

**ХАРЬКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**На правах рукописи**

**Ряховский Алексей Владимирович**

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ КОМПЛЕКТА  
УНИФИЦИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
ОСНАСТКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ  
ДЕТАЛЕЙ СПЕЦИЗДЕЛИЙ**

**Специальность 05.02.08 - Технология машиностроения**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Харьков-1996**

**Диссертация является рукописью**

**Работа выполнена в Харьковском научно-исследовательском институте технологии машиностроения Министерства машиностроения, военно-промышленного комплекса и конверсии Украины.**

**Научный руководитель:** доктор технических наук,  
профессор  
Мовшович Александр Яковлевич

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук,  
профессор  
Невлюдов Игорь Пакирович  
кандидат технических наук  
Здор Виктор Алексеевич

**Ведущее предприятие:** Акционерное общество  
"Краматорский НИИПМАШ"

**Защита состоится " 31 " октября 1996 г. в 14.00 часов на заседании специализированного совета Д 02.09.01 в Харьковском государственном политехническом университете (310002, г. Харьков-2, ГСП, ул. Фрунзе, 21)**

**С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Харьковского государственного политехнического университета.**

**Автореферат разослан " 27 " сентября 1996 г.**

**ЛНБ України ім.В.Стефаніка**



00759991 (/)

**Учений секретар спеціалізованого совета**

*Узунян*

**Узунян М.Д.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Технический уровень механообрабатывающего производства в значительной мере определяется степенью технологической оснащенности и соответствием конструкций станочной оснастки требованиям современных гибких многономенклатурных производств. Специальные стационарные приспособления не обеспечивают необходимую технико-экономическую эффективность механообрабатывающих операций при частой сменяемости номенклатуры изделий из-за невозможности их использования для обработки различных деталей. Необходима унифицированная переналаживаемая технологическая оснастка, позволяющая с минимальными затратами средств и времени перестраивать производство на выпуск новых изделий.

Современное производство, в котором механическая обработка деталей занимает более 70 % выполняемых операций, характеризуется определенными характерными особенностями: универсальностью, т.е. возможностью изготовления различных по конструкции и назначению изделий и быстрой переналадки с одной номенклатуры на другую; мобильностью, т.е. способностью к перестройке технологического процесса; гибкостью, т.е. способностью освоения новых изделий с минимальными затратами на технологическую подготовку производства; адаптивностью, т.е. способностью приспосабливаться к конструктивным и технологическим изменениям выпускаемой продукции; автономностью, т.е. возможностью функционирования в условиях высокой автоматизации, малолюдной или безлюдной технологии.

Перечисленные основные характерные особенности современного производства определяют соответствующие требования и к средствам технологического оснащения механообрабатывающих операций - применяемые станочные приспособления по техническому уровню и исполнению должны быть адекватны требованиям современных автоматизированных многономенклатурных предприятий. Однако, разработка конструкций унифицированной переналаживаемой технологической оснастки для механообрабатывающих производств, удовлетворяющей всем указанным условиям и одновременно обладающей свойствами высокой надежности и долговечности, сдерживается из-за отсутствия практических рекомендаций и методик инженерных расчетов и экспериментальных исследований конструктивных элементов создаваемых станочных приспособлений. В связи с этим тема данной диссертационной работы представляется актуальной, важной и своевременной.

Разработка диссертации производилась в соответствии с тематикой основных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ института и

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

является частью комплекса работ по созданию и широкому внедрению универсально-сборной переналаживаемой оснастки на предприятиях различных отраслей (темы ТТУ-664-80, ТТУ-654-81, ТТУ-654-90 и др.).

Диссертация представляет собой научный труд, в котором изложены научно-обоснованные технические и технологические решения, направляемые на внедрение достижений науки в производство, и реализованные со значительным экономическим эффектом на ряде машиностроительных предприятий.

**Цель работы** - создание и внедрение современной системы унифицированной технологической оснастки для механообрабатывающего производства на основе комплекта станочных приспособлений принципиально новой конструкции, обладающих эффективностью использования как в опытном и мелкосерийном, так и в серийном производствах, и удовлетворяющих требованиям высокой надежности, долговечности эксплуатации, а также точности и качества изготовления деталей. Необходимо также разработать научно-обоснованную методику расчета основных элементов конструкций, позволяющую определять конструктивные параметры создаваемой переналаживаемой оснастки и обеспечивать их прочностные и жесткостные характеристики при минимальной металлоемкости приспособлений.

**Научная новизна.** Впервые на основе анализа технологии, кинематики механической обработки, условий эксплуатации станочных приспособлений разработаны реальные расчетные схемы основных конструктивных элементов, теоретически и экспериментально решены задачи их прочности и жесткости, определены наиболее рациональные конструктивные параметры. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена работоспособность, прочностная и параметрическая надежность разработанных конструкций. Впервые теоретически исследовано напряженно-деформированное состояние Т-образных пазов в зависимости от геометрических параметров. Получены теоретические и экспериментальные графические зависимости распределения напряжений, деформаций и перемещений для различных конструктивных исполнений станочных приспособлений.

**Практическая ценность.** На основании результатов выполненных исследований разработана система унифицированной переналаживаемой технологической оснастки для механообрабатывающих производств различной серийности. Разработанная гамма комплектов станочных приспособлений единой конструкции, позволяющая значительно при минимальных затратах повысить коэффициент технологической оснащенности операций механической обработки различных деталей, обладает свойствами универсальности, гибкости, мобильности и способствует существенному сокращению сроков технологической подготовки производства новых изделий.

Разработана методика конструирования и прочностных расчетов станочных приспособлений рамного типа. Методика позволяет создавать новые ви-

ды и типоразмеры унифицированных переналаживаемых приспособлений для механообрабатывающих операций вместо применяемых в настоящее время специальных стационарных компоновок.

Разработанная гамма комплектов унифицированной переналаживаемой станочной оснастки изготовлена и внедрена на трех машиностроительных предприятиях. Внедрение созданной системы технологической оснастки позволило значительно повысить технические показатели и характеристики механических операций, снизить затраты средств и времени на технологическое оснащение при освоении новых изделий, получить экономию конструкционных и инструментальных сталей при изготовлении специальных приспособлений. Экономическая эффективность от внедрения гаммы комплектов унифицированной переналаживаемой технологической оснастки составила 201,7 тыс. руб. (в ценах 1990 г.).

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на отраслевой конференции "Прогрессивные виды универсально-сборной переналаживаемой оснастки", г.Москва, 1987г.; отраслевым семинаре "Разработка и промышленная реализация проблемных вопросов технологической подготовки производства изделий на предприятиях отрасли", г.Харьков, 1991 г.; на научно-техническом семинаре "Презентация новых разработок Харьковского научно-исследовательского института технологии машиностроения", г. Харьков, 1992 г.; на научно-техническом семинаре "Прогрессивные вопросы развития базовых технологий в машиностроении", г.Харьков, 1995г.; на международном семинаре "Высокие технологии", г.Алушта, 1995г.; на научно-технических проблемных семинарах и заседаниях научно-технического совета ХНИИТМ в 1985-1995 г.г.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано в научно-технических журналах и сборниках 27 статей и 3 авторских свидетельства на конструкции.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы и приложения. Работа содержит 135 страниц машинописного текста, 43 таблиц, 90 рисунков, 166 наименований литературных источников и 6 страниц приложений.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы, кратко изложены основные вопросы, рассматриваемые в диссертации и представляющие новые решения исследуемой проблемы, представлены основные положения, выносимые на защиту.

**Глава первая** посвящена анализу состояния вопроса о технологической оснащенности механообрабатывающих производств, о публикациях по проблеме конструирования, инженерных расчетов и исследований напряженно-деформированного состояния элементов конструкций, показаны тенденции

отечественного и мирового развития технологий и оборудования для механической обработки деталей, сформулированы основные задачи, рассматриваемые и решаемые в диссертации для достижения поставленной цели.

При механической обработке деталей наибольший удельный вес имеет машинное и вспомогательное время. Так, в мелкосерийном и крупносерийном производствах машинное время соответственно составляет 30-50% и 47-65 %, а вспомогательное - 25-29 % и 19-27 %. В связи со стремительным течением научно-технического прогресса, внедрением оборудования нового поколения, высокопроизводительного режущего инструмента, увеличением скорости обработки, применением прогрессивных методов формообразования машинное время в последние годы сократилось в шесть-восемь раз, то затраты времени на вспомогательные операции остаются еще значительными. Поэтому дальнейшее развитие механообрабатывающего производства и повышение производительности механической обработки возможно преимущественно за счет уменьшения вспомогательного времени, в значительной мере определяемого техническим уровнем применяемых средств технологического оснащения.

На производительность механообрабатывающего производства большое влияние оказывает конструкция используемых станочных приспособлений. От их совершенства зависит время установки, базирования, закрепления, открепления и съема обрабатываемых деталей, переналадки приспособления, подготовки базовых и установочных поверхностей и т.д. Кроме того, направления развития современного машиностроительного производства требуют функциональной гибкости технических средств, изменяемых и перестраиваемых в зависимости от потребности производства.

Применяемые в настоящее время станочные приспособления не могут в полной мере соответствовать требованиям гибкости и высокой эксплуатационной способности в условиях современного производства. Использование специальных неразборных приспособлений обуславливалось их конструктивное многообразие, отсутствие системного подхода к проектированию, дублирование установочных элементов, придание им специфических форм и т.д.

Дальнейший прогресс в создании и развитии технологической оснастки для механической обработки требует научно-обоснованного подхода к выбору конструктивного варианта, оптимальных конструктивно-технологических и производственно-эксплуатационных параметров разрабатываемых приспособлений на базе всесторонних исследований их элементов и конструкций в целом.

В литературе по технологии машиностроения и технологическому оснащению металлообрабатывающих предприятий освещено семь межотраслевых и две отраслевые системы технологической оснастки. В межотраслевые системы входят неразборная специальная оснастка (НСО), универсально-

налагодная оснастка (УНО), универсально-сборная оснастка (УСО), сборно-разборная оснастка (СРО), универсально-безналадочная оснастка (УБО), специализированная наладочная оснастка (СНО) и универсально-сборная переналаживаемая оснастка (УСПО). В отраслевые системы технологической оснастки входят унифицированная переналаживаемая технологическая оснастка (УПТО) и агрегируемая переналаживаемая оснастка (АПО). Система УПТО представляет отраслевые разновидности УНО и СНО. Система АПО представляет собой отраслевые разновидности УСО, УСПО и СРО. Выбор вида приспособлений для механообрабатывающего производства и эффективность их использования зависят от различных факторов, в том числе от принципа построения и уровня осуществления производства, номенклатуры обрабатываемых деталей, величины партий изготавливаемых деталей.

В последние годы как на отечественных предприятиях, так и за рубежом, широкое применение нашла агрегируемая переналаживаемая оснастка (АПО), особенно на многооперационных станках сверлильно-фрезерно-расточной группы. Так, фирма AMF (Германия) разработала модульную систему приспособлений, состоящую из плит, угольников, кубов и комплекта деталей и сборочных единиц, предназначенных для базирования и закрепления обрабатываемых деталей. На плитах выполнены сетки установочных и крепежных отверстий с шагом 60 мм.

Фирма "WDS Wharton" (Великобритания) разработала систему приспособлений, основой которой является четырехсторонний угольник с сеткой пазов для установки базирующих элементов и зажимных устройств. Многие другие фирмы Германии, Великобритании, заводы, КБ, НИИ Российской Федерации, Украины и других стран также отдают предпочтение технологической оснастке модульного типа, однако такие комплекты имеют ограниченную область применения, предназначены для обработки определенного типа деталей, обладают небольшой универсальностью и гибкостью и имеют существенные ограничения по базированию и закреплению корпусных деталей.

Для разработки станочной технологической оснастки нового поколения, удовлетворяющей требованиям современного машиностроительного производства, необходимы новые конструктивные и технологические решения, предусматривающие комплекс теоретических и экспериментальных исследований условий эксплуатации станочных приспособлений, видов их нагружения и характера приложения эксплуатационных и монтажных нагрузок, разработку реальных расчетных схем, а также анализ напряженно-деформированного состояния основных конструктивных элементов.

В настоящее время в научно-технической литературе по вопросам конструирования, инженерных расчетов и прочностных исследований технологической оснастки для механической обработки опубликован ряд статей, освещающих результаты теоретических и экспериментальных работ,

выполненных отечественными и зарубежными учеными, однако полученные данные применить для разработки унифицированной переналаживаемой станочной оснастки не представляется возможным из-за специфической направленности и ограниченности применения используемых эмпирических формул, получаемых, в основном, опытным путем или методом подбора коэффициентов и показателей степени.

Среди публикаций по экспериментальным исследованиям напряженно-деформированного состояния станочных приспособлений, их работоспособности, прочностной и параметрической надежности основное внимание уделяется, в основном, выяснению влияния некоторых технологических и эксплуатационных параметров на точность изготовления деталей. Влияние технологических факторов, а также различных эксплуатационных режимов представлено в литературе в виде отдельных частных случаев, что не позволяет распространить представленные методики и полученные результаты для проектирования и расчетов унифицированных приспособлений фрезерно-сверлильно-расточной группы при обработке корпусных деталей.

Базовые координатно-фиксирующие плиты, обладающие сеткой пазов или отверстий, абсолютным большинством исследователей рассматриваются весьма упрощенно - либо в виде балок на двух опорах, либо без учета реального распределения внешних нагрузок и краевых условий. Теоретический анализ влияния геометрических параметров Т-образного паза на напряженно-деформированное состояние базовой плиты не проводился. Не обнародовано также в литературе ни одного исследования жесткости и прочности корпусов приспособлений (кубов, угольников, подставок) в трехмерной постановке, а в другой, плоской интерпретации их рассматривать невозможно, т.к. это - существенно трехмерные тела.

Анализ публикаций по методам конструирования, инженерным расчетам и прочностным исследованиям технологической оснастки для механико-обрабатывающих операций показывает, что имеющиеся в литературе некоторые результаты и методики не могут быть использованы для разработки современной системы станочных приспособлений, обладающих наряду с универсальностью, гибкостью и мобильностью, высокими эксплуатационными показателями, прочностью, жесткостью и надежностью. Необходимо целенаправленно провести комплекс теоретических и экспериментальных исследований, результаты которых позволят на научной основе создать гамму комплектов технологической унифицированной переналаживаемой оснастки для механической обработки различных деталей в условиях опытного, мелкосерийного и серийного производства.

Во второй главе освещены условия эксплуатации и силовые факторы нагружения унифицированной технологической оснастки для обработки корпусных деталей, представлены основные принципы классификации и анализ

номенклатуры обрабатываемых деталей, показан выбор компоновочных вариантов конструкций комплекта.

На выбор наиболее рационального и эффективного технологического оснащения и его структуру существенное влияние оказывает большое число исходных данных, определяющим из которых являются номенклатура обрабатываемых деталей и серийность производства изделий.

Процесс технологического оснащения новых изделий характеризуется необходимостью учета большого количества деталей, отличающихся одна от другой как конструктивными, так и технологическими признаками, что в случае конкретного анализа особенностей каждой отдельной детали приводит к необходимости разработки многочисленных специальных приспособлений, каждое из которых предназначено для обработки одной или небольшой группы деталей. Возникает необходимость в разделении деталей на виды, типы и группы по определенным признакам и параметрам, т.е. необходима конструктивно-технологическая классификация обрабатываемых деталей.

Различают два метода классификации: иерархический, при котором заданное множество объектов последовательно делится на составные подмножества, и фасетный, при котором множество объектов делится на независимые группировки по различным признакам классификации. Совокупность основных и дополнительных признаков, а также каждый в отдельности, позволяют определить состав основных и вспомогательных устройств производства.

В соответствии с указанными основными принципами классификации был проведен анализ номенклатуры деталей 19-ти наиболее характерных изделий на трех машиностроительных и приборостроительных предприятиях, что позволило получить, исследовать и классифицировать обобщенные результаты.

Для деталей типа тел вращения (класс 40) установлена зависимость между основными техническими характеристиками оборудования и предельными размерами обрабатываемых деталей. Детали этого класса по размерно-весовым параметрам условно разбиты на пять групп.

Детали общемашиностроительного применения типа "кроме тел вращения" (класс 50) разделены условно по размерным параметрам на четыре группы, по конфигурации - на две группы: детали корпусные (подклассы 501000, 502000, 508000) и детали плоскостные (подклассы 506000, 503000), по весовым параметрам - на четыре группы.

Анализ 486 наименований деталей класса 50 показал, что 25-40 % деталей требуют обработки по одной, двум или трем сторонам с одной установки, причем их высота значительно меньше длины или ширины (плоские детали). Оставшаяся часть деталей требует обработки с 4-х или более сторон, а их высота соизмерима с длиной или шириной (корпусные детали).

На основании результатов приведенного анализа и работы номенклатуры обрабатываемых деталей была проведена классификация и соответствующее группирование. Основным критерием при определении групп являлась конструктивная и технологическая общность деталей. В работе представлены типовые детали наиболее характерных изделий, обладающие обобщенными (комплексными) признаками каждой группы. Обрабатываемые детали большей частью служат для точной взаимной координации положения деталей и сборочных единиц, монтируемых из них механизмов, обеспечивая надежные кинематические связи и функционирование всего изделия. Приведены результаты проведенного статистического обследования типовых параметров обрабатываемых деталей, основными характеристиками которых являются: число обрабатываемых поверхностей и сторон, относительное количество плоских поверхностей (отдельно расположенных параллельно, наклонно), количество поверхностей, получаемых сквозным фрезерованием и по контуру, предельное отклонение расположения поверхностей, количество отверстий, а также штучное время на обработку с выделением подготовительно-заключительного времени.

Разработанный конструктивно-технологический классификатор обрабатываемых деталей обладает достаточной полнотой для охвата возможных конструктивных особенностей деталей, необходимой глубиной классификации, отражающей основные признаки деталей для выбора вспомогательных устройств производства, что обеспечивает эффективную эксплуатацию оборудования, учитывает возможность расширения количества классифицируемых деталей без нарушения установленной структуры и позволяет автоматизировать сам процесс классификации.

Проведенная классификация обрабатываемых деталей позволила получить исходные данные для выбора компоновочных вариантов конструкций гаммы комплектов станочных приспособлений и сформулировать основные требования, предъявляемые современным машиностроительным производством к технологической оснастке нового поколения. В результате определены следующие компоновочные варианты базовых приспособлений комплекса унифицированной технологической оснастки: типа сменных универсальных плит для базирования и закрепления корпусных и плоскостных обрабатываемых деталей; типа куба, двустороннего и одностороннего угольника, типа подставки для базирования и закрепления универсальных плит с обрабатываемыми деталями. Наличие такой номенклатуры базовых приспособлений позволяет производить обработку деталей всех рассмотренных классов и групп как на универсальном оборудовании, так и на станках с ЧПУ и многооперационных станках типа "обрабатывающий центр".

Станочные приспособления являются одним из основных звеньев силовых, размерных и кинематических цепей технологической системы "станок-приспособление-инструмент-деталь", находящихся в процессе обработки в

постоянном взаимодействии. Воздействие со стороны заготовки зависит от сил резания, способа ее закрепления в приспособлении и усилий закрепления. Последние представляют собой постоянную величину, зависящую от степени затяжки крепежных элементов или усилия, создаваемого механизированным приводом. Силы резания зависят от вида выполняемой технологической операции, режимов резания и характеристик инструмента. Величина воздействия со стороны станка определяется способом и усилиями его закрепления.

Базовый элемент приспособления является элементом, замыкающим на себе внутренние и внешние усилия в исследуемой системе (рис.1). Непосредственное воздействие на корпус оказывают координатно-базирующие элементы, воспринимающие, в свою очередь, действия сил резания, а также стол станка, ограничивающий перемещения точек подошвы корпуса. Координатно-базирующие элементы испытывают воздействие усилий резания через наладку с заготовкой, а в качестве ограничений выступают условия сопряжения с базовым элементом. Усилия резания представляют собой в общем случае нестационарное динамическое воздействие с изменяющимся направлением и точкой приложения в процессе выполнения технологической операции.

С помощью известных эмпирических зависимостей можно опре-

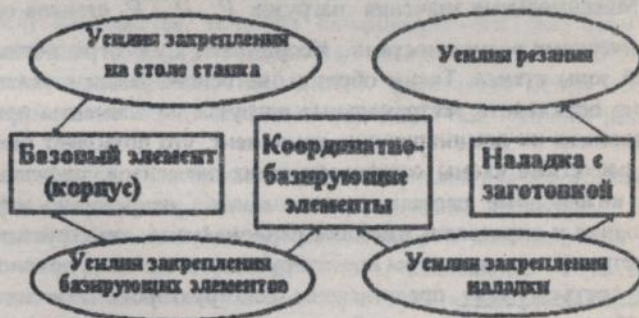


Рис.1

делить значения компонент  $P_x$ ,  $P_y$  и  $P_z$  полного усилия  $P$ , действующего на инструмент, как функций параметров процесса резания и времени  $t$ . При этом данное усилие может быть представлено в виде:

$$P = P_0 + P_1(t) \quad (1)$$

где  $P_0$  - квазистатическая составляющая усилий резания,

$P_1(t)$  - полигармоническое воздействие, характерные частоты которого, как правило, намного ниже собственных частот колебаний элементов станочных приспособлений.

На основании этого перемещения  $u$  и напряжения  $\mathcal{T}$  в элементах оснастки представимы в виде:

$$u = u_0 + u(t) \quad (2)$$

$$\sigma = \sigma_0 + \sigma(t) \quad (3)$$

В силу относительно низких возбуждающих нагрузок их воздействие на исследуемые элементы можно оценить по реакции на квазистатическое воздействие

$$P_2 = \max P_1(t), \quad (4)$$

и соответственно

$$u = u_0 + u_2, \quad (5)$$

$$\sigma = \sigma_0 + \sigma_2. \quad (6)$$

Таким образом, расчет прочностных и жесткостных характеристик исследуемых элементов производится при действии квазистатических нагрузок,

т.е.  $P = \alpha P_0$ , где  $\alpha = 1 + P_2 / P_0$ . (7)

При действии на элементы приспособления нагрузок  $\bar{P}_x, \bar{P}_y, \bar{P}_z$  с координатами  $x, y, z$  статически эквивалентная система усилий  $Q_x, Q_y, Q_z$  и моментов  $M_x, M_y, M_z$  вычисляется по соотношениям:

$$Q_x = \bar{P}_z; \quad Q_y = \bar{P}_y; \quad Q_z = \bar{P}_x; \quad (8)$$

$$M_x = \bar{P}_z y - \bar{P}_y z; \quad M_y = \bar{P}_x z - \bar{P}_z x; \quad M_z = \bar{P}_y x - \bar{P}_x y. \quad (9)$$

Максимальные значения нагрузок  $\bar{P}_x, \bar{P}_y, \bar{P}_z$  станков определяются их техническими возможностями. Координаты  $x, y, z$  ограничены размерами рабочей зоны станка. Таким образом, на основе анализа указанных факторов можно определить экстремальные нагрузки на элементы приспособлений с выделением их доминирующих компонент, что позволяет разработать реальные расчетные схемы соответствующих элементов, производить необходимые инженерные расчеты, исследования напряженно-деформированного состояния и определять наиболее рациональные конструктивные решения и геометрические параметры проектируемых станочных приспособлений.

**В третьей главе** представлены конструкторско-технологические основы разработки унифицированной технологической оснастки для механической обработки деталей, показаны ее конструктивные особенности, даны технологические рекомендации по выбору материалов, режимов термической обработки, точности механической обработки и шероховатости поверхностей элементов приспособлений.

Система унифицированной переналаживаемой технологической оснастки (УПТО-Р), включающая гамму комплектов станочных приспособлений для механической обработки деталей, разработана на основе отечественного и зарубежного опыта технологического оснащения металлообрабатывающего оборудования, анализа достоинств и недостатков известных систем переналаживаемых приспособлений и других методов оснащения изделий на предприятиях с мелко-, средне- и крупносерийным характером производства. Принятые в процессе создания системы конструктивные и технологические решения теоретически обоснованы, экспериментально подтверждены и про-

верены в производственных условиях, что обеспечено комплексом выполненных теоретических, экспериментальных исследований и производственных испытаний опытных образцов.

Сущность УПТО-Р заключается в том, что она включает в свой состав базовые конструкции, устанавливаемые на столах станков, и сменные элементы, устанавливаемые на базовых основаниях. Однако в отличие от известных систем наладочной оснастки базовые конструкции УПТО-Р с целью уменьшения трудоемкости изготовления и металлоемкости выполнены упрощенными - рамной конфигурации, а сменные конструкции - универсальными. Наличие универсальных сменных конструкций позволяет создавать из одних и тех же элементов новые приспособления для обработки различных деталей. Кроме того, в системе УПТО-Р заложен принцип длительной обращаемости элементов, обеспечиваемый их повышенной износостойкостью, прочностью, жесткостью и надежностью.

Комплект УПТО-Р включает набор базовых и сменных элементов, в том числе два куба, один односторонний угольник, два двусторонних угольника, одну подставку, пять сменных плит различных конструкций и размеров и два комплекта установочно-зажимных элементов (УЗЭ). В разработанных конструкциях предусматривается: точность базирования - 0,02 мм, диаметр базовых отверстий 30H7, диаметр установочных отверстий 10H7 мм и 22H7 мм, диаметр крепежных отверстий - M10 и M16, расстояние между осями координатно-установочных отверстий пазов -  $60 \pm 0,02$  мм, ширина пазов - 12H7 и 16H7 мм.

Большое значение имеет правильный выбор материалов для изготовления элементов системы УПТО-Р и режимов их термической обработки. Для обеспечения высокой работоспособности, надежности и долговечности деталей и сборочных единиц осуществлялось рациональное сочетание материалов с повышенными механическими характеристиками для наиболее ответственных деталей и с нормальными характеристиками для менее нагруженных деталей. В первом случае использовались стали 20Х, 40Х и другие, а во втором - Сталь 35, Сталь 45 и другие. Твердость рабочих поверхностей наиболее нагруженных и ответственных элементов (плиты, корпуса базовых деталей и др.) после термической обработки составляет 56...61 HRC<sub>2</sub>, в других случаях - 30...34 HRC<sub>2</sub>.

Точность изготовления и шероховатость поверхностей деталей УПТО-Р в большой мере определяет качество сборки компоновок, их долговечность и надежность. Однако при этом необходимо принимать наиболее рациональные решения, т.к. повышение точности и уменьшение шероховатости обработки снижает технологичность и увеличивает трудоемкость и расходы на изготовление элементов. На основании указанных зависимостей, а также с учетом конструктивно-эксплуатационной связи точности и шероховатости разработаны и представлены в работе практические реко-

мендации по выбору точности изготовления и шероховатости поверхности сопрягаемых деталей УПТО-Р.

Приведенные в работе конструкции и примеры компоновок составных частей УПТО-Р позволяют получить достаточно четкое представление о системе УПТО-Р в целом и принципе ее использования для установки деталей различных классов при механической обработке на универсальных станках, станках с ЧПУ, многооперационных станках и гибких производственных системах.

**Четвертая глава** посвящена экспериментально-теоретическим исследованиям прочности и жесткости основных элементов УПТО-Р. Представлена методика теоретических исследований универсальных сменных плит с учетом влияния Т-образных пазов и корпусов базовых оснований в трехмерной постановке, приведены результаты проведенного численного анализа, освещена методика экспериментальных исследований методами голографической спекл-интерферометрии, методом непосредственных измерений, даны практические рекомендации по обеспечению баланса жесткости, основанные на полученных результатах.

Для теоретических исследований напряженно-деформированного состояния основных элементов УПТО-Р в работе использован метод конечных элементов (МКЭ) как наиболее эффективный для решения трехмерных и других сложных задач о прочности конструируемых станочных приспособлений, поддающийся программированию и реализации на современных ЭВМ.

Исходным для решения задачи прочности и жесткости элементов УПТО-Р как в плоской, так и в пространственной постановке, являлось вариационное уравнение Лагранжа

$$\delta\Pi = \delta(U - W) = 0 \quad (10)$$

где  $U$  - работа внутренних сил, т.е. потенциальной энергии деформации;

$W$  - работа внешних сил.

$$U = \frac{1}{2} \int_{(\Omega)} \vec{\sigma} \vec{\epsilon} d\Omega, \quad W = \int_{(S)} \vec{p} \vec{u} dS \quad (11)$$

где  $\Omega$  - область, занимаемая телом элемента УПТО-Р;

$S$  - граница области  $\Omega$ ;

$\vec{p}$  - вектор нагрузки на границе области  $\Omega$ .

При этом для плоского напряженно-деформированного состояния

$$\vec{\sigma} = \{\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}\}^T, \quad \vec{\epsilon} = \{\epsilon_x, \epsilon_y, \gamma_{xy}\}^T, \\ \vec{u} = \{u, v\}^T, \quad \vec{p} = \{p_x, p_y\}^T = \{X, Y\}^T \quad (12)$$

Функции перемещений точек исследуемых элементов стержневых приспособлений выбирались в виде

$$u = \sum_{i=1}^k g_i f_i$$

где  $f_i$  - заранее выбранные координатные функции;

$g_i$  - неизвестные коэффициенты, подлежащие определению.

В частности, при решении плоской задачи теории упругости о деформировании Т-образных пазов универсальных сменных плит системы УПТО-Р, используя треугольные конечные элементы, координатные функции  $f_i$  выбирались в виде  $f_i = a_i + b_i x + c_i y$ . (13)

Представляя выражения для напряжений, деформаций и перемещений в матричной форме, уравнение (4.10) приобретает вид

$$\delta \Pi = \delta \int_{(\Omega)} \frac{1}{2} q_i^T B^T D B u d\Omega - \int_{(S)} q_i^T f_i^T p dS, \quad (14)$$

которое после преобразований можно представить в стандартной форме

$$\delta \Pi = K u - F_p \quad (15)$$

Здесь  $K = B^T D B \Delta_e t_e$  - матрица жесткости;

$\Delta_e$  - площадь треугольника конечного элемента;

$t_e$  - толщина конечного элемента.

В результате минимизации полной потенциальной энергии исследуемого элемента УПТО-Р получены системы линейных алгебраических уравнений, решаемых с помощью ЭВМ. В настоящей работе для решения сформированных уравнений использовался метод Гаусса.

При использовании прямоугольного конечного элемента в задаче об изгибе универсальных сменных плит функция прогиба выбиралась в виде

$$w(x, y) = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y + \alpha_4 x^2 + \alpha_5 xy + \alpha_6 y^2 + \alpha_7 x^3 + \alpha_8 x^2 y + \alpha_9 xy^2 + \alpha_{10} x^3 + \alpha_{11} x^2 y + \alpha_{12} xy^3. \quad (16)$$

Использование данного выражения для определения прогиба конечного элемента обеспечило непрерывность перемещений в любой точке исследуемой универсальной сменной плиты. При этом при определении полной потенциальной энергии можно ограничиться нахождением лишь потенциальной энергии изгиба, т.е.

$$\Pi = \frac{D}{2} \int_0^a \int_0^b [(\nabla^2 w(x, y))^2 + (1-\nu)[(\partial^2 w / \partial x \partial y)^2 - \partial^2 w / \partial x^2 \cdot \partial^2 w / \partial y^2]] dx dy. \quad (17)$$

где  $D = Eh^3 / (12(1 - \nu^2))$  - цилиндрическая жесткость;  
 $h$  - толщина универсальной сменной плиты.

Правую часть выражения (17) можно представить в виде

$$\Pi = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{12} \sum_{k=1}^{12} k_{ik} q_i q_k, \quad (18)$$

где  $k_{ik}$  - элементы искомой матрицы жесткости [K].

При анализе трехмерного напряженно-деформированного состояния, возникающего в корпусных деталях УПТО-Р (куб, угольники, подставка), использовались объемные конечные элементы в форме параллелепипедов с пологий аппроксимацией искомых перемещений. При этом минимизируемый функционал имеет вид

$$I(\vec{v}) = \frac{1}{2} a(\vec{v}, \vec{v}) - L(\vec{v}), \quad (19)$$

или после дискретизации

$$I(\alpha) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N k_{ij} \alpha_i \alpha_j - \sum_{i=1}^N b_i \alpha_i, \quad (20)$$

где  $k_{ij}$  - элементы матрицы жесткости;

$b_i$  - вектор правых частей;

$N$  - число степеней свободы конечноэлементной модели;

$\alpha$  - массив узловых параметров.

Условие экстремальности функционала (20)  $\frac{\partial I}{\partial \alpha_i} = 0$

сводит исходную задачу о напряженно-деформированном состоянии исследуемых элементов конструкций УПТО-Р к решению системы линейных алгебраических уравнений типа

$$K\alpha = b, \quad (21)$$

которая в данном случае решалась итерационным методом последовательной верхней релаксации.

Принимая  $\alpha^{(0)}$  за начальное приближение вектора решения  $\alpha$ , итерационный процесс осуществляется в виде

$$\alpha_i^{(n+1)} = \alpha_i^{(n)} + \frac{\omega}{k_{ii}} [b_i - \sum_j k_{ij} \alpha_j^{(n)}], \quad (22)$$

где  $\omega$  - параметр релаксации ( $0 < \omega < 2$ );

$\alpha_i^{(n)}$  - текущее значение вектора искомых параметров на  $S$ -м цикле итерационного процесса;

$k_{ij}, b_i$  - компоненты матрицы жесткости и векторы правых частей.

Релаксационный процесс (22) дает приближенное решение системы уравнений (21). В качестве критерия его окончания выбрано условие

$$p^{(S)} \leq q, \quad (23)$$

где 
$$p^{(S)} = \frac{\|\alpha^{(S)} - \alpha^{(S-1)}\|}{\|\alpha^{(S)}\|}, \quad (24)$$

$q$  - наперед заданная константа, определяющая точность вычисления,

$p^{(S)}$  - параметр, описывающий скорость изменения вектора приближенного решения на  $S$ -м шаге итерации.

Представленная методика и разработанное программное обеспечение посредством реализации на ЭВМ позволили решить поставленные задачи о прочности и жесткости универсальных сменных плит и корпусов станочных приспособлений - куба, подставки и угольника. Полученные результаты в работе представлены в виде таблиц и графических зависимостей характеристик прочности и жесткости сменных и корпусных элементов УПТО-Р от их конструктивных параметров и нагрузок.

В работе решена также задача по определению характеристик жесткости и податливости станочных приспособлений, обусловленных деформацией крепежных элементов, что позволило составить общий баланс жесткости и податливости различных компоновок системы УПТО-Р. Учитывались все основные части суммарных жесткостных характеристик:

$$\begin{aligned} u^{(0)} &= u^{(k_1)} + u^{(k_2)} + u^{(n)} \\ \mu^{(0)} &= \mu^{(k_1)} + \mu^{(k_2)} + \mu^{(n)}, \end{aligned} \quad (25)$$

где  $u^{(0)}, u^{(k_1)}, u^{(k_2)}, u^{(n)}$  - суммарные перемещения приспособления, перемещения, обусловленные деформацией корпуса, крепежных элементов и плиты соответственно;

$\mu^{(0)}, \mu^{(k_1)}, \mu^{(k_2)}, \mu^{(n)}$  - податливости (те же, что и перемещения).

Характеристики жесткости и податливости определялись по формулам

$$\begin{aligned} \alpha(i, j, k) &= S_k Q_k / u_i^{(0)} \\ \mu(i, j) &= 1 / \alpha(i, j, k) \end{aligned} \quad (26)$$

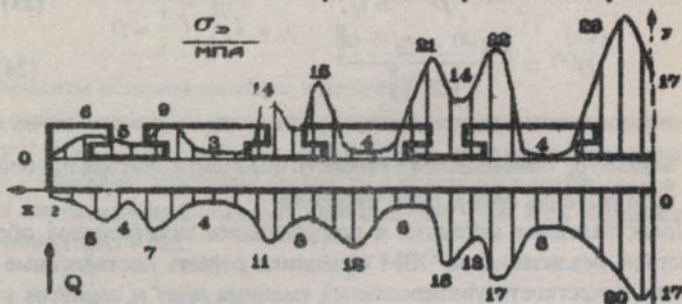
где  $Q = \sum |Q|$  - сумма абсолютных значений действующих усилий;

$S = (+1, -1)$  - определяется схемой нагружения.

В результате выполнения комплекса инженерных расчетов и теоретических исследований напряженно-деформированного состояния базовых, сменных и крепежных элементов системы УПТО-Р установлено, что критерием работоспособности и параметрической надежности компокуемых станочных приспособлений являются показатели их жесткости, т.к. величина возникающих максимальных напряжений даже при экстремальных режимах эксплуа-

тации значительно ниже допустимых значений, что однозначно вытекает из представленных в работе графиков, эovor и картины распределения нормальных, касательных и эквивалентных напряжений на рабочих поверхностях

(рис.2) и в наиболее характерных сечениях деформирующихся под нагрузкой элементов



тов

конструкции приспособлений (рис.3). При этом в системе каждого собираемого станочного приспособления "крепеж-корпус-сменная плита" наибольшей податливостью обладают крепежные элементы,

достигающие 85-90% общей податливости компоновки, а жесткости корпусных деталей и сменных плит по уровню соответствуют друг другу. Поэтому для обеспечения работоспособности приспособлений и достиже-

ния заданной точ-

ности обработки усилия закрепления корпусных элементов на столе станка, а также сменных плит на корпусах и обрабатываемых деталей на плитах должны в 2,5-3,0 раза превышать величины соответствующих сил резания.

Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния базовых корпусных деталей системы УПТО-Р выполнены наиболее эффективными в настоящее время методами голографической и спеклинтерферометрии, обладающими высокой точностью, достаточной простотой практической реализации и возможностью проведения бесконтакт-

Рис.2

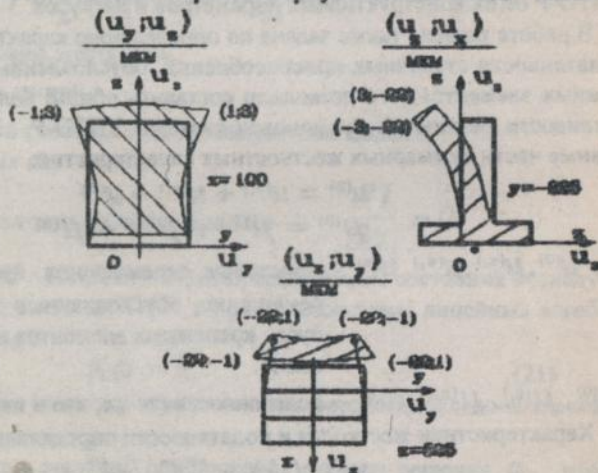


Рис.3

тных неразрушающих экспериментов на реальных образцах элементов приспособлений в лабораторных и производственных условиях.

Для монтажа экспериментальной установки использовались оптическая система СИН и специально разработанные нагрузочные приспособления (рис.4). Источником когерентного освещения объектов исследования являлся оптический квантовый генератор ЛГ-238 с длиной волны  $\lambda = 0,633$  мкм, в качестве регистрирующей среды использовались высокоразрешающие фотопластины для голографии типа

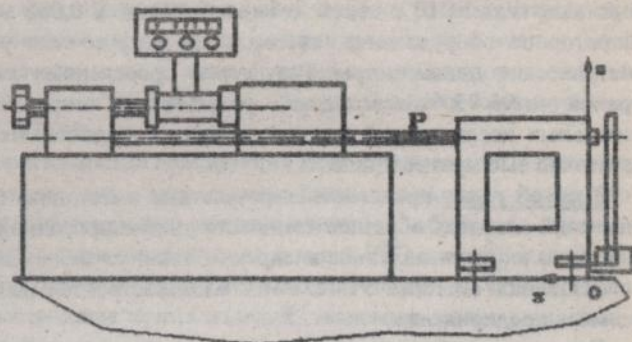


Рис.4

ПФГ-03. Применялся метод двойной экспозиции по схеме Денисюка во встречных пучках. Расшифровка голографических интерферограмм процесса деформирования элементов УПТО-Р производилась в соответствии с интерференционной зависимостью вида

$$u_x \cos \alpha + u_y \cos \beta + u_z (\cos \gamma + 1) = N\lambda, \quad (27)$$

где  $u_x, u_y, u_z$  - компоненты вектора смещений точек исследуемых поверхностей станочных приспособлений;

$\alpha, \beta, \gamma$  - направляющие углы наблюдения;

$N$  - порядок интерференционных полос на голограмме.

В связи с использованием оптической схемы Денисюка

$$\alpha = \beta = 0, \quad \gamma = \pi/2;$$

тогда из выражения (27) следует  $u_z = N\lambda/2$ . (28)

Получены голографические интерферограммы деформированного состояния базовых корпусных деталей УПТО-Р при перепадах нагрузок  $\Delta P_1 = 1,5$  кН,  $\Delta P_2 = 5$  кН,  $\Delta P_3 = 8$  кН, контролируемых при помощи специального оригинального тензометрического динамометра. Анализ полученных интерферограмм позволил получить в виде графиков и эпор картины деформирования корпусов гаммы комплектов системы УПТО-Р.

Соответствие обработанных экспериментальных результатов данным теоретических расчетов служит подтверждением правильности выбора исходных расчетных схем, методики исследований, а также достоверности полученных результатов.

Для оценки реальности и достоверности результатов теоретических и экспериментальных исследований прочности и жесткости элементов разработанной системы станочных приспособлений проведены также исследования их жесткости методом непосредственных измерений на опытных образцах в лабораторных условиях. Использовались индикаторы многооборотные типа МИГ с ценой деления 0,001 мм и 0,002 мм, универсальное лабораторное оборудование, специальные нагрузочные устройства и тензометрические динамометры. Результаты проведенных лабораторных измерений на 90-95 % совпадают с результатами теоретических и экспериментальных исследований, что однозначно определяет их достоверность и достаточно высокую точность.

В пятой главе представлены результаты и методика производственных испытаний опытных образцов комплекта унифицированной технологической оснастки и их промышленное внедрение, технико-экономические показатели использования системы УПТО-Р на машиностроительных и приборостроительных предприятиях.

В проведенной серии производственных испытаний опытных образцов разработанной гаммы комплектов станочных приспособлений проверялась эффективность конструктивных и технологических решений, принятых по результатам комплекса выполненных исследований, определялась работоспособность, параметрическая и прочностная надежность компоновок, а также точность и качество обработки деталей. Испытания проводились на различных типах оборудования при экстремальных режимах эксплуатации и максимальных нагрузках. Результаты производственных испытаний показали полное соответствие технических, эксплуатационных и технологических характеристик системы УПТО-Р исходным требованиям, целям и задачам, сформулированным в работе.

Гамма комплектов УПТО-Р внедрена и эффективно эксплуатируется на ПО "Завод Арсенал", ПО "Завод имени Малышева", ПО "Мелитополь-продмаш". Экономическая эффективность внедрения системы УПТО-Р, учитывающая экономию средств от замены стационарной технологической оснастки на унифицированную переналаживаемую, сокращения сроков проектирования, снижения трудоемкости изготовления, экономии конструкционных и инструментальных сталей, составляет 201,7 тыс.руб. в ценах 1990 г., что подтверждено актами

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Анализ состояния технологической оснащенности, тенденций развития и организации механообрабатывающего производства предприятий Украины позволил выявить конструктивные особенности и структурный состав унифицированной технологической оснастки (УПТО-Р) для обработки корпусных деталей изделий специального назначения, преимущества и

недостатки применяемых систем приспособлений и указал направления разработки и исследования прогрессивных конструкций, обеспечивающих более эффективное и качественное использование технологического оборудования.

2. Исходя из условий эксплуатации применяемого оборудования, номенклатуры обрабатываемых корпусных деталей и режимов резания, определены и обоснованы компоновочные варианты унифицированной оснастки, типоразмеры, возможные схемы нагружения, величины действующих рабочих нагрузок, требования к конструкциям и критерии оценки параметров основных элементов УПТО-Р.

3. Разработаны оригинальные конструкции переналаживаемой технологической оснастки рамного типа, включающие базовые основания (кубы, угольники, подставки), универсальные сменные плиты (с Т-образными пазами и координатно-фиксирующими отверстиями), а также УЗЭ для закрепления обрабатываемых деталей, обеспечивающие снижение затрат на технологическую подготовку производства новых изделий, экономию металла, уменьшение трудоемкости оснащения.

4. Разработаны расчетные схемы и математические модели инженерных расчетов, определены методы и разработаны конкретные методики теоретических и экспериментальных исследований основных элементов системы УПТО-Р.

5. В результате теоретических исследований напряженно-деформированного состояния базовых и сменных элементов УПТО-Р установлено:

- максимальные значения эквивалентных напряжений, возникающих в элементах УПТО-Р, в 1,4-4,2 раза ниже допустимых, вследствие чего при оценке конструктивных параметров элементов приспособлений определяющим выступает критерий жесткости;

- в цепи станочного приспособления "крепеж-корпус-сменная плита" наибольшей податливостью, составляющей 70-90 % общей податливости компоновки, обладают крепежные элементы;

- двукратное увеличение высоты Т-образного паза универсальной сменной плиты при ее неизменной толщине приводит к повышению прогибов на 7,4 % и напряжений на 9,5 %, что практически не влияет на жесткость и прочность плит;

- уменьшение ширины Т-образного паза универсальных сменных плит с 16 мм до 12 мм приводит к повышению жесткости плиты в 1,23 раза и снижению уровня напряжений в 1,32 раза;

- базовые и сменные элементы УПТО-Р по уровню жесткости соответствуют друг другу, что свидетельствует о рациональности выбора их конструктивных параметров;

- условием приведения жесткости крепежных элементов в соответствие с жесткостью базовых и сменных элементов является двух-трехкратное

превышение усилия затяжки крепежных элементов над уровнем действующих сил резания;

- рациональными параметрами, наиболее влияющими на податливость приспособления являются толщина универсальных сменных плит, равная 40 мм, и толщина опорной плиты двухсторонних угольников - 100 мм;

- установленные значения основных параметров элементов УПТО-Р обеспечивают общую податливость приспособлений в пределах 2-5 мкм/кН, что удовлетворяет требованиям обеспечения заданной точности обработки.

6. В результате экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния основных элементов УПТО-Р получено качественное подтверждение теоретических исследований. Расхождение между результатами теоретических и экспериментальных исследований не превышает 10 %.

7. В результате исследования точности изготовления базовых и сменных элементов установлены основные погрешности в деталях УПТО-Р и определены коэффициенты для вероятностных расчетов.

8. Разработанная технология вклеивания координатно-фиксирующих втулок в корпуса универсальных сменных плит обеспечивает снижение трудоемкости их изготовления в 3 раза, высокую точность и повышенную ремонтопригодность.

9. Результаты теоретических и экспериментальных исследований основных элементов конструкции позволили разработать методические и практические рекомендации по определению конструктивных параметров УПТО-Р и установить их рациональные значения, обеспечивающие прочность, жесткость и работоспособность приспособлений в течении 10 лет при одновременном снижении металлоемкости и трудоемкости изготовления.

10. Основные результаты и практические рекомендации работы внедрены на трех предприятиях Украины и подтверждены значительным сроком эксплуатации (свыше четырех лет) опытных комплектов УПТО-Р. Экономический эффект от внедрения результатов работы составил 201,7 тыс.руб. в ценах 1990 г., что подтверждено актами.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Ряховский А.В. Исследование жесткостных характеристик элементов и баланс жесткости приспособлений УПТО-Р // Научно-технич. сб. "Перспективные вопросы развития базовых технологий в машиностроении". - Харьков: ХНИИТМ, 1995, с.56-62.

2. Мовшович А.Я., Виноградов А.В., Зайченко Е.И., Ряховский А.В. Математические модели силового взаимодействия и исследования жесткости и прочности переналаживаемой оснастки // Тезисы докладов междунар. научно-технич. семинара "Высокие технологии" - Алушта-Харьков: ХГПУ, 1995, с.87-89.

3 Зярянко Е.И., Ряховский А.В. Определение жесткости станочных приспособлений рамной конструкции методом голографической интерферометрии. // Оборонная техника. № 12. - М.: ЦНИИинформация, 1994, с.22-25.

4. Ряховский А.В., Ткачук А.В., Кузнецова Л.Г., Ткачук Н.А. Влияние Т-образных пазов на прочностные и жесткостные характеристики базовых плит. // Сб матер. "Презентация новых разработок ХНИИТМ". - Харьков: ХНИИТМ, 1992, с.14-22.

5. Ряховский А.В., Дуринский Н.П. Опыт изготовления переналаживаемых штампов на предприятии. // Тезисы докладов научно-технич. семинара "Разработка и промышленная реализация проблемных вопросов технологической подготовки производства изделий на предприятиях отрасли. - Харьков: ХНИИТМ, 1991, с.60-62.

6 Световой О.И., Котляр А.Н., Ряховский А.В. Перспективы развития новых видов средств механизации и автоматизации техоснастки для механикообрабатывающего производства //Сб. Прогрессивные виды УСПЮ. - М.: ЦНИИинформации, 1987, с.23-28.

7 Затолюкин В.И., Световой О.И., Ряховский А.В., Армяновский В.Е. Повышение уровня механизации станочной оснастки на предприятии. // Передовой опыт, № 8. - М.: ЦНИИинформации, 1987, с.31-36.

8 Световой О.И., Ряховский А.В., Армяновский В.Е. Состояние и перспективы внедрения унифицированных средств механизации техоснастки на предприятиях отрасли // Передовой опыт, № 2-3. - М.: ЦНИИинформации, 1987, с.11-16.

9 Световой О.И., Ряховский А.В., Буденный М.М. Технологическая оснастка с агрегатными средствами механизации и вопросы техники безопасности при ее эксплуатации. Альбом-справочник. - М.: ЦНИТИ, 1986 - 54 с.

10 Ряховский А.В., Кобзев А.С., Световой О.И. Унифицированные средства механизации переналаживаемой и специальной оснастки. // Вопросы оборонной техники. Серия 7, № 6. - М.: ЦНИТИ, 1985, с.27-32.

11 Световой О.И., Ряховский А.В., Перов В.А. Безопасность механизированной технологической оснастки //Машиностроитель, № 12. - М.:Машиностроение, 1985, с.14-18.

12 Ряховский А.В., Световой О.И., Кобзев А.С. Унифицированные средства механизации станочных приспособлений //Техника, экономика, информация, № 4. - М.: ЦНИИ-информации, 1984, с.9-14.

14 Световой О.И., Кобзев А.С., Ряховский А.В. Состояние и перспективы внедрения унифицированных средств механизации техоснастки в отрасли // Вопросы оборонной техники. Серия ХУП, № 145. - М.: ЦНИИинформации, с.33-38.

15. А.С. № 1122469 (СССР) Зажимное устройство /Ряховский А.В., Перов В.А., Световой О.И. - Опубл. 07.11.84, Б.И. № 41.

16. А.С. № 1397240 (СССР) Устройство для закрепления деталей. /Армяновский В.Е., Ряховский А.В. и др. - Опубл. 23.05.88, Б.И. № 19.

17. А.С. № 1488610 (СССР) Гидроцилиндр / Армяновский В.Е., Ряховский А.В., Кобзев А.С. - Опубл. 23.06.89, Б.И. № 23.

## АННОТАЦИЯ

УДК 621.9-229

Ряховский А.В. Разработка и внедрение комплекта унифицированной технологической оснастки для обработки корпусных деталей специзделий. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по

специальности 05.02.08 - "Технология машиностроения", Харьковский государственный политехнический университет, г. Харьков, 1996.

Содержит методики и результаты теоретических и экспериментальных исследований, представляющих собой научные основы и конструкторско-технологические рекомендации по конструированию, изготовлению и внедрению унифицированной технологической оснастки для механообрабатывающего производства, методологию выбора компоновочных решений, состав, технологические характеристики и область применения разработанной системы УПТО-Р. Гамма комплектов УПТО-Р внедрена на трех машиностроительных и приборостроительных предприятиях Украины.

Ключевые слова: унифицированная оснастка, подготовка производства, переналаживаемые приспособления, трудоемкость, металлоемкость, надежность, эффективность.

Ряховський О В Розробка та впровадження комплекту уніфікованого технологічного оснащення для виготовлення корпусних деталей спецвиробів. Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 - "Технологія машинобудування", Харківський державний політехнічний університет, м. Харків, 1996.

Вмщує методики та результати теоретичних і експериментальних досліджень, які становлять наукові основи та конструкторсько-технологічні рекомендації з конструювання, виготовлення і впровадження уніфікованого технологічного оснащення для механообробного виробництва, методологію вибору компоновальних рішень, склад, технічні характеристики та галузь застосування розроблених систем УПТО-Р. Гама комплектів УПТО-Р впроваджена на трьох машинобудівних та приладобудівних підприємствах України.

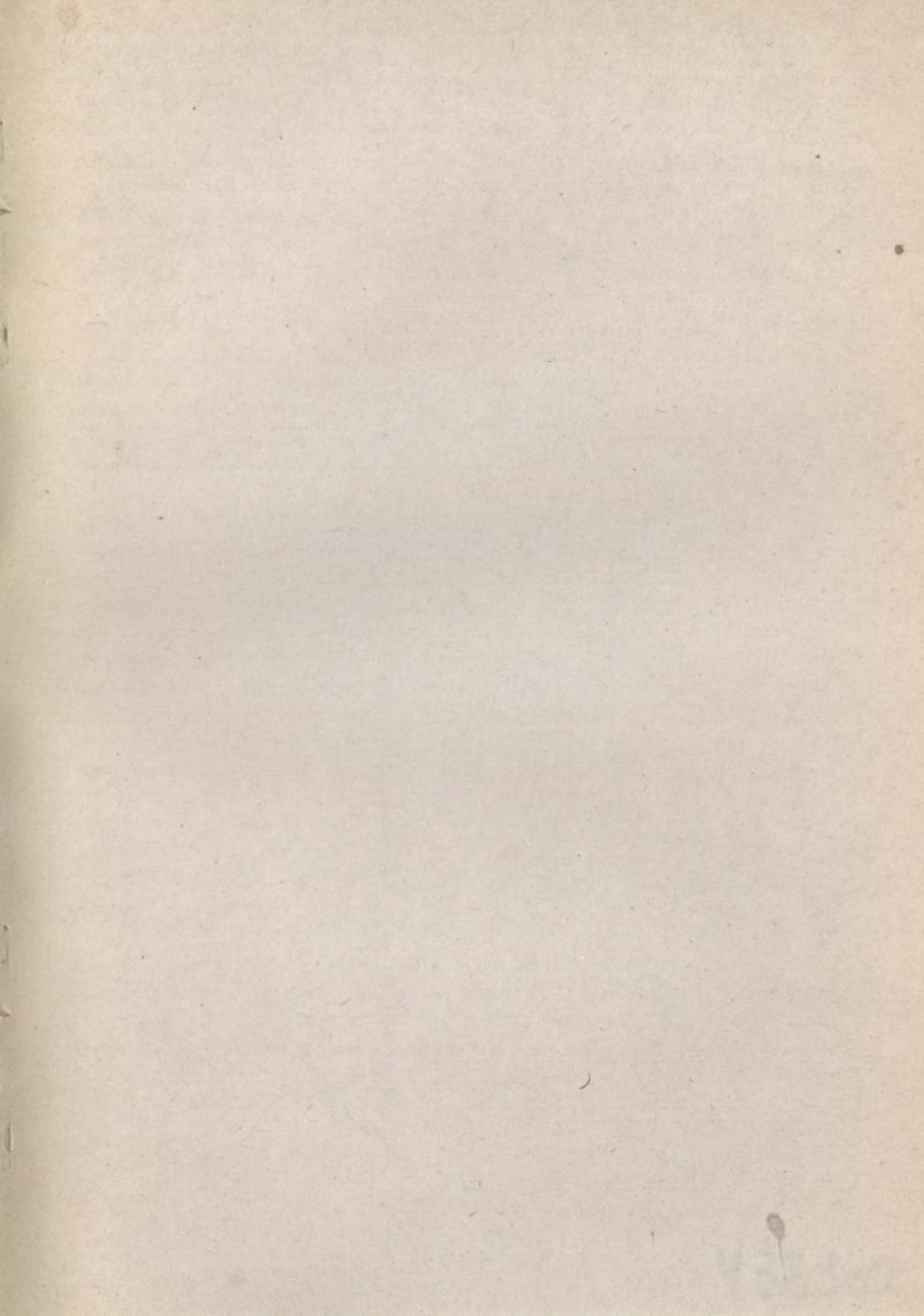
Rjahovsky A V Elaboration and introduction of the unified technological machining tooling set for processing the corps details of special products. The speciality of dissertation is mechanical engineering technology 05.02.08 - "Machinebuilding technology", Kharkov State Politechnical University, Kharkov, 1996.

The thesis includes the description of methods and results of theoretical and experimental researches, the scientific basis and design-technological recommendations on constructing, making and introduction of unified technological machining tooling for mechanic-processing production, methods of choosing compound decisions, composition, technical characteristics and using area of developed system URTP-F. The range of sets URTP-F is introduced at three machine-building and instrument-building plants of Ukraine.

Ротопринт ХННІІТМ Заказ № 610

Подписано к печати 4 09 96 г

Тираж - 120 экз



... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

*[Handwritten signature]*

AP 32 205

438360

AB 35.592