

стандартные и, как следствие, могут применяться на всех предприятиях, где имеется парк станков универсального назначения.

Таким образом, предлагаемый подход к проектированию позволяет создавать сборные металлорежущие инструменты широкого применения, причем с учетом специфики производства и в автоматизированном режиме.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А. Л. Модульный принцип формирования техники. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 240 с.
2. Попок Н. Н. Мобильная реорганизация машиностроительного производства. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – 396 с.
3. Попок Н. Н., Терентьев В. А. Рациональное инструментообеспечение предприятий на основе создания блочно-модульных конструкций режущего инструмента. //Машиностроение. – Мн.: 2001. – Вып. 17. – С.233-238.
4. КОМЕТ. Каталог 4/02-2002г.
5. КОМЕТ. Каталог Info G 01-2002г.
6. Проектирование и расчет металлорежущего инструмента на ЭВМ: Учеб. пособие для втузов/О. В. Таратынов, Г. Г. Земсков, Ю. П. Тарамыкин и др.; Под ред. О. В. Таратынова. Ю. П. Тарамыкина. – М.: Высш. шк., 1991. – 423 с.
7. Илюхин С. Ю., Доронин А. В. Концептуальная модель профилирования поверхностей // СТИН. – 2000. №11. – с. 23-25.

УДК 658.011/621.21.01/02

**Н.Н. Попок, А.В. Сидикевич, М.Ю. Ивановская, М.В. Сидикевич**

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Полоцкий государственный университет  
Новополоцк, Беларусь*

Обеспечение машиностроительного производства экономичным режущим инструментом является актуальной задачей, особенно для предприятий осваивающих выпуск новых изделий. Предлагаемые отечественным предприятиям режущие инструменты зачастую бывают или недоступны по своей цене (в случае предложений от зарубежных фирм), или недостаточно надежны и экономичны в эксплуатации (в случае производства режущих инструментов собственными инструментальными цехами).

Как известно, режущий инструмент поставляется в промышленность цельным, составным (паянным, клееным, сварным) и сборным [1]. Первые два

вида режущих инструментов при их относительной дешевизне недостаточно надежны в эксплуатации, и отказ режущего лезвия приводит к вынужденной замене всего инструмента. В стандартном сборном инструменте при отказе чаще всего подлежит замене режущая пластина. В критических (катастрофических) ситуациях выход из строя режущей пластины может приводить к поломке корпуса (державки) и механизма зажима (крепления) режущей пластины. В этом случае замене подлежит весь инструмент.

Сборный режущий инструмент может быть выполнен в виде отдельных взаимозаменяемых модулей [2], что повышает надежность инструмента в период его эксплуатации. Еще более экономичным является модульный инструмент, в котором используются унифицированные блоки (модули) приемлемые для любого типа инструмента [3].

Разработка и использование гаммы блочно-модульного режущего инструмента позволяет получить по сравнению с используемыми в настоящее время аналогами следующие преимущества:

1. Использование унифицированных резцовых блоков сокращает номенклатуру применяемых модулей. Во-первых, за счет использования одинаковых блоков в инструментах разного типа и повышения степени их универсальности. Во-вторых, за счет возможности разных вариантов установки и ориентации, обеспечиваемых конструкцией резцовых блоков. Для различных технологических процессов количество используемых типов резцовых блоков по предварительным оценкам сокращается на 5 - 25%.

2. Использование унифицированных резцовых блоков с разнотипным креплением режущих пластин обеспечивает рациональные схемы резания и повышает производительность обработки в отдельных случаях до 15%.

3. Простая и жесткая конструкция модульных режущих инструментов повышает стойкость режущих пластин в 1,5 раза и качество обработки до 30%.

4. Использование корпусных модулей и взаимозаменяемых резцовых блоков в сборных многолезвийных инструментах сокращает объем используемого металла, как в абсолютных, так и в относительных показателях. Прогнозируемая экономия конструкционных сталей при применении новых сборных блочно-модульных инструментов может достигать 25 – 50 %.

5. Время переналадки технологического оборудования с использованием блочно-модульного инструмента сокращается не менее чем на 10% (при использовании сборного инструмента). Одновременно упрощается процесс переналадки оборудования, требуется более низкая квалификация наладчиков (не менее, чем на один квалификационный разряд).

6. В настоящее время в современных технологических процессах в Беларуси, странах СНГ и дальнего зарубежья используется не менее 40% сборного металлорежущего инструмента. Поэтому потребность в сборном блочно-

модульном инструменте с учетом его преимуществ в названных странах очевидна.

7. Планируемая стоимость нового блочно-модульного инструмента для отечественных потребителей уменьшается в сравнении с зарубежными аналогами не менее чем на 25 %.

**Экономичность режущего инструмента, построенного на основе модульных конструкций, достигается за счет следующих основных составляющих. Во-первых, при отказе модульного инструмента в период эксплуатации производится замена только резцового блока, а не всего инструмента. Резцовый блок дешевле цельного, составного и стандартного сборного инструмента. Во-вторых, более дорогой модульный инструмент при отказе резцового блока, его замене и повторного введения в эксплуатацию становится дешевле вновь применяемых стандартных сборных инструментов. В-третьих, межтиповая унификация резцовых блоков при широкой номенклатуре режущих инструментов (резцов, сверл, фрез, расточных и зуборезных головок и т.д.) позволяет ограничить количество корпусных модулей и сократить затраты на них. В-четвертых, повторное (после реновации) использование модульного инструмента при производстве изделий снижает себестоимость последних в пределах 5% [4], что также повышает экономичность инструмента.**

С учетом вышеперечисленных положений был проведен сопоставительный анализ цен модульного режущего инструмента, выпускаемого зарубежными фирмами (Швеция, Франция), стандартного сборного инструмента заводо-производителей России и предлагаемого блочно-модульного режущего инструмента (БМРИ), освоение которого осуществляется на ОАО «Завод «Визас». Фрагменты анализа представлены в таблице 1. Далее был проведен анализ окупаемости режущих инструментов по мере эксплуатации при производстве изделий, их продажи и получении прибыли. Как известно [5], зависимость себестоимости обработки от объема материала, снимаемого в единицу времени определяется графиком, представленным на рис. 1.

Таблица 1

Сопоставление цен режущего инструмента, предлагаемого различными странами-производителями

№ п/п	Наименование режущего инструмента	Цена, у.е.		
		Россия	Швеция	Франция
1	2	3	4	5
1	Пластина режущая	от 0,5	от 3	от 3
2	Вставка резцовая (КНБ)	От 3	От 5	От 5
3	Резец цельный	От 3	20	20
4	Резец сборный	5...50	30...50	50...80

5	Головка расточная	50...200	От 200	300...400
6	Фреза сборная	200...400	200...500	200...500
7	Фреза модульная (кассетная)	-	От 400	От 400

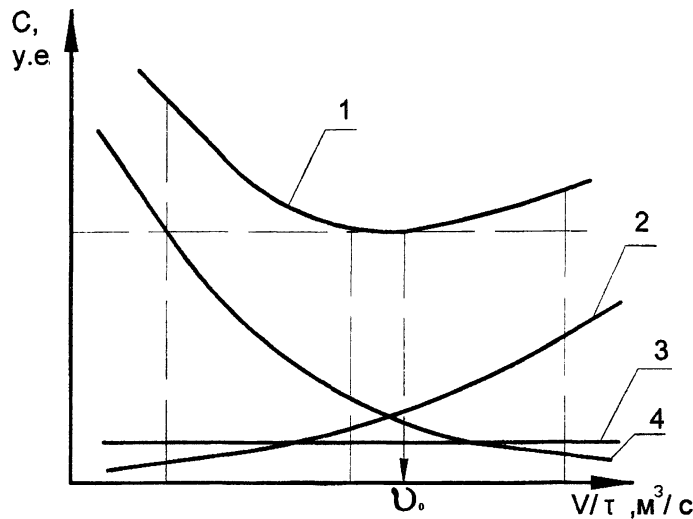


Рис. 1. Зависимость себестоимости обработки  $C$  поверхностей детали от удельной производительности  $V/\tau$ : 1-общая себестоимость обработки; 2-затраты на режущий инструмент; 3-постоянные затраты; 4-стоимость работы станка;  $v_0$  — оптимальная скорость резания

Проведённые исследования и испытания режущих инструментов показывают [6], что наиболее критичной ситуацией при эксплуатации инструмента является разрушение лезвия (пластины режущей), приводящей к повреждению державки (корпуса) и механизма зажима в сборном инструменте. Для модульного инструмента примем работоспособность  $i$  блока резцового и модуля корпусного за 100%, т.е.  $n_{бр} \cdot i_{бр} / i_{мк} + i_{бр} = 100\%$ , где  $n_{бр}$  — количество блоков резцовых. Примем также, что замена блока резцового в однолезвийном инструменте сопоставима с заменой модуля корпусного, т.е.  $i_{бр} = i_{мк} / n_{бр} = 50\%$ , а в многолезвийном инструменте составляет часть, связанную с количеством выведенных из строя блоков резцовых, которая рассчитывается по формуле

$$i_{бр} = m_{бр} \cdot \frac{i - i_{мк}}{n_{бр}},$$

где  $i$  — работоспособность модульного инструмента (начальная принимается за 100%);

$i_{бр}$  — работоспособность одного резцового блока;

$i_{мк}$  — работоспособность модуля корпусного;

$n_{бр}$  — количество блоков резцовых в инструменте;

$m_{бр}$  – количество блоков, вышедших из строя.

Например, для фрезы с  $n_{бр}=8$ , процент замены составляет 6,25...50%.

Таким образом, в случае однолезвийного модульного инструмента реновация составляет 50%, а многолезвийного (восьмилезвийного) – 6,25...50%. Экономическая целесообразность и эффективность использования модульных режущих инструментов, подлежащих замене, представлена в таблице 2.

Таблица 2

Экономическая эффективность блочно-модульного РИ

№ п/п	Наименование режущего инструмента	Стоимость, у.е.			Остаточная стоимость, у.е.		Экономическая эффективность, у.е.	
		нового стандартного РИ	резцового блока	блочного модульного РИ	нового стандартного РИ	блочного модульного РИ	одного инструмента	десяти инструментов
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Резец сборный проходной	35	30	50	0	20	-15	30
2	Фреза торцовая сборная с 8 зубьями	300	30	390	0	150	60	350

\* При условии 100% амортизации.

С учетом этих данных, типовой график, отражающий результаты анализа применения БМРИ, приводится на рис. 2. Как видно из графика, при относительно высокой начальной цене модульного инструмента повторное его введение в производство после отказа ( $\tau_0$ ) резцового блока и его замене приводит к снижению цены в пределах 30%.

Экономический эффект от замены одной стандартной сборной фрезы на модульную составит  $300 - (30 \cdot 8) = 60$  у.е., замена же одного сборного стандартного резца на модульный -  $35 - (30 + 20) = -15$  у.е. Т. е. в случае резца такая замена приведет к удорожанию стоимости механической обработки. Однако увеличение количества повторно используемых резцов и фрез, например, в десять раз, приведет к экономическому эффекту равному соответственно:

для резцов-  $35 \cdot 10 - (30 \cdot 10 + 20) = 350 - 320 = 30$  у.е.

для фрез-  $300 \cdot 10 - (30 \cdot 8 \cdot 10 + 150) = 3000 - 2550 = 350$  у.е.

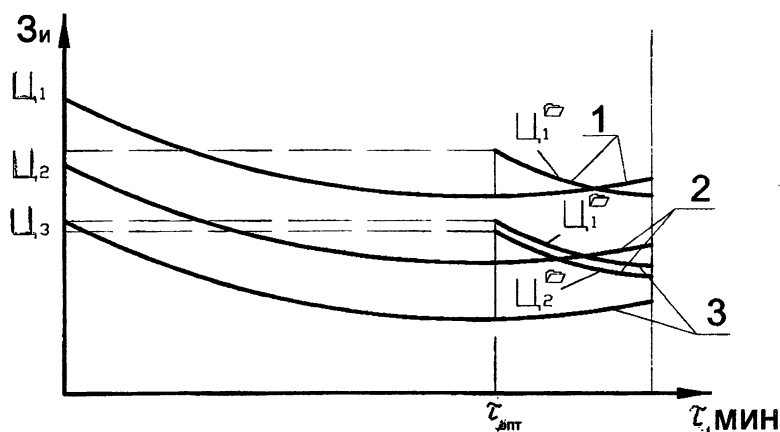


Рис. 2. Зависимость затрат на инструмент  $Z_{и}$  в стоимости механообработки от времени эксплуатации  $\tau$  режущего инструмента: 1 – модульный зарубежный; 2 – БМРИ; 3 – стандартный сборный;  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$  - цена инструмента 1, 2, 3;  $\Pi'_1, \Pi'_2, \Pi'_3$  – цена заменяемого модуля (инструмента)

При большой номенклатуре используемых в производстве инструментов, например десяти типов резцов и фрез, при условии последовательной замены всех блоков экономический эффект составит соответственно:

для резцов -  $35 \cdot 10 \cdot 10 - (30 \cdot 10 + 20 \cdot 10) = 3500 - 500 = 3000$  у.е.

для фрез -  $300 \cdot 10 \cdot 10 - (30 \cdot 8 \cdot 10 + 150 \cdot 10) = 30000 - 3900 = 26100$  у.е.

Приведем расчет экономической эффективности разработки и внедрения в производство блочно-модульных инструментов по стандартной методике [7].

Исходные данные:

1.1. Затраты на проведение НИОКР по годам:

2005 г. – 30 000 тыс. руб., 2006 г. – 30 000 тыс. руб.

1.2. Капитальные вложения:

2005 г. – 34 000 тыс. руб., 2006 г. – 34 000 тыс. руб.

1.3. Объем производства и цены на реализацию.

**Год внедрения – 2007 г.**

1.4. Коэффициент дисконтирования принимается равным 1,15.

1.5. Процент, учитывающий инфляцию рубля – 5% (применяется в расчетах приведенных затрат и результатов и цены инструментов в соответствующем году).

2. Расчет экономического эффекта:

2.1. Расчет приведенных затрат:

$$Z_T = 64000 + 64000 \cdot 0,8696 \cdot 0,9524 = 117002,07 \text{ тыс. руб.}$$

2.2. Расчет приведенных результатов:

$$P_T = 64064 \cdot 0,9070 \cdot 0,7561 + 134534,4 \cdot 0,8638 \cdot 0,6575 + 282522,24 \cdot 0,8227 \cdot 0,5718 = 253245,38$$

тыс. руб.

2.3. Расчет экономического эффекта:

$$\Theta = P_T - Z_T = 253245,38 - 117002,07 = 136243,31 \text{ тыс. руб.}$$

2.4. Расчет срока окупаемости (с начала производства):

$$T_{ок} = 117002,07/136243,31=0,86 \text{ года.}$$

Результаты расчета экономической эффективности БМРИ приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты расчета экономической эффективности БМРИ

Год производства	Объем выпуска резцовых блоков (РБ), шт.	Цена РБ, тыс. руб.	Объем выпуска модульных резцов (МР), шт.	Цена МР, тыс. руб.	Объем выпуска модульных фрез (МФ), шт.	Цена МФ, тыс. руб.	Объем выпуска в денежном выражении, тыс. руб.
2007	256	110	64	176	32	770	64064
2008	512	115,5	128	184,8	64	808,5	134534,4
2009	1024	121,27 5	256	194,04	128	848,92 5	282522,2 4

Таким образом, результаты анализа подтверждают повышение эффективности БМРИ по сравнению с аналогами, как на этапе разработки, так и при эксплуатации в производстве.

### ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 25751-82.
- КОМЕТ. Каталог 3/10-2002 г.
- Попок Н.Н., Терентьев В.А., Сидикевич А.В. Разработка гаммы блочно-модульного режущего инструмента// В сб.: Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения. - Минск.: Технопринт, ПГУ, 2001г.- с.699-703
- Кеннаметал Хертель АГ. Обзор производственной программы/ Локтев Д.А., Меркулов Л.П. – М., 1995. – 62 с.
- Sandvik Coromant. C-1100:2-RUS; Каталог "Фрезы". 1996. – С.95.
- Кацев П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1974. – 231 с.
- Инструкция по оценке эффективности использования в народном хозяйстве республики результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытно-технологических работ. – Постановление СМ РБ от 18.05.2002, №633.