## Выводы

1. На изменение величин кинематических задних углов на зубьях резьбообразующей части комбинированного инструмента оказывает влияние соотношение значений частот главного рабочего и планетарного движений, размеры резьбы и размеры отверстия, подготовленного для обработки.
2. На изменение кинематических задних углов на боковых сторонах профиля при прочих равных условиях оказывает влияние величина шага нарезаемой резьбы.
3. Приведенные в работе формулы позволяют оценить степень изменений задних углов для конкретных случаев обработки.
4. На основе выполненного исследования могут быть установлены диапазоны допустимых режимов обработки резьбы в отверстии, обеспечивающие благоприятные углы режущего клина.
5. При обработке отверстия с резьбой М10х1,5 и частотой вращения инструмента 5000 мин$^{-1}$ минимальная частота планетарного вращения равна 200 мин$^{-1}$. Величина подачи инструмента при радиальном врезании не должна превышать 0,20-0,25 мм, а кинематические задние углы на зубьях резьбообразующей части равны 2°-3°.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьев В.И. «Справочник конструктора-машиностроителя», т.1., -М.:Машиностроение, 1980г.
2. «Werkstatt und Betrieb», 120 (1987) 10.
3. «Maschinenmarkt», Wuzburg 101 (1995) 41.

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

УДК 621.952.8

*В.И. КОКАРЕВ, А.П. РЫБАЛКО, Д.С. СИНЮКОВА, С.И. ЮДИН*

# ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА СТАНКОВ ДЛЯ ВИБРОЭЖЕКТОРНОГО СВЕРЛЕНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

Выполнен анализ рынка станков глубокого сверления, у которых диаметр и глубина сверления находятся в диапазонах соответственно 2-30 мм и до 500 мм. Обоснована необходимость освоения выпуска станков для виброэжекторного сверления глубоких отверстий конструкции МГТУ «СТАНКИН».

## Определение емкости рынка по рассматриваемому типу оборудования

Анализ проводился с учетом того, что до 1990 года система экспорта/импорта станков в нашей стране осуществлялась централизованно, преимущественно через два внешнеэкономических объединения: «Станкоимпорт» и «Автопромимпорт». При этом в результате

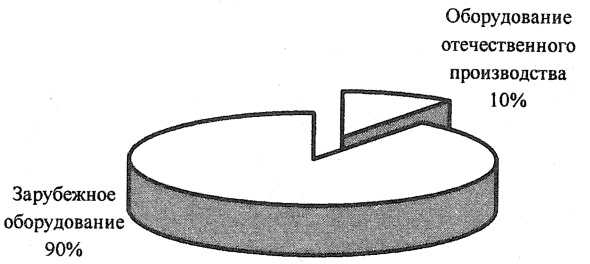


Рис.1. Объем и структура российского рынка станков для глубокого сверления по состоянию на 2001 г.

анализа картотек внешнеторговых контрактов по этому типу оборудования установлено, что, начиная с 1990 года, станки для глубокого сверления в Россию не импортировались. Доля станков глубокого сверления этого типа, произведенных в странах СНГ, ориентировочно составляет 10 шт. (основной производитель – Одесский завод радиально-сверлильных и расточных станков).

Ниже приведена таблица 1, в которой представлены количество, цена и технические характеристики станков для глубокого сверления зарубежных конструкций, эксплуатируемых в настоящее время на территории России. Этот рынок представлен преимущественно двумя иностранными фирмами: TBT (ФРГ) и SIG (Швейцария).

## Станок для виброэжекторного сверления глубоких отверстий «Торнадо – 020» (предпосылки создания)

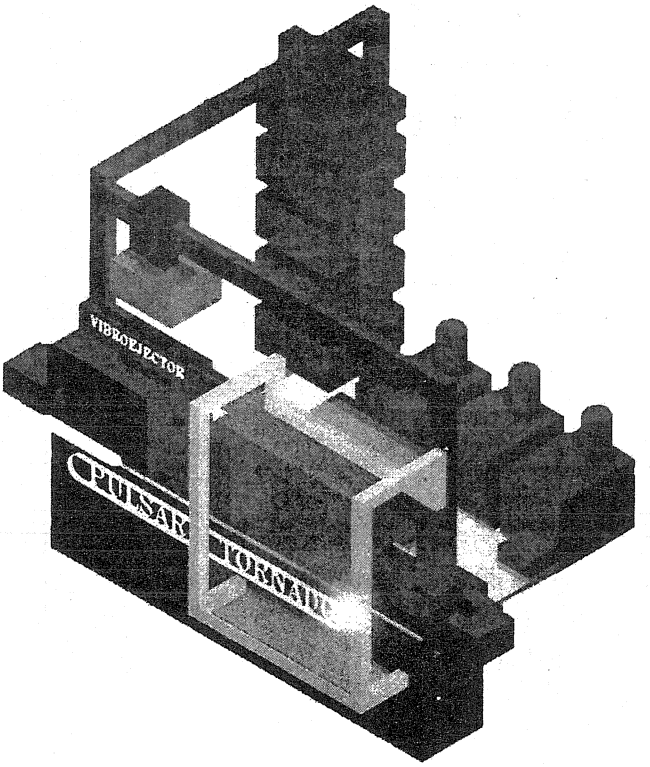


Рис.2. Графическая модель станка для виброэжекторного сверления глубоких отверстий «Торнадо - 020»

Повышение эффективности обработки отверстий малого и среднего диаметра, к которым обычно относят отверстия диаметром 3-15 мм, является актуальной задачей, т.к. на указанный диапазон диаметров приходится до 70-80% отверстий в изделиях машиностроения: топливной и регулирующей аппаратуре, двигателях, насосах, форсунках и др.

В результате исследований, выполненных в МГТУ «СТАНКИН», установлена высокая эффективность нестационарной обработки (вибросверления) глубоких отверстий малого и среднего диаметра, которое обеспечивает гарантированное получение мелкодроблёной стружки, что создаёт условия для надёжного отвода ее из зоны резания потоком смазочно–охлаждающей жидкости (СОЖ). Для многих материалов, особенно для труднообрабатываемых и вязких сталей и сплавов, вибрационное сверление часто является единственно возможным средством повышения обрабатываемости вследствие улучшения контактных процессов в зоне резания. .

Таблица 1

Количество, цена и технические характеристики станков глубокого сверления, закупленных СССР в 1976-1988 г.г.

| Модель | BEM 83/0,25 | BEM 84/0,25 | B 172/0,25 | B 173/0,25 | B 174/0,25 | BS 1741 | T-10-250 | T-10-2-250 | T-30-2-250 | T-30-2-500 SO/WKW | T-30-3-250 | T-30-4-250 | HIS/350 | M02-6-320 (Гильдемейстер и Кноль) | M02-2-320 (Гильдемейстер и Кноль) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Страна | Швейцария | Швейцария | Швейцария | Швейцария | Швейцария | Швейцария | ФРГ | ФРГ | ФРГ | ФРГ | ФРГ | ФРГ | ФРГ | ФРГ | ФРГ |
| Фирма | SIG | SIG | SIG | SIG | SIG | SIG | TBT | TBT | TBT | TBT | TBT | TBT | TBT | TBT | TBT |
| Диаметр (максимальный) сверления (мм) | 2-13 | 2-10 | 4-30 | 4-25 | 4-20 | 20-35 | 12 | 8 | 22 | 18 | 20 | 12 | 6 | | |
| Максимальная глубина сверления (мм) | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 200 | 250 | 500 | 250 | 500 | 250 | 250 | 350 | 320 | 320 |
| Количество шпинделей | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | | 6 | 2 |
| Диапазон подач сверла | 20-400 | 20-400 | 10-450 | 10-250 | 10-450 | 20-200 | 35-320 | 35-320 | | | 10-550 | | 150 | | |
| Ускоренная подача | 1500/1750 | 1500/1750 | 3000/3000 | 3000/3000 | 3000/3000 | | | | | | | | 4000 | | |
| Обороты сверла | 11200 | 11200 | 8000 | 8000 | 8000 | | | | | 3500 | | | | 8000 | 360-3600 |
| Вес станка, нетто (кг) | 2200 | 2500 | 4000 | 4100 | 4300 | 6000 | 3500 | 2500 | 5000 | 8000 | 6000 | 4000 | | 8000 | 7000 |
| Валюта контракта | SFr | SFr | SFr | SFr | SFr | SFr | DM | DM | DM | DM | DM | DM | DM | DM | DM |
| Цена на момент заключения договора, в том числе: | | | | | | | | | | | | | | | |
| Станок | 67 252 | 78 529 | 119 897 | 147 800 | 133 200 | 185 499 | 80 420 | 128 714 | 126 600 | 154 100 | 177 980 | 140 130 | 62 182 | 432 000 | 219 000 |
| Специальные принадлежности и инструмент | 286 529 | 195 500 | 221 000 | 333 000 | 312 000 | 388 000 | 171 000 | | 328 000 | 692 000 | 360 000 | 255 810 | 264 928 | 452 413 | 247 000 |
| Количество по контракту | 9 | 11 | 3 | 5 | 4 | 3 | 2 | 12 | 3 | 3 | 3 | 2 | 14 | 11 | 5 |
| Сумма по контракту | 3 184 029 | 3 014 319 | 1 022 691 | 2 404 000 | 1 780 800 | 1 720 497 | 502 840 | 1 544 571 | 1 363 800 | 2 538 300 | 1 613 940 | 791 880 | 4 579 542 | 9 728 543 | 2 330 000 |
| Дата заключения договора | 02.1976 | 02.1976 | 03.1977 | 02.1976 | 03.1977 | 01.1983 | 08.1983 | 08.1983 | 02.1986 | 02.1986 | 02.1988 | 01.1984 | 02.1976 | 10.1988 | 10.1988 |

Исследования также показали возможность дополнительного повышения эффективности обработки отверстий за счёт применения технологии виброэжекторного сверления, основанного на одновременном сочетании кинематического дробления стружки с её эжекторным транспортированием из зоны резания. При этом была разработана система позиционирования инструмента, позволяющая значительно повысить эффективность процесса сверления за счет сокращения вспомогательного времени (посредством возврата инструмента на быстром ходу в зону резания), а также диагностики состояния инструмента в процессе работы

**Оценка технического уровня станка для виброэжекторного сверления «Торнадо – 020»**

Таблица 2

Определение технического уровня и качества оборудования

| Наименование показателя | Единица измерения | Значение показателя | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Базового | Лучших аналогов | |
| | | | Отечественного (СГС 902М) | Зарубежного (HIS /350) |
| 1. Показатели назначения | | | | |
| 1.1. Размеры обрабатываемых деталей: | | | | |
| диаметр заготовок | мм | 40 | 30 | |
| длина заготовок | мм | 300 | 130 | 350 |
| 1.2. Диаметр сверления | мм | 8 – 20 | 5 - 12 | 3 - 6 |
| 1.3. Глубина сверления | мм | 300 | 130 | 350 |
| 1.4. Количество программируемых координат | шт. | 1 | - | |
| 1.5.Точность позиционирования по координате | мм | ±0,1 | ± 1,0 | |
| 1.6.Разрешающая способность системы позиционирования | мм | 0,05 | 1 | |
| 1.7.Диапазон рабочих подач | мм/мин | 10 – 100 | 1 - 120 | 2 - 150 |
| 1.8.Величина ускоренной подачи | мм/мин | 2000 | 1800 | 4000 |
| 1.9.Частота вращения шпинделя | об/мин | 100 – 2500 | 800 - 2250 | 400 - 3600 |
| 1.10.Частота колебаний инструмента | гц | 0 – 100 | 0 - 75 | |
| 1.11.Амплитуда колебаний инструмента | мм | 0 – 0,3 | 0,2 | |
| 1.12.Диапазон диагностируемых параметров: | | | | |
| осевого усилия | кН | 0 – 5 | | |
| крутящего момента | Нм | 0 – 2 | | |

| Наименование показателя | Единица измерения | Значение показателя | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Базового | Лучших аналогов | |
| | | | Отечественного (СГС 902М) | Зарубежного (HIS /350) |
| 1.13.Время реакции системы диагностики на перегрузку | с | 0,1 | - | |
| 1.14.Рабочее давление жидкости | | | | |
| в гидросистеме | МПа | 4 | 6 | |
| в системе подачи СОЖ | МПа | 5 | 12,5 | 15 |
| в системе очистки СОЖ | МПа | 0,6 | - | |
| 1.15.Тонкость очистки СОЖ | мкм | 50 | 200 | 15 |
| 1.16.Система отвода стружки | | эжекторная | гидравлическая | гидравлическая |
| 1.17.Мощность приводов: | | | | |
| вращения шпинделя | кВт | 5,5 | 0,8 | 10 |
| подачи | кВт | 1,3 | 0,7 | |
| вибратора | кВт | 1,0 | 0,8 | |
| 1.18.Система управления | | микроЭВМ | ручная | микропроцессор |
| 1.19.Габаритные размеры | | | | |
| длина | мм | 3670 | 1680 | |
| ширина | мм | 2400 | 1100 | |
| высота | мм | 2000 | 1350 | |
| 1.20.Масса | кг | 2500 | 1250 | |
| 1.21.Производительность | шт/час | 10 | | |
| 2.Показатели надежности и долговечности | | | | |
| 2.1 .Средняя наработка на отказ | час | 1000 | | |
| 2.2 .Срок службы до капитального ремонта | годы | 5 | | |
| 3. Показатели экономического использования | | | | |
| 3.1.Удельный расход материала на единицу основного показателя качества | | | | |
| 3.2.Удельный расход энергии | | | | |
| 3.3.Удельная масса изделия | | | | |
| 4.Эргономические показатели | | | | |
| 4.1.Общий уровень шума | дБ | 80 | 80 | |
| 4.2.Уровень освещенности рабочей зоны | лк | 500 | | |

| Наименование показателя | Единица измерения | Значение показателя | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Базового | Лучших аналогов | |
| | | | Отечественного (СГС 902М) | Зарубежного (HIS /350) |
| 4.3.Ручные органы управления | | клавишные | кнопочные | |
| 4.4.Наличие указателей элементов сигнализации и блокировки | | + | - | |
| 4.5.Наличие средств механического удаления стружки | | + | - | |
| 5.Показатели стандартизации и унификации | | | | |
| 5.1.Коэффициент повторяемости | | | | |
| 5.2.Коэффициент применяемости | | | | |
| 6.Патентно-правовые показатели | | | | |
| 6.1.Патентная защита | | Авторские свидетельства (10) | | |
| 6.2.Патентная чистота | | Патентно чист | | |
| 7.Показатели безопасности обслуживающего персонала | | | | |
| 7.1.Вероятность безопасной работы | | полная | | |
| 7.2.Среднее время безопасной работы защитных устройств | час | 9000 | | |
| 7.3.Минимальная электрическая прочность изоляции токоведущих частей | Ом | 0,1 | | |
| 8.Коэффициент технического уровня | | | | |
| 8.1.Для отечественного аналога | | 2 | 1 | |
| 8.2.Для зарубежного аналога | | 1,2 | | 1 |

Таблица 3

Показатели для определения технического уровня сравниваемых станков для глубокого сверления

| Наименование показателя, единица измерения | Значение показателя | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | «Торнадо – 020» | СГС 902М | | HSI/350 | |
| | | абсолютный показатель | относительный показатель | абсолютный показатель | относительный показатель |
| Максимальный диаметр сверления, мм | 20 | 12 | 1,7 | 6 | 3,3 |

| Наименование показателя, единица измерения | Значение показателя | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | «Торнадо – 020» | СГС 902М | | HSI/350 | |
| | | абсолютный показатель | относительный показатель | абсолютный показатель | относительный показатель |
| Глубина сверления, мм | 300 | 130 | 2,3 | 350 | 0,86 |
| Диапазон рабочих подач, мм/мин | 10..100 | 1..120 | 0,83 | 20..150 | 0,67 |
| Ускоренная подача, мм/мин | 2000 | 1800 | 1,1 | 4000 | 0,5 |
| Частота вращения шпинделя, об/мин | 2500 | 2250 | 1,1 | 3600 | 0,7 |
| Тонкость очистки СОЖ, мкм | 50 | 200 | 4 | 15 | 0,3 |

## Экспертный этап оценки

Оценка технического уровня вибросверлильного станка «Торнадо – 020» (МГТУ «СТАНКИН») проводилась по шести показателям и сравнивалась с аналогами – станками моделей СГС902М (СССР) и HSI/350 (ФРГ). В результате было установлено, что по одному показателю (диапазон рабочих подач) вибросверлильный станок «Торнадо – 020» уступает более чем на 3% аналогу СГС902М (СССР), а по пяти показателям - аналогу HSI/350. При этом по основному показателю (диаметр сверления) он превосходит аналог.

Однако экспертный этап оценки не позволил сделать однозначный вывод о степени соответствия станка «Торнадо – 020» мировому уровню. Поэтому был проведен расчетный этап оценки технического уровня этого станка.

## Расчетный этап оценки

Оценка технического уровня станка «Торнадо – 020» проводилась по совокупности показателей (табл.3).

Обобщенные показатели степени соответствия оцениваемого изделия высшим мировым достижениям рассчитывались по формуле:

для аналога СГС902М (СССР)

$$К_{ТУ}=\frac{\sum_{n=1}^{6} Qn}{6}=\frac{1,7+2,3+0,83+1,1+1,1+4}{6}=1,8;$$

для аналога HSI/350(ФРГ)

$$К_{ТУ}=\frac{\sum_{n=1}^{6} Qn}{6}=\frac{3,3+0,86+0,67+0,5+0,7+0,3}{6}=1,05.$$

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что станок соответствует мировому уровню.

**Расчет экономического эффекта от внедрения специального станка для виброэжекторного сверления «Торнадо – 020» в деталях газотурбинного авиационного двигателя**

Таблица 4

Исходные данные для расчета экономического эффекта от внедрения станка для виброэжекторного сверления «Торнадо – 020»

| № п/п | Наименование показателей | Ед. измерения | Базовый вариант | Внедряемый вариант |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Годовой объем производства деталей | шт. | 1320 | 1320 |
| 2. | Трудоемкость изготовления деталей | н/ч | 0,6 | 0,1 |
| 3. | Разряд работы | | 4 | 3 |
| 4. | Тарифная ставка | руб./час | 10,70 | 9,23 |
| 5. | Коэффициент, учитывающий премиальную доплату | | 1,5 | 1,5 |
| 6. | Коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату | | 1,14 | 1,14 |
| 7. | Коэффициент, учитывающий ЕСН | | 1,356 | 1,356 |
| 8. | Норма амортизационных отчислений по оборудованию:<br>всего:<br>в том числе на реновацию | <br><br>%<br>% | <br><br>12,5<br>7,1 | <br><br>12,5<br>7,1 |

**Капитальные вложения**

Расчет потребного количества оборудования:

$$O=\frac{T\times H}{\Phi\times K_B\times K_З},$$

где О - количество потребного оборудования;
Т – трудоемкость, н. час/шт.;
Н – программа, шт.;
$K_B$ - коэффициент выполнения нормы;
$K_З$ - коэффициент загрузки;

Базовый вариант:

$$O_1=\frac{6{,}663\times1320}{4015\times1{,}1\times0{,}8}=2{,}4.$$ Принимаем $O_1$ =3 станка.

Внедряемый вариант:

$$O_2=\frac{2{,}113\times1320}{4015\times1{,}1\times0{,}8}=0{,}7.$$ Принимаем $O_2$ = 1 станок.

**Изменяющиеся статьи себестоимости.**

Расчет заработной платы с начислениями:

$$З_З = Ч_Т \times Т \times Н \times К_П \times К_Д \times К_С,$$

где $З_З$ - заработная плата, руб.;
$Ч_Т$ – часовая тарифная ставка, руб.;
Н - годовая программа, шт.;
$К_П$ – коэффициент, учитывающий премиальную доплату;
$К_Д$ – коэффициент, учитывающий дополнительную оплату;
$К_С$ – коэффициент, учитывающий ЕСН;

Базовый вариант:

$$10{,}70 \times 6{,}663 \times 2{,}32 \times 1320 = 217\ 250 \text{ рублей.}$$

Внедряемый вариант:

$$9{,}23 \times 2{,}113 \times 2{,}32 \times 1320 = 59\ 726 \text{ рублей.}$$

Амортизационные отчисления на оборудование:

$$А = \frac{С \times На \times О}{100},$$

где А – амортизационные отчисления, руб.;
На - норма амортизационных отчислений в % ;
О - количество единиц оборудования, шт.;
С - стоимость оборудования, рублей.

Базовый вариант:

$$А_1 = \frac{1160\ 000 \times 12{,}5 \times 3}{100} = 435\ 000 \text{ рублей,}$$

в том числе на реновацию:

$$Ар_1 = \frac{1160000 \times 7{,}1 \times 3}{100} = 247\ 080 \text{ рублей.}$$

Внедряемый вариант:

$$А_2 = \frac{725000 \times 12{,}5 \times 1}{100} = 90\ 625 \text{ рублей,}$$

в том числе на реновацию:

$$Ар_2 = \frac{725000 \times 7{,}1 \times 1}{100} = 51\ 475 \text{ рублей.}$$

Годовой экономический эффект:

$$Эг = З_1 - З_2, \quad (1)$$

где $З_1$ и $З_2$ – годовые приведенные затраты по базовому и внедряемому вариантам соответственно, определяемые по формуле

$$З = С + Е_Н \times К, \quad (2)$$

где З – годовые приведенные затраты, руб.;
С – себестоимость годового объема продукции, руб.;
К – удельные капитальные вложения, руб.;
$Е_Н$ – нормативный коэффициент эффективности ($Е_Н = 0{,}15$).

Таблица 5

Сравнение изменяющихся статей

| № п/п | Наименование показателей | Единицы измерения | Затраты за год | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Базовый вариант | Внедряемый вариант | Изменение: - экономия + увеличение затрат |
| 1. | Зарплата с начислениями | руб. | 217 250 | 59 726 | - 157 524 |
| 2. | Амортизационные отчисления по оборудованию в т.ч. на реновацию | руб.<br>руб. | 435 000<br>247 080 | 90 625<br>51 475 | - 344 375<br>- 195 605 |
| | Итого по изменяющимся статьям | руб. | 899 330 | 201 826 | - 697 504 |
| 3. | Стоимость оборудования | руб. | 3 480 000 | 725 000 | - 2 755 000 |
| | Всего капитальных вложений | руб. | 3 480 000 | 725 000 | - 2 755 000 |

Подставляя данные таблицы в формулы (1) и (2), получим величину годового экономического эффекта от внедрения специальных станков для виброэжекторного сверления $Э_Г = (899\ 330 - 201\ 826) + 0{,}15(3\ 480\ 000 - 725\ 000) = 1\ 110\ 754$ рублей.

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

УДК 621.9. 02

*В.А.ДУБОВИК, С.В.КИРСАНОВ*

# НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАГРУЖЕНИЯ МНОГОЛЕЗВИЙНЫХ РАСТОЧНЫХ БЛОКОВ

Рассмотрены особенности нагружения многолезвийных расточных блоков, работающих по схеме деления подачи.

Одним из путей повышения производительности обработки отверстий мерными инструментами является использование многолезвийных расточных блоков, работающих по схеме деления подачи [1]. При этом возможны два способа деления подачи.

При первом способе лезвия расположены равномерно по окружности, силы, действующие на каждое лезвие, теоретически равны между собой, а главный вектор поперечных составляющих сил резания $\overline{P}_m$ равен нулю.

При втором способе лезвия расположены неравномерно по окружности, силы, действующие на каждое лезвие не равны между собой, а главный вектор $\overline{P}_m$ больше нуля (рис.1).

В конструкциях мерных инструментов нашли применение две разновидности нерав-