

(82)

ISSN 1814-3520

№ 11
2013

ВЕСТНИК

Иркутского Государственного Технического Университета

Издательство Иркутского Государственного Технического Университета, 2013



MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION

VESTNIK

of Irkutsk State Technical University

(82)
№ 11
2013

Editorial board

A.D. AFANASYEV,
Professor, Doctor of Physical
and Mathematical Sciences,
Editor-in-Chief

V.V.PESHKOV,
Professor, Doctor of
Economics, Deputy Editor-in-
Chief

A.N.VISYASHCHEV,
Professor, Candidate of
technical sciences

N.I.VOROPAI,
Corresponding Member of
Russian Academy of Sciences,
Professor, Doctor of technical
sciences

R.D.GUTGARTS,
Professor, Doctor of
Economics

O.A. KOLMAKOVA,
Associate Professor,
Candidate of Pedagogics

M.I.KUZMIN,
Academician of Russian
Academy of Sciences,
Professor, Doctor of Geological
and Mineralogical sciences

I.V.NAUMOV,
Professor, Doctor of History

A.V.PETROV,
Professor, Doctor of technical
sciences

A.I.PROMTOV,
Professor, Doctor of technical
sciences

O.V.PULYAEVSKAYA,
Associate Professor,
Candidate of Psychology

N.N.ROGOZNAYA,
Professor, Doctor of Philology

V.I.SNETKOV,
Professor, Doctor of technical
sciences

D.A.STEPANENKO,
Associate Professor, Doctor of
Law

I.A.YAKOBA,
Associate Professor,
Candidate of Sociology

K.L.YASTREBOV,
Professor, Doctor of technical
sciences

DONGHENG HAO, Professor,
Rector of Shijiazhuang
University of Economics
(China)

Publisher: Irkutsk State Technical University

The Journal was founded in 1997
Frequency of publication – monthly
The journal is registered with the Federal Agency for Supervision of
Communications, Information Technologies and Mass Media
(Roskomnadzor).

Certificate of registration № ПИ № ФС77-47902
of 22 December, 2011.

Founder: Irkutsk State Technical University







Production Editor: G.P. Privalova
Design and Publication Layout by E.V. Khokhrin

Address of the Publishers:
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074
Office D-215
e-mail: pgp@istu.edu


©Irkutsk State Technical University, 2013

Кибернетика.












Информационные системы и технологии

	Власов А.П. Синтез элементов АИС предприятия химического машиностроения.....	12
	Домбровский М.Ю. Рациональная методика формирования расписания движения подвижного состава городского электрического транспорта.....	15
	Лемперт А.А., Бухаров Д.С., Столбов А.Б. Интегрированная экспертная система для исследования проблем развития транспортно-логистической инфраструктуры региона.....	20
	Лукьянов Н.Д. Применение метода последовательного оценивания для сравнения эффективности различных вариантов генетического алгоритма.....	25
	Массель Л.В., Серый А.С., Сидорова Е.А. Подход к повышению уровня доверия к информации на основе интеграции текстовых и семантических моделей данных.....	29
	Петров А.В. «Иная и забытая» теория вероятностей.....	36


Механика и машиностроение

	Грудинин В.Г. Соединительное устройство планетарного типа с инерционно-динамическими связями....	39
	Дорофеева Н.Л., Дорофеев И.А. Результаты численного исследования субгармонического поведения полой круговой арки.....	43
	Иванова А.В., Пономарев Б.Б., Савилов А.В., Чапышев А.П. Робототехнический комплекс удаления заусенцев после фрезерования деталей.....	49
	Колесников А.В., Шмаков А.К. Пневмотермическая формовка и диффузионная сварка трёхслойных клиновидных панелей с подпором обшивок.....	53
	Малашенко А.Ю. Определение технологических параметров гибки-прокатки длиномерных обшивок и панелей крыла.....	57
	Милосердов Е.Е., Минеев А.В. Математическая модель нагрузок при износе зубьев ковша роторного экскаватора большой единичной мощности, находящегося за пределами срока службы.....	63
	Чапышев А.П., Бобров А.А. Повышение эффективности определения режимов виброабразивной обработки в зависимости от технологических условий.....	66
	Чьен Х.В., Лаврентьева М.В. Определение состава базирующих элементов сборочного приспособления при сборке авиационного изделия.....	74

Науки о Земле

	Гребнева А.В. Воздействие современных тектонических движений на условия формирования подземных вод.....	81
	Григоров В.Т. Перспективы существенного укрепления сырьевой базы золоторудных месторождений Сибири на основе инновационной технологии поисков на базе стратиформного метаморфогенного рудообразования.....	86
	Кинзягулова А.Р. Содержание и методика создания туристских карт Прибайкалья.....	91
	Кондратец В.А. Обеспечение идентификации соотношения руда/вода в мельницах с циркулирующей нагрузкой.....	95
	Махно Д.Е., Авдеев А.Н. К вопросу физики процесса хрупких разрушений твердых тел.....	103
	Олзоев Б.Н. Технологические основы создания электронных рекреационно-туристских карт (на примере национального парка «Тункинский»).....	105
	Пузырева А.Ю., Гребенщиков В.Ю., Гайда В.К. Анализ влияния агроэкологических факторов на урожайность ячменя в Иркутской области.....	111
	Сафаров А.С., Верхозина В.А., Макухин В.Л. Моделирование переноса выбросов Ново-Иркутской ТЭЦ на акваторию оз. Байкал.....	115
	Сираев Р.У., Акчурин Р.Х., Чернокалов К.А., Сотников А.К., Сверкунов С.А., Вахромеев А.Г. Алгоритм бурения горизонтального ствола в трещиноватых карбонатах рифея в условиях аномально низкого пластового давления, Юрубчено-Тохомское НГКМ.....	120
	Сосновская Е.Л., Сосновский Л.И., Филонюк В.А. Обоснование параметров геотехнологий для месторождений с малоизученным геомеханическим состоянием массивов горных пород.....	124
	Тимофеева С.С., Батоева А.А. Сточные воды предприятий по добыче и переработке рудного золота и комбинированные технологии их обезвреживания.....	132

Разработка месторождений твердых полезных ископаемых

	Тиунов М.Ю., Богйдаев С.А. Флотационное извлечение ценных компонентов из хвостов гравитационного обогащения редкометаллических руд.....	143
---	--	-----



Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России) в рамках комплексного проекта «Автоматизация и повышение эффективности процессов изго-

товления и подготовки производства изделий авиатехники нового поколения на базе Научно-производственной корпорации «Иркут» с научным сопровождением Иркутского государственного технического университета», шифр 2012-218-03-120.

Библиографический список

1. Бабичев А.П. Вибрационная обработка деталей. М.: Машиностроение, 1974. 136 с.
2. Бабичев И.А., Бойко М.А. Технологические характеристики абразивных сред для отделочно-зачистных методов обработки // Вопросы вибрационной технологии: межвуз. сб. науч. ст. Ростов н/Д, 1999. С. 52–53.
3. Бойко М.А. Повышение технологических характеристик абразивных гранул для виброабразивной обработки: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08. Ростов н/Д, 2000. 169 с.
4. Бранспиз Е.В. Повышение эффективности виброабразивной обработки путём рационального выбора её основных параметров: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01. Харьков, 2001. 265 с.
5. Калмыков М.А. Повышение эффективности виброабразивной обработки крупногабаритных изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08. Харьков, 2005. 223 с.
6. Калмыков М.А., Шумакова Т.А., Левинская И.М. Исследо-

- вание поведения абразивных гранул различных геометрических форм в вибрирующих контейнерах // Вибрації в техніці та технологіях. 2009. № 3 (55). С. 69–72.
7. Литовка Г.В. Вероятностно-статистическая система геометрических параметров гранул абразивного наполнителя как научная основа управления показателями вибрационной обработки: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.08; 05.03.01. Благовещенск, 1996. 364 с.
 8. Лубенская Л.М., Шумакова Т.А., Якушник С.Н. Влияние формы абразивных гранул на съём металла с поверхности образцов различных геометрических форм // Вибрації в техніці та технологіях. 2007. № 2 (47). С. 33–37.
 9. Венцкевич Г.Ж. Влияние некоторых параметров абразивного наполнителя на эффективность процесса шлифования в вибрирующих резервуарах: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08. Ворошиловград, 1985. 175 с.

УДК 658.512, 004.942

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА БАЗИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СБОРОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ПРИ СБОРКЕ АВИАЦИОННОГО ИЗДЕЛИЯ

© Х.В. Чьен¹, М.В. Лаврентьева²

Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Приведен метод определения состава базирующих элементов сборочного приспособления, используемого для сборки авиационного изделия с использованием электронного макета конструкции, построенного в CAD-системе (Computer-Aided Design). Метод основан на выявлении дифференциально-геометрических характеристик базовых точек и конструктивно-технологических характеристик сборочной единицы. Полученные данные позволяют определить методы сборки и состав базирующих элементов сборочного приспособления при сборке изделия в машиностроении и самолетостроении.

Ил. 4. Табл. 2. Библиогр. 9 назв.

Ключевые слова: сборочные единицы; сборочные базы; базовые точки; базирующие элементы сборочного приспособления; метод сборки.

IDENTIFICATION OF JIG BASING ELEMENTS COMPOSITION UNDER AVIATION PRODUCT ASSEMBLY

H.V. Chien, M.V. Lavrentyeva

Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The article introduces a method using electronic model built in CAD system for the identification of the basing elements composition of the jig used for the assembly of aviation products. The method is based on detecting the differential geometric characteristics of the reference points and structural and technological characteristics of the assembly unit. The obtained data allow to identify the assembly methods and the composition of jig basing elements when assembling products of mechanical engineering and aircraft construction.

4 figures. 2 table. 9 sources.

Key words: assembly units; assembly bases; reference points; jig basing elements; method of assembly.

В ходе проектирования технологического процесса сборки сборочной единицы (СЕ), состоящей из малых жестких деталей, выбор схемы базирования СЕ

основывается на последовательном решении ряда задач:

- 1) выявление минимального состава базовых то-

¹Ха Ван Чьен, аспирант, тел.: 89248331186, e-mail: maimaibenem_0113@yahoo.com

Ha Van Chien, Postgraduate, tel.: 89248331186, e-mail: maimaibenem_0113@yahoo.com

²Лаврентьева Мария Вячеславовна, аспирант, тел.: 89021757833, e-mail: mira.amazon@gmail.com

Lavrentyeva Maria, Postgraduate, tel.: 89021757833, e-mail: mira.amazon@gmail.com

чек (БТ), определяющих основные базы маложесткой детали, назначение ограничивающих связей, которые позволят задать ее пространственное положение, удовлетворяющее условию допустимых деформаций;

2) выбор внешних базирующих элементов (БЭ) сборочной оснастки, вспомогательные базы которых соответствуют выявленному составу основных сборочных баз устанавливаемой маложесткой детали;

3) выбор фиксирующих элементов сборочной оснастки, установочные базы которых задают необходимые ограничивающие связи на пространственное положение маложесткой детали.

В современных условиях решение вышеперечисленных задач необходимо выполнять с использованием систем автоматизированного проектирования и инженерного анализа. Это требует создания формализованных моделей изделия и проведения процедур выбора конструктивных элементов сборочного приспособления (СП) при его автоматизированном проектировании в среде принятой CAD-системы.

Решение первой из поставленных задач отражено в работе Р.Х. Ахатова, Х.В. Чьена [2], где рассматривается выбор базовых точек, определяющих основные базы маложесткой детали, алгоритм решения основан на сравнении текущей деформации пакетов деталей в зоне выбора базовых точек изделия с допустимым значением. Полученная совокупность точек в общем виде включает неупорядоченный состав базовых точек на поверхности изделия, соответствующих дифференциально-геометрическим характеристикам в них (рис. 1). В такой ситуации вспомогательные базы базирующих элементов СП будут включать дискретные элементы, что не всегда целесообразно по конструктивно-технологическим условиям.

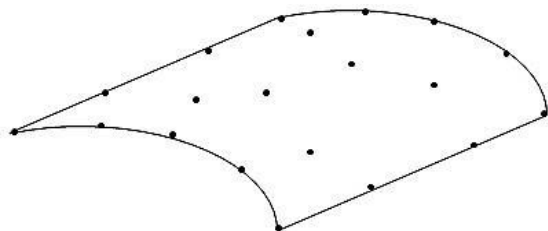


Рис. 1. Сетка базовых точек сборочной единицы

Для автоматизации процедуры выбора рациональной схемы конструкции СП и состава его базирующих элементов необходимо решить две основные задачи:

1) выполнить упорядочение выбранных базовых точек на поверхности изделия так, что их пространственное расположение с учетом значений дифференциально-геометрических характеристик в них будет соответствовать соответствующим свойствам нормализованных элементов СП;

2) определить множество допустимых вариантов назначения базирующих элементов в конструкции СП и выбрать их рациональное сочетание, определяющее схему базирования СЕ в технологическом процессе сборки.

Первая задача – выполнить упорядочение вы-

бранных базовых точек на поверхности изделия так, что их пространственное расположение с учетом значений дифференциально-геометрических характеристик в них будет соответствовать соответствующим свойствам нормализованных элементов СП. Для решения этой задачи используются следующие предлагаемые принципы выбора общего типа БЭ СП:

– если некоторые БТ находятся на одной плоскости и их нормали тоже находятся на одной плоскости, то для фиксации таких точек можно использовать БЭ, который объединяет несколько БЭ в одном (рубильник, ложемент);

– если некоторые БТ не находятся на одной плоскости, но они находятся в предлагаемой допускаемой зоне, то для фиксации таких точек можно использовать БЭ, который объединяет несколько БЭ в одном (рубильник, ложемент);

– если БТ не удовлетворяют вышесказанным условиям, то для фиксации таких точек нужно использовать упор, опору или фиксатор, чтобы фиксировать базу, а с другой стороны использовать прижим для приложения усилия.

По типам баз можно также определить некоторые принципы выбора общего типа БЭ СП:

1. Основная база. По определению основной называют конструкторскую базу, принадлежащую детали или сборочной единице, используемую для определения их положения в изделии [1]. При сборке по СП базовыми деталями являются БЭ СП, поэтому поверхность сопряжения между БЭ СП и непосредственно соединяющимися с ними детали являются основными базами. В конструкции СЕ поверхности непосредственно сопрягающиеся с БЭ СП являются поверхностями теоретического обвода и свободными поверхностями. Детали, которые непосредственно соприкасаются с БЭ СП, являются основными деталями. Для фиксации основных баз используется рубильник или упор.

2. Вспомогательная база. По определению вспомогательной называют конструкторскую базу, принадлежащую детали или сборочной единице и используемую для определения положения присоединяемой к ним детали или сборочной единицы [1]. Следует заметить, что любая деталь может иметь только один комплект основных баз, а комплектов вспомогательных баз – столько, сколько деталей или сборочных единиц к ней присоединяется. При сборке по СП поверхности сопряжения между основными деталями с другими деталями являются вспомогательными базами. В конструкции СЕ поверхности, непосредственно сопрягающиеся с БЭ СП, являются поверхностями теоретического обвода и свободными поверхностями. Для фиксации вспомогательных баз используется фиксатор;

3. Установочная база. По определению установочной называют базу, используемую для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их трех степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг других осей [1]. Если базовые точки являются точками с нормальными, тогда эти БЭ являются установочными базами. Для



фиксации установочных баз используется прижим;

4. Опорная база. Опорной по определению называют базу, используемую для наложения на заготовку или изделие связей, лишаящих их одной степени свободы – перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси. Для опорной базы не требуются поверхности больших размеров [1]. Если базовые точки – точки без нормалей, тогда эти БЭ являются установочными базами. Для фиксации опорных баз используются опоры.

При исследовании структуры изделия, анализе его конструктивного электронного макета (КЭМ) с помощью инструментальных средств Unigraphics NX получены следующие значения дифференциально-геометрических характеристик в базовых точках (рассматриваются в абсолютной системе координат):

– координаты БТ в абсолютной системе координат (табл. 1);

– значения направляющих косинусов в БТ (табл. 2).

Если есть n БТ $A_1(X_1, Y_1, Z_1)$, $A_2(X_2, Y_2, Z_2)$, $A_3(X_3, Y_3, Z_3)$, $A_n(X_n, Y_n, Z_n)$, которые находятся на базовой поверхности SE , тогда эти точки находятся в предлагаемой допускаемой зоне, если их координаты удовлетворяют одному из следующих условий (рис. 3):

$$X_1 \neq X_2 \neq X_3 \neq \dots X_n, \text{ но } |X_2 - X_1| \leq \delta, \\ |X_3 - X_1| \leq \delta, \dots, |X_n - X_1| \leq \delta; \quad (4)$$

$$Y_1 \neq Y_2 \neq Y_3 \neq \dots Y_n, \text{ но } |Y_2 - Y_1| \leq \delta, \\ |Y_3 - Y_1| \leq \delta, \dots, |Y_n - Y_1| \leq \delta; \quad (5)$$

$$Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3 \neq \dots Z_n, \text{ но } |Z_2 - Z_1| \leq \delta, \\ |Z_3 - Z_1| \leq \delta; \dots, |Z_n - Z_1| \leq \delta, \quad (6)$$

где δ – ширина базовой поверхности рубильника, ложемент (наиболее распространена $\delta = 20$ мм).

Таблица 1

Координаты базовых точек

Базовые точки	A_1	A_2	A_3	...	A_n
X	X_1	X_2	X_3	...	X_n
Y	Y_1	Y_2	Y_3	...	Y_n
Z	Z_1	Z_2	Z_3	...	Z_n

Таблица 2

Значения направляющих косинусов

Базовые точки	A_1	A_2	A_3	...	A_n
i	i_1	i_2	i_3	...	i_n
j	j_1	j_2	j_3	...	j_n
k	k_1	k_2	k_3	...	k_n

Если есть n БТ $A_1(X_1, Y_1, Z_1)$, $A_2(X_2, Y_2, Z_2)$, $A_3(X_3, Y_3, Z_3)$, $A_n(X_n, Y_n, Z_n)$, которые находятся на базовой поверхности SE , тогда эти точки находятся на одной плоскости, если их координаты удовлетворяют одному из следующих условий (рис. 2):

$$X_1 = X_2 = X_3 = \dots X_n; \quad (1)$$

или

$$Y_1 = Y_2 = Y_3 = \dots Y_n; \quad (2)$$

или

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = \dots Z_n. \quad (3)$$

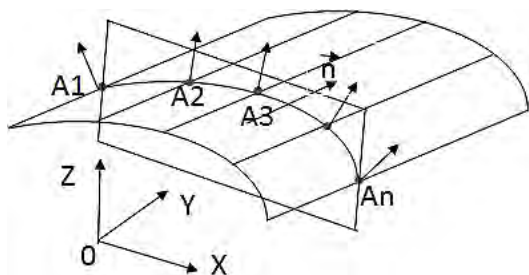


Рис. 2. Базовые точки находятся в одной плоскости

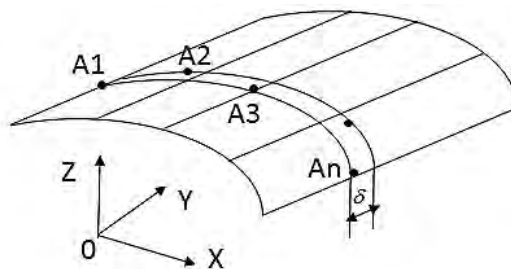


Рис. 3. Базовые точки находятся в предлагаемой допускаемой зоне одной плоскости

Если все нормали в рассматриваемых БТ находятся в одной плоскости, которая проходит через эти точки, то они перпендикулярны общей нормали этой плоскости $\vec{m}(i_m, j_m, k_m)$.

По курсу математики П.Е. Данко [6], скалярное произведение двух векторов $\vec{a}(a_1; a_2; a_3)$ и $\vec{b}(b_1; b_2; b_3)$, заданных своими координат, может быть вычислено по формуле:

$$(\vec{a}, \vec{b}) = a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3. \quad (7)$$



Векторы являются перпендикулярными тогда и только тогда, когда их скалярное произведение равно нулю.

Применяя это положение к нашему случаю, получим: если все нормали находятся в одной плоскости, то:

$$\begin{aligned} i_1 i_m + j_1 j_m + k_1 k_m &= \\ &= i_2 i_m + j_2 j_m + k_2 k_m = \\ &= i_3 i_m + j_3 j_m + k_3 k_m = \\ &= \dots i_n i_m + j_n j_m + k_n k_m = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Вторая задача – определить множество допустимых вариантов назначения базирующих элементов в конструкции СП и выбрать их рациональное сочетание, определяющее схему базирования СЕ в технологическом процессе сборки. Состав базирующих элементов для разных методов сборки будет различным, поэтому, если метод сборки не определен, состав БЭ будет также не известен, так как выбор метода сборки для конкретного изделия является первым уровнем для определения состава БЭ и формирования конструктивной схемы СП.

При определении приемлемого метода сборки для каждой СЕ, принимая во внимание разнородность параметров, их относительно равный приоритет, в работе предлагается использование математического аппарата теории распознавания образов для задач определения метода сборки. Использование данного математического аппарата обусловлено его характерными особенностями, среди которых можно отметить относительную гибкость при формировании образов, возможность оценки «близости» объектов по заданному множеству параметров (при использовании принципа кластеризации и принципа близости параметров), наличие математического аппарата, позволяющего произвести классификацию образов. В этом случае математическая модель СЕ преобразуется в образ, включающий в себя параметры, необходимые для классификации; при этом методы сборки представляют собой классы, описанные при помощи аналогичных признаков [3, 9, 8].

Основным назначением системы распознавания образов является принятие решения об отнесении произвольного образа к тому или иному классу. Один из основных подходов основан на использовании решающих функций [3, 9, 8].

Для формирования метода выбора состава БЭ предлагается использовать данные CAD/PDM-системы. Однако не все параметры, содержащиеся в электронной модели, необходимы для решения задачи выбора метода сборки, вследствие чего возникает задача селекции доступных данных с целью выделения значимых. Выбор того или иного метода сборки обуславливается комплексом факторов, зависящих от конструктивно-технологических характеристик объектов сборки [5]. Основными из них являются несколько характеристик.

Жесткость конструкции СЕ является конструктивно-технологической характеристикой, которая влияет на выбор метода сборки. Исходные данные для опре-

деления характеристик жесткости СЕ – это максимальные расстояния между опорными базовыми точками для большого распространения типов деталей конструкции планера самолета [2]. Данный метод основан на сравнении текущей деформации пакетов деталей в зоне выбора базовых точек с допустимым значением, поэтому характеристики жесткости СЕ могут определяться по следующим принципам:

– жесткие детали – в случае, если максимальное расстояние между опорными БТ для этого типа деталей конструкции больше габаритных размеров СЕ (расположены по направлению рассматриваемых БТ):

$$l_{\max} \geq a, \quad (9)$$

где l_{\max} – максимальное расстояние между опорными БТ, мм; a – габаритный размер СЕ, мм.

– нежесткие детали – в случае, если максимальное расстояние между опорными БТ для этого типа деталей конструкции меньше габаритных размеров СЕ (расположены по направлению рассматриваемых БТ):

$$l_{\max} < a. \quad (10)$$

Наиболее критичным параметром формы сопрягаемых поверхностей при выборе метода сборки является значение кривизны. Из множества существующих рассмотрим несколько видов панелей, применяемых в машиностроительных изделиях и особенно в самолетостроении: панели одинарной, двойной, знакопеременной кривизны, а также нулевой кривизны (плоские).

Панели одинарной кривизны (в частности цилиндрические и конические) допускают достаточно простые средства увязки (например, сверление СО можно произвести по шаблону развертки), либо использование станков ЧПУ (сверление СО возможно при обработке контура на станке с ЧПУ). Наличие на панелях поверхностей двойной либо знакопеременной кривизны требует сложных средств увязки СО, что ведет к увеличению стоимости средств технологического оснащения процесса сборки.

Кривизна панели оказывает существенное влияние на выбор вида базирующих отверстий (сборочные отверстия (СО) или координатно-фиксирующие отверстия (КФО)) при идентичном силовом наборе. Использование методов сборки по базирующим отверстиям конструкций двойной либо знакопеременной кривизны (или наличие компенсирующих элементов конструкции) сопряжено с достаточно сильным усложнением средств увязки, что приводит к необходимости использования приспособления, по сложности сопоставимого с приспособлениями для сборки от поверхности (сборка по поверхности каркаса, по поверхности обшивки).

При анализе характеристик БТ можно определить кривизну поверхности сопряжения:

– плоская поверхность сопряжения: нормали в каждой точке взаимно параллельны, тогда и только тогда, когда их координаты по каждой оси равны друг другу; нормали параллельны, если их координаты удовлетворяют следующему условию:



$$\begin{cases} i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_n \\ j_1 = j_2 = j_3 = \dots = j_n ; \\ k_1 = k_2 = k_3 = \dots = k_n \end{cases} \quad (11)$$

– одинарная кривизна поверхности сопряжения: нормали по одному направлению параллельны (условие (11)) и по другому направлению находятся в одной плоскости (условие (1) или (2) или (3) и (8));

– двойная кривизна поверхности сопряжения: нормали по двум направлениям находятся в одной плоскости (условие (1) или (2) или (3) и (8));

– знакопеременная кривизна поверхности сопряжения: нормали не удовлетворяют ни одному из условий ((1), (2), (3), (8) и (11)).

Тип силового набора каркаса собираемого узла также оказывает существенное влияние на выбор метода базирования при сборке. Традиционно различают следующие типы выполнения внутреннего силового набора конструкции планера самолета, на основе которых производится классификация СЕ:

- СЕ с продольным набором деталей каркаса;
- СЕ с поперечным набором деталей каркаса;
- СЕ со смешанным силовым набором деталей каркаса.

Влияние данного фактора на выбор метода сборки заключается в следующем:

- для СЕ с продольным силовым набором предпочтительна сборка по СО без использования специализированных СП;
- для СЕ с поперечным силовым набором предпочтительнее сборка по КФО;
- для СЕ со смешанным силовым набором, возможна сборка по СО, КФО, а также сборка по поверхности каркаса и по внутренней поверхности обшивки.

Однако данный критерий при выборе метода сборки приобретает необходимую адекватность только при учете критериев относительной жесткости компонента сборки, сложности сопрягаемых поверхностей, степени точности сборочной единицы.

Характер соединения каркаса с обшивкой также влияет на выбор метода сборки. Эти характеристики можно получить при анализе графа сопряжения между компонентами изделия. В частности, структура элементов изделия задана графом $G = (A, C)$, в котором A – объекты в узлах графа, C – сопряжения между объектами, то есть ребра графа [7]. При использовании контуров в основе проектирования технологических процессов и оснащения лежит система классификации конструктивно-технологических свойств изделия. Классификация выполняется по принципу декартова произведения множеств классифицируемых свойств. При сравнении изделия с эталоном используется операция представления графа изделия $G_i = (A_i, C_i)$ и графа эталона $G_j = (A_j, C_j)$ в виде единого графа $G = (A, C)$:

$$\begin{cases} G = G_i \overset{A}{\cap} \overset{C}{\cup} G_j, \\ (A = A_i \cap A_j, C = C_i \cup C_j. \end{cases} \quad (12)$$

При анализе графа сопряжения сборочного изде-

лия характер соединения каркаса с обшивкой определяется по условию соприкосновения в графе сопряжения:

– если между деталями каркаса и обшивкой существует связь, то детали каркаса соединяются с обшивкой непосредственно;

– если между деталями каркаса и обшивкой не существует связи, то детали каркаса соединяются с обшивкой через детали-компенсаторы.

Одним из основных показателей качества сборки конструкции самолета является уровень геометрических отклонений от теоретически заданных размеров и форм, которые получаются в результате реализации технологического процесса.

Для большинства скоростных самолетов допускаемые отклонения (по техническим условиям) детали компенсаторы) от размеров наружных обводов находятся в следующих пределах:

- для фюзеляжа, гондол двигателя, гондол шасси – в пределах $\pm 0,2, \dots, \pm 2,0$ мм;
- для крыла, оперения – в пределах $\pm 0,1, \dots, \pm 1,5$ мм.

При этом меньшие значения допустимых отклонений соответствуют первой зоне точности, а большие – второй зоне точности. Следует отметить, что зоны точности – это условное разбиение всей поверхности агрегата в зависимости от требований, предъявляемых к различным участкам поверхности. Количество зон точности может отличаться в зависимости от технических требований, предъявляемых для конкретного самолета.

Независимо от типа самолета, требования к точности установки деталей, участвующих в образовании теоретического обвода, выше, чем требования для деталей внутреннего набора, за исключением деталей, участвующих в образовании стыковых поверхностей.

Использование рассмотренного инструмента с конструктивно-технологическими характеристиками (жесткость, геометрическая форма, тип силового набора каркаса, характер соединения каркаса с обшивкой, точность сборочной единицы) позволяет произвести классификацию образов, однако не решает задачи выделения значимых параметров и формирования образа, пригодного для решения задачи определения метода сборки. По этому алгоритму для всех методов сборки определяется соответствующий состав внешних БЭ сборочной оснастки, вспомогательные базы которых, соответствуют выявленному составу основных сборочных баз устанавливаемой мало-жесткой детали, остается только методом сборки в СП. Другой задачей является определение состава внешних БЭ сборочной оснастки для сборки изделия в СП. Блок-схема решения задачи показана на рис. 4, где черным ящиком является методика классификации метода сборки [9].

Для определения состава БЭ при сборке с помощью СП необходимо создать дискретную модель БТ и соответственно установить алгоритмы сочетаемости БТ и библиотеки БЭ, чтобы определить оптимальный состав БЭ СП для сборки конкретной СЕ. Метод осно-

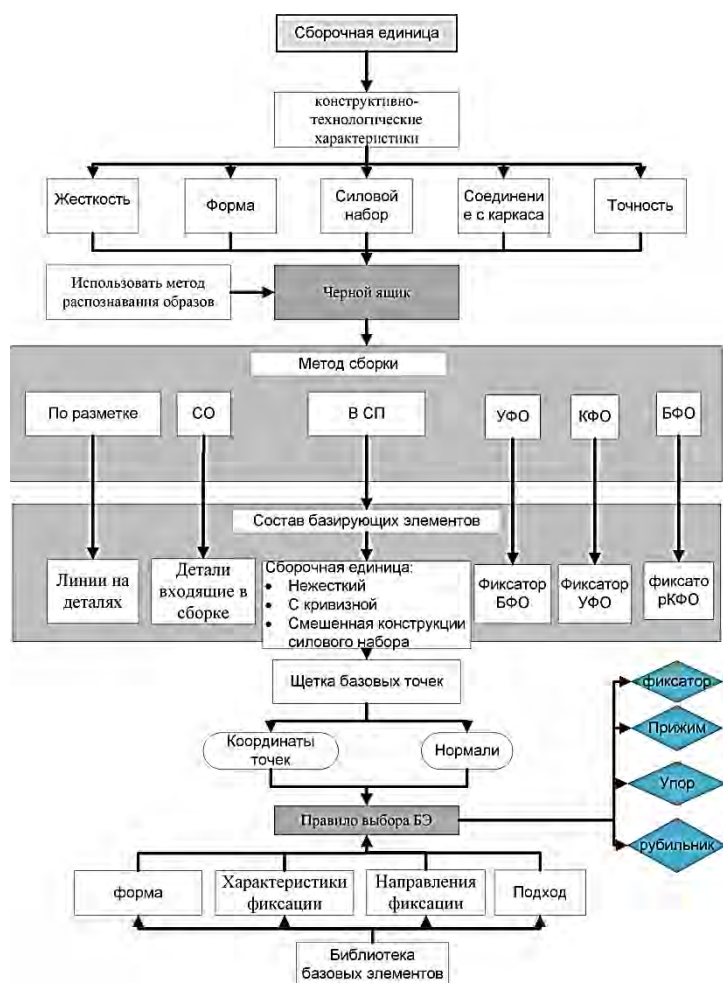


Рис. 4. Блок-схема решения задачи определения состава внешних БЭ сборочной оснастки для сборки изделия в СП

ван на выявлении дифференциально-геометрических характеристик БТ СЕ. Полученные данные позволяют назначить состав БЭ СП для обеспечения однозначного базирования СЕ. Основными характеристиками БЭ, которые влияют на выбор состава БЭ, являются следующие:

- по геометрической форме БЭ (для разных БЭ характерны следующие распределения величин радиусов кривизны R):

- плоская поверхность базирования ($R = \infty$ и $R = const$): плита, опора, упор, фиксатор, прижим;
- одинарная кривизна поверхности базирования ($R \neq \infty$ и $R = const$): рубильник, ложемент;
- двойная кривизна поверхности сопряжения ($R \neq \infty$ и $R \neq const$): рубильники или ложементы с параллельным переносом.

- по характеристике фиксации:
 - БЭ не дает усилия (не дает базы): опоры (упоры), фиксаторы, фиксаторы СО, УФО, КФО;
 - БЭ дает усилия (дает базы): прижимы;

- по направлению фиксации (+X, +Y, +Z, -X, -Y, -Z):
 - рубильник, ложемент: в направлении нормали относительно базовой поверхности и от базовой поверхности;
 - упор, опора, фиксатор: в направлении нормали относительно базовой плоскости и от базовой плоско-

сти;

- прижим: в направлении нормали относительно базовой плоскости и на базовой плоскости;

- СО, фиксатор УФО, КФО: в направлении перпендикулярно оси отверстия;

- по отношению геометрической формулы БЭ с теорией:

- если БЭ не пересекает теорию: упор, опора, фиксаторы СО, УФО, КФО; можно использовать БЭ такого типа для базирования точек по внутренней СЕ;

- если пересекает теорию: прижим, фиксатор; можно использовать БЭ такого типа для базирования точек на край СЕ;

- по функциональному назначению:

- опора, упор, прижим, фиксатор, СО, фиксатор УФО, КФО (для базирования жестких СЕ);

- рубильник, ложемент (для базирования мало- жестких или нежестких СЕ);

- по типам рубильника:

- рубильник с малкой,
- контрольный рубильник,
- составной рубильник.

По вышеназванным характеристикам панели определяется тип рубильника.

В качестве источника данных при анализе характеристик базирующих элементов используется конструктивный электронный макет базирующих элемен-



тов, предварительно созданный в среде CAD-системы.

Полученные в результате исследований математические зависимости позволяют автоматизировать процедуры выбора типовых базирующих элементов, которые задают необходимые ограничивающие связи на пространственное положение мало жесткой детали при оптимальных трудовых затратах на проектирование и изготовление оснастки для сборки изделий, состоящих из мало жестких деталей.

Работа проведена при финансовой поддержке

правительства Российской Федерации (Министерство образования и науки РФ) по комплексному проекту 2012-218-03-120 «Автоматизация и повышение эффективности процессов изготовления и подготовки производства изделий авиатехники нового поколения на базе ОАО «Научно-производственная корпорация «Иркут» с научным сопровождением Иркутского государственного технического университета» согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218.

Библиографический список

1. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1982. 36 с.
2. Ахатов Р.Х., Чьен Х.В. Выбор опорных базовых точек при определении схемы базирования сборочной единицы // Вестник МАИ. 2013. Т. 20. № 3. С. 110–118.
3. Ахатов Р.Х., Чимитов П.Е. Выбор последовательности сборки в условиях автоматизированного проектирования технологического процесса // Научный вестник Норильского индустриального института. Норильск: Изд-во НИИ, 2008. № 2. С. 19–22.
4. Ахатов Р.Х., Чьен Х.В. Определение состава сборочных баз при автоматизированной сборке мало жестких деталей: сб. ст. II Всерос. науч.-практ. конф., приуроченной ко Дню космонавтики, Иркутск, 11–13 апреля 2012 г. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. С. 6–9.
5. Бабушкин А.И. Методы сборки самолетных конструкций. М.: Машиностроение, 1985. 248 с.
6. Данко П.Е., Попов А.Г., Кожевникова Т.А. Высшая математика в упражнениях и задачах: учеб. пособие для вузов. В 2 ч. М.: ОНИКС, 2007. Ч. 1. Б.м.: Б.и. 303 с., ил.
7. Павлов В.В. Теоретические основы сборки летательных аппаратов: учеб. пособие. М.: Изд-во МАТИ, 1975. 51 с., ил.
8. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. М.: Мир, 1978. 414 с.
9. Чимитов П.Е. Разработка математической модели сборочных процессов с использованием методов распознавания образов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Иркутск, 2010. 19 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ВЕСТНИК

Иркутского Государственного Технического Университета

Научный журнал
Выпуск 11 (82) 2013

Редакторы Ф.А. Посысоева, О.А. Терновская
Художественный редактор Е.В. Хохрин
Ответственный за выпуск Г.П. Привалова
Перевод на английский язык В.В. Батицкая
Верстка А.В. Куртова

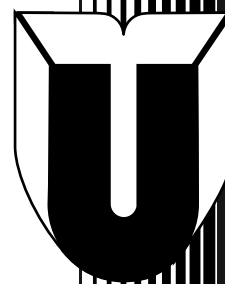
Подписано в печать 25.11.13. Формат 60x90/8.
Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 57.
Тираж 500 экз. Заказ 189. Поз.плана 2н.

ИД №06506 от 26.12.01
Иркутский государственный технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Журнал издается с 1997 г.
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по
надзору в сфере связи, информационных технологий и
массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство ПИ №ФС77-47902 от 22 декабря 2011 г.
Учредитель Иркутский государственный технический
университет

ИЗДАТЕЛЬСТВО



Издательство Иркутского Государственного Технического Университета, 2013

