

УДК 621.91.01/02

**АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СИСТЕМ
ЧАСТЬ 2. МЕХАНИЗМЫ КРЕПЛЕНИЯ МОДУЛЕЙ*****д-р техн. наук, проф. Н.Н. ПОПОК
(Полоцкий государственный университет)**

Сформулированы основные проблемы конструирования и производства режущих инструментов на отечественных машиностроительных предприятиях. Рассмотрены эквиваленты терминов обработки резанием и обозначений материалов, проведен анализ типов режущих пластин, резовых блоков и их крепления в инструментальных модулях. Выделены конструктивные особенности инструментальных систем, в том числе для многоцелевой обработки. Даны примеры систем для обтачивания, отрезания, фрезерования, растачивания, выявлены общие тенденции современного развития инструментального обеспечения машиностроительных предприятий.

Создавая первые модульные инструменты типа «Block Tool System» (BTS) [35], фирма Sandvik, решала следующие задачи: сменная режущая вставка должна обладать такой же жесткостью, как и цельный инструмент; режущая вставка должна автоматически перемещаться по прямой линии вперед и назад относительно базового элемента хвостовика для облегчения автоматизации настройки; модульный инструмент должен обеспечивать заданную точность при повторной установке режущей вставки. Кроме того, Фирма Sandvik разработала зажимные устройства, пригодные для работы в ручном и автоматическом режиме и обеспечивающие усилие зажима от 15 до 60 кН в зависимости от размеров модульного инструмента. К достоинствам этого зажимного устройства относятся короткий рабочий ход и незначительный момент затяжки при ручном закреплении инструмента. Например, модульный инструмент BT 40, закрепляемый с усилием 38 кН, работает при глубине резания 15 мм и подаче 1,5 мм/об. При смене режущей вставки точность установки составляет $\pm 0,002$ мм в осевом направлении и $\pm 0,005$ мм в радиальном.

Универсальность модульных инструментов обеспечивается при одинаковой системе базирования инструментов на токарных и многоцелевых станках. Система «Komet ABS», разработанная фирмой Hahn & Kolb для фрезерования, усовершенствована в целях применения на токарном станке и выпускается под торговой маркой SBA. Эта система обладает такой же прочностью и жесткостью, как и система ABS (табл. 6, п. 1). Точность позиционирования составляет $\pm 0,002$ мм. Инструмент базируется и закрепляется с помощью винтового захвата за призматические базовые элементы на наружном диаметре. Время смены инструмента составляет около 8 с [35].

В развитие этих конструкций фирма Sandvik Coromant (Швеция) [36] разработала систему модульного инструмента «Varilock» (табл. 6, п. 2), аналогичную системе фирмы Kelch (табл. 6, п. 14). Отличие заключается в том, что для обеспечения лучшей собираемости модулей на наружной цилиндрической поверхности предусмотрены две ступени. Первая ступень на 0,3 мм ниже по высоте второй ступени, что облегчает правильное центрирование в процессе сборки.

Фирма Sandvik Coromant также разработала систему «Coromant-Capto», основную на РК-профильном соединении (табл. 6, п. 3), характеризующемся большой несущей способностью и равномерным распределением деформаций. В этой системе коническое соединение с уклоном $1^{\circ}15'$ и тремя дугowymi поверхностями контакта обеспечивает самоцентрирование и имеет одинаковую жесткость в обоих направлениях вращения. Форма, длина и плоскости контакта соединения обуславливают жесткость, необходимую для токарной обработки в широком диапазоне режимов резания, для фрезерования длинными концевыми фрезами и для сверления с большими подачами. Резцовая головка 1 посредством тяги 4 втягивается в державку 2. При этом разжимная втулка 3 входит во внутреннюю канавку в отверстии головки 1. Усилие втягивания подобрано таким образом, что торцовая поверхность головки 1 плотно прижимается к торцу Б державки. При раскреплении головки 1 тяга 4 своим специальным буртиком толкает головку, преодолевая силу трения. Предусмотрено использование разнообразных головок с хвостовиками системы «Coromant-Capto» на токарных станках, в том числе с вращающимся инструментом, на фрезерных станках и на обрабатывающих центрах.

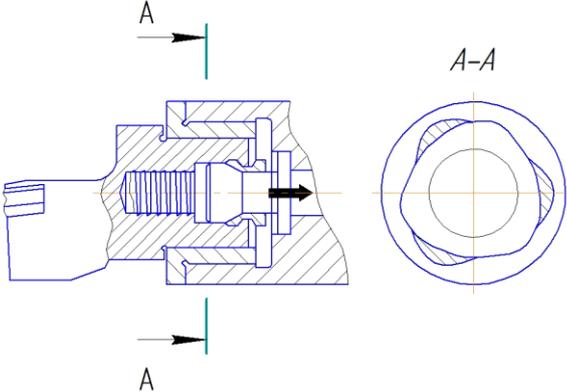
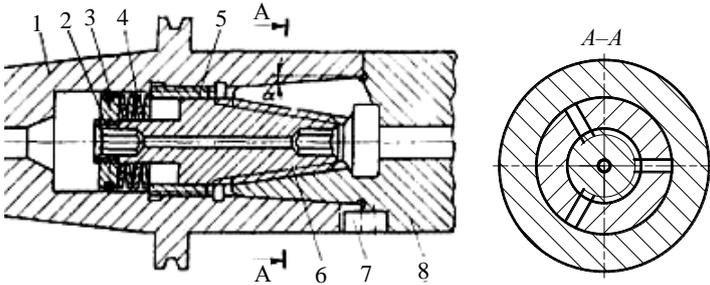
Универсальная блочно-модульная технологическая инструментальная система «ВИНТ-ТИС» включает (табл. 3, п. 4): 1 – модуль 1; 2 – фланец; 3 – кольцо; 4 – пружины тарельчатые; 5 – втулку; 6 – тело коническое; 7 – шпонку; 8 – модуль 2 [37]. В этой системе соединение модулей 1 и 8 происходит при базировании по конической и торцовой поверхностям. Однако с целью создания наиболее оптимальных условий для прилегания конических поверхностей модулей друг к другу наружный конус имеет отвер-

* Часть 1 статьи опубликована в журнале «Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки». – 2012. – № 3. – С. 71 – 81. Нумерация таблиц, рисунков и литературных источников сквозная.

стие и три радиальных разреза, что обеспечивает его деформирование при осевой затяжке. Внутри конуса ввинчивается коническое тело 6, которое дополнительно деформирует основной конус, образуя беззазорное соединение модулей. Тарельчатые пружины 4 и детали 2, 3 и 5 создают осевую силу затяжки при завинчивании конического тела 6. Крутящий момент передается посредством шпонки 7. Данная конструкция является одной из наиболее совершенных с точки зрения обеспечения жесткости соединения модулей, однако в технологическом отношении она сложная.

Таблица 6

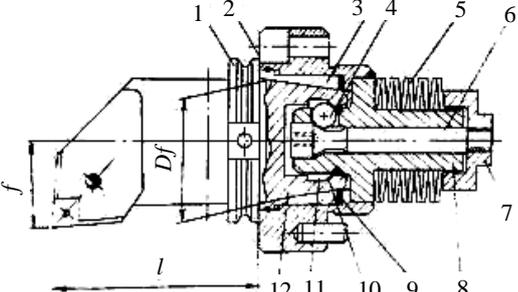
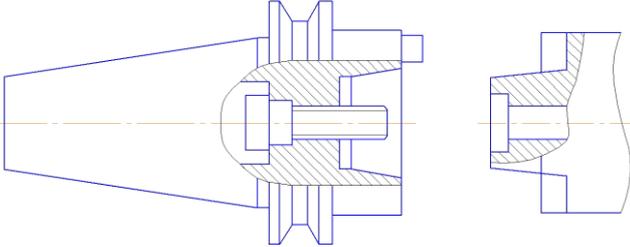
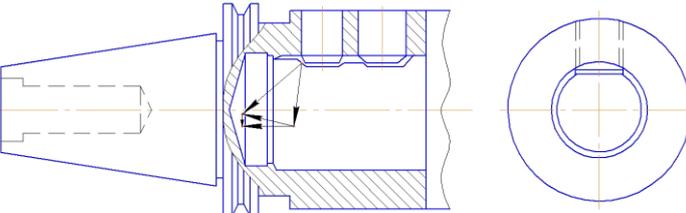
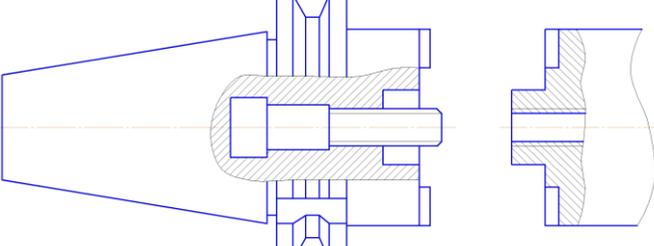
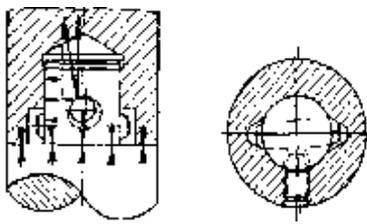
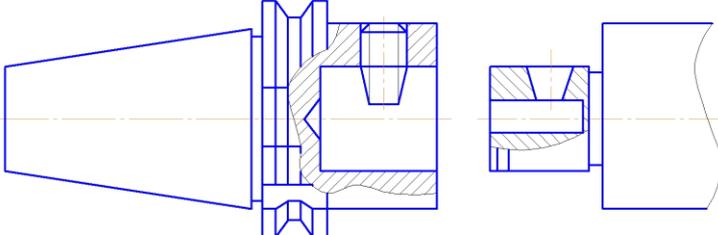
Анализ модульных инструментальных систем зарубежных фирм

№ п/п	Схема и внешний вид инструментальной системы	Наименование системы и фирмы
1	2	3
1		Инструментальная система ABC фирмы «Kommet» (США)
2		Система модульного инструмента «Varilock» фирмы «Sandvik Coromant» (Швеция)
3		Инструментальная система «Coromant-Carto» фирмы «Sandvik Coromant» (Швеция)
4		Инструментальная система «Jartim-Flex» («ВИНТ-ТИС») внедренческого научно-производственного предприятия «Винт» (Россия)

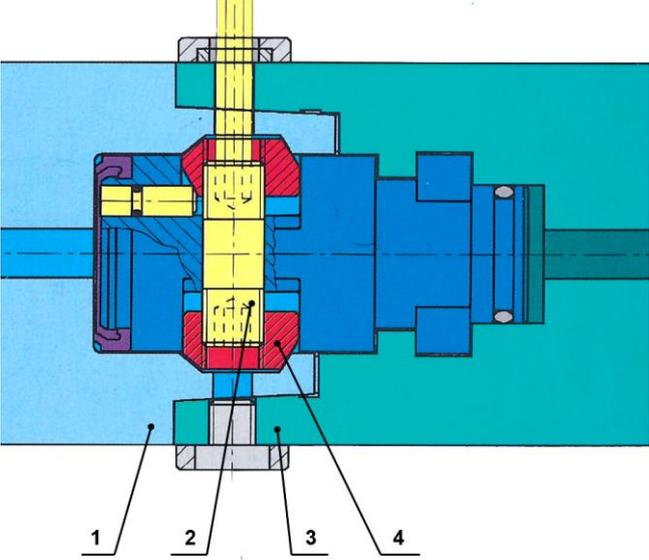
Продолжение таблицы 6

1	2	3
5		<p>Инструментальная модульная система «МС» фирмы Hertel (Германия)</p>
6		<p>Инструментальная модульная система «RC» фирмы Hertel (Германия)</p>
7		<p>Инструментальная система «Multiflex (MTX)» фирмы Widia Krupp (Германия)</p>
8		<p>Блочная система «Widaflex» фирмы Krupp Widia (Германия)</p>
9		<p>Инструментальная система осевого инструмента фирмы Krupp Widia (Германия)</p>
10		<p>Инструментальная система фирм СО (Швейцария) и Вакуер (Италия)</p>

Продолжение таблицы 6

1	2	3
11		Инструментальная система «KV» фирмы Kennametal (США)
12		Система инструмента для станков с ЧПУ «Novex NC» фирмы Walter (Германия)
13		Инструментальная модульная система «Unidorn Spannsystem» фирмы «Dornag» (Швейцария)
14		Модульная система расточного инструмента фирмы Kelch (Германия)
15		Система модульного инструмента «СКВ» фирмы Heinz Kaiser (Германия)
16		Модульные расточные инструменты фирм Wohlhaupter и Kaiser (Германия)

Окончание таблицы 6

17		Система «HSK» фирмы «Mitsubishi» (Япония)
18	 <p>HSK-DIN 69893 DIN69871 MAS 403 BT DIN 2080</p>	Стандартные крепления модулей фирмы «IsCAR»

Для соединения одновременно по цилиндрической поверхности и торцу фирма Hertel разработала систему «МС» (табл. 6, п. 5, а) с самокомпенсирующимся зажимным и блокирующим механизмом [38]. Цилиндрический хвостовик диаметром 28h3 инструмента 1 имеет радиальное отверстие диаметром 11H7 и размещается в отверстии диаметром 28H3 державки 4. В отверстии хвостовика расположен сухарь 5 с двумя симметричными скосами, в которые упираются самоустанавливающиеся шарики 3. Симметричность срезов шариков относительно оси вращения регулируется винтом 6. При завинчивании винта 2 происходит затягивание хвостовика инструмента 1 в державку 4 до создания торцевого натяга.

Однако при соединении по цилиндрической поверхности качества точности IT3 практически невозможна автоматическая смена инструмента. Поэтому для этого случая фирма Hertel модифицировала систему «МС» и заменила плоский торец на самоцентрирующееся торцевое зубчатое зацепление Хирта, что позволило снизить требования к точности соединения (табл. 6, п. 5, б). В модифицированной системе «МСН50» инструмент 1 имеет отверстие, в которое завинчиваются регулировочные винты 2 и 6 с самоустанавливающимися шариками 7. Державка 4 имеет цилиндрическую цапфу с установленным в нем сухарем 5. На сопрягаемых торцах инструмента 1 и державки 4 выполнены зубчатые полумуфты 3 зацепления Хирта. При внецентренном нагружении, что характерно для точения, жесткость торцевого зубчатого зацепления в 1,5...2 раза выше жесткости обычного соединения с плоским торцом. Система «МСН50» была разработана специально для токарных станков с главным приводом в револьверной головке и может применяться для неподвижных и вращающихся инструментов.

Фирма Hertel также использует систему «RS» (табл. 6, п. 6), так называемый кольцевой сегментный зажим. В шпинделе 1 имеется кольцевая расточка, в которую вставляется трубчатый хвостовик инструмента 2. С внутренней кольцевой канавкой хвостовика взаимодействуют сегменты 4, количество которых определяется размерами соединения. Сегменты 4 деформируются под действием радиальной силы со стороны шариков 3, которые в свою очередь выталкиваются тягой 5. Торцевое замыкание может быть осуществлено по плоскому торцу или по торцевому зубчатому зацеплению Хирта. Канавки под захват автооператора и размеры захватной части тяги стандартные и позволяют использовать имеющиеся узлы станков. Стандартным является также способ подвода СОЖ (DIN 69871, форма В).

В системе инструментальной оснастки Multiflex (MTX) фирмы Krupp Widia (Германия) (табл. 6, п. 7) базирование резцовых головок осуществляется по цилиндрической поверхности и торцу [39]. Резцовая головка 1 цилиндрической формы имеет соосное с корпусом посадочное отверстие 2. Пальцы 3 при перемещении тяги 6 упираются в коническую поверхность канавки 5 и поджимают головку к базовому торцу. Для фиксирования резцовой головки служит торцовая шпонка 4. Цилиндрическая базовая поверхность блока имеет переднюю часть меньшего диаметра для облегчения установки резцовых головок. Резцовые головки в системах MTX имеют симметричную форму, режущая кромка расположена на оси симметрии для головок, предназначенных как для наружной, так и для внутренней обработки. Поэтому для их закрепления возможно использование унифицированного блока. На наружной цилиндрической поверхности головок нанесены V-образные канавки с углом 60° под захваты для автоматической замены головок. Резцовые головки имеют внутренний подвод СОЖ, совмещенный с системой закрепления.

Фирма Krupp Widia также предложила конструкцию блочной системы «Widaflex» (табл. 6, п. 8), в которой используются узлы крепления, наиболее подходящие не только для токарного инструмента, но и для вращающегося инструмента типа сверл, фрез и метчиков. В качестве базового элемента выбран конус (конусность 1:5). Резцовая головка 2 имеет канавку 3 для захвата грейфером устройства автоматической смены инструмента. После размещения конуса 1 резцовой головки 2 в коническом отверстии блока 8 по программе включается вращение гайки 7, в результате чего происходит ввинчивание резьбового конца тяги 6. Тяга, перемещаясь, своими скосами выталкивает из обоймы 5 шарики 9, которые входят в наклонные отверстия конуса 1. При закреплении упругая часть конуса деформируется, одновременно конус перемещается в коническом отверстии блока 8 до замыкания по торцу 4 с силой 2,5 кН. При этом обеспечивается точное крепление в осевом и радиальном направлениях (точность позиционирования $\pm 0,005$ мм). По данным фирмы Krupp Widia, использование такой универсальной системы, позволяет на 25 % сократить число применяемого в ГПС инструмента. Фирма Krupp Widia (Германия) разработала узел соединения модулей осевого инструмента, в котором использован принцип базирования по конусу, как в системе, показанной в пункте 10, таблицы 3 (см. Ч. 1). Однако конструкция механизма осевого стягивания в этом узле существенно изменена. В качестве базировочного элемента принят укороченный конус (впервые был предложен американской фирмой Kennametal). Базовый конус выполнен эластичным с двумя или четырьмя базовыми открытыми наклонными поверхностями, в которые входят специальные шарики, размещенные в обойме. Под воздействием конуса, выполненного на зажимном винте, шарики перемещаются в радиальном направлении и, контактируя со скосами в отверстиях конуса, создают осевую силу, которая затягивает модуль в отверстие модуля до плотного прилегания по торцам. В данной системе инструментов предусмотрен полный набор переходных модулей и удлинителей, позволяющий практически закрепить почти все виды режущего инструмента, необходимого для обработки большинства деталей на станках с ЧПУ всех типов.

Базирование по цилиндрической поверхности и плоскому торцу путем непосредственного свинчивания модулей использовано в инструментальных системах фирм СО (Швейцария) и Вакует (Италия) [40]. В этом соединении (табл. 6, п. 10) осевое стягивание и передача крутящего момента осуществляются посредством резьбы, имеющейся на каждом модуле. Резьба выполнена с зазором. Цилиндрическая наружная поверхность выполняется с допуском по g5, а внутренняя сопрягаемая поверхность с допуском по Н6. Длины сопрягаемых цилиндрических поверхностей достаточно большие, что обеспечивает хорошее центрирование модулей. Конструкция данного соединения модулей является одной из наиболее простых как в изготовлении, так и в эксплуатации. Непосредственное свинчивание собираемых модулей и жесткое прилегание торцов обуславливают высокую жесткость инструмента. К недостаткам соединения следует отнести то, что оно не обеспечивает ориентации режущих кромок, что необходимо при растачивании. Для устранения данного недостатка используют специальные державки, имеющие дополнительные резьбовые кольца, с помощью которых регулируют положение переднего торца, контактирующего с собираемым модулем. Как показал опыт эксплуатации данного соединения, при значительных нагрузках могут возникнуть трудности с отвинчиванием резьбы. Для устранения этого рекомендуется применение графитосодержащей смазки.

В системе KV (табл. 6, п. 11) инструментальной оснастки фирмы Kennametal (США) базовой поверхностью резцовых головок является укороченный конус 7:24 [41]. Внутри конуса 12 выполнена полость 11 с конической поверхностью 8. Стержень 10 с шариками 4 входит в полость 11. При смещении назад тяги 6 шарики 4, упираясь в коническую поверхность, затягивает конус 7:24 и подвижную в осевом направлении втулку 3 до тех пор, пока фланец 1 резцовой головки не достигнет плоскости 2. При смещении втулки 3 сжимается резиновое кольцо 9, которое при обратном ходе тяги 6 возвращает втулку 3 в первоначальное положение. Контакт по конической поверхности и по торцу одновременно обеспечивает

высокую жесткость закрепления резовых головок. Базовые поверхности защищены от попадания стружки. Система имеет четыре исполнения с четырьмя размерами конуса 7:24. При повторных установках одной и той же резовых головок обеспечивается точность $\pm 0,003$ мм в осевом и $\pm 0,005$ мм в радиальном направлении, при смене различных головок точность установки составляет $\pm 0,38$ мм.

Система инструмента для станков с ЧПУ «Novex NC» фирмы Walter (Германия) состоит из сверл с СМП и концевых фрез большого диаметра, выполненных с коническими (конус 7:24) хвостовиками, оправок с коническими (конус 7:24) хвостовиками для насадных фрез, патронов для концевых фрез и сверл с цилиндрическими хвостовиками, а также втулок для инструмента с конусами Морзе [42]. Часть системы построена (табл. 6, п. 13) на основе узла крепления, в котором элементы соединяются посредством точного короткого конуса, допуски на размеры которого выдерживаются таким образом, чтобы при сборке достичь сопряжения по торцовым поверхностям. Крутящий момент передается через шпоночное соединение по торцу, что позволяет ориентировать режущую кромку расточного инструмента относительно шпинделя.

Фирма Domag (Швейцария) использует инструментальную модульную систему «Unidorn Spannsystem» (табл. 6, п. 13), в которой модули базируются по цилиндрической поверхности и торцу [43]. Цилиндрические хвостовики 2 имеют лыски, которые взаимодействуют с радиально расположенными в отверстии сопрягаемого модуля 3 винтами 1. Для создания осевого натяга на одной из лысок выполнен скос, в который упирается винт, создающий осевую силу затяжки. Инструментальный комбинат Schmalcalden (Германия) использует подобную систему инструмента.

В конструкции модульной системы расточного инструмента фирмы Kelch (Германия) [44] базирующим элементом является цилиндр (табл. 6, п. 14). Затяжка элементов системы осуществляется осевым винтом. В качестве базового элемента, закрепляемого в шпинделе станка, используется конус 7:24 разного исполнения с цилиндрическими регулируемые по длине хвостовиками (диаметром 28, 36 и 48 мм) с трапецеидальной резьбой. Выпускаются также переходники и удлинители, обеспечивающие необходимую длину инструмента. Расточные дву- и однозубые головки имеют те же базирующие поверхности, что и вспомогательный инструмент типа сверлильных и цанговых патронов, переходных втулок с конусом Морзе и оправок для насадного инструмента. Система включает приспособления для сборки инструмента из стандартных элементов.

Сочленение модулей модульного прецизионного инструмента системы СКВ фирмы Heinz Kaiser (Германия) (табл. 6, п. 15) осуществляется по торцу и отверстию, в которое входит цилиндрический хвостовик сопряженного модуля. Крутящий момент передается штифтом, установленным в хвостовике. Штифт контактирует с поверхностью карманов, выполненных в отверстии. Модуль закреплен винтом с конусным концом. При этом хвостовик прижимается к поверхности отверстия и одновременно торцом к торцу сопрягаемого модуля [45]. Такое сочленение обеспечивает максимальную жесткость, передачу максимального крутящего момента, точное взаимное расположение модулей (радиальное биение не более 0,002 мм), передачу крутящего момента при вращении шпинделя как по часовой стрелке, так и против неё.

Сравнительно широко применяются модульные расточные инструменты фирм Wohlhaupter (Германия) и Kaiser (табл. 6, п. 16), в которых метод соединения модулей основан также на базировании по цилиндрической поверхности и торцу, но осевое усилие затяжки и передача крутящего момента осуществляются посредством радиально расположенных затяжных винтов. При завинчивании винтов их коническая поверхность контактирует со скошенной поверхностью отверстия в другом модуле, в результате чего создается осевое усилие. Для повышения жесткости на кручение дополнительно установлены два штифта, расположенных в диаметральной плоскости.

Японская фирма «Mitsubishi» предлагает систему крепления HSK (табл. 6, п. 17), где 1 – конический хвостовик (инструмент), 2 – крепежный винт, 3 – коническое отверстие (шпиндель), 4 – прихват [46]. Система применяется при высокоскоростной обработке. Если при установке наблюдается небольшой зазор, благодаря центробежной силе, конус инструмента входит в полный контакт с конусом оправки в последствие эластичной деформации. В результате прилегание осуществляется по двум плоскостям. Обеспечивается гарантированная точность повторной установки, высокая жесткость в радиальном и осевом направлении благодаря прилеганию по двум плоскостям. Съемная конструкция обеспечивает легкую замену инструмента, даже если он подвергся температурной деформации. Также обеспечивается центральный и угловой тип подачи СОЖ.

Израильская фирма Iscar [47] использует стандартные системы крепления модулей по HSK DIN 69893, DIN 6987, MAS 403 BT, DIN 2080 (табл. 6, п. 18).

При креплении модулей в инструменте многие фирмы используют соединения типа «ласточкин хвост», Т-образные и другие пазы. При этом предусматривается в конструкциях возможность регулировки положения модулей и режущей пластины. Примеры таких конструкций представлены на рисунках 4 – 6 [21; 22; 25].

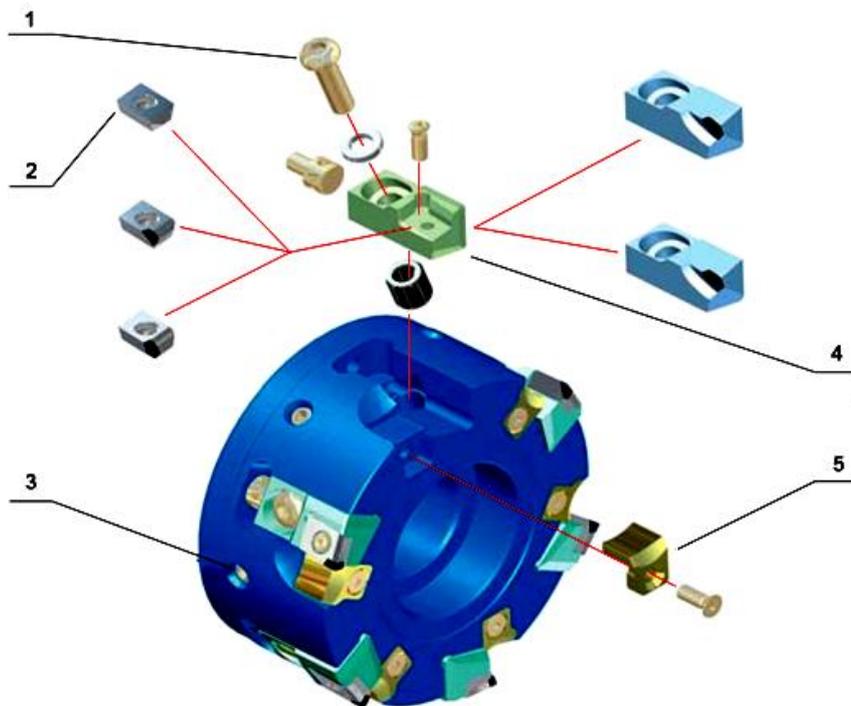


Рис. 4. Крепление картриджей к корпусу фрезы фирмы «Sandvik Coromant»: 1 – винт крепежный; 2 – пластина режущая; 3 – винт балансирующий; 4 – картридж; 5 – пластина стружконаправляющая

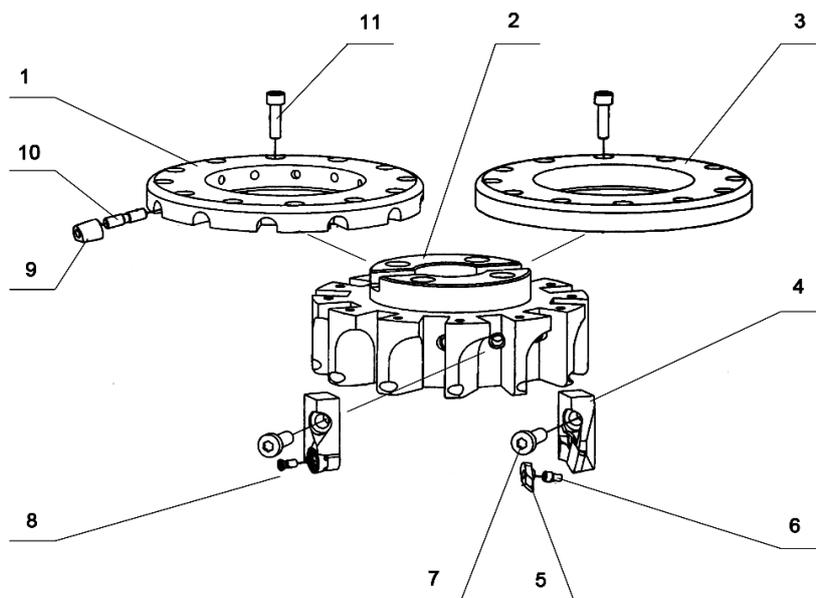


Рис. 5. Технологическая схема сборки фрезы фирмы ОАО «Специнструмент»: 1 – регулирующее фиксирующее кольцо; 2 – корпус фрезы; 3 – не регулирующее фиксирующее кольцо; 4 – картридж; 5 – Г-образный прихват; 6 – винт крепления Г-образного прихвата; 7 – винт крепления картриджа; 8 – винт крепления пластины; 9 – регулятор картриджа; 10 – винт регулятора картриджа; 11 – винт для крепления кольца

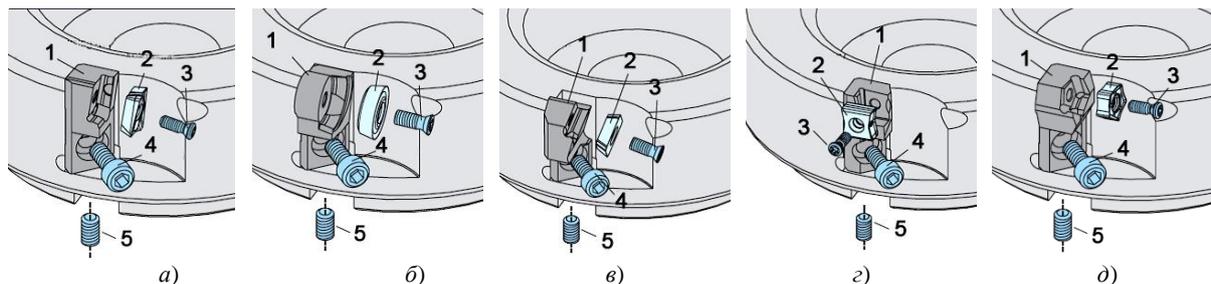


Рис. 6. Картриджи для фрез фирмы «Ingersol» с пластинами режущими APCT1604 (а), RPL 1905 (б), SHE 1504 (в), NCE (г), PNCU 0805 (д):

1 – корпус картриджа; 2 – пластина режущая; 3 – винт для крепления пластины;
4 – винт для крепления корпуса картриджа; 5 – винт регулировочный

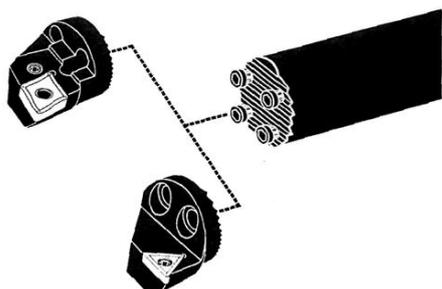


Рис. 7. Схема установки и закрепления резцовых модулей посредством болтов и рифлений фирмы «Sandvik Coromant»

Расточные оправки 570-3 с устройством виброгашения сконструированы для работы со сменными резцовыми модулями T-MAX U и T-MAX P [21]. Установка и жёсткое закрепление резцового модуля на оправке осуществляется посредством болтов и монтажных рифлений (рис. 7). Характерные особенности:

- увеличенные вылеты;
- повышенная производительность;
- улучшенное качество обработанной поверхности;
- уменьшенный износ режущей пластины;
- уменьшенный износ станка;
- пониженный уровень шумов.

Окончание статьи в следующем номере журнала «Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки». 2013. № 3.

ЛИТЕРАТУРА

35. Modular systems – a new standard // Machinery and production engineering. – 1987. – № 3725. – P. 31 – 350. (Экспресс-информация, Серия 5. Средства технологического оснащения металлообрабатывающего инструмента. – 1988. – Вып. 12. – С. 9 – 11).
36. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.Coromant.Sandvik.com>.
37. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vint.ru>.
38. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hertel.com>.
39. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.widia.com>.
40. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mtools.narod.ru>.
41. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.widia.com/en/kennametal>.
42. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.walter.com>.
43. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dornag.com>.
44. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kelch.com>.
45. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kaiser.com>.
46. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mitsubishi.com>.
47. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iscar.com>.

Поступила 18.01.2012

TREND ANALYSIS OF ENGINEERING OF DEVELOPMENT SYSTEMS Part 2. MODULE SUPPORT MECHANISMS

N. POPOK

Key problems of engineering and production of cutting tools at domestic machine-building enterprises are formulated. Equivalent terms for cutting work and material designation are considered. Analysis of cutter blade and cutter block types and their holding in instrumental modules is carried out, constructional features of development systems, including ones for multipurpose treatment are singled out. Examples of systems for turning, parting, milling, boring are given, general trends in modern development of instrument provision of machine-building enterprises are disclosed.