

УДК 621.865.8

*Ю. Л. Апатов, А. А. Лаптев, К. Ю. Апатов*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУММИРОВАНИЯ В ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ**

В статье рассматривается вариант расширения технологических возможностей промышленных роботов (ПР) путем использования вакуумных захватных устройств (ЗУ) – принцип активной ориентации плоских деталей по углу поворота непосредственно при захвате их роботом.

В статье проводится подробный анализ сил, действующих на захватываемую и переносимую ПР деталь со стороны вакуумной камеры, даются рекомендации по определению размеров последней для двух случаев с различными условиями процесса: подъем в вертикальном направлении и транспортирование детали роботом в горизонтальной плоскости.

Представлена схема конструктивного исполнения вакуумного захватного устройства ПР с приведением необходимых видов и разрезов, дается его описание и порядок срабатывания при захвате и последующей дополнительной ориентации роботом детали-компонента будущего изделия, рекомендации проектировщику по разработке специального механизма поворота детали и назначения режимов его работы.

Материалы этой статьи предназначены для специалистов современного машиностроительного производства, занятых созданием новой техники в области автоматизации (роботизации) сборочных технологических операций.

*Ключевые слова:* промышленный робот, вакууммирование, автоматизация сборки, групповое соединение, захватное устройство.

Актуальной является разработка методики проектирования средств технологического оснащения промышленных роботов (ПР) вакуумного типа, которые существенно расширяют возможности манипулирования деталями, имеющими

плоские опорные поверхности. Особенно это касается деталей, имеющих характерные и малоразличимые элементы внешнего контура.

Целью настоящей статьи является рассмотрение и обоснование одного из вариантов расширения возможностей ПР на базе использования вакуумных хватных устройств (ЗУ), а именно применение принципа активной ориентации плоской детали по углу поворота непосредственно в позиции захвата роботом.

Практическое исследование возможных вариантов решения этой проблемы имеет конкретную направленность на получение опытного образца одного из таких устройств, а также на разработку методики расчета его параметров.

В результате опытно-конструкторских и экспериментальных работ была получена схема вакуумного ЗУ с возможностью ориентации в требуемое положение захватываемой роботом детали для последующей установки в изделие.

В состав многих изделий машиностроительного производства входят плоские детали-компоненты. Сборка узлов с такими деталями успешно выполняется с использованием промышленных роботов, оснащенных вакуумными хватными устройствами. Обоснованием этому служит сравнительно небольшой вес объектов манипулирования и наличие у них развитых опорных поверхностей. Ограничением применения таких устройств является лишь нарушение целостности поверхностей, служащих для захвата, а также чрезмерно большая масса деталей.

В процессе захвата, подъема и переноса плоских деталей роботом удержание последних обеспечивается за счет разности атмосферного давления, действующего на деталь снизу, и давления разрежения внутри эластичной вакуумной камеры, создаваемого вакуумным насосом или механизмом эжекции.

Однако, недостатком подобных устройств является невозможность определения фактического углового расположения присоединяемых деталей, имеющих малоразличимые элементы в виде отверстий, пазов, выступов и др. перед соединением с базовой корпусной деталью, что может приводить к отказам в сборочном процессе. Для решения этой проблемы системы технического зрения

(СТЗ), но они достаточно дороги и сложны в эксплуатации в реальных производственных условиях. Механизмы предварительной ориентации, предназначенные для использования в питателях также сложны и малоэффективны, особенно учитывая малые размеры указанных элементов.

Главной задачей данной статьи послужило предложение методики расчета параметров вакуумного захватного устройства ПР и разработка варианта его конструкции, но уже оснащенного специальным механизмом ориентации детали в угловом положении после захвата ее роботом.

Анализ сил, действующих на перемещаемую ПР круглую плоскую деталь показывает, что для обеспечения надежности захвата удерживающая сила была бы больше векторной суммы всех сил, действующих на нее.

Далее на рис. 1 показан набор этих сил, действующих на захватываемую деталь со стороны вакуумной камеры и основные размеры последней.

В зависимости от технологического перехода рабочего цикла работа можно выделить два случая, для которых будут различными условия процесса:

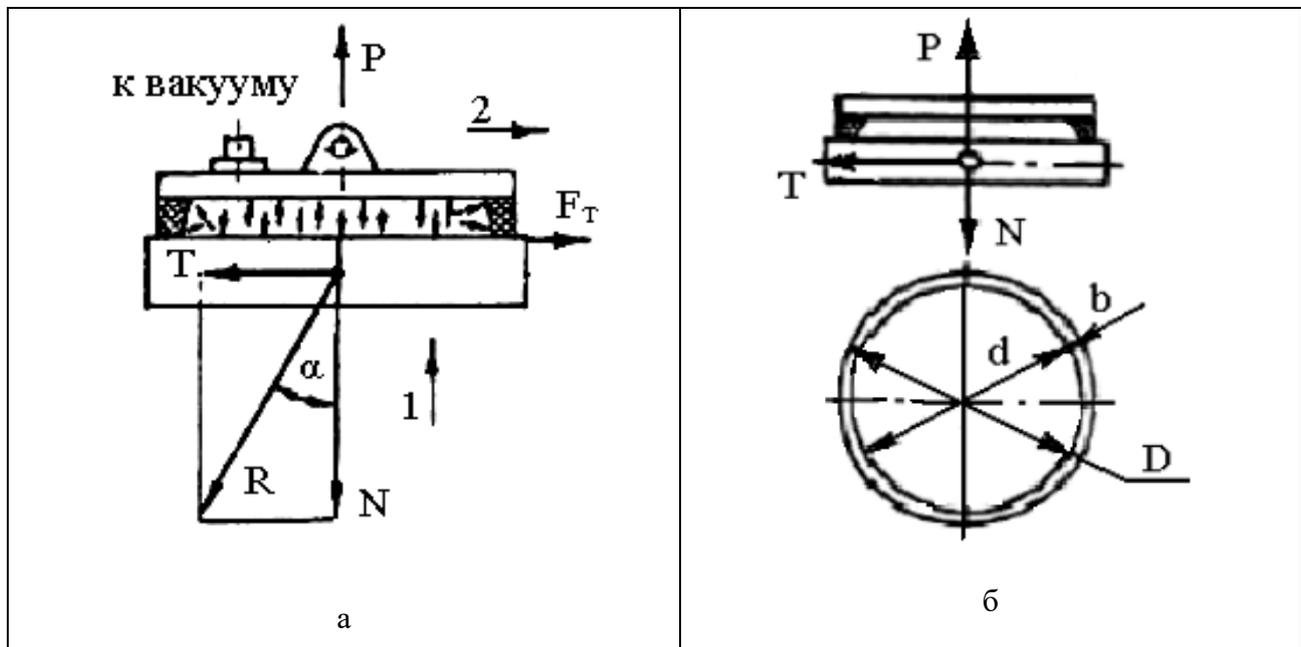


Рис. 1. Схема к определению удерживающей способности вакуумного ЗУ ПР: а – схема сил, действующих на захватываемую деталь со стороны вакуумной камеры;

б – основные параметры камеры, ее диаметральные размеры

**Случай А** – подъем в вертикальном направлении;

В этом случае силовое воздействие описывается уравнением:

$$N = Q + P_D + P_B \quad (1)$$

где  $N$  – нормальная составляющая сила, стремящая оторвать деталь от захватного устройства. Определяется при  $T=0$ ;

$Q$  – вес детали,

$P_D$  – динамическая нагрузка, обусловленная ускорением, развиваемым роботом, и массой самой детали,

$P_B$  – ветровая нагрузка, учитывающая сопротивление воздуха, действующая на поверхность детали, свободную от вакуумной камеры. Ввиду довольно незначительных скоростных режимов, данную нагрузку в инженерных расчетах можно принять равной нулю.

Условием выполнения процесса будет:

$$F_{уд} \geq N, \quad (2)$$

где  $F_{уд}$  – удерживающая или грузонесущая способность устройства.

**Случай Б** – транспортирование детали в горизонтальной плоскости.

Основной действующей силой будет касательная составляющая:

$$T \geq P_D + P_B, \quad (3)$$

где  $P_D$  – динамическая нагрузка, вызванная ускорением при выдвигении;

$P_B$  – ветровая нагрузка на боковую поверхность детали (для плоских деталей допускается  $P_B = 0$ ).

Условие выполнения процесса в этом случае:

$$T \leq T'_{TP}, \quad (4)$$

где  $T'_{TP}$  - сила трения между деталью и вакуумной камерой:

$$T'_{TP} = (F_{y\partial} - N) \cdot f, \quad (5)$$

где  $f$  – коэффициент трения, который зависит от материала детали и материала вакуумной камеры (обычно это губчатая и мягкая резина). Тогда  $f = 0,4$ .

Далее можно перейти к определению площади вакуумной камеры:

$$S_0 = \frac{F_{y\partial}}{K_n \cdot (P_{атм} - P_{вак}) \cdot n}, \quad (6)$$

где  $F_{y\partial}$  – удерживающая сила;

$K_n$  – коэффициент запаса надежности,

$(P_{атм} - P_{вак})$  – разрежение, достигаемое при создании вакуума внутри

камеры, обычно степень разрежения равняется  $0,4 \dots 0,5 \text{ кгс/см}^2$ ,

$n$  – количество вакуумных камер в захватном устройстве. У нас  $n = 1$ .

Учитывая, что

$$S_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (7)$$

где  $d$  – диаметр рабочего среза вакуумной камеры.

Однако, как уже упоминалось, на практике, в производственной сфере деятельности, имеется ряд факторов, усложняющих процесс сборки, среди которых – более сложной профиль присоединяемой детали в плане. К ним можно отнести профили деталей, приведенные на рис. 2.

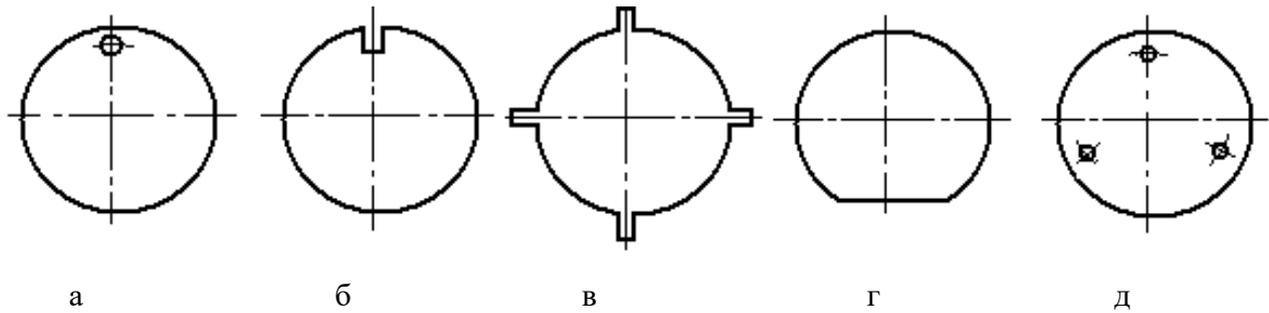


Рис. 2. Примеры профилей деталей фиксируемых по углу поворота

Они достаточно разнообразны: встречаются с одиночным отверстием (рис. 2.а), с пазом (рис. 2.б), выступами (рис. 2.в) разной конфигурации, с лыской (рис. 2.г), с группой отверстий малого диаметра (рис. 2.д). Наличие таких элементов профиля существенно усложняет процесс роботизированной сборки.

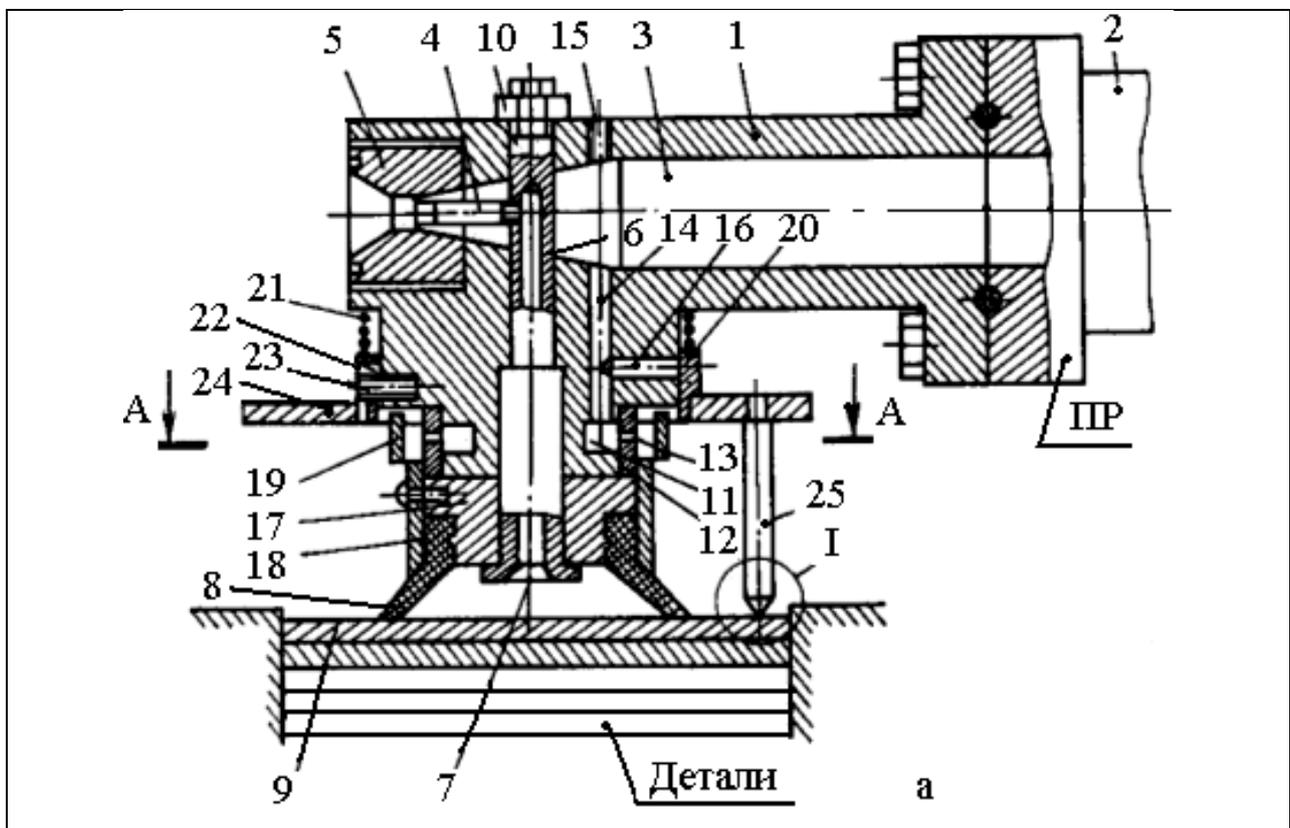
Отдельную группу составляют плоские круглые детали, имеющие элементы (зачастую малоразличимые и незначительных размеров), которые определяют необходимое положение их в изделии по углу поворота при установке роботом в изделие в процессе выполнения сборочной операции.

Нами был предложен вариант решения указанной проблемы, состоящий в разработке вакуумных захватных устройств оригинальной конструкции в качестве средства технологического оснащения промышленного робота [1]. Пример конструкции такого устройства приведен на рис. 3.а в виде продольного разреза с местным разрезом (рис. 3.б) и местным видом (рис. 3.в), сопровождаемого кратким описанием особенностей исполнения и принципа действия.

Предлагаемое устройство содержит корпус 1, крепящийся на исполнительном органе 2 робота, эжекционную камеру 3, соединенную с источником сжатого воздуха, эжектор 4, вставку 5, повышающую технологичность изготовления и сборки устройства. В корпусе выполнено центральное отверстие, в котором установлена полая ось 6 с отверстием 7, которое выходит в полость вакуумной камеры (присоски) 8, взаимодействующей с захватываемой деталью 9, а для крепления указанной оси служит гайка 10.

В корпусе имеется кольцевая проточка 11, замкнутая посредством обоймы 12 со сквозными отверстиями 13, выполненными под некоторым углом. Вертикальный канал 14 соединяет проточку с эжекторной камерой и герметизируется сверху заглушкой 15. Дренажное отверстие 16 соединяет указанную проточку с атмосферой. На полой оси установлена с возможностью вращения втулка 17, на которой закреплена присоска и гильза 18 с крыльчаткой 19. Кроме того, на корпусе установлено кольцо 20, подпружиненное относительно него пружиной 21 с пазом 22, в который входит винт 23, входящий в корпус устройства. На кольцо накрут плоский держатель 24 упоров 25. На свободном конце последнего для улучшения условий работы, может располагаться тело качения в виде шарика 26 расположенного в конусе 27, который предназначен для взаимодействия с отверстием 28 (либо другим элементом профиля).

Предлагаемое устройство работает так. Исполнительным органом 2 промышленного робота присоска 8 устанавливается на деталь 9, после чего включается подача сжатого воздуха в эжекторную камеру 3.



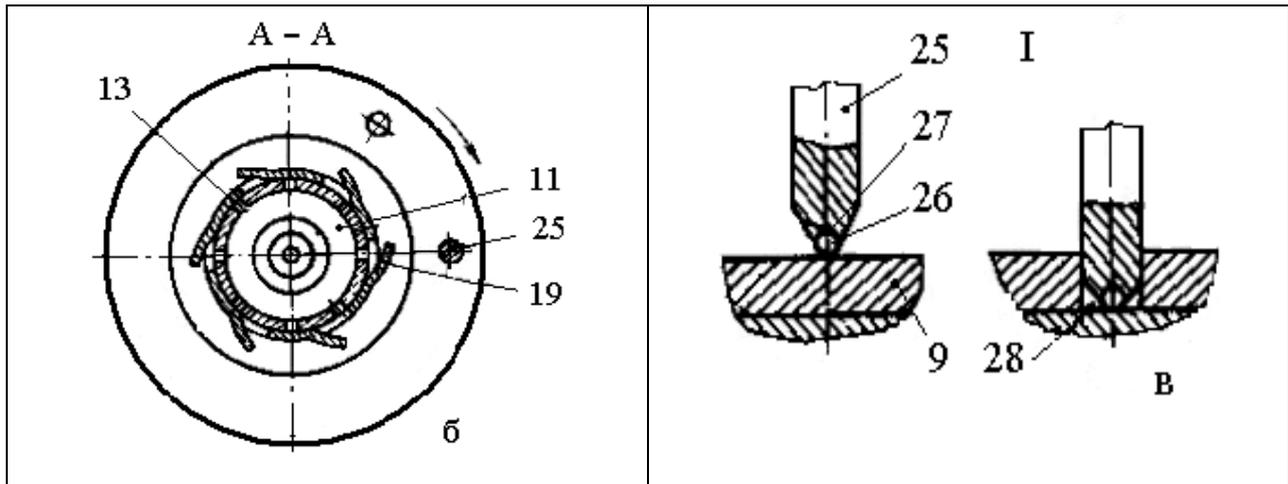


Рис. 3. Вакуумное захватное устройство ПР: а – продольный разрез общего вида;  
 б – поперечный разрез А – А; в – местный вид – положения упора до и после  
 срабатывания механизма ориентации, соответственно

Если упор 25 сразу не попал в отверстие детали 9 (что маловероятно), то кольцо 20 будет находиться в верхнем положении. В кольцевую проточку 11 через вертикальный канал 14 начинает поступать сжатый воздух, который, проходя через отверстия 13, вращает крыльчатку 19, а вместе с ней и присоску 8 вместе с захватываемой деталью 9.

По мере поворота детали упор 25 западает в ее отверстие 28, чему способствует заходный конус 27. Кольцо 20 опускается по действием пружины 21, открывает дренажное отверстие 16, и вращение детали 9 прекращается. Тем самым производится ориентирование детали по положению упора 25. После переноса ПР в сборочную позицию она устанавливается в изделие. Затем прекращается подача сжатого воздуха, что приводит к освобождению детали.

Шарик 26 облегчает вращение детали. Для переналадки устройства достаточно заменить держатель 24 упоров 25. Упор, имеющий заходную часть, может взаимодействовать не только с круглыми отверстиями, но и с другими элементами профиля (см. рис. 2).

В качестве рабочего может использоваться давление воздуха  $P_B = 0,4$  МПа, характерное для применения в системах промышленных роботов. Рекомендуется использование блока подготовки сжатого воздуха, включающего

обратный клапан, фильтр с влагоотделителем, редукционный клапан, манометры на входе и выходе блока и входной вентиль.

Скорость ориентирования детали в угловом направлении будет зависеть от геометрии выполнения крыльчатки и выбранного давления сжатого воздуха, при этом она обеспечивает малое вспомогательное время в рабочем цикле ПР, практически не сказывающееся на его производительности.

Таким образом, рассмотренное устройство позволяет реализовать принцип вакуумного захвата деталей в направлении расширения функциональных возможностей промышленного робота, упрощает его периферийное окружение. Оно может переналаживаться на различные профили деталей, что способствует применению его в многономенклатурном серийном сборочном производстве, а также на вспомогательных операциях, связанных с загрузкой штампового и металлообрабатывающего оборудования, кассетирования и в других целях.

### Список литературы

1. *Васильевых Л. А., Апатов Ю. Л., Цылев Н. В.* Вакуумный захват. Авторское свидетельство СССР №1440706, В25J15/00, 1985.

**АПАТОВ Юрий Леонидович** – кандидат технических наук, доцент технологии машиностроения, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: [usr00009@vyatsu.ru](mailto:usr00009@vyatsu.ru)

**ЛАПТЕВ Андрей Андреевич** – студент кафедры технологии машиностроения, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: [usr00009@vyatsu.ru](mailto:usr00009@vyatsu.ru)

**АПАТОВ Константин Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: [usr03913@vyatsu.ru](mailto:usr03913@vyatsu.ru)