

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Теория механизмов и машин»

П.П. Анципорович, В.К. Акулич, Е.М. Дубовская

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
ДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ**

Методическое пособие
к лабораторным работам по дисциплине
«Теория механизмов, машин и манипуляторов»

М и н с к 2012

УДК 621.01(076.5)

ББК 34.41 я 7

А 74

Рецензенты:

А.М. Статкевич, А.В. Чигарев

Анципорович, П.П.

А 74 Экспериментальные методы исследования движения механизмов: методическое пособие к лабораторным работам по дисциплине «Теория механизмов, машин и манипуляторов» / – Минск: БНТУ, 2012. – 28 с.

ISBN 978-985-550-018-7

Издание включает раздел «Экспериментальные методы исследования кинематических параметров машин» дисциплины «Теория механизмов, машин и манипуляторов». Предусмотрено выполнение лабораторной работы «Экспериментальные методы исследования движения механизмов». Содержит теоретическую часть, описание лабораторной работы и контрольные вопросы.

Рекомендуется студентам инженерно-технических специальностей.

УДК 621.01(076.5)

ББК 34.41 я 7

ISBN 978-985-550-018-7

© Анципорович П.П., Акулич В.К.,
Дубовская Е.М.

© БНТУ, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

1. Теоретическая часть	4
1.1. Введение	4
1.2. Датчики для исследования механических параметров электрическими методами	6
1.3. Описание установки для исследования параметров движения.....	13
2. Лабораторная работа «Экспериментальные методы исследования кинематических параметров механизмов»	16
3. Контрольные вопросы	27
Литература.....	27

1. Теоретическая часть

1.1. Введение.

При проектировании новых машин и изготовлении их образцов, а также при улучшении конструкций существующих машин нельзя ограничиться одними лишь теоретическими расчетами. Как бы ни были хорошо проведены такие расчеты, они все же исходят из определенных допущений и не могут учесть всех факторов, оказывающих влияние на работу машины в реальных условиях. Часто приходится принимать ряд допущений: звенья полагать абсолютно жесткими, шарниры без зазоров, главный вал имеющим постоянную угловую скорость и т. д. Силовые расчеты производят большей частью без учета сил трения.

Получаемые таким образом теоретические зависимости механических параметров машин иногда существенно отличаются от действительных, протекающих в условиях выполнения производственного процесса, например вследствие вибраций и крутильных колебаний.

В современных машинах находят применение механизмы с упругими, гидравлическими, пневматическими и другими видами связей, теоретический расчет которых требует обязательной опытной проверки. Поэтому наряду с развитием теоретических методов синтеза и анализа необходимо изучение и развитие методов экспериментального исследования машин и механизмов. Экспериментальное исследование современных скоростных автоматов и комплексных систем часто дает единственную возможность получить полноценное решение задачи или определить параметры, необходимые для последующих расчетов. Из анализа уравнения движения машины в дифференциальной форме

$$M_{\Pi} = I_{\Pi} \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dI_{\Pi}}{d\varphi} = I_{\Pi} \varepsilon + \frac{\omega^2}{2} \frac{dI_{\Pi}}{d\varphi}$$

видно, что для всестороннего экспериментального исследования механизмов необходимо производить определение таких основных пара-

метров, как кинематические (линейные и угловые перемещения, скорости, ускорения) и силовые (силы и крутящие моменты).

Уравнение движения учитывает также геометрию масс, т. е. положения центров масс, силы тяжести и моменты инерции подвижных звеньев.

Все устройства для определения механических параметров можно разделить на 2 группы – механические измерительные устройства и электрические измерительные устройства.

Механические устройства отличаются простотой эксплуатации и обработки результатов эксперимента. Однако при измерении быстро изменяющихся величин механические измерительные устройства дают ошибки показаний вследствие своей инерционности. Кроме того, конструкции механических измерительных устройств более громоздки и менее чувствительны, чем электрические измерительные приборы.

Определение механических параметров машин удобно производить путем преобразования их в электрические величины, регистрируемые электрическими и электронными приборами. Преобразование производится датчиками, дающими выходной сигнал, удобный для дистанционной передачи.

Электрические методы измерения позволяют применять для регистрации кратковременных процессов безынерционные датчики и устранять влияние сил трения на результаты показаний приборов. Этим методом удобно пользоваться как в лабораторных, так и в производственных условиях, регистрируя одновременно несколько процессов, различных по своей природе и протекающих в разных местах машины.

При электрическом методе измерения исследуемый механический параметр преобразуется пропорционально в один из параметров электрической цепи — напряжение, ток, индуктивное или омическое сопротивление, емкость и др. Конструктивное сочетание чувствительного и преобразующего элементов называется *датчиком*. Он является первым элементом измерительной электрической цепи и осуществляет само преобразование механического параметра в электрический. Вторым элементом — электрическое или электронное устройство для питания датчика, усиления и передачи его сигналов. И третий элемент – регистрирующий прибор, в качестве которого чаще всего используются осциллограф или самописец.

1.2. Датчики для исследования механических параметров электрическими методами.

Определения понятия датчик. Широко встречаются два основных понятия датчика:

а) чувствительный элемент, преобразующий параметры среды в пригодный для технического использования сигнал, обычно электрический, хотя возможно и иной по природе, например — пневматический сигнал;

б) законченное изделие на основе указанного выше элемента, включающее, в зависимости от потребности, устройства усиления сигнала, линеаризации, калибровки, аналого-цифрового преобразования и интерфейса для интеграции в системы управления. В этом случае чувствительный элемент датчика сам по себе может называться *сенсором*.

Датчик — это элемент измерительного устройства, преобразующий контролируемую величину (температуру, давление, частоту, силу света, электрическое напряжение, ток и т.д.) в сигнал, удобный для измерения, передачи, хранения, обработки, регистрации, а иногда и для воздействия им на управляемые процессы. Или проще, датчик — это устройство, преобразующее входное воздействие любой физической величины в сигнал, удобный для дальнейшего использования.

Используемые датчики весьма разнообразны и могут быть классифицированы по различным признакам.

Большинство датчиков являются электрическими. Это обусловлено следующими достоинствами электрических измерений:

- электрические величины удобно передавать на расстояние, причем передача осуществляется с высокой скоростью;

- электрические величины универсальны в том смысле, что любые другие величины могут быть преобразованы в электрические и наоборот;

- они точно преобразуются в цифровой код и позволяют достигнуть высокой точности, чувствительности и быстродействия средств измерений.

По принципу действия датчики можно разделить на два класса: генераторные и параметрические (датчики-модуляторы).

Генераторные датчики осуществляют непосредственное преобразование входной величины в электрический сигнал.

Параметрические датчики входную величину преобразуют в изменение какого-либо электрического параметра (R , L или C) датчика.

Различают три класса датчиков:

- *аналоговые датчики*, т. е. датчики, вырабатывающие аналоговый сигнал, пропорциональный изменению входной величины;

- *цифровые датчики*, генерирующие последовательность импульсов или двоичное слово;

- *бинарные (двоичные) датчики*, которые вырабатывают сигнал только двух уровней: «включено/выключено» (0 или 1); получили широкое распространение благодаря своей простоте.

Требования, предъявляемые к датчикам:

- однозначная зависимость выходной величины от входной;

- стабильность характеристик во времени;

- высокая чувствительность;

- малые размеры и масса;

- различные варианты монтажа.

Учитывая, что данная работа посвящена вопросам исследования движения (перемещение, скорость, ускорение, силы и моменты сил), рассмотрим с этой позиции наиболее часто применяемые сенсоры и построенные на их основе датчики.

1. *Индуктивные датчики.* *Индуктивный датчик* — бесконтактный датчик, предназначенный для бесконтактного получения информации о перемещениях рабочих органов машин, механизмов и преобразования этой информации в электрический сигнал.

Принцип действия основан на изменении параметров магнитного поля, создаваемого катушкой индуктивности внутри датчика. На рис. 1 показан датчик перемещений, представляющий собой трансформаторный преобразователь, состоящий из 2 катушек, внутри которых перемещается железный сердечник 3, установленный на подвижном звене механизма. Первичная обмотка 1 питается переменным напряжением 6 вольт. Вторичная обмотка 2 соединена с выпрямительным мостом 4 индуктивно-емкостным фильтром. Напряжение вторичной обмотки зависит от положения сердечника внутри катушки. Поэтому перемещение сердечника внутри катушек приводит к изменению напряжения на выходе вторичной обмотки.

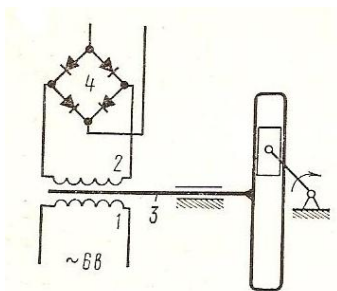


Рис.1

2. *Магнитоэлектрические датчики.* Для этой цели используют постоянный магнит, в поле которого перемещается катушка. Метод основан на явлении электромагнитной индукции, благодаря которой в катушке индуцируется э. д. с., пропорциональная скорости V перемещения подвижных частей датчика, т.е. $E = B l V \cdot 10^{-8}$, где B – магнитная индукция; l – длина провода.

Датчик (рис. 2) состоит из постоянного подковообразного магнита 1, между полюсами которого зажата немагнитная вставка 2 (эбонит, текстолит) с двумя отверстиями, расположенными по средней линии полюсов магнита. В эти отверстия вставлена катушка 3 с сердечником из мягкой стали. Обмотка катушек сделана из изолированной медной проволоки. Длина катушки должна немного превышать величину перемещения, на котором измеряется скорость. Обычно катушка соединяется жестко с исследуемым звеном, а более тяжелый магнит укрепляется неподвижно на станине у места измерения. Соединив концы катушки со шлейфом осциллографа, можно непосредственно записать линейную скорость возвратно-поступательного движения.

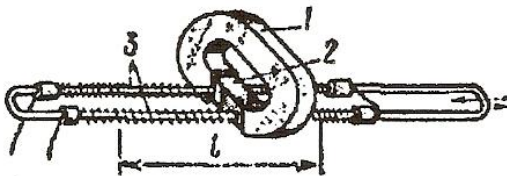


Рис. 2

3. *Тензорезисторные силоизмерительные датчики.* Сенсорами в данной группе датчиков являются тензочувствительные преобразователи (тензосопротивления). В основе работы этих датчиков лежит измерение электрического сопротивления упругого тела, на которое воздействует нагрузка, изменение электрического сопротивления при этом прямо пропорциональная величина оказываемой нагрузке на упругое тело. Под действием измеряемого усилия упругое тело с наклеенными на него тензорезисторами деформируется, что вызывает изменения их сопротивлений. Если деталь, а вместе с ней и датчик, растягиваются, то сопротивление датчика увеличивается, а при сжатии — уменьшается. Основными факторами выбора именно тензодатчиков среди других типов датчиков силы, являются высокая точность измерений, высокая линейность, возможность использования как для статических, так и для динамических измерений, возможность суммирования отдельных сил — тензодатчики можно в большом количестве включать параллельно, большой диапазон измерений - от 5 Н до 5 МН.

Существуют проволочные, фольговые и пленочные тензосопротивления.

Конструкция проволочного тензосопротивления представлена на рис.3.



Рис.3

На полоску тонкой и прочной бумаги наклеивают уложенную зигзагообразно тонкую (0,02-0,05 мм) константановую, нихромовую или другую высокоомную проволоку. К ее концам припаивают выводы из полосок фольги, которые используются для включения преобразователя в измерительную цепь. Сверху проволоки наклеивают бумагу. Проволочный преобразователь с помощью специального клея наклеивается на испытываемую деталь. При деформации поверхностного слоя детали преобразователь тоже деформируется и изменяет свое сопротивление. Измерительной базой преобразователя является расстояние l (рис.4).

Основной характеристикой применяемых в тензосопротивляемых материалах является тензочувствительность

$$S = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l},$$

где R и l – соответственно сопротивление и длина тензочувствительного элемента.

Тензочувствительность может быть представлена в виде слагаемых S_1 и S_2 :

$$S = S_1 + S_2,$$

где S_1 – параметр, характеризующий изменение геометрических размеров;

S_2 – параметр, характеризующий изменение электрических свойств материала при деформациях.

Промышленностью выпускаются тензосопротивления с $l = 0,5 \div 150$ мм и сопротивлением $R = 50 \div 500$ Ом. Отношение l/h равно 0,5.

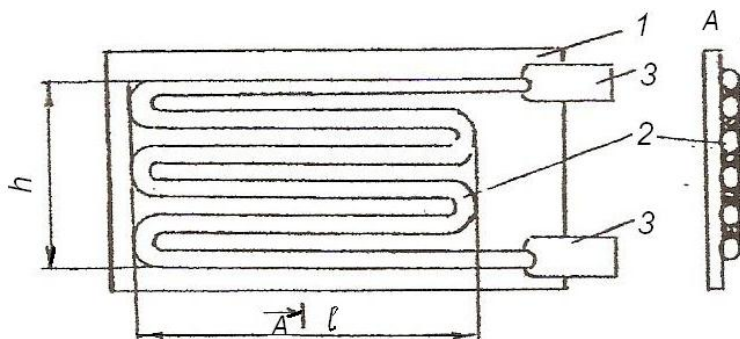


Рис. 4

Основным требованием к материалу тензосопротивлений является возможно большее значение S .

Тензодатчики широко применяются при конструировании датчиков ускорений, датчиков сил и крутящих моментов. Для повышения чувствительности тензодатчики обычно включаются по мостовой измерительной схеме (рис. 5). В сопряженные плечи моста включаются тензодатчики 1 и 3, наклеенные на деталь 2, а в другие плечи моста — компенсационные сопротивления 6 и 4. До нагружения детали 2 мост

балансируется, для этого сопротивления 6 и 4 регулируются так, что в диагонали моста нет тока — гальванометр 5 показывает нуль.

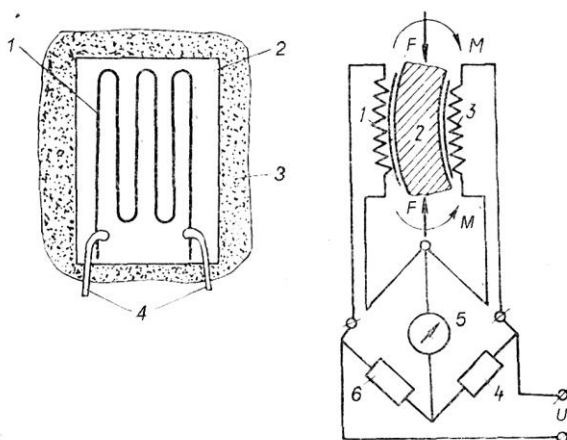


Рис. 5

Тензодатчики 1 и 3 наклеивают на деталь 2 так, чтобы при нагружении детали силами F или моментами M они испытывали противоположные деформации (растяжение, сжатие). Получается двойная разбалансировка моста и гальванометр 5 регистрирует ток, пропорциональный изменению сопротивлений 1 и 3, т. е. величине силы F (или момента M).

Датчик линейного ускорения a (рис. 6) состоит из тензодатчиков 5, 4, наклеенных с двух сторон на вертикальную балочку 1. Верхнее основание балочки жестко заделано в подвижное звено 3, а на нижнем конце закреплена инерционная масса m в виде шарика 2. При движении звена 3 балочка изгибается под действием силы инерции шарика $F_{\text{И}} = -m\bar{a}$ и деформирует тензодатчики, включенные по мостовой схеме. Сигналы датчиков, пропорциональные $F_{\text{И}}$, а следовательно, и ускорению a кулисы, через усилитель подаются на осциллограф. Для уменьшения влияния собственной частоты колебаний балочка помещена в баллончик 6 с демпфирующей жидкостью.

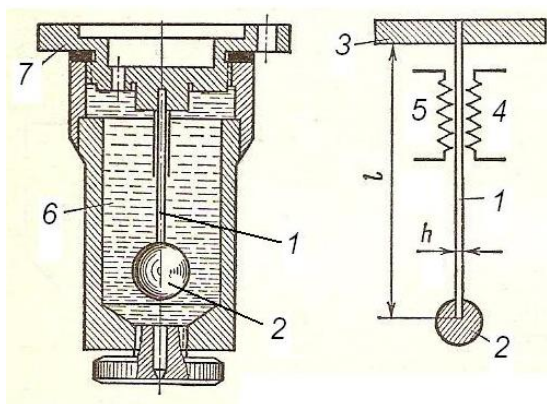


Рис. 6

Датчик сил F , действующих на звено, состоит из тензодатчиков 2, 3 (рис. 7), наклеенных внутри и снаружи на упругое овальное кольцо 1. При работе установки силы F деформируют кольцо и изменяют сопротивления тензодатчиков, включенных по мостовой схеме, сигналы с которой после усилителя регистрируются осциллографом.

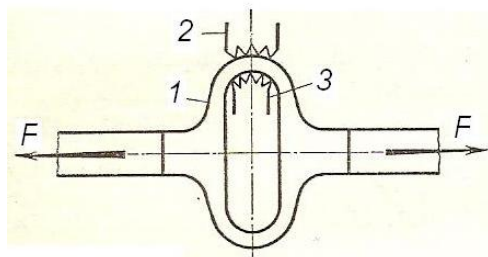


Рис. 7

Датчик крутящего момента M (рис 8) на валу 1 включает в себя тензодатчики 2 и 3. Датчики наклеены на вал под углом 45 градусов к его оси и перпендикулярно друг к другу, вследствие чего при скручивании вала моментом M они получают противоположные деформации. Сигналы с тензодатчиков, включенных по мостовой схеме, через контактные кольца 4 со щетками подаются на усилитель и затем регистрируются осциллографом.

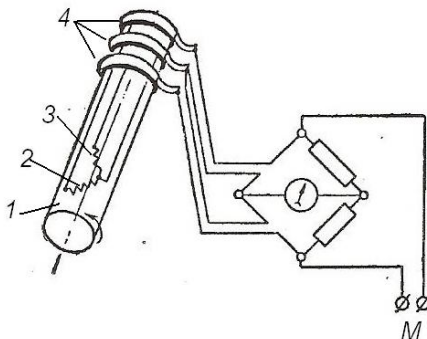


Рис. 8

1.3. Описание установки для исследования параметров движения

Для изучения современных методов определения этих параметров создана установка ТММ-2 (рис. 9), которая является учебной и предназначена для проведения лабораторных работ по курсу «Теория механизмов и машин». Работая на этой установке, студент должен ознакомиться с некоторыми электрическими методами измерения вышеуказанных параметров.

Установка представляет собой действующий макет машины, оснащенный различными датчиками. Основными частями ее являются двигатель, трансмиссионные механизмы, нагрузочное устройство компрессорного типа и электрические датчики для определения механических параметров. В качестве двигателя использован электрический двигатель 15 с питанием от 220 В трехфазного тока. От двигателя 15 через клиноременную передачу 13 вращение передается на шкив 3, укрепленный на валу 6 синусного кривошипно-кулисного механизма. Кривошипно-кулисный механизм состоит из поступательно движущейся кулисы 8 и кривошипа с пальцем 10 и противовесом 38. На палец 10 кривошипа одет бронзовый сухарь 9, который при вращении кривошипа перемещается в прямолинейном вертикальном пазу кулисы 8, сообщая ей поступательное движение. Штоки 11 и 39 кулисы двигаются в направляющих корпуса 37. Шток 11 соединен со штоком 16 поршня 22 нагрузочного устройства. Нагрузочное устройство состоит из цилиндра 29, поршня 22 и устройства для выпуска воздуха из ци-

линдра и выпуска воздуха в цилиндр. Для выпуска воздуха из цилиндра в крышке 18 цилиндра укреплен шток 23, в средней части штока по всей окружности его сделаны шлицевые канавки, идущие по поверхности штока параллельно его оси. В поршне 22 в центре имеется отверстие, в которое входит шток 23. При движении поршня 22 неподвижный шток 23 перемещается относительно поршня. Пока, во время рабочего хода, поршень движется по гладкой части штока 23 (не имеющей канавок), воздух в цилиндре 29 сжимается и нагрузка на поршень увеличивается. Когда же поршень полностью передвинется на шлицевые канавки штока 23, то сжатый воздух из рабочей камеры цилиндра по шлицевым канавкам перейдет в левую часть цилиндра, сообщающуюся с наружным пространством, и нагрузка с поршня полностью снимется. Вращением гайки 20 шток 23 можно передвигать вправо и влево, благодаря чему задерживается или ускоряется выпуск воздуха из цилиндра и тем самым меняется рабочая характеристика нагрузочного устройства. Впуск воздуха в рабочую камеру цилиндра 29 во время холостого хода поршня осуществляется через отверстия крышки 18, прикрытые металлическим диском — клапаном 17. Диск 17 во время рабочего хода давлением воздуха прижимается к крышке 18 и закрывает впускные отверстия. Изменение рабочей характеристики нагрузочного устройства, наличие двух скоростей движения, получаемых переброской клинового ремня с одной пары шкивов на другую дают возможность изменять режимы работы установки. Кроме того, установка ТММ-2 снабжена двумя сменными маховиками, устанавливающимися на вал 6 кривошипа (маховики прикрепляются к шкиву 3 клиноременной передачи).

В комплекте установки имеется также маховик 26, он устанавливается непосредственно на валу двигателя со стороны, противоположной шкивам клиноременной передачи. Пуск двигателя установки производится тумблером, расположенным с задней стороны корпуса 33.

Для измерения механических параметров установка ТММ-2 оснащена рядом датчиков.

1. На валу электродвигателя 15 установлен магнитоэлектрический датчик неравномерности движения. Датчик состоит из постоянного магнита 25 и стального колеса 24 с четырьмя зубцами.

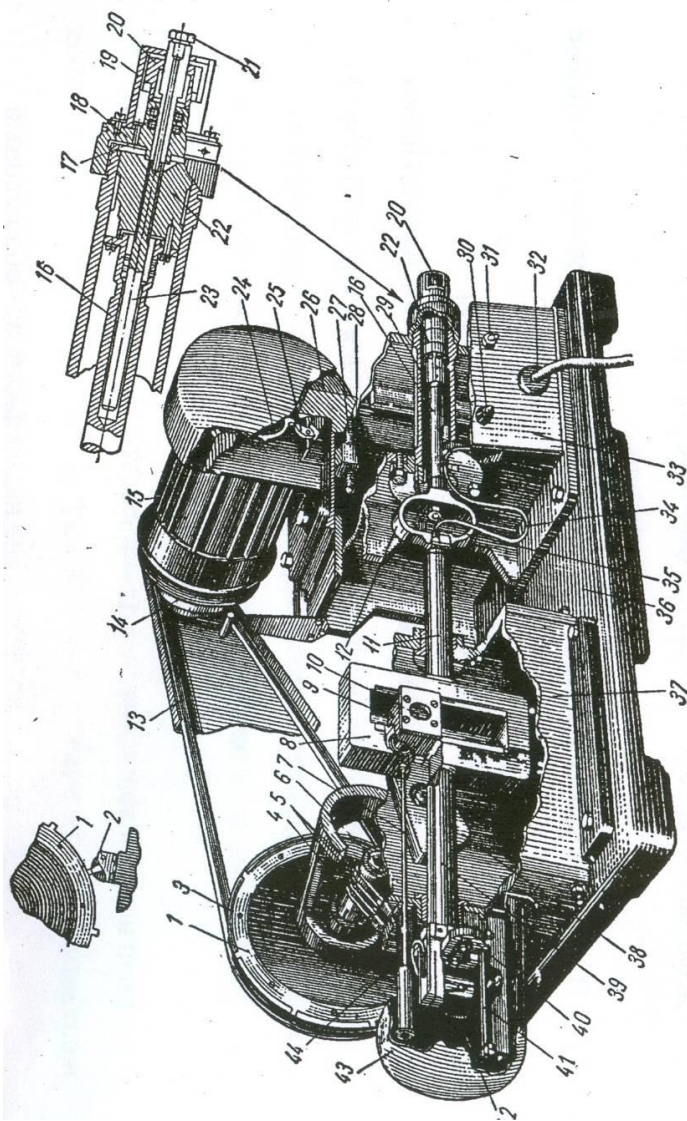


Рис. 9

2. На валу 6 кривошипа установлены датчики:

а) магнитоэлектрический датчик угловых перемещений (колесо 1 с 12 зубцами и постоянный магнит 2);

б) датчик 4, отмечающий начальное положение механизма (начало рабочего хода) Датчик представляет собой кулачок, который размыкает контакты в тот момент, когда кулиса приходит в крайнее левое положение;

в) датчик для измерения передающегося через вал крутящего момента с тремя токосъемными кольцами 5.

3. На поступательно движущейся кулисе установлены:

а) датчик линейных перемещений (сердечник 7, катушка 44);

б) датчик линейных скоростей, состоящий из магнита 40, укрепленного на конце штока 39, и сердечника 41 с обмоткой;

в) датчик линейных ускорений 42, также закрепленный на конце штока 39;

г) датчик для измерения усилий в штоке 11 (следовательно, для определения величины усилия действующего на поршень). Датчик смонтирован на упругом овальном кольце 35, соединяющем шток 11 кулисы со штоком 16 поршня. Выводы от всех датчиков объединены в общий экранированный кабель 32. На конце кабель 32 разветвляется для присоединения датчиков к усилителю, осциллографу и самописцу.

2. Лабораторная работа **«Экспериментальные методы исследования** **кинематических параметров механизмов»**

Целью работы является овладение навыками экспериментального определения кинематических параметров механизмов и их исследования.

Определение кинематических параметров производится на установке ТММ-2 (рис. 10), представляющей машинный агрегат, состоящий из электродвигателя D , клиноременной передачи и рычажного синусного механизма 1, 2, 3 рабочей машины – компрессора простого действия.

Ротор электродвигателя имеет номинальную частоту вращения $n_d = 1410$ об/мин. Клиноременная передача позволяет получить пере-

даточное отношение $i_{Д1}$ между двигателем и кривошипом 1, равное $i_{Д1} = 4$ или $i_{Д1} = 2,5$. Синусный механизм преобразует вращательное движение кривошипа 1 в возвратно-поступательное движение ползуна 3, который соединен овальным кольцом 4 со штоком 5 поршня 6, движущегося в цилиндре компрессора. При движении поршня слева направо (рабочий ход) воздух сжимается, открывается выпускной клапан 8 и сжатый воздух выходит в атмосферу.

Режим работы установки, т.е. давление в цилиндре компрессора, регулируется специальным винтовым механизмом и влияет на кинематические параметры механизмов компрессора.

В данной работе требуется для определения режима работы компрессора получить зависимости кинематических параметров движения ползуна 3 (перемещения S и скорости V) и сравнить их с теоретическими значениями.

Для измерения кинематических параметров установка оснащена датчиками перемещения и скорости.

Датчик линейного перемещения S ползуна состоит из катушки с двумя обмотками 9 и 10, внутри которой перемещается железный сердечник 11, связанный с ползуном. Питание первичной обмотки 9 производится переменным напряжением 6 В, а вторичная обмотка 10 соединена с выпрямительным мостом ВМ и фильтром 12.

На выходе фильтра 12 получается выпрямленное напряжение $U_{\text{ср}}$, пропорциональное перемещению ползуна. Величина напряжения может регистрироваться на осциллографе или записываться самописцем.

Датчик линейной скорости является индукционным. Между полюсами постоянного магнита 13, перемещающегося с ползуном 3, расположена катушка 14, которая намотана на неподвижно закрепленном сердечнике 15. При движении магнита 13 в катушке индуцируется э.д.с., пропорциональная скорости относительного перемещения магнита и катушки, т.е. скорости ползуна. Соединив концы катушки с осциллографом или самописцем, можно записать зависимость $V = V(t)$.



Датчик начала цикла S_0 представляет собой контактное кольцо 17 на валу кривошипа, которое размыкает контакты 16 в тот момент, когда ползун 3 приходит в крайнее левое положение (начало рабочего хода компрессора).

На рис. 11 показаны полученные с помощью самописца записи сигналов от датчиков перемещения S , скорости V , а также дополнительные построения, выполненные в процессе обработки записей.

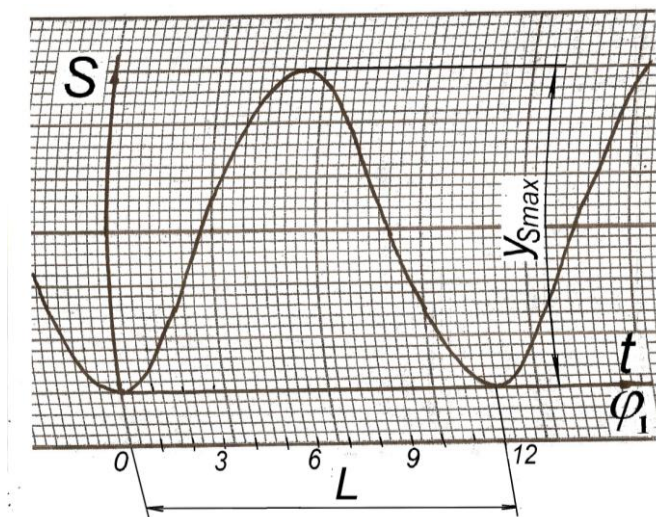


Рис. 11

Отрезок L по оси t на всех графиках соответствует одному периоду T (времени одного оборота кривошипа). Тогда учитывая, что угловая скорость кривошипа равна

$$\omega_1 = \frac{\omega_D}{i_{D1}},$$

а также, что период движения равен

$$T = \frac{2\pi}{\omega_1},$$

получим масштабный коэффициент времени

$$\mu_t = \frac{T}{L} = \frac{2\pi}{L \cdot \omega_1} \text{ (с/мм)}.$$

Поскольку максимальная ордината $y_{S \max}$ графика соответствует истинному полному ходу ползуна $H = 0,1$ м, то масштабный коэффициент перемещений μ_S равен

$$\mu_S = \frac{H}{y_{S \max}} \text{ (м/мм)}.$$

При нахождении масштабного коэффициента скорости μ_V исходят из того, что полный ход ползуна H можно представить как

$H = \int_0^{T/2} V dt$, в геометрической интерпретации данный интеграл равен площади F_V под кривой скорости V с учетом масштабных коэффициентов μ_V и μ_t т.е.

$$H = \int_0^{T/2} y_V \cdot \mu_V dx \cdot \mu_t = \mu_V \cdot \mu_t \int_0^{T/2} y_V dx = \mu_V \cdot \mu_t \cdot F_V.$$

Таким образом, для определения масштабного коэффициента скорости μ_V , необходимо подсчитать площадь фигуры F_V (количество клеток миллиметровой сетки) и подставить в формулу

$$\mu_V = \frac{H}{\mu_t \cdot F_V} = \frac{0,1}{\mu_t \cdot F_V} \left(\frac{\text{м/с}}{\text{мм}} \right).$$

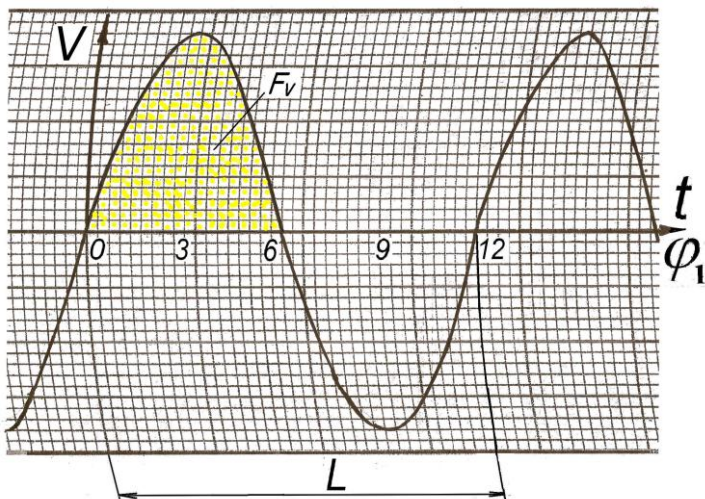


Рис. 12

Участки L на графиках S и V делятся на 12 равных частей, соответствующих при предполагаемом равномерном вращении кривошипа углам поворота кривошипа в 30° и определяются ординаты графиков y_{Si} и y_{Vi} . Перемещения и скорости вычисляются как

$$S_i = y_{Si} \cdot \mu_S \text{ (м)},$$

$$V_i = y_{Vi} \cdot \mu_V \text{ (м/с)}.$$

Для сопоставления определяются теоретические значения S_{Ti} и V_{Ti} . Так как перемещение

$$S_{Ti} = l_{OA} (1 - \cos \varphi_{1i}),$$

то передаточная функция i_{31i} будет равна

$$i_{31i} = \frac{d S_{Ti}}{d \varphi_1} = I_{OA} \cdot \sin \varphi_{1i},$$

а скорость ползуна 3

$$V_{Ti} = i_{31i} \cdot \varphi_1.$$

Общий вид установки ТММ-2 показан на фото (рис. 13).



Рис.13

Анализ выходных сигналов осуществляется с помощью осциллографа С1-48Б (рис. 14). Запись исследуемых процессов производится 4-канальным самописцем (рис. 15).



Рис. 14

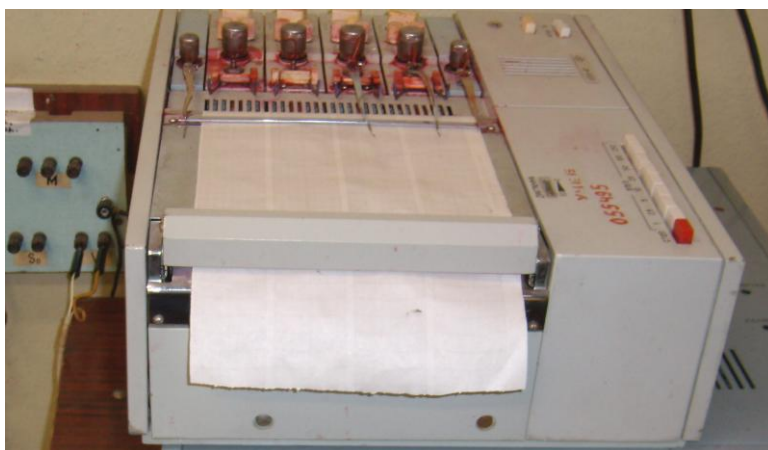


Рис. 15

Порядок выполнения работы

1. Получить с помощью самописца запись кривых перемещения и скорости (рис. 11, 12).

2. На кривых перемещения и скорости найти точку 0, соответствующую положению начал систем координат, провести оси абсцисс и ординат.

3. Отметить на осях абсцисс участок L , соответствующий одному циклу движения, и разделить его на 12 равных частей (точки 1, 2...12).

4. Измерить значения ординат y_{Si} и y_{Vi} для всех точек и занести в таблицу результатов.

5. Вычислить масштабные коэффициенты:

а) времени – μ_t ;

б) перемещения – μ_S ;

в) скорости – μ_V , предварительно подсчитав F_V (мм²).

6. Вычислить экспериментальные значения перемещений S_{Ti} и скоростей V_{Ti} для всех положений и записать их в таблицу результатов.

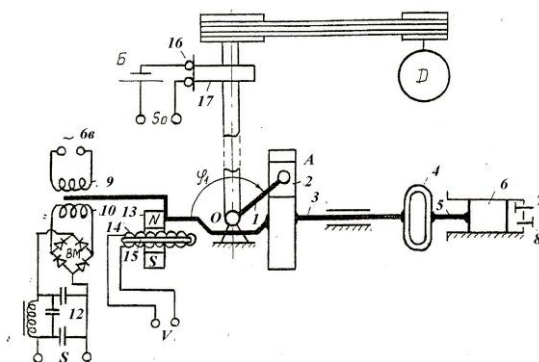
7. Вычислить теоретические значения перемещений и скоростей для всех положений и записать их в таблицу результатов.

О Т Ч Е Т
по лабораторной работе № 19
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫХОДНОГО
ЗВЕНА СИНУСНОГО МЕХАНИЗМА МАШИННОГО АГРЕГАТА
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ИЗМЕРЕНИЯ

Студент _____ № группы _____ факультет _____

дата _____

1. Схема установки



2. Режим работы установки:

Передаточное отношение клиноременной передачи $i_{Д1} =$

Средняя угловая скорость кривошипа

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_{Д1}}{30 \cdot i_{Д1}} = \text{рад/с.}$$

3. Расчет масштабных коэффициентов:

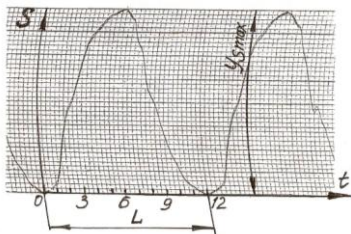
$$L = \text{мм; } H = 0,1 \text{ мм; } y_{S \max} = \text{мм;}$$

$$\mu_S = \frac{H}{y_{S \max}} = \text{(м/мм); } \mu_t = \frac{2\pi}{L \cdot \omega_1} = \text{(с/мм);}$$

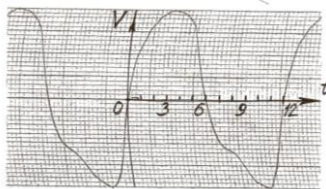
$$F_V = \text{мм}^2; \mu_V = \frac{H}{\mu_t \cdot F_V} = \left(\frac{\text{м/с}}{\text{мм}} \right).$$

4. Экспериментальные графики:

а) перемещения



б) скорости



5. Расчетные формулы для теоретического определения перемещения и скорости:

$$l_{OA} = 0,05 \text{ м.}$$

$$S_{Ti} = l_{OA} (1 - \cos \varphi_{1i}); \quad i_{31i} = l_{OA} \cdot \sin \varphi_{1i}; \quad V_{Ti} = i_{31i} \cdot \varphi_1.$$

6. Таблица результатов

№ положения	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Угол φ_1 , град	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
$\sin \varphi_1$													
i_{31}													
Эксп.	y_{S_i} , мм												
	S_i , м												
S_{Ti} , м													
Эксп.	y_{V_i} , мм												
	V_i , м/с												
V_{Ti} , м/с													

Работу выполнил:

Работу принял:

3. Контрольные вопросы

1. Что такое датчик?
2. Из каких устройств состоит измерительная система?
3. Охарактеризуйте принцип работы датчика перемещения.
4. Охарактеризуйте принцип работы датчика скорости.
5. Охарактеризуйте принцип работы датчика ускорений.
6. Что такое тензодатчик?
7. В состав каких датчиков входят тензодатчики?
8. Как определяется масштабный коэффициент перемещений?
9. Как определяется масштабный коэффициент скоростей?
10. Почему возникает потребность в экспериментальных методах исследования движения?

Литература

1. Артоблевский, И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоблевский. – 4-е изд. – М. : Наука , 1988. – 640 с.
2. Лабораторные работы по теории механизмов и машин / Е. А. Камцев [и др.]; под общ. ред. Е. А. Камцева. – Минск : Вышэйшая школа, 1976. – 174 с.
3. Юдин, В. А. Теория механизмов и машин / В. А. Юдин, Л. В. Петрокас. – 2-е изд. – М. : Высшая школа, 1977. – 527 с.
4. Юденич, В. В. Лабораторные работы по теории механизмов и машин / В. В. Юденич. – М. : Высшая школа, 1962. – 287 с.

Учебное издание

АНЦИПОРОВИЧ Петр Петрович
АКУЛИЧ Валерий Константинович
ДУБОВСКАЯ Елена Михайловна

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ

Методическое пособие к лабораторным работам
по дисциплине «Теория механизмов, машин и манипуляторов»

Ответственный за выпуск

Подписано в печать . . . 2012.

Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 300. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.