

## КАЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КАК ОБЪЕКТОВ ОСНАЩЕНИЯ

Д.П. Кункевич

В процессе решения различных производственных задач специалисты практически никогда не прибегают к качественным определениям элементов технологических систем. Однако для автоматизации решения тех же задач подобные определения просто необходимы. Так например, при проектировании оснастки в зависимости от формы детали, классов базовых поверхностей и их сочетаний, можно предложить ту или иную схему установки-закрепления [1]. Принято выделять пять их типов [2]: установочная – наиболее развитая плоскость, направляющая – наиболее протяженная (развитая в одном направлении) плоскость, опорная – плоскость минимальной площади либо короткая цилиндрическая поверхность, двойная направляющая – наиболее развитая цилиндрическая поверхность и двойная опорная – короткая цилиндрическая поверхность.

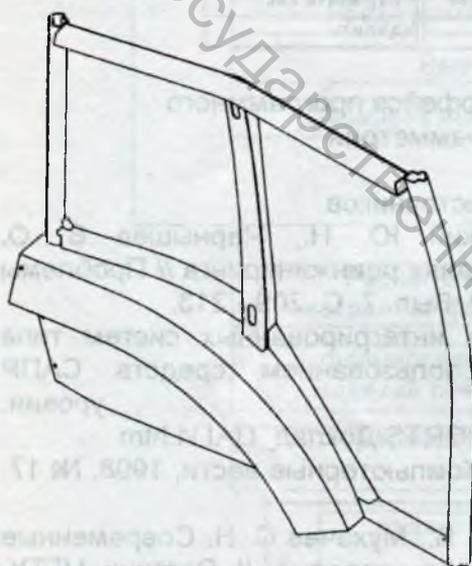


Рисунок 1 - Фрагмент кабины трактора

Современные объекты сварочного производства характеризуются значительным разнообразием форм и размеров. В качестве примера можно привести фрагмент каркаса кабины трактора (боковина), изображенный на рис. 1. Классифицировать детали, данной конструкции и их базы при помощи приведенных выше характеристик затруднительно. Для этого надо предложить набор признаков, характеризующих их форму, размеры и расположение, а также способ агрегирования значений этих признаков.

Некоторую информацию относительно формы тела можно получить путем сопоставления величин главных моментов инерции.

Способы определения моментов инерции и главных осей подробно рассматриваются в курсе теоретической механики. В данном контексте приведем только общую формулу момента инерции относительно оси:

$$J = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 \quad (1)$$

где  $m_i$  - масса  $i$ -ой частицы детали, а  $r_i$  – расстояние от центра масс этой частицы до оси.

Наглядное представление о величинах моментов инерции относительно различных осей дает эллипсоид инерции (рис. 2), поверхность которого описывается выражением:

$$J_x \cdot x^2 + J_y \cdot y^2 + J_z \cdot z^2 - 2J_{xy} \cdot xy - 2J_{yz} \cdot yz - 2J_{zx} \cdot zx = 1 \quad (2)$$

где  $J_x, J_y, J_z$  – моменты инерции относительно координатных осей,  
 $J_{xy}, J_{yz}, J_{zx}$  – центробежные моменты инерции.

Каждая деталь наиболее развита вдоль наибольшей оси эллипсоида, наименее –

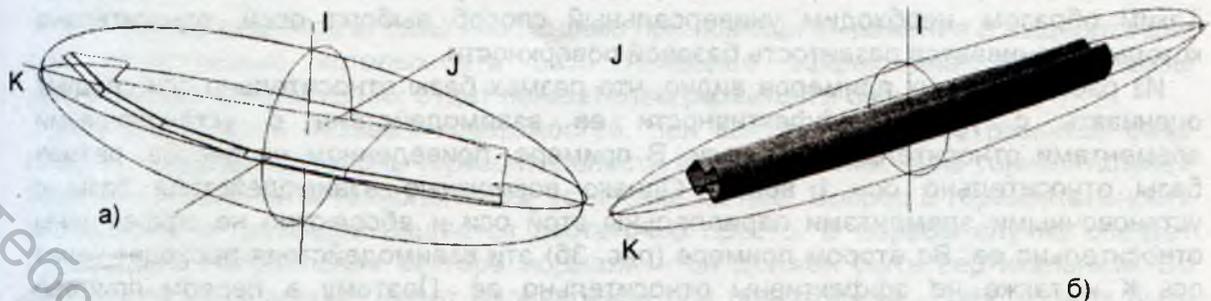


Рисунок 2 - Детали кабины трактора: а) фрагмент надколесной ниши; б) задняя стойка (отдельно вынесены ее базовые поверхности);

вдоль наименьшей. То есть форма эллипсоида соответствует распределению детали в пространстве. В примерах, приведенных на рис. 1 оси К эллипсоидов инерции превосходят по длине остальные оси. Однако, во втором случае (рис. 1б) это превосходство значительней, чем в первом. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что деталь на рис. 1б имеет более вытянутую форму.

Аналогичным образом можно определить форму поверхности. Ее можно представить как тонкостенное тело единичной толщины и плотности. Тогда ей также будет присуще такое свойство, как момент инерции, а поскольку толщина и плотность равны единице, то его значение определяется выражением:

$$J = \sum_{i=1}^n s_i r_i^2 \quad (3)$$

где  $s_i$  – площадь  $i$ -ой частицы поверхности.

Далее рассмотрим способы оценки развитости поверхностей. Чтобы лишить объект оснащения поступательной степени свободы достаточно небольшого участка поверхности, позволяющего упереться в него одним установочным элементом. В данном случае размеры базы особого значения не имеют. Для лишения детали вращательной степени свободы необходимо одной базе противопоставить пару установочных элементов. Чем больше между ними расстояние, тем меньше погрешность установки. Таким образом, развитость имеет значение именно для вращательных степеней свободы и может характеризоваться размахом относительно какой-то оси.

В данном контексте введем понятие наиболее развитая база. Среди базовых поверхностей особый статус имеют установочная и двойная направляющая. В каждой схеме базирования обязательно присутствует одна и только одна из них. Она лишает объект оснащения двух вращательных степеней свободы и оказывает наибольшее влияние на качество установки. При выборе наиболее развитой для каждой базы надо определить по две оси и, соответственно, два размера относительно этих осей, по которым и оцениваются развитости поверхностей. В качестве таких осей следует использовать главные инерционные.

На рис. 3а изображена плоская базовая поверхность детали, изображенной на рис. 2а. В качестве первого показателя развитости в данном случае можно использовать ее размах (максимальный размер) относительно оси J либо оси I. Вторым показателем однозначно должен быть размах относительно оси К – наибольшей из осей эллипсоида инерции базы. Что касается цилиндрической базы (рис. 3б), то любой технолог скажет, что для ее оценки имеет значение только

длина. То есть, размах относительно наибольшей оси эллипсоида (как в случае с плоскостью) значения не имеет вообще. Подобное различие в подходах к оценке развитости баз было бы приемлемым, если бы не существовало других, так сказать, промежуточных между двумя рассмотренными примерами, форм поверхностей. В качестве примера можно привести переднюю стойку все той же кабины (рис. 2б). Таким образом, необходим универсальный способ выбора осей, относительно которых оценивается развитость базовой поверхности.

Из рассмотренных примеров видно, что размах базы относительно оси следует оценивать с учетом эффективности ее взаимодействия с установочными элементами относительно этой оси. В примере, приведенном на рис. 3а, размах базы относительно оси I велик. Однако возможные взаимодействия базы с установочными элементами параллельны этой оси и абсолютно не эффективны относительно нее. Во втором примере (рис. 3б) эти взаимодействия проходят через ось K и также не эффективны относительно нее. Поэтому в первом примере развитость оценивается по размахам относительно осей J и K, а во втором – относительно осей I и J.

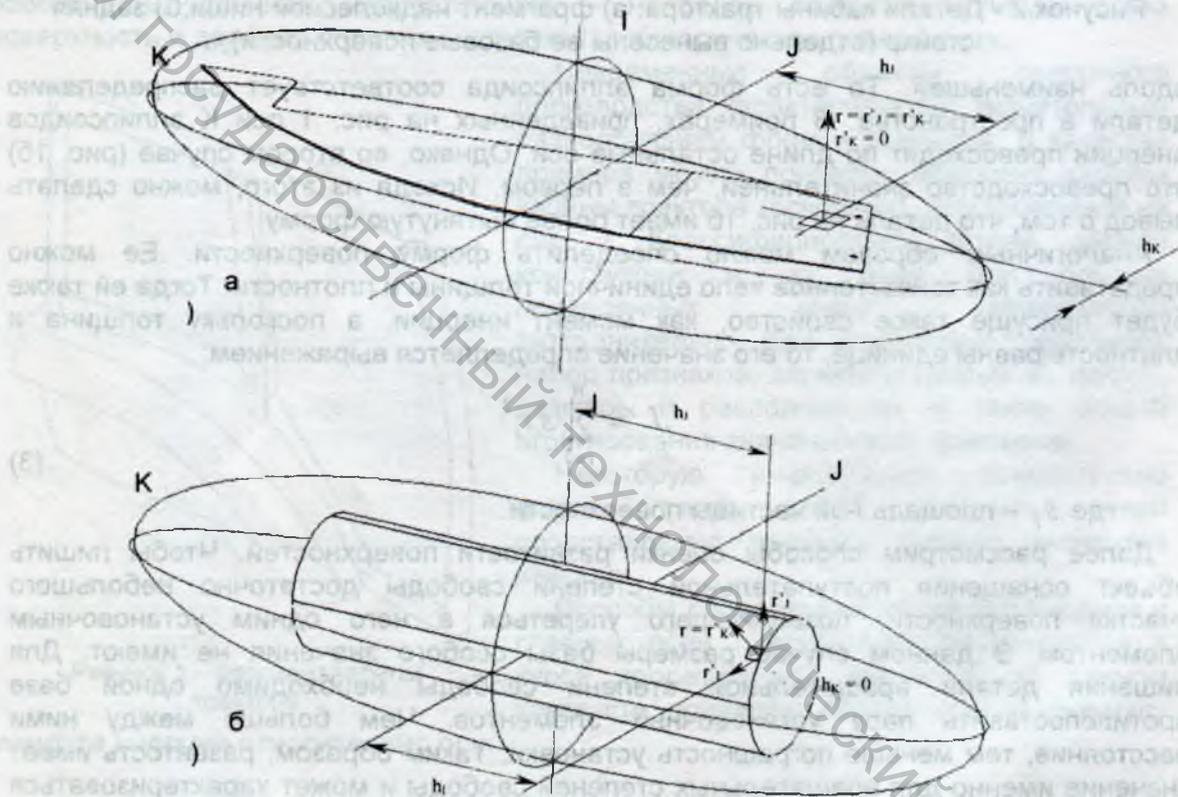


Рисунок 3 - Схемы оценки развитости базовых поверхностей:

а) плоскости, б) цилиндра

В качестве критерия эффективности базы относительно оси предлагается использовать момент единичной реакции поверхности базы относительно этой оси:

$$M_r = h \cdot r', \quad (4)$$

где  $h$  – расстояние от оси до линии действия реакции, а  $r'$  – проекция единичного вектора нормали к поверхности на плоскость, перпендикулярную оси. Так как поверхность обладает определенными размерами и, в общем случае, произвольной формой, то предложенный показатель следует определять как сумму таких моментов, вычисленных для различных участков поверхности:

$$P = \sum_{i=1}^n s_i M_{ri} \quad (5)$$

где  $s_i$  - площадь  $i$ -го участка поверхности.

Для оценки развитости базы необходимо при помощи выражения 5 выделить две оси, относительно которых эта база наиболее эффективна. Размах базы относительно каждой из них будет показателем развитости базы.

Кроме размеров базовых поверхностей, при выборе наиболее развитой базы следует оценивать степень горизонтальности каждой из них. Чем горизонтальней база, тем надежней и технологичней установка на нее. Вопрос о горизонтальности плоскости или цилиндра решается достаточно просто. В первом случае следует рассмотреть направление вектора нормали – он должен быть вертикальным. Во втором случае значение имеет направление оси поверхности – она должна быть горизонтальной. Однако опять возникает проблема, так называемых, промежуточных случаев, когда базовая поверхность просто криволинейная (т.е. не плоскость и не цилиндр). Такую поверхность можно аппроксимировать плоскостью, перпендикулярной оси  $I$  эллипсоида инерции (оси наибольшего из главных моментов инерции) либо цилиндром, ось которого совпадает с осью  $K$  эллипсоида инерции (ось наименьшего из главных моментов инерции). Исходя из этого, предлагается использовать следующие показатели:

а) угол оси  $K$  с плоскостью  $XOY$  – чем он меньше, тем горизонтальней поверхность;

б) угол оси  $I$  с плоскостью  $XOY$  – чем он больше, тем горизонтальней поверхность.

Предложенные показатели не являются качественными оценками. Каждый из них только указывает степень, в которой объекту присуще то или иное свойство. Поэтому возникает задача агрегирования значений предложенных показателей. Одним из наиболее эффективных механизмов для этого является нейронная сеть [3]. Даже имея один параметр зачастую трудно сказать, при каких его значениях объекты относятся к одному классу, а при каких к другому. Если же этих параметров несколько, их необходимо скоординировать между собой, назначить весовые коэффициенты. Преимущество сетей заключается в возможности «тренировки» их на конкретных примерах. Другими словами, можно просто предъявлять ей примеры и сообщать мнение специалиста. Сеть сама выведет соответствующие коэффициенты и построит разделяющую поверхность. Таким образом, отпадает необходимость исследования природы различий между объектами, формулирования принципов их разделения и т.д.

На рис. 4. приведена структура сети для определения наиболее развитой базы. Она представляет собой многослойный перцептрон. Включает входной слой, промежуточный (скрытый) и выходной. Нейроны промежуточного слоя имеют сигмоидную функцию активации, а выходного – пороговую. На вход подаются следующие данные о каждой базе: габариты,  $D_1$  и  $D_2$ , угол (косинус) оси  $I$  эллипсоида инерции с осью  $Z$  системы координат приспособления,  $A_{II}$ , угол (косинус) оси  $K$  эллипсоида инерции с плоскостью  $XY$  системы координат приспособления,  $A_{KI}$ . Выходной слой сети включает три бинарных нейрона (с пороговой функцией активации). Каждый из них соответствует одной из баз и активизируется если она признана наиболее развитой. Обучение производится в соответствии с алгоритмом обратного распространения ошибки.

Аналогичным образом, при помощи нейросети, определяется степень цилиндричности-плоскостности оснащаемых деталей и отдельных базовых поверхностей.

В процессе классификации базовых поверхностей сначала выделяется наиболее развитая из них. После того, как будет определена ее форма, можно указать и класс: если плоскость – это установочная база, если цилиндр – двойная направляющая. Как следует из определения наиболее развитой базы, другие

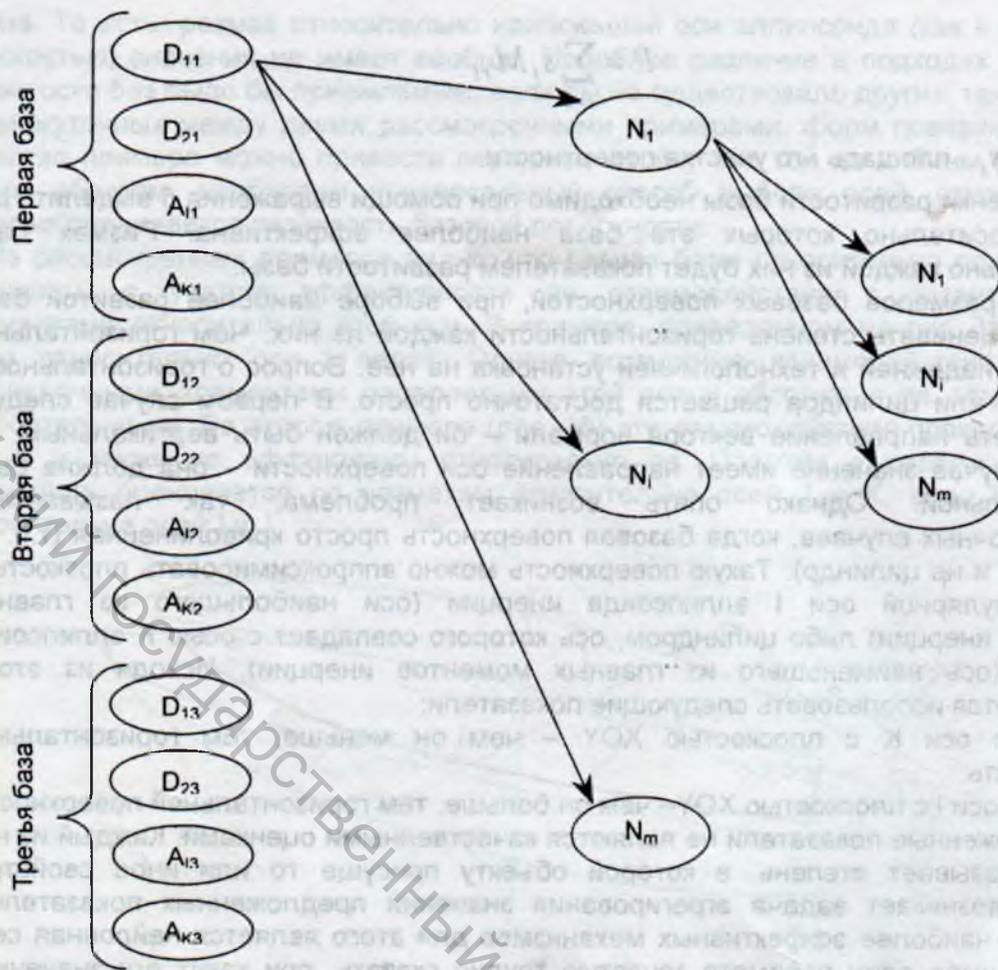


Рисунок 4 – Структура сети для выбора наиболее развитой базы

варианты исключены. Затем классифицируются оставшиеся поверхности. При этом учитываются их формы, размеры, а также допустимые сочетания типов баз.

#### Список использованных источников

1. Кункевич Д.П. Автоматизированный синтез корпусов сборочно-сварочных приспособлений, Информатика, 2004, №3, с. 115 – 121.
2. Обработка металлов резанием: справочник технолога / Под. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение. 1988. – 736 с.
3. Головки В.А. Нейроинтеллект: теория и применение. Книга 1: организация и обучение нейронных сетей с прямыми и обратными связями. Брест Изд. БПИ, 1999 – 264с.

#### SUMMARY

Approach of classification of welded parts base surfaces is proposed. Surface dimensions, shape and orientation is classification criteria. They is defined from mass properties and is aggregated with neural networks.