

УДК 621.3

# УПРАВЛЕНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИМ РОБОТОМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ КЛИРЕНСОМ

**В.Г. Градецкий**

*Институт проблем механики им.А.Ю. Ишлинского РАН*  
Россия, 119526, Москва, Проспект вернадского,101-1  
E-mail: [gradet@ipmnet.ru](mailto:gradet@ipmnet.ru)

**М.М. Князьков**

*Институт проблем механики им.А.Ю. Ишлинского РАН*  
Россия, 119526, Москва, Проспект вернадского,101-1  
E-mail: [ipm\\_labrobotics@mail.ru](mailto:ipm_labrobotics@mail.ru)

**Е.А. Семенов**

*Институт проблем механики им.А.Ю. Ишлинского РАН*  
Россия, 119526, Москва, Проспект вернадского,101-1  
E-mail: [sim11650808@gmail.com](mailto:sim11650808@gmail.com)

**А.Н. Суханов**

*Институт проблем механики им.А.Ю. Ишлинского РАН*  
Россия, 119526, Москва, Проспект вернадского,101-1  
E-mail: [sukhanov-artyom@yandex.ru](mailto:sukhanov-artyom@yandex.ru)

**Ключевые слова:** роботы вертикального перемещения, переменный клиренс, пневмопривода, вакуумные захватные устройства, управление движением.

**Аннотация.** Рассматривается управление движением пневматического робота вертикального перемещения с переменным клиренсом, предназначенного для ремонта и обслуживания вертикальных поверхностей зданий, корпусов судов и крупногабаритного оборудования находящихся в опасных и сложных средах. Предложенный алгоритм управления учитывает возможность преодоления возникающих препятствий при движении робота.

## 1. Введение

Роботы вертикального перемещения могут выполнять на поверхностях произвольного наклона различные технологические операции [1-3]. В зависимости от типа поверхности, по которой перемещается робот, могут быть использованы различные способы закрепления на поверхности. По универсальности использования по поверхностям с различными физическими свойствами наиболее предпочтительными являются вакуумные захватные устройства [4-6]. Введение в конструкцию переменного клиренса для роботов такого типа позволяет значительно увеличить эффективность выполнения технологических операций за счет дополнительных возможностей по преодолению

препятствий, увеличения скорости перемещения и надежности фиксации на обслуживаемой поверхности.

## 2. Конструкция разрабатываемого пневматического робота вертикального перемещения.

Система приводов разрабатываемого пневматического робота вертикального перемещения (рис. 1) содержит подвижную платформу, жестко скрепленную с транспортным двигателем – следящим пневмоприводом 1, шток поршня 2 которого связан с пневматическими цилиндрами 3 приводных механизмов первой группы захватов 4. Эти захваты крепятся на опорах 5, соединенных со штоками поршней 6. К подвижной платформе крепятся пневматические цилиндры 7 второй группы захватов 8, также удерживающих платформу на вертикальной поверхности. Эти захваты крепятся на опорах 9, соединенных со штоками поршней 10.

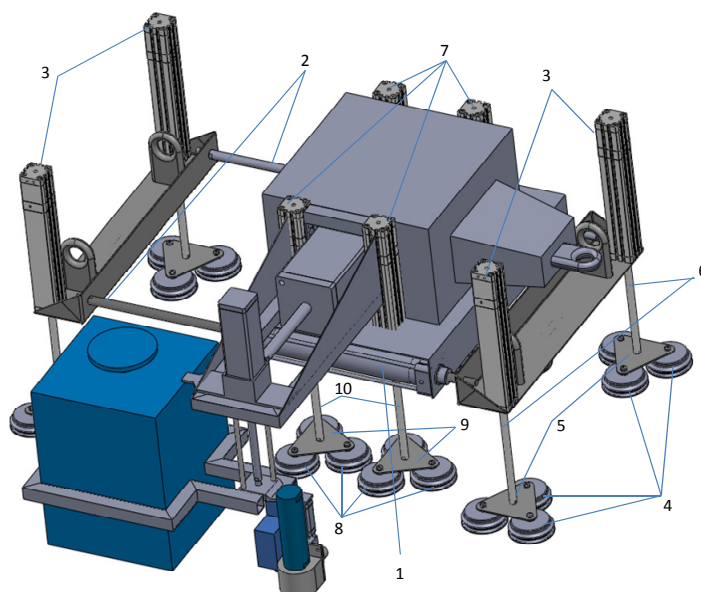


Рис. 1. Внешний вид робота вертикального перемещения.

## 3. Управление движением робота вертикального перемещения

Режим работы системы приводов робота определяется алгоритмом управления, реализующим последовательность включений исполнительных механизмов и, в конечном итоге, последовательность движений системы приводов захватов и платформы. Закрепление на вертикальной поверхности и движение робота вертикального перемещения осуществляется системой управления, которая реализует разработанные алгоритмы.

Структурная схема пневматического робота вертикального перемещения с переменным клиренсом, представленная на рисунке 2, содержит следующие основные узлы:

- система управления, состоящая из контроллера и интерфейса;

- следящие маршевые привода, обеспечивающие поступательное движение робота;
- группы приводов подъема-опускания захватных устройств малого (30 мм.) и большого (200 мм.) ходов.



Рис. 2. Структурная схема робота вертикального перемещения.

Робот на вакуумных присосках после опускания в заданный сектор технологической операции вертикальной стены обрабатывает следующий алгоритм, необходимый для закрепления на поверхности:

1) Робот обрабатывает алгоритм нулевого положения на вертикальной стене: центральные приводы выдвижения (ход 30 мм.) вакуумных захватных устройств выдвинуты, приводы выдвижения вакуумных захватных устройств внешней платформы втянуты, маршевые приводы движения робота выдвинуты.

2) Позиционирование захватных устройств центральной платформы параллельно и максимально близко к вертикальной поверхности с помощью устройства опускания.

3) Контроль за позиционированием робота относительно вертикальной стены осуществляется с помощью бортовых видеокамер и датчиков контакта с поверхностью расположенных на центральных вакуумных захватных устройствах.

4) Включение эжекции центральной группы вакуумных захватов, создание разряжения в каждом вакуумном захвате.

5) Проверка надежности сцепления с вертикальной стеной, с помощью датчиков контакта с поверхностью (отслеживается изменение высоты присоски захватного устройства).

6) Опрос вакуумных захватных устройств на наличие достаточного уровня вакуума учитывая что для начала алгоритма перемещения платформы, должно сработать не менее трех захватных устройств центральной платформы.

7) Ослабление страховочных тросов на длину хода штока маршевых приводов движения платформы.

8) Начало движения.

После успешного закрепления робота на поверхности и начала движения, роботу необходимо определить наличие препятствий с помощью сенсорной системы. При отсутствии препятствий начинается движение робота с использованием групп приводов подъема-опускания захватных устройств малого хода, а в случае их обнаружения задействуются обе группы приводов подъема-опускания для перехода через препятствие.

## 4. Заключение.

Использование переменного клиренса в роботах вертикального перемещения позволяет увеличить скорость перемещения робота за счет возможности перехода через препятствия и надежного закрепления на поверхности, что обуславливает возможность его применения в экстремальных условиях.

Работа выполнена по теме государственного задания (№ госрегистрации АААА-А17-117121120036-3).

## Список литературы

1. Bridge B., Rodriguez R.L., Hondal S., Sattar T. Field Trials of a Cell of Climbing cooperating Robots for Last and Flexible Manufacturing of Large Scale Engineering Structure // Proceed. of Mobile Robotics: Solutions and Challenges. World Scientific Publ., 2009. P. 801-810.
2. T.T. Patents. Ge91a000143, Italy, 1992; U.S.5361748, 1994; EU 0540834, 1992.
3. Moffino R., Razzoli R., Zoppi M. Autonomous drilling robot for landslide monitoring and consolidation // Automation in Construction. 2008. Vol. 17, No. 2. P. 111-121.
4. Caporaletti G. The ACODUASIS Project – a Professional Software Tool Supporting the Control Design in Robotics // Proceed. of 6<sup>th</sup> Intern. Conf. on Climbing and Walking Robots, Professional Engineering Publ., 2003. P. 189-198.
5. Градецкий В.Г., Рачков М.Ю. Роботы вертикального перемещения. М.: Минобразования, 1997. 223 с.
6. Gradetsky V.G., Knyazkov M. M., Sukhanov A.N., Semenov E.A., Chaschukhin V.G., Kryukova A.A. Possibilities of using wall climbing robots for underwater application // Advances in Cooperative Robotics. Proc. of the 20<sup>th</sup> Int. Conf. of Climbing and Walking Robots (CLAWAR-2017). 11-13 September, Porto. P. 241-249.