

УДК 621.924.093.048

**ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ  
ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН (НА ПРИМЕРЕ ПРОТЯЖЕК)**

**М. С. Моисеенко, В. В. Драгобецкий**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: [kimv@kdu.edu.ua](mailto:kimv@kdu.edu.ua)

Исследована возможность повышения качества и эксплуатационной надежности протяжек на основе использования функционально-ориентированных технологий. Построен граф эксплуатационных функций протяжки. Предложены технологические воздействия, реализующие обеспечение функционально-ориентированных свойств элементов протяжки.

**Ключевые слова:** протяжка, функционально-ориентированный подход.

**FUNCTIONALLY-ORIENTED TECHNOLOGICAL PROCESSES of PRODUCTION of DETAILS of  
MACHINES (ON EXAMPLE OF BROACHES)**

**M. S. Moiseyenko, V. V. Dragobekyі**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyyi National University  
vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine. E-mail: [kimv@kdu.edu.ua](mailto:kimv@kdu.edu.ua)

Possibility of upgrading and operating reliability of broaches is investigational on the basis of the use of the functionally-oriented technologies. The count of operating functions of broaches is built. Technological influences, realizing providing of the functionally-oriented properties of elements of broaches, are offered.

**Key words:** broach, functionally-oriented approach.

**ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЄНТОВАНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ  
МАШИН (НА ПРИКЛАДІ ПРОТЯЖОК)**

**М. С. Моїсеєнко, В. В. Драгобецький**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: [kimv@kdu.edu.ua](mailto:kimv@kdu.edu.ua)

Досліджена можливість підвищення якості і експлуатаційної надійності протяжок на основі використання функціонально-орієнтованих технологій. Побудований граф експлуатаційних функцій протяжки. Запропоновані технологічні дії, що реалізують забезпечення функціонально-орієнтованих властивостей елементів протяжки.

**Ключові слова:** протяжка, функціонально-орієнтований підхід.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Развитие машиностроения в ближайшее время будет связано, главным образом, с освоением новых и расширением существующих способов механической обработки и процессов пластического деформирования заготовок. Основной проблемой ближайшего будущего следует считать выработку единых принципов нахождения обобщенных параметров, позволяющих с общих позиций оценивать все многообразие существующих способов металлообработки. В настоящее время возникла необходимость в создании научно-обоснованной методологии, позволяющей предопределять и направлять весь цикл работ по проектированию и совершенствованию обрабатываемого инструмента, технологической оснастки и приспособлений и работ по формированию парка оборудования.

Одним из эффективных методов повышения качества и эксплуатационной надежности машиностроительных деталей являются функционально-ориентированные технологии [1]. Последние представляют собой класс технологий, которые позволяют максимально адаптировать изделия к условиям их эксплуатации в машине или технологической системе [1].

С другой стороны, функционально-ориентированные технологии могут не соответствовать оптимальным технологиям изготовления изде-

лий. Кроме того, решить задачу максимального соответствия технологий настоящему уровню развития техники функционально-ориентированным технологиям возможно путем минимизации квадратичных функционалов вида

$$Y = \int_{y_k} (\tau_i - \lambda_j)^2 dy_k, \quad (1)$$

где  $\tau_i$  – эксплуатационный параметр, соответствующий оптимальным характеристикам изделия;  $\lambda_j$  – реализуемый эксплуатационный параметр;  $y_k$  – координаты изделия.

$$i, j = 1, 2 \dots N; k = 1, 2, 3.$$

Минимизация функционала (1) производится на заключительной стадии анализа процесса производства изделия в рамках функционально-ориентированных технологий и в данном исследовании не рассмотрена.

Решение задачи повышения качества и эксплуатационной надежности разрабатываемых изделий включает следующие этапы:

- анализ основных элементов конструкции в соответствии с условиями их эксплуатации;
- разработка структуры эксплуатационных функций и граф функциональных элементов конструкции;
- рассмотрение схемы технологического воздействия и вариантов реализации технологических опе-

раций повышения качества эксплуатационной надежности конструкции функционально-ориентированного подхода.

Функционально-ориентированный подход [1] представляет собой новый класс методов проектирования и производства, позволяющих адаптировать изделие при его изготовлении к особенностям его эксплуатации в машине, агрегате или технологической системе.

Целью работы является повышение эффективности производства, качества и эксплуатационной надежности протяжек на основе использования функционально-ориентированного подхода.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Конструкция протяжки представляет собой совокупность групп элементов (хвостовик, шейка, переходной конус, передняя направляющая часть, рабочая часть с режущими зубьями, калибрующая часть с калибрующими зубьями и задняя направляющая часть), для каждой из которых свойственны особенности работы и функциональное назначение. Детальная классификация протяжек приведена в работе [2].

К основным видам протяжек относят: протяжки для обработки глубоких отверстий с винтовым расположением зубьев, двух- или трехходовые, сборные протяжки со вставными зубьями длиной обычно меньше длины протягиваемого отверстия, с канавками для дробления стружки и подачей смазоч-

но-охлаждающей жидкости к каждому зубу через внутреннюю полость протяжки.

Согласно общей классификации видов инструмента [2] протяжки принадлежат к некомбинированному классу, к подклассу прерывного или (реже) непрерывного действия, к подгруппе инструментов, работающих по методу копирования.

Протяжки делят на два типа: с профильной и генераторной схемами срезания припуска. Рациональная схема срезания припуска и соответствующие конструктивные размеры рабочей части протяжки должны проектироваться для каждого конкретного случая обработки. При делении протяжки на составные элементы или части, необходимо выделить исполнительные, связующие, дополнительные и вспомогательные элементы. Исполнительные элементы в свою очередь разделяются на режущие и калибрующие. Составляющие элементы разделяются по различию функционального и служебного назначения в условиях обработки и эксплуатации. Зоны входят в состав составляющих элементов [1].

Деление протяжки на функциональные элементы представлено в виде графа функциональных элементов (рис. 1). К исполнительным элементам относятся хвостовик со шпоночным пазом, рабочая и калибрующая части. Связующие элементы могут быть у составных и сборных протяжек. Вспомогательные элементы — шейка, переходной конус, передняя и задняя направляющая часть.

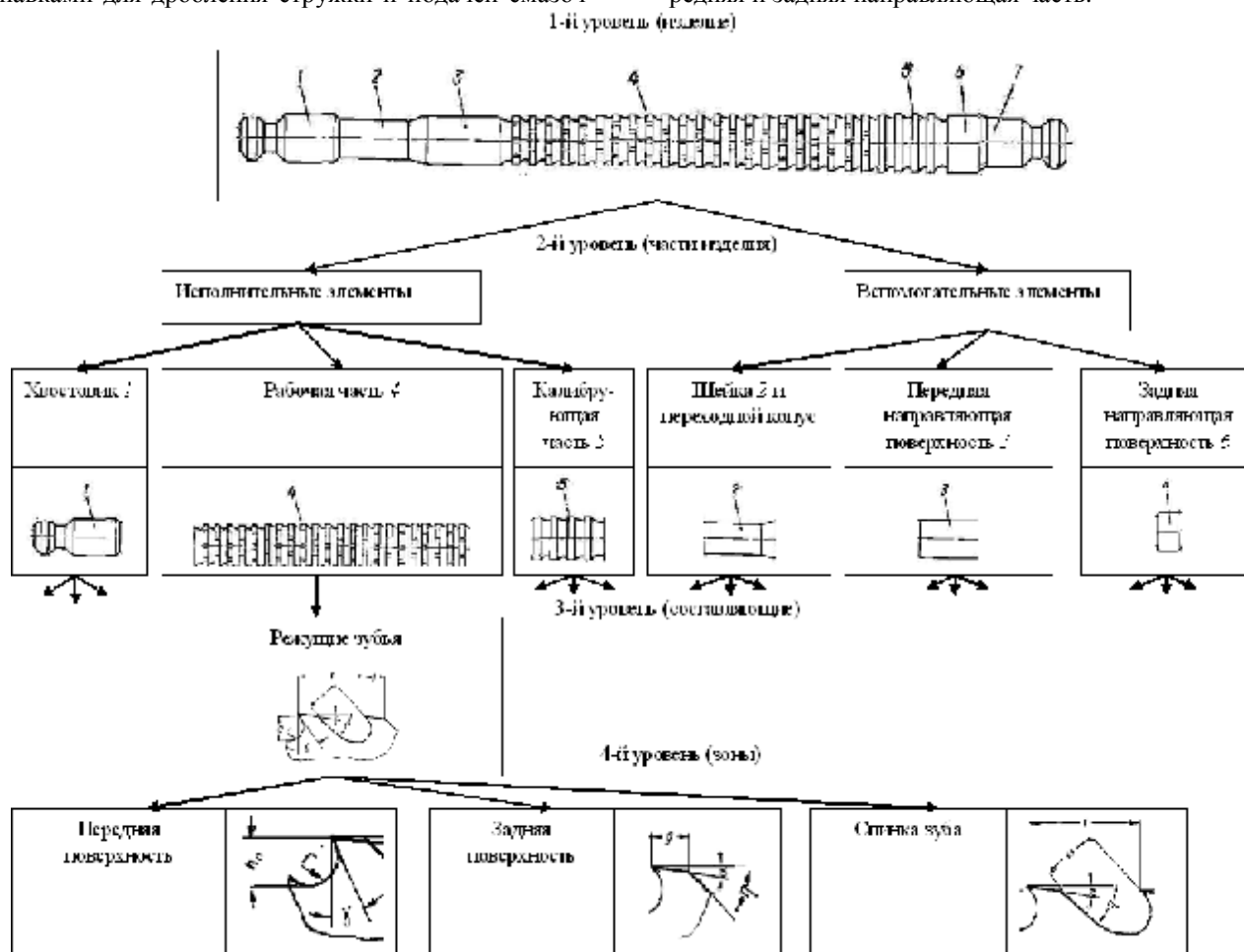


Рисунок 1 – Граф функциональных элементов протяжки

Режущая и калибрующая части представляют собою совокупность режущих и калибрующих зубьев. Зубья состоят из трех составляющих объема зуба ограниченного тремя поверхностями (передней поверхностью режущей части или рабочей поверхности, задней поверхности и спинки зуба).

Объем зуба, ограниченный передней поверхностью режущей части, разделяется на объемную зону тела зуба, объем у основания зуба и вершины зуба. Каждая зона определена на основе действия в ней функций в процессе эксплуатации протяжки (табл. 1). Поверхностные слои режущей поверхности воспринимают контактные напряжения от действия контактных и термических напряжений срезаемого слоя. Поверхностные слои задней поверхности задней поверхности обеспечивают отвод абразивных частиц стружки и ее ломку. Объемная зона у основания зубьев воспринимает действие напряжений изгиба. Кроме того, поверхностные слои зубьев испытывают трение от срезаемого или калибруемого слоя обрабатываемой детали.

На рис. 2 представлен граф эксплуатационных функций протяжки. Общая функциональная функция протяжки делится на следующие составляющие:

- черновая обработка ( $f_2$ );
- чистовая обработка ( $f_3$ );
- заглаживание ( $f_4$ );
- упрочнение ( $f_5$ ).

На данном уровне рассмотрены функции протяжки, связанные с возможностью осуществления за один ход комбинированной обработки. На следующем уровне рассмотрены функции конструктивных элементов составляющих:

- центрированные протяжки ( $f_6$ );
- направление протяжки в процессе работы ( $f_7$ ).

Исходный уровень связан с передачей тягового усилия станка инструменту ( $f_1$ ).

Затем производится назначение схем технологических воздействий, ориентированных на функциональное обеспечение эксплуатационных свойств. Для предотвращения износа, вызванного действием

контактных напряжений при черновой и чистовой обработке, целесообразно насыщение режущей поверхности слоя зубьев сверхпрочным материалом, например, карбидом хрома. Для предотвращения тепловых воздействий необходимо использовать теплостойкие покрытия (например, окись алюминия). Для исключения наростообразования и снижения напряжений контактного трения целесообразно насыщение поверхности антифрикционным слоем, например, нитридом титана.

Объемная зона спинки зуба должна быть более мягкой для обеспечения самозатачивания зубьев. Поверхностный слой спинки зуба и его задней поверхности желательно насытить антифрикционным слоем.

Для объемной зоны у основания зуба эксплуатационное воздействие определяется действием напряжений изгиба, имеющие максимальное значение у основания. Технологическое воздействие, реализующее такое изменение эксплуатационных свойств, реализуется закалкой на различную глубину.

Рабочая поверхность калибрующих зубьев должна обладать высокой твердостью, износостойкостью и антифрикционными свойствами.

При проектировании и конструировании протяжки проводится выбор такого сочетания числа зубьев в сечении, шага черновых зубьев и высоты зуба, которые обеспечивает: 1) использование протяжного станка; 2) хорошее размещение стружки; 3) качество обработанной поверхности; 4) прочность протяжки; 5) минимальную длину протяжки.

Чрезвычайно перспективным является изготовление протяжек из биметаллических заготовок, полученных сваркой взрывом. В этом случае расход дорогостоящей инструментальной стали снижается на 65...85%. При этом прочность соединения быстрорежущей стали Р6М5 со сталью 40Х после сварки взрывом и термообработки позволяет эксплуатировать протяжки при высоких скоростях резания и больших подъемах на зуб.

Таблица 1 – Условия работы элементов объема зубьев протяжки

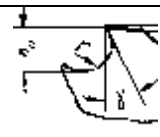
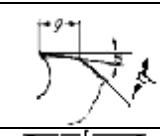

№ п/п	Материальный носитель	Условия работы	Требования к материалу носителя
1	Передняя поверхность 	Подвергается контактным и термическим напряжениям срезаемого слоя, трению от срезаемого слоя обрабатываемой детали	Повышенные твердость, износостойкость и теплостойкость, антифрикционные свойства
2	Задняя поверхность 	Служит для отвода абразивных частиц стружки и ее ломки, подвергается трению от срезаемого слоя обрабатываемой детали	
3	Спинка зуба 	Воспринимает действие напряжений изгиба	Антифрикционные свойства



Рисунок 2 – Граф эксплуатационных функций проточки

Стойкость протяжного инструмента, выполненного из биметаллических заготовок в 1,8...2,0 раза выше стойкости инструмента, изготовленного из цельных заготовок [3].

Таким образом, для элементов проточки в зависимости от их функционального назначения необходимо использовать технологии упрочняющей обработки и насыщения поверхностных слоев материалами, имеющими комплекс эксплуатационных свойств или нанесения трех-, двух- и однослойных покрытий с различными свойствами.

**ВЫВОДЫ.** Выполнен анализ основных элементов проточки в соответствии с условиями их эксплуатации. На базе функционально-ориентированного подхода изложены варианты реализации технологических воздействий. На основании графа эксплуатационных функций проточек выполнена классификация элементов проточки по конструктивным и эксплуатационным признакам. Для рабочих элементов проточки предложены варианты технологических воздействий в соответствии с особенностями эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2008. – 346 с.
2. Проектирование и производство режущего инструмента / М.И. Юликов, Б.И. Горбунов, Н.В. Колесов. – М.: Машиностроение, 1987. – 296 с.
3. Замзин В.Н. Сварные соединения разнородных сталей. – М.: Машиностроение, 1966. – 232 с.

#### REFERENCES

1. Mikhaylov, A.N. Bases of synthesis of the functionally-oriented technologies of engineer. – Donetsk: DONNTU, 2008. – 346 p. [in Russian].
2. Planning and production of cutting instrument / M.I. Yulikov, B.I. Hunchbacks, N.V. Kolesov. – M.: Engineer, 1987. – 296 p. [in Russian].
3. Zamzin V.N. Welded connections of heterogeneous steels. – M.: Engineer, 1966. – 232 p. [in Russian].

Стаття надійшла 21.02.2011.

Рекомендована до друку д.т.н., проф. Саленком О.Ф.