

Оглавление

Введение	3
Некоторые сведения из теории и практики использования пневматических приводов	5
Лабораторная работа № 1. Исследование характеристик пневматического привода	8
Лабораторная работа № 2. Определение нагрузочной характеристики пневматического привода	15
Лабораторная работа № 3. Исследование изменения давления сжатого воздуха на характеристики пневматического привода.....	17
Лабораторная работа № 4. Исследование изменения геометрических параметров исполнительных устройств на характеристики пневматического привода	19
Библиографический список	20

**Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
Филиал «Протвино»
Кафедра «Автоматизация технологических процессов и
производств»**

В.К. Москвин

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГИДРО-ПНЕВМОПРИВОД»

ЭЛЕКТРОННОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Рекомендовано
кафедрой автоматизации технологических процессов и производств
филиала «Протвино» государственного университета «Дубна»
в качестве методического пособия для студентов,
обучающихся по направлению
«Автоматизация технологических процессов и производств»

Протвино
2015

ББК 34.447я73
М82

Рецензент:
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Транспортные средства и бортовые информационно-управляющие системы»
ФГБОУ ВО «Московский технологический университет»
В.В. Плешаков

Москвин, В.К.
М82 Лабораторные работы по дисциплине «Гидро-пневмопривод»: электронное методическое пособие / В.К. Москвин. — Протвино, 2015. — 20 с.

В методическом пособии изложен теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Гидро-пневмопривод», а также приводится методика выполнения лабораторных работ.

Методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств».

ББК 34.447я73

Библиографический список

1. Белянин, П.Н. Промышленные роботы и их применение / П.Н. Белянин. — М. : Машиностроение, 1983. — 319 с.
2. Булгаков, Б.Б. Пневмоавтоматика / Б.Б. Булгаков, А.И. Кубрак. — Киев : Техника, 1977. — 215 с.
3. Денисов, А.А. Пневматические и гидравлические устройства автоматики / А.А. Денисов, В.С. Нагорный. — М. : Высш. шк., 1978. — 349 с.
4. Дмитриев, В.Н. Основы пневмоавтоматики / В.Н. Дмитриев, В.Г. Градецкий. — М. : Машиностроение, 1973. — 412 с.
5. Федоров, В.А. Расчет гидравлических и пневматических приводов гибких производственных систем / В.А. Федоров. — Киев : Высш. шк., 1988. — 288 с.

Лабораторная работа № 4

Исследование изменения геометрических параметров исполнительных устройств на характеристики пневматического привода

Цель работы — оценка влияния размера рабочей площади выходного звена пневматического привода.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить стенд к работе. При нормальном давлении сжатого воздуха в пневмосистеме настроить выходные дроссели всех четырех цилиндров на одинаковое значение скорости.
2. Последовательно для каждого цилиндра обеспечить 5—6-кратное прямое и обратное движение поршня. Для каждого цилиндра измерить среднее значение скорости с помощью измерительного инструмента и электросекундомера (рис. 2).
3. Построить график зависимости скорости выходного звена от диаметра поршня пневматического привода.

Требования к выполнению отчета

Отчет должен содержать:

1. Схему испытаний (рис. 2).
2. Условия проведения и объем выполненных работ.
3. Полученные результаты в виде таблиц и графиков.
4. Анализ результатов и выводов.

Контрольные вопросы и задания

1. Объяснить физические основы зависимости скорости выходного звена пневматического привода от изменения его геометрических параметров.
2. Какие другие выходные параметры находятся в зависимости от геометрических параметров пневматического привода?
3. Используя полученные результаты, определить самое быстрое звено ПР.

Введение

Выполнение лабораторных работ по изучению пневматического привода предусматривается учебным планом по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении» при освоении студентами дисциплины «Гидропневмопривод».

Промышленные роботы (ПР) и манипуляторы являются основным средством автоматизации загрузочно-разгрузочных и транспортных операций при обслуживании металлорежущего, кузнечно-прессового, сборочного, литейного и другого оборудования. ПР — неотъемлемая часть робото-технологических комплексов различного технологического назначения.

В зависимости от вида энергии, используемой для движения исполнительного механизма робота, приводы могут быть пневматическими, электрогидравлическими и электрическими.

В силу своих специфических свойств для манипулирования изделиями малых масс (до 20 кг) используется пневматический привод.

Основные преимущества использования пневматического привода в ПР:

- высокая скорость выходного звена (до 2 м/с);
- возможность использования сжатого воздуха из заводской пневмосети (0,5—0,6 МПа);
- простое цикловое управление;
- отсутствие промежуточных передаточных звеньев между выходным звеном привода и рабочим органом робота;
- малая относительная масса конструкции на единицу развиваемой мощности;
- простота и надежность конструкции;
- низкая стоимость.

Недостатки пневматического привода:

- нестабильность скорости выходного звена при изменении нагрузки вследствие сжимаемости воздуха;
- ограниченность точек позиционирования при цикловом управлении;
- необходимость демпфирования движения выходного звена в конце хода;
- наличие шума.

В основе лабораторных работ — исследование характеристик пневматического привода ПР, позволяющее студентам получить практические навыки как по обслуживанию, так и по методике исследований и испытанию пневматического привода.

Требования к выполнению отчета

Отчет должен содержать:

1. Схему испытаний (рис. 2).
2. Условия проведения исследования.
3. Таблицу и графики результатов испытаний.
4. Анализ результатов и выводы.

Контрольные вопросы и задания

1. Объяснить характер влияния изменения входного давления сжатого воздуха на работоспособность пневматического привода.
2. Какой диапазон изменения входного давления сжатого воздуха допустим для пневматического привода?
3. Какой класс точности манометра достаточен для эксплуатации пневматического привода?
4. Необходима ли регулировка дросселей соответствующей степени подвижности при изменении нагрузки на 10 %, на 50 %?
5. Необходимо ли перенастраивать амортизаторы соответствующей степени подвижности при изменении входного давления на 10 %, на 50 %, при отсутствии нагрузки, при максимальной нагрузке?
6. Объяснить возможные последствия для технологического процесса при резком отключении давления сжатого воздуха в системе пневматического привода.

Лабораторная работа № 3

Исследование изменения давления сжатого воздуха на характеристики пневматического привода

Цель работы — оценка влияния входного давления сжатого воздуха на работоспособность пневматического привода.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить стенд к работе. При номинальном давлении сжатого воздуха $p_{\text{ном}} = 0,4\text{—}0,5$ МПа обеспечить в режиме холостого хода максимальные скорости выдвижения захвата, подъема и поворота ИУ ПР.

2. В режиме ручного управления при давлении сжатого воздуха $p = 0, 2 p_{\text{ном}}, p = 0,5 p_{\text{ном}}, p = 0, 75 p_{\text{ном}}, p = p_{\text{ном}}$ обеспечить последовательное 5—6-кратное выполнение команд каждой степени подвижности прямого и обратного направления движения в режиме холостого хода, используя различные значения массы m полезного груза: $0, 25m_{\text{ном}}, 0,5m_{\text{ном}}, 0, 75m_{\text{ном}}, m_{\text{ном}}$ ($m_{\text{ном}} = 0, 2$ кг).

3. В процессе выполнения команд оценить работоспособность и характеристики пневматического привода:

- плавность прямого и обратного хода без нагрузки и под нагрузкой;
- надежность срабатывания пневматических распределителей;
- величину прямого и обратного хода, время перемещения;
- точность позиционирования.

4. Вычислить среднюю скорость линейного перемещения захватного устройства при прямом и обратном ходе.

5. Результаты испытаний систематизировать и оформить в виде таблиц и графиков.

Некоторые сведения из теории и практики использования пневматических приводов

В роботах, использующих в качестве рабочего тела сжатый воздух, широко применяют конструкцию исполнительных двигателей в виде цилиндров с прямолинейным поступательным движением поршня. Такие двигатели относятся к классу объемных машин, где рабочий процесс основан на попеременном заполнении рабочей камеры рабочим телом (в данном случае — сжатым воздухом) и вытеснением его из камеры.

В пневматических двигателях выходное звено — поршень со штоком — движется за счет энергии, полученной от потока сжатого воздуха.

Под рабочей камерой объемного двигателя понимается ограниченное пространство внутри машины, периодически изменяющее объем и попеременно сообщаемое с каналами входа рабочего тела.

В пневматических приводах в качестве рабочего тела используется газ — сжатый воздух. Основные характеристики состояния газа — абсолютное давление p , плотность ρ и абсолютная температура T . Для простоты расчетов примем, что рабочее тело в пневматических приводах — это идеальный газ, состояние которого описывается уравнением Клайперона (1):

$$p\nu = RT, \text{ или } p = \rho RT, \quad (1)$$

где R — газовая постоянная; $\nu = \frac{V}{m}$; V — объем газа; m — масса газа.

Возможны частные случаи этого состояния.

Для определения основных зависимостей при расчетах конструкции и динамики пневматического привода принимается, что имеет место режим одномерного течения идеального газа без трения и теплообмена с окружающей средой.

Наиболее простым и распространенным способом регулирования скорости в пневматических приводах является использование дросселя переменного сечения на выходе из двигателя.

В практических расчетах пневматических устройств для определения массового расхода газа через дроссели используют зависимость (2):

$$G = \mu f p_1 \sqrt{\frac{2}{RT_2} \left[\frac{p_2}{p_1} \left(1 - \frac{p_2}{p_1} \right) \right]} \quad (2)$$

где μ — коэффициент расхода, учитывающий потери энергии потока при прохождении местных сопротивлений (на практике обычно принимают $\mu = 0,6—0,8$); f — площадь проходного сечения дросселя;

p_1 — давление на входе в дроссель; p_2 — давление на выходе из дросселя ($p_2 = 0,1$ МПа — атмосферное давление); R — газовая постоянная воздуха ($R = 287,14$ Дж/(кг · К)); T_2 — абсолютная температура после дросселя, К.

Данная зависимость справедлива для докритического режима истечения, когда $p_2 / p_1 \geq 0,5$.

Для надкритического режима истечения, когда $p_2 / p_1 \leq 0,5$, массовый расход газа определяется выражением (3):

$$G = \mu f p_1 \sqrt{\frac{1}{2RT_2}} \quad (3)$$

На практике для ПР используют давление сжатого воздуха на входе в двигатель $p = 0,4—5$ МПа.

Скорость поршня двигателя и расход воздуха связаны прямой зависимостью (4):

$$x = \frac{Q}{F} \quad (4)$$

где x — скорость поршня; Q — объемный расход воздуха; F — эффективная площадь поршня.

Из выражений (2)—(4) следует, что скорость поршня привода ПР зависит (при прочих равных условиях) от площади выходного сечения дросселя, давления воздуха и перепада давления на поршне.

Для обеспечения заданной скорости необходимо выполнять настройку дросселя для каждого значения нагрузки.

Как показывают расчеты и условия эксплуатации, регулирование скорости поршня целесообразно выполнять путем дросселирования

Контрольные вопросы и задания

1. Объяснить физические основы изменения скорости пневматического привода при изменении нагрузки.
2. Какие работы с элементами пневматического привода необходимо выполнить при изменении массы полезного груза?
3. Какие меры необходимо предпринять, чтобы обеспечить заданную скорость пневматического привода?
4. Используя полученные результаты испытаний, определить максимальную нагрузку на пневматический привод.

Лабораторная работа № 2 Определение нагрузочной характеристики пневматического привода

Цель работы — исследование влияния нагрузки на скорость выходного звена двигателя выдвижения захватного устройства.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить стенд к работе. Регулировкой соответствующего дросселя обеспечить максимальную скорость выдвижения захватного устройства (цилиндр 12, см. сх. рис.1). Полезная нагрузка отсутствует (холостой ход).

2. В режиме *ручного управления* реализовать команды, обеспечивающие выдвижение захватного устройства при различных значениях массы и движение ИУ при прямом и обратном ходе.

3. Прямое и обратное движение ИУ повторить 5—6 раз при каждом значении массы груза. Измерить среднее значение скорости выходного звена двигателя выдвижения ИУ для грузов с массами m_1 , m_2 , ..., m_n . Значения $m_{\min}$ и $m_{\max}$ задаются преподавателем.

4. Режимы и результаты испытаний оформить в виде таблицы и графика, отражающего зависимость $\dot{x} = f(m)$.

5. Вычислить относительное изменение скорости по формуле

$$\bar{\dot{x}} = \frac{\dot{x}_{\max} - \dot{x}_{\min}}{\dot{x}_{\max}}$$

6. Испытания провести при постоянных значениях настройки дросселя выдвижения ИУ захватного устройства.

Требования к выполнению отчета

Отчет должен содержать:

1. Схему испытаний (рис. 2).
2. Условия проведения и объем выполненных работ.
3. Таблицу и график по результатам испытаний.
4. Анализ результатов и выводы.

сжатого воздуха на выходе из двигателя. Это позволяет получить лучшие динамические характеристики привода.

Уравнение динамики поршня пневматического двигателя с учетом действующих на него сил может быть представлено выражением (5):

$$F = (p_1 - p_2) \cdot A = m \ddot{x} + \alpha \dot{x} + \sum_{i=1}^n N_i, \quad (5)$$

где $m \ddot{x}$ — сила преодоления инерционности массы подвижных частей двигателя выдвижения захватного устройства (масса поршня со штоком + масса перемещаемого груза); $\alpha \dot{x}$ — величина, учитывающая демпфирование при утечке воздуха между поршнем и стенками цилиндра; $\sum N_i$ — сумма сил, действующих на поршень (трение, постоянное внешнее усилие и др.).

Из выражения (5) следует, что с возрастанием массы полезного груза для обеспечения требуемой скорости необходимо увеличить перепад давления на поршень $p_1 - p_2$.

При постоянном выходном давлении сжатого воздуха на двигателе скорость выходного звена уменьшается с увеличением массы груза.

Лабораторная работа № 1 Исследование характеристик пневматического привода

Цель работы — изучение конструкции и принципов работы пневматического привода ПР, определение его характеристик.

Краткое описание схемы привода

Пневматический привод используется в ПР, предназначенном для автоматизации технологических процессов в промышленности. При этом исполнительное устройство (ИУ) ПР осуществляет захват, перенос и установку детали по заданным координатам рабочей зоны.

Технические характеристики

Параметр	Значение параметра
Грузоподъемность	0,2 кг
Выдвижение ИУ	180 мм
Подъем ИУ	30 мм
Поворот ИУ	120°
Точность позиционирования	$\pm 0,5$ мм
Тип привода	Пневматический
Рабочее давление воздуха	0,4—0,5 МПа
Число точек позиционирования по каждой степени подвижности	2
Масса	40 кг

Схема станда для исследования пневматического привода приведена на рис. 1. Функционально пневматический привод данного ПР можно разделить на следующие узлы:

- узел подготовки сжатого воздуха — 1;
- узел распределения сжатого воздуха — 2;
- узел исполнительных двигателей — 3;
- система передачи сжатого воздуха между устройствами привода.

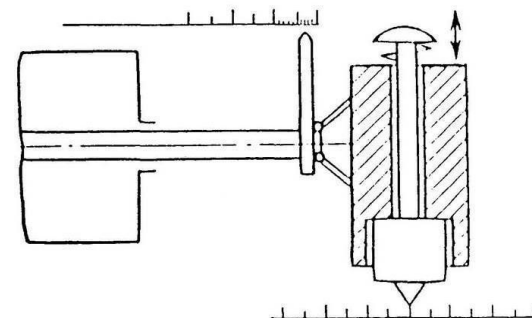


Рис. 3. Схема определения точности позиционирования

Требования к выполнению отчета

Отчет должен содержать:

1. Название лабораторной работы, ее цель, задачи.
2. Схему пневматического привода (рис. 1).
3. Принципиальную схему измерения параметров пневматического привода (рис. 2).
4. Условия проведения и объем выполненных работ.
5. Полученные результаты.
6. Анализ результатов и выводы.

Контрольные вопросы и задания

1. Объяснить принцип действия и конструктивные особенности пневматического привода.
2. Указать способы демпфирования каждой степени подвижности.
3. Объяснить физические основы регулирования скорости пневматических двигателей.
4. Указать способы регулирования скорости выходного звена пневматического двигателя.
5. Указать отрицательные факторы, которые влияют на работу пневматического привода.

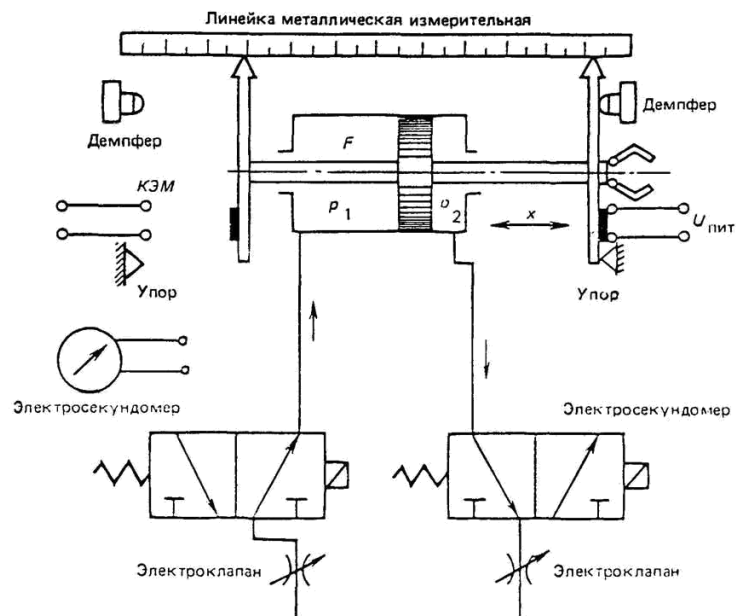


Рис. 2. Принципиальная схема измерений параметров пневматического привода

5. Вычислить среднюю линейную скорость прямого и обратного хода при подъеме и выдвигании захватного устройства для всех ИУ.
6. Изменить настройку дросселей для всех движений.
7. Определить точность позиционирования ИУ ПР при выдвигании захватного устройства (рис. 3), для чего:
 - в режиме ручного управления реализовать команды «Открытие захватного устройства» и «Закрывание захватного устройства», установив в захватном устройстве груз, у которого есть держатель для иглы;
 - выполнить команды «Движение вперед» и «Движение назад», отметив с помощью иглы на координатной бумаге крайнее положение центра груза;
 - повторить движение прямого и обратного хода 10—15 раз;
 - определить точность позиционирования δ из соотношения
$$\delta = 0,5(A - d),$$
 где A — максимальная зона рассеяния проколов; d — диаметр иглы;
 - полученный результат сравнить с техническими данными ПР.

Сжатый воздух через входной штуцер 4, запорный вентиль 5, влагоотделитель 6, регулятор давления 7, маслораспылитель 9 по магистралям поступает к соответствующим распределительным устройствам.

С помощью регулятора давления 7 производится настройка давления сжатого воздуха, поступающего к элементам привода.

Маслораспылитель 9 обеспечивает распыление в потоке сжатого воздуха, поступающего к устройствам робота. Контроль давления выполняется визуально по манометру 8, установленному за регулятором давления.

Блок подготовки сжатого воздуха выполняется автономно и входит в комплект манипулятора.

Блок распределения сжатого воздуха включает в себя устройства, с помощью которых по заданной программе можно разрешать или прекращать подачу сжатого воздуха в рабочие полости двигателей. В работе используются распределители клапанного типа с электроуправлением 10, нормально закрытые. На каждое движение ИУ в ПР установлен автономный электроклапан.

В качестве исполнительных двигателей в схеме ПР используются цилиндры с прямолинейным движением поршня одно- и двустороннего действия. На каждую степень подвижности предусматривается исполнительный двигатель, конструкция которого обеспечивает заданные линейные перемещения, скорость и усилия. Захватное устройство также имеет двигатель.

На схеме: 12 — цилиндр выдвигания захватного устройства; 13 — цилиндр подъема манипулятора; 14 — цилиндр поворота манипулятора; 15 — цилиндр захватного устройства.

Подача сжатого воздуха в рабочую полость цилиндра осуществляется через открытый электроклапан 10, при этом выход воздуха из нерабочей полости цилиндра в атмосферу выполняется через другой открытый электроклапан.

Скорость выходного звена двигателя в пневматических приводах регулируется расходом сжатого воздуха на входе или выходе двигателя. Конструктивно это выполняется в виде пневматического дросселя, проходное сечение которого зависит от требуемой скорости. В данной схеме каждый электроклапан на выходе снабжен дросселем 11, проходное сечение которого регулируется поворотом винта.

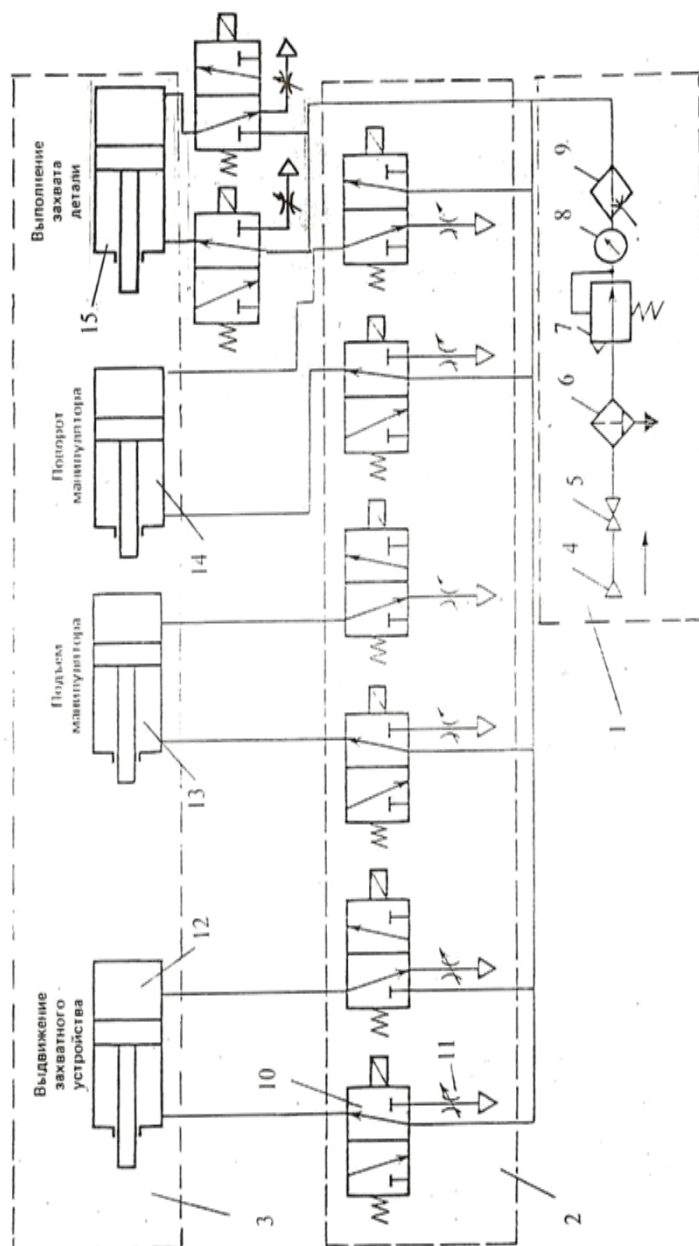


Рис. 1. Схема стенда для исследования пневматического привода ПР

Порядок выполнения работы

1. Изучить принцип работы и строение ПР, используя описание и реальную конструкцию. Определить места установки исполнительных цилиндров манипулятора на стенде. Обратить внимание на конструкцию дросселей и способ их регулировки. При отсутствии подачи воздуха в пневмосхему (вентиль 5 закрыт, рис. 1) оценить вручную подвижность ИУ ПР при выдвижении, подъеме и повороте, усилие сдвига из начального положения.

2. Подготовить стенд к работе, для чего:

- установить упоры поворота и выдвижения в крайнее положение, обеспечивающее максимальный ход движения;
- проверить, закрыт ли запорный вентиль 5 (см. рис. 1);
- установить зоны безопасности при работе для каждого движения: подъема, поворота, выдвижения;
- проверить настройку электромагнитных клапанов (КЭМ) по каждой степени подвижности, для чего вручную выполнить прямой и обратный ход;
- открыть запорный вентиль 5;
- установить с помощью редукционного клапана давление сжатого воздуха в пневмосистеме 0,4 МПа (4 кг/см³), контроль за величиной давления производить по манометру 8;
- в режиме ручного управления проверить работу манипулятора по каждой степени подвижности, производя 5–6 повторений на каждом движении. При этом дроссели регулирования скорости (на выходе из пневмораспределителей) должны быть максимально открыты, каждое движение должно выполняться без сбоев и затираций.

3. В режиме ручного управления реализовать команды выдвижения, поворота, подъема ИУ и захват детали. Определить время прямого и обратного перемещений для каждой степени подвижности. Время измерить с помощью электросекундомера. Произвести 5–6-кратное измерение времени перемещения ИУ ПР от упора до упора по каждой степени подвижности (рис. 2).

4. Измерить максимальный ход выходного звена привода при каждом движении. Для этого использовать обычный измерительный инструмент с метрической шкалой, цена деления которого 1 мм. Точность измерения хода $\pm 0,5$ мм (см. рис. 2).

