

УДК 621.81

С.Г. Онищук, канд. техн. наук

В.И. Тулунов, канд. техн. наук

С.Л. Миранцов, канд. техн. наук

Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина

### НОВЫЕ ПОДХОДЫ В КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

С.Г. Онищук, канд. техн. наук

В.И. Тулунов, канд. техн. наук

С.Л. Миранцов, канд. техн. наук

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

### НОВІ ПІДХОДИ В КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ ВИРОБНИЦТВА ВИРОБІВ З УРАХУВАННЯМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

Sergey Onishchuk, PhD in Technical Sciences

Vladimir Tulupov, PhD in Technical Sciences

Sergey Mirantsov, PhD in Technical Sciences

Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine

### NEW APPROACHES IN THE DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION OF PRODUCTS MANUFACTURE, CONSIDERING THE LIFE CYCLE

*Рассмотрены вопросы повышения долговечности деталей машин с учетом жизненного цикла изделия. Применение методов комбинированной обработки позволяет сформировать свойства поверхности детали, которые влияют на интенсивность износа, усталостную прочность в условиях циклических напряжений, прочность прессовых соединений, коррозионную стойкость. Выбор операции технологического процесса представлен в виде логических функций. При этом приоритетным является минимальная трудоемкость и себестоимость. Проектирование маршрутного технологического процесса с применением ориентированных графов позволяет снизить трудоемкость и себестоимость выпускаемой продукции машиностроительного производства.*

**Ключевые слова:** жизненный цикл изделия, маршрутный технологический процесс, комбинированная обработка, ориентированный граф.

*Розглянуто питання підвищення довговічності деталей машин з урахуванням життєвого циклу виробу. Застосування методів комбінованої оброблення дозволяє сформулювати властивості поверхні деталі, що впливають на інтенсивність зношення, стомлену міцність в умовах циклічних напружень, міцність пресових з'єднань, корозійну стійкість. Вибір операції технологічного процесу представлений у вигляді логічних функцій. При цьому пріоритетним є мінімальна трудомісткість і собівартість. Проектування маршрутного технологічного процесу з використанням орієнтованих графів дозволяє зменшити трудомісткість та собівартість продукції машинобудівного виробництва, що випускається.*

**Ключові слова:** життєвий цикл виробу, маршрутний технологічний процес, комбіноване оброблення, орієнтований граф.

*This article discusses the improved durability of machine parts based on the life cycle of a product. The use of combined processing techniques allows forming the surface properties of the items which influence the rate of wear, fatigue strength under cyclic stress, the strength of pressing compounds corrosion resistance. Operation selection process is represented as a logical functions. In this case, the priority is the minimum complexity and cost of goods sold. Designing route process using directed graphs to reduce the complexity and production costs of engineering production.*

**Key words:** product lifecycle, trip workflow, combined treatment, a directed graph.

**Постановка проблемы.** Основной проблемой, стоящей сейчас перед производителями, является повышение конкурентоспособности выпускаемых изделий, добиться которой можно за счет следующих факторов: повышения степени удовлетворения требований заказчика, сокращения сроков создания изделия и снижения материальных затрат на его изготовление и эксплуатацию. При этом главным направлением в конкурентной борьбе становится не только снижение себестоимости продукции, а в большей степени повышение качества продукции и максимальное ее соответствие конкретным требованиям конкретного потребителя.

**Анализ последних исследований и публикаций.** При классическом подходе к созданию изделия большая доля себестоимости изделия приходится на этапы конструктор-

торской и технологической подготовки его производства [1]. Следовательно, переход предприятия на работу по системе заказов возможен только при условии, что это соотношение кардинально изменится, и себестоимость единичного изделия будет мало отличаться от себестоимости изделия, созданного в условиях массового производства [2].

**Выделение не решенных ранее частей общей проблемы.** При снижении количества производимых изделий в себестоимости каждого изделия возрастет та часть, которая приходится на этапы его разработки. Избежать этого можно путем уменьшения затрат на разработку изделия за счет усовершенствования программного обеспечения, используемого при разработке изделий. Естественно, что для разработки более эффективного программного обеспечения потребуются дополнительные временные и материальные затраты. Задача состоит в том, чтобы найти оптимальное соотношение между затратами на разработку программного обеспечения и на разработку самого изделия, которое обеспечит минимум суммарных затрат.

**Цель статьи. Главной целью работы** является разработка новых подходов в проектировании изделий машиностроения с учетом жизненного цикла.

**Изложение основного материала.** В соответствии со стандартом ISO 9004-1 жизненный цикл изделия – это совокупность процессов, выполняемых от момента выявления потребности общества в определенной продукции до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации продукции. К таким процессам относятся: предпроектные исследования, разработка технического задания, проектирование и конструирование, технологическая подготовка производства, изготовление и испытание опытных образцов, производство изделий, поставка потребителям, эксплуатация, вывод из эксплуатации [2].

Начиная с момента проектирования изделия, в него закладывается его стоимость и ресурс его работы, применяя при этом: научный потенциал, инженерные кадры, методы проектирования (в том числе функционально-стоимостной анализ), программные продукты, производственные площади и т. д.

Необходимость экономии материальных ресурсов предъявляет высокие требования к рациональному выбору заготовок, к уровню их технологичности, в значительной мере определяющей затраты на технологическую подготовку производства, себестоимость, надёжность и долговечность изделий.

Факторы, влияющие на себестоимость производства в машиностроении, делятся на три группы [2]:

1-я группа – конструктивные факторы, т. е. конструктивное решение самой детали, обеспечивающее приемлемость её для изготовления обработкой давлением, литьем, сваркой; выбор марки материала и технологических условий;

2-я группа – производственные факторы, т. е. характер и культура производства, технологическая оснащённость, организационные и технологические уровни производства;

3-я группа – технологические факторы, характеризующие способ формообразования заготовок, выбор самой заготовки, оборудования и технологического процесса получения детали.

Технологический процесс изготовления деталей и узлов машин состоит из строго определённой совокупности технологических операций, выполненных в заданной последовательности. Операции направлены: на формообразование поверхностей деталей; их взаимное расположение; достижение заданных размеров и получение заданных физико-механических свойств поверхностного слоя, что обеспечивает установленный ресурс работы деталей и машины в целом. Выполнение операций технологического процесса возможно при использовании различных методов, способов и средств. Рациональный выбор этих методов и средств определяет затраты на производство изделий и ресурс их работы. Проектирование ресурсосберегающего технологического процесса состоит в оптимиза-

ции операций по минимуму потребления материальных, трудовых, энергетических ресурсов, учитывая при этом технологическую наследственность.

Для повышения ресурса эксплуатации машины, т. е. увеличения жизненного цикла изделия, в машиностроительной отрасли существует большое разнообразие методов повышения долговечности деталей машин. На предприятиях машиностроения все шире применяются комбинированные методы электрофизической, электрохимической и ионно-лучевой обработки, СВС-технологии, в основу которых положено использование высокопроизводительных инструментов, а также разнообразных источников высококонцентрированной энергии. В процессе такой обработки поверхностный слой детали поглощает в короткое время значительное количество энергии. Образующиеся в нем неравновесные диссипативные структуры аккумулируют избыток энергии и самопроизвольно стремятся к состоянию с наименьшей свободной энергией. В поверхностном слое происходят необратимые процессы наследственности и самоорганизации, которые путем наложения и совместных действий потоков энергии ведут к образованию комплекса структур с определенными свойствами [3; 4; 5].

Качество поверхностного слоя определяется следующей группой наиболее распространенных в машиностроении геометрических и физико-механических показателей: параметрами субмикронеровности; шероховатости и волнистости; отклонениями формы и расположения; глубиной наклепа поверхностного слоя; величиной остаточных подповерхностных напряжений; специальными физическими (величина контактной разности потенциалов) и оптическими параметрами; наличием или отсутствием локальных дефектов (царапин, наколов, раковин, трещин и включений и т. п.); присутствием оксидных и других химических пленок; наличием следов масел и загрязнений [4].

Параметры шероховатости оказывают существенное влияние на работоспособность детали в зависимости от условий, в которых она эксплуатируется. Данные факторы влияют на интенсивность износа, усталостную прочность в условиях циклических напряжений, прочность прессовых соединений, коррозионную стойкость. Формирование шероховатости поверхности лезвийной обработкой является сложным процессом, который зависит от многих параметров: скорости резания, радиуса при вершине и геометрических параметров режущего инструмента, величины скорости подачи, глубины резания, твердости обрабатываемого материала, величины износа инструмента, наличия СОТС в зоне резания, состояния поверхности заготовки, вибраций технологической системы и др.

Формирование маршрутного технологического процесса предполагает, что для получения детали с конкретными размерами, шероховатостью поверхности, физико-механическими свойствами, в маршрут будут включаться из множества  $\{O_i\}$  только определенные операции с применением определенных условий (логической функции)  $\{A_k\}$ . Для операции  $k$  логическая функция выбора конкретной операции  $O_k$  имеет вид  $O_k \in \{A_k\}$ .

Логическая функция, определяющая выбор операции из технологического маршрута, имеет вид:

$$\Phi = OR_{k=1}^m \left[ OR_{j=1}^n (AND_{k=1}^{n_1} Y_i)_j \right]_k.$$

Первая логическая функция  $OR_k$  определяет выбор вида операции, вторая функция  $OR_j$  – тип признака, а третья  $AND_i$  – уровень признака;  $Y_i$  – уровни признаков;  $m, n, n_1$  – число условий соответствующего типа.

Формирование маршрутного технологического процесса изготовления колеса зубчатого может быть представлено в виде обобщенного маршрута (рис. 1). При формировании графа используются условия: А – тип производства; Б – наличие или отсутствие

отверстия в заготовке; В – необходимость или отсутствие необходимости термообработки детали.

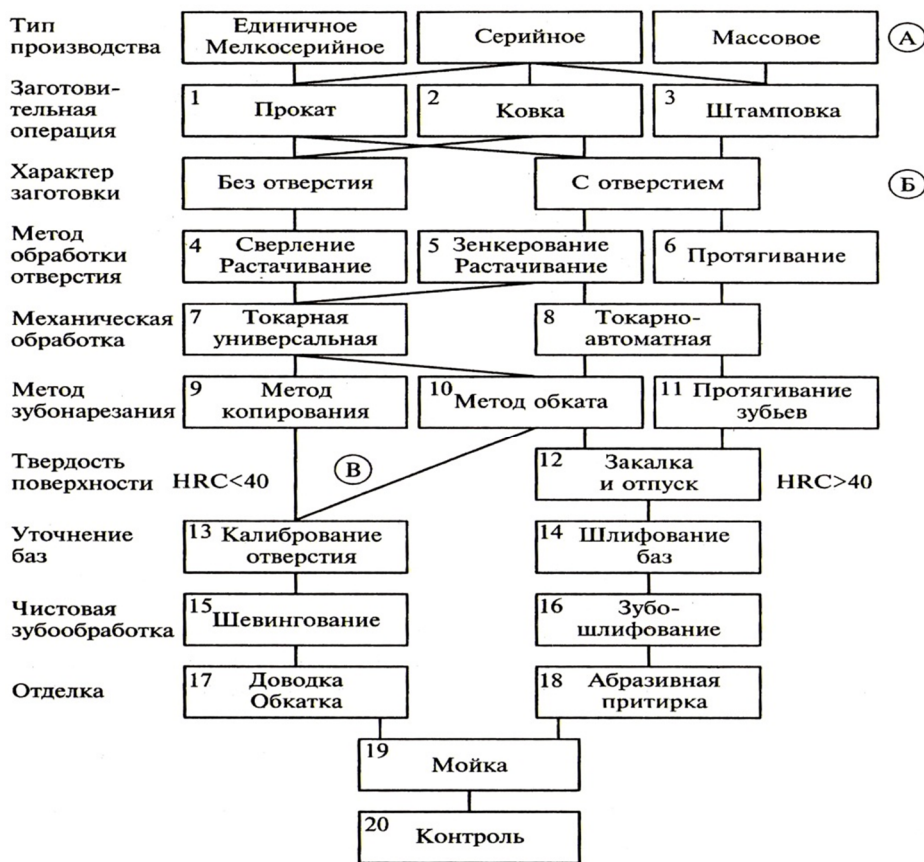


Рис. 1. Обобщенный маршрут изготовления зубчатого колеса

В зависимости от условий, влияющих на формирование маршрута обработки детали, можно получить несколько вариантов технологических маршрутов обработки.

Ориентированный граф обобщенного маршрута обработки зубчатого колеса представлен на рис. 2.

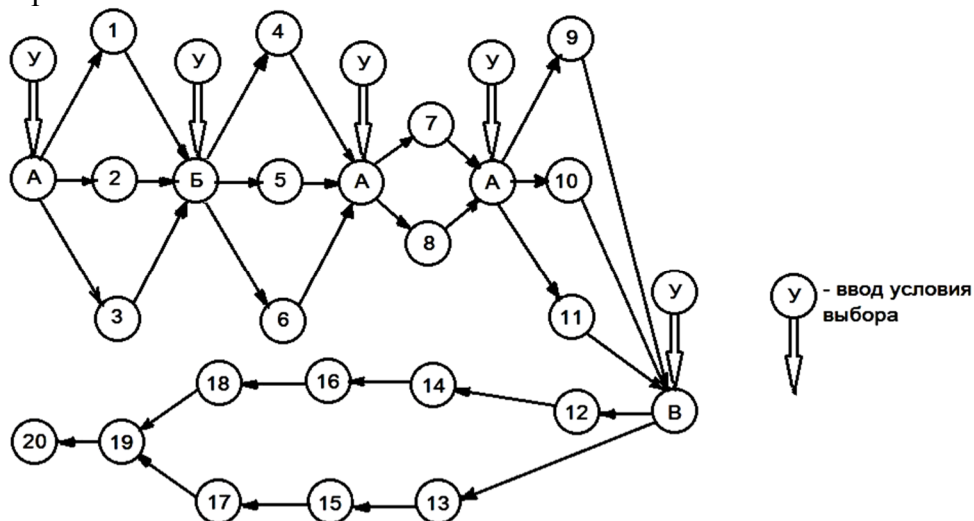


Рис. 2. Ориентированный граф обобщенного маршрута обработки зубчатого колеса

Рациональный выбор маршрута обработки детали с применением ориентированных графов позволит снизить трудоемкость и себестоимость выпускаемой продукции машиностроительного производства.

**Выводы и рекомендации.** Проектирование изделий машиностроения с учетом жизненного цикла позволяет существенно повысить надежность эксплуатации изделия, в частности одно из свойств надежности – долговечность. Этого можно достичь использованием на этапе технологической подготовки производства, изготовления и испытания изделий комбинированных методов обработки. Рациональный выбор маршрута обработки детали с применением ориентированных графов позволит снизить трудоемкость и себестоимость выпускаемой продукции машиностроительного производства.

#### Список использованных источников

1. *Информационная* поддержка жизненного цикла изделий машиностроения: принципы, системы и технологии CALS/ИПИ : учеб. пособие / А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров, И. М. Ибрагимов, А. Д. Никифоров. – М. : Академия, 2007. – 304 с.
2. *Скворцов А. В.* Основы технологии автоматизированных машиностроительных производств / А. В. Скворцов, А. Г. Схиртладзе. – М. : Высш. шк., 2010. – 589 с.
3. *Эдигаров В. Р.* Классификация комбинированных методов обработки на основе электромеханического упрочнения / В. Р. Эдигаров, И. Ю. Килунин, В. В. Дегтярь // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 3. – С. 32–35.
4. *Направленное* формирование свойств изделий машиностроения / под ред. А. И. Кондакова. – М. : Машиностроение, 2005. – 352 с.
5. *Формирование* регулярной дискретной структуры при чистовом точении с импульсным током / С. В. Ковалевский, В. И. Тулупов, А. А. Попивненко, Ю. Б. Борисенко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2007. – Вип. 21. – С. 233–237.

УДК 621.941-229.3:621.822.172

**С.П. Сапон**, канд. техн. наук

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБЛЕННЯ НА ТОКАРНОМУ ВЕРСТАТІ ЗІ ШПИНДЕЛЕМ НА ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОРАХ

**С.П. Сапон**, канд. техн. наук

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ СО ШПИНДЕЛЕМ НА ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРАХ

**Serhii Sapon**, PhD in Technical Sciences

Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

### THE RESEARCH OF A MACHINING ACCURACY ON TURNING LATHE WITH SPINDLE ON HYDROSTATIC BEARINGS

*Основним вихідним параметром якості верстата є точність, яка визначається кількома групами показників, одним з яких є точність оброблення зразків-виробів. У роботі досліджено закономірності формування точності оброблення на прецизійному токарному верстаті за показником точності форми зовнішньої циліндричної поверхні зразків-виробів. Отримано аналітичну залежність відхилення від круглості поверхні зразків-виробів при токарному обробленні від тиску мастила в гідростатичній опорі шпинделя, режимів різання за наявності статичного дисбалансу обертових елементів шпиндельного вузла. Адекватність встановленої аналітичної залежності підтверджена серією повторних експериментів. Здійснено аналіз встановлених закономірностей впливу експлуатаційних параметрів гідростатичної опори шпинделя та технологічних навантажень на формування точності верстата за показником точності форми зразків-виробів.*

**Ключові слова:** шпиндель, гідростатична опора, точність, відхилення від круглості, зразок-виріб.

*Основным исходным параметром качества станка является точность, которая определяется несколькими группами показателей, одним из которых является точность обработки образцов-изделий. В работе исследованы закономерности формирования точности обработки на прецизионном токарном станке по показателю точности формы внешней цилиндрической поверхности образцов-изделий. Получена аналитическая зависимость отклонения от круглостности поверхности образцов-изделий при токарной обработке от давления масла в гидростатической опоре шпинделя, режимов резания при наличии статического дисбаланса вращающихся элементов шпиндельного узла. Адекватность*