительно сократить затраты времени на технологическую подготовку производства и повысить эффективность работы производственной системы.

В настоящее время существует традиционное разделение технологического оборудования механической обработки на группы на основе конструктивных и технологических особенностей. В связи с этим целесообразно вести разработку различных подсистем проектирования технологических операций для каждой группы оборудования, поскольку состав и последовательность проектных процедур могут существенно отличаться в зависимости от группы оборудования. На современных машиностроительных предприятиях расширяется применение оборудования сверлильной группы при механической обработке, поэтому автоматизированная система проектирования технологических операций для оборудования сверлильной группы является важной составляющей системы планирования технологических процессов.

Разработка системы проектирования технологических процессов для оборудования сверлильной группы производится поэтапно. Основными этапами являются: этап выбора средств технологического оснащения (обрабатывающий инструмент, вспомогательный инструмент, измерительный инструмент, приспособление для установки и закрепления заготовки); этап выбора структур технологических операций (необходимые технологические переходы, их последовательность, возможность совмещения переходов); этап расчётов режимов обработки и нормирования операций.

Формирование комплектов технологической оснастки является одним из ключевых этапов разработки автоматизированной подсистемы проектирования технологических операций для оборудования сверлильной группы, поскольку от выбранных вариантов оснастки зависят состав и последовательность технологических переходов, режимы обработки и время реализации операций.

На данном этапе необходимо сгенерировать в автоматическом режиме все возможные варианты режущего и вспомогательного инструмента для каждой элементарной поверхности, которая имеется в corteжах технологических переходов, подлежащих реализации на оборудовании сверлильной группы. При выборе того или иного типоразмера режущего инструмента технолог сопоставляет по справочным данным его соответствие типу перехода, характеру обработки, типу, размерам и требуемой точности обрабатываемых поверхностей, соответствие материала режущей части инструмента материалу обрабатываемого изделия, а также способу установки инструмента на оборудовании.

Перебор всех вариантов – достаточно долгий и трудоёмкий процесс. При диалоговом проектировании технологу невозможно сформировать всё множество возможных вариантов и тем более выбрать наиболее подходящие рациональные варианты с учётом реальных производственных условий. Данную задачу можно решить в автоматическом режиме, предварительно разработав математическую модель, формализующую данную проектную процедуру, и в дальнейшем разработав алгоритмы и программы для ЭВМ.

Генерация всех возможных вариантов технологической оснастки при проектировании операций, выполняемых на оборудовании сверлильной группы, представляет собой перебор всех имеющихся в базе данных вариантов режущих инструментов, вспомогательных инструментов, и установление их формального соответствия входным параметрам переходов в каждом corteже. Данный перебор можно осуществить, используя современные вычислительные системы, которые имеют возможность распараллеливания процессов. Это позволит осуществлять проверку по критериям соответствия параллельно для каждого технологического перехода. Для решения поставленной задачи необходимо разработать математическую модель, предусматривающую параллельное протекание процесса проектирования. Предлагается решить эту задачу с использованием математического аппарата сетей Петри. Моделирование процессов с помощью сетей Петри основано на взаимодействии событий и условий. Событие – это действие, происходящее в системе, условие – логическое описание состояния системы [2].

Множество элементарных поверхностей представим как

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_s\}. \quad (1)$$

Множество наименований оборудования:

$$E = \{E_1, E_2, \dots, E_i, \dots, E_e\}. \quad (2)$$

Множество наименований режущего инструмента:

$$R = \{R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_r\}. \quad (3)$$

Множество наименований вспомогательного инструмента:

$$V = \{V_1, V_2, \dots, V_x, \dots, V_v\}. \quad (4)$$

В терминах теории сетей Петри на каждом этапе формируется множество мест $P^1, P^2, P^3, P^4, P^5, P^6$. На каждом этапе принимается решение по выбору вариантов технологической оснастки – происходят события $T^1, T^2, T^3, T^4, T^5, T^6$.

Важно правильно выбрать последовательность выполнения процедур генерации. Сначала выполняем генерацию возможных вариантов вспомогательного инструмента в соответствии с присоединительными параметрами оборудования. Из базы данных выбираются все вспомогательные инструменты, подходящие к данному типоразмеру оборудования. Таким образом, отсеивается большое количество инструментов, которые не могут быть установлены, тем самым сокращается количество вариантов перебора на последующих шагах.

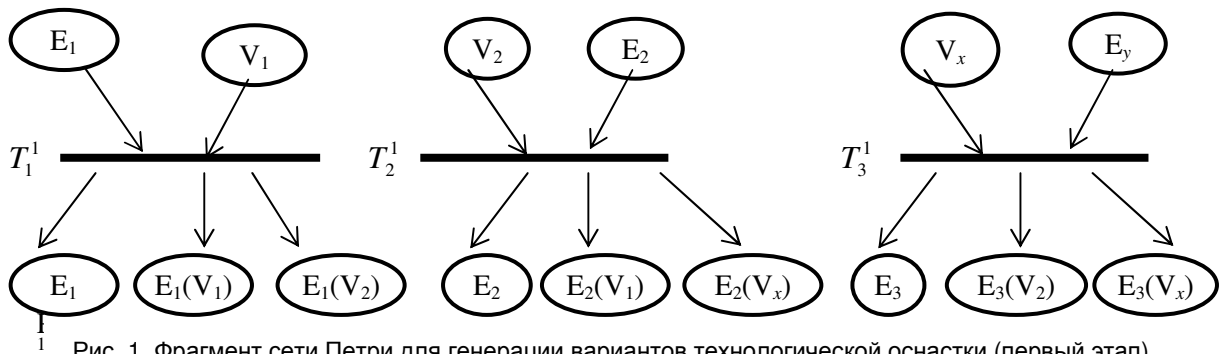


Рис. 1. Фрагмент сети Петри для генерации вариантов технологической оснастки (первый этап)

$$\begin{cases} T_1^1 = \{(E_1V_1), (E_1V_2), \dots, (E_1V_x)\}, \\ T_2^1 = \{(E_2V_1), (E_2V_2), \dots, (E_2V_x)\}, \\ T_{\kappa 1}^1 = \{(E_eV_1), (E_eV_2), \dots, (E_eV_x)\}. \end{cases} \quad (5)$$

Событие T_1^1 на данном этапе – это результат перебора представителя сверлильной группы оборудования E_1 и вспомогательных инструментов V_1, V_2, \dots, V_x .

Переходы T^1 срабатывают при выполнении следующих условий:

- 1) тип присоединения вспомогательного инструмента (ВИ) совпадает с типом присоединения станка;
- 2) соответствуют присоединительные размеры ВИ и оборудования;

3) вспомогательный инструмент подходит по габаритным размерам.

На следующем этапе производится генерация возможных вариантов вспомогательных (уже сгенерированных на предыдущем этапе) и режущих инструментов (РИ) на основе их соответствия по типу присоединения и присоединительным размерам.

Имеем P^1 – множество мест перед 2 этапом генерации

$$P^1 = \{E_1, E_1(V_1), E_1(V_2), E_2, E_2(V_1), E_2(V_x), E_3, E_3(V_2), E_3(V_x)\}. \quad (6)$$

На рис. 2 изображен фрагмент сети Петри, отражающей этап генерации вариантов режущего инструмента в соответствии с множеством P^1 .

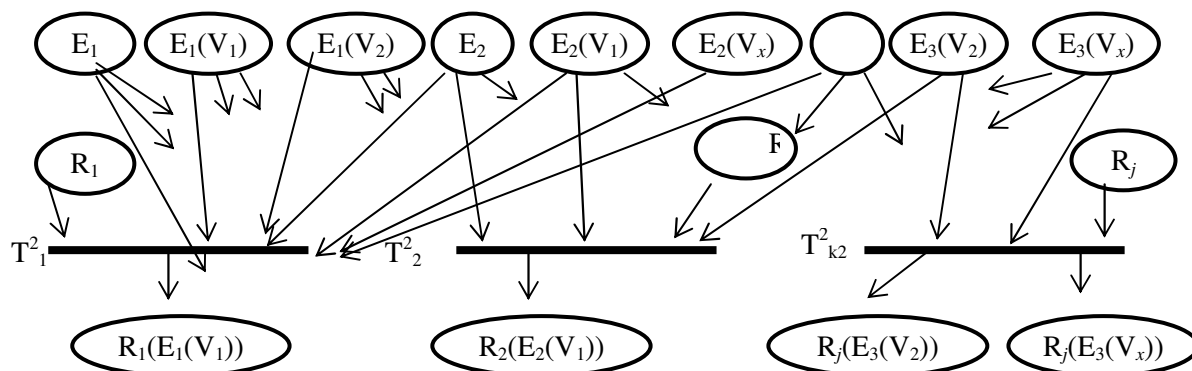


Рис. 2. Фрагмент сети Петри для генерации вариантов технологической оснастки (второй этап)

$$\begin{cases} T_1^2 = \{R_1(E_1(V_1)), R_1(E_1(V_2)), R_2(E_2(V_1)), \dots, R_2(E_2(V_x)), \dots, R_j(E_3(V_2)), \dots, R_j(E_3(V_x))\}, \\ \dots\dots\dots \\ T_{k2}^2 = \{R_j(E_3(V_2)), R_j(E_3(V_x)), R_j(E_3(V_1)), \dots, R_j(E_3(V_x))\}. \end{cases} \quad (7)$$

Переходы T^2 срабатывают при выполнении следующих условий:

- 1) тип присоединения РИ совпадает с типом присоединения ВИ;
- 2) размеры присоединения РИ с размерами присоединения ВИ;
- 3) расстояние от стола до шпинделя больше длины (ВИ+РИ).

Далее производится генерация вариантов (РИ+ВИ) с учётом видов и параметров обрабатываемых поверхностей S_1, S_2, \dots, S_s

Имеем P^2 – множество мест перед третьим этапом

$$P_2 = \{S_1, R_1(E_1(V_1)), R_2(E_2(V_1)), S_2, R_j(E_3(V_2)), R_j(E_3(V_x))\}. \quad (8)$$

На третьем этапе из P^2 выбираются варианты, соответствующие типу обрабатываемой поверхности и диаметру – происходит событие T^3 .

$$T_3^1 = \{S_1(R_1(E_1(V_1))), S_1(R_1(E_1(V_2))), S_1(R_1(E_1(V_x))), \dots, S_2(R_2(E_2(V_1))), \dots, S_2(R_2(E_2(V_x))), \dots, S_3(R_j(E_3(V_2))), S_3(R_j(E_3(V_x)))\} \quad (9)$$

Переход T^3 срабатывает при выполнении следующих условий:

- 1) вид поверхности соответствует виду инструмента (табл. 1);
- 2) диаметр обрабатываемого отверстия меньше или равен диаметру инструмента $D \leq D_{PI}$;

Таблица 1

Соответствие типа обрабатываемой поверхности и режущего инструмента
(1 – выполнение перехода возможно, 0 – невозможно)

Вид инструмента	Поверхность 9114	Поверхность 9115	Поверхность 9124	Поверхность 9125	Поверхность 9624	Поверхность 9614
Свёрла	1	0	1	0	0	0
Зенкеры	1	1	1	1	0	0
Цековки	0	1	0	1	0	0
Развёртки	1	1	1	1	0	0
Метчики	0	0	0	0	1	1
Зенковки	0	1	0	1	0	0

На следующем этапе устанавливается возможность использования РИ из P^3 в соответствии с твёрдостью обрабатываемой поверхности, и формируется множество P^4 .

Далее из P^4 выбираются только варианты, позволяющие обработать данный материал детали (табл. 2).

Таблица 2

Зависимость параметров и материала РИ от материала обрабатываемых заготовок

Материал	Угол при вершине сверла 2φ	Угол наклона канавки сверла ω	Материал инструмента
Сталь	116-118	35-30	T15K6, T5K10
чугун	116-118	35	BK6, BK8
Красная медь	125	35-45	T15K6, T5K10
Мягкая бронза	130	35-40	T15K6, T5K10
Алюминий	130-140	35-45	T15K6, T5K10

На следующем этапе из P^4 выбираются варианты, позволяющие получить заданную точность обработки, формируется множество P^5 .

На завершающем этапе из P^5 выбираются варианты, соответствующие размерам обрабатываемых поверхностей, формируется множество P^6 .

При объединении фрагментов сети, сформированных на каждом этапе, получается сеть Петри, представляющая собой модель генерации возможных вариантов технологической оснастки для оборудования сверлильной группы (рис. 3).

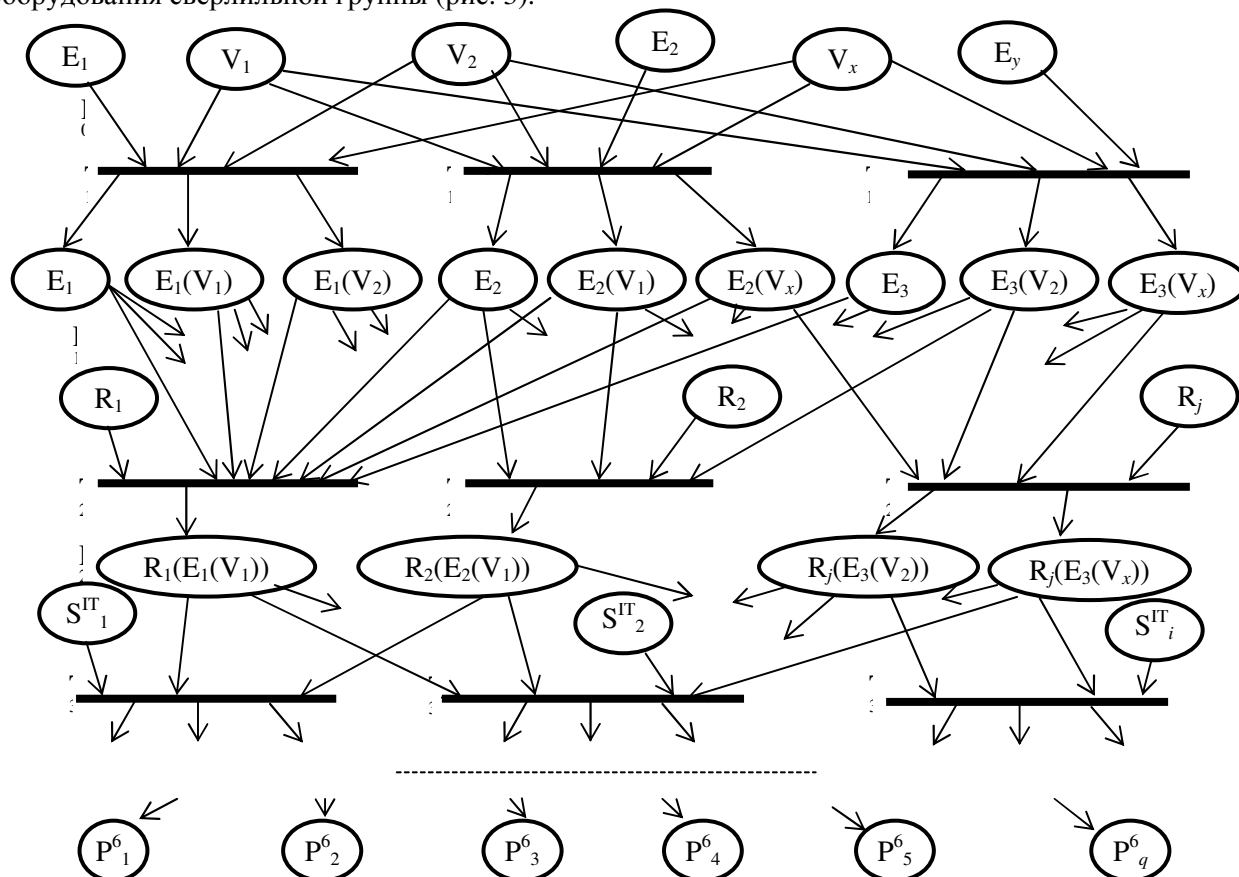


Рис. 3. Модель генерации возможных вариантов технологической оснастки

Таким образом, полученная модель благодаря использованию аппарата сетей Петри позволяет формализовать проектную процедуру генерации возможных вариантов технологической оснастки при проектировании технологических операций, реализуемых на оборудовании сверлильной группы, с учётом параллельного протекания процесса проектирования и даёт возможность разработки алгоритма и программы для ЭВМ, полностью автоматизирующих этап выбора технологической оснастки для оборудования сверлильной группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочкарев П.Ю. Системное представление планирования технологических процессов механообработки / П.Ю. Бочкарев // Технология машиностроения. 2002. № 1. С. 10-14.
2. Лескин А.А. Сети Петри в моделировании и управлении / А.А. Лескин, П.А. Мальцев, А.М. Спиридонов. Л: Наука, 1989.

Разманова Татьяна Ивановна –
аспирант кафедры «Проектирование технических
и технологических комплексов»
Саратовского государственного технического
университета имени Гагарина Ю.А.

Митин Сергей Геннадьевич –
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Проектирование технических и технологических
комплексов» Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю.А.

Бочкарёв Пётр Юрьевич –
доктор технических наук, профессор кафедры
«Проектирование технических и технологических
комплексов» Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю.А.

Tatyana I. Razmanova –
Postgraduate
Department of Technical and Technological
Systems Design,
Gagarin Saratov State Technical University

Sergey G. Mitin –
Ph. D., Associate Professor
Department of Technical and Technological
Systems Design,
Gagarin Saratov State Technical University

Petr Yu. Bochkarev –
Dr Sc, Professor
Department of Technical and Technological
Systems Design,
Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 02.02.12, принята к опубликованию 02.03.12