
Секция 11**Научоемкие технологии
в ракетно-космической технике****ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ
ВЫПОЛНЕНИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ
СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА «КОСМОС-СГ»,
И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ**

*Г.В. Коровин, В.В. Меньшиков
НИИ космических систем им. А.А.Максимова –
филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева*

В рамках реализации мероприятий Программы в процессе тесного научно-технического сотрудничества кооперации 55 предприятий, организаций, академических институтов и высших учебных заведений России и Беларуси создаются перспективные космические разработки. В результате выполнения Программы будут созданы ключевые элементы бортовых специальных и служебных систем микроспутника нового поколения, экспериментальные элементы единой системы обеспечения космической информацией различных потребителей, созданы и отработаны элементы интегрированной навигационно-информационной системы повышенной точности.

В 2007 году завершается выполнение Программы Союзного государства «Разработка и использование перспективных космических средств и технологий в интересах экономического и научно-технического развития Союзного государства», («Космос-СГ»), начатой в 2004 году.

В этом году мы вышли на завершающий этап выполнения Программы «Космос-СГ».

Таким образом, в результате выполнения Программы «Космос-СГ» будет создано более 65 % бортовых специальных и служебных систем микроспутника нового поколения.

Контроль выполнения работ по Программе Союзного государства «Космос-СГ» за период 2004-2007 годов показал, что финансирование программы осуществлялось своевременно и в полном объеме. Все ме-

роприятия программы Союзного государства «Космос-СГ» выполняются в соответствии с утвержденной Советом Министров Союзного государства Программой, выделяемые средства расходуются предприятиями и организациями по целевому назначению. Это документально подтверждено проверкой целевого и эффективного использования средств бюджета Союзного государства, выделенных на реализацию Союзной программы «Космос-СГ», Счетной палатой Российской Федерации, проведенной в марте-апреле 2007 года.

В заключение необходимо отметить, что космонавтика это отрасль, которая традиционно аккумулирует все передовые достижения науки и техники, и которая имеет устойчивую тенденцию к превращению в одну из наиболее технологичных и рентабельных отраслей современной экономики. Созданный в Программе «Космос-СГ» задел должен быть использован и получить дальнейшее развитие в перспективных космических разработках. Решение ряда проблем, из которых наиболее важными и актуальными являются разработка базовых элементов орбитальных и наземных космических средств, отработка новейших технологий и разработка совместными усилиями перспективного микроспутника на базе унифицированной космической платформы с использованием современных технологий, позволит создать образцы космической техники, конкурентоспособные на мировом рынке космических услуг. Эти проблемы Федеральное космическое агентство и Национальная академия наук Беларуси предлагают решить в рамках новой научно-технической программы Союзного государства «Разработка базовых элементов, технологий создания и применения орбитальных и наземных средств многофункциональной космической системы». Шифр новой Программы – «Космос-НТ».

**КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И НАДЕЖНОСТЬЮ
МАЛОСЕРИЙНЫХ СЛОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

*В.А. Меньшиков, В.Д. Куреев, Л.С. Медушевский
НИИ космических систем им. А.А.Максимова –
филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева*

Разработка концепции управления уровнем качества и надежности малосерийных сложных изделий РКТ проведена с учетом анализа достигнутого уровня качества и надежности отечественных и зарубежных образцов РН и КА, учета современных требований к уровню и системам качества перспективных изделий отрасли.

В основу концепции положены новые научные результаты исследований по вопросам обеспечения, контроля и управления качеством и надежностью образцов РКТ, к основным из которых относятся:

обоснование компоновочных схем ракет-носителей на основе использования проектно-надежностных параметров;

оценка и прогноз надежности ракет-носителей на основе моделей безотказных пусков;

оценка и планирование уровня качества изделий и их составных частей на основе структурных схем контроля качества;

планирование и проведение профилактических мероприятий по обеспечению качества изделий на основе результатов прогноза их надежности;

поэтапный контроль качества и надежности;

оценка и прогнозирование долговечности КА на этапе их штатной эксплуатации;

планирование контроля качества на основе методов выборочно-сплошного контроля;

проведение оценки качества с использованием показателей «число сигм»;

установление в системе качества объектов и параметров управления.

При разработке концепции управления уровнем качества и надежности учтены следующие основные факторы:

- современные требования к качеству и надежности перспективных сложных изделий ракетно-космической техники;
- современные требования к управлению качеством на основе использования методологии TQM;
- требования к системам качества, определяемые новыми международными стандартами ИСО 9000:2000;
- требования международного рынка коммерческой РКТ.

При разработке концепции учтено, что функционирование системы менеджмента качества определяется следующими основными аспектами:

- внедрением современных и информационных технологий для решения задач анализа, планирования, обеспечения, оценки, управления и контроля;
- использованием системы информации о техническом состоянии и надежности образцов и их элементов, соответствующей идеологии применения CALS (ИПИ) – технологий;

- уровнем компьютерного обеспечения решения задач менеджмента качества, задач анализа, планирования, обеспечения, оценки, управления и контроля.

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
НА РКН, ПЕРЕДАВАЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ СТЫКОВКИ И
ОТСТЫКОВКИ КОММУНИКАЦИЙ**

Ю.Л. Арзуманов, А.В. Поддерезгин

*Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)*

В процессе стыковки коммуникаций с бортовой платой РКН, слежения за стоящей на пусковом столе ракете, а также отстыковки коммуникаций, неизбежно возникают усилия и моменты (силовые воздействия), передаваемые от стыковочного устройства на борт РКН. Эти силовые факторы имеют важное значение. Превышение их величин, относительно допустимых по ТЗ, влечет за собой большое количество негативных последствий, начиная от деформации самой бортовой платы и потери герметичности стыка, до потери устойчивости РКН при старте. В связи с этим измерение силовых воздействий (усилий и моментов), передаваемых в процессе стыковки и отстыковки стыковочного устройства на бортовую плату РКН, является важным этапом экспериментальной отработки стыковочного устройства. Одновременно в ходе этих работ уточняются величины расчетных усилий и моментов. Существует необходимость в измерительном устройстве, обеспечивающем возможность одновременного измерения усилий и моментов относительно трех взаимно-перпендикулярных осей (шестикомпонентный динамометр). При этом устройство должно исключать взаимное влияние силовых факторов друг на друга, быть удобным в применении и несложным по конструкции.

В докладе рассмотрен принцип действия этого устройства, алгоритм измерения силовых воздействий, особенности конструкции. Приводится пример его использования при заводских испытаниях стыковочного устройства.

Данное измерительное устройство позволило ускорить экспериментальную отработку ряда агрегатов стыковки для РКН семейства «Ангара», подтвердить и уточнить расчетные значения силовых воздействий на борт ракеты.

**СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА
ПРИБОРНОГО ОТСЕКА***А.Н. Слепухин**Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)*

При изготовлении и испытаниях космических аппаратов (КА) существует необходимость в обеспечении оптимального теплового режима приборных контейнеров КА. Эта задача решается с помощью применения систем термостатирования высокого давления (СТВД), обеспечивающих подачу воздуха в качестве теплоносителя под давлением в подобтекательное пространство КА.

В докладе изложены требования, предъявляемые к СТВД, приведена структура типовой СТВД, включающая пневматический редукторный блок, нагреватель, электронный блок регулирования и информационные датчики. Рассмотрен принцип действия таких систем и основные положения методики их расчета.

Пневматический редукторный блок позволяет получить требуемый расход и давление воздуха на выходе. Кроме того, с его помощью решается задача формирования пониженной температуры воздуха за счет температурных процессов, имеющих место при дросселировании через редуктор. Для возможности регулирования температуры в требуемом диапазоне в структуру СТВД введен нагреватель. В докладе приводится методика расчета и выбора типа нагревателя.

При проектировании СТВД необходимо учесть наиболее возможные нештатные ситуации: отсутствие расхода воздуха через нагреватель и выдача потребителю перегретого воздуха. В докладе рассматриваются простые и эффективные способы их отработки.

Электронный блок регулирования управляет работой нагревателя, обеспечивая автоматическое поддержание заданной температуры воздуха на выходе системы. При этом используется релейный принцип управления вследствие его большого быстродействия и простоты схемной реализации.

С целью повышения точности процесса регулирования температуры рассматривается задача модернизации СТВД, состоящая в изменении её структуры для реализации оптимального управления на основе применения ПИД-регуляторов с импульсно-релейным выходом.

**АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНИЗМА ОТВОДА
С УЧЕТОМ РЕЖИМА ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ
В УСТРОЙСТВЕ ТОРМОЖЕНИЯ**

И.Ю. Сорванова

*Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)*

Одним из основных элементов любого механизма отвода (МО) коммуникаций являются устройства торможения отводимых частей механизма в процессе его работы. Наиболее широко применяются гидравлические тормозные устройства.

В используемых методиках анализа динамики МО, при определении силы сопротивления F_r гидравлических тормозных устройств предполагается, что режим течения жидкости в них – турбулентный. Но при работе устройства может произойти смена режима течения с турбулентного на ламинарный, при котором вязкость жидкости оказывает сильное влияние на потери напора, что может существенно изменить характеристики процесса отвода механизма.

Предлагается дополнить существующие методики расчета МО определением силы сопротивления F_r гидроустройств с учетом режима течения жидкости в нем.

С целью исследования влияния смены режима течения жидкости в гидроустройствах гашения энергии отводимых частей была построена динамическая модель механизма отвода, отражающая процессы в пневмоприводе и устройстве торможения гидравлического типа, а также механическое движение частей агрегата. Особенностью полученного математического описания является учет влияния режима течения жидкости в гидроустройстве торможения, а также учет реальных свойств газа при описании процессов в полостях пневмопривода.

С использованием программного комплекса по расчету пневмогидромеханических систем произвольной структуры было выполнено моделирование работы механизма в процессе отвода коммуникаций с торможением подвижных частей в конце рабочего хода.

Предлагаемая методика определения силы сопротивления позволяет на этапе проектирования учесть особенности работы гидроустройств при низких температурах окружающей среды, что приводит к повышению надежности проектируемых механизмов отвода.

**ОБЪЕДИНЕНИЕ РЕСУРСОВ АКАДЕМИЧЕСКОЙ И
ОТРАСЛЕВОЙ НАУКИ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В РКТ**

А.Н. Дубовой, С.В. Пушкарский, Е.В. Трошин

Развитие высокотехнологичного комплекса характеризуется большой степенью интеграции различных отраслей науки и техники. В результате этого создание новейших образцов техники и технологии силами одного предприятия или ограниченной кооперации становится невозможным.

Разработка инновационного проекта требует привлечения значительного научного потенциала, финансовых ресурсов, в т.ч. и СГ. При этом на начальных этапах проектирования, когда проводятся иногда только теоретические исследования в виде научно-исследовательских работ, риск вложений достаточно велик.

В настоящее время на предприятии взято направление на работы в области создания и использования нанотехнологий. Фундамент для революционного развития в области нанотехнологий закладывается на рубеже 2010-2015 годов. Прогнозируемый к этому времени рынок нанопродукции составит один триллион долларов США. Развитие нанотехнологий в мире и реализация их преимуществ, позволяет говорить о начале третьей научно-технической революции. Её потенциал способен изменить мировую энергосистему, осуществить переворот в экономике, политике, вооруженной борьбе и безопасности всех государств.

В связи с этим представляет интерес совместное рассмотрение развития нанотехнологий и их прикладного использования в различных отраслях.

Вот здесь и возникает потребность в проведении исследований в рамках метапроекта. Таким метапроектом может быть создание космических систем нового поколения на основе миниатюризации орбитальных средств, в частности создание сверхмалых космических аппаратов, имеющих массу порядка нескольких десятков и даже единиц килограммов. Очевидно, что без новейших достижений в области фундаментальной науки, в частности в области нанонауки и нанотехнологий создать такие системы принципиально невозможно.

Одним из вариантов объединения усилий различных отраслей и видов научной и инновационной деятельности является разработка совместных проектов Россией и Беларусью. НИИ КС уже имеет опыт инте-

грации усилий в области создания космических систем в рамках союзного государства России и Беларуси.

Для решения новой проблемы целесообразно объединение научно-технических потенциалов двух государств, Беларуси и России в области освоения и использования нанотехнологий.

Научно-технические результаты реализации программы:

- внедрение наукоёмких нанотехнологий в различные сферы науки, техники и экономики;
- эффективное использование специализации предприятий России и Беларуси по отдельным направлениям работ в области нанотехнологий;
- эффективное использование квалифицированных кадров, научно-производственной и технологической баз государств;
- использование единого научно-технического пространства СГ для реализации преимуществ интеграции научных достижений в области высоких технологий;
- разработка и использование перспективных методов, технологий и программно-аппаратных средств для продвижения на международный рынок НТП и услуг предприятий СГ.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЙ ГКНПЦ ИМ. М.В. ХРУНИЧЕВА ДЛЯ
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПОЛЕТОВ
К ЛУНЕ И МАРСУ**

*А.И. Кузин, С.Н. Лозин, А.А. Нестеренко, В.Г. Петухов,
С.Е. Пугаченко, И.А. Соболев, В.Ю. Юрьев*

*Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В.Хруничева*

Технический облик перспективной транспортной космической системы (ТКС), в первую очередь, определяется потребностями в доставке экипажа и грузов на трассах перелетов. Эти потребности, в свою очередь, определяются характеристиками обслуживаемой с помощью ТКС космической и напланетной инфраструктуры для изучения и освоения Луны и исследования Марса.

В состав космических средств рассматриваемой ТКС входят средства выведения, транспортные орбитальные средства и взлетно-посадочные средства. В данной работе применительно к выбранной схеме перелета с Земли на Луну основные характеристики указанных космических средств определяются исходя из предположения, что при их создании в максимальной степени используются существующие тех-

нологии, освоенные в ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, а также уже разработанные и существующие конструктивные элементы, применявшиеся в разгонных блоках «Бриз-М», «Бриз-КМ», транспортном корабле снабжения, блоках пилотируемых орбитальных станций СМ и ФГБ. В то же время при определении характеристик бортовых систем принимаются во внимание и перспективные разработки последних лет в данной области.

В качестве схемы полета в данной работе рассматривается схема перелета на орбиту искусственного спутника Луны или Марса со сборкой лунного и марсианского транспортных комплексов на ОИСЗ. Стыковка на ОИСЛ и ОИСМ обеспечивает переход экипажа и перенос грузов между орбитальными и взлетно-посадочными транспортными средствами. Использование орбитальной станции (ОС) повышает безопасность полетов и расширяет возможности по хранению грузов и топлива. На борту ОС размещается также комплекс исследовательского оборудования массой 1,2...1,5 т. Помимо обслуживания лунной базы ТКС должна обеспечивать обслуживание бортовых систем и целевой нагрузки ОС.

В работе в рамках указанных диапазонов характеристик рассмотрен ряд концепций построения ТКС с использованием ракет-носителей с массой груза, выводимого на низкую околоземную орбиту, изменяющейся в пределах от 25 до 150 тонн. Определен технический облик пилотируемых, грузовых и грузопассажирских орбитальных и взлетно-посадочных кораблей. Разработана математическая модель, позволяющая определить облик и состав ТКС в зависимости от предъявляемых требований по грузопотоку.

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЛИКУ ЛУННОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ И ЛУННОЙ БАЗЫ

*Ю.О. Бахвалов, С.А. Петроковский, В.Н. Каменщиков,
С.Е. Пугаченко, В.А. Ефимов, А.В. Перфильев*

*Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В.Хруничева*

*В.В. Суворов, Л.А. Мордасов
ФГУП ЦНИИМаш*

Логичным продолжением многих успешно реализованных проектов долговременных орбитальных станций может стать экспансия на окололунную орбиту и Луну. Разработаны предложения по техническому облику лунной орбитальной станции (ЛОС) и лунной базы (ЛБ).

При анализе массовых характеристик ЛОС и ЛБ предполагалось, что для ее выведения на траекторию полета к Луне будет использоваться ракета-носитель грузоподъемностью 100 т и разгонный блок, способный вывести 37 т на отлетную траекторию. Такая масса полезной нагрузки позволяет создать моноблочную ЛОС. Численность экипажа станции составляет два человека для экспедиций продолжительностью в 180 суток и четыре человека для экспедиций посещения. ЛОС имеет два осевых и четыре радиальных стыковочных узла. Жилые отсеки частично экранированы топливными баками для снижения радиационного фона внутри них. Каюты экипажа имеют дополнительную радиационную защиту и могут служить убежищем во время солнечных вспышек. На ЛОС предусмотрен манипулятор для работы с грузами, доставляемыми транспортными кораблями на негерметичных платформах. В качестве элемента дооснащения будет установлена наружная платформа для хранения таких грузов.

Для размещения ЛБ начального этапа выбрана экваториальная область Луны. ЛБ состоит из трех модулей: служебно-шлюзового, складского и целевого, каждый массой 9 т. Численность экипажа на базе может составлять два или четыре человека, а продолжительность экспедиции – от двух недель до полугода. Служебно-шлюзовой модуль имеет систему электроснабжения на основе солнечных батарей, оснащен индивидуальными каютами и шлюзовой камерой. Служебно-шлюзовой и складской модули стыкуются между собой, а целевой – соединяется с ними электрокабелем.

При проработке процесса развертывания ЛБ было выявлено, что наибольшие трудности будут представлять перемещение модулей с посадочных ступеней на поверхность Луны, а также их буксировка до места установки и стыковка между собой. В качестве базового рассматривался вариант с модулями, размещаемыми на месте базирования за счет собственных технических средств. Также проанализирован вариант с использованием автоматического или дистанционно управляемого крана-транспортера, который используется для разгрузки и перевозки модулей.

**НАНОТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

*С.В. Колпаков, В.М. Паршин
Международный Союз металлургов
А.Н. Чеховой*

ИЦ РИА «Передовые технологии»

В последние десятилетия в науке и производстве черных металлов наблюдается интенсивный технологический прогресс, который в наши дни характеризуется, в первую очередь, развитием нанотехнологий.

В большой металлургии также используются технологии, построенные на принципе "нано". Это интенсивная пластическая деформация стали в закрытых штампах и закрытых калибров валков, термодинамический процесс с высокими степенями деформаций и пониженной температурой конца прокатки, термоциклическая обработка готовых профилей. Количество выпускаемой продукции черных металлов с применением нанотехнологии не велико. В настоящее время появилась значительно более дешевая технология производства массовых видов стального проката, решающего проблему повышения потребительских свойств металлопродукции путем целенаправленного формирования мелкозернистой и чистой структуры стали, получившей название микролегирование стали нитридными нанофазами.

Впервые в мировой практике осуществлена промышленная нанотехнология микролегирования жидкой стали в ковше нитридообразующими материалами и азотом, находящемся в атомарном состоянии. Для этого применяется дешевое органическое вещество – карбамид $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, массовая доля азота в котором составляет 46,6%.

Карбамид вводится в сталеразливочный ковш по специальной схеме и в нужной пропорции с лигатурами. При контакте с жидким металлом происходит его разложение с выделением большого объема атомарного азота, который в сто тысяч раз активнее газообразного (молекулярного) азота. Происходит интенсивное насыщение стали азотом с образованием нитридных и карбонитридных фаз. При разложении карбамида наряду с атомарным азотом выделяется также большой объем оксида углерода и водорода, которые создают восстановительную атмосферу, что снижает образование окислов легирующих добавок, обеспечивая чистоту стали.

Первое промышленное освоение данной технологии осуществлено на Нижнетагильском металлургическом комбинате. В кислородных конверторах было выполнено более 20 плавов малоуглеродистой спо-

койной стали типа СтЗсп и 09Г2С с обработкой ее атомарным азотом без изменения всех остальных параметров технологии и ввода раскислителей.

Серия промышленных плавок сталей СтЗсп и 10ХСНД была выполнена на АО "Северсталь" в электропечи емкостью 100т и 300-тонной мартеновской печи, в процессе внепечной обработки стали осуществлено микролегирование нитридными фазами. Металл был прокатан на листовом стане "2800" на толстый лист 12-22 мм..

Прочность малоуглеродистой стали СтЗсп увеличилась с 260 н/мм² до 345-375 н/мм² т.е. до уровня марганцовистой стали 09Г2С, соответственно прочность стали 09Г2С увеличилась до 420 н/мм².

В результате выполненного комплекса работ по исследованию и промышленному освоению нанотехнологии микролегирования стали нитридными фазами создана реальная материальная база для снижения на 15 – 20 % металлоемкости строительных конструкций и машин, увеличения на 20 – 50 % надежности и срока их службы в Восточных и Северных регионах страны; снижения удельного расхода марганца и никеля на 40 – 70 % . Эта технология универсальна и применима для всего сортамента металлопродукции. Ее внедрение не требует капитальных вложений, не ухудшает условий труда, не увеличивает загрязненность окружающей среды.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДИСТАНЦИОННАЯ СТЫКОВКА КОММУНИКАЦИЙ В УСЛОВИЯХ БОЛЬШИХ КОЛЕБАНИЙ БОРТОВОЙ ПЛАТЫ РН

В.А. Смольянинов, В.Е. Строев, В.В. Горячев

*Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)*

К механизмам стыковки и отвода коммуникаций все чаще предъявляются требования автоматической стыковки и отстыковки коммуникаций с бортовыми разъемами ракеты-носителя, разгонного блока и космического аппарата в условиях значительных смещений ответных разъемов до ±600мм. Традиционными средствами, используемыми в отработанных механизмах стыковки-отвода коммуникаций, эта задача не решается.

Актуальность проблемы также вызвана тем, что при использовании криогенных компонентов топлива, в случае задержки или отмены пуска, требуется автоматическая стыковка коммуникаций к заправленной ра-

кете – носителю или разгонному блоку для слива заправленных компонентов. Проведенный анализ показал, что в настоящее время отсутствуют механизмы, обеспечивающие указанные функции.

Решение задачи дистанционной стыковки при значительных отклонениях бортовых разъемов от номинального положения предлагается осуществить путем создания агрегатов стыковки с системой поиска, наведения, стыковки (отстыковки) и слежения за смещением ответного разъема в состыкованном положении. Эта задача была решена в процессе выполнения НИР, в которой предложена схема агрегата стыковки – отстыковки коммуникаций, снабженного устройством ориентирования, включающим в себя источник инфракрасного излучения, приемник инфракрасного излучения и логический блок.

В настоящее время макет агрегата находится в стадии технологической подготовки к изготовлению.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ПНЕВМОАРМАТУРЫ С НОВЫМИ ЗАПОРНО- РЕГУЛИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

С.В. Колыванский, А.И. Цветков

*Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)*

Для устройств и контроля кондиционности газов высокого давления, применяемых в системах газоснабжения ракетно-космических комплексов, необходима пневмоарматура, обеспечивающая плавное регулирование расходов газов с нижним пределом диапазона регулирования расхода рабочей среды – 0,2 дм³•ат/мин при давлениях на входе от 0,02 до 40 МПа с требуемым ресурсом и надежностью работы. Запорно-регулирующие элементы пневмоарматуры при полном открытии должны обеспечивать Ду не менее 2 мм.

Цель данной работы – исследование и выбор оптимальных конструктивно-технологических параметров новых запорно-регулирующих элементов и разработка экспериментальных образцов пневмоарматуры с новыми запорно-регулирующими элементами.

В рамках настоящих исследований разработана конструкторская документация экспериментального вентиля АВЭ-001.

Вентиль АВЭ-001 имеет цилиндрический плунжер, на котором имеется конический запорный орган, обеспечивающий полную герметичность при посадке на седло корпуса, и дополнительный герметизи-

рующий элемент в виде металлической манжеты, жестко связанный с запорным элементом и расположенный во входном канале вентиля перед седлом. Входной канал представляет собой конус, расширяющийся от входа по направлению к седлу вентиля.

Другой вариант основан на регулировании расхода воздуха с помощью набора микроотверстий различного диаметра. Для проверки предложенной конструкции разработан экспериментальный запорно-регулирующий вентиль АВЭ-002.

Вентиль АВЭ-002 имеет коническую притертую пару «плунжер-седло». На боковой поверхности плунжера в параллельном сечении расположены отверстия диаметром от 10 мкм до 0,5 мм, отверстие диаметром 2 мм и «глухой» сектор. Все отверстия плунжера выходят в один вертикальный канал, который, в свою очередь, связан с выходной полостью вентиля. При вращении плунжера вокруг своей оси различные его отверстия или глухой сектор могут совмещаться с отверстием на боковой поверхности седла, связанным с входной полостью вентиля, обеспечивая различный расход рабочей среды.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ВАКУУМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

С.С. Коржевин

*Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)*

Газообразные среды, обычно заполняющие световоды подвержены конвекции, в результате чего передаваемый сигнал сильно искажается и понижается надежность передачи. Данная проблема была решена вакуумированием полости световода.

Система вакуумирования, которая рассматривается в данном докладе, предназначена для автоматического поддержания абсолютного давления воздуха во внутреннем объеме световода в диапазоне от 4 до 13,3 кПа (от 30 до 100 мм рт. ст.) и состоит из блока вакуумирования, соединенного металлорукавом с вакуумируемой емкостью. Управление системой осуществляется электронным блоком.

Принцип действия системы вакуумирования заключается в том, что наполнение воздухом полости вакуумируемого прибора происходит через фильтр и осушитель, а создание вакуума обеспечивает механический вакуумный насос.

По результатам эксплуатации опытных образцов было принято решение о доработке её конструкции для повышения надежности при работе в условиях повышенной атмосферной влажности.

В данных условиях снижение надежности работы системы вакуумирования происходит из-за возможности попадания капельной влаги в нагнетающую полость вакуумного насоса.

В докладе отражены технические решения, направленные на улучшение конструкции системы вакуумирования:

- Предложена новая принципиальная схема, повышающая устойчивость системы к попаданию атмосферной влаги;
- Упрощена конструкция кожуха и повышена его герметичность;
- Разработан новый высокоэффективный теплообменник с уменьшенной склонностью к образованию конденсата;
- Устанавливается доработанный вакуумный насос;
- Предусмотрена возможность установки дополнительного патрона-осушителя на входном патрубке вакуумного насоса.
- Разработана система клапанов с ручным дублером.

Данные конструктивные изменения приводят к существенному повышению надежности системы во время её автономной работы.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ОБРАЗЦОВ УПЛОТНЕНИЙ ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

А.В. Кошков, А.И. Цветков

*Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)*

Объектом исследований являются уплотнения подвижных соединений (УПС) пневмогидроагрегатов высокого давления работающих в условиях криогенных температур.

Анализ существующих конструкций УПС и работ по использованию материалов в качестве уплотнителей криогенной арматуры показали, что:

- а) наиболее близко тактико-техническим требованиям, предъявляемым к криогенным УПС, отвечают сальниковые и комбинированные УПС;
- б) материалами сальниковых уплотнений должны быть либо набивки из плетеного гибкого графитового или тефлонового (фторопластового) волокна, либо наборы сальниковых колец, изготовленные из

композиционных материалов на основе терморасширенного графита или на основе фторопласта;

в) комбинированное УПС должно быть выполнено в виде манжетного или шевронного уплотнения, в котором уплотнительный (скользящий) элемент должен изготавливаться из композиции на основе фторопласта-4, силовой элемент из дисперснотвердеющего сплава, свойства которой не меняются в широком диапазоне температур длительное время (бериллиевая бронза БрБ2, сплав 36НХТЮ), обязательно наличие промежуточного элемента, обеспечивающего равномерную и непрерывную передачу распорного усилия от силового элемента к уплотнительному.

На основании данных положений предложены пять вариантов криогенных УПС для дальнейшей отработки, изготовления и исследовательских испытаний. Разработаны проект экспериментальной установки, а также программа и методика проведения исследовательских испытаний УПС

Тактико-технические требования разрабатываемых образцов УПС соответствуют мировому уровню, а некоторые предлагаемые технические решения могут быть использованы в процессе разработки новых конструкций уплотнений подвижных соединений работающих в условиях криогенных температур.

**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДЪЁМНО-
ТРАНСПОРТНЫМ МЕХАНИЗМОМ**

С.А. Мотина, О.И. Хорошев

*Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)*

В докладе рассматривается задача разработки системы управления подъемно-транспортного механизма (ПТМ). За основу системы управления принята стандартная двухуровневая сетевая конфигурация.

Для решения поставленной задачи был проведен анализ средств проектирования автоматизированных систем управления (SCADA-систем) и выбор оптимального варианта конфигурации программного обеспечения и аппаратных средств.

В качестве средства разработки программного обеспечения системы управления ПТМ была выбрана инструментальная среда (ИС) Trace Mode, для которой характерна высокая надёжность, гибкая архитектура и богатый набор функций интегрирования. Структуру проектируемой системы управления в ИС Trace Mode представляет навигатор проекта, в котором представлены слои разработки: экраны, программы, источники/приемники и др.

В соответствии с циклограммой работы подъемно-транспортного механизма, была разработана общая идеология и структура интерфейсов экрана. В докладе приводится пример ряда программ, которые были написаны на языке FBD-диаграмм. В проекте распределённой СУ ПТМ была разработана база аппаратных каналов в соответствии со списком распределения каналов управления по контроллерам.

На следующем этапе проектирования предполагается разработка макета системы управления, где будут проводиться испытания и корректировка проекта.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОТДЕЛА ГЛАВНОГО МЕТАЛЛУРГА

В.Д. Костюков, М.А. Лавров, А.И. Островерх, В.Н. Сычев
Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В.Хруничева

Отдел Главного металлурга - ОГМет определяет рациональные виды заготовок и полуфабрикатов для большинства деталей-сборочных единиц – ДСЕ. И, хотя процессы металлургического производства составляют менее 7 % в общей трудоемкости изготовления изделия, от качества и сроков выполнения этим отделом работ во многом зависят как длительность технологической подготовки производства - ТПП, так и качество принимаемых решений а значит и эффективность ТПП в целом. Затраты на внедрение CAD/CAM- системы сопоставимы с затратами на изготовление РКТ поэтому необходимо принимать тщательно обоснованное и взвешенное решение. Для его обоснования целесообразно провести моделирование работы ОГМет с учетом требований международных стандартов по структурно-функциональному анализу

IDEF0. На рис 1. представлены результаты такого моделирования в виде диаграммы начального уровня декомпозиции.

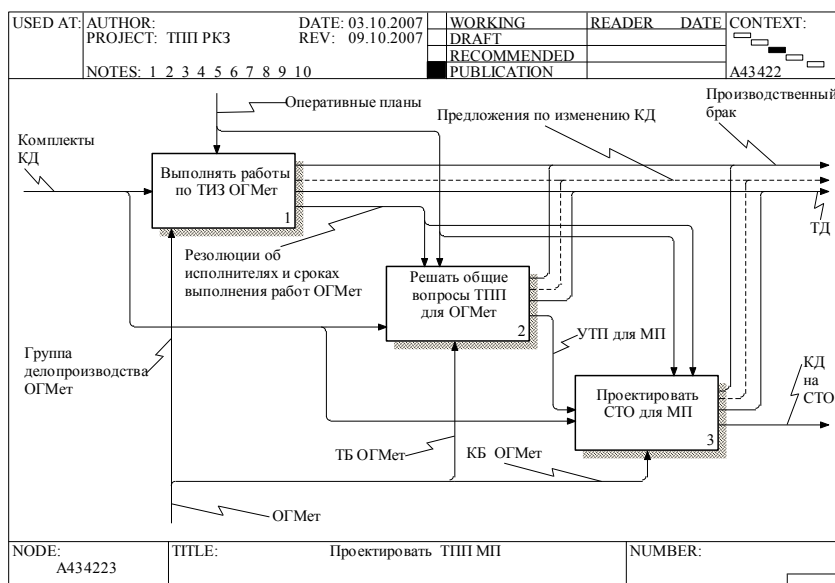


Рис. 1. Диаграмма работы ОГМет нулевого уровня декомпозиции.

Всего было рассмотрено 4 уровня декомпозиции. Проведенный анализ позволил сформулировать конкретные предложения по автоматизации работ ОГМет. Реализация этих предложений позволит в 3 раза сократить затраты на ТПП МП и на 14% сроки ТПП в целом.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОТДЕЛА ИСПЫТАНИЙ ПГС

В.Д. Костюков, Д.А. Гребез, А.И. Островерх, В.Н. Сычев
 Государственный космический научно-производственный
 центр им. М.В. Хруничева

Главной задачей отдела испытаний является испытания пневмо-гидро-систем (ПГС). Однако не менее важными являются задачи отработки конструкции испытываемых деталей на технологичность, хранение

комплектов спроектированной КД, авторский контроль при изготовлении испытательной оснастки. Проектирование средств технологического оснащения является одним из главных этапов технологической подготовки испытаний ПГС. Затраты на внедрение CAD/CAM – системы в ТПП сопоставимы с затратами на изготовление РКТ поэтому необходимо принимать оптимальное решение. Для его обоснования целесообразно провести моделирование работы отдела испытаний с учетом требований международных стандартов по структурно – функциональному анализу IDEF0. На рис. 1. представлены результаты такого моделирования в виде диаграммы начального уровня декомпозиции.

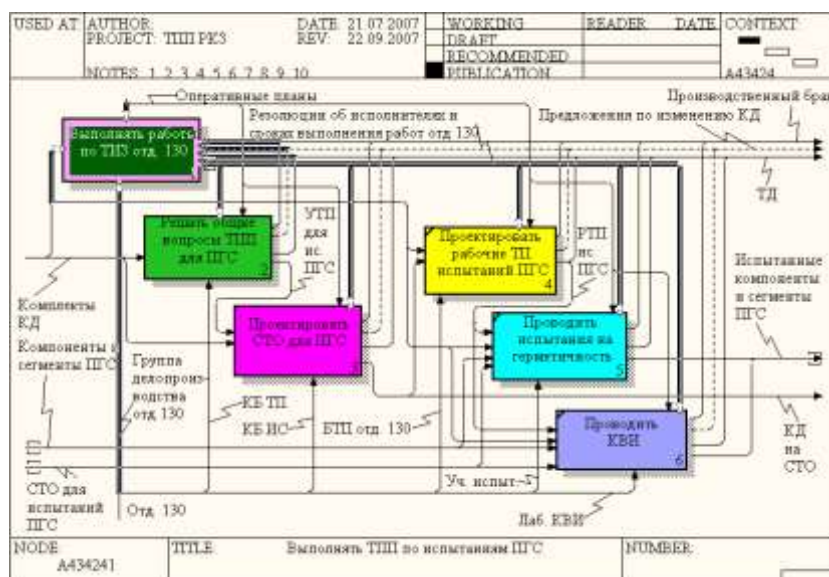


Рис.1. Диаграмма работы ОИ начального уровня декомпозиции.

Всего было рассмотрено 8 уровней декомпозиции. Проведенный анализ позволил сформулировать конкретные предложения по автоматизации работ структурных подразделений отдела испытаний ПГС. Реализация этих предложений позволит в 2,5 раза сократить затраты на технологическую подготовку испытаний ПГС.

РЕСТРУКТУРИЗАЦИЯ БИЗНЕС ПРОЦЕССОВ***В.Д. Костюков, А.И.Островерх******Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В. Хруничева***

Более 30 лет специалисты в области автоматизированного управления производством используют контрольный список ABCD Оливера Уайта для улучшения деятельности своих предприятий. Вопросы списка охватывают все основные сферы деятельности предприятия: Стратегическое планирование; Люди/Команда; Общее управление качеством/Фундаментальные улучшения; Разработка новых видов продукции; Планирование и контроль.

В настоящее время ГКНПЦ имени М.В. Хруничева является признанным лидером на международном рынке космических услуг по запуску космических аппаратов. Сохранить и упрочить позиции на рынке международных космических услуг возможно за счет снижения себестоимости изготовления ракеты-носителя, что влечет за собой переход на бесплазменный метод изготовления РКТ за счет широкого внедрения информационных технологий, реструктуризации действующих бизнес-процессов и применение всего спектра объективных методов контроля, включая применение координатно-измерительных машин с ЧПУ. Этим мероприятиям должны предшествовать или проводиться параллельно работы по предпроектному обследованию предприятия и описанию действующих бизнес-процессов с учетом международных стандартов MRP-II и методологии функционального анализа IDEF. Существующая организационная структура ракетно-космического завода нуждается в существенной реструктуризации:

- Целесообразно на базе РКЗ создать: гибкий автоматизированный завод технологической подготовки производства, гибкий автоматизированный механосборочный завод, гибкий автоматизированный заготовительно-штамповочный завод, гибкий автоматизированный сборочный завод и инженерный центр по образцу и подобию ОАО «Саратовский авиационный завод», как это было сделано в рамках ГНТП «Технологии, машины и производство будущего»;
- Целесообразно отдел испытаний пневмо-гидро-систем и отдел радио испытаний ввести в состав службы главного технолога;
- Переименовать отдел новой техники в отдел новых технологий;

- В службе Главного инженера образовать отдел новой техники на базе бюро новой техники;
 - Патентно-изобретательское бюро перевести в отдел научно-технической информации;
 - Создать постоянно действующую аналитическую группу по реструктуризации действующих бизнес-процессов на основе стандартов IDEF и, в первую очередь, связанных с технологической подготовкой производства. Существующая корпоративная информационно-телекоммуникационная система управления предприятием – ЕКИТС УП также нуждается в модернизации, для чего необходимо: создание концепции совершенствования ЕКИТС УП; включение в её состав Information Lifecycle Management (ILM) – автоматизированной системы управления информацией на всех стадиях жизненного цикла - Hummingbird Enterprise; включение в состав ЕКИТС УП системы идентификации материальных потоков АИ-ПРО;
 - Во всех отраслевых отделах реализовать ИПИ-технологии по “сквозному” проектированию-изготовлению формообразующих элементов СТО на оборудование с ЧПУ с применением CAD/CAM/CAE-системы ADEM;
 - В течение ближайших двух лет разработать и внедрить стандарты предприятия, регламентирующие порядок формирования, хранения и обращения электронных документов;
 - Считать первоочередными работы по совершенствованию и модернизации автоматизированной системы технологической подготовки производства ракетно-космической техники.
 - На основе системы BazDok создать в отраслевых отделах специализированные базы знаний;
 - Продолжить работы по совершенствованию автоматизированной системы технологической подготовки производства, обеспечив каждого инженерно-технического сотрудника автоматизированным рабочим местом на базе РС типа Pentium IV;
 - Обеспечить установку на всех автоматизированных рабочих местах лицензионного программного обеспечения.
- Реализация данных предложений обеспечит сокращение в 10 раз затрат и сроков проведения технологической подготовки производства новых изделий РКТ при одновременном повышении их качества.

ЭКОЛОГИЯ ПЛАЗМЕННЫХ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

А.Н. Чеховой, С.В. Прокофьев
Инженерный Центр РИА «Передовые технологии»
РКЗ ГКНПЦ им. М.В. Хруничева

Самоорганизация алмазоподобной нанокерамики на металлической или металлокерамической подложках из низкотемпературной аргоновой плазмы может стать основой успешного развития инструментального производства и триботехники: упорядоченные в твердотельной пространственно - неоднородной среде нано-композиты обеспечивают уникально высокий комплекс твердости, прочности и трещиностойкости в поверхностном слое изделия. Структурные процессы самоорганизации нанокерамики из плазмы протекают в далеких от термодинамического равновесия условиях фрагментации подложки и эволюции выделений, формирующих иерархию вторичных 3D- нанофаз по механизму матричной конвергентной самосборки. Получаемая в условиях закалки композиционная, термически стабилизированная нанокерамика на основе SiC не теряют свои уникальные физико-механические свойства из-за процессов структурной релаксации, сохраняя исходную дисперсность.

С другой стороны такая нанотехнология не представляет угрозу для живых организмов и ее можно отнести к наиболее экологически безопасным промышленным нанотехнологиям: нанофазы «запечатаны» в объемном твердотельном состоянии и при термосиловом воздействии генерируются в безопасных для живой клетки концентрациях.

Золь-гельной технологией, CVD- осаждением из газовой фазы получены нанопорошки фракциями от 2 нм (нанокластеры), но эффективные технологии компактирования таких порошков пока не разработаны. Освоение их в промышленных масштабах сдерживает чрезвычайно высокая стоимость, а также, с одной стороны, левитационные эффекты, свойственные порошковым фракциям –«нанореакторам, размером до 10 нм, с другой – агломерация. Высокая химическая активность нанопорошков требует проведения всех технологических операций в вакууме или контролируемой среде. Поэтому термин «нано» часто используют для характеристики УДП- систем (агломератов) от 60 до 400 нм, которые по определению не удовлетворяют условиям нанореактора.

Зондовой микроскопии - инструментарию для диагностики наносостояний, можно придать технологический статус поатомной сборки

пленок «снизу-вверх» и в дальней перспективе вывести ее из лаборатории в производственную сферу, объединив в единую систему методы локальной обработки (зондовая микроскопия, фокусированные ионные и электронные потоки) и методы групповой обработки (CVD, PVD, магнетронное распыление). Но даже если решить все технологические проблемы, вряд ли удастся обеспечить экономическую доступность и как-то снизить чрезвычайно высокие биологические риски.

С использованием в качестве наполнителя жидкого питателя реагентов кремнийорганического полимера типа полиорганосилазан при синтезе алмазоподобных оксикарибидов кремния «снизу-вверх» из парогазовой фазы низкотемпературной ($T=3000^{\circ}\text{C}$) аргоновой плазмы в условиях реализации алмазной ветви диаграммы «алмаз-графит» формируется сверхтвердая, с высокой демпфирующей способностью нанокерамика инструментального и триботехнического назначения на стальной или металлокерамической «подложке». В режиме закаливания на атомарно чистой «подложке», например, из стали X18H10T или твердого сплава BK8, формируется 3D-гомологический ряд твердотельных химических соединений $\text{SiC}+\text{SiO}_2$ (sp^2 - и sp^3 -гибридизация углерода кремнием). Структурно-геометрическое соответствие фаз «подложки» и низкоразмерных фаз определяется условиями их сопряжения.

Это технологическое решение реализовано на отечественном дуговом плазмотроне УПНС - 304М с жидкостным питателем при атмосферном давлении без использования вакуумной камеры. Ионный синтез наноструктур на основе SiC и зернограничная эпитаксия на межфазных и межзеренных границах $\delta\text{-Fe}$, WC, $\beta\text{-Co}$ фаз наноструктурируемой «подложки» при воздействии струи низко-температурной плазмы позволили сформировать слоистую нанокристаллическую структуру повышенной прочности ($H_v=25$ ГПА) на глубину 3-7 мкм с минимальным количеством примесей. При определенной скорости перемещения плазменного «пятна» избыточная энергия потока ионов рассеивается на массу за пико- и микросекунды, что обеспечивает температуру «подложки» не выше 200°C . При каждом замкнутом цикле имплантации Si и C в условиях закаливания в результате хемосорбции образуется термически стабилизированная алмазоподобная пленка толщиной ~ 20 нм с квантовыми и новыми химическими свойствами (молекула), обладающая поверхностью (твердое тело). В условиях когерентности границы перестают быть препятствием для формирования структурных единиц твердого вещества следующего уровня иерархии. Если система состоит из молекул различного химического строения, то в состоянии равновесия

ее поверхность может иметь превалирующее число молекул (в пределе – все) одного типа: химические составы срединных и поверхностных молекул будут различаться. В пределе срединные частицы могут отсутствовать и в образовании таких систем могут участвовать любые молекулы и даже атомы: такая система будет обладать физико-химическими свойствами этих молекул (атомов) в соответствии с требованием минимума свободной энергии.

На примере данной нанотехнологии обсуждаются вопросы комплексности рукотворных промышленных и природных биологических нанотехнологий в условиях интеграции органических и неорганических наносистем в индустрию рационального природопользования.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОТДЕЛА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

*В.Д. Костюков, В.Ю. Коннов, А.И. Островерх, В.Н. Сычев
Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В.Хруничева*

Трудоемкость механической обработки изделий ракетно – космической техники – РКТ составляет 27% от общего объема трудоемкости их изготовления. Поэтому работы по автоматизации технологической подготовки механообрабатывающего производства остаются и сегодня одной из актуальных проблем. Наиболее перспективным решением её является широкое внедрение информационных технологий. Затраты на внедрение CAD/CAM/CAE/PDM – системы сопоставимы с затратами на изготовление РКТ поэтому необходимо принимать тщательное и взвешенное решение. Для его обоснования целесообразно провести моделирование работы отдела механической обработки с учетом требования международных стандартов по структурно – функциональному анализу IDEF0. На рис1. представлены результаты такого моделирования в виде диаграммы начального уровня декомпозиции.

Всего было рассмотрено 5 уровней декомпозиции. Проведенный анализ позволил сформулировать конкретные предложения по автоматизации работ технологических бюро подготовки управляющих программ - УП для металлорежущего оборудования с ЧПУ. Реализация этих предложений позволит в 2,5 раза сократить затраты на подготовку и технологическую отработку УП и сократит на 17% сроки технологической подготовки механообрабатывающего производства.

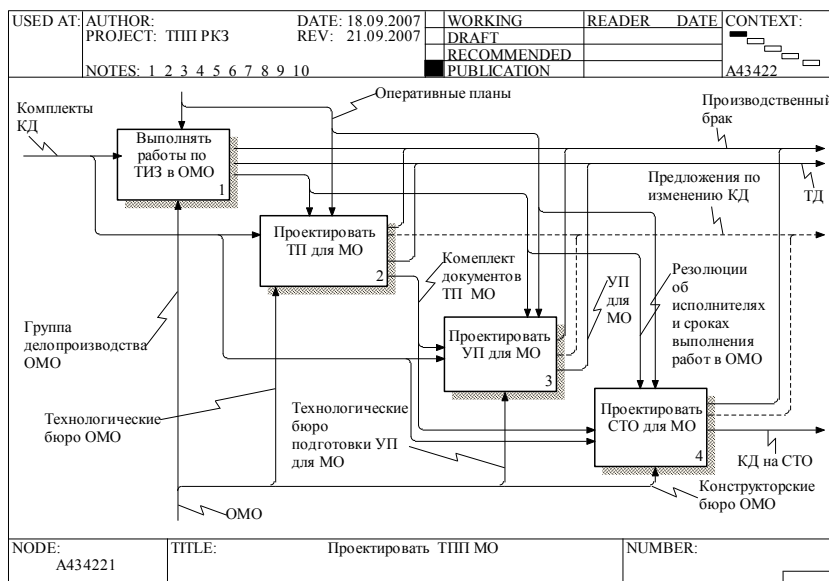


Рис.1. Диаграмма работы ОМО начального уровня декомпозиции.

КОМПЛЕКС УВЧ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ

С.В. Лопатинский, А.Н. Евтеньев, О.В.Бельков

РКЗ ГКНПЦ им. М.В. Хруничева

Комплекс УВЧ для локальной гипертермии относится к медицинскому оборудованию и предназначен для проведения гипертермических процедур глубоко расположенных опухолей с реализацией метода емкостного нагрева пораженных тканей до 43°C при лечении онкологических заболеваний.

Опытный образец Комплекса «Супертерм ЭП-40» был разработан и изготовлен на ГКНПЦ им. М.В. Хруничева в период 1990 – 1996 года совместно со специалистами МРНЦ РАМН. К настоящему времени на нем пролечено свыше 600 онкологических больных. Результаты лечения одобрены АН РАМН и обсуждены на различных региональных, международных конференциях и симпозиумах по гипертермии в России и за рубежом.

Предложение вернуться к разработке данного проекта вызвано эффективными результатами работы образца Комплекса «Супертерм ЭП-40» в клинике МРНЦ, а также острой необходимостью гипертермического оборудования для онкологических клиник России.

Проект предусматривает глубокую модернизацию Комплекса с учетом накопленного опыта его эксплуатации и требований последних достижений в области электроники и высоких технологий.

Комплекс включает в себя группу специализированных автоматических систем с общим компьютеризированным управлением и регистрацией параметров процесса гипертермии, оснащен комплект электродов-облучателей, системой ориентации, гипертермическим столом и креслом, системой циркуляции и системой термометрии.

Реализация проекта обеспечивается совместными действиями специализированных организаций на договорной основе. Предварительные договоренности имеются с МРНЦ РАМН, НИИТочмаш, ИРЭ РАН, КНИРТИ.

Промышленный выпуск медицинского оборудования такого класса в России для проведения гипертермии глубоко расположенных опухолей не налажен. Расчетная потребность аппаратов для регионов РФ составляет более 250 шт. Аналогичная картина наблюдается и в странах СНГ, где широко используется метод лечения локальной гипертермии (Украина, Белоруссия, Казахстан, Эстония, Латвия, Таджикистан и др.). Потребность в аппаратах у этих стран составляет около 250 штук.

Данный проект перспективен дальнейшим развитием темы по созданию уникального оборудования данного класса для лечения различных внутренних органов больных. С этой целью потребуются разработка и внедрение специализированных систем, например «Система контроля состояния пациента», «Автономная система циркуляции», применение УЗИ для контроля ввода датчиков температуры и др.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РКТ

А.Н. Чеховой

*Инженерный Центр РИА «Передовые технологии»,
РКЗ ГКНПЦ им. М.В. Хруничева*

Мировой рынок нанопродукции (биотехнология, микроэлектроника, оптоэлектроника, средства связи нового поколения, катализ, тонкие пленки различного назначения и т.п.) быстро развивается и составляет

порядка 2,5 млрд евро. К 2010г. он составит более 100 млрд евро, а через 10-15 лет мировой рынок материалов и продукции с новыми невиданными доселе свойствами может достигнуть 1 трлн евро. С другой стороны нанотехнологии представляют угрозу для живых организмов, в связи с чем возникла настоятельная необходимость определить наиболее экологически безопасные нанотехнологии, чтобы не подвергать планету Земля опасности, более серьезной, чем при высвобождении атомной энергии.

Современные технологические решения по сборке наноматериалов и систем «снизу-вверх», производству нано- и ультрадисперсных порошков, синтетических углеродных наноматериалов, используемых для армирования традиционных и разрабатываемых металлических и полимерных материалов, модифицирования лекарств и косметики, наряду с экономическими и техническими проблемами представляют значительную угрозу для экологии.

Работы, проводимые ИЦ РИА «Передовые технологии» и РКЗ ГКНПЦ им. М.В. Хруничева показывают реальные перспективы самоорганизации упрочняющих нанофаз для минимизации металлоемкости (коэффициента запаса) конструкций, деталей машин и механизмов, производства облегченных изделий и сверхтонких оболочек повышенной несущей способности из традиционно используемых в космической отрасли нержавеющей стали и титановых сплавов.

Экологически безопасная нанотехнология микролегирования в металлургии углеродистой и низколегированной стали повышенного качества опробована при производстве фасонных строительных профилей, железнодорожных рельсов, колес, и газопроводных труб, которые по критериям качества и надежности при отрицательных температурах превосходят мировой уровень (объем мирового производства таких марок стали составляет ~85% от всей выплавляемой стали).

Полученные результаты убедительно свидетельствуют о том, что парадигма самоорганизации неорганических наносистем при уникально высокой технико-экономической эффективности представляет наименьшую угрозу для экологии. Технологии самоорганизации упрочняющих нанофаз в твердотельных 3D-гетероструктурах при термосиловом воздействии - это новый этап в развитии промышленного производства: использование самосборки нанокompозитов «метастабильная матрица→ансамбль наночастиц» в металлических и полимерных материалах на этапах производства и эксплуатации машин и механизмов.

ОКСИАЗОТИРОВАНИЕ: КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ И СТОЙКОСТЬ К ИЗНОСУ – В ОДНОМ ПРОЦЕССЕ

С.А. Богатырёв

ГКНПЦ им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)

Проблема повышения качества и надёжности изделий ракетно-космической техники является актуальной. Одним из путей решения этой проблемы является использование новых методов химико-термической обработки материалов, улучшающих качество поверхностного слоя деталей.

В КБ «Арматура» разработана и запатентована новая технология оксиазотирования деталей из конструкционных легированных сталей.

В основу технологии положено непрерывное последовательное проведение процессов азотирования и оксидирования. Процесс осуществляется на серийном оборудовании российского производства.

Результаты исследований и испытаний показали, что процесс оксиазотирования позволяет:

- повысить надёжность и работоспособность изделий за счёт улучшения антифрикционных свойств трущихся пар (клапан-седло, валтулка, резьбовая пара, пневмоцилиндры и т.п.).
- повысить коррозионную стойкость. Оксиазотирование позволяет в 1,5 - 2 раза увеличить коррозионную стойкость исходных поверхностей деталей, в сравнении с гальванически покрытых хромом
- заменить дорогостоящие хромистые, хромоникелевые стали (07X16N6, 12X18N10T, ЭИ 654) электрошлакового и вакуумно-дугового переплавов, медной сплав – бронзы БрАЖМц 10-3-1,5 конструктивными легированными сталями 20Х, 38ХА открытой выплавки. При этом дефекты макроструктуры: ликвация, центральная и общая пористости, присущие сталям открытой выплавки, герметизируются посредством оксиазотирования.
- заменить экологически вредные гальванические покрытия (например, хромирование).

Установлено, что оксиазотированные конструкционные легированные стали практически не подвержены хрупкости, шелушению, выкрашиванию поверхностного слоя.

**ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ
ПОКРЫТИЙ ФТОРОПЛАСТОМ-4МБ**

*Л.В. Дербенёв, А.В. Волгин, Е.В. Изволенский
ГКНПЦ им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)*

Адгезия является основным свойством практически всех покрытий. Она в значительной мере определяет все их физико-механические и химические свойства и, в конечном итоге, определяет надёжность изделий.

В работе исследовались адгезионные свойства покрытий фторопластом-4 МБ. Для более полной оценки этих свойств использовались качественные (косвенные) и количественные методы определения адгезии. Определены пути повышения адгезии покрытий путём соответствующей подготовки поверхности, а также изменением поверхностных свойств материалов (модификацией). Исследовано влияние физико-механических, химических и биологических внешних воздействующих факторов (ВВФ) на адгезионные характеристики покрытий.

В результате исследований разработан способ определения адгезионной прочности покрытий фторопластом-4 МБ, позволивший установить высокие адгезионные свойства покрытий, а также провести оценку их стойкости и эффективности применения в изделиях РКТ; разработаны технологические инструкции процесса нанесения покрытий, основанные на прогрессивном методе пневмоэлектростатического распыления.

На покрытия разработаны технические условия, установлены гарантийные сроки службы, получен сертификат соответствия.

Высокие адгезионные характеристики покрытий фторопластом-4 МБ позволили успешно применить их в изделиях РКТ в качестве: антифрикционных; антиадгезионных; уплотнительных; электроизоляционных; теплоизоляционных; атмосферостойких; агрессивностойких; биостойких покрытий.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОШТАМПОВКИ
ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Ю.Л. Арзуманов, С.В. Конанков, В.Н. Воробей, Е.М. Халатов
ГКНПЦ им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)*

В настоящее время все большее применение и развитие в производстве машин, агрегатов и систем с широкой номенклатурой типовых деталей получают процессы холодной обработки металлов давлением,

такие как процесс гидравлической штамповки полых деталей из трубных заготовок. Данный процесс характеризуется высокими показателями по металлоемкости и себестоимости получаемых изделий, высокой производительностью труда.

Гидроштамповка полых деталей с отводами из трубных заготовок осуществляется в разъемной матрице путем осевой осадки заготовки и одновременной подачи в полость заготовки жидкости под давлением. Материал заготовки претерпевает пластическую деформацию, принимая форму ручья матрицы.

Для наиболее качественного изготовления гидроштампованных деталей необходимо обеспечить наиболее рациональную схему нагружения заготовки и реализовать оптимальные параметры деформирования. На практике для каждого типа деталей из определенного материала это достигается пошаговой отработкой технологического процесса, что приводит к увеличению затрат и времени на изготовление.

С целью повышения качества и автоматизации производства гидроштампованных деталей предлагается на стадии проектирования технологического процесса использовать средства математического моделирования. С помощью математического моделирования реализуются различные схемы нагружения заготовки и законы изменения энергосиловых параметров процесса, исследуется напряженно-деформированное состояние материала в течение всего процесса.

Использование результатов моделирования на стадии проектирования процесса позволяет сформировать процедуры управления оборудованием и реализовать оптимальные параметры деформирования заготовки, что снижает затраты и время на изготовление новых изделий.

**ПРОШИВКА ПРЕЦИЗИОННЫХ ОТВЕРСТИЙ
ОДНОМОДОВЫМ ИАГ:ND ЛАЗЕРОМ
С САМООБРАЩЕНИЕМ ВОЛНОВОГО ФРОНТА**

А.В. Морозов

ГКНПЦ им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)

В настоящее время лазерная прошивка отверстий (ЛПО) представляет значительный интерес в авиационной промышленности, микроэлектронике и в других отраслях машиностроения (инжекторы топлива, фильтры, фильеры, течи, сопла, гидро- и пневмоарматура с регулируемым расходом рабочей среды и т.д.).

Актуальной является задача прошивки отверстий малых диаметров (порядка 10 мкм), а также глубоких и сверхглубоких отверстий с диаметром до 0,2 мм, осуществляемая с помощью разработанной одномодовой ИАГ:Nd лазерной системы с самообращением волнового фронта (самоОВФ) и пассивным лазерным затвором (ПЛЗ) на кристалле LiF:F₂.

Ввиду того, что при значительном заглублении отверстия возникают трудности с выносом материала из канала отверстия, теоретически и экспериментально исследовались возможности оптимизации процесса обработки с помощью адаптивной подстройки параметров генерации лазера под режим эффективного удаления материала.

Результаты оптимизации процесса лазерной обработки обеспечили плавное увеличение энергии и пиковой мощности импульсов лазерного излучения, что компенсирует уменьшение плотности энергии на дне отверстия по мере его заглубления. При этом также возможно устранение образования приповерхностной плазмы.

Наиболее существенные результаты были достигнуты в образцах сталей P18 и 09X18H10T5: отверстия диаметром порядка 100 мкм глубиной до 20 мм (коэффициент формы $k > 150$) без искривления их осей. Параметр некруглости отверстий не превышал 8-10 %. Преимущества данного метода обработки наглядно демонстрирует возможность прошивки отверстий малых диаметров до 10 мкм. Наибольшими возможностями адаптации процесса обработки обладает керамика Al₂O₃, благодаря визуализации внутриканальных процессов удаления. Поэтому в данном материале получены отверстия глубиной $h = 27$ мм.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ИЗДЕЛИЙ ПНЕВМОАВТОМАТИКИ

*Ю.Л. Арзуманов, Ю.М. Тимофеев, С.К. Тусюк, Е.М. Халатов
ГКНПЦ им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)*

Работоспособность изделий пневмоавтоматики в процессе испытаний оценивается соответствием различных выходных характеристик требованиям технических условий. Характеристики зависят от множества параметров, среди которых имеются параметры, характеризующие входные воздействия. Техническими условиями, как правило, задаются диапазоны их возможного изменения. Оценка работоспособности изде-

лий во всех диапазонах изменения входных воздействий приводит к значительным временным и материальным затратам и, очевидно, не является целесообразной.

Исходя из этого, возникает задача определения значений этих параметров из диапазонов их возможного изменения, при которых характеристики принимают наихудшие, с точки зрения обеспечения технических условий, значения. Если проверка работоспособности при этих значениях параметров дает положительный результат, то можно утверждать, что изделие будет работоспособно и при любых других значениях.

Решение поставленной задачи предполагает выполнение целого комплекса теоретических и экспериментальных работ.

В рамках этих исследований предлагается методика определения рациональных режимов производственных испытаний изделий пневмоавтоматики систем газоснабжения ракетно-космических комплексов.

В качестве примера рассматривается задача определения режимов производственных испытаний газовых регуляторов давления. На основе результатов решения разработан технологический процесс приемодаточных испытаний газового регулятора давления, число контрольных операций которого сокращено в 2-4 раза для различных условий работоспособности по сравнению с типовым техпроцессом. Определена рациональная последовательность проведения этих операций, содержащая минимальное число настроек изделия и изменений схемы испытаний.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КЛАПАННЫХ ПАРАХ

*Ю.Л. Арзуманов, А.Е. Филин, В.П. Артемов, Е.М. Халатов
ГКНПЦ им. М.В.Хруничева (филиал КБ «Арматура»)*

Изделия пневмоавтоматики отличаются большим разнообразием, высоким уровнем надежности и находят применение в составе ответственных технологических систем, например, систем газоснабжения ракетно-космических комплексов. Важнейшим элементом таких устройств является клапанная пара.

При работе клапана со стороны рабочей среды на поверхность его запорного элемента действует газодинамическая сила, которая является

результатом разностей давлений, возникающих на его лобовой и тыльной сторонах при обтекании.

Комплексной величиной характеризующей газодинамическую силу является коэффициент силы, учитывающий действительное распределение давления на поверхности обтекаемого тела. Необходимость определения данного коэффициента связана с учетом реакции потока на запорный элемент клапана при проведении расчетов динамики устройства.

Для нахождения коэффициента силы используются, как правило, результаты экспериментальных исследований. Однако в ряде случаев невозможно провести натурные испытания с соблюдением всех условий работы клапана. В качестве альтернативного варианта решения задачи применено математическое моделирование протекающих в устройстве процессов с использованием программного комплекса вычислительной гидрогазодинамики Flow-3D.

В результате выполненной работы была разработана методика исследования силового воздействия потока рабочей среды на запорные элементы клапанов пневмоарматуры различных видов, с использованием которой были получены картины распределения давлений и скоростей по сечениям клапана, а также определена зависимость коэффициента силы от положения запорного элемента относительно седла.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ

К.Н. Болдырева

*Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В. Хруничева*

Современные предприятия постоянно сталкиваются с необходимостью увеличения бизнеса компаний, ростом численности сотрудников, ростом количества подразделений и удалённых филиалов, повышением числа используемых на предприятии информационных систем. Информационные технологии могут содействовать повышению управляемости процессов роста путём построения единого информационного пространства предприятия.

Для успешного ведения дел необходима система электронного документооборота – мощный и функциональный инструмент для управления всеми видами документов компании. В документооборот организа-

ции вовлечено большое количество сотрудников и подобная система должна учитывать все особенности их деятельности.

Системы документооборота обычно внедряются, чтобы решать определенные задачи, стоящие перед организацией:

- Обеспечение более эффективного управления за счет автоматического контроля выполнения, прозрачности деятельности всей организации на всех уровнях.
- Поддержка системы контроля качества, соответствующей международным нормам.
- Поддержка эффективного накопления, управления и доступа к информации и знаниям.
- Обеспечение кадровой гибкости, за счет большей формализации деятельности каждого сотрудника и возможности хранения всей предыстории его деятельности.
- Протоколирование деятельности предприятия в целом (внутренние служебные расследования, анализ деятельности подразделений).
- Оптимизация бизнес-процессов и автоматизация механизма их выполнения и контроля.
- Исключение бумажных документов из внутреннего оборота предприятия.
- Экономия ресурсов за счет сокращения издержек на управление потоками документов в организации.
- Исключение необходимости или существенное упрощение и удешевление хранения бумажных документов за счет наличия оперативного электронного архива.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Д.А. Шканов

*Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В. Хруничева*

В технологической цепочке изготовления изделий на предприятии кузнечно-прессовое производство (КПП) занимает ведущее место в обеспечении заготовками всех механических, механосборочных цехов и цехов инструментального производства завода. От его ритмичной работы зависит в конечном итоге своевременный выпуск готовой продукции предприятия.

Следующие цифры говорят о распределении трудоемкости изготовления продукта машиностроительного предприятия:

51% - монтажно-сборочные работы;

28% - механообработка;

7% - штамповка и ковка.

Таким образом, видно, что кузнечно-прессовое производство занимает немалую часть общей трудоемкости, но, кроме того, и другие процессы в немалой степени зависят от деятельности кузнечно-прессового цеха.

Именно поэтому особую актуальность приобретают разработка и внедрение компьютеризированного интегрированного производства (КИПС) этого цеха.

КИПС включает в себя подсистему автоматизированного проектирования техпроцессов резки, ковки и штамповки (САПР-Т) и подсистему организационно-экономического управления производством (СОЭУП). САПР технолога предназначена для проектирования технологических процессов резки, ковки и штамповки, характерных для КПП, и состоит из программы ввода и коррекции исходных данных, расположенной на рабочей станции технолога, и программы проектирования технологического процесса, размещенной на сервере САПР. При этом необходимо отметить, что на 1 Гб конструкторской документации (КД) приходится от 50 до 70 Гб технологической документации (ТД). Это очередной раз доказывает важность и необходимость работ по автоматизации проектирования технологической документации.

В настоящий момент на ГКНПЦ им. М.В. Хруничева совместно с МАТИ идут работы по модернизации существующей САПР ТП КПП. Модернизированная САПР ТП КПП должна заимствовать проектные решения, реализованные в действующей системе, и обладать более высокой производительностью и лучшим пользовательским интерфейсом в связи с использованием расширенных программно-аппаратных возможностей новой платформы (операционной системы и базы данных). В качестве операционной системы (ОС) используется Windows XP, в качестве SQL - сервер.

Работа над модернизацией САПР ТП КПП в МАТИ реализуется двумя способами. Во-первых, проведена работа по переводу существующей САПР ТП КПП на новую программную платформу – платформу ОС Windows. Данная работа реализована на языке программирования FoxPro. Поточковая обработка информации, реализованная в старой си-

стеме, была заменена на табличную форму с использованием БД MS Access. В остальном данная работа практически повторяет существующую САПР ТП КПЦ, но реализована на современных программных средствах. Однако, как и старая система, такой вариант работает по алгоритмическому принципу.

Другой вариант – более радикальный перевод на новую платформу, который реализуется с помощью программного комплекса структурно-параметрического моделирования (СПМ). В данном случае задача реализуется с помощью объектного проектирования. В качестве объектов проектирования выступают такие группы, как «резка», «ковка», «материалы», «оборудование» и т.д.

МОДЕЛИ СТАНОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

В.Д. Костюков, А.И. Островерх

Государственный космический научно-производственный центр им. М.В. Хруничева

Используя формализованный подход, описанный в работе, каждый ход инструмента как элемент технологии определим с помощью функции Φ_x , набора характеристик A_x и структуры S_x .

Таким образом, формальное описание отдельного инструментального хода - X, перехода - П и комплекса переходов (операции) - К как системы будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
 X &= \left\{ \begin{array}{l} \Phi_x : [B_{j-1}, W_{j-1}(\Pi_x, P_x)] \rightarrow [B_j, W_j(\Pi_x, P_x)]; \\ A_x = \{v, s, b, h, t_x\}, S_x(D, \Omega); \\ D = \left\{ \begin{array}{l} \Phi_d : \Sigma_{k-1} \rightarrow \Sigma_k; \\ E = \{e_1, e_2, \dots, e_l\} \end{array} \right\} \end{array} \right\} \\
 \Pi &= \left\{ \begin{array}{l} \Phi_n : [B_{i-1}, W_{i-1}(\Pi_n, P_n)] \rightarrow [B_i, W_i(\Pi_n, P_n)]; \\ A_n = \{pu, \Delta, k, t_n\}, S_n(X, \Omega); \end{array} \right\}
 \end{aligned}$$

$$K = \left\{ \begin{array}{l} \Phi_0 : [B_0, W_0(\Pi_0, P_0)] \rightarrow [B_k, W_k(\Pi_0, P_0)]; \\ A_0 = \{ц \text{ №}, ст, осн, ри, ви, ми, д \text{ №}, м, фм, \\ \text{охл}, n, t_{осн}, t_{пз}, t_{шт}, p, st\}; S_0(\Pi, \Omega), \end{array} \right\}$$

где: ри - параметры режущего инструмента; Δ - припуск на обработку; k - число обходов контура; ц № - номер цеха; ст - модель станка; осн - шифр оснастки; ви, ми - шифры вспомогательного и измерительного инструментов; д № - номер детали; м - марка материала; фм - физико-механические свойства материала; охл - тип охлаждения; n - число деталей в партии; $t_{осн}, t_{пз}, t_{шт}$ - основное, подготовительно-заключительное и штучное время; p — разряд работ; st - технологическая себестоимость.

На рис. 1 а изображена схема перехода обработки кармана по строке. Из рис. 1 б видно, что составными частями графа: $W_{\Pi}(\Pi_{\Pi}, P_{\Pi})$ являются элементарные графы: $W(\Pi_x, P_x)$. Иными словами, граф: $W_{\Pi}(\Pi_{\Pi}, P_{\Pi})$ может быть получен за счет объединения графов:

$$W_{\Pi}(\Pi_{\Pi}, P_{\Pi}) = W_1(\Pi_x, P_x) \cup W_2(\Pi_x, P_x) \cup \dots \cup W_m(\Pi_x, P_x) = \bigcup_{I=1}^m W_I(\Pi_x, P_x)$$

Вид преобразования обрабатываемых поверхностей определяется типом перехода, который характеризуется порядком следования отдельных ходов инструмента. Каждый ход инструмента, в свою очередь, может состоять из нескольких движений. Поэтому важно знать структуру перехода не только на уровне инструментальных ходов, но и на уровне составляющих движений. На рис. 1 в показан граф структуры перехода фрезерной обработки кармана по строке на уровне ходов, а на рис. 1 г — граф структуры того же перехода на уровне движений. Структурная формула этого перехода, выраженная на уровне отдельных движений, будет иметь вид: $S_{\Pi} = D_{\Pi} \Leftrightarrow D_s D_3 \langle \perp \rangle D_v D_{p1} \Leftrightarrow D_s D_{p2} \Leftrightarrow D_s D_{p3} \Leftrightarrow D_s D_0 \Leftrightarrow D_s \bar{D}_v, \bar{D}_3$.

Граф: $W_0(\Pi_0, P_0)$ может быть также получен за счет применения операции объединения графов:

$$W_0(\Pi_0, P_0) = W_{n1}(\Pi_n, P_n) \cup W_{n2}(\Pi_n, P_n) \cup \dots \cup W_{nm}(\Pi_n, P_n) = \bigcup_{ni} W_{ni}(\Pi_n, P_n).$$

I=1

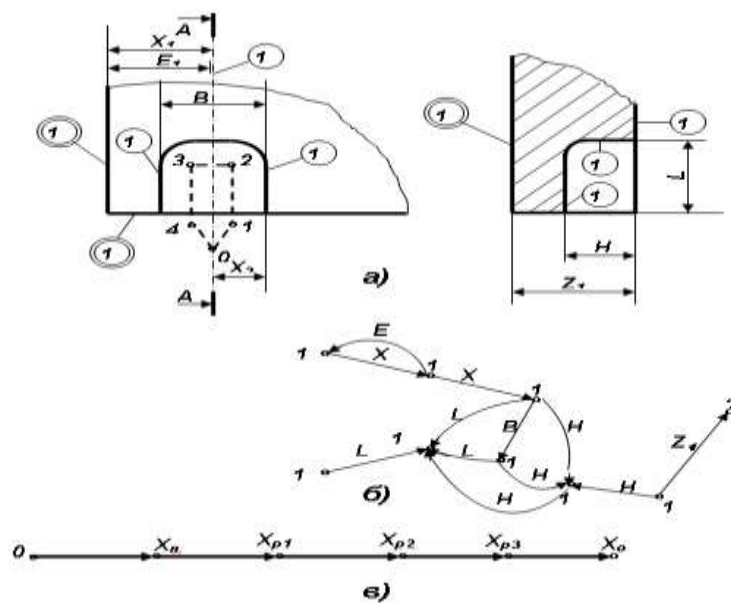


Рис. 1. Структура перехода обработки кармана по строке.
 а - схема перехода; б - граф размерных связей; в - граф структуры перехода на уровне ходов; г - то же на уровне движений.