

Результаты исследования подтвердили, что при впрыскивании воды происходит снижение температуры и давления отработавших газов (рис. 2).

Анализ результатов показал, что оптимальным, с точки зрения расхода воды и понижения давления, может быть расход от 5 до 7 граммов в секунду. При этом давление в системе снизится примерно на 0,018–0,021 МПа, а температура примерно в два раза.

Вывод. Таким образом, данный эффект можно использовать для увеличения срабатывания теплоперепада на турбине в момент разгона, когда происходит разбалансировка в процессах воздухо-топливоподдачи. Увеличение положительной работы будет достаточно для подкрутки турбины и сокращения времени выхода на частоту, соответствующую установившемуся режиму, кроме того, можно ожидать

улучшение очистки цилиндра от ОГ из-за снижения противодавления на выпуске.

Библиографический список

1. Прокопенко, Н. И. Экспериментальные исследования двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Н. И. Прокопенко. — СПб., М., Краснодар : Лань, 2010. — 707 с.
2. Осыко, В. В. Устройство и эксплуатация автомобиля КамАЗ-4310 [Текст] / В. В. Осыко, И. Я. Петриченко, Ю. А. Алленов. — М. : Патриот, 1991. — 351 с.

КОЛЬБ Валерий Викторович, преподаватель кафедры двигателей.

Адрес для переписки: irinakolb_@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 20.03.2015 г.

© В. В. Кольб

УДК 621.7:519.711.3

В. Г. МАРТЫНОВ

Омский государственный
технический университет

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ПОМОЩИ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Управление современным механосборочным производством — непростая задача. Ввиду важности принимаемых решений весьма актуальным представляется применение методов математического и компьютерного моделирования. Цель исследования — создание усовершенствованной математической модели сборочного участка для оперативного управления рабочим временем при поточной сборке изделий. Научная новизна заключается в обеспечении моделирования сборки нескольких узлов одновременно или поточной сборки.

Ключевые слова: сборка деталей, технологический процесс, производственный участок.

Организация современного механосборочного производства — весьма трудоемкий процесс. Широкое разнообразие номенклатуры изделий, производящихся на современном предприятии (зачастую производственный план дискретный, разорванный — задание на производство изделий размещают сразу же после получения технического задания от заказчика). Поэтому разноплановость и разнородность приводят к увеличению затрат на изделие в целом — доля именно механосборочных работ может достигать 30 % от стоимости изделия в целом [1]. Поэтому весьма важной задачей для технолога и начальника сборочного участка современного машиностроительного предприятия является не только составление оптимального технологического процесса, но и наиболее рациональное размещение выполнения технологических процессов всех изделий с учетом специфики условий — срочности заказа, загрузки оборудования и многих других.

Разработке маршрутного технологического процесса сборки предшествует изучение конструкции изделия, которое завершается составлением технологических схем общей и узловой сборки. Технологическая схема сборки содержит информацию о струк-

туре и порядке присоединения элементов изделия, комплектности сборочных единиц и соединений. При разработке маршрутного технологического процесса сборки на основе схемы сборки устанавливается содержание сборочных операций с таким расчетом, чтобы на каждом рабочем месте выполнялась по возможности однородная по своему характеру и технологически законченная работа. В дальнейшем построенная схема сборки служит для выявления и подробной разработки операций, определения видов работ, средств сборки и других параметров, образующих описание сборочных операций.

Поскольку творческий процесс анализа конструкции сборочной единицы, разработки схемы сборки и маршрутного технологического процесса сборки является трудоемким, многовариантным и трудноформализуемым и при этом влияет на последующую эффективность функционирования технологического процесса сборки, то для его выполнения желательно использовать математическое и компьютерное моделирование для обоснования рациональности и оптимальности принятого варианта [2].

Для создания математической модели функционирования производственного участка необходимо

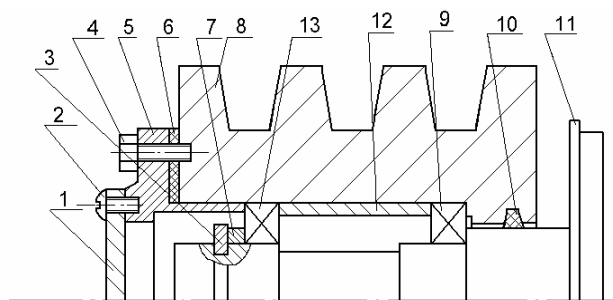


Рис. 1. Эскиз сборочной единицы «Ступица»:

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

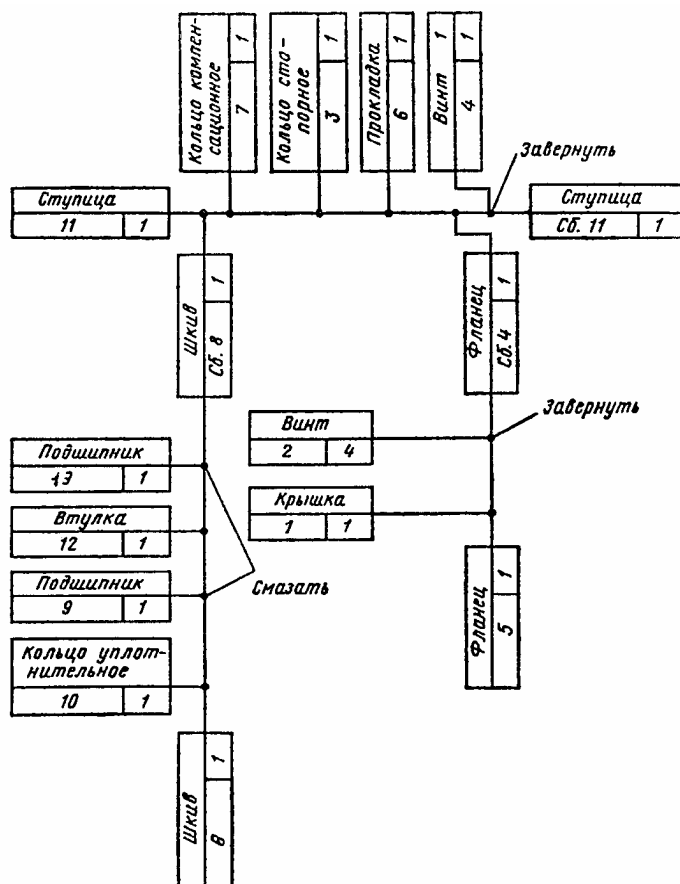


Рис. 2. Схема сборки узла «Ступица»

выделить и учесть следующие наиболее важные факторы:

- перемещение изделий и материалов по производственному участку;
- изменение их состояния (постепенная сборка изделия из отдельных деталей, изменение заготовки в процессе изготовления отдельной детали);
- изменяющееся количество задействованного в технологических процессах оборудования (внезапная поломка станка, приспособления);
- изменение фонда рабочего времени, связанное с персоналом, выполняющим работу (изменение количества работающих в данный момент или уровня их квалификации и др.);
- случайные временные факторы (незапланированные простои в работе);
- взаиморасположение на планах участка или цеха оборудования (станков, верстаков, шкафов с

инструментом, сборочных приспособлений, промежуточных складов и др. и его взаимосвязь [3].

При этом применяемая модель особого рода: структурно-функциональная, одновременно отражающая структуру и функционирование моделируемого объекта. Одним из оптимальных вариантов создания математической модели в данном случае является применение графов, и в частности, сетей Петри — эффективного инструмента моделирования дискретных процессов. Их основные особенности — возможность отображать параллелизм, асинхронность, иерархичность моделируемых объектов более простыми средствами, чем при использовании других средств моделирования [4].

Элементами сети Петри являются: маркер, место, переход и связь. Для создания данной математической модели применим цветную сеть Петри. В таком случае можно назначить не вещественную, а нату-

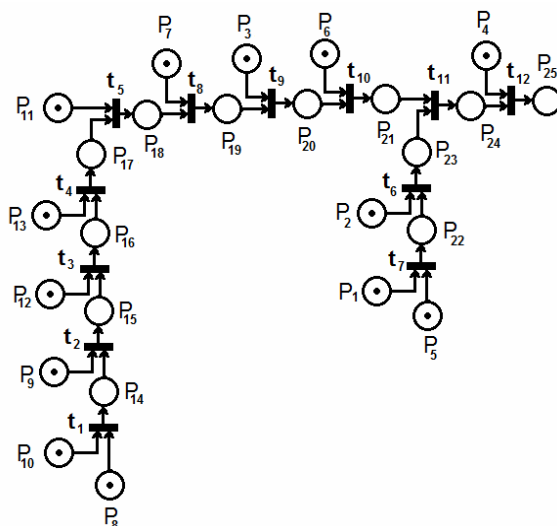


Рис. 3. Математическая модель
сборочного процесса изделия «Ступица»

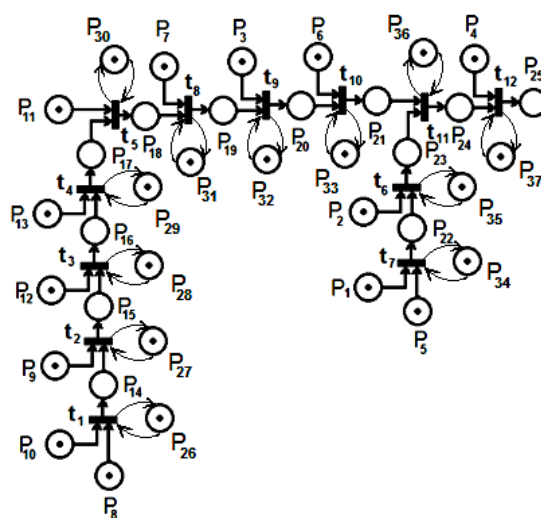


Рис. 4. Модернизированная математическая модель
сборочного процесса

ральную кратность объектов и маркеров (что позволяет более гибко представлять процессы движения и изменения объектов) [5].

Рассмотрим процесс моделирования технологического процесса сборки на примере узла «Ступица» (рис. 1). Схема сборки данного узла приведена на рис. 2. Расположение в цехе сборочного участка при этом является типовым [6]. Производство серийное; потерь времени, связанных с работой персонала и оборудования, нет.

На основе схемы сборки путем последовательных преобразований может быть получена математическая модель схемы сборки в виде сети Петри (рис. 3) [7].

Однако при экспериментах с данной моделью был обнаружен существенный недостаток: она подходит для имитации процесса сборки лишь одного изделия. Это связано с особенностью аппарата сети Петри

Сеть, представленная на рис. 3, пригодна для моделирования сборки только одного узла и не может быть использована для моделирования сборки нескольких узлов или поточной сборки. Это связано с тем, что переходы, моделирующие процесс сборки, после начала сборки очередной пары деталей сразу же становятся доступными для следующей пары

деталей, хотя процесс сборки предыдущей пары деталей еще не завершился. Для того, чтобы исключить подобную ситуацию, в сеть вводятся дополнительные позиции ($P_{26} - P_{37}$), время задержки в которых равно времени сборки пары деталей, чем обеспечивается невозможность срабатывания переходов до завершения сборки предыдущей пары деталей. Дополненная математическая модель, пригодная для моделирования поточной сборки изделий, приведена на рис. 4.

Библиографический список

1. Челищев, Б. Е. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении [Текст] / Б. Е. Челищев, И. В. Боброва, А. Гонсалес-Сабатер. — М. : Машиностроение, 1987. — 264 с.
2. Мартынов, В. Г. Применение характеристической сети Петри при моделировании параллельно протекающих технологических процессов механосборочного производства / В. Г. Мартынов // Естественные и технические науки. — 2014. — № 6 (74). — С. 114–117.
3. Масыгин, В. Б. Моделирование конструкции сборочной единицы и технологической схемы сборки при помощи графов [Текст] / В. Б. Масыгин // Прикладные задачи механики :

сб. науч. тр. ; под ред. В. В. Евстифеева. — Омск : ОмГТУ, 1999. — С. 130—134.

4. Робототехника и гибкие автоматизированные производства [Текст]. В 9 кн. Кн. 5. Моделирование робототехнических систем и гибких автоматизированных производств : учеб. пособие для вузов / С. В. Пантюшин [и др.] ; под ред. И. М. Макарова. — М. : Высш. шк., 1986. — 175 с.

5. Масыгин, В. Б. Матричные алгоритмы моделирования конструкции сборочной единицы и технологической схемы сборки [Текст] / В. Б. Масыгин // Механика процессов и машин : сб. науч. тр. ; под ред. В. В. Евстифеева. — Омск : ОмГТУ, 2000. — С. 189—192.

6. Чарнко, Д. В. Основы проектирования механосборочных цехов / Д. В. Чарнко, Н. Н. Хабаров / М. : Машиностроение, 1975. — 237 с.

7. Мартынов, В. Г. Применение сетей Петри при моделировании управления технологическими процессами сборочного производства / В. Г. Мартынов, В. Б. Масыгин // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. — 2014. — № 1 (127). — С. 134—137.

МАРТЫНОВ Виктор Геннадьевич, аспирант кафедры технологии машиностроения.

Адрес для переписки: corsairsr@mail.ru

Статья поступила в редакцию 29.04.2015 г.

© В. Г. Мартынов

УДК 621.924

**П. В. НАЗАРОВ
Е. В. ВАСИЛЬЕВ
А. Ю. ПОПОВ**

Омский государственный
технический университет

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФАСОННОЙ ПРАВКИ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

В статье проводится анализ существующих инструментов для правки фасонных поверхностей, анализируются существующие схемы фасонной правки абразивного круга и разрабатывается специальное приспособление для выбранного метода правки.

Ключевые слова: правка шлифовального круга, приспособления для правки круга, профильное шлифование, абразивный инструмент, формообразование, точность.

Статья выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках договора 02.G25.31.0099 в рамках постановления Правительства Российской Федерации 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства» от 9 апреля 2010 года.

На машиностроительных предприятиях обрабатываются изделия различных профилей (треугольные, трапециевидальные, эвольвентные и т. д.), например, резьбовые калибры, накатные ролики, проточки и т. д. Наиболее трудоёмкой операцией является профильное шлифование, при котором возникает проблема правки рабочей поверхности шлифовального круга, а именно в получении требуемой точности профиля при высокой производительности.

Существуют различные правящие инструменты, предназначенные для правки рабочей поверхности абразивных инструментов. Проведённый анализ имеющихся правящих инструментов (табл. 1) показал, что наиболее оптимальным правящим инструментом для фасонной правки является алмазная игла, т.к. она обеспечивает высокую точность профиля рабочей поверхности круга и быструю правку при шлифовании [1].

На машиностроительных предприятиях при профильном шлифовании, например зубьев эвольвент-

ного профиля, используются станки-автоматы, в которых для осуществления правки круга используются специальные автономные правящие устройства сложной конструкции. Схема работы данных устройств заключается в перемещении правящего инструмента по траектории заменяющей профиль эвольвенты радиусом окружности. Для фасонной правки рабочей поверхности шлифовального круга необходимо семь движений формообразования, а именно главное движение — вращение абразивного круга (n , об./мин) и движение подачи — поперечной подачи ($S_{\text{поп}}$, мм/мин), продольной подачи ($S_{\text{пр}}$, мм/мин) и перемещение алмазной иглы по радиусу ($S_{\text{иг}}$, мм/мин), при этом подача осуществляется каждой иглой по отдельности, что в значительной мере влияет на точность получаемого профиля (рис. 1).

При данной схеме шлифования с увеличением модуля изделия будет увеличиваться погрешность эвольвентного профиля. Схема образования погрешности профиля абразивного круга, получаемого данным методом, заключается в том, что при замене