

## ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 681.51

### ПЛАТФОРМА РОБОТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

А.Н. Шербина, В.А. Зацепин, В.Е. Баранов, А.Г. Леви,  
А.Г. Кокорин, С.И. Юрков, С.Г. Вагин  
e-mail: dep640@vniitf.ru.

Российский Федеральный Ядерный Центр — Всероссийский НИИ Технической Физики  
имени академика Е. И. Забабахина, г. Снежинск, Россия

Статья поступила 28 мая 2003 г.

Разработан опытный образец платформы вертикального перемещения, управляемой с выносного пульта по кабелю и способной перемещаться по наклонным и вертикальным поверхностям.

Опытный образец прошел лабораторную отработку и показал удовлетворительные результаты при движении по бетонной и стальной (черной или окрашенной) плоской вертикальной поверхности. Подтверждены проектные технические характеристики.

#### 1. Назначение

Платформа предназначена для использования в качестве транспортного средства для мобильных роботов вертикального перемещения [1]. На ее грузовую площадку могут быть установлены сменные исполнительные устройства для выполнения различных работ (осмотровых, диагностических, ремонтных и т. п.); платформа при этом превращается в мобильный робот вертикального перемещения конкретного технологического назначения.

#### 2. Основные технические характеристики

Основные технические характеристики платформы показаны в табл. 1

Таблица 1

|  |   |
|--|---|
| Габариты (длина, ширина, высота)         | (1100x1100x270) мм                      |
| Площадь грузовой платформы               | (450x450) мм                            |
| Собственная масса                        | 60 кг                                   |
| Несущая способность (полезная нагрузка)  | 40 кг                                   |
| Максимальное удаление от места установки | 25 м                                    |
| Способ удержания на поверхности          | посредством вакуумных присосок          |
| Принцип перемещения                      | пошаговый, сканирующий                  |
| Скорость перемещения платформы           | ~ 5 м/мин                               |
| Управление                               | ручное и ручное полуавтоматическое      |
| Необходимое давление сжатого воздуха     | (0,5—0,6) МПа (5—6 кг/см <sup>2</sup> ) |
| Расход сжатого воздуха                   | ~ 0,5 м <sup>3</sup> /мин               |
| Напряжение электропитания                | 24 в                                    |
| Потребляемая мощность                    | ≤ 0,5 кВт                               |

### 3. Конструкция

Общий вид платформы на вертикальной стене показан на рис. 1.

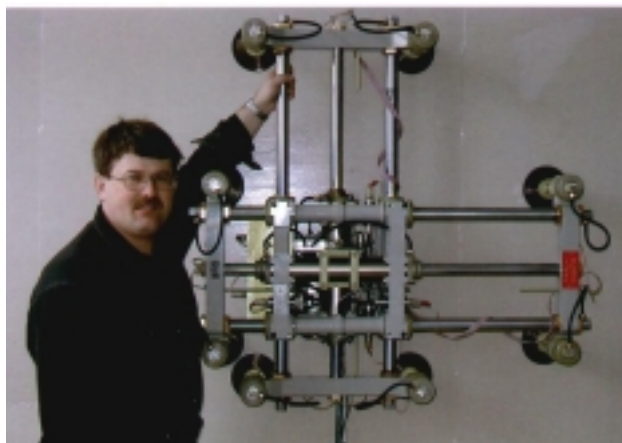


Рис. 1. Общий вид платформы вертикального перемещения

Конструктивная схема платформы показана на рис. 2.

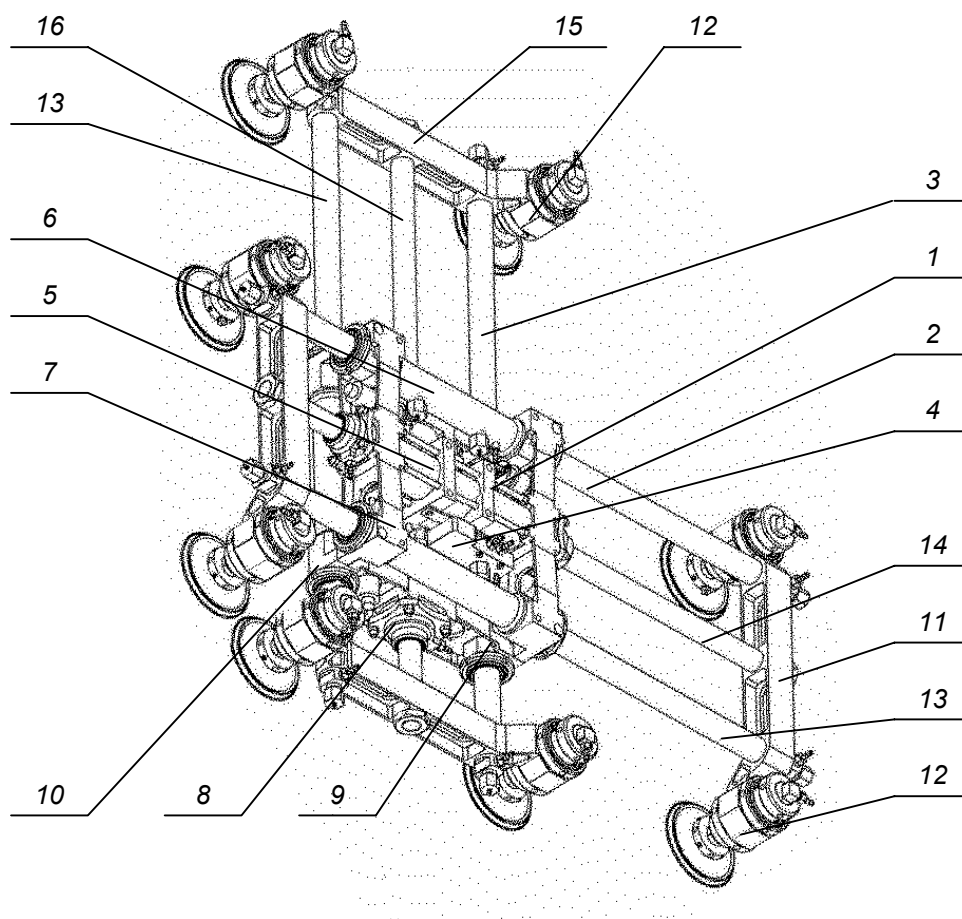


Рис. 2. Конструктивная схема платформы (без опорной плиты для полезного груза)

Платформа состоит из корпуса 1, рамы горизонтального перемещения 2, рамы вертикального перемещения 3, системы вакуумирования и распределительных пневматических устройств 4, исполнительных устройств системы управления (на рис. 2 не показанных).

Корпус 1 состоит из верхней и нижней части, соединенных между собой посредством болтов. Верхняя часть корпуса содержит маршевый цилиндр 5 и две трубчатые направляющие 6

рамы горизонтального перемещения 2. Цилиндр 5 и направляющие 6 соединены между собой посредством двух траверс 7 и болтов (на рис. 1 не показанных). Нижняя часть корпуса (аналогично верхней) содержит маршевый цилиндр 8 и две трубчатые направляющие 9 рамы вертикального перемещения 3. Цилиндр 8 и направляющие 9 соединены между собой посредством двух траверс 10 и болтов (на рис. 1 не показанных).

Рама горизонтального перемещения 2 содержит две траверсы 11 с двумя узлами присосок 12 на каждой. Траверсы 11 соединены между собой двумя трубчатыми штоками 13, пропущенными сквозь направляющие 6. Траверсы 11 соединены также со штоком 14 маршевого цилиндра двухстороннего действия 5.

Рама вертикального перемещения 3 (аналогично раме 2) содержит две траверсы 15 с двумя узлами присосок 12 на каждой. Траверсы 15 соединены между собой двумя трубчатыми штоками 13, пропущенными сквозь направляющие 9. Траверсы 15 соединены также со штоком 16 маршевого цилиндра двухстороннего действия 8.

Система вакуумирования и распределительных пневматических устройств 4 в своем составе содержит восемь комбинированных эжекторных вакуумных насосов, встроенных в корпуса присосок, два пневмоклапана ПКЭ 4210, два пятилинейных пневмораспределителя П-Р4Ф 231.24 УХЛ4.

#### 4. Схема соединений элементов пневмосистемы платформы

Принципиальная схема соединений элементов системы вакуумирования и распределительных пневматических устройств (поз. 4 рис. 2) с маршевыми пневмоцилиндрами показана на рис.3.

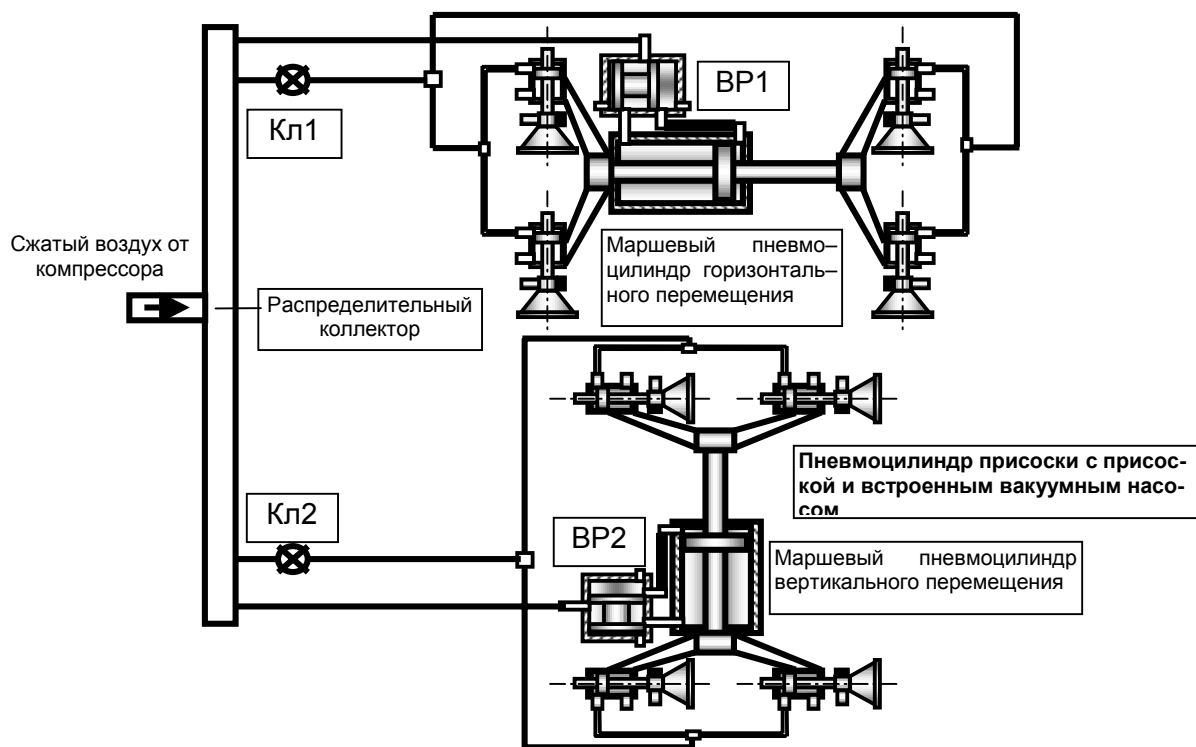


Рис. 3. Принципиальная схема соединений элементов систем вакуумирования, распределительных пневматических устройств и маршевых пневмоцилиндров

#### 5. Общие сведения о принципе действия платформы

В соответствии с назначением, конструкция платформы обеспечивает выполнение двух основных функций:

- удержание собственной массы и массы полезного груза на вертикальной поверхности,
- перемещение собственной массы и массы полезного груза относительно вертикальной поверхности (стены) в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Удержание платформы осуществляется с помощью четырех или восьми узлов присосок (поз. 12 рис. 2) вакуумного принципа действия. При подаче сжатого воздуха, например, через клапан Кл2 (рис. 3), штоки пневмоцилиндров узлов присосок траверс 15 рамы 3 (рис. 2) выдвигаются и прижимают присоски к поверхности стены. Одновременно из внутренних полостей цилиндров сжатый воздух подается в эжекторные вакуумные насосы (ЭВН), встроенные в корпуса присосок. ЭВН вакуумируют полости, расположенные между поверхностью стены и резиновой манжетой присоски. Атмосферное давление прижимает корпус присоски к поверхности стены с расчетной силой (приблизительно равной  $650\text{ Н} = 65\text{ кг}$  на одну присоску).

При подаче сжатого воздуха одновременно через два клапана (Кл1 и Кл2 рис. 3), платформа удерживается на вертикальной поверхности, соответственно, посредством восьми присосок.

При закрытии клапана Кл1 или Кл2 прекращается подача сжатого воздуха в полости соответствующих пневмоцилиндров присосок. Оставшееся в полостях давление стравливается в атмосферу через ЭВН. Последние прекращают вакуумирование полостей присосок, давление в них выравнивается до атмосферного. Под действием возвратных пружин штоки втягиваются в цилиндры, присоски отодвигаются от стены.

Перемещение платформы относительно стены осуществляется с помощью маршевых пневмоцилиндров 5 (горизонтальное направление) и 8 (вертикальное направление) рис. 2.

При подаче сжатого воздуха от коллектора через воздухораспределители ВР1 или ВР2 в соответствующие полости маршевых пневмоцилиндров, их штоки с поршнями займут положение, показанное на схеме рис. 3, а рамы горизонтального и вертикального перемещения, соответственно, займут относительно корпуса платформы положение, показанное на схеме рис. 2. В этом состоянии платформу устанавливают на вертикальную поверхность (стенку) и открывают, например, клапан Кл2; платформа присасывается к стене посредством четырех узлов присосок рамы вертикального перемещения. Присоски рамы горизонтального перемещения, при этом, отстоят от стены на расстоянии 40 мм. Это состояние можно рассматривать в качестве исходного для начала движения по вертикальной поверхности.

Процедуры движения платформы по направлению «вверх»:

1. Подают сигнал на переключение воздухораспределителя ВР2, сжатый воздух поступает в верхнюю полость пневмоцилиндра; в то же время из нижней полости сжатый воздух стравливается в атмосферу; корпус платформы вместе с рамой горизонтального перемещения поднимается вверх на шаг равный 300 мм.
2. Подают сигнал на открытие клапана Кл1; присоски рамы горизонтального перемещения прижимаются и присасываются к стене; платформа удерживается на стене посредством восьми присосок.
3. Подают сигнал на закрытие клапана Кл2; присоски рамы вертикального перемещения отстоят от поверхности стены и отходят от нее; платформа удерживается на стене посредством четырех присосок рамы горизонтального перемещения.
4. Подают сигнал на переключение воздухораспределителя ВР2; сжатый воздух поступает в нижнюю полость пневмоцилиндра; в то же время из верхней полости сжатый воздух стравливается в атмосферу; рама вертикального перемещения поднимается вверх на 300 мм относительно корпуса платформы.
5. Подают сигнал на открытие клапана Кл2; присоски рамы вертикального перемещения прижимаются и присасываются к стене; платформа удерживается на стене посредством восьми присосок.
6. Подают сигнал на закрытие клапана Кл1; присоски рамы горизонтального перемещения отстоят от поверхности стены и отходят от нее; платформа удерживается на стене посредством четырех присосок рамы вертикального перемещения.

При желании продолжить движение платформы вверх, циклы процедур 1—6 повторяют необходимое количество раз. Подача сигналов с выносного пульта управления (для осуществления процедур 1—6) может происходить как в «ручном» режиме, так и в «полуавтоматическом».

Управление движениями «вниз», «влево» и «вправо» осуществляется подобным описанному образом, с изменением порядка включений и выключений соответствующих клапанов и воздухораспределителей.

## 6. Эксплуатационные ограничения

Эксплуатационные ограничения представлены в табл. 2.

Таблица 2

| № | Параметр ограничения                                   | Величина параметра   |
|---|--|--|
| 1 | Опрокидывающий момент относительно осей X, Y, Z, кГм   | 20   |
| 2 | Масса груза, устанавливаемого на платформу, кг         | 40—60 (с ограничением 1)   |
| 3 | Угол наклона поверхности стены к горизонту, °          | 0÷90   |
| 4 | Температура окружающей среды, °С                       | 5÷50   |
| 5 | Высота локальных выступов над поверхностью стены, мм   | ≤ 35   |
| 6 | Неплоскостность поверхности стены на базе 140 мм (°)   | ±5   |
| 7 | Неплоскостность поверхности стены на базе 1140 мм (мм) | ±5   |
| 8 | Качество поверхности стены                             | шероховатость металлопроката;<br>прочность на отрыв площадки<br>диаметром 130 мм > 50 кГ |

## 7. Перспективы совершенствования конструкции платформы

В настоящее время в РФЯЦ—ВНИИТФ ведутся работы по совершенствованию конструкции платформы в направлении снижения собственной массы, увеличения массы полезной нагрузки, увеличения адаптивности узла присоски к поверхностям, уменьшению количества и уровней эксплуатационных ограничений.

### Список литературы

Градецкий В.Г., Рачков М.Ю. Роботы вертикального перемещения. М.: Минобразования РФ, 1997. 223 с.