

*Е.А. Фролов, д.т.н., проф., С.Г. Ясько, асп., А.М. Пирнат, ассист.  
Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка*

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ (ГПС)**

*Рассмотрено состояние применяемой переналаживаемой оснастки для гибких производственных систем (ГПС), на основании чего предложена концепция и перспектива ее развития в условиях многономенклатурного механообрабатывающего автоматизированного производства. Определены области применения различных типов технологического оснащения многократного применения с более высоким уровнем унифицирования и степенью гибкой автоматизации.*

**Ключевые слова:** *гибкая производственная система (ГПС), обратимая переналаживаемая оснастка, наладка, сборка, механообработка.*

**Введение.** Независимо от принципа построения и уровня осуществления эффективность использования гибких систем механообрабатывающего производства в значительной степени зависит от технического уровня и возможностей применяемой оснастки. К приспособлениям, применяемым для оснащения гибкого производства, предъявляются требования, обусловленные его спецификой. Как правило, такое производство используется для обработки широкой номенклатуры деталей (Германия — 50...250, Япония — 7...130, США — 4...10, остальные страны Западной Европы — 4...15) небольшими партиями, что характерно для мелко- и среднесерийного производства. Следовательно, элементы, входящие в систему, должны обладать высокой гибкостью. Все это привело к определенному прогрессу в развитии конструкций переналаживаемой технологической оснастки для многооперационных станков и ГПС, изыскания путей повышения их работоспособности и долговечности, переходу от неразборных специальных приспособлений к более прогрессивным приспособлениям многократного применения, совершенствованию форм и методов их эксплуатации.

Этим требованиям в наибольшей степени отвечают агрегатированные модульные быстропереналаживаемые приспособления, komponуемые из унифицированных базовых, опорных, зажимных, установочных и других устройств. Такие компоновки приспособлений, в отличие от специальных необратимых, обеспечивают возможность базирования и закрепления изделий различной формы и размеров.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Анализ функционирующих в настоящее время ГПС, изучение информационных материалов, опыта разработки и эксплуатации ГПС в Украине и за рубежом показывает, что для технологического оснащения ГПС могут применяться с той или иной степенью эффективности разновидности приспособлений, которые целесообразно объединить под общим понятием «обратимые приспособления для ГПС» [1–4].

**Цель исследований** — разработка концепции развития ГПС для многономенклатурных автоматизированных производств.

**Основной материал статьи.** Обратимые приспособления для ГПС подразделяются на два класса: 1) обратимые приспособления, предназначенные для ГПС со спутниковой системой оснащения; 2) обратимые приспособления, предназначенные для ГПС с беспутниковой системой оснащения.

В спутниковую систему оснащения входят наладочные (НП), сборные (СП) и унифицированные (УП) приспособления; в беспутниковую систему оснащения входят автоматически переналаживаемые приспособления с ЧПУ. В свою очередь наладочные приспособления подразделяются на универсальные наладочные (УНП) и специализированные

наладочные (СНП) приспособления, а сборные приспособления — на универсально-сборные и сборно-разборные приспособления.

Кроме вышеуказанных четырех видов приспособлений, для оснащения ГПС широкое распространение получили или получают еще два вида обратимой оснастки: унифицированные приспособления (УП) и автоматически переналаживаемые приспособления с ЧПУ. Унифицированные приспособления входят в спутниковую систему оснащения, автоматически переналаживаемые приспособления с ЧПУ образуют беспутниковую систему оснащения.

УНП наибольшее применение получили в условиях мелко- и среднесерийного производства. Они представляют собой разборные станочные приспособления многократного применения и предназначены для обработки не только однотипных или близких по форме деталей, но и деталей, входящих в разные классы. Компоновка УНП состоит из базовой части, универсальной по схемам базирования и конструктивным формам устанавливаемых заготовок, и специальной сменной наладки. Благодаря наличию специальных сменных наладок, воспринимающих особенности формы конкретной заготовки, номенклатура деталей, устанавливаемых в УНП, может быть значительно расширена по сравнению с номенклатурой деталей, обрабатываемых в необратимых специальных и универсально-безналадочных приспособлениях, входящих в системы технологической оснастки. К УНП относятся: базисные части УНП для обработки различных групп деталей; универсальные патроны со сменными кулачками; универсальные тиски со сменными губками; скальчатые кондукторы и т. п. В ряде случаев для оснащения функционирующих в настоящее время ГПС УНП находят самое широкое применение.

СНП наиболее эффективны в условиях среднесерийного и крупносерийного производства. Представляют собой разборные станочные приспособления многократного применения для закрепления заготовок, близких по конструктивно-технологическим признакам, объединенных общностью базовых поверхностей и характером обработки. Компоновка СНП состоит из базовой части, специализированной по схемам базирования типовых групп обрабатываемых заготовок, и сменной наладки. Кроме того, СНП могут иметь и регулировочные элементы, то есть могут быть комбинированными. От УНП они отличаются, как правило, более высокой степенью механизации. При групповом методе обработки СНП находят самое широкое применение для оснащения ГПС.

Главные достоинства УНП и СНП в следующем: 1) приближение по точности, габаритам, весу и удобству в работе к необратимой специальной оснастке, что обеспечивает их конкурентоспособность; 2) жесткость конструкций, создаваемых из неразборных узлов и минимального количества элементов; 3) применение методов фиксации деталей и сборочных единиц посредством отверстий и пальцев, что гарантирует стабильность получения размеров при обработке крупных партий деталей; 4) возможность широкой механизации приспособлений за счет применения быстродействующих съемных зажимных устройств, устанавливаемых на базисную часть приспособления методом агрегатирования.

Область применения наладочных приспособлений охватывает все типы производства. По состоянию готовности к использованию они близки к лучшим образцам специальной станочной неразборной оснастки. Сочетание этих положительных качеств при правильной организации внедрения обеспечивает высокую эффективность их применения, особенно при оснащении ГПС. К недостаткам наладочных приспособлений следует отнести необходимость проектирования и изготовления специальных сменных наладок или наладочных регулируемых элементов. В качестве силового органа, обеспечивающего механизированное закрепление обрабатываемых деталей, в конструкциях наладочных приспособлений технологически и экономически более целесообразно применять агрегатные средства механизации, изготавливаемые серийно. В систему СП входят универсально-сборные и сборно-разборные приспособления (УСП и СПП).

УСП — наиболее распространенная система станочных приспособлений многократного применения на машиностроительных предприятиях, являются общемашинострои-

тельным видом оснастки. УСП применяются в основном в единичном и мелкосерийном производстве. Представляют собой разборные станочные приспособления многократного применения. Компоновка УСП собирается из заранее изготовленных стандартных деталей и сборочных единиц высокой точности и прочности для выполнения одной (иногда нескольких) деталиеоперации и не требует дополнительной механической обработки.

В основу конструкций всех элементов УСП заложены принципы универсальности, взаимособираемости без пригонки, долговечности и многократности применения при эксплуатации и различных компоновках станочных приспособлений. Поэтому к материалам, точности и шероховатости обработанных поверхностей предъявляются повышенные требования.

Для изготовления наиболее ответственных деталей УСП применяют высококачественные стали с высокими механическими свойствами. Это позволяет увеличить срок службы основных дорогостоящих элементов до 12...15 лет. Для обеспечения полной взаимозаменяемости, собираемости и длительного срока эксплуатации большое значение имеют точность и шероховатость поверхности элементов УСП. Системы УСП в ряде случаев довольно успешно применяются для оснащения ГПС.

СРП являются разновидностью оснастки многократного применения, предназначенной для крупносерийного и массового производства. Представляют собой станочные приспособления, собираемые для выполнения одной (иногда нескольких) деталиеопераций из заранее изготовленных стандартных деталей и сборочных единиц нормальной точности и прочности. При необходимости получения на обрабатываемых деталях размеров повышенной точности производится доработка поверхностей, контактирующих с обрабатываемой деталью. Такими поверхностями, как правило, являются опорные поверхности специальной сменной наладки. СРП наиболее эффективны в условиях производства изделий, находящихся в стадии непрерывного совершенствования, или изделий с периодом изготовления до полутора лет в тех случаях, когда станок постоянно загружен выполнением одной или нескольких деталиеопераций и не требует переналадки.

В компоновках СРП в отличие от УСП количество сборочных единиц преобладает над деталями, что позволяет уменьшить количество стыков при сборке приспособления. В результате этого повышается жесткость конструкций приспособлений. Переналадка приспособлений из элементов СРП осуществляется посредством перекомпоновки, регулирования положения базирующих зажимных элементов и замены сменных наладок.

Компоновки СРП могут применяться для технологического оснащения ГПС.

Для оснащения ГПС широкое распространение получили системы унифицированных приспособлений, объединяющих характерные особенности наладочных и сборных приспособлений. Как и наладочные приспособления, такая система включает в свой состав базовые конструкции, устанавливаемые на сменных палетах станка, и наладки, устанавливаемые на базовых конструкциях. Однако, в отличие от НП, сменные наладки которых воспринимают особенности формы каждой заготовки, наладки такой системы выполняются универсальными; либо с сетками высокоточных установочных и крепежных отверстий, либо с сеткой Т-образных установочных и крепежных пазов. Благодаря универсальности наладки появляется возможность повторной применимости ее для установки других заготовок, что является характерным для СП. Кроме того, как и в СП, системы унифицированных приспособлений включает в свой состав универсальные позиционирующие и зажимные элементы.

Базовые приспособления выполняются, как правило, горизонтального и вертикального исполнения в виде плиты или угольника, на которых установлены позиционирующие и зажимные устройства для базирования и закрепления универсальных наладок. Габаритные размеры базовых приспособлений увязаны с габаритными размерами сменных палет и техническими возможностями станков.

В зависимости от степени гибкой автоматизации, способа транспортирования и установки на станках обрабатываемых деталей оснащенность ГПС унифицированными приспособлениями может осуществляться двумя направлениями. В случае реализации перво-

го направления оснащённость ГПС осуществляется следующим образом. Базовые приспособления с постоянно закрепленными на них универсальными наладками, образуя приспособление-спутник, устанавливаются и жестко закрепляются на сменных палетах станка. Необходимое количество палет и приспособлений-спутников для работы одного станка в автоматизированном режиме, в зависимости от времени обработки, составляет от 4 до 12 шт. Обрабатываемые детали на станции загрузки устанавливаются на приспособления-спутники. Транспортирование палеты с приспособлением-спутником и закрепленной на нем обрабатываемой деталью осуществляется автоматически с помощью транспортера, самоходных тележек или промышленных роботов. Замена палет производится устройствами автоматической смены палет, устанавливаемых возле каждого станка, встроенного в ГПС. Хранение палет осуществляется либо в специальном автоматизированном складе, либо в специальных накопителях, расположенных рядом со станком.

ГПС, построенные по такому принципу оснащения, в настоящее время получили наибольшее распространение, так как могут осуществлять обработку деталей различных конфигураций и размеров. В то же время существенным недостатком их является то, что при оснащении унифицированными приспособлениями такого типа, как и при оснащении указанных ранее видов переналаживаемой оснастки для ГПС, требуется большое количество трудоемких в изготовлении и материалоемких сменных палет и приспособлений-спутников. В результате этого существенно увеличиваются сроки и стоимость оснащения, требуются большие площади складов-накопителей и большая грузоподъемность транспортных средств.

При реализации второго направления развития унифицированных приспособлений для ГПС указанные недостатки устраняются. В этом случае оснащение ГПС осуществляется следующим образом. Базовые приспособления устанавливаются и постоянно закрепляются на двух сменных палетах станка. Однако, в отличие от базовых приспособлений 1-го направления, конструкция приспособления 2-го направления позволяет автоматически базировать и закреплять универсальные сменные наладки (плиты-спутники) с обрабатываемыми деталями. Обрабатываемые детали на станции загрузки устанавливаются на универсальные сменные наладки, которые посредством промышленного робота или другого транспортного средства транспортируются к станку и устанавливаются на базовом приспособлении в позиции загрузки станка. В ГПС, построенных по такому принципу оснащения, возможна обработка деталей, различных по конфигурации и размерам. В то же время данный вариант оснащения позволяет уменьшить количество сменных палет и базовых приспособлений на один станок до двух штук. За счет этого уменьшаются сроки и стоимость оснащения, площади складов-накопителей и грузоподъемность транспортных средств. Значительные капитальные и текущие затраты при применении приспособлений-спутников вызвали необходимость создания таких транспортных систем, в которых транспортирование и установка заготовок осуществляется без спутников (беспутниковая система оснащения).

Применение приспособлений, устанавливаемых на сменных палетах станка, имеет следующие недостатки: 1) большие затраты на оснащение ГПС, вызванные необходимостью иметь в наличии большое количество палет и приспособлений-спутников; 2) ограниченной инструментальной доступностью, так как базирующие, установочные и зажимные элементы препятствуют доступу инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям. Это вызывает необходимость увеличения количества переустановок заготовок в приспособлениях-спутниках, а обработку заготовок производить за два-три цикла; 3) использование приспособлений-спутников не обеспечивает высокой гибкости комплексно-автоматизированных участков из-за невозможности свободного изменения последовательности обработки заготовок; 4) наличие значительного количества рабочих, занятых сборкой-разборкой приспособлений-спутников, при обработке заготовок в мелкосерийном производстве и последовательной обработке различных заготовок минимальными партиями, а также большого количества слесарно-сборочных мест; 5) большие затраты времени и необходимость наличия рабочих, занятых загрузкой приспособлений-спутников, так как опыт использования ГПС показывает,

что закрепление заготовок в приспособлениях-спутниках осуществляется в подавляющем большинстве случаев с применением ручных зажимов.

Все это привело к поиску и разработке таких систем автоматически переналаживаемых приспособлений с ЧПУ, переналадка установочных и зажимных элементов которых (регулирование их положения по трем осям координат при смене объекта обработки) осуществляется без участия человека в любой последовательности по заданной программе, в которую вводят данные о типе и необходимости положения заготовки.

**Выводы.** Автоматически переналаживаемые приспособления являются универсальными и обеспечивают высокую гибкость производства. По мнению отечественных и зарубежных специалистов, они по мере своего развития могут вытеснить приспособления-спутники. В результате их применения будут созданы новые гибкие автоматизированные технологические системы с высокой степенью загрузки в автоматизированных производствах.

#### *Литература*

1. Жолткевич Н.Д. Обратимая технологическая оснастка для ГПС [Текст] / Н.Д. Жолткевич и др. – К.: Техника, 1992. – 216 с.

2. Жолткевич Н.Д. Конструктивно-технологические требования к переналаживаемой технологической оснастке (ПТО) [Текст] / Н.Д. Жолткевич // Вестник Харьковского гос. политехн. ун-та. – 1999. – Вып. 63. – С. 5-12.

3. Ряховский А.В. Научные основы конструирования технологической оснастки для автоматизированных производств [Текст] / А.В. Ряховский // Высокие технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Нац. техн. ун-та «ХПИ». – Вып. 1. – Х., 2005. – С. 3-6.

4. Капустин Н.М. Комплексная автоматизация в машиностроении [Текст] / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, Н.П. Дьяконова. – М.: изд. центр «Академия», 2005. – 368 с.

© Е.А. Фролов, С.Г. Ясько, А.М. Пирнат

*Є.А. Фролов, д.т.н., проф., С.Г. Ясько, асп., А.М. Пирнат, асист.  
Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

### **СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАНОВОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ (ГВС)**

*Розглянуто стан переналагоджуваного оснащення, що застосовується для гнучких виробничих систем (ГВС), на підставі чого запропоновано концепцію і перспективу його розвитку в умовах багатонаменклатурного механообробного автоматизованого виробництва. Визначено галузі застосування різних типів технологічного оснащення багаторазового застосування з більш високим рівнем уніфікації і ступенем гнучкої автоматизації.*

**Ключові слова:** гнучка виробнича система (ГВС), оборотне переналагоджуване оснащення, налагодження, складання, механообробка.

*Ye.A. Frolov, Doctor of Technical Sciences, Professor, S.G. Yasko, Post-graduate student,  
A.M. Pirnat, Assistant*

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

### **STATUS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF RECONFIGURABLE TOOLING FOR FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS (FMS)**

*The state of the applied reconfigurable tooling for flexible manufacturing systems (FMS), which is proposed on the basis of the concept and the prospect of its development in the context of automated machining multiproduct production was reviewed. Defined the scope of the various types of technological equipment for multiple applications with a high degree of alignment and flexible automation.*

**Keywords:** flexible manufacturing system (FMS), reversible reconfigurable tooling, setup, assembly, machining.