

Реинжиниринг процесса нивелировки. Первая фаза

И.А. Федоров

Рукопись посвящена анализу и перепроектированию процесса нивелировки, как процесса контроля взаимного расположения частей и агрегатов ЛА. Анализ и совершенствование осуществляется с использованием методики “Реинжиниринга бизнес-процессов”, реализующей, так называемый, “процессный подход” - один из восьми, провозглашенных в международных стандартах ИСО 9000 двухтысячного года, принципов менеджмента качества продукции. В публикации отражается общая схема проведения технологического процесса нивелировки, рассматриваемого как работа технологической системы по определению действительного взаимного расположения агрегатов ЛА. Подробно рассмотрена первая фаза реинжиниринга - “организационные мероприятия по совершенствованию”, результатом проведения которой является постановка цели и задач совершенствования процесса.

Введение

Для авиационного и ракетно-космического производства одним из ключевых аспектов создания высококачественных и надежных ЛА является проблема обеспечения точности нивелировочных и юстировочных параметров ЛА. Эти параметры характеризуют, соответственно, взаимное расположение частей ЛА и расположение приборов пилотажно-навигационного оборудования относительно корпуса ЛА. Возрастающие требования к точности и надежности обеспечения и определения этих параметров отражают ключевые тенденции развития авиационного и ракетно-космического производства:

- создание высокоманевренных сверх- и гиперзвуковых ЛА, функционирующих как на больших, так и на относительно малых высотах;
- повышение конкурентоспособности выпускаемых изделий через снижение суммарных затрат на производство ЛА.

В этой связи процесс нивелировки ЛА, как процесс определения взаимного расположения частей и агрегатов изделия относительно друг друга, занимает одно из ключевых мест, поскольку целый комплекс показателей качества, таких как маневренность, управляемость, аэродинамическое качество, напрямую зависят от точности обеспечения взаимного расположения агрегатов, поверхности которых составляют аэродинамический контур ЛА.

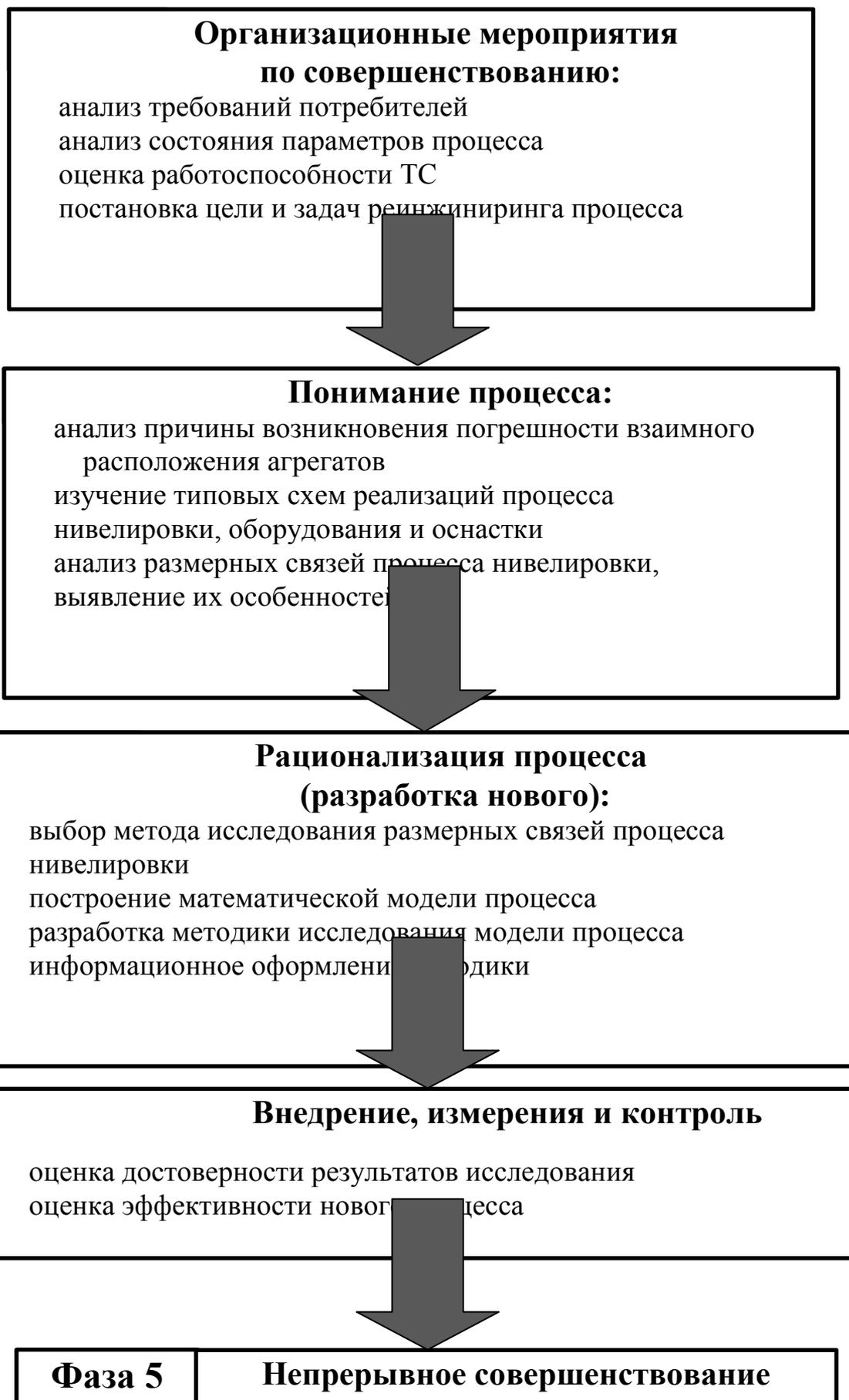


Рис. 1. Этапы реинжиниринга процесса нивелировки.

Современные тенденции развития авиационного и ракетного производства обуславливают необходимость решения следующих задач:

1. Повышения точности обеспечения заданного взаимного расположения агрегатов ЛА при сборке, стыковке.
2. Повышения точности и достоверности определения взаимного расположения агрегатов окончательно состыкованного ЛА.
3. Разработки высокоэффективных средств контроля геометрических параметров ЛА.
4. Автоматизации процессов проектирования и реализации операций контроля геометрических параметров ЛА.

Указанные задачи не могут быть эффективно решены с использованием существующих подходов при проектировании и реализации процессов нивелировки юстировки ЛА. Основные причины этого кроются в следующем. Во-первых, на сегодняшний день методика оценки точности определения взаимного расположения агрегатов ЛА, также как и методика их нормирования, находится на экспертном уровне, то есть полностью зависит от опыта и квалификации проектировщика.

Во-вторых, использование плазово-шаблонного метода увязки, как основного при обеспечении взаимозаменяемости агрегатов корпуса ЛА, является причиной возникновения существенных систематических погрешностей как при обеспечении, так и при определении взаимного расположения этих агрегатов. В результате, как было показано в [6] до 10% ресурса двигательной установки резервируется для преодоления возмущающих моментов, вызванных недостаточно точным обеспечением и определением взаимного расположения агрегатов ЛА. Все это обуславливает необходимость проведения анализа и совершенствования процесса нивелировки ЛА.

В числе восьми основополагающих принципов менеджмента качества, провозглашенных в международных стандартах ИСО 9000 двухтысячного года есть, так называемый, “процессный подход”. Он гласит, что желаемый результат достигается более эффективно, если всеми работами и связанными с ними ресурсами управляют как процессом. Процесс есть некоторая работа или совокупность работ по достижению какого-либо результата с использованием некоторых ресурсов. У процесса есть вход и есть выход. Функционирование процесса проявляется как преобразование входа в выход путем добавления некоторой ценности.

Всю деятельность по производству ЛА можно рассматривать как множество взаимосвязанных процессов, а процесс нивелировки как один из многих. Вход процесса нивелировки - ЛА, перечень нормированных характеристик и выход - информация о действительных значениях геометрических параметров. Функционирование процесса нивелировки следует рассматривать как работу технологической системы (ТС), то есть совокупности средств технологического оснащения, ЛА (как предмета производства) и исполнителей, необходимой и достаточной для выполнения опре-

деленных технологических процессов и операций в соответствии с требованиями технической документации.

Одним из перспективнейших методов анализа и совершенствования процессов является, так называемый, “реинжиниринг бизнес-процессов”. Реинжиниринг есть система правил и рекомендаций по организации деятельности исполнителей, направленной на перепроектирование бизнес-процесса. Термин “реинжиниринг” (reengineering - перепроектирование) в том смысле, в котором он понимается сейчас, впервые был употреблен М. Хаммером в его статье “Реинжиниринг традиционных методов работы: не автоматизируйте их, а отвергайте”, опубликованной в четвертом номере “Harvard Business Review” за 1990 год. Суть его заключается в полном переосмысливании деятельности предприятия или компании, направленной на удовлетворение потребностей клиентов. В трактовке автора статьи термин “реинжиниринг” употребляется как “создание компании заново” и подчеркивает кардинальность предлагаемой реконструкции процесса. Концепция реинжиниринга гласит - не повышать производительность существующего процесса, а сначала перепроектировать с целью совершенствования.

В соответствии с методикой реинжиниринга совершенствование процесса следует осуществлять поэтапно (рис. 1).

Первый этап реинжиниринга называется “организационные мероприятия по совершенствованию процесса”. На первом этапе проводится анализ существующих требований потребителей к результатам выполнения процесса, в соответствии с чем оптимизируется цель реализации процесса. В конце этапа, согласно поставленным задачам, определяются основные направления совершенствования процесса.

Второй этап - “понимание процесса” - подразумевает осуществление инжиниринга процесса или, иными словами, его проектирования. Следует понимать, что проектированию подлежит процесс нивелировки в его состоянии на момент начала исследования, поэтому инжиниринг производится на основе уже существующих методов и средств обеспечения процесса. Таким образом, на этом этапе проводится идентификация работ, составляющих процесс нивелировки, с целью выявления тех из них, которые подлежат совершенствованию или полному перепроектированию.

Третий этап - “рационализация процесса”. На этом этапе производится перепроектирование процесса в соответствии с ранее выбранными направлениями его совершенствования.

Четвертый этап - “внедрение, измерение, контроль”. На заключительном этапе осуществляется анализ целесообразности внесенных изменений на основе практических результатов внедрения нового процесса.

1. Первый этап реинжиниринга

1.1. Анализ требований потребителей к ЛА как объекту производства

Спектр требований, предъявляемых к ЛА, настолько широк, что классифицировать их в полном объеме - задача достаточно сложная и трудоемкая. Многообразие и специфика этих требований объясняется прежде всего значительным количеством потребителей, участвующих в эксплуатации ЛА или заинтересованных в результатах этой эксплуатации, и их разнообразными потребностями.

Так, например, среди требований пассажиров, перемещающихся воздушным транспортом, можно выделить следующие:

- комфорт и безопасность полета;
- как можно меньшее время перелета между пунктами назначения;
- как можно большая дальность беспосадочного полета;
- как можно более низкие цены на билеты.

Среди требований экипажей обслуживающих самолеты - управляемость, маневренность, простота и удобство обслуживания ЛА в воздухе. У экологов основным требованием является достижение как можно меньшего уровня загрязнения окружающей среды от эксплуатации ЛА.

Однако, у всего многообразия требований, предъявляемых к ЛА, есть одно общее. Для их выполнения необходимо обеспечить с заданной точностью определенные конструктором аэродинамические характеристики ЛА (например, три коэффициента C_x , C_y , C_z и три момента M_x , M_y и M_z).

Точность обеспечения аэродинамических характеристик определяется как точностью изготовления отдельных агрегатов (точностью геометрических параметров агрегатов), составляющих аэродинамический контур, так и точностью их взаимного расположения.

Точность взаимного расположения агрегатов ЛА есть степень приближения их действительного значения к заданному, нормированному. Определение действительного взаимного расположения агрегатов ЛА и есть процесс или совокупность работ, выполняемых ТС нивелировки.

1.2. Основные понятия процесса

Нивелировка - технологический процесс измерения и регулировки расположения частей изделия (крыльев, стабилизаторов, рулей, двигателей), внешних стыковочных узлов (бугелей, бортразъемов) относительно системы координат планера.

Для изделия в целом могут нормироваться и отклонения формы внешней поверхности. Для подвижных элементов конструкции (аэродинамических и газоструйных рулей, элеронов, интерцепторов) нормируются отклонения от номинальных значений углов поворота и люфтов в кинематических системах.

Для деталей и сборочных единиц, кроме отклонений формы внешней поверхности, нормируются отклонения расположения поверхностей разъемов, взаимного расположения отверстий и других элементов, исходя из обеспечения собираемости и точности размеров и формы изделия.

Летательный аппарат согласно [1] состоит из элементов. Эти элементы объединяются в группы, образующие “основные части ЛА” - крыло, фюзеляж и т.д. Основная часть состоит из одного главного элемента и ряда других элементов. С каждым элементом, в том числе и с главным, может быть связана своя система координат - базовая система координат элемента.

Выбирается базовая система координат (БСК) элемента следующим образом. На элементе задается в соответствии с задачей фиксированная относительно элемента, так называемая, “базовая точка элемента” - O_i . *Базовая ось элемента O_iX_i* - прямая, фиксированная, относительно элемента, проходящая через его базовую точку и направлена вперед. *Базовая система координат элемента $O_iX_iY_iZ_i$* - прямоугольная правая система координат элемента, фиксированная относительно элемента с началом в базовой точке элемента и с базовой осью, выбираемой так, что O_iY_i направлена вверх.

Система координат основной части ЛА есть базовая система координат главного элемента. Положение одного элемента относительно другого - совокупность значений геометрических величин (три координаты и три направляющих угла), определяющих положение БСК одного элемента относительно БСК другого.

Геометрическое состояние ЛА - совокупность значений геометрических величин, характеризующих относительные положения основных частей ЛА и его элементов.

Кроме БСК элементов задается также и базовая система координат самого ЛА. Она может совпадать с БСК какой-либо основной части, например, БСК самолета совпадает с БСК фюзеляжа.

БСК ЛА задается следующим образом. Сначала выбирают базовую плоскость ЛА - $O_RX_RY_R$. Выбор ее в общем случае произволен. У космических аппаратов (КА), например, за базовую плоскость выбирают плоскость стыка блока баков и двигательной установки. У самолета базовая плоскость есть плоскость, относительно которой большинство элементов расположены симметрично слева и справа. В базовой плоскости в соответствии с задачей выбирают базовую точку ЛА (например, центр масс ЛА). Далее в базовой плоскости задают базовую ось самолета - прямую, проходящую через базовую точку и направленную вперед. Тогда базовая система координат ЛА $O_RX_RY_RZ_R$ - правая прямоугольная система координат, фиксированная относительно ЛА, с началом координат в базовой точке ЛА и базовой осью O_RX_R . O_RY_R направлена вверх, O_RZ_R дополняет систему координат до правой тройки.

Таким образом, летательный аппарат и составляющие его агрегаты можно представить в виде совокупности взаимосвязанных систем координат, жестко связанных с элементами и частями ЛА.

Система координат, связанная с элементом ЛА, есть абстракция. Поэтому для получения информации о положении БСК ЛА, его элементов и агрегатов составляющие систем координат (оси, координатные плоскости) сначала увязываются на чертеже с некоторыми реально существующими поверхностями, линиями или точками. Среди них могут быть отверстия (базовые отверстия шпангоута), направляющие элементы (штыри, проточки), сопрягаемые стыковые поверхности (торец фланца), реперные точки на внешней поверхности обшивки и т.д. Этот процесс осуществляется на этапе проектирования и называется *заданием системы координат* агрегата или ЛА.

Процесс определения положения БСК агрегата или ЛА по реально существующим поверхностям, линиями или точками при контроле называется *материализацией системы координат* агрегата или ЛА.

Процесс задания и материализации БСК агрегата назовем процессом ее определения.

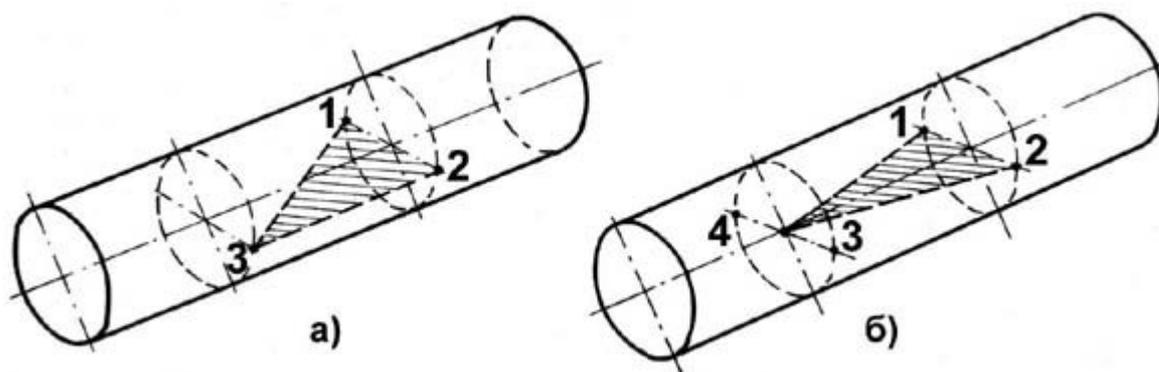


Рис. 2. Задание нивелировочной плоскости:

а - тремя точками на внешней поверхности;

б - четырьмя точками.

Для сравнительно небольших и достаточно жестких агрегатов и частей ЛА задать положение БСК не представляет особой сложности. Для этого достаточно выбрать такие поверхности, точность взаимного расположения которых не ниже заданной точности определения БСК. Это явное задание системы координат агрегата. Система координат называется *заданной явно*, если она однозначно определяется расположением материальных поверхностей, линий, точек, находящихся на данной детали или сборочной единице [2]. Для явного задания координатной плоскости достаточно трех точек, не лежащих на одной прямой, расстояния между которыми - неслучайные величины (рис.2, а) .

Система координат называются *заданной неявно*, если отсутствуют достаточно точно расположенные элементы конструкции, пригодные для ее явного определения. У крупногабаритных, тонкостенных и маложестких агрегатов задать БСК однозначно невозможно. В размерной связи, определяющей взаимное расположение элементов конструкции присутствует случайная состав-

ляющая. Она обусловлена влиянием ряда случайных факторов. Среди этих факторов можно выделить, например, упругий прогиб конструкции под действием собственного веса, отклонение формы внешней поверхности обшивки. Поэтому у таких агрегатов однозначно определить нивелировочную плоскость БСК по трем точкам нельзя. Положение нивелировочной плоскости в пространстве будет подчинено некоторому случайному закону, так как оно есть функция случайных аргументов - координат точек, материализующих БСК.

В таком случае координатные плоскости агрегатов проводятся усреднением (или с помощью иных вычислений) координат точек, расположенных на внешних или внутренних поверхностях агрегата (рис.2, б). Очевидно, что с увеличением числа точек и расстояния между ними, растет и точность определения плоскости. Следовательно существует некоторое оптимальное количество и расположение точек, при котором будет обеспечиваться требуемая точность определения плоскости.

Поиск оптимального количества и расположения точек для определения координатных плоскостей агрегатов с заданной точностью - одна из ключевых проблем в вопросе обеспечения точности нивелировочных параметров ЛА.

Итак, система координат ЛА, а также координатные плоскости агрегатов задаются точками на внешней поверхности, расположение которых переносится со ступеней или определяется другими способами, и эти точки называются *реперными* или *нивелировочными*.

Способ, с помощью которого можно определить положение системы координат, называется способом материализации системы координат, а полученные координатные плоскости - *нивелировочными плоскостями*.

1.3. Нормирование нивелировочных параметров ЛА

Базовую систему координат отсека можно рассматривать как совокупность двух систем координат:

1. Системы координат, связанной с элементами узлов стыка агрегата со смежными агрегатами.
2. Системы координат, связанной с оболочкой отсека.

Поскольку элементы узлов стыка обладают достаточной жесткостью, первая система координат агрегата может быть задана явно. Так например, система координат торцевого шпангоута сухого отсека материализуется четырьмя базовыми отверстиями и рисками следов плоскостей стабилизации в сечении шпангоута.

Вторая система координат агрегата связана с элементами, как правило, не обладающими достаточной жесткостью и точностью геометрических параметров. Таким образом, эта система координат задается неявно через ряд реперных точек на поверхности обшивки.

После сборки ЛА система координат отсека, связанная с узлами стыка, остается недоступной. Положение БСК отсека на окончательно собранном ЛА характеризует только неявно заданная система координат. Поэтому при назначении допусков на нивелировочные параметры нормируется именно взаимное расположение реперных точек отсеков ЛА.

Требования к нивелировочным параметрам служат исходными данными для определения требований к точности расположения разъемов агрегатов и их элементов.

Требования к точности расположения элементов конструкции корпуса относительно нивелировочных плоскостей, способ материализации последних, расположение опор изделия включаются в конструкторскую документацию (нивелировочный чертеж, инструкцию по нивелировке).

1.4. Анализ состояния параметров процесса ТС нивелировки

Определение параметров любого бизнес-процесса в соответствии с концепцией реинжиниринга проводят по трем категориям: эффективность, результативность и время цикла.

По определению, выход эффективного процесса (в виде товара или услуги) удовлетворяет или превышает потребности клиента. Замеры процессов, определяющие эффективность, соотносятся с уровнем качества выходных результатов процесса (дефекты, ошибки) [3].

Процесс результативен, если он достигает минимально возможного уровня потребления ресурсов и удовлетворяет потребности как клиента, так и бизнеса (отходы, переделка).

Жизненно важной характеристикой процесса служит время цикла. В наши дни время - это ключевой фактор в конкурентной борьбе в условиях глобализации экономики. Те предприятия, которые в состоянии запускать новую продукцию или услуги на рынок быстрее своих конкурентов или лучше реагировать на вызовы, связанные с техническим обслуживанием, часто способны обеспечить и поддерживать своё лидерство в конкуренции.

Время цикла включает время, затраченное на выполнение как работы по созданию добавленной ценности, так и лишней работы для потребителя, производителя или обеих сторон.

Согласно [4] при рассмотрении процесса нивелировки как работы ТС для определения параметров процесса по этим категориям следует найти параметры, характеризующие надежность ТС по критериям:

- качество изготавливаемой продукции;
- величина затрачиваемых ресурсов;
- производительность ТС.

В рамках проведения анализа надежности ТС было изучено несколько технологических процессов нивелировки и юстировки ЛА различных типов. Среди которых:

- процесс паспортизации посадочных мест пилотажно-навигационного оборудования системы ориентации метеорологического спутника серии "Купон" на НПО им. С.А. Лавочкина;
- процесс контроля геометрических параметров приборно-грузового отсека (ПГО) функционально-грузового блока орбитальной (ФГБ) международной космической станции (МКС) "Альфа" на ГКНПЦ им. М.В. Хруничева;
- процесс нивелировки самолета ТУ - 154 по работе [5];

Основное внимание было уделено следующим аспектам:

- способам материализации нивелировочных плоскостей ЛА;
- методике прогнозирования точности реализации процессов нивелировки и юстировки ЛА;
- методике назначения допусков на нивелировочные и юстировочные параметры ЛА.

При анализе было выявлено следующее:

- существующая методика назначения допусков на нивелировочные параметры ЛА, основанная на локальном подходе при нормировании взаимного расположения агрегатов изделия, находится на экспертном уровне;
- отсутствует методика определения необходимого количества и расположения точек материализации неявно заданных координатных плоскостей ЛА;
- оценка точности реализации технологических процессов юстировки и нивелировки производится экспертно;
- для реализации операции контроля геометрических параметров зачастую необходима высокоточная оснастка, задающая систему координат агрегата и определяющая его положение относительно средств измерения;
- необходимым условием проведения операций контроля геометрических параметров является совмещение системы координат объекта контроля и базы измерения.

Следствием сказанного являются невысокие оценки параметров надежности ТС процесса нивелировки. По качеству изделия, производительности процесса и затратам на его реализацию эти оценки выглядят следующим образом:

1. Невысокая точность обеспечения и определения нивелировочных параметров ЛА и, как следствие, около 10% ресурса двигательной установки отводится на компенсацию возмущающих моментов, вызванных неправильным взаимным расположением агрегатов ЛА [6].

2. Значительные затраты на отработку процессов контроля геометрических параметров ЛА, на изготовление точной оснастки.

3. Низкая производительность ТС процесса нивелировки как следствие высокой трудоемкости и длительности выполнения контрольных операций.

Невысокие оценки параметров надежности ТС определяют необходимость совершенствования или реинжиниринга процесса нивелировки.

1.5. Определение направлений совершенствования процесса

В контексте результатов анализа требований потребителей к современным ЛА целью контроля действительного взаимного расположения агрегатов ЛА является определение действительных аэродинамических характеристик ЛА.

Совершенствование процесса ТС нивелировки следует вести по двум направлениям:

- совершенствование инструментальной базы процесса, то есть создание высокоэффективных средств измерения;
- совершенствование методической базы процесса.

Совершенствование методической базы следует осуществлять в контексте использования современных информационных технологий, в первую очередь технологии компьютерного проектирования и производства CAD/CAM.

Задача совершенствования методической базы обеспечения процесса нивелировки включает в себя как задачу повышения точности и надежности обеспечения или определения нивелировочных параметров ЛА, так и задачу автоматизации проектирования и выполнения операций контроля этих параметров.

Решить эти задачи можно путем создания, совершенствования и информационного воплощения следующих методик:

- методики нормирования нивелировочных параметров ЛА;
- методики проектирования и реализации процесса нивелировки.

2. Компьютер-интегрированное производство CIM

2.1. Реализация технологических процессов в информационной среде

Трудно переоценить возможности, которые могут раскрыться в результате использования современных информационных технологий при изготовлении и эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники.

Это, во-первых, интенсификация всего производственного процесса, за счет внедрения концепции параллельного инжиниринга на основе единой электронной базы данных проекта.

Во-вторых - это значительное сокращение временных и материальных затрат на обработку конструкции выпускаемого изделия и технологии его изготовления за счет перенесения этих процессов с реального изделия на его электронную модель.

В-третьих - это существенное повышение качества выпускаемых изделий за счет применения высокопроизводительных и высокоточных средств бесплазменной увязки геометрических параметров ЛА.

Поэтому информационное представление любого вновь разрабатываемого процесса, равно как и существующих процессов, является одной из основных задач на пути совершенствования всего производства при переходе на новые формы его организации в рамках реализации концепции СІМ.

2.2. Обзор состояния систем компьютерного проектирования и производства

Современное производство в самых разнообразных отраслях характеризуется необходимостью создания сложных пространственных поверхностей.

До сих пор классическим способом реализации этих пространственных форм является ручное изготовление модели. От модели потом изготавливается форма для литья копии или же копия изготавливается из твердого материала при помощи копировального фрезерования. На самом деле модельщик является ключевой фигурой - от его знания, воображения и умения зависит верность толкования замысла конструктора, выраженного на чертеже и точность выполнения модели, а значит и изделия.

С использованием электронно-вычислительной техники и специализированного программного обеспечения можно создавать нематериальные компьютерные модели сложных форм, исследовать их изображения на экране и получать программы для станков с числовым программным управлением. При помощи проводников связи от компьютера до станка с ЧПУ осуществляется замкнутая CAD/CAM система (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing - конструирование и производство при помощи компьютера).

Преимущества этой современной технологии вполне очевидны:

- возможность прямого использования геометрических данных компьютером, если конструкция уже создана при помощи компьютера;
- сокращение производственного цикла из-за ненужности изготовления ручной модели;
- значительное повышение точности изделия со всеми вытекающими из этого полезными последствиями для функционирования изделия и для экономики производства.

Внедрение CAD/CAM систем на предприятиях авиационно-космического комплекса носит эволюционный характер, рассчитанный на постепенное расширение круга решаемых задач, начи-

ная с частных задач проектирования и изготовления отдельных деталей и заканчивая интеграцией в автоматизированные системы, охватывающие в конечном счете весь жизненный цикл изделия.

К сожалению, среди систем проектирования нового поколения нет ни одной системы, созданной в России или странах бывшего СССР. Работы, проводившиеся, главным образом, в НИЦ АСК, а также в ряде других организаций, начиная с 1986 г. в течение пяти-шести лет, строились, в основном, на идеологии системы ANVIL 4000, не относящейся к системам нового поколения. Эти работы привели к созданию систем БПИО (BPIO), СГМ (SGM), МАСТЕР 3.0, KREDO, DEKART, которые в настоящее время поддерживаются слабо. В связи с распадом коллективов разработчиков эти системы в настоящее время не развиваются и, следовательно, морально устарели. Исключением является лишь система KREDO. Однако по возможностям ее можно поставить в ряд лишь с хорошо известной системой AutoCAD фирмы AutoDesk. Которая не является системой класса CAD/CAM.

2.3. Определение платформы информационной реализации результатов исследования

Основные критерии, по которым следует проводить выбор CAD/CAM системы для реализации в ее контуре разрабатываемой методики, следующие:

- наиболее полное удовлетворение всем специфическим требованиям, предъявляемым к системам класса CAD/CAM;
- открытость системы, то есть возможность создания и подключения к системе отдельно спроектированных программных модулей - приложений;
- невысокая стоимость системы и простота обучения персонала для работы с системой.

По результатам анализа систем класса CAD/CAM, предлагаемых сегодня на рынке информационных технологий, было решено использовать в качестве среды для программной реализации разрабатываемой методики продукт корпорации Bentley Systems Inc - MicroStation.

Обладая базовым набором возможностей систем класса CAD/CAM, MicroStation позволяет организовать единую информационную среду, необходимую для работы всех подразделений предприятия над данным проектом, позволяет проектировать в своей среде необходимые для его реализации программные модули и приложения. И с другой стороны, стоимость базового пакета MicroStation на порядок ниже, чем у любой другой системы того же класса.

2.4. Тенденции развития технологического процесса нивелировки ЛА

Традиционно нивелировка завершала технологический процесс сборки изделия и являлась контрольной операцией. С повышением требований к точности нивелировочных параметров, последние в ряде случаев уже не могут быть обеспечены за счет точности изготовления сборочных

единиц изделия. Возникает необходимость обрабатывать посадочные места (в основном аэродинамических поверхностей) на предварительно отnivelированных сборочных единицах. В этих случаях нивелировка из контрольной операции превращается в сборочную [2].

Сборка высокоточных конструкций из маложестких элементов - процесс традиционный в производстве ЛА. В современных условиях этот процесс получил свое новое развитие. Сейчас появляется необходимость в таких технологических процессах сборки, при которых материализация базовых систем координат производилась бы на заключительных операциях, исходя из условий обеспечения максимальной точности сборки (стыковки) с соседними элементами конструкций.

Многим ЛА присуще широкое применение маложестких сварных конструкций и, особенно, конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ). Им свойственны значительные отклонения формы в процессе изготовления. Следствием этого является невысокая точность переноса (копирования) баз сборочной оснастки на собираемое изделие [2]. Особенностью ряда новых конструкционных материалов (алюминиево-литиевых сплавов, ПКМ, гибридных материалов) является их чувствительность к уровню остаточных напряжений, в том числе сборочных, возникающих вследствие соединения неточно изготовленных деталей. Решение проблемы обеспечения заданной точности базирования при сборке неточно изготовленных деталей из ПКМ оказывает решающее значение при обеспечении заданного уровня остаточных напряжений в сборочной единице. Задача состоит в поиске оптимального способа взаимной ориентации собираемых деталей, при котором остаточные напряжения не превышали бы допустимых значений.

Эти особенности обуславливают следующие изменения в технологии производства ЛА:

- перемещение операции нивелировки из контрольной в сборочную;
- материализацию БСК на заключительных стадиях изготовления агрегата;
- управление уровнем остаточных напряжений в конструкции путем управления точностью геометрических параметров деталей и технологического процесса сборки.

С внедрением в производство CAD/CAM систем появляется возможность обработки маложестких конструкций с базированием инструмента не от оснастки, как это традиционно применялось, а непосредственно от агрегата. Практически во всех современных CAD/CAM системах имеются программные модули, позволяющие по измеренным при помощи координатно-измерительной машины точкам на поверхности изделия или агрегата определить положение изделия относительно некоторой системы координат, связанной с системой координат обрабатывающего станка. Далее CAD/CAM система генерирует программу траектории движения инструмента и посылает ее на станок с ЧПУ, который и производит дальнейшую обработку.

Используя метод базирования инструмента относительно агрегата, значительно повышается точность обработки за счет исключения из размерной цепочки погрешности ориентации агрегата в приспособлении или стапеле, которые будут выполнять лишь роль ложементов.

На точность определения положения агрегата относительно обрабатывающего станка будет влиять погрешность изготовления агрегата, поскольку метод определения положения агрегата в некоторой системе координат основан на сопоставлении измеренных координат точек с соответствующими координатами точек его электронной модели. Следовательно, при таком методе базирования будет возникать проблема выбора оптимального количества точек, необходимых для определения с заданной точностью положения агрегата в системе координат обрабатывающего станка.

Решение указанных задач, как справедливо указывается в работе [2], требует развития метрологического обеспечения технологических процессов. Основное направление развития метрологического обеспечения заключается в изменении сути процессов измерения, переходе от измерения отдельных геометрических параметров, сравниваемых с допуском, к измерению комплекса геометрических параметров с одновременной и последующей их обработкой. Это требует создания автоматизированных информационно-измерительных систем с развитым математическим и программным обеспечением.

3. Цели и задачи реинжиниринга процесса нивелировки

Возрастающие требования к точности обеспечения геометрических параметров ЛА, изменения условий производства, связанные с продвижением на мировой рынок авиационной и ракетно-космической техники, внедрение новейших информационных технологий коренным образом изменяют облик всего производства. Эти тенденции ставят на повестку дня вопрос о качественном пересмотре всей инженерно-методической и инструментальной базы процессов контроля геометрических параметров ЛА. В этом контексте и будет сформулирована цель реинжиниринга процесса нивелировки.

Цель - анализ и перепроектирование процесса нивелировки в интересах повышения надежности определения погрешности взаимного расположения агрегатов, увеличения производительности и снижения затрат на оснастку.

Поставленная цель подразумевает решение следующих задач:

- предложить и обосновать метод исследования процесса;
- разработать методику, позволяющую выбрать оптимальный способ определения БСК агрегатов ЛА при заданной точности реализации технологического процесса нивелировки;

- создать программное обеспечение, реализующее методику на ЭВМ в контуре одной из систем класса CAD/CAM;
- на основе созданного программного обеспечения предложить, экспериментально отработать и внедрить информационную поддержку процесса нивелировки.

Список литературы

1. Характеристики самолета геометрические - термины и определения. ГОСТ 22.833-77. - М.: Издательство стандартов, 1978. - 22 с.
2. Бородкин А.А. Методы обеспечения взаимозаменяемости в производстве летательных аппаратов: Учебное пособие. -М.: МАИ, 1993. - 68 с.
3. Процессный подход. Серия "Все о качестве. Зарубежный опыт". Выпуск 22, - М.: НТК "Трек", 2000. - 27 с.
4. Технологические системы. Общие требования к методике оценки надежности. ГОСТ 27.003-83. -М.: Издательство стандартов, 1984. - 28 с.
5. Горячев А.С. Контроль геометрических параметров агрегатов летательных аппаратов. -Куйбышев: КуАИ, 1986. - 72 с.
6. Котырев И.Я. Проектирование гражданских самолетов: Теории и методы/ И.Я. Котырев, М.С. Неймарк, В.М. Шейнин и др.; Под. ред. Г.В. Новожилова. -М.:Машиностроение, 1991. - 672с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Федоров Илья Александрович, ассистент кафедры производства аэрокосмической техники Московского государственного авиационного института (технического университета).