

Рис. 4. Спектры механических колебаний подшипника: а – в нормальном состоянии; б – при наличии дефекта.

УДК 62-229.316.6, 658.512

Щербаков С.А., Акулич А.П.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СХЕМЫ УСТАНОВКИ

Введение. При разработке технологических процессов изготовления, сборки, ремонта изделий, а также при проектировании станочных, сборочных, контрольных приспособлений перед проектировщиком встает задача по определению практической схемы установки, то есть схемы базирования и закрепления, изображаемой условными знаками на операционном эскизе (в карте эскизов техпроцесса).

Опытный технолог или конструктор технологической оснастки, приступая к решению этой задачи, знакомится с чертежом детали, эскизами поступающей и выходящей с оснащаемой операции заготовки. По этим данным он предлагает одну или несколько схем установки и выбирает оптимальную для существующих условий по некоторым критериям оптимальности (точности, экономичности, трудоемкости реализации и т.п.). Как происходит начальный выбор схем установки?

Можно говорить о существующих правилах, но набор правил сам по себе не позволяет решить эту задачу без практического опыта и действий, не поддающихся описанию мыслительных процессов проектировщика. Иначе, как показывает практика, вопросы базирования заготовок на операциях механической обработки не были бы одними из самых сложных в усвоении при изучении таких дисциплин, как «Технология машиностроения», «Технологическая оснастка», «Проектирование технологических процессов» даже для хорошо успевающих студентов.

Можно ли эти "мыслительные процессы" подчинить формальным правилам, которые позволяли бы правильно выбирать схемы установки, как человеку малоопытному с решением этой задачей, так и программе для ЭВМ?

Исследование проблемы. Анализ обозначенной задачи показывает, что вопросам базирования в справочной и учебной литературе отводится мало внимания. В основном даются определения, которые вошли в ГОСТ 21495-76, и приводятся 5-6 теоретических наиболее распространенных схем базирования. Считается, что этого достаточно для понимания проблемы. Сколько вообще может быть видов теоретических схем базирования? Что первично схема базирования теорети-

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балицкий Ф.Я., Иванова М.А., Соколова А.Г., Хомяков Е.И. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов. – М.: Наука, 1984-119с.
2. Левашов А.В. Основы расчета точности кинематических цепей металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1966-183с.
3. Анжело Мартин. Мониторизация механических колебаний машинного оборудования: Перевод технического обзора №1, 1987 // Технические данные. Примеры применения. – Брюль и Кьер, Дания.
4. Коллакот Р.А. Диагностирование механического оборудования: Пер. с англ. – Л.: Судостроение, 1980-296с.
5. Мирошниченко И.А., Берестнев О.В., Жук И.В., Скороходов А.С., Берестнев Я.О., Василенко В.Г., Неделькин А.Н. Создание микропроцессорного комплекса для диагностики технических систем. Минск 1996г.

ческая, которую используют только в учебной практике или практическая, которую указывают на операционном эскизе? Как много таких "практических" схем базирования? Можно ли выделить характерные признаки для них и сделать какую-то классификацию, облегчающую выбор нужной? На эти и множество других вопросов, которые возникают при формализации этой проблемы и переводе ее на ЭВМ, нет ответов ни в учебниках, ни в справочниках. Проведенные исследования позволили найти ответы на ряд возникающих вопросов и наметить пути формального решения стоящей задачи.

Как известно [1], заготовка при базировании лишается шести степеней свободы. В соответствии с правилом шести точек для определения положения абсолютно жесткого тела необходимо, и, что особенно важно, достаточно шести координат, которые могут быть линейными или угловыми. В декартовой (прямоугольной) системе координат задаются три линейные координаты, и три прямых угла между ними заданы изначально. В сферической системе координат задают одну линейную координату (радиус-вектор) и пять угловых (три из которых прямые углы между координатными осями, проходящими через начало координат). В цилиндрической системе задают две линейные координаты и четыре угловых, из которых три угла – прямых. Эти три прямых угла в названных координатных системах заданы изначально, поэтому о них, как о координатах, часто забывают. Классическое изображение детали на рабочем чертеже предполагает размещение ее видов на координатных плоскостях пространственной декартовой системы координат. На этих видах положение некоторых поверхностей задает конструктор в плоской прямоугольной системе координат, а других – в полярной.

В машиностроении, в основном, исполнительные механизмы станков производят перемещения инструментов при обработке (с достижением любой точки пространства) в следующих системах координат:

- прямоугольной, где задаются три линейные координаты, например, в строгальных и долбежных станках;

Щербаков Сергей Александрович, к.э.н., доцент каф. «Технология машиностроения» Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого.

Беларусь, ГГТУ им. П.О. Сухого, 246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.

Акулич Антон Павлович, к.т.н., доцент каф. «Технология машиностроения», декан электронно-механического факультета Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Таблица 1. Условное обозначение баз.

Название базы	Обозначение базы	
	явной	скрытой
Установочная		
Направляющая или двойная направляющая		
Двойная опорная		
Опорная, лишающая: перемещения поворота		

- полярной, где задаются две линейные координаты – вертикальная (или горизонтальная) и радиус (диаметр) - и одна угловая, например, в радиально-сверлильных и токарных станках;
- в комбинированной системе координат, объединяющей прямоугольную и полярную, например, на универсально-фрезерных станках или обрабатывающих центрах.

И технические средства обеспечения точности при механической обработке различных поверхностей используют, в основном, две упомянутые системы координат или их комбинацию. Напомним, что в прямоугольной системе положение точки в зоне обработки определяется тремя взаимно перпендикулярными линейными координатами (X, Y, Z), а в полярной - двумя взаимно перпендикулярными линейными координатами (Z, R) и угловой координатой β .

Каждая опорная точка теоретической схемы базирования символизирует определенную координату выбранной системы координат. По числу опорных точек базы называются: установочная, направляющая, опорная, двойная опорная, двойная направляющая. Эти базы могут быть явными и скрытыми. В зависимости от принятой системы координат перечисленные базы объединяются в три комплекта баз:

- 1), использующий прямоугольную систему координат, в которой: первая – установочная база (плоскость) – совпадает с одной из координатных плоскостей, и от нее задается первая координата (например Z); вторая – направляющая база (прямая) – параллельная одной из двух оставшихся свободными координатных плоскостей, ее положение задается второй координатой (например Y); третья – опорная база (точка) – задает третью координату (X) точки в зоне обработки вдоль направляющей базы;
- 2), использующий полярную систему координат, в которой: первая – установочная база (плоскость) – совпадает с одной из координатных плоскостей, и от нее задается первая линейная координата (например Z); вторая – двойная опорная база (ось) – совпадающая с пересечением координатных плоскостей системы, перпендикулярных установочной плоскости, от нее задается вторая линейная координата (R); третья – опорная база (точка) – задает третью угловую координату (β) точки в зоне обработки;
- 3), использующий полярную систему координат, в которой: первая – двойная направляющая база (ось) – совпадает с осью системы координат, от которой задается первая линейная координата (R); вторая – опорная база (точка) – задающая начало отсчета второй линейной координаты (например Z, X или Y); третья – опорная база (точка) – задает третью угловую координату (β) точки в зоне обработки.

Система координат второго и третьего комплекта баз одинакова. Существует ряд деталей, где может использоваться как второй, так и третий комплект баз. Отличительным признаком для выбора второго или третьего комплекта баз являются размеры главной (или определяющей) базы комплекта – установочной – для второго, - двойной направляющей – для третьего. Если деталь имеет более протяженную базовую плоскость, а не поверхность или сочетание поверхностей, образующих двойную направляющую базу, то целесообразнее (в целях обеспечения точности базирования) использовать второй комплект баз, если наоборот, то - третий.

Если принять условные обозначения баз, например, как в таблице 1, то с учетом существования трех комплектов баз:

- 1) установочная, направляющая, опорная;
 - 2) установочная, двойная опорная, опорная;
 - 3) двойная направляющая, опорная, опорная;
- можно их изобразить условными обозначениями и определить общее число теоретических схем базирования.

Этим числом будет сумма возможных сочетаний трех баз, каждая из которых будет явной или скрытой, то есть общее число схем теоретического базирования заготовок будет 24. Эти сочетания, с учетом условных обозначений баз, представлены в таблице 2.

Эти же сочетания баз могут служить и условным (сокращенным) обозначением (при автоматизации задачи) вида теоретической схемы базирования, которую, при установившихся правилах обозначения опорными точками, можно указать только на конкретной заготовке. И хотя схем установки заготовок (как и самих заготовок) с такой теоретической схемой базирования может быть много, вид теоретической схемы будет принципиально неизменным. А вот практическая реализация этой схемы для разных заготовок будет различна, тем более, что в ней учитывается и вид установочных элементов, и вид поверхностей этих элементов, и направление усилия закрепления и т.д.

Другими словами, можно сказать, что для одной теоретической схемы базирования существует конечное множество практических схем установок, различающихся:

- видом поверхностей заготовок (плоскости, цилиндры, фасонные), являющихся охватывающими или охватываемыми, располагающихся параллельно или перпендикулярно к определяющей базе комплекта (установочной или двойной направляющей);
- видом установочных элементов или базирующих механизмов и видом их поверхностей, контактирующих с явными базами заготовки или материализующих ее скрытые базы.

В таблице 3 приведены примеры теоретических схем базирования заготовок, соответствующие сочетаниям баз из

Таблица 2. Виды сочетаний баз

Номер комплекта и вид определяющей базы		Номер и вид сочетания баз				
1	установочная	явная	1.1	1.2	1.3	1.4
		скрытая	1.5	1.6	1.7	1.8
2	установочная	явная	2.1	2.2	2.3	2.4
		скрытая	2.5	2.6	2.7	2.8
3	двойная направляющая	явная	3.1	3.2	3.3	3.4
		скрытая	3.5	3.6	3.7	3.8

таблицы 2. А в таблице 4 – соответствующие практические схемы установки. Видно, что для любого сочетания баз из таблицы 2 соответствующая ему теоретическая схема базирования из таблицы 3 не имеет принципиальных различий у разных заготовок, а вот практические схемы установок различаются существенно, и количество их может быть немалым. Из этого можно сделать вывод, что для формального выбора схемы установки первичными признаками можно выбрать: комплект баз, сочетание баз (или соответствующую ему теоретическую схему базирования).

По этим признакам можно выбрать конечное множество практических схем установок, из которых выбрать оптимальную схему по принятым критериям оптимальности. Таким образом, можно вначале осуществить формальный выбор конечного множества практических схем установок, хранящихся в заранее созданных базах данных, из которого затем можно произвести выбор оптимальной.

Результаты исследования. Оптимальную схему установки можно определить в такой последовательности:

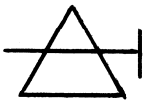
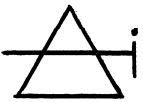
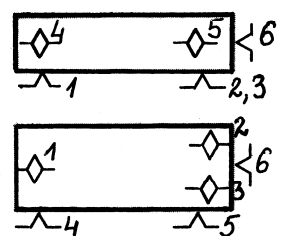
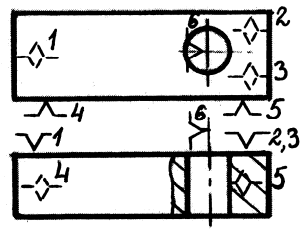
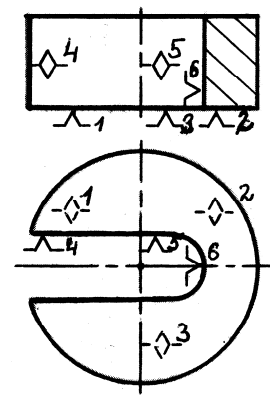
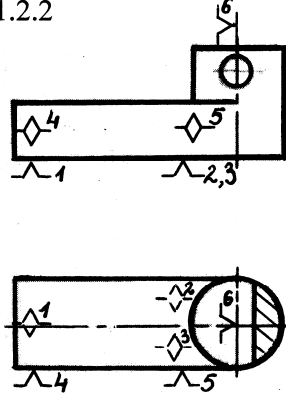
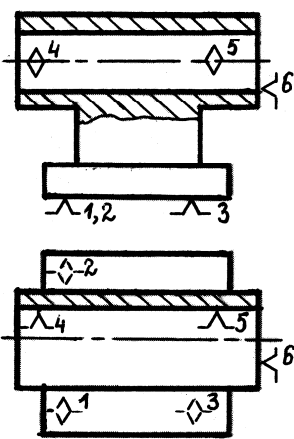
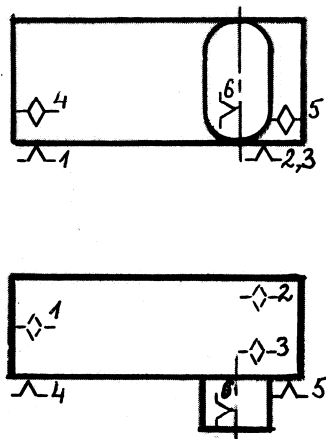
- 1 определение конструкторской схемы базирования для выдерживаемых на рассматриваемой операции параметров точности обработки;
- 2 определение необходимого комплекта баз;
- 3 выбор теоретической схемы базирования, оптимальной по точности для выдерживаемых параметров и по экономичности реализации в приспособлении;
- 4 выбор схемы установки, обеспечивающей наименьшие погрешности базирования и закрепления для выдерживаемых параметров точности.

Первоначально выбор системы координат производит конструктор при задании размеров и допусков (параметров точности) на чертеже детали. Поэтому первый этап, выполняемый в результате анализа рабочего чертежа обрабатываемой детали, является решающим для остальных. На этом этапе определяется, какую систему координат выбрал конструктор на чертеже для задания расположения обрабатываемых поверхностей: прямоугольную, в которой задаются три взаимно перпендикулярные координаты; или полярную, с двумя взаимно перпендикулярными линейными координатами и одной угловой.

На втором этапе: для прямоугольной системы координат выбирается первый комплект баз – установочная, направляющая, опорная, а для полярной системы координат выбирается второй комплект баз – установочная, двойная опорная и опорная базы, или третий – двойная направляющая, опорная и опорная. Выбор между вторым и третьим комплектом баз производится по размерам определяющей базы (установочной или двойной направляющей).

На третьем этапе следует по вышеприведенным номерам комплектов баз и сочетаниям баз по характеру проявления (явная база или скрытая) выделить из 24 схем теоретического базирования ту, которая наиболее применима к рассматриваемой задаче. По этой схеме базирования можно найти соответствующее ей множество схем установок из соответствующей базы данных.

Таблица 3. Примеры схем базирования для сочетания баз 1.1 и 1.2

Номер и вид сочетания баз	1.1 	1.2 
Примеры теоретических схем базирования для заготовок	1.1.1 	1.2.1 
	1.1.2 	1.2.2 
	1.1.3 	1.2.3 

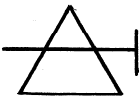
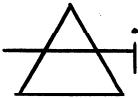
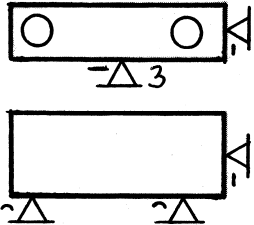
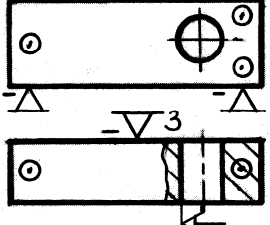
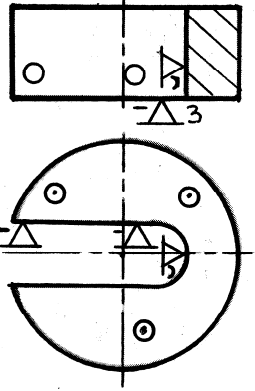
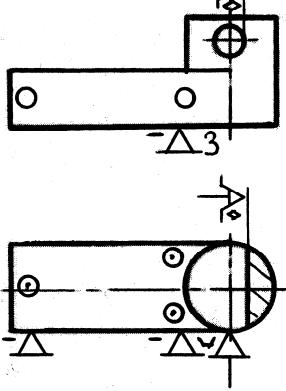
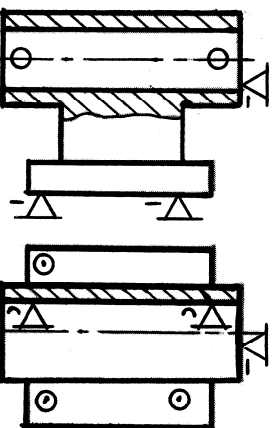
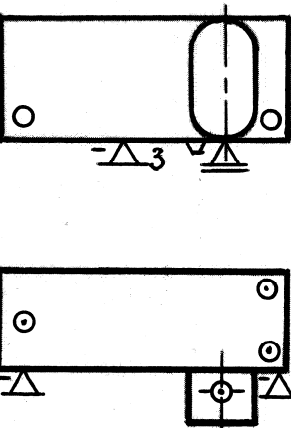
На четвертом этапе производится деление этого множества по признакам детали для более подробного поиска в базе данных по применяемым схемам установки. Для схемы установки важно какой вид поверхности детали используется для установки, охватываемая она или охватывающая, располагаемая параллельно или перпендикулярно к определяющей базе комплекта, а также виды установочных элементов или базирующих механизмов и виды их поверхностей, контактирующих с явными базами заготовки, или материализующих ее скрытые базы, какие поверхности заготовки назначены под закрепление, вид поверхности зажимных элементов, направление усилия зажима и т.п. Перечисленные факторы приводят к большому разнообразию схем установок даже для одной детали. Множества схем установок для каждой из схем базирования будут

большими или меньшими в зависимости от ряда факторов, но все они будут конечными, а значит и имеющими возможность подвергнуться «инвентаризации» и последующему автоматизированному анализу, рассмотрению и выбору.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1976. – 358с.
2. Щербаков С.А. Классификация схем базирования для формализации выбора схемы установки / Современные проблемы машиноведения. Тезисы докладов 4 МНТК (научные чтения, посвященные П.О.Сухому) – Гомель, 19-20 октября 2006г. – С.84-85.

Таблица 4. Примеры практических схем установки для сочетаний баз 1.1, 1.2

<p>Номер и вид сочетания баз</p>	<p>1.1</p> 	<p>1.2</p> 
<p>Примеры практических схем базирования для заготовок</p>	<p>1.1.1</p> 	<p>1.2.1</p> 
	<p>1.1.2</p> 	<p>1.2.2</p> 
	<p>1.1.3</p> 	<p>1.2.3</p> 

УДК 62-229.312.2.001.24

Щербаков С.А.

ЗАДАЧА О ЗАКРЕПЛЕНИИ КРУГЛЫМ ЭКСЦЕНТРИКОМ

Введение. Работа конструктором и преподавателем часто заставляет заниматься расчетами, связанными с элементарными зажимными механизмами. Предлагаемая статья подобна статье [13], в которой рассматривались погрешности и открытые ошибки, встречающиеся в справочной и учебной литературе по технологической оснастке. В предлагаемой статье анализируется возможность определения силы закрепления круглым (круговым) эксцентрик. При внимательном рассмотрении этой задачи, а главное при попытке определить эту

силу закрепления, все оказывается совсем непросто, если использовать только справочник. Автор в этом убедился, будучи студентом, затем конструктором и, наконец, преподавателем.

Постановка задачи и анализ предлагаемых решений. Предположим, вы решили применить эксцентриковый зажим в некоторой конструкции. И вам необходимо знать, какое усилие закрепления (W) он может развить при следующих исходных данных: наружном диаметре (D) (или радиусе R) эксцентрика, диаметре (d) (или радиусе r) оси вращения экс-