

МОБИЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

ТГТУ профессор М.А.Мамаджанов

ТГТУ докторант М.Алиева

НамИСИ начальник отдела Р.Р.Рахманов

НамИСИ стажер учитель Б.Т.Мирзажонов

Аннотация: Рассмотрены мобильной платформы, на основе которой можно проектировать мобильные роботы, оснащенные варианты конструкции универсальной колесами на основе постоянных для проведения диагностирования или магнитов, технического механической физико-технической обработки осуществления технических объектов.

Abstract: Different examples of a universal mobile platform's construction described, that could be used to create mobile robots with wheels based on permanent magnets. Such mobile robots could be used on technical facilities to perform various applications like technical diagnosis machining.

Ключевые слова: Мобильный робот; мобильная платформа; техническое диагностирование; контроль технического состояния.

Keywords: mobile robot; platform; technical diagnosis; technical state inspection; special purpose test equipment.

По данным World Robotics [1] за, в 2018-2020 гг. ожидается существенный рост общемировых продаж обслуживающих роботов различных сфер применения. Согласно прогнозу, суммарные продажи профессиональных обслуживающих роботов за 2018-2020 гг. могут существенно превыси итоговые продажи за 2015гг. Это говорит о существенной заинтересованности работодателей в замене сложных или опасных для человека задач, при обслуживании технических объектов, мобильными роботами.

Согласно Технический объект- любое изделие (элемент, устройство, подсистема, функциональная единица или система), которое отдельности. Объект может состоять можно рассматривать в технических средств, программных средств или их сочетания и может в частных случаях включать людей, его эксплуатирующих, обслуживающих или ремонтирующих.

Среди технических объектов можно выделить: трубопроводы, емкости и цистерны для хранения топлива, жидкостей или сжиженного газа, мосты, опоры ЛЭП, буровые вышки, корпуса судов и многое др. Современные технические объекты отличаются широким разнообразием, однако для них можно выделить общие характеристики:

- использование в конструкции общих и схожих элементов-балки, уголки, криволинейные поверхности, трубы и т.д;
- основным материалом, используемым в конструкциях технических объектов, является сталь.

Для поддержания нормального функционирования технических объектов необходимо следить за состоянием периодическое техническое диагностирование (согласно Техническое диагностирование- это

определение технического состояния объекта) и иногда осуществлять механическую или физико-техническую обработку элементов конструкций технического объекта. Особенностями выполнения таких технологических операций на вышеуказанных объектах являются:

- большие габаритные размеры;
- удаленность элементов конструкций;
- тяжелые и опасные условия работы - большая концентрация опасных газов и веществ; - низкая или высокая температура элементов или окружающего пространства;
- отрицательные погодные факторы в виде высокой влажности, дождя, молний, сильных порывов ветра;
- недоступность для человека из-за малого объёма свободного пространства и многое другое.

Все эти недостатки являются причинами, по которым замена человеческого труда мобильным роботом выглядит хорошим способом существенно упростить, а в некоторых случаях даже ускорить процесс технического диагностирования, обслуживания и ремонта конструкции технических объектов.

Примером мобильного робота может конструкции для создания технологических отверстий или сбора образцов материала для конструкции. Примерами физико-технической обработки могут служить механической обработки для служить операция сверления элементов выполнениЯ задачи последующего исследования материала по удалению поверхностного слоя ржавчины, оксидов, операции загрязнений, масляной плёнки или лакокрасочных покрытий при помоши специальных химических средств, потоком абразивных частиц либо путем сильного локального нагрева поверхности.

Итоговый мобильный робот может быть выполнен в виде одной из разнообразных компоновок, содержать различное навесное оборудование для выполнения конкретных поставленных целей. Соответственно при таком разнообразии вариантов и ситуаций необходимо поддерживать надёжную силу сцепления мобильного робота с опорной поверхностью. Основной материал технических объектов- сталь- обуславливает выбор в качестве способа сцепления робота- силу магнитного притяжения.

Основным конструктивным элементом мобильной платформы является колёсный модуль, состоящий из колеса на основе постоянного магнита, двигателя для приведения колеса в движение и сервопривода для управления поворотом постоянного магнита. Колесо в качестве средства передвижения было выбрано по причине более удобного и простого способа реализации передвижения робота по элементам конструкции технических объектов.

Выбор в сторону использования постоянного магнита между вариантами исполнения колеса на основе постоянного магнита или электромагнита, обоснован на том факте, что электромагнит для поддержания постоянной силы сцепления будет потреблять существенный ток из бортового источника питания мобильного робота, а отключение

питания приведет к полной потере сцепления. Кроме того устройства на основе постоянных магнитов показывают наибольшую эффективность при небольших, компактных габаритах, тогда как устройства на основе электромагнитов, наоборот, проявляют наибольшую эффективность при увеличении своих габаритов.

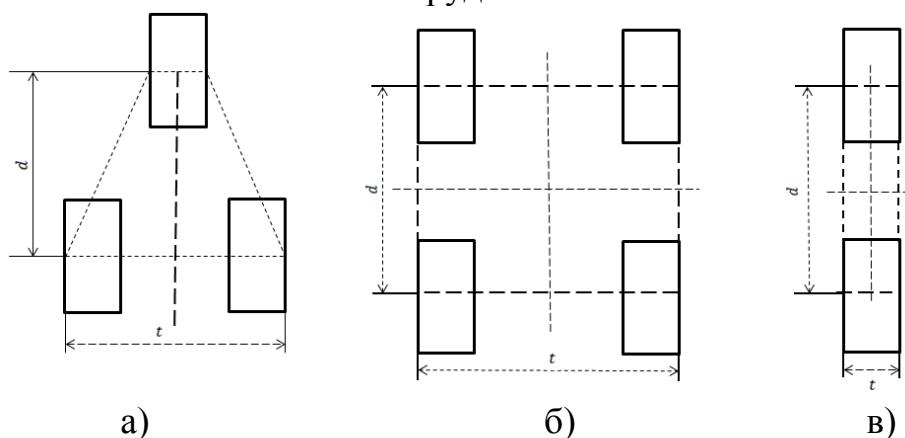
Можно выделить следующие варианты компоновок мобильного робота на основе колесного модуля:

- двухколесная компоновка, может использоваться в тесных ограниченных пространствах, например, трубопроводах малых диаметров (менее $\phi 500$ мм), проще в реализации, но отличается малой устойчивостью;

трехколесная компоновка, не самый Отимальный вариант реализации конструкции робота, обладает чуть лучшей устойчивостью чем двухколесная компоновка;

- четырехколесная компоновка, более сложная в изготовлении, предназначена для более открытых пространств, при использовании ее в трубопроводах, потребует относительно больших диаметров труб (более $0i000$ мм), обладает большей устойчивостью чем двух- и трехколесная компоновки;

многоколесная более четырех Такая компоновка, колес. компоновка будет сложна и в изготовлении и управлении бортовой электроникой. Среди достоинств такой компоновки будет достижение большой суммарной силы сцепления с опорной поверхностью за счет использования большого числа колес, что позволит увеличить величину массы полезной бортовой нагрузки в виде специального технического оборудования.



(Рис. 1) Варианты компоновок колесного мобильного робота (вид сверху).
а) трехколесный робот, б) четыреколесный робот в) двухколесный робот

Кроме того, каждая представленная компоновка может отличаться вариантами наклона колесного модуля (рис. 1):

- вертикальное расположение колесного модуля (рис.2). может использоваться в условиях, где высота робота не сильно ограничена окружающим пространством, но могут встречаться ограничения в длину-Также этот вариант может использоваться, если необходимо осуществить зазор между нижней частью робота и опорной поверхностью, например, для установки технического оборудования;

- горизонтальное расположение колесного модуля (рис.3), такой вариант компоновки полезен при наличии серьезных ограничений на итоговую высоту робота;

- наклонное расположение колесного модуля (рис.4), представляет собой переходный вариант расположения модуля в конструкции робота.

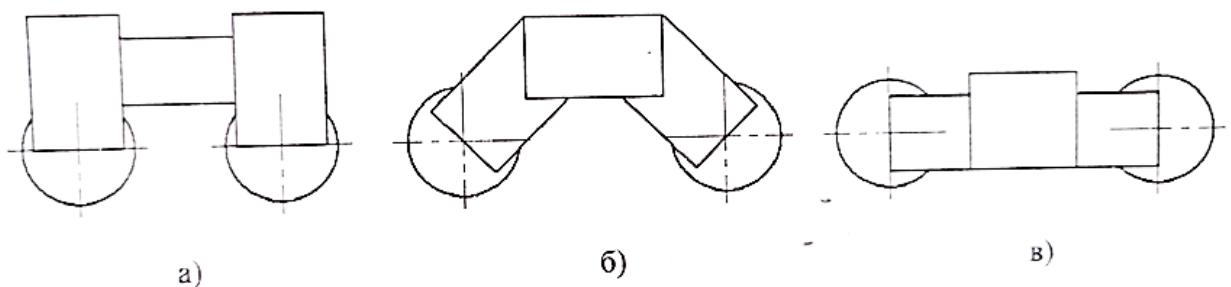


Рис. 2. Варианты расположения колёсного модуля в компоновке робота (вид сбоку): а) вертикальный модуль; б) наклонный модуль; в) горизонтальный модуль

Возможен вариант оснащения колесного модуля дополнительным сервоприводом, который позволит изменять в определенном диапазоне наклон модуля, что существенно расширит возможности мобильного робота.

Главным негативным фактором для силы магнитного притяжения колёс с, опорной поверхностью является величина воздушного зазора между колесом и опорной поверхностью. Рассмотрим силу притяжения колеса к стальной плите в зависимости от величины воздушного зазора (рис. 3).

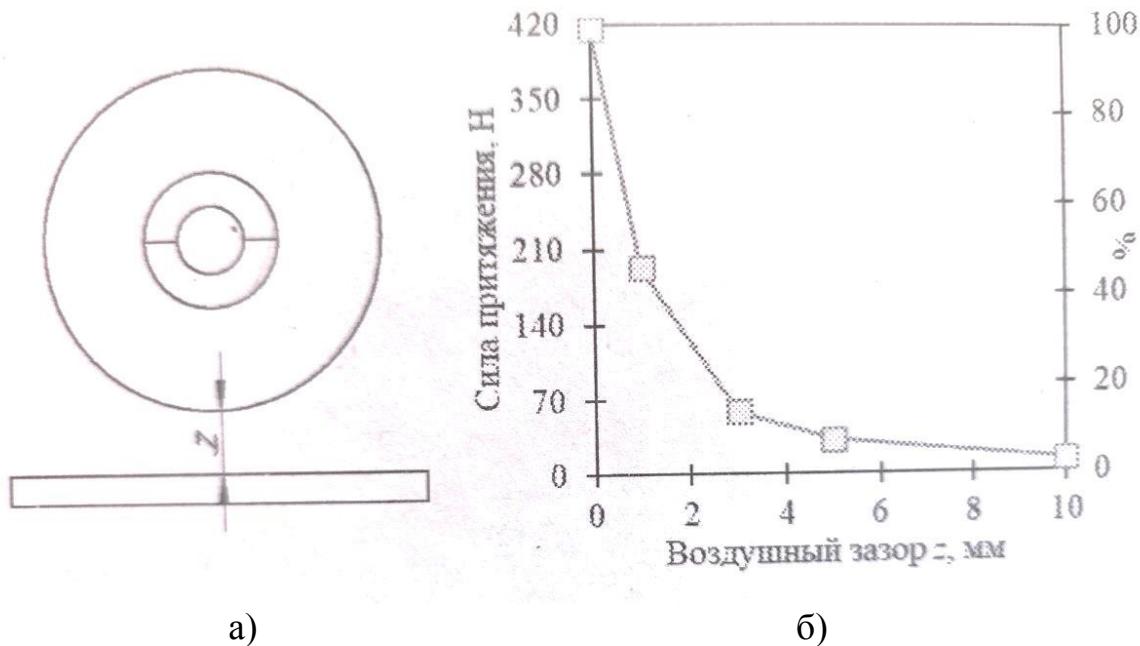


Рис. 3. Зависимость силы притяжения колеса робота к стальной плите от величины воздушного зазора: а) общий вид эксперимента; б) график зависимости

Согласно зависимости, полученной на основе компьютерных более экспериментов, величина воздушного зазора в 1 мм приведет к падению силы

притяжения чем на 50 %. Поэтому необходимо придерживаться приемлемой величины воздушного зазора в диапазоне 0-1 мм. Такую величину зазора для плоских поверхностей поддерживать криволинейными поверхностями и легко, сложности возникают угловыми элементами.

Так при расположении двухколесной компоновки внутри трубы величина воздушного зазора f , мм (рис. 4), определяется по формуле:

$$h = \sqrt{r_{\text{трубннутр}}^2 - \left(\frac{l_{\text{кол}}}{2}\right)^2};$$

$$f = r_{\text{трубннутр}} - h_1$$

(1)

где $r_{\text{трубннутр}}$ - радиус внутренней поверхности трубы, мм;

$l_{\text{кол}}$ — ширина колеса робота, мм.

Трубы отличаются большим разнообразием значениями толщины стенок и диаметра трубы. Трубы могут принимать значение внешнего диаметра в диапазоне 10-1420 мм [6-7]. Необходимо заметить, что величина f представляет максимальное значение воздушного зазора между криволинейной поверхностью. Фактическая величина колесом воздушного зазора является переменной и постепенно увеличивается от нуля до f , при движении от граней колеса к середине колеса.

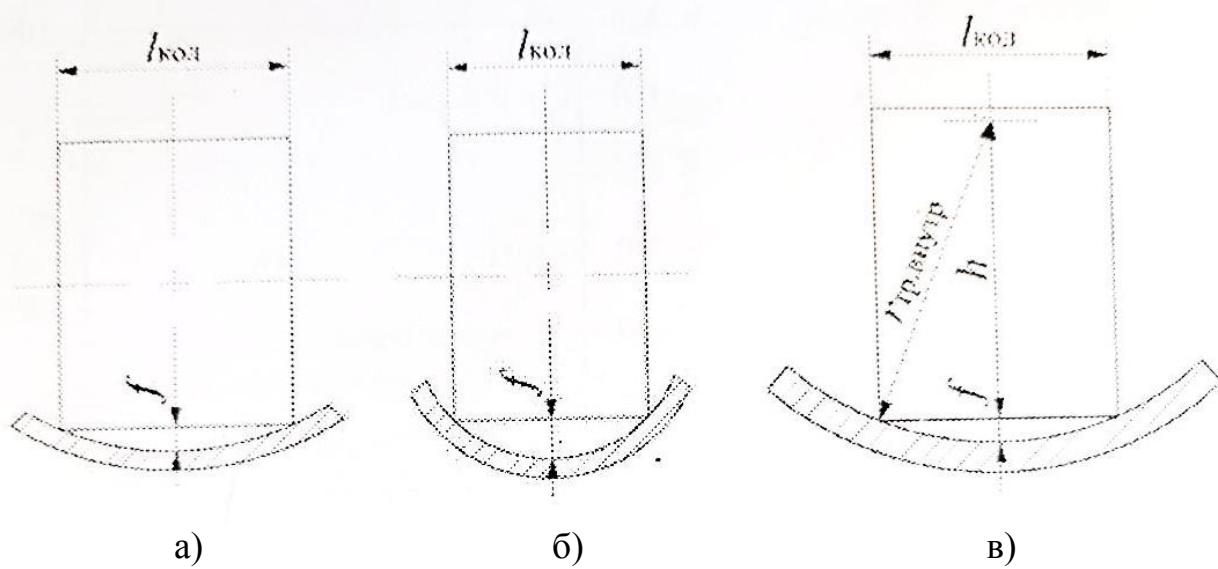


Рис. 4. Зазор f для колеса робота: а) большая величина зазора обусловлена большой пириной колеса; б) большая величина зазора обусловлена малым радиусом трубы; в) основные геометрические размеры для определения зазора

Таким образом, на величину зазора / колеса при расположении его на криволинейной поверхности влияют радиус кривизны поверхности и ширина колеса. Поэтому многоколесные компоновки, имеющие более одного колеса на одной оси, подойдут только для труб большого диаметра, Т.к. несколько колес на одной оси можно условно представить как одно колесо с очень большой шириной.

Выводы

Замена человека мобильным роботом на основе универсальной статья хорошим способом реализовать доступ к элементам конструкций технических платформы может труднодоступным объектов, механической или физико-технической обработки. Большая вариативность опасным для выполнения задач технического диагностирования, создать мобильный робот под компоновок позволяет конкретные требуемые задачи и конструкцию технического объекта. Использование в конструкции робота колес на основе постоянного магнита позволяет добиться высокой мобильности и надежности за счет достижения высоких сил сцепления робота со стальными конструкциями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Электронный ресурс]. URL:
https://ifr.org/downloads/press/Presentation_PC_11_Oct_2017_1.pdf.
2. ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.
3. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины определения.
4. Мунасыпов Р. А., Мешков И. В., Москвичев С. С., Следнев П. В., Шахмаметьев Т. Р. Роботизированная платформа высокой мобильности элементов судовых конструкций / Труды «Экстремальная для задач диагностики конференции международной робототехника», научно-технической 24-25 ноября 2016 года, Санкт-Петербург, Россия. -Спб: Изд-во «Политехника-сервис», 2016. С. 389-393.