

# Исследование модульного расточного инструмента

В. В. Копылов, Н. С. Есаков, Я. И. Шуляк

Проведено экспериментальное сравнение жесткости технологических систем, включающих расточные МИН, состоящих из нескольких модулей. Определено, что для установки модулей сборного расточного инструмента целесообразно использовать конструкцию соединения с радиальными смещенными крепежными винтами.

**Ключевые слова:**

технологическая, система, растачивание, модульная, наладка, сборка, модуль, жесткость.

УДК 621.9.02 | ВАК 2.5.5

DOI: 10.22184/2499-9407.2024.34.1.72.74

## Введение

Модульные инструментальные наладки (МИН) занимают значительное место в широком спектре применяемых и разрабатываемых конструкций технологической оснастки [1, 2].

При создании конструкций МИН, представляющих собой комбинацию нескольких последовательно механически соединяемых модулей, необходимо выбрать тип соединения на основе объективных данных о его жесткости и удобстве обслуживания [3, 4].

Указанные требования определяют необходимость совершенствования конструкций расточных МИН как путем улучшения конструктивных параметров отдельных модулей и узлов, так и путем оптимизации комбинаций модулей в сборке [5].

Эта задача частично решена путем мониторинга состояния процесса резания для выявления параметрического отказа, например, выхода параметра шероховатости обработанной поверхности за установленное предельное значение [6]. Для этого в качестве диагностических косвенных признаков применяли параметры

вибракоустических сигналов, сопровождающих резание [7].

Учитывая вышеизложенное, можно выделить актуальную задачу выбора конструкции узла соединений модулей расточных МИН с тем, чтобы они соответствовали различным эксплуатационным требованиям растачивания базовых отверстий в корпусах ответственных силовых и скоростных узлов машин.

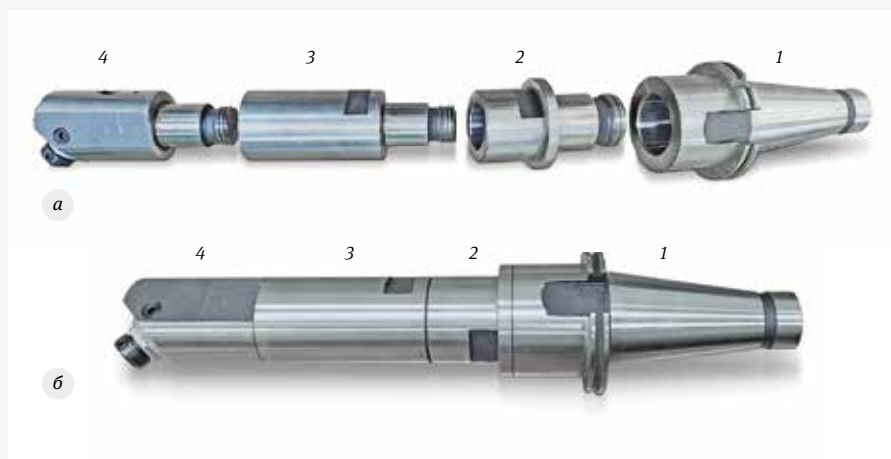
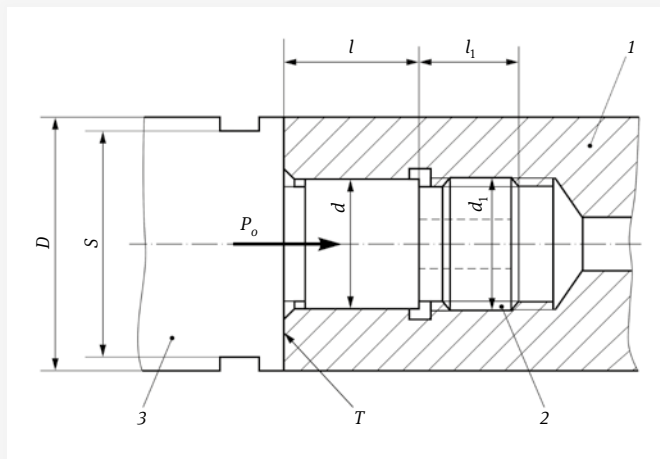


Рис. 1. Модули расточной МИН: а – отдельные модули; б – МИН из 4 модулей (1 – державка, 2 – переходник, 3 – удлинитель, 4 – расточная головка)



**Рис. 2.** Конструкция соединения модулей 1 и 3: 2 – хвостовик модуля 3, T – торцы соединяемых модулей, S – размер лыски под ключ, мм, P<sub>0</sub> – осевая сила затяжки, Н

**Таблица 1.** Размеры соединения с осевой затяжкой (см. рис. 2)

Основные размеры, мм					
D	d (g5/H6)	d <sub>1</sub>	l	l <sub>1</sub>	S
50	30	M27×3	27	18	42
63	40	M36×4	40	26	55
80	50	M48×5	42	28	70

### Основная часть

В данной работе экспериментально сравнивали жесткость технологических систем, включающих расточные МИН, состоящих из нескольких модулей (рис. 1).

Конструкция резьбового соединения модулей по рис. 1 показана на рис. 2, а его основные размеры – в табл. 1.

Цилиндрические участки хвостовиков модулей диаметром d и длиной l служат для направления и центрирования, а резьбовые участки диаметром d<sub>1</sub> и длиной l<sub>1</sub> – для создания осевой силы P<sub>0</sub> стягивания модулей по торцам T.

В работе [8] приведены методы определения давлений в различных соединениях машин с учетом реальных условий нагружения, зазоров, деформаций сопрягаемых деталей и погрешностей изготовления, а также

даны рекомендации по повышению жесткости соединений.

В кольцевых стыках рекомендуется обеспечивать давление p<sub>ст</sub> не менее 20 кг/см<sup>2</sup> (2 МПа), которое гарантирует нераскрытие стыка при внешней нагрузке.

Указанное давление p<sub>ст</sub> (Н/м<sup>2</sup>) возникает в кольцевых стыках T (см. рис. 2) с наружным диаметром D и внутренним диаметром d при их сжатии осевой силой затяжки P<sub>0</sub> (Н) и определяется по формуле:

$$p_{ст} = P_0 / F, \quad (1)$$

где F – площадь кольцевого стыка модулей (в м<sup>2</sup>).

Осевая сила затяжки P<sub>0</sub> возникает в резьбовой паре диаметром d<sub>1</sub> после приложения к ней момента затяжки M<sub>зат</sub>:

$$P_0 = \frac{M_{зат}}{\frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\psi + \rho') + f_{пр} D}, \quad (2)$$

где d<sub>2</sub> – средний диаметр резьбы, мм; ψ и ρ<sub>1</sub> – соответственно угол подъема винтовой линии и приведенный угол трения резьбы; M<sub>зат</sub> – момент затяжки, Н·м; f<sub>пр</sub> – приведенный коэффициент трения в стыке; D – диаметр наружного торца, мм.

Расчеты сборок по формулам (1) и (2) показали, что в экспериментах по измерению жесткости сборок модулей с наружным диаметром D = 63 мм резьбовые пары диаметром d<sub>1</sub> следует завинчивать крутящими моментами M<sub>зат</sub> = 30, 45 и 60 Н·м. При этом в стыках по торцам T создается давление p<sub>ст</sub> соответственно 1,8, 2,8 и 3,7 МПа.

Стабильность этих условий обеспечивали путем завинчивания резьбы предельным динамометрическим ключом с рожковой вставкой с S = 55 мм по ГОСТ 2839-80\* (рис. 3).



**Рис. 3.** Динамометрический ключ 1 с рожковой вставкой 2

Испытаниям подвергали две сборки модулей (см. рис. 1): *a* – комбинация модулей 1–2 с суммарным вылетом 120 мм; *b* – комбинация модулей 1–2–3 с суммарным вылетом 220 мм.

Исследовали жесткость технологической системы вертикально-фрезерного станка модели ВМ127М, в шпинделе которого устанавливали подготовленные к испытаниям сборки.

Перемещения под действием статической радиальной нагрузки, которая создавалась с помощью динамометрического устройства, описанного в [9], измеряли с помощью индикатора часового типа.

Учитывали жесткость вертикально-фрезерного станка модели ВМ127М, которая в части конического соединения в шпинделе сопоставима с жесткостью соединений модулей инструмента.

Поэтому данные, полученные в результате испытаний жесткости исследуемых сборок, имеют вид, показанный на рис. 4.

## Выводы

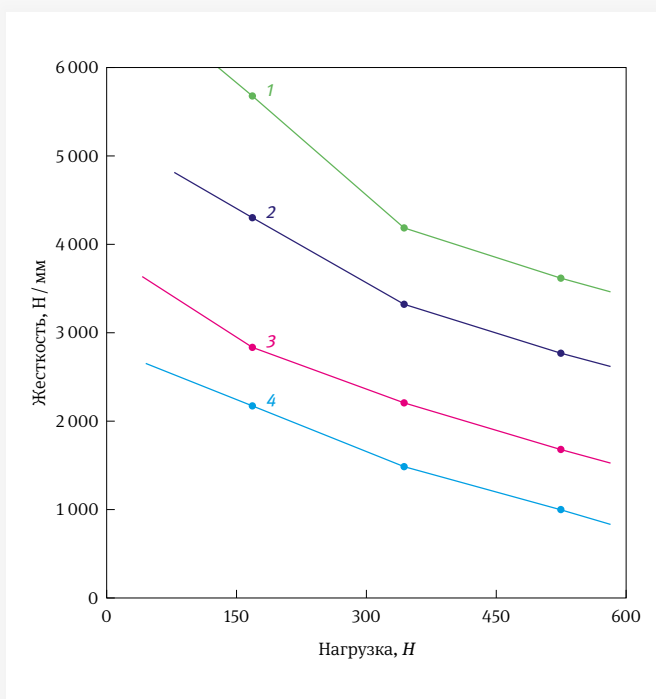
Исследование расточных МИН с резьбовым соединением модулей показало, что такая конструкция соединения имеет два существенных недостатка:

- для создания необходимого давления в стыках требуется очень большой крутящий момент;
- процесс замены модулей на станке и приборах для предварительной настройки невозможен без специального слесарно-монтажного инструмента.

Целесообразно использовать для установки модулей сборного расточного инструмента конструкцию соединения с радиальными смещенными крепежными винтами [3], которая обеспечивает необходимое давление в стыках при крутящих моментах в 3–4 раза меньше, чем резьбовое соединение.

## Литература

1. **Базров Б. М.** Модульные технологии в машиностроении. М.: Машиностроение, 2001. 368 с.
2. **Безязычный В. Ф.** Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. 2-е изд., исправ. Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
3. **Маслов А. Р.** Модульные инструментальные наладки // Станкоинструмент. 2021. № 2 (023). С. 86–92.
4. **Кожин-Гребенщиков П. П., Маслов А. Р., Тивирев Е. Г.** Оптимизация конструкций модульного расточного инструмента // Евразийский Союз Ученых, Сер. Технические и физико-математические науки. 2022. Т. 1, № 1(94). 2022. С. 26–31.
5. **Maslov A.R., Smolkin E. M.** Tools for Swiss Type CNC Lathes // Russian Engineering Research. 2023. Vol. 43, no. 3. PP. 383–385.



**Рис. 4.** Зависимости жесткости сборок от радиальной нагрузки: 1 – сборка 1–2,  $M_{\text{зат}} = 45 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ; 2 – сборка 1–2–3,  $M_{\text{зат}} = 60 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ; 3 – сборка 1–2–3,  $M_{\text{зат}} = 45 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ; 4 – сборка 1–2–3,  $M_{\text{зат}} = 30 \text{ Н} \cdot \text{м}$

6. **Алленов Д. Г.** Параметры вибраций при изменении состояния и качества крепления режущих вставок модульного инструмента в условиях автоматизированной обработки резанием (Д. Г. Алленов, Г. Г. Журавлев, М. П. Козочкин, А. Р. Маслов // Контроль. Диагностика. 2022. № 1(25). С. 16–25.
7. **Маслов А. Р., Смолкин Е. М.** Исследование инструментальной оснастки токарных автоматов с ЧПУ «швейцарского типа» // СТИН. 2022. № 12 (2). С. 37–40.
8. **Левина З. М., Решетов Д. Н.** Контактная жесткость машин. М.: Машиностроение, 1971. 264 с.
9. **Волотов Д. И., Маслов А. Р.** Модульное устройство для измерения технических параметров станочных приспособлений // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2023. № 3 (032). С. 68–72.

## Авторы

**Копылов Владимир Викторович** – кандидат технических наук, доцент «Базовой кафедры машиностроительных технологий» ФБГОУ ВО «РУДН»

**Есаков Никита Сергеевич** – студент 6 курса, выпускник кафедры МТ2 «Инструментальная техника и технологии» ФБГОУ ВО МГТУ им. Н. Э. Баумана

**Шуляк Ян Игоревич** – кандидат технических наук, доцент кафедры МТ2 «Инструментальная техника и технологии» ФБГОУ ВО МГТУ им. Н. Э. Баумана



Главное событие отрасли  
в России и странах СНГ

# ФОТОНИКА МИР ЛАЗЕРОВ И ОПТИКИ

## 26–29 марта 2024

18-я международная специализированная выставка  
лазерной, оптической и оптоэлектронной техники

Реклама



12+

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

[www.photonics-expo.ru](http://www.photonics-expo.ru)



ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ

65  ЭКСПОЦЕНТР