МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ ПРИ ПОМОЩИ СЕТЕЙ ПЕТРИ

В.Б. Масягин, В.Г. Мартынов, А.С. Карабаев Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

Аннотация — Настоящая статья посвящена созданию математической модели технологического процесса сборки. Отмечается, что творческий процесс анализа конструкции сборочной единицы и разработки схемы сборки, в которой зафиксирована в сжатом виде информация о сборочной единице и технологическом процессе сборки, является наиболее трудоемким и трудно формализуемым. Для наглядности и последующей автоматизации предлагается построение и использование математической модели технологического процесса сборки, зафиксированного в схеме сборки, в виде сети Петри. В сеть вводятся дополнительные вершины сети, отражающие результат сборки после соединения двух элементов узла, и вершины,

обеспечивающие невозможность срабатывания переходов до завершения сборки предыдущей пары деталей Описана компьютерная программа для моделирования и правила подготовки исходных данных. Представление схемы сборки в виде сети Петри позволяет свести технологические задачи к задачам вычислительного характера.

Ключевые слова: схема сборки, сборочная единица.

Процесс проектирования технологического процесса сборки включает два этапа [1]. Первый этап – разработка схемы сборки, содержащей информацию о порядке присоединения элементов изделия, комплектности сборочных единиц и соединений. Второй этап – разработка операций, определение состава присоединяемых элементов, видов работ, средств и других параметров, образующих описание сборочных операций. Творческий процесс анализа конструкции сборочной единицы и разработки схемы сборки, в которой зафиксирована в сжатом виде информация о сборочной единице и технологическом процессе сборки, является наиболее трудоемким и трудно формализуемым. В дальнейшем, построенная схема сборки может служить непосредственно для анализа протекания процесса сборки во времени, но более рациональным является применение специального вида моделей – сетей Петри – эффективного инструмента моделирования дискретных процессов [2,3,4].

В качестве примера для моделирования рассмотрим сборочный чертеж узла из осесимметричных деталей (рис. 1) и схему его сборки (рис. 2) [5].

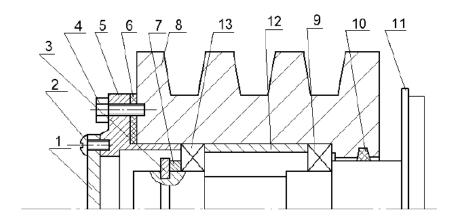


Рис. 1. Эскиз сборочной единицы: 1 — крышка; 2 — винт(2 шт.); 3 — кольцо стопорное; 4 — болт(4 шт.); 5 — фланец;

6 – прокладка; 7 – кольцо компенсационное; 8 – шкив; 9, 13 – подшипник;

10 – кольцо уплотнительное; 11 – ступица; 12 – втулка

Может быть получена математическая модель схемы сборки в виде графа и матрицы [6,7] и сети Петри [8,9] (рис. 3). Модель схемы сборки представляет собой преобразованное изображение схемы сборки, в которой прямоугольники заменены кружками с номерами деталей. Направления стрелок соответствует направлению присоединения деталей – слева или справа. Здесь же отмечаются номера операций и переходов технологического маршрута сборки возле точек присоединения деталей (рис. 3 a-b). После этого кружки с номерами деталей преобразуются (рис. 3a) в вершины сети Петри (P_1 - P_1 3), а точки присоединений деталей – в переходы сети (t_1 - t_1 2). Вводятся дополнительные вершины сети, отражающие результат сборки после соединения двух элементов узла (P_1 4- P_2 5), и вершины, обеспечивающие невозможность срабатывания переходов до завершения сборки предыдущей пары деталей (P_2 6- P_3 7).

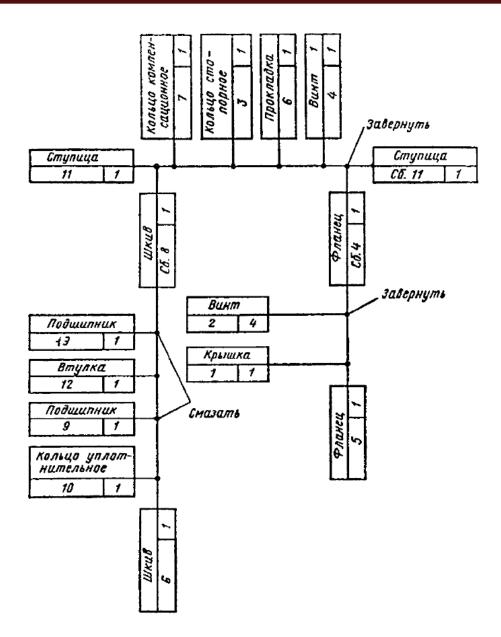


Рис. 2. Схема сборки узла

В дальнейшем работа построенной сети Петри может быть исследована с помощью компьютерной программы.

Решение достаточно разветвленных сетей Петри, описывающих реальные ситуации, «вручную» требует от исполнителя аккуратности и собранности, и не исключает ошибок в счете. Для облегчения расчетов целесообразно применение компьютерных программ [10].

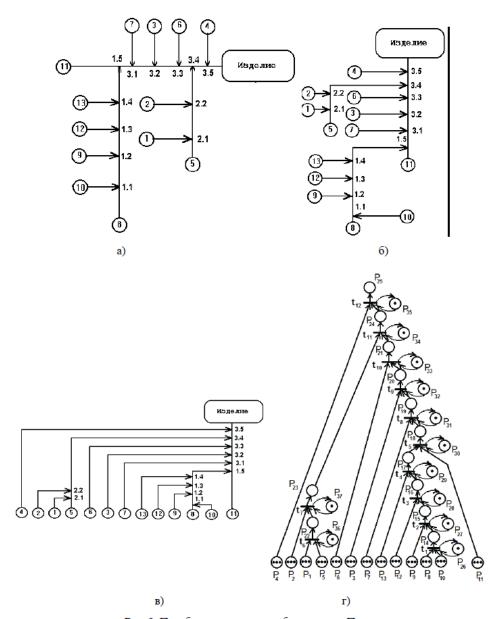


Рис. 3. Преобразование схемы сборки в сеть Петри: a – исходная модель схемы сборки, δ – промежуточная модель схемы сборки с учетом направления присоединения, δ – результирующая модель схемы сборки, ε – сеть Петри

Расчет описанной выше модели технологического процесса сборки в виде сети Петри производится на персональном компьютере. Программа расчета составлена на алгоритмическом языке DELPHI. Компьютер работает с пользователем в режиме диалога, что позволяет легко вводить в память ЭВМ исходные данные и, при необходимости, оперативно их изменять. После запуска программы в окно интерфейса (рис. 4) вводится имя текстового файла с исходными данными. После

завершения ввода имени файла исходных данных мышкой нажимается экранная кнопка «Расчет». После окончания расчета интерфейс программы закрывается и создается текстовый файл с результатами расчетов в каталоге, где расположена программа.

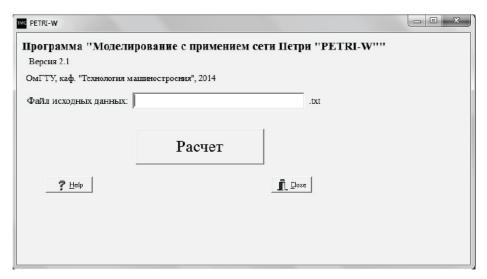


Рис. 4. Интерфейс программы

Ниже поясняется порядок подготовки данных. В скобках приведены исходные данные для сети (рис. 32), моделирующей схему сборки. В текстовом файле данные каждого пункта вводятся построчно, каждый раз с новой строки. При вводе нескольких элементов одной строкой числа вводятся через пробел.

- 1. Вводится число переходов сети, т.е. число черточек на графе (12).
- 2. Вводится число позиций сети, т.е. число кружков на графе (37).
- 3. Вводится число входов в переходы, т.е. число связей, направленных стрелками ко всем переходам сети (36).
- Вводится число выходов из переходов, т.е. число стрелок, выходящих изо всех переходов сети (24).
- 5. Последовательно вводятся номера позиций, связанных входными связями с переходами, начиная с первого перехода и кончая последним (8 10 26 9 14 27 12 15 28 13 16 29 17 11 30 1 3 36 2 22 37 7 18 31 3 19 32 6 20 33 23 21 34 4 24 35).
- 6. Последовательно вводятся порядковые номера элементов строки позиций, связанных входными связями с переходами, с которых начинается перечисление входных связей очередного перехода сети, начиная с первого перехода и кончая последним. К этим номерам в конце добавляется еще один элемент это число элементов строки п. 5 плюс один (1 4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 34 37).
- 7. Последовательно вводятся номера позиций, связанных выходными связями с переходами, начиная с первого перехода и кончая последним (14 26 15 27 16 28 17 29 18 30 22 36 23 37 19 31 20 32 21 33 24 34 25 35).
- 8. Последовательно вводятся порядковые номера элементов позиций, связанных выходными связями с переходами (см. п. 7), с которых начинается перечисление выходных связей очередного перехода сети, начиная с первого перехода и кончая последним. К этим номерам в конце добавляется еще один элемент это число элементов строки п. 7 плюс один (1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25).

- 9. Последовательно вводятся приоритеты, присвоенные переходам сети, от первого до последнего. Низшему приоритету соответствует значение «1», более высшему «2», еще более высшему «3» и т. д. (1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1).
- Последовательно вводятся значения задержки времени во всех переходах сети, равное времени операций сборки в минутах (2 3 5 6 7 4 5 3 4 5 3 2).
 - 11. Вводится величина времени работы моделируемого участка в минутах (720).

Итогом расчета является маркировка сети для всех моментов времени работы сети и суммарный фонд работы всех позиций и переходов.

Полученная математическая модель схемы сборки в виде сети Петри может быть положена в основу анализа эффективности проектирования технологического процесса сборки. Представление схемы сборки в виде сети Петри позволяет свести технологические задачи к задачам вычислительного характера.

Библиографический список

- Челищев, Б. Е. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении / Б. Е. Челищев, И. В. Боброва, А. Гонсалес-Сабатер. – М.: Машиностроение, 1987. – 264 с.
- 2. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем : пер. с англ. / Дж. Питерсон. М. : Мир. 1984. 264 с.
 - 3. Котов, В. Е. Сети Петри / В. Е. Котов. М. : Наука, 1984. 158 с.
- Писаренкова, Н. С. Основы моделирование сетями Петри систем с параллелизмом /
 Н. С. Писаренкова // Управление большими системами : сборник трудов. 2008. № 21. С. 173– 185
- Аверченков, В. И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения / В. И. Аверченков [и др.]. – М.: Машиностроение, 1988. – 192 с.
- 6. Масягин, В. Б. Моделирование конструкции сборочной единицы и технологической схемы сборки при помощи графов / В. Б Масягин // Прикладные задачи механики : сб. науч. тр. / под ред. В. В. Евстифеева. Омск : Изд-во ОмГТУ, 1999. С. 130–134.
- 7. Масягин, В. Б. Матричные алгоритмы моделирования конструкции сборочной единицы и технологической схемы сборки / В. Б. Масягин // Механика процессов и машин: сб. науч. тр. / под ред. В. В. Евстифеева. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2000. С. 189–192.
- 8. Мартынов, В. Г. Применение сетей Петри при моделировании схемы сборки / В. Г Мартынов, В. Б. Масягин // Современные проблемы машиностроения : сб. науч. тр. VII Межд. науч.-техн. конф. / под ред. А. Ю. Арляпова, А. Б. Кима; Томский политехнический университет. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2013. С. 323—327.
- 9. Мартынов, В. Г. Применение сетей Петри при моделировании управления технологически процессами сборочного производства / В. Г. Мартынов, В. Б. Масягин // Омский научный вестник. Серия Приборы, машины и технологии. 2014. № 1 (127). С. 134–137.
- Зубарев, В. С. Моделирование производственного участка с помощью сети Петри: метод. указан. к практ. занятиям по курсу «Технологические основы ГАП» / В. С. Зубарев, О. В. Маркина. – Омск: Изд-во ОМПИ, 1992. – 22 с.