

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

**РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ТИПОВЫХ МАШИН
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

для студентов специальности 1-36 08 01 «Машины и аппараты легкой,
текстильной промышленности и бытового обслуживания» специализации
1-36 08 01 01 «Машины и аппараты легкой промышленности»

Витебск
2016

УДК 62-83

Расчет и конструирование типовых машин легкой промышленности. Лабораторный практикум для студентов специальности 1-36 08 01 «Машины и аппараты легкой, текстильной промышленности и бытового обслуживания» специализации 1-36 08 01 01 «Машины и аппараты легкой промышленности».

Витебск : Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2015.

Составители: д.т.н., проф. Сункуев Б.С.,
ст. пр. Радкевич А.В.

Лабораторный практикум предназначен для студентов специальности 1-36 08 01 «Машины и аппараты легкой, текстильной промышленности и бытового обслуживания» специализации 1-36 08 01 01 «Машины и аппараты легкой промышленности», изучающих дисциплину «Расчет и конструирование типовых машин легкой промышленности».

В лабораторном практикуме приведены методические указания к лабораторным работам, посвященным исследованию резонансных состояний корпусных деталей, вибраций и шума машин, систем управления на элементах УСЭППА, струйной логики и электронике, следящей системы, а также работе вырубного прессы с системой числового программного управления.

Одобрено кафедрой «Машины и аппараты легкой промышленности» УО «ВГТУ» 25 мая 2015 г., протокол № 13.

Рецензент: к.т.н., доц. Краснер С.Ю.
Редактор: к.т.н., доц. Бувич Т.В.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» 29 июня 2015 г., протокол № 6.

Ответственный за выпуск: Данилова И.А.

Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати 12.02.16. Формат 60х90 1/16. Уч.-изд. лист. 3.8.
Печать ризографическая. Тираж 60 экз. Заказ № 53.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
210035, г. Витебск, Московский пр., 72.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ СОСТОЯНИЙ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	5
2 Лабораторная работа № 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИЙ МАШИН.....	11
3 Лабораторная работа № 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА МАШИН.....	22
4 Лабораторная работа № 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	30
5 Лабораторная работа № 5. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ЭЛЕМЕНТАХ УСЭППА.....	42
6 Лабораторная работа № 6. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА СТРУЙНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ.....	46
7 Лабораторная работа № 7. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЧПУ ВЫРУБНОГО ПРЕССА.....	56
Литература.....	61

ВВЕДЕНИЕ

По дисциплине «Расчет и конструирование типовых машин легкой промышленности» предусмотрено всего 16 часов лабораторных занятий. Цель лабораторных работ – освоение практических навыков в проведении теоретических и экспериментальных исследований рабочих процессов машин легкой промышленности.

1 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ СОСТОЯНИЙ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В настоящей лабораторной работе исследуются резонансные явления, возникающие в корпусных деталях промышленных швейных машин, подвергающихся воздействию внешних сил, изменяющихся по гармоническому закону.

1.1 Теоретическая часть

Среди процессов, протекающих в природе, колебания занимают одно из главенствующих мест. Силы, действующие при колебаниях, весьма различны по своей физической сути. Это могут быть силы, зависящие от времени; силы, зависящие от положения точки; силы, зависящие от скорости точки. Эти силы не только влияют на движение системы, но и сами управляются этим движением, поскольку они зависят от обобщенных координат и обобщенных скоростей.

Иную важную категорию образуют вынуждающие силы, т. е. силы внешнего происхождения, описываемые заданными функциями времени и не зависящие от движения системы. Колебания, вызываемые вынуждающими силами, называются вынужденными. Особый интерес представляют силы, изменяющиеся по гармоническому закону. Такова, например, переменная сила, передаваемая на основание машиной с неуравновешенным ротором. При вращении неуравновешенных масс возникают центробежные силы инерции (рис. 1.1).

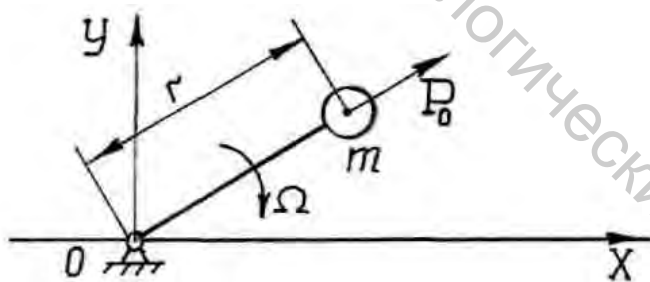


Рисунок 1.1

$$P_0 = m\Omega^2 r, \quad (1.1)$$

где P_0 – центробежная сила;
 m – неуравновешенная масса;
 r – радиус закрепления массы;
 Ω – угловая скорость неуравновешенной массы.

При изучении вертикальных колебаний массы m в качестве возмущающей силы следует принять проекцию силы P_0 на ось Y .

$$P_y = P_0 \sin \varphi = P_0 \sin \Omega t \quad (1.2)$$

Уравнение вертикальных колебаний массы имеет вид

$$\ddot{y} + \omega_0^2 y = \frac{P_0}{m} \sin \Omega t \quad (1.3)$$

где $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ – квадрат собственной частоты системы;

k – коэффициент упругости.

При $\Omega \neq \omega_0$ и нулевых начальных условиях решение уравнения имеет вид

$$y = \frac{P_0}{m \omega_0^2 - \Omega^2} \left(\sin \Omega t - \frac{\Omega}{\omega_0} \sin \omega_0 t \right). \quad (1.4)$$

Полученное решение представляет разность двух гармонических составляющих с различными частотами. В действительности этот процесс можно наблюдать лишь в самом начале, так как неучтенные в уравнении силы трения вызывают затухание колебаний с собственной частотой ω_0 .

Таким образом, наиболее существенная стационарная часть процесса (установившиеся вынужденные колебания) описываются первым членом выражения (1.4)

$$y = \frac{P_0}{m \omega_0^2 - \Omega^2} \sin \Omega t. \quad (1.5)$$

Амплитуда этих колебаний, происходящих с частотой Ω , определяется выражением

$$A = \frac{P_0}{m \omega_0^2 - \Omega^2}, \quad (1.6)$$

знаменатель которого характеризует эффективную жесткость системы при гармоническом возбуждении.

Выражению (1.6) можно придать вид

$$A = \beta y_{\text{ст}}. \quad (1.7)$$

Здесь $\beta = \frac{1}{\left| 1 - \frac{\Omega^2}{\omega_0^2} \right|}$ – коэффициент динамичности, показывающий, во

сколько раз амплитуда установившихся вынужденных колебаний больше перемещения $y_{\text{ст}} = \frac{P_0}{m}$, вызываемого статически приложенной силой P_0 .

Как видно, с возрастанием частоты Ω от 0 коэффициент динамичности увеличивается и при $\frac{\Omega}{\omega_0} \rightarrow 1$ стремится к бесконечности.

При дальнейшем росте частоты Ω коэффициент динамичности убывает и при $\frac{\Omega}{\omega_0} > \sqrt{2}$ – становится меньше единицы. Этим свойством часто пользуются в технике для уменьшения колебания объектов, подверженных действию гармонических вынуждающих сил, уменьшая жесткость упругих связей.

Особое состояние системы при $\Omega = \omega_0$ называется резонансом, для этого состояния решением (1.4) пользоваться нельзя, так как оно было получено в предположении, что $\Omega \neq \omega_0$. В резонансном случае вместо (1.3) нужно исходить из дифференциального уравнения

$$\ddot{y} + \omega_0^2 y = \frac{P_0}{m} \sin \omega_0 t, \quad (1.8)$$

решение которого при нулевых начальных условиях имеет вид

$$y = -\frac{P_0}{2k} \omega_0 t \cos \omega_0 t - \sin \omega_0 t. \quad (1.9)$$

Здесь необходимо обратить внимание на появление члена $\omega_0 t \cos \omega_0 t$, содержащего время вне знака косинуса, то есть неограниченно возрастающего во времени, этот член называется резонансным.

Однако силы трения препятствуют неограниченному росту амплитуды колебаний, так что амплитуда колебаний остается конечной и при $t \rightarrow \infty$. Если, как в нашем случае, $P_0 = mr\Omega^2$, где mr – величина постоянная, то согласно формуле (1.6) амплитуда колебаний следующим образом связана с соотношением частот $\frac{\Omega}{\omega_0}$:

$$A = \frac{k}{m \left| 1 - \frac{\omega_0^2}{\Omega^2} \right|}. \quad (1.10)$$

Из формулы следует, что при неограниченном росте частоты амплитуда колебаний стремится не к 0, как в (1.6), а к значению $\frac{k}{m}$. Если механическая система имеет несколько степеней свободы, то явление резонанса в системе наступает при совпадении частоты возмущающей силы Ω , с любой из собственных частот системы $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ и т. д.

1.2 Описание установки

Установка (рис.1.2) для исследования вынужденных колебаний корпусных деталей швейных машин состоит из головки промышленной швейной машины 1, пьезодатчика для регистрации вибраций 2, подставки 3, дополнительного электродвигателя постоянного тока 4, дисбалансной массы 5, закрепленной на валу электродвигателя 4, стробоскопа 6 с импульсной лампой 7, усилителя переменного тока 8, стрелочного измерителя 9, двух блоков питания 10 и 11.

1.3 Принцип действия установки

Собираем установку по приведенной схеме (рис. 1.2). Включаем блоки питания 10 и 11, а также подаем напряжение на стробоскоп 6. С помощью регулятора напряжения блока питания 10 устанавливаем напряжение ± 22 В для усилителя 8, балансировку усилителя 8 осуществляет преподаватель. После того как убедились в работоспособности усилителя 8, регулятором напряжения блока питания 11 начинаем плавно изменять напряжение от 0 до 15 В на двигателе постоянного тока 4. Вал двигателя 4 начинает вращаться, а дисбалансная масса 5, закрепленная на валу двигателя, создает вынуждающую силу, которая, действуя на рукав швейной машины 1, вызовет его колебания как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Колебания рукава швейной машины в вертикальной плоскости, действуя на пьезодатчик 3 вызовут его механическую деформацию. Как известно из физического принципа действия пьезодатчика, механическая деформация пластины датчика вызывает на его обкладках возникновение заряда величина которого пропорциональна усилию воздействия. Электрический сигнал с датчика усиливается усилителем 8 и далее поступает на стрелочный прибор 9 для индикации. Отклонение стрелки измерительного прибора пропорционально механической деформации датчика 2.

Когда частота Ω возмущающей силы P_0 приближается к частоте ω_0 собственных колебаний системы, наступает явление резонанса. Стрелка измерителя 9 резко отклоняется от нулевого положения, причем, величина отклонения стрелки измерителя зависит от точности совпадения частот Ω и ω_0 . При дальнейшем росте частоты Ω явление резонанса исчезает, и стрелка измерителя возвращается в исходное положение. Так как система многомассовая, то согласно теории колебаний (см. раздел 1.1) будут наблюдаться несколько явлений резонанса, когда $\Omega = \omega_1$, $\Omega = \omega_2$, $\Omega = \omega_3$ и т. д.

Амплитуда этих резонансных колебаний определяется выражением (1.10).

Для определения частот резонансных состояний служит строботометр 6 с импульсной лампой 7. В момент резонанса, который регистрируется измерителем 9, включаем импульсную лампу 7 строботометра 6 и подсвечиваем дисбалансную массу. Подбирая диапазон и частоту вспышек импульсной лампы органами настройки прибора, добиваемся неподвижного одинарного изображения вращавшегося грузика 5 на оси ротора электродвигателя 4.

По шкалам строботометра 6 определяем Ω угловую скорость вращения ротора электродвигателя, а тем самым и частоту резонансных колебаний.

1.4 Выполнение лабораторной работы

Подключить приборы и датчики согласно блок-схемы установки. Убедившись в правильности подключений, подать напряжение питания в следующей последовательности: включить блок питания 10 и установить на его выходе постоянное напряжение ± 22 В для питания усилителя 9. Регулировку усилителя должен выполнить преподаватель. Работоспособность усилителя 8 контролируется по перемещению стрелки измерительного прибора 9. Ее положение обычно устанавливается в средней части шкалы измерительного прибора 9.

Затем, включив блок питания 11, подать напряжение постоянного тока на электродвигатель 4. Диапазон, в котором можно изменять напряжение питания: 0 ± 15 В.

В последнюю очередь подаем напряжение питания на строботометр 6.

Изменяя напряжение питания электродвигателя 4 от 0 до 15 В, наблюдаем за показаниями стрелочного прибора 9. Момент резонанса определяем по максимальному отклонению стрелки измерителя 9. Подсчитывая количество делений в относительных единицах, определяем амплитуду колебаний. Для определения частоты резонанса, включаем импульсную лампу 7 строботометра 6. Регулируя частоту вспышек, добиваемся синхронизации частоты вспышек и частоты вращения вала электродвигателя 4. Когда наступает синхронизация, то появляется неподвижное изображение вращающегося дисбалансного груза 5. В зависимости от кратности частоты вспышек к угловой скорости ротора электродвигателя 4 будем наблюдать: 1, 2, 4, 6 и т. д. неподвижных изображений вращающегося ротора. По шкалам строботометра 6 определяем Ω – угловую скорость вращающегося ротора.

Последовательно повышая скорость вращения электродвигателя 4, находим последующие, более высокие резонансные частоты, и определяем их максимальные амплитуды колебаний.

Результаты показаний приборов заносим в таблицу 1.1.

Строим графики зависимости $A = f \Omega_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

Таблица 1.1

№№ п.п.	Угловая скорость ротора электродвигателя Ω , 1/с	Амплитуда a колебаний, ед.
1		
2		
3		
4		

1.5 Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- блок-схему установки с кратким описанием;
- таблицу экспериментальных данных;
- графики искомых зависимостей;
- выводы.

2 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИЙ МАШИН

2.1 Теоретическая часть

2.1.1 Механические колебания

Колебаниями называются движения любой точки детали, звеньев механизма, характеризующиеся определенной степенью повторяемости.

Под вибрацией обычно понимают относительно небольшие колебания тела, обусловленные его инерцией и упругими свойствами. Таковы, например, колебания пластин, балок, станин машин и т. п.

Простейшими техническими колебаниями являются гармонические, описываемые уравнениями вида $y = A \cdot \sin \omega t$, где y – текущее отклонение точки от положения равновесия, A – амплитуда колебаний, т. е. наибольшее отклонение от среднего положения; $\omega = 2\pi / T$ – круговая частота колебаний (рад/с); T – период колебаний; t – текущее время. Кроме периода колебаний часто применяют понятие частоты колебаний $f = \frac{1}{T}$, измеряемой в Герцах (Гц).

Скорость и ускорение массы, совершающей гармонические колебания, описываются уравнением: $\dot{y} = A\omega \cos \omega t$; $\ddot{y} = -A\omega^2 \sin \omega t$.

В практике гораздо чаще наблюдаются периодические (негармонические) колебания. Их можно рассматривать как сумму простых гармонических колебаний с различной частотой, амплитудой и величиной начальных фаз. Для разложения периодических колебаний на гармонические составляющие используют известные в математике ряды Фурье.

2.1.2 Принципы измерения параметров вибраций

Анализ осциллограмм, полученных при исследовании механических колебаний, показывает, что они состоят из большого числа простейших синусоидальных составляющих с различными амплитудами, частотами и начальными фазами. Зависимость пиковых значений параметров колебательных процессов от соотношения фаз элементарных составляющих делает нецелесообразным использование максимальных значений параметра для оценки колебаний.

Более универсальной характеристикой является среднеквадратичное, эффективное или действующее значение параметра колебательного процесса $y_{\text{до}}$.

Для синусоидального сигнала среднеквадратичная величина $y_{\text{до}}$ связана с амплитудой y_{max} соотношением $y_{\text{до}} = 0,707 y_{\text{max}}$.

Важнейшей характеристикой вибраций является ее частотный спектр. Разложение сложного колебательного процесса на простейшие составляющие называют частотным анализом, а величину, указывающую на характер распределения параметров по частотному диапазону, – его частотным спектром.

Колебательные процессы делятся на периодические и непериодические. К периодическим относятся такие, в которых закон изменения параметра (например, координаты) во времени стабилен, к непериодическим – все прочие виды процессов.

Периодические колебания (с периодом T) сложной формы могут быть представлены в виде суммы простых гармонических колебаний, имеющих различные амплитуды, начальные фазы и частоты, кратные основной частоте $f = \frac{1}{T}$. Эти гармоники образуют дискретный или линейчатый спектр (рис. 2.1).

Непериодические колебания сложной формы могут быть представлены в виде суммы бесконечного числа более простых колебаний, образующих сплошной спектр (рис. 2.1).

Колебательные процессы машин имеют смешанный спектр, состоящий из непрерывной части и дискретной (рис. 2.1). При спектральном анализе вибрацию оценивают по среднеквадратичным величинам параметров (виброскорости) в октавных полосах частот. Октавой называется полоса частот, в которой верхняя (наибольшая) частота f_B в 2 раза больше нижней (наименьшей) частоты f_H . Результаты измерений при анализе относят к среднегеометрической частоте октавы, которую определяют по формуле:

$$f = \sqrt{f_B \cdot f_H} = \sqrt{2} \cdot f_H = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot f_B.$$

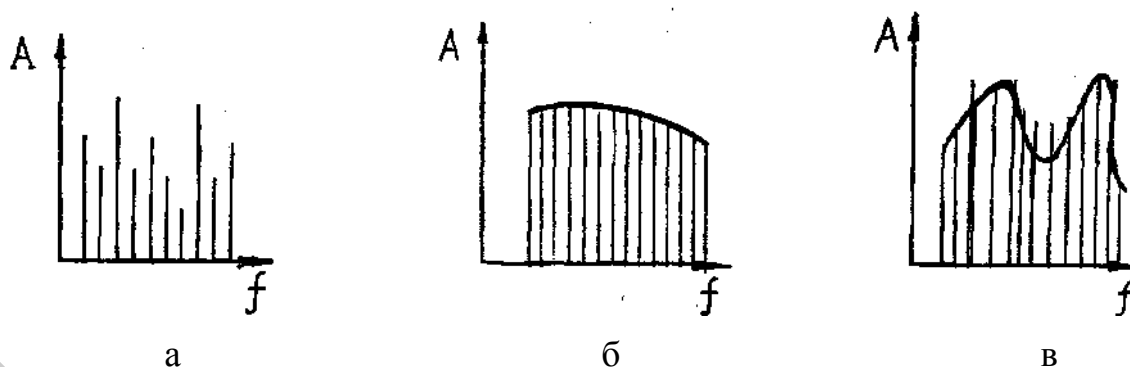


Рисунок 2.1 – Тип спектров колебаний:
а – линейчатый; б – сплошной; в – смешанный

Среднегеометрические частоты нормированы, и измерительные приборы для спектрального анализа имеют фильтры с определенными по ГОСТ среднегеометрическими частотами. Для спектрального анализа колебательного процесса используют октавные полосы со среднегеометрическими частотами (в Гц): 2, 4, 8, 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000.

Практика показала, что вибрацию удобно выражать в относительных единицах. За пороговое (нулевое) значение колебательной скорости принимают величину, равную $v_0 = 5 \cdot 10^{-6}$ см/с (среднеквадратичная колебательная скорость) при пороговом значении звукового давления, равном $p_0 = 2 \cdot 10^5$ Па. За пороговое значение колебательного ускорения принимают величину $a_0 = 3 \cdot 10^{-2}$ см/с² при давлении $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Таким образом, уровни параметров вибрации скорости и ускорения можно выразить формулами

$$L_v = 20 \lg v/v_0 = 20 \lg v/5 \cdot 10^{-6} ;$$

$$L_a = 20 \lg a/3 \cdot 10^{-2} .$$

2.1.3 Основные принципы нормирования вибраций

Повышенная вибрация отрицательно сказывается на здоровье работающих. Она обуславливает возникновение профессиональных заболеваний и понижение производительности труда.

Вибрация, воздействующая на человека, делится на общую и локальную.

Общая вибрация передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека. Влиянию общей вибрации подвергаются люди, обслуживающие средства транспорта, ткацкие станки и др. Систематическое воздействие общей вибрации может быть причиной вибрационной болезни.

Локальная вибрация передается через руки человека. Влиянию локальной

вибрации подвергаются люди, обслуживающие швейные машины и др.

Вибрации подразделяются по направлению действия: вдоль ортогональной системы координат X , Y , Z .

Гигиеническими характеристиками вибрации, определяющими ее воздействие на человека, являются среднеквадратичные значения виброскорости в м/с или ее логарифмические уровни в дБ в октавных полосах частот.

Вибрация, воздействующая на человека, нормируется отдельно для каждого установленного направления в каждой октавной полосе.

Гигиенические нормы вибрации, воздействующие на человека в производственных условиях, указаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Виды вибрации	Направления, по которым нормируется вибрация	Среднеквадратичные значения виброскорости м/с $\cdot 10^{-2}$, не более											
		Логарифмические уровни виброскорости, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц											
		1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000	
Локальная	По каждой оси	-	-	-	5,0	5,0	3,5	2,5	1,8	1,3	0,9	0,65	
					120	120	117	114	111	108	105	102	

2.1.4 Приборы для измерения вибраций

Единство природы шума и вибраций и частотное их соответствие определяют универсальность применяемой при измерениях аппаратуры. Замена датчика-приемника позволяет с помощью одних и тех же приборов проводить измерения шума и вибраций.

На рисунке 2.2 приведена блок-схема универсального измерительного тракта. Электрический сигнал, полученный от измерительного преобразователя, после предварительного усиления подается на частотный анализатор, позволяющий исследовать спектр сигнала, а затем на регистрирующее устройство (гальванометр, самописец, осциллограф).

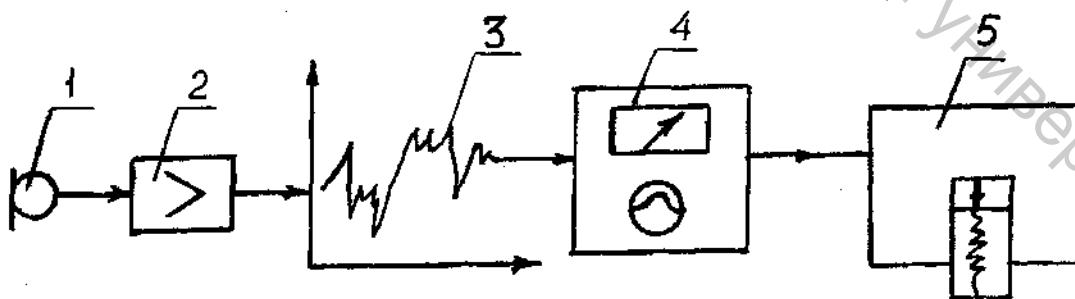


Рисунок 2.2 – Блок-схема универсального измерительного тракта:
1 – преобразователь; 2 – предусилитель; 3 – электрический сигнал;
4 – частотный анализатор; 5 – регистрирующее устройство

По принципу работы измерительные преобразователи (ИП) разделяют на генераторные и параметрические. Генераторные ИП осуществляют прямое преобразование механической энергии в электрический сигнал. Параметрические ИП представляют собой устройства, в которых под действием измеряемых входных механических величин изменяются электрические параметры схем: сопротивление, емкость, частота и т. д. Особенностью параметрических ИП являются наличие внешних источников питания.

К параметрическим ИП относят резистивные, реостатные, тензорезисторные, емкостные и др. К генераторным ИП относят пьезоэлектрические, индукционные и др. Наибольшее распространение получили преобразователи с пьезоэлектрическими элементами, которые используются при наличии в динамическом процессе широкого спектра частот (до нескольких тысяч Герц).

Действие пьезоэлектрических преобразователей основано на использовании прямого пьезоэффекта, т. е. свойств некоторых материалов (пьезоэлектриков) генерировать заряд под действием приложенной к ним механической силы (рис. 2.3). Инерционный элемент 1 прикреплен к верхней грани пьезоэлемента 2, а нижняя грань пьезоэлемента прикреплена к корпусу 4. При установке корпуса преобразователя на исследуемом объекте преобразователь воспринимает вибрацию объекта. Вследствие стремления инерционного элемента сохранить состояние покоя, пьезоэлемент деформируется от воздействия на него силы инерции $F = ma$, где m – масса инерционного элемента, a – ускорение объекта. Деформация пьезоэлемента и возникающий при этом электрический заряд пропорциональны ускорению. Поэтому эти преобразователи часто называют пьезоакселерометрами.

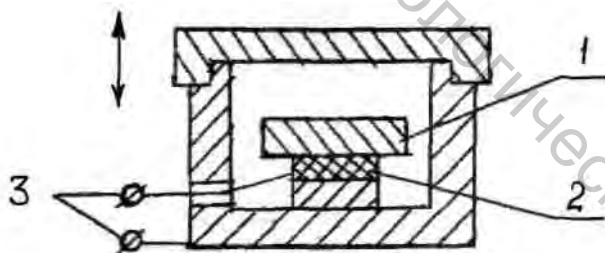


Рисунок 2.3 – Схема пьезоэлектрического измерительного преобразователя:

1 – инерционный элемент; 2 – пьезоэлемент; 3 – выводы; 4 – корпус

Основные преимущества пьезоэлектрических ИП: широкий диапазон рабочих частот, большая вибрационная и ударная прочность, простота конструкции, малая чувствительность к магнитным полям, возможность создания преобразователей малых размеров и масс.

Основными недостатками ИП являются наличие большого выходного сопротивления, зависимость выходного сигнала от длины кабеля (при работе с усилителем напряжения).

2.2 Описание прибора для измерения шума и вибрации ВШВ-003-М2

В ВШВ-003-М2 используется принцип преобразования звуковых и механических колебаний исследуемых объектов в пропорциональные им электрические сигналы, которые затем усиливаются, преобразуются и измеряются измерительным трактом.

В качестве преобразователя звуковых колебаний используется микрофон М101.

В качестве преобразователей механических колебаний в электрические сигналы используются вибропреобразователи ДН-3-М1 и ДН-4-М1.

На лицевую панель прибора выведены органы управления, регулирования и индикации:

-  – для включения измерителя;
-  – контроль состояния батареи;
-  – включение режима калибровки;
- $F, S, 10S$ – включение режима измерения;
- F – быстро;
- S – медленно;
- $10S$ – измерение за 10 с.

Показывающий прибор – отсчет измеряемой величины, контроль напряжения питания (при использовании датчика ДН-4-М1 – результат измерения $\times 10$).

Переключатель ДЛТ, dB , ДЛТ2, dB и единичные индикаторы – выбор предела измерения уровня звукового давления виброускорения и виброскорости.

ПРГ – индикатор перегрузки.

d, v – кнопка включения режима измерения виброскорости.

ФЛТ, Hz , 1, 10 – ограничение частотного диапазона при измерении виброускорения и виброскорости.

ЛИН – ограничение частотного диапазона при измерении звукового давления по характеристике ЛИН до 20 кГц, kHz .

A, B, C – включение корректирующих фильтров A, B, C.

ОКТ – включение измерителя в режим частотного анализа в октавных полосах.

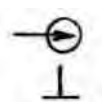
ФЛТ, ОКТ с кнопкой $kHz - Hz$ – для включения одного из 14 фильтров октавных со средними геометрическими частотами 1 Гц – 6 кГц.

10kHz, 4kHz – кнопка включения ФНЧ 10 кГц или 4 кГц, ограничивающих частотный диапазон при измерении виброускорения и виброскорости.

СВ, ДИФ – кнопка для измерения в свободном или диффузном поле.

ГНЕЗДА:

50 mV – выход калибровочного генератора;



– для подведения предусилителя ВПМ-101;

– для подключения заземления.

Подготовка к работе

Заземлить.

Установить переключатели:

Род работы –

ДЛТ1, *dB* – 80

ДЛТ2, *dB* – 50.

Если стрелка находится в пределах зачерненного сектора, то прибор готов к работе.

Порядок работы

Измерение уровней звукового давления (шума) в диапазоне от 2 до 16000 кГц.

Калибровка измерителя

Производится перед началом очередных измерений и периодически.

Капсюль соединить с предусилителем ВПМ 101. Предусилитель соединить с гнездом измерителя.

Переключатель "Род работы" установить в положении " $\triangleright$ " – при этом будет светиться индикатор 90 *dB*.

Резистором " $\triangleright$ " установить стрелку измерителя на отметку "3" шкалы $\infty \div 10$ *dB*.

Измерение уровней звукового давления в диапазоне частот от 2 Гц до 18 кН.

Установить переключатель:

Род работы – *F*

ДЛТ1, *dB* – 80

ДЛТ2, *dB* – 50

ФЛТ, *Hz* – ЛИН.

При этом светится индикатор 130 *dB*. Произвести измерение уровня звукового давления. При этом предусилитель ВПМ-1 с капсюлем следует держать в вытянутой руке в направлении излучателя звука не ближе 1 м и в 1,5 м от пола и стен.

Если при измерении стрелка находится в начале шкалы, то следует ввести ее в сектор $6 \div 10$ шкалы *dB*, сначала переключателем ДЛТ2, *dB*, потом, ДЛТ1, *dB*.

Если периодически загорается индикатор "ПРГ", то следует переключить переключатель ДЛТ1, *dB* на более высокий уровень (влево).

При колебаниях стрелки измерителя переключатель "Род работы" перевести из положения "*F*" в "*S*".

Результат измерения определяется из показаний стрелочного прибора по шкале *dB* плюс светящийся индикатор.

При измерении в малых помещениях следует нажать кнопку СВ и ДИФ.

2.3 Практическая часть

2.3.1 Порядок работы при измерении виброускорения и виброскорости

Калибровка измерения

Калибровку производить перед началом каждого нового измерения, а также периодически в процессе измерения.

Выбрать подходящий вибропреобразователь в зависимости от измеряемого уровня вибраций и частотного диапазона по таблице 2.2.

Таблица 2.2

Частотный диапазон, Гц	Эквивалентные значения уровня вибраций		Тип вибропреобразователя
	виброускорения, $\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$	виброскорости, $\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$	
1-10000	$3,0\cdot 10^{-2}$	3,0	ДН-2-М1
1-10000	$2,0\cdot 10^{-2}$	0,2	
ФВЧ 10 Гц			
1-4000	$3,0\cdot 10^{-3}$	0,30	ДН-3-М1
10-4000	$1,0\cdot 10^{-3}$	$1,0\cdot 10^{-2}$	
ФВЧ 10 Гц			

Установить его в соответствии с паспортом на вибропреобразователь.

Присоединить вибропреобразователь через эквивалент вибропреобразователя к предусилителю ВПМ-101 и присоединить к гнезду  измерителя.

"Род работы" установить в " $\triangleright$ ".

Резистором " $\triangleright$ " установить стрелку измерителя на отметку шкалы 0÷10, указанную в таблице 2.3, учитывающую действительные значения коэффициента преобразования вибропреобразователя, указанные в его паспорте.

Таблица 2.3

	$\text{мВ}\cdot\text{с}^2\cdot\text{м}^{-1}$	Отметка при калибровке
	9,9	5,0
ДН-3-М1		
ДН-4-М1	0,97	5,2

Измерение виброускорения

Переключатели измерителя установить в положения:

ДЛТ1, dB – 80;

ДЛТ2, dB – 50.

В зависимости от частотного диапазона измерения переключатель ФЛТ, Hz – установить в 1 или 10. Нажать или отжать кнопку 10 кГц – 4 кГц.

"Род работы" установить в положение F или S или $10S$.

Произвести измерение при необходимости изменяя положение ДЛТ1, dB и ДЛТ2, dB (см. измерение уровня звукового давления).

Произвести отсчет показаний измерения в $m \cdot c^{-2}$ или в dB .

При работе с датчиком ДН-4-М1 показания $\times 10$.

Измерение виброскорости

Нажать кнопку a , V и повторить операции как при измерении виброускорения, отсчет вести по шкале в $mm \cdot c^{-1}$ или в dB .

2.3.2 Методика проведения экспериментальной части лабораторной работы по измерению параметров виброскорости головки промышленной швейной машины

Произвести подготовку прибора измерителя шума и вибраций ВШВ-003-М2 в соответствии с инструкцией.

Измерение параметров виброскорости осуществляется в трех точках (рис. 2.5) с помощью пьезоэлектрического датчика ДН-4-М.

Датчик имеет магнитное основание и переустанавливается в соответствующих точках.

Измерение параметров виброскорости проводится при номинальной скорости вращения главного вала машины 4000 об/мин. Для проведения замеров используют 4 добавочных противовеса, имеющих различные статические моменты инерции: S_1, S_2, S_3, S_4 .

Перед установкой дополнительного противовеса выполнить контрольный замер параметров виброскорости в точках 1, 2, 3.

Для установки противовесов необходимо снять верхнюю крышку, закрывающую рукав машины, и установить дополнительный противовес S_1 ; на главный вал машины в соответствии с рисунком 2.4 закрепить противовес, закрыть крышку. Установить датчик ДН-4-М в точку № 1 (см. рис. 2.5). Включаем прибор ВШВ-003-М2, запускаем электропривод и, нажимая на педаль управления машиной, устанавливаем скорость вращения главного вала 4000 об/мин, контролируем показания индикатора и стрелочного прибора в dB . Показания снимаем только в том случае, если не зажигается сигнал "перегрузка". Если зажигается сигнал "перегрузка", переключить измеритель на другой диапазон измерений в соответствии с инструкцией. Результаты измерений заносим в таблицу. Выключаем привод машины.

Переустанавливаем датчик в соответствии с рисунком 2.5 в контрольную точку № 2 и проводим аналогичные замеры параметров виброскорости, то же и для контрольной точки № 3. Результаты измерений записываются в таблицу 2.4.

Выполнив измерения с дополнительным противовесом S_1 , снимаем его и устанавливаем добавочный противовес со статическим моментом инерции S_2 и повторяем замеры параметров виброскорости с установкой датчиков, соответственно, в точки № 1, 2, 3. Результаты замеров параметров виброскорости заносятся в таблицу 2.5.

Аналогично повторяем замеры параметров виброскорости для дополнительных противовесов со статическими моментами инерции S_3 и S_4 .

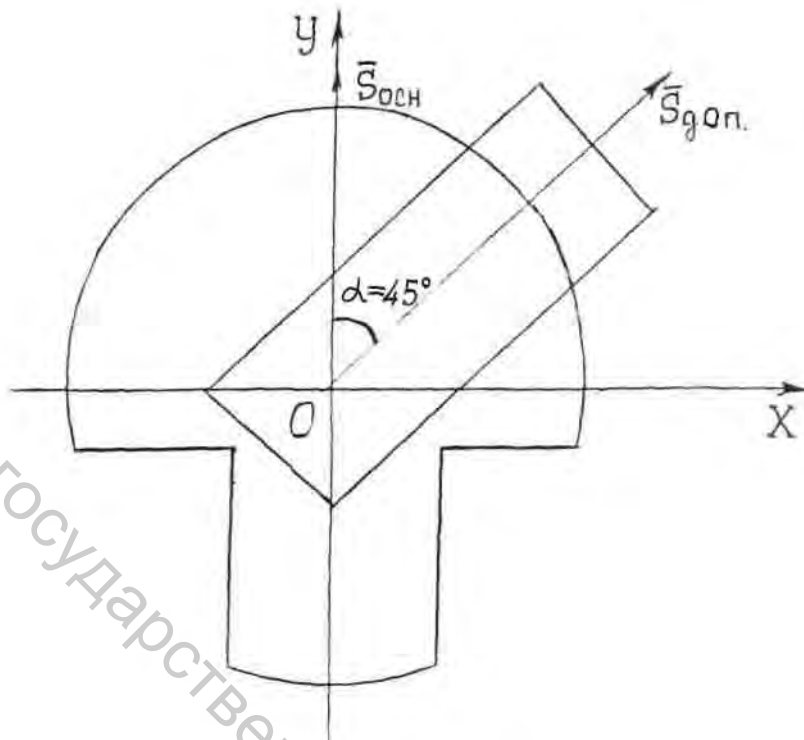


Рисунок 2.4 – Взаиморасположение на главном валу машины основного и дополнительного противовеса

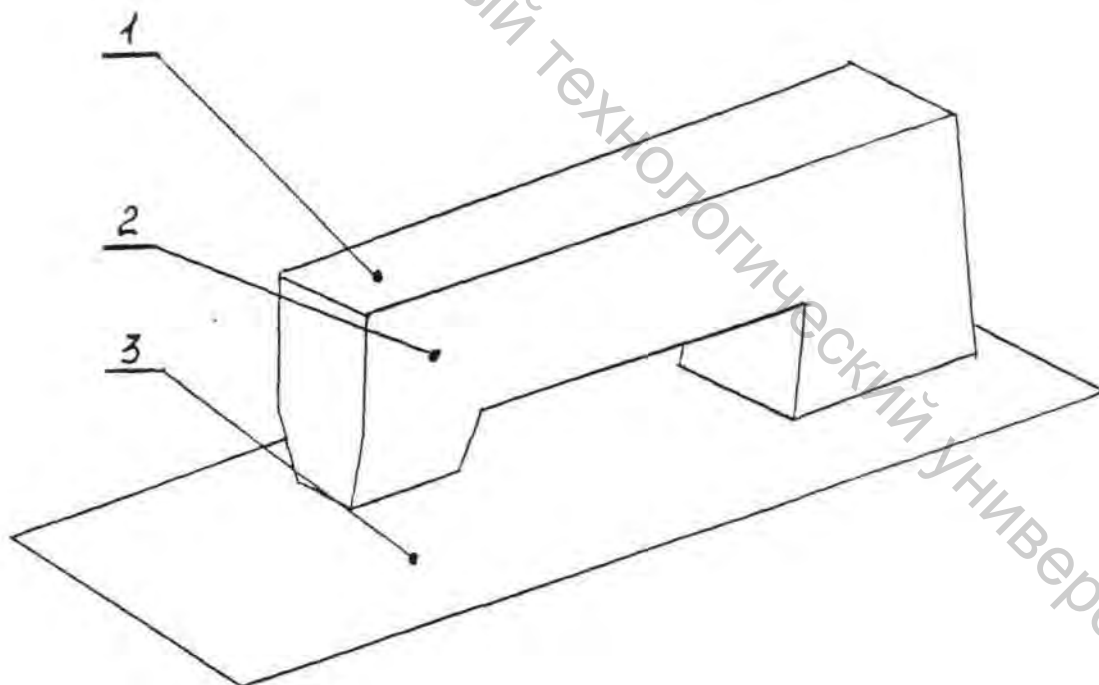


Рисунок 2.5 – Контрольные точки замера параметров виброскорости

По полученным результатам строим графики зависимостей (рис. 2.6):

$$V = \varphi S_i .$$

Проводим анализ графиков и находим наиболее оптимальный вариант дополнительного противовеса по минимуму V .

Таблица 2.4 – Результаты замеров параметров виброскорости

№№	Дополнительные противовесы	Контрольные точки dB		
		1	2	3
1	S_1			
2	S_2			
3	S_3			
4	S_4			
5	Контрольный обмер			

Таблица 2.5

№ контр. точек		n , об/мин	v , $m \cdot c^{-1}$	v , dB
1	S_0			
	S_1			
	S_2			
	S_3			
	S_4			

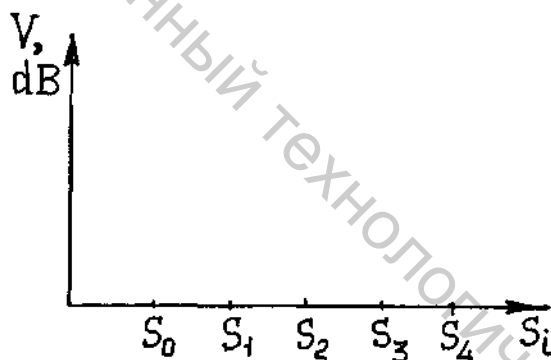


Рисунок 2.6 – График зависимости $V = \varphi S_i$

3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА МАШИН

3.1 Теоретическая часть

3.1.1 Акустические колебания

Периодически и достаточно часто чередующиеся избыточные (по сравнению с атмосферным) давления создают звуки. Хаотическое сочетание звуков, различных по частоте и силе, возникающих в результате колебаний упругой среды (воздуха), называется ШУМОМ.

ЗВУКОВОЕ ДАВЛЕНИЕ – переменная составляющая давления воздуха, возникающая в результате колебаний источника звука.

Количественно звуковое давление обычно оценивается величиной его среднеквадратического значения. За единицу измерения акустического давления принимается Паскаль.

Под **ИНТЕНСИВНОСТЬЮ** звука понимается количество звуковой энергии I , проходящей в одну секунду через площадь, равную 1 см^2 или 1 м^2 , перпендикулярную направлению распространения акустической волны:

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot c} \text{ Вт/м}^2,$$

где P – звуковое давление; ρ – плотность среды; c – скорость звука.

Например, для воздуха в нормальных условиях $P = 10^5 \text{ Па}$, $t = 20^\circ\text{C}$,

$$\rho \cdot c = 420 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^3}.$$

АКУСТИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ – общее количество звуковой энергии, излучаемой источником в единицу времени:

$$W = \int_S I_0 dS,$$

где I_0 – интенсивность звука в направлении нормали к элементу поверхности.

Практически интегрирование заменяют определением среднего по сфере звукового давления P_{cp} и вычисляют мощность по формуле

$$W = \frac{4\pi^2 R^2 P_{cp}^2}{\rho c}$$

За единицу измерения интенсивности звука принимают Бел. Бел (Б) – это десятичный логарифм отношения определяемой интенсивности звука в данной точке к пороговой интенсивности звука:

$$A = \lg \frac{I}{I_0},$$

где I_0 – пороговое значение интенсивности в Вт/м^2 , т. е. интенсивность едва слышимого звука, $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$.

Ухо человека способно фиксировать изменение интенсивности звука на 0,1 В. Эта величина получила название децибел (дБ). Уровень интенсивности звука в дБ определяется из формулы

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}.$$

Уровень звукового давления также измеряется в дБ и определяется по формуле

$$L_P = 20 \lg \frac{P}{P_0},$$

где P_0 – пороговое значение уровня звукового давления на частоте 1000 Гц, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Весь громадный диапазон изменения силы звука благодаря применению логарифмической шкалы укладывается в интервал 30...140 дБ.

Важной характеристикой машины с точки зрения шума является уровень ее акустической мощности, которая определяется по формуле

$$L_W = 10 \lg \frac{W}{W_0},$$

где W_0 – пороговое значение акустической мощности, $W_0 = 10^{-12}$ Вт.

3.1.2 Принципы измерения параметров шума

Анализ осциллограмм, полученных при исследовании звуковых колебаний, показывает, что они состоят из большого числа простейших синусоидальных составляющих с различными амплитудами, частотами и начальными фазами. Зависимость пиковых значений параметров звуковых колебательных процессов от соотношения фаз элементарных составляющих делает нецелесообразным использование максимальных значений параметра для оценки интенсивности звука.

Более универсальной характеристикой является среднеквадратичное эффективное или действующее значение параметра колебательного процесса $U_{эф}$.

Для синусоидального сигнала среднеквадратичная величина связана с амплитудой u_{max} соотношением: $u_{эф} = 0,707 u_{max}$.

Важнейшей характеристикой шума является его частотный спектр. Разложение сложного колебательного процесса на простейшие составляющие называют частотным анализом, а величину, указывающую на характер распределения параметров по частотному диапазону – его частотным спектром.

Колебательные процессы делятся на периодические и непериодические. К периодическим относятся такие, в которых закон изменения параметра, например, координаты, во времени стабилен, к непериодическим - все прочие виды процессов.

Периодические колебания (с периодом T) сложной формы могут быть

представлены в виде суммы простых гармонических колебаний, имеющих различные амплитуды, начальные фазы и частоты, кратными основной частоте $f = 1/T$. Эти гармоники образуют дискретный или линейчатый спектр (рис. 3.1).

Непериодические колебания сложной формы могут быть представлены в виде суммы бесконечного числа более простых колебаний, образующих сплошной спектр (рис. 3.1).

Колебательные процессы машин (вибрация, шум) имеют смешанный спектр, состоящий из непрерывной части и дискретной (рис. 3.1). При спектральном анализе шум и вибрацию оценивают по среднеквадратичным величинам параметров (звукового давления, виброскорости и т. п.) в октавных полосах частот. ОКТАВОЙ называется полоса частот, в которой верхняя (наибольшая) частота f_B в 2 раза больше нижней (наименьшей) частоты f_H .

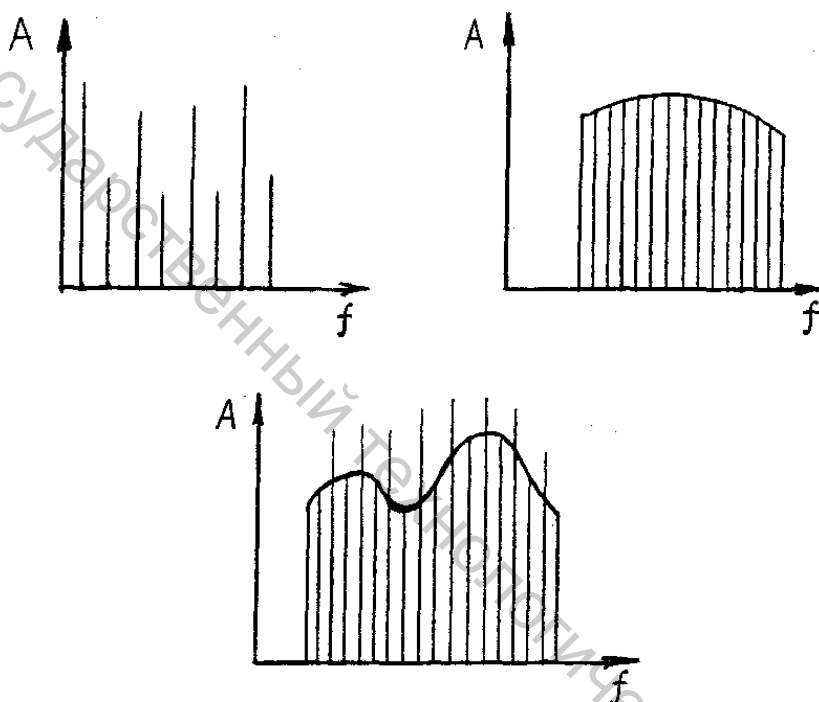


Рисунок 3.1 – Типы спектров колебаний (шум, вибрация):
а – линейный спектр; б – сплошной спектр; в – смешанный спектр

Результаты измерений при анализе относят к среднегеометрической частоте f октавы, которую определяют по формуле

$$f = \sqrt{f_B \cdot f_H} = \sqrt{2} f_H = \frac{1}{\sqrt{2}} f_B.$$

Среднегеометрические частоты нормированы, и измерительные приборы для спектрального анализа имеют фильтры с определенными по ГОСТ среднегеометрическими частотами. Для спектрального анализа колебательного процесса используют октавные полосы со среднегеометрическими частотами (в Гц): 2, 4, 8, 16, 32, 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000.

3.1.3 Основные принципы нормирования шума

Исследованиями установлено, что длительное воздействие шума вредно влияет на здоровье человека.

В условиях производства технически невозможно ослабить шум до очень малых уровней, поэтому при нормировании исходят не из оптимальных, а из "терпимых" условий, т. е. таких, при которых вредное воздействие шума проявляется незначительно.

САНИТАРНЫЕ НОРМЫ устанавливают научно обоснованные предельно допустимые величины шума, при которых ежедневное систематическое воздействие шума в течение многих лет не вызывает заболеваний организма человека.

В 1963 г. Международная организация по стандартизации разработала рекомендации по нормированию шума на основе предельных спектров (предельно допустимых уровней звукового давления в октавных полосах частот). Шум считается допустимым, если измеряемые уровни звукового давления во всех октавных полосах частот нормируемого диапазона будут ниже значений, определяемых соответствующим предельным спектром (ПС). Для различных по характеру работ устанавливаются разные предельные спектры. Пример обозначения предельного спектра: ПС-85, где цифра 85 означает допустимый для данного ПС уровень звукового давления на частоте 1000 Гц. ПС-85 предлагается как верхний уровень шума при котором его воздействие в течение 10 лет вызывает незначительную потерю слуха у человека. Имеется и другой принцип нормирования шума, регламентирующий уровень звука в децибеллах "А" (дБА). При этом производится интегральная оценка всего шума. Измерение шума производится при включении скорректированной частотной характеристики "А" шумомера.

3.1.4 Приборы для акустических измерений

Единство природы шума и вибрации и частотное их соответствие определяют универсальность применяемой при измерениях аппаратуры. Замена датчика приемника позволяет с помощью одних и тех же приборов проводить не только шумовые, но также и вибрационные измерения.

На рисунке 3.2 приведена блок-схема измерительного тракта для измерений в лабораторных условиях.

Электрический сигнал, полученный от преобразователя (микрофона), после предварительного усиления подается на частотный анализатор для исследования спектра сигнала, а затем – на устройство регистрации и записи сигнала (самописец, осциллограф, гальванометр и др.).

Для приема звукового сигнала из воздуха используется электродинамические, угольные, конденсаторные и пьезоэлектрические микрофоны. Звуковое давление возбуждает колебания мембраны микрофона, которые передаются в электродинамическом микрофоне обмотке в поле постоянного

магнита, в угольном вызывают изменение сопротивления, в конденсаторном изменяют емкость конденсатора, в пьезоэлектрическом преобразуют звуковое давление в электрический сигнал.

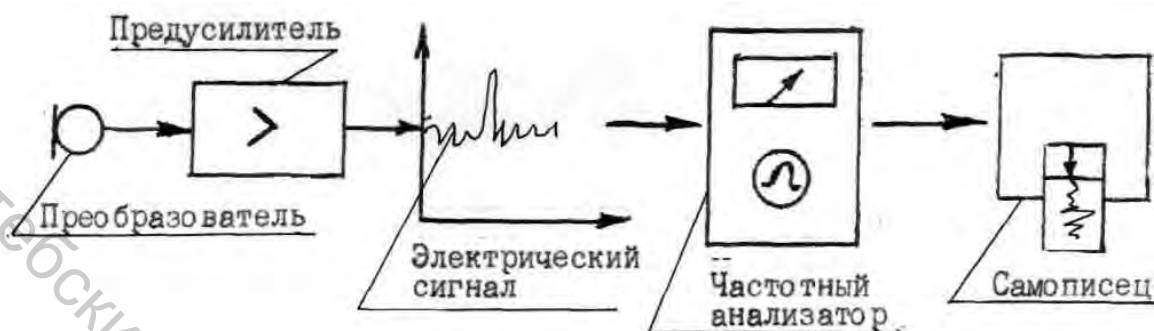


Рисунок 3.2 – Блок-схема тракта для акустических исследований

Частотный анализ шума выполняется с помощью анализаторов спектра, получаемых присоединением соответствующих фильтров.

Наиболее простым прибором для измерения шума является шумомер, который представляет собой усилитель звуковых частот, снабженный стрелочным гальванометром, проградуированным в единицах уровней звукового давления и позволяющим измерять уровни в диапазоне 20...140 дБ. Шумомер измеряет средний уровень звукового давления при включении ряда характеристик: линейной "ЛИН", "А", "В", "С" и "Д".

При измерении уровней звукового давления пользуются линейной частотной характеристикой и близкой к линейной "С". При измерении уровня звука шумомер включается на характеристику "А", обеспечивающую подавление низкочастотных составляющих (до 1000 Гц) спектра измеряемого сигнала.

Измерение установившегося шума (уровень которого меняется не более чем на 5 дБ) производится при включении одного из двух интегрирующих контуров с постоянными интегрирования $T_1 = 0,2$ с и $T_2 = 0,5$ с, чему соответствуют положения переключателя "быстро" (F) и "медленно" (S). При быстрых флуктуациях стрелки шумомера удобнее пользоваться позицией "медленно".

3.2 Описание прибора для измерения шума и вибраций ВШВ-003-М2

В ВШВ-003-М2 используется принцип преобразования звуковых и механических колебаний исследуемых объектов в пропорциональные им электрические сигналы, которые затем усиливаются, преобразуются и измеряются измерительным трактом.

В качестве преобразователя звуковых колебаний используется микрофон М101.

В качестве преобразователей механических колебаний в электрические сигналы используются вибропреобразователи ДН-3-М1 и ДН-4-М1.

На лицевую панель прибора выведены следующие органы управления, регулирования и индикации:

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ "РОДА РАБОТ"



– для включения измерителя;



– контроль состояния батареи;



– включение режима калибровки;

$F, S, 10S$ – включение режима измерения;

F – быстро;

S – медленно;

$10S$ – измерение за 10 с.

Показывающий прибор – отсчет измеряемой величины, контроль напряжения питания (при использовании датчика ДН-4-М1 – результат измерения $\times 10$).

Переключатель ДЛТ1, αB , ДЛТ2, αB и единичные индикаторы – выбор предела измерения уровня звукового давления виброускорения и виброскорости.

ПРГ – индикатор перегрузки.

α, V – кнопка включения режима измерения виброскорости.

ФЛТ, Н, 1, 10 – ограничение частотного диапазона при измерении виброускорения и виброскорости.

ЛИН – ограничение частотного диапазона при измерении звукового давления по характеристике ЛИН до 20 кГц, кН.

А, В, С – включение корректирующих фильтров А, В, С.

ОКТ – включение измерителя в режим частотного анализа в октавных полосах.

ФЛТ, ОКТ с кнопкой кНз – Нз – для включения одного из 14 фильтров октавных со средними геометрическими частотами 1 Гц – 6 кГц.

10 кНз, 4 кНз – кнопка для включения ФН4 10 кНз или 4 кНз, ограничивающих частотный диапазон при измерении виброускорения и виброскорости.

СВ, $P_{иср}$ – кнопка для измерения в свободном или диффузном поле.

ГНЕЗДА:

$50mV$ – выход калибровочного генератора;



– для подсоединения предусилителя ВПМ-101;

– для подключения заземления.

ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

Заземлить.

Установить переключатели:

Род работы – 

ДЛТ1, dB – 80;

ДЛТ2, dB – 50.

Если стрелка находится в пределах зачерненного сектора, то прибор готов к работе.

3.3 Порядок работы

Измерение уровней звукового давления (шума) в диапазоне от 2 до 16000 кГц.

Калибровка измерителя

Проводится перед началом очередных измерений и периодически. Капсюль соединить с предусилителем ВПМ-101. Предусилитель соединить с гнездом  измерителя.

Переключатель "Род работы" установить в положение "▷" – при этом будет светиться индикатор 90 dB.

Резистором "▷" установить стрелку измерителя на отметку "3" шкалы $\infty \div 10$ dB.

Измерение уровней звукового давления в диапазоне частот от 2 Гц до 18 кГц.

Установить переключатель:

Род работы – 

ДЛТ1, dB – 80 dB

ДЛТ2, dB – 50 dB

ФЛТ, Hz – ЛИН.

При этом светится индикатор 130 dB. Произвести измерение уровня звукового давления. При этом предусилитель ВПМ-1 с капсюлем следует держать в вытянутой руке в направлении излучателя звука не ближе 1 м и в 1,5 м от пола и стен.

Если при измерении стрелка находится в начале шкалы, то следует ввести ее в сектор 6÷10 шкалы dB, сначала переключателем ДЛТ2, dB, потом ДЛТ1, dB.

Если периодически загорается индикатор "ПРГ", то следует переключить переключатель ДЛТ1, dB на более высокий уровень (влево).

При колебаниях стрелки измерителя переключатель "Род работы" перевести из положения "F" в "S".

Результат измерения определяется из показаний стрелочного прибора по шкале dB плюс светящийся индикатор.

При измерении в малых помещениях следует нажать кнопку СВ, Р и Ф, РИФ.

3.4. Практическая часть

Методика проведения экспериментальной части лабораторной работы по измерению уровней звукового давления швейной машины.

Произвести подготовку прибора ВШВ-003-М2 в соответствии с приложением о пользовании прибором ВШВ-003-М2 при изменении уровней звукового давления в диапазоне частот от 2 Hz до 18 кГц. Собрать установку (рис. 3.3).

Установить микрофон на штативе в 1 м от плоскости машины (рис. 3.3, положение № 1), включить привод, установить скорость вращения главного вала машины 1000 об/мин^{-1} произвести замер уровня звукового давления, результат занести в таблицу 3.1.

Произвести аналогичные измерения уровня звукового давления при скорости вращения главного вала машины 2000 об/мин, 3000 об/мин, 4000 об/мин.

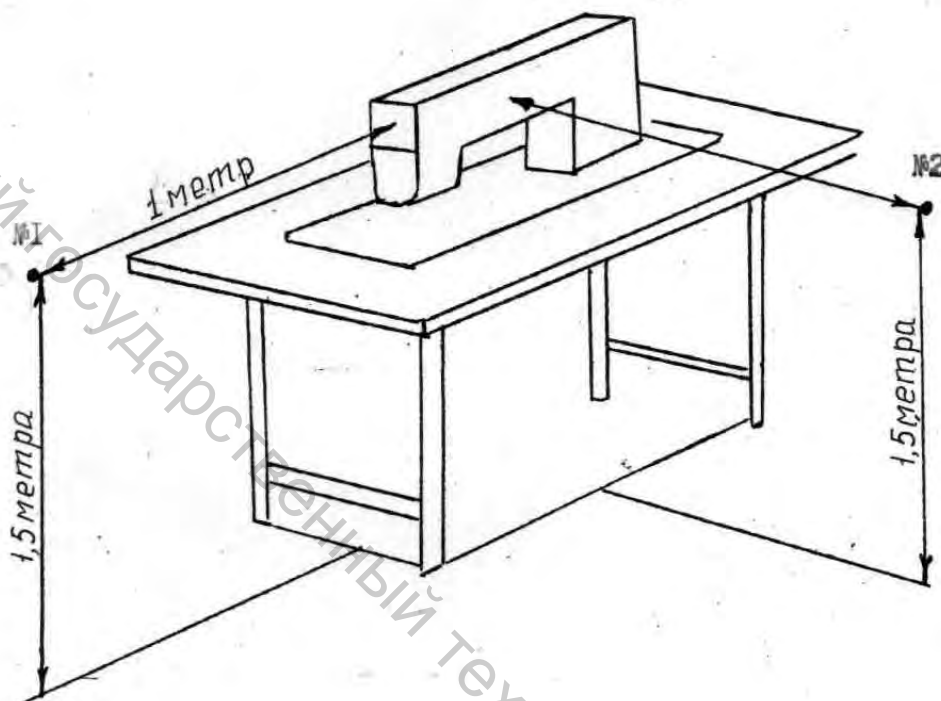


Рисунок 3.3 – Измерение уровня звукового давления (положение микрофона)

Произвести переустановку микрофона в позицию № 2 (рис. 3.3) и повторить действия аналогично. Результаты измерений занести в таблицу.

Таблица 3.1

№	Скорость вращения главного вала машины, об/мин	Уровень звукового давления в дБА	
		Положение микрофона № 1	Положение микрофона № 2
1	1000		
2	2000		
3	3000		
4	4000		

Данные результатов измерений занести в таблицу и построить графики зависимости уровня звукового давления в дБА от числа оборотов главного вала машины.

Выводы по результатам работы.

4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В лабораторной работе изучается принцип действия логических электронных элементов «И», «ИЛИ», «НЕ» и комбинационных элементов «И-НЕ» и «RS» триггера.

Элементы находят широкое применение в системах автоматического управления оборудования, контрольно-измерительной аппаратуре и других технических системах.

4.1 Теоретическая часть

Цифровые интегральные микросхемы представляют собой электронные устройства, позволяющие строить все узлы и блоки ЭВМ, в которых обрабатываемая информация представлена в виде двоичных чисел. Переменные величины и функции от них, которые могут принимать только два значения 0 и 1, называются логическими переменными и логическими функциями. Наряду со сложными схемами, реализующими функции узлов и блоков, многомиллионными сериями выпускаются простейшие комбинационные цифровые элементы, среди которых наиболее широкое распространение получили потенциальные логические элементы.

Рассмотрим логические функции, реализуемые с помощью логических элементов, включенных в состав серий цифровых интегральных микросхем и получивших наиболее широкое применение для построения узлов ЭВМ и устройств дискретной автоматики.

4.2 Логические элементы и их логические аналоги

Логических элементов, работающих как самостоятельные цифровые микросхемы малой степени интеграции и как компоненты микросхем более высокой степени интеграции, можно насчитать несколько десятков. В настоящей лабораторной работе рассмотрим лишь четыре из них. Логические элементы И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ и триггер.

Элементы И, ИЛИ, НЕ – основные, а И-НЕ является комбинацией элементов И и НЕ. Триггер также может быть комбинацией двухвходовых элементов И-НЕ.

Сразу уточним: напряжение от 0 до 0,4 В, т. е. соответствующее уровню логического нуля, мы будем называть напряжением низкого уровня, а напряжение более 2,4 В, соответствующее уровню логической единицы, – напряжением высокого уровня.

Именно такими уровнями напряжения на входе и выходе логических элементов и других микросхем серии К155, принято характеризовать их логические состояния и работу.

4.2.1 Логический элемент И

Условное графическое обозначение логического элемента И показано на рисунке 4.1 а. Его условным символом служит знак $\&$, стоящий внутри прямоугольника. Этот знак заменяет союз «И» в английском языке. Слева 2 (может быть и больше) логических входов X_1 и X_2 , справа 1 выход Y . Логика действия элемента такова: напряжение высокого уровня появляется на выходе лишь тогда, когда сигналы такого же уровня будут поданы на все его входы. Разобраться в логике действия логического элемента И поможет его логический аналог (рис. 4.1 б), составленный из последовательно соединенных источника питания $GB1$, кнопочных переключателей $SB1$, $SB2$ и лампы накаливания $HL1$. Переключатели имитируют электрические сигналы на входе аналога, а нить лампы индицирует уровень сигнала на выходе.

Разомкнутое состояние контактов переключателей соответствует напряжению низкого уровня, замкнутое – высокого уровня. Пока контакты кнопок разомкнуты (на обоих входах элемента напряжение низкого уровня), электрическая цепь аналога разомкнута и лампа, естественно, не светит. Не трудно сделать другой вывод: лампа накаливания на выходе элемента И включается только после того, как контакты обеих кнопок окажутся замкнутыми. В этом и заключается логическая связь между входными и выходными сигналами элемента И.

На рисунке 4.1 в изображены временные диаграммы электрических процессов, дающие достоверное представление о работе логического элемента И.

На входе X_1 сигнал появляется первым. Как только такой же сигнал будет на входе X_2 , тут же появляется сигнал и на выходе Y , который существует до тех пор, пока на обоих входах имеются сигналы, соответствующие напряжению высокого уровня.

О состоянии и логической связи между входными и выходными сигналами элемента И дает представление так называемая таблица состояний (рис. 4.1 г). Глядя на нее, можно сказать, что сигнал высокого уровня на выходе элемента будет только тогда, когда сигналы такого же уровня появятся на его входах. Во всех других случаях на выходе элемента будет напряжение низкого уровня, т. е. соответствующее логическому 0.

4.2.2 Логический элемент ИЛИ

Условный символ логического элемента ИЛИ – цифра 1 внутри прямоугольника (рис. 4.2 а).

У этого элемента, как и у элемента И, может быть два и больше входов. Сигнал на выходе Y , соответствующий напряжению высокого уровня, появляется при подаче такого же сигнала на вход X_1 или вход X_2 , или одновременно на оба входа. Чтобы убедиться в этом, проведем опыт с его электрическим аналогом (рис. 4.2 б).

Лампа накаливания *HL1* на выходе аналога будет включаться всякий раз, когда окажутся замкнутыми контакты *SB1* или *SB2*, или одновременно оба.

Закрепить в памяти электрическое свойство элемента ИЛИ помогут временные диаграммы его работы (рис. 4.2 в) и таблица состояния (рис. 4.2 г), определяющая логическую связь между входными и выходными сигналами.

4.2.3 Логический элемент НЕ

Условный символ логического элемента НЕ – тоже цифра 1 в прямоугольнике (рис. 4.3 а), но у него один вход и один выход. Небольшой кружок, которым начинается линия связи выходного сигнала, символизирует логическое отрицание на выходе элемента. На языке цифровой техники НЕ означает, что этот элемент является инвертором – электронным устройством, выходной сигнал которого противоположен входному. Иначе говоря, пока на входе элемента НЕ действует сигнал низкого уровня, на его выходе будет сигнал высокого уровня, и наоборот.

Электрический аналог НЕ можно собрать по схеме, представленной на рис. 4.3 б. Электромагнитное реле *K1*, срабатывающее при напряжении батареи *GB1*, должно быть выбрано с группой замкнутых контактов. Пока контакты кнопки *SB1* разомкнуты, обмотка реле обесточена, его контакты *K1.1* остаются замкнутыми и, следовательно, лампа *HL1* светит. При нажатии на кнопку ее контакты замыкаются, имитируя появление входного сигнала высокого уровня, в результате чего реле срабатывает.

Его контакты, размыкаясь, разрывают цепь питания лампы *HL1* – погасая, она символизирует появление на выходе сигнала низкого уровня.

Поясняют работу логического элемента НЕ временные диаграммы его работы (рис. 4.3 в) и таблица состояний (рис. 4.3 г).

4.2.4 Логический элемент И-НЕ

Логический элемент И-НЕ является комбинацией элементов И, НЕ. Поэтому на его графическом обозначении (рис. 4.4 а) есть знак (&) и кружок на линии выходного сигнала, символизирующий логическое отрицание. Входов может быть два и больше, а выход – один. Разобраться в принципе действия такого логического элемента цифровой техники нам поможет его электрический аналог, собранный по схеме на рис. 4.4 б. Электромагнитное реле *K1*, батарея *GB1* и лампа накаливания *HL1* такие же, как в аналоге элемента НЕ. Последовательно с обмоткой реле включим две кнопки *SB1* и *SB2*, контакты которых будут имитировать входные сигналы. В исходном состоянии, когда контакты кнопок разомкнуты, лампа светит, символизируя сигнал высокого уровня на выходе.

Нажмем на одну из кнопок во входной цепи. Индикаторная лампа продолжает светить. А если нажать на обе кнопки, то в этом случае электрическая цепь, образованная батареей питания, обмоткой реле и

контактами кнопок, оказывается замкнутой, реле срабатывает и его контакты К1.1 размыкаясь, разрывают вторую цепь аналога – лампа гаснет.

Опыт позволяет сделать вывод: при сигнале низкого уровня на одном или на всех входах элемента И-НЕ (когда контакты входных кнопок аналога разомкнуты) на выходе действует сигнал высокого уровня, который изменяется на сигнал низкого уровня при появлении на всех входах элемента сигнала высокого уровня (когда контакты входных кнопок аналога замкнуты).

Такой вывод подтверждается диаграммами работы и таблицей состояний, показанными на рисунке 4.4 в, г.

Обратим внимание на следующий факт: если входы элемента И-НЕ соединить вместе и подать на них сигнал высокого уровня, на выходе элемента будет сигнал низкого уровня. И наоборот, при подаче на объединенный вход сигнала низкого уровня на выходе элемента будет сигнал высокого уровня. В этом случае элемент И-НЕ, становится инвертором, то есть логическим элементом НЕ. Это свойство элемента И-НЕ очень широко используется в приборах и устройствах цифровой техники.

4.2.5 RS-триггер

Триггерами называют электронные устройства с двумя устойчивыми электрическими состояниями. Переключение триггера из одного устойчивого состояния в другое происходит под воздействием входных импульсов. Каждому из двух состояний триггера соответствует свой фиксированный уровень выходного напряжения, что в вычислительной технике широко используется для хранения цифровой информации. В свою очередь, триггеры являются основой счетчиков импульсов, делителей частоты и многих других цифровых микросхем функционального назначения.

На рисунке 4.5 а показано условное графическое обозначение RS-триггера. Обозначение входов: S – для установки триггера в единичное состояние, R – для возвращения триггера в нулевое состояние.

Выходы обозначают через Q и $\bar{Q}$. Выход Q называют прямым, а $\bar{Q}$ – инверсным. Уровни напряжений на обоих выходах инверсны: если сигнал Q равен 1, то $\bar{Q}$ равен нулю, либо если Q равно нулю, то $\bar{Q}$ равно 1. Необходимо отметить, что состояние триггера, при котором Q равно 1 а $\bar{Q}$ равно нулю, называют единичным. При нулевом состоянии триггера Q равняется нулю и $\bar{Q}$ равняется единице. С поступлением сигналов на входы триггера в зависимости от его состояния либо происходит переключение, либо исходное состояние сохраняется. Не разрешается одновременная подача напряжения низкого уровня на оба входа RS-триггера.

Триггера типа RS «запоминает» на какой из двух входов (R или S) поступил последний сигнал: если на вход R , триггер находится в нулевом состоянии ($Q = 0$ и $\bar{Q} = 1$), а если на вход S , то в единичном состоянии ($Q = 1$ и $\bar{Q} = 0$).

На рисунке 4.5 б показана схема RS -триггера, выполненного на четырех логических элементах 2И-НЕ микросхемы К155ЛА3. Цифра 2 перед логическим символом И означает, что элемент имеет два равнозначных входа X .

Когда один из входов логического элемента свободен, он ведет себя подобно входу с напряжением высокого уровня, то есть единичным.

При подаче напряжения питания на микросхемы (± 5 В) триггер автоматически устанавливается в одной из равновесных состояний: или единичное, или нулевое.

Предположим, что триггер находится в единичном состоянии. Это значит, что на выходе Q присутствует высокий потенциальный уровень сигнала – «1». Так как контакт 6 электрически соединен с контактом 9, то и на нем присутствует сигнал – «1». На входе « R » - контакты 12, 13, так как он свободен, находится высокий потенциальный уровень – «1», а на его выходе контакт 11 низкий потенциальный уровень «0». Контакты 11 и 10 электрически соединены. Значит на входах элемента $DD1.2$ присутствуют два сигнала разного уровня: на контакте 9 – 1, а на контакте 10 – 0. Значит на выходе этого элемента не $\bar{Q}$ будет низкий потенциальный уровень – 0.

Если на вход триггера « S » контакты 1, 2 подать электрический сигнал единичного уровня, то на его выходе, контакт 3, появится инверсный сигнал $\bar{S} = 0$, а на входах элемента $DD1.1$ контакты 4 и 5 будут низкие потенциальные уровни – 0, то есть элемент $DD1.1$ сохранит свое состояние. Можно сделать вывод, что если триггер находится в единичном состоянии, то он не реагирует на сигналы высокого потенциального уровня, поступающие на вход S , что видно на временных диаграммах.

Посмотрим, что произойдет с триггером, если изменить потенциал входа R . Исходя из того, что на входе R присутствовал сигнал «1» (так как этот вход не был подключен к источникам сигналов), изменим потенциал входа R на нулевой. Тогда на выходе элемента $DD1.4$ контакт 11 появится инверсный сигнал $\bar{R} = \text{«1»}$, что приведет к переключению триггера в нулевое состояние, то есть на выходе Q будет сигнал «0», а на $\bar{Q}$ – сигнал «1».

Это стабильное состояние триггера будет сохраняться до тех пор, пока на вход S не поступит сигнал высокого потенциального уровня, равного «1», который переключит триггер.

Все сказанное подтверждается временными диаграммами и таблицей состояний.

4.2 Практическая часть

На рисунке 4.6 изображена лицевая панель стенда для анализа принципа действия электронных логических элементов: И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ, RS -триггера.

На панели стенда имеется обозначение следующих устройств: логических элементов; «И» - &; «ИЛИ» - 1; «НЕ» - 1; «И-НЕ» - &; «Т» - триггер; двухпозиционные кнопки или переключатели – « SV », светодиоды

индикации состояния логических элементов «*HL*». Над переключателями, в зависимости от их положения, надписаны символы «1» или «0».

Для выполнения работы по анализу состояния логических элементов, стенд необходимо подключить к сети 220 В, а затем включить переключатель «Сеть», при этом загорается индикатор наличия рабочего напряжения «5 В» на микросхемах, входящих в структуру стенда.

Возле каждого условного обозначения логического элемента есть таблица его состояния в зависимости от электрических сигналов на входах элемента. Устанавливаем переключатели «*SV*» в положения 0 или 1 в соответствии с таблицей и наблюдаем за индикатором «*HL*», отражающем состояние логического элемента. При переключении элемента в состояние «1» загорается светодиодный индикатор.

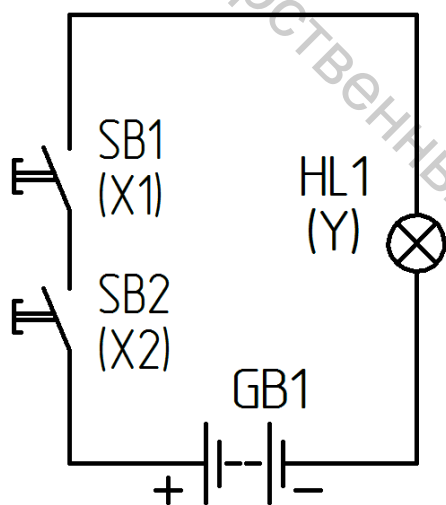
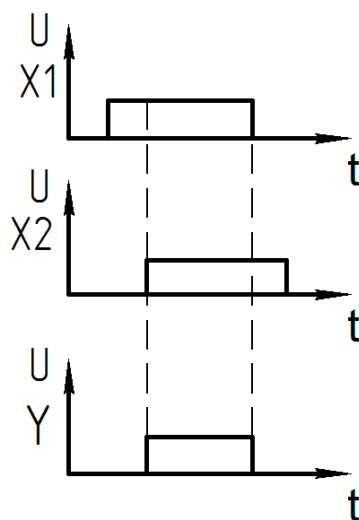
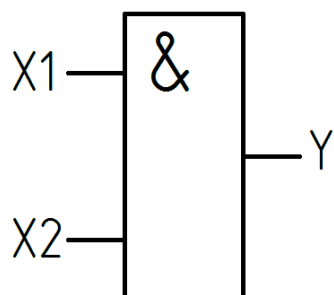
Аналогичные действия выполняем со всеми элементами, входящими в структуру стенда.

4.3 Содержание отчета

Схема системы управления.

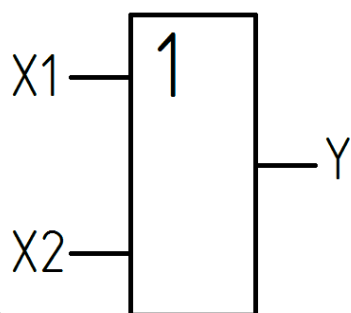
Таблицы состояний элементов.

Выводы.

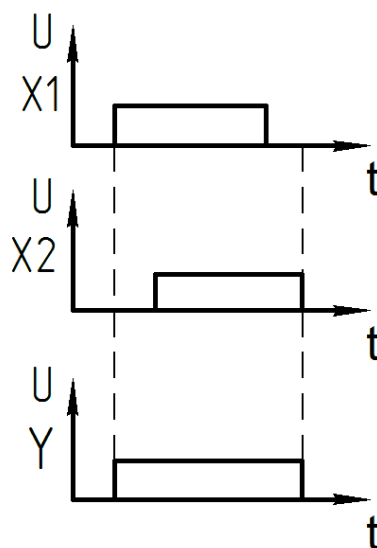


X1	X2	Y
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

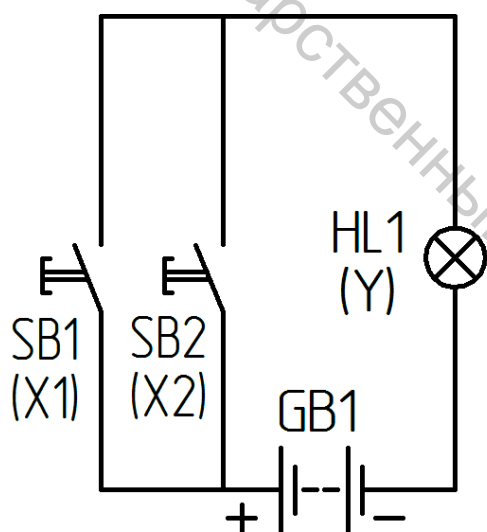
Рисунок 4.1 – Логический элемент «И»:
а – условное графическое обозначение;
б – его электрический аналог;
в – временные диаграммы;
г – таблица состояний элемента



а)



б)



в)

X1	X2	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

г)

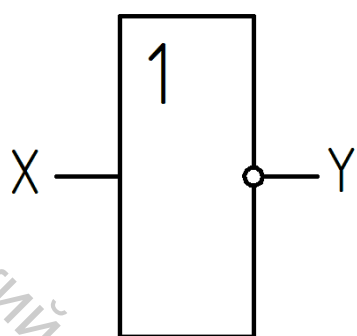
Рисунок 4.2 – Логический элемент «ИЛИ»:

а – условное графическое обозначение;

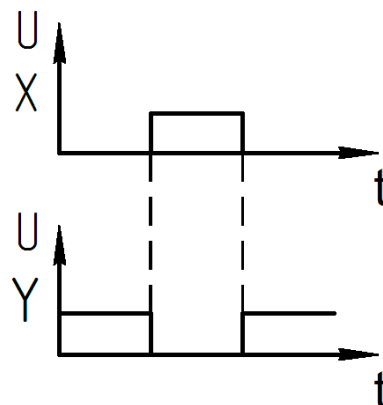
б – электрический аналог;

в – временные диаграммы;

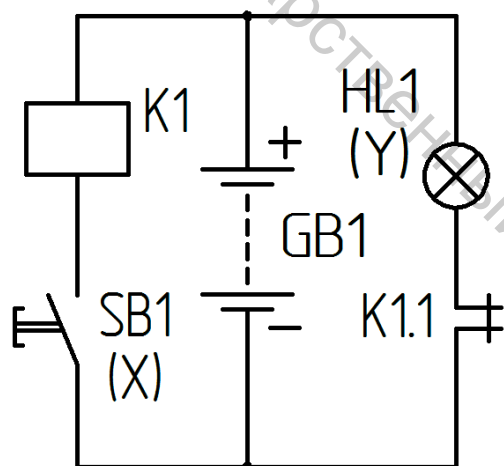
г – таблица состояний элемента



а)



б)

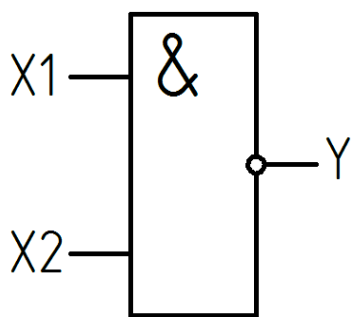


в)

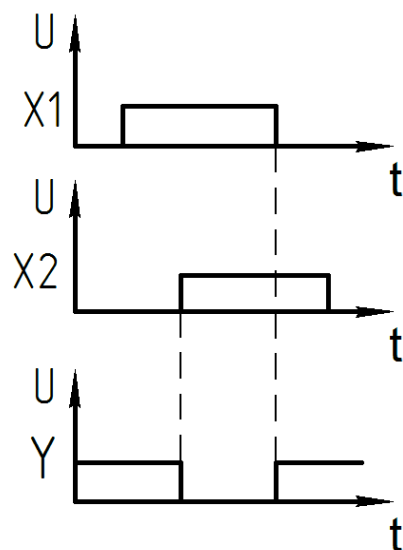
X	Y
0	1
1	0

г)

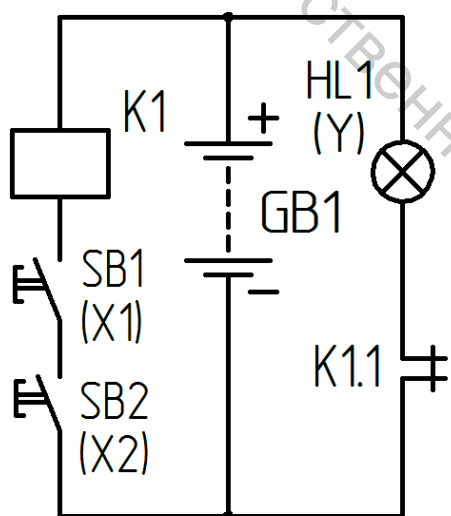
Рисунок 4.3 – Логический элемент «НЕ»:
а – условное графическое обозначение;
б – электрический аналог;
в – временные диаграммы;
г – таблица состояний элемента



а)



б)

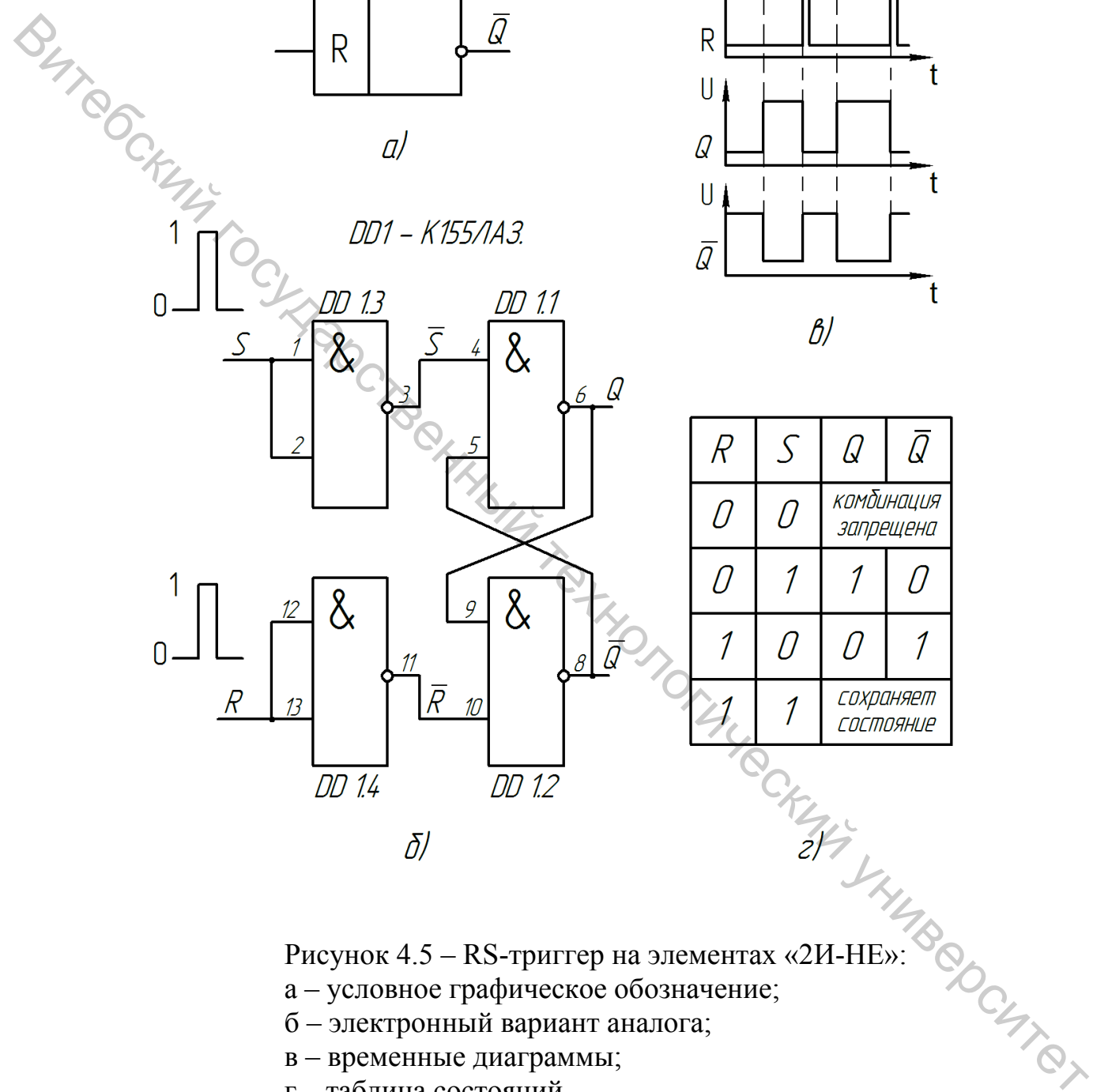


в)

X1	X2	Y
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

г)

Рисунок 4.4 – Логический элемент «И-НЕ»:
а – условное графическое обозначение;
б – электрический аналог;
в – временные диаграммы;
г – таблица состояний элемента



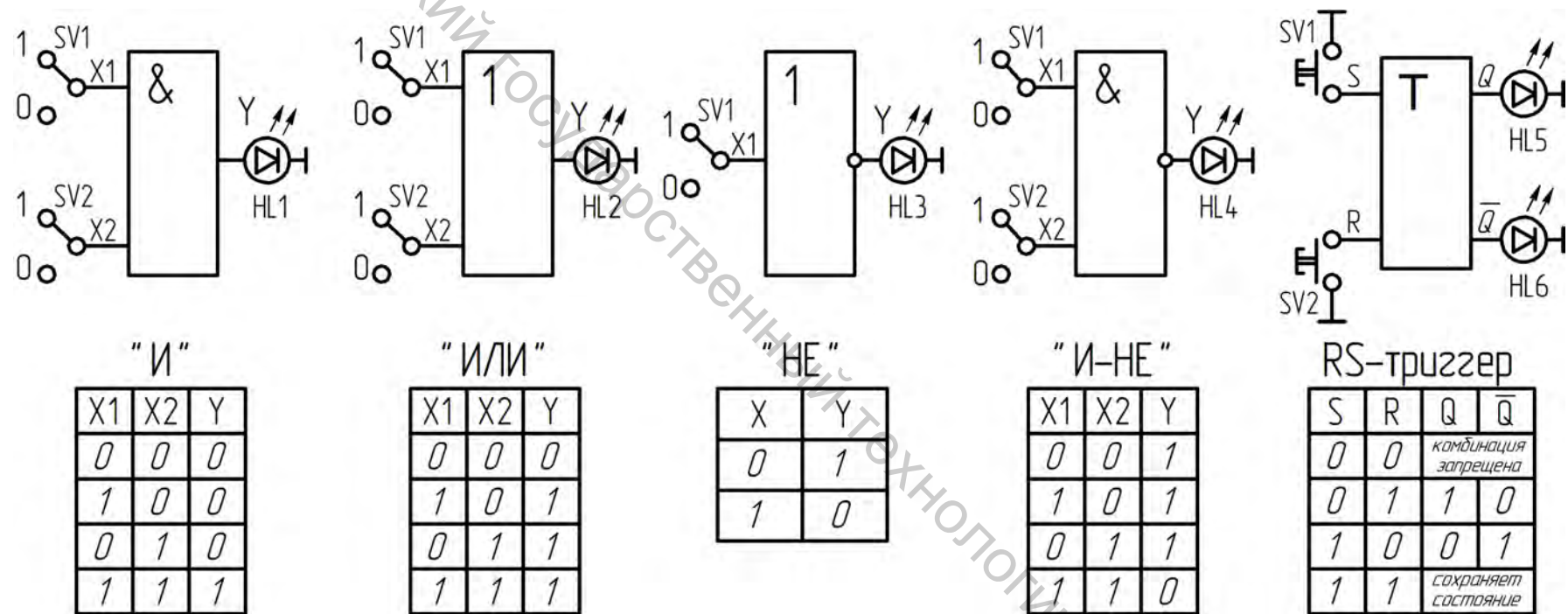


Рисунок 4.6 – Стенд для исследования принципа действия электронных логических элементов

5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ЭЛЕМЕНТАХ УСЭППА

Цель работы состоит в изучении принципов действия, конструкции логических элементов универсальной системы элементов промышленной пневмоавтоматики (УСЭППА). Эти элементы могут применяться в позиционных системах управления машин и автоматов легкой промышленности.

5.1 Теоретическая часть

На рисунке 5.1 показана схема реле, входящего в систему УСЭППА (универсальная система элементов промышленной пневмоавтоматики), разработанная в Институте автоматики и телемеханики АН СССР. Реле состоит из корпуса, двух крышек 8 и 12 и жесткого центра 1, соединенного с мембранами 9, 10 и 11. В реле имеются шесть входных и выходных каналов 2–7. При подаче сжатого воздуха в один из средних каналов 4 и 5 жесткий центр перемещается соответственно вниз или вверх, при этом своим торцом перекрывает канал 7 или 2, разобщая между собой нижние каналы 6 и 7 или верхние каналы 2 и 3. Если через каналы 4 и 5 подать сжатый воздух одновременно, но разного давления, то жесткий центр также перемещается вверх или вниз в зависимости от того, в какой из средних полостей давление будет больше. Обычно в таких реле к одному из каналов 4 или 5 постоянно подводится сжатый воздух давления меньше магистрального (через регулятор давления).

Условное изображение реле показано на рисунке 5.2. Входные и выходные каналы обозначены теми же номерами 2...7, что и на рисунке 5.1.

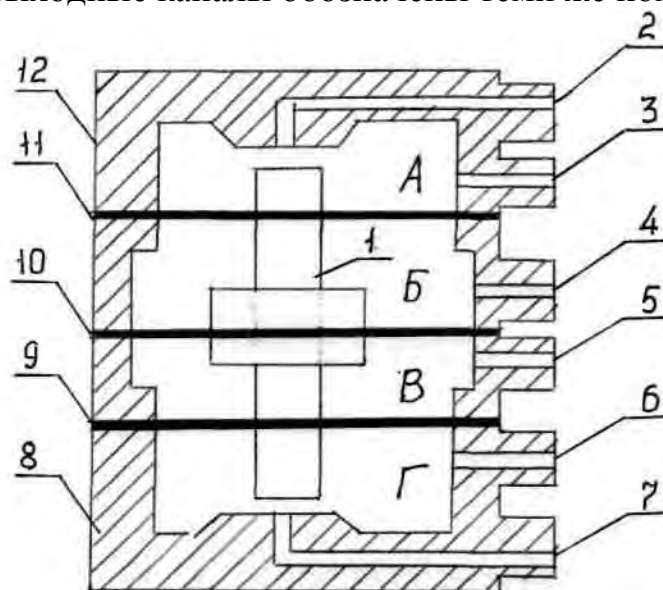


Рисунок 5.1 – Конструктивная схема трехмембранного пневматического реле
1 – жесткий центр; 2 – 7 входные и выходные каналы; 8, 12 – крышки; 9, 10, 11 – мембраны

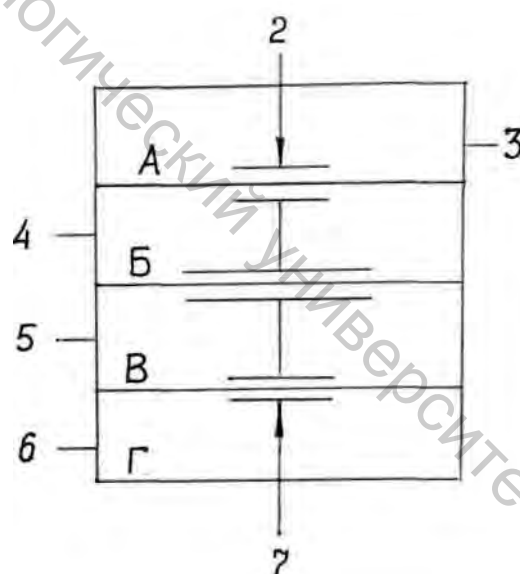


Рисунок 5.2 – Условное изображение пневматического реле:
2 – 7 входные и выходные каналы

Входные каналы реле могут подсоединяться к:

- источнику постоянного давления P_M магистрали системы управления $P_M = 14 \text{ Н/см}^2$ (P_M – избыточное давление);
- источнику постоянного давления P_Π подпора, меньшего, чем давление P_M , $P_\Pi = 0,3P_M$ или $P_\Pi = 0,8P_M$;
- атмосфере, атмосферное давление P_a ;
- полости переменного давления $P_{\text{вх}} = P_M$; $P_{\text{вх}} = P_a$.

В последнем случае говорят, что на вход реле подается переменный сигнал x .

Давлению $P_{\text{вх}} = P_a$ соответствует уровень сигнала $x = 0$, давлению $P_{\text{вх}} = P_M$ соответствует уровень сигнала $x = 1$. Если входных сигналов несколько, то они обозначаются индексами: x_1 ; x_2

Выходной канал реле подсоединяется или к усилителю давления, или непосредственно к исполнительному элементу системы управления (например, пневмоцилиндру, золотнику с пневматическим управлением и т. п.). В полости, присоединяемой к выходному каналу реле, давление может быть равным P_a или P_M . Выходной сигнал обозначают знаком f . Уровень выходного сигнала равен 1 при $P_{\text{вх}} = P_M$ и равен 0 при $P_{\text{вх}} = P_a$.

Обозначение различных способов присоединения входных каналов показаны на рисунке 5.3. Камера реле, присоединенная к подпору, т. е. к полости давления $P_\Pi < P_M$, обозначается штриховкой (рис. 5.4). На базе трехмембранного пневматического реле можно получить элементы, реализующие простейшие логические функции. Например, если (рис. 5.2) канал 2 присоединить к магистрали, канал 6 – к атмосфере, канал 4 – к подпору, канал 5 – к полости переменного давления (т. е. к источнику переменного сигнала x), каналы 3 и 7 соединить в один общий выходной канал f , то получим логический элемент, реализующий логическую функцию НЕ (рис. 5.4).

Составим таблицу состояний этого элемента:

Вход x	Выход f
0	1
1	0

Действительно, если на входе x давление равно атмосферному ($x = 0$), то центральный шток 1 (рис. 5.1) под действием давления подпора в камере Б опустится вниз (за счет того, что эффективная площадь мембраны 10 больше эффективной площади мембраны 11) и закроет канал 7, при этом каналы 2 и 3 соединяются через камеру А (рис. 5.1). В результате на выходном канале давление будет равно P_M , т. е. $f = 1$. При подаче давления P_M на вход 5 (рис. 5.2) создается равнодействующая сила на штоке 1, направленная вверх (за счет того, что $P_M > P_\Pi$). В результате перекрывается канал 2, а канал 7 соединяется через канал 6 с атмосферой (рис. 5.4). В результате на выходе f установится атмосферное давление; при этом $f = 0$. Таким образом, элемент, изображенный на рисунке 5.4, реализует логическую функцию отрицания: $f = \bar{x}$.

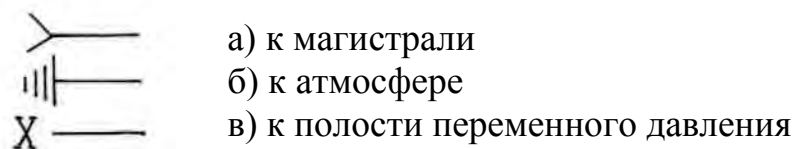


Рисунок 5.3 – Условное изображение присоединения входных каналов

На рисунках 5.5, 5.6, 5.7 показано условное изображение логических элементов, реализующих логические функции повторения: $f = x$ (рис. 5.5), умножения (рис. 5.6): $f = x_1 \cdot x_2$, сложения (рис. 5.7): $f = x_1 + x_2$.

Последовательным соединением простейших логических элементов, НЕ, И, ИЛИ можно реализовать более сложные логические функции. Например, на рисунке 5.8 показано устройство, реализующее функцию НЕ-И: $f = \overline{X_1} \cdot X_2$. Оно состоит из последовательно соединенных логических элементов И и НЕ.

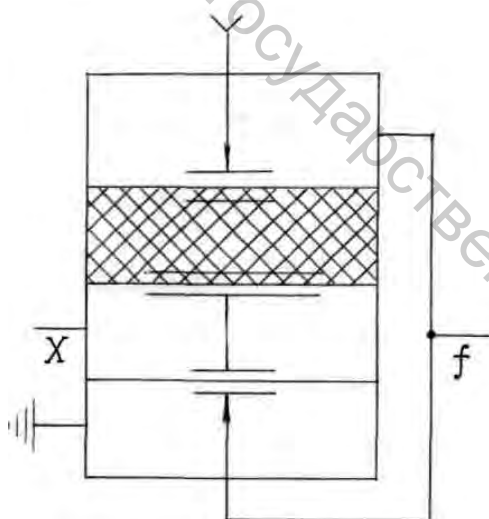


Рисунок 5.4 – Логический элемент «НЕ», $f = \overline{X}$

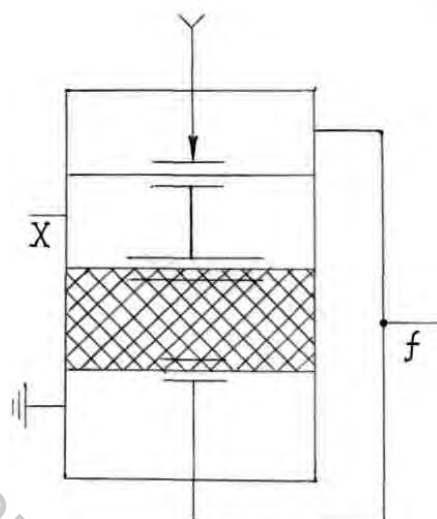


Рисунок 5.5 – Логический элемент «ДА», $f = X$

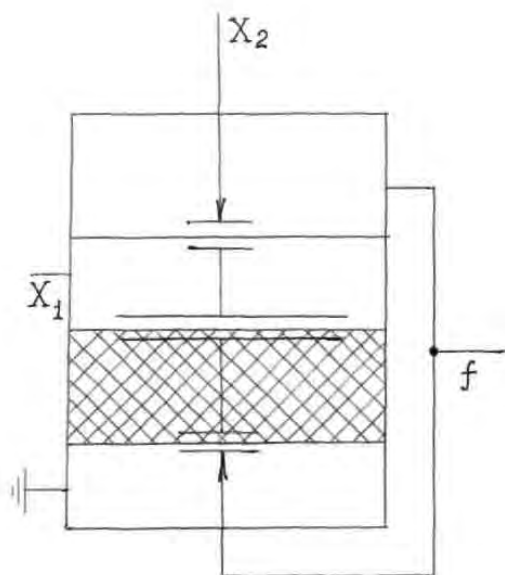


Рисунок 5.6 – Логический элемент «И» $f = X_1 \cdot X_2$

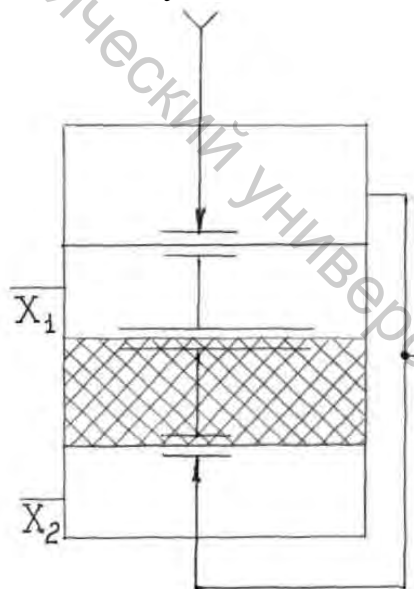


Рисунок 5.7 – Логический элемент «ИЛИ» $f = X_1 + X_2$

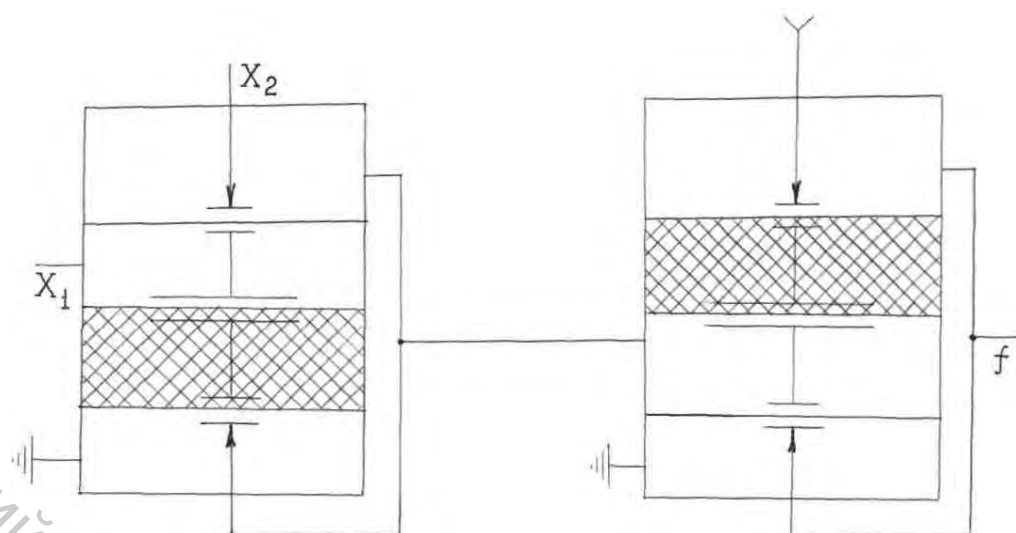


Рисунок 5.8 – Устройство для реализации функции «НЕ-И» $f = \overline{\bar{X}_1 \cdot \bar{X}_2}$

5.2 Практическая часть

Необходимо на действующем стенде ознакомиться с работой логических элементов, построенных на трехмембранных реле УСЭППА (рис. 5.1). Стенд включает в себя ресивер (баллон для сжатого воздуха), узел подготовки воздуха, блок для установки логических элементов, входные (коммутирующие) устройства, исполнительное устройство в виде пневмоцилиндра.

Изучите устройство блока подготовки воздуха на стенде. Вычертите пневматическую схему блока подготовки воздуха с применением условных изображений по ГОСТ. По заданию преподавателя соберите устройство для реализации определенной логической функции. Проверьте работу устройства на стенде, подключив его к исполнительному устройству. Составьте таблицу состояний логического устройства. Вычертите в условных изображениях схему логического устройства.

Для сборки рекомендуются логические устройства, реализующие логические функции:

НЕ-ИЛИ: $f = \overline{X_1 + X_2}$;

НЕ-И: $f = \overline{X_1 \cdot X_2}$;

ИЛИ: $f = X_1 + X_2$;

И: $f = X_1 \cdot X_2$.

5.3 Содержание отчета

Отчет содержит:

- схему блока подготовки воздуха;
- пневматическую схему установки с включением входных устройств (пневмокнопок), логических элементов и исполнительного устройства;
- таблицу состояний логического устройства;
- выводы.

6 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА СТРУЙНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

В лабораторной работе изучается устройство и принцип действия элементов струйной логики.

6.1 Практическая часть

Логические элементы представляют собой струйные усилители, предназначенные для реализации логических функций в системах управления и счетно-решающих устройствах. В этих усилителях (как и во всех струйных устройствах) управляющие и выходные сигналы могут принимать только два дискретных значения: минимальный единичный уровень сигнала, условно обозначаемый нулем, и максимальный единичный уровень сигнала, обозначаемый единицей.

Струйные логические элементы предназначены для работы при температуре окружающей среды от $+5$ до $+50^{\circ}\text{C}$ на очищенном сжатом воздухе. Допускаемое содержание масла 12 мг/м^3 , воды в жидком состоянии 160 мг/м^3 , механических примесей размером 5 мкм не более 5 мг/м^3 .

Предпочтительно применение струйных элементов в системах управления с гидравлическими и пневматическими исполнительными механизмами, где надежность будет выше из-за отсутствия пневмо-электропреобразователей.

Логический элемент ИЛИ-НЕ ИЛИ, СТ-4И

Принцип действия основан на эффекте взаимодействия струи с твердой стенкой. Элемент имеет управляющие входы X_1, X_2 , два выхода: НЕ-ИЛИ- Y_1 и ИЛИ- Y_2 , питающее сопло P и атмосферные каналы – a_1, a_2, a_3 , (рис. 6.1).

При отсутствии управляющих сигналов питающая струя, выходящая из сопла P , за счет конструктивных особенностей элемента прижимается к левой стенке и направляется в выход Y_1 . При подаче управляющих сигналов (одного или двух вместе) питающая струя перебрасывается к противоположной стенке и направляется в выход Y_2 . При снятии управляющих сигналов струя возвращается в исходное положение.

Работа логических элементов характеризуется тремя видами внешних характеристик: входной, представляющей зависимость расхода в канале управления от давления в этом же канале; выходной, представляющей собой зависимость расхода в выходном канале от давления в этом же канале и характеристикой переключения, представляющей собой зависимость давления (расхода) на выходе от давления (расхода) на входе. На рисунке 6.2 представлена выходная характеристика (кривая 1), которая показывает, что с уменьшением расхода на выходе до 0 давление возрастает до максимума. Кривой 3 представлена входная характеристика (верхняя часть характеризует исходное состояние элемента, нижняя – переключенное состояние). Кривой 7 представлена обратная характеристика входа, представляющая собой

зависимость расхода от давления на одном из входов при постоянном сигнале на втором входе. Кривая 6 – обратная характеристика выхода, представляющая собой зависимость расхода от давления на выходе при подаче давления в выходной канал. Кривая 2 – характеристика выхода ИЛИ; кривая 1 – характеристика выхода НЕ-ИЛИ; точка 4 – точка срабатывания; точка 5 – точка отпущения.

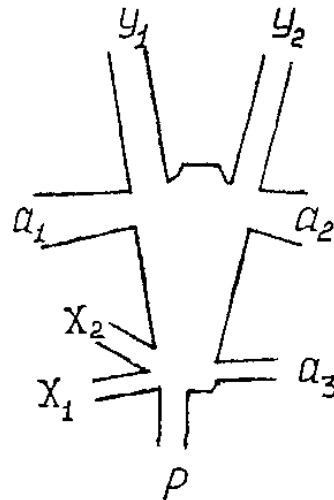


Рисунок 6.1 – Схема взаимодействия струй в логическом элементе ИЛИ-НЕ ИЛИ

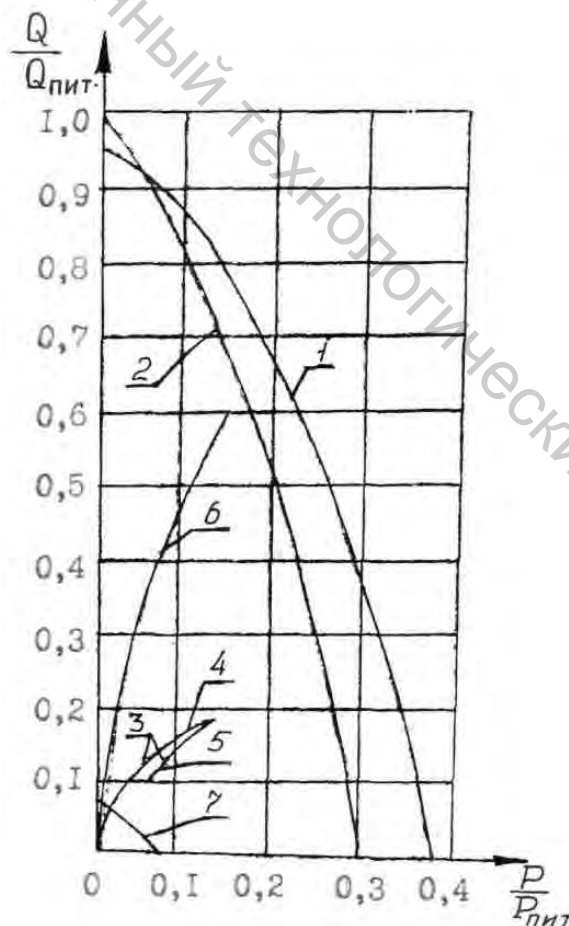


Рисунок 6.2 – Входные и выходные характеристики элемента ИЛИ-НЕ ИЛИ

На рисунке 6.3 дана характеристика переключения. Ветвь 1 характеризует переключение струи, а ветвь 2 – возврат струи в исходное положение.

Входные и выходные характеристики используются для определения совместной работы элементов в схемах. Для этого совмещается входная характеристика управляемого элемента с выходной характеристикой управляющего элемента. Точка их пересечения определяет давление и расход в рабочей точке, которые установятся в линии, соединяющей выход управляющего элемента со входом управляемого.

На рисунке 6.4 приведены конфигурация рабочей камеры элемента ИЛИ-НЕ ИЛИ, таблица состояния входов и выходов и обозначение штуцеров, а также условные обозначения.

Назначение штуцеров:

- 1 – подвод питания;
- 2, 3 – входы;
- 4 – выход НЕ ИЛИ;
- 5 – выход ИЛИ;
- 6 – вход "запрет".

Струйный элемент ИЛИ-НЕ или СТ41 представляет собой функциональную плату, на которой в виде углублений выполнены рабочая камера с подводящими и отводящими каналами, штифты для фиксации относительно крышки и половины штуцеров. Крышка имеет половины штуцеров и отверстия для штифтов. Плата и крышка склеиваются между собой по периферии, а штуцера по образующей. Размер сечения питающего сопла 0,75x1,2 мм. Материал – полистирол ударопрочный.

Присоединение в схемах при помощи эластичных трубопроводов.

Струйный логический элемент И-НЕ И.

Логический элемент И-НЕ И на два входа, СТ43 (рис. 6.5) состоит из моностабильного усилителя и пассивного элемента И на входе, расположенных на одной плате. Входные каналы расположены таким образом, что на выходе И появляется сигнал только в том случае, если поданы одновременно оба входных сигнала. Если же подан только один входной сигнал, то он направляется в атмосферное отверстие.

Назначение штуцеров:

- 1 – подвод питания;
- 2, 3 – входы;
- 4 – выход НЕ И;
- 5 – выход И;
- 6 – атмосферный канал.

Конструкция элемента СТ43 аналогична элементу СТ41.

Триггер с отдельными входами, СТ42.

Триггер СТ42 (рис. 6.6) представляет собой бистабильный струйный усилитель, который служит для запоминания сигналов в схемах. Применение триггера позволяет уменьшить количество элементов в системах управления.

Назначение штуцеров:

1 – подвод питания;

2, 3, 6 – входы;

4, 5 – выходы.

Питающая среда прилипает к одной из стенок и подается на выход 4 или 5. Переброс струи к противоположной стенке производится подачей управляющего сигнала со стороны стенки, к которой прилипает струя. При снятии управляющего сигнала, питающая струя сохраняет свое положение.

Входы 3, 6 служат для переключения струи при работе в схеме, а вход 2 – для установки в исходное положение перед запуском системы.

Конструкция триггера с отдельными входами СТ42 аналогична конструкции элемента СТ41.

Пневмотумблер П1Т2 (рис. 6.7).

Пневмотумблер П1Т2 предназначен для ручного формирования дискретных сигналов, либо для ручного коммутирования дискретных или непрерывных сигналов.

Он состоит из трех секций (1, 2, 3), плоской резино-тканевой мембраны 4, жесткий центр которой имеет стержень с отверстием в центре 5, пневмоконтакта "сопло-заслонка" 6, рычага 7 и пружины 8. Выход элемента 9 соединен либо со входом 10, либо с атмосферой 11.

В одном фиксированном положении рычага стержень нажимает на заслонку и открывает пневмоkontakt (при этом выход тумблера соединен со входом P_m).

В другом фиксированном положении рычага стержень не касается заслонки, а пружина прижимает заслонку к соплу и закрывает пневмоkontakt (при этом выход элемента соединен с атмосферой).

В закрытом положении тумблера пропускание воздуха через пневмоkontakt недопустимо. Тумблер монтируется на щите, пульте или панели прибора, либо на плате. На прессе он смонтирован на пульте управления.

Усилитель типа ПФ67-21

Назначение: усилитель предназначен для усиления дискретных пневматических сигналов (по давлению и расходу) в струйных системах управления.

Устройство и работа (рис. 6.8).

Давление питания через дроссельное отверстие в клапане 1 поступает в полость над мембраной 6, через сопло 3 и канал 4 – в атмосферу. При подаче управляющего сигнала мембрана 5 перекрывает сопло, в результате чего давление в камере над мембраной 6 увеличивается, клапан 1 открывается и выход усилителя соединяется с линией давления питания (атмосфера при этом отсечена). Усилитель имеет на плоскости основания три отверстия с цековками, в которые перед установкой вкладываются резиновые уплотнительные кольца. Монтаж усилителя производится на обработанную поверхность платы с помощью винтов.

Первичный преобразователь типа "сопло-заслонка".

В отечественной и зарубежной литературе описаны различные преобразователи перемещения в давление.

Первичные преобразователи делятся:

- а) преобразователи малых перемещений (до 0,5 мм);
- б) преобразователи средних (0,5–13 мм) перемещений;
- в) преобразователи больших (свыше 13 мм) перемещений.

Наиболее широко распространенным и наиболее изученным преобразователем малых перемещений, обеспечивающим сравнительно высокую точность, является преобразователь типа "сопло-заслонка".

К достоинствам преобразователей этого типа следует отнести возможность регулирования передаточного отношения и рабочего диапазона зависимости зазор-давление довольно простыми способами: путем изменения параметров элемента "сопло-заслонка", диаметров входного и измерительного сопла, а также рабочего давления. Диапазон чувствительности преобразователя "сопло-заслонка" не превышает величины $S_{dc} = 0,25 d_c$. Так как используемые сопла практически имеют диаметр d_c не превышающий 2 мм, можно сказать, что диапазон чувствительности таких преобразователей обычно не превышает 0,5–0,6 мм.

На рисунке 6.9 показана схема элемента "сопло-заслонка". Сжатый воздух от источника питания под давлением P_0 поступает через фильтр-влагоотделитель 1, редукционный клапан 2, дроссель 3 в междроссельную камеру 4. Из междроссельной камеры сжатый воздух через дроссель 5 истекает в зазор между торцом сопла 6 и заслонкой 7, а также в канал управления 8. Давление в междроссельной камере P_1 , а, значит и давление, подводимое к каналам управления, зависит от положения заслонки 7. Если заслонка прижата к торцу сопла, то давление в междроссельной камере достигает максимальной величины, что соответствует сигналу "1". При увеличении зазора между торцом сопла и заслонкой давление P_1 падает и при определенной величине этого зазора становится равным величине, соответствующей сигналу "0".

6.2 Практическая часть

На стенде, в соответствии с рисунком 6.10, собираем схему по исследованию принципа действия элементов струйной логики. Исследованию подлежат элементы: ИЛИ-НЕ ИЛИ, И-НЕ И, триггер СТ42.

Схема состоит из компрессора, фильтра-влагоотделителя 1, редукционного клапана 2, дросселя 3, междроссельной камеры 4, дросселей 5, 12, 13, преобразователей типа "сопло-заслонка" 9, 8, 7, 10, исследуемого элемента 17, индикатора логической "1" – 18 и гибких пластмассовых трубопроводов 14, 15, 16.

Принцип действия схемы заключается в следующем. Установить по манометру с помощью редукционного клапана 2 рабочее давление 0,05 МПа. При установке дросселей 5, 12, 14 важно правильно подобрать их сечения.

Сечения дросселей 5 и 12 равны и примерно в 2 раза меньше сечения дросселя 13. Если это требование не учесть, элемент функционировать не будет. После установки рабочего давления в зависимости от логического элемента, установленного на стенд, индикатор состояния выхода 18 установится в индикацию логического "0" или логической "1". В соответствии с таблицей состояний на каждый логический элемент проводим его проверку, устанавливая в его входных цепях логические сигналы "0" или "1" с помощью преобразователей типа "сопло-заслонка", а результат фиксируем на индикаторе.

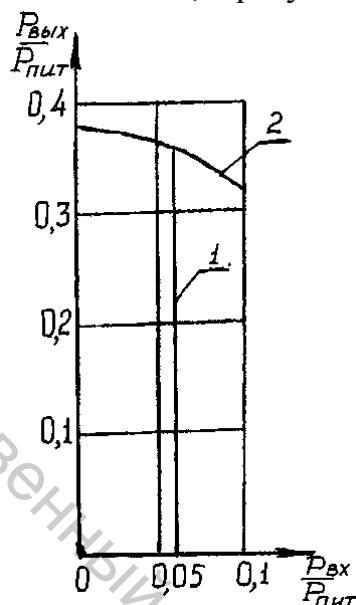


Рисунок 6.3 – Характеристика переключений ИЛИ-НЕ ИЛИ

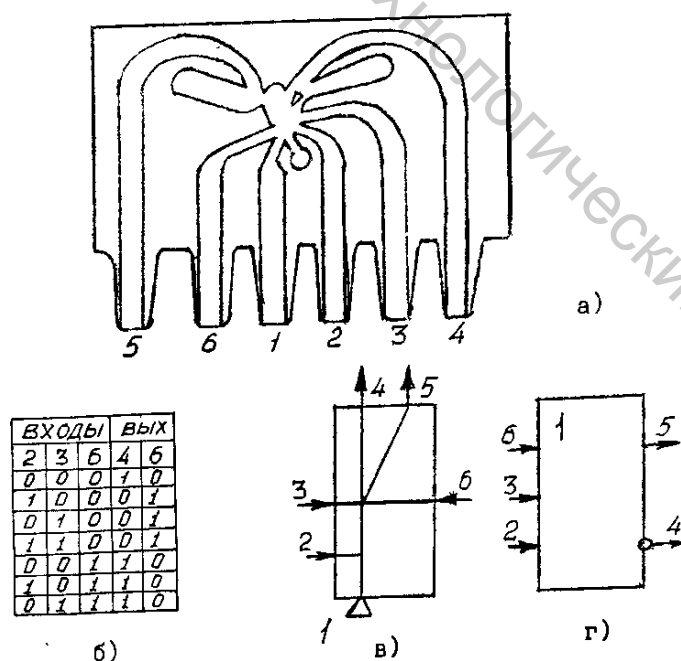
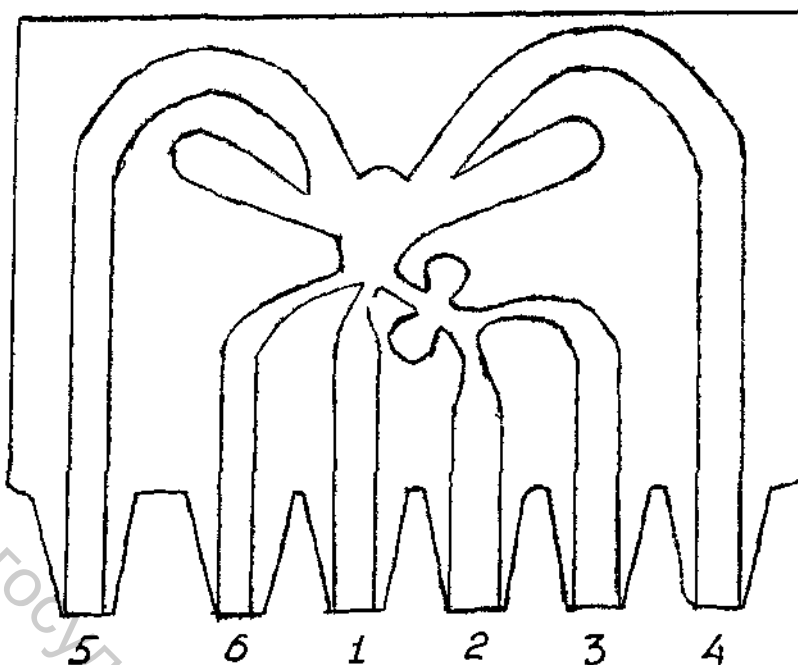


Рисунок 6.4 – Струйный логический элемент СТ-4И:

- а) конфигурация рабочей камеры элемента ИЛИ-НЕ ИЛИ;
- б) таблица состояний элемента ИЛИ-НЕ ИЛИ;
- в) схемное обозначение



а)

ВХОДЫ		ВЫХОДЫ	
2	3	4	5
0	0	1	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	0	1

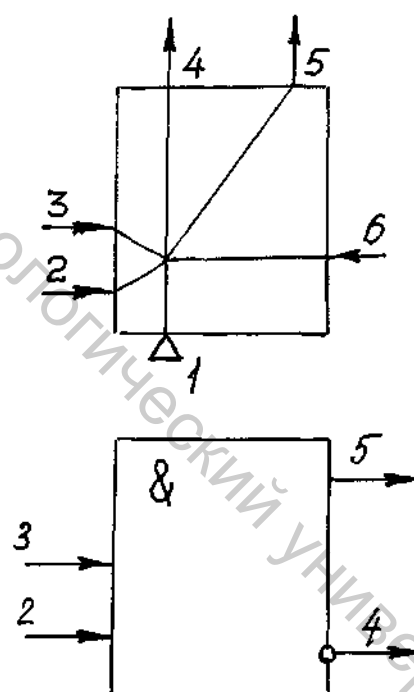
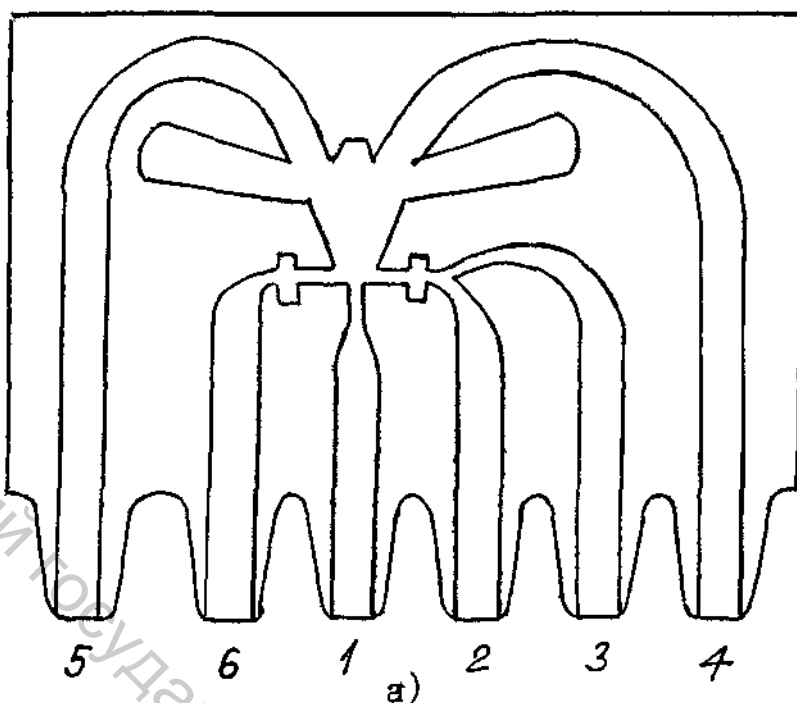


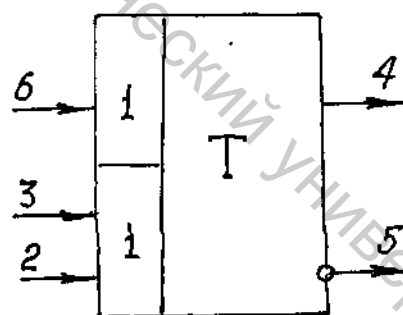
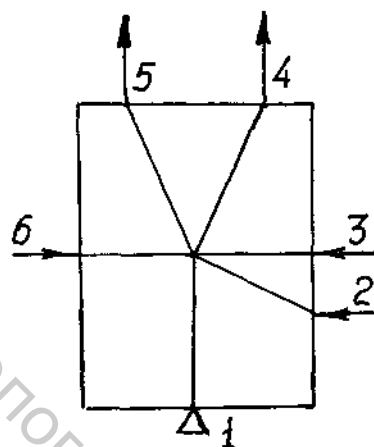
Рисунок 6.5 – Струйный логический элемент СТ-43:

- а) конфигурация рабочей камеры;
- б) таблица состояний элемента И-НЕ И;
- в) схемные обозначения



ВХОДЫ			ВЫХОДЫ	
2	3	6	4	5
1	0	0	0	1
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
0	0	0	1	0
0	1	0	0	1
0	0	0	0	1

б)



в)

Рисунок 6.6 – Струйный логический элемент СТ-42:

- а) конфигурация рабочей камеры триггера;
- б) таблица состояний элемента триггера;
- в) схемное обозначение

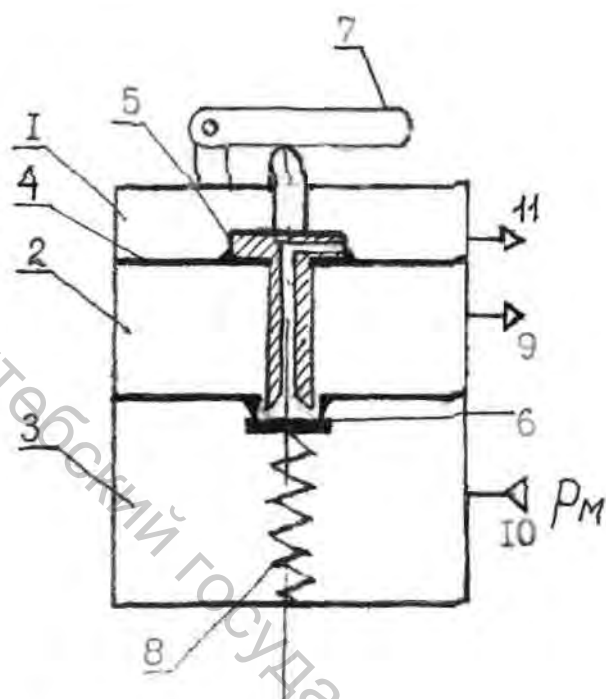


Рисунок 6.7 – Схема пневмотумблера П1Т2

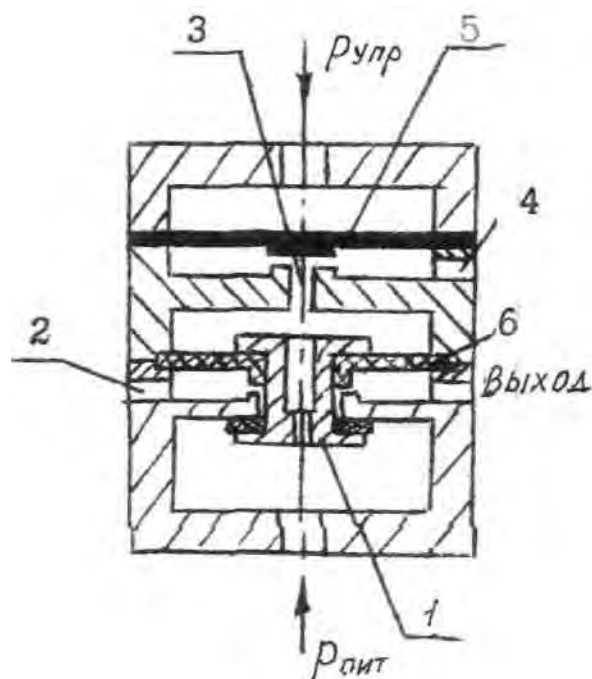


Рисунок 6.8 – Схема пневмоусилителя ПФ67-21

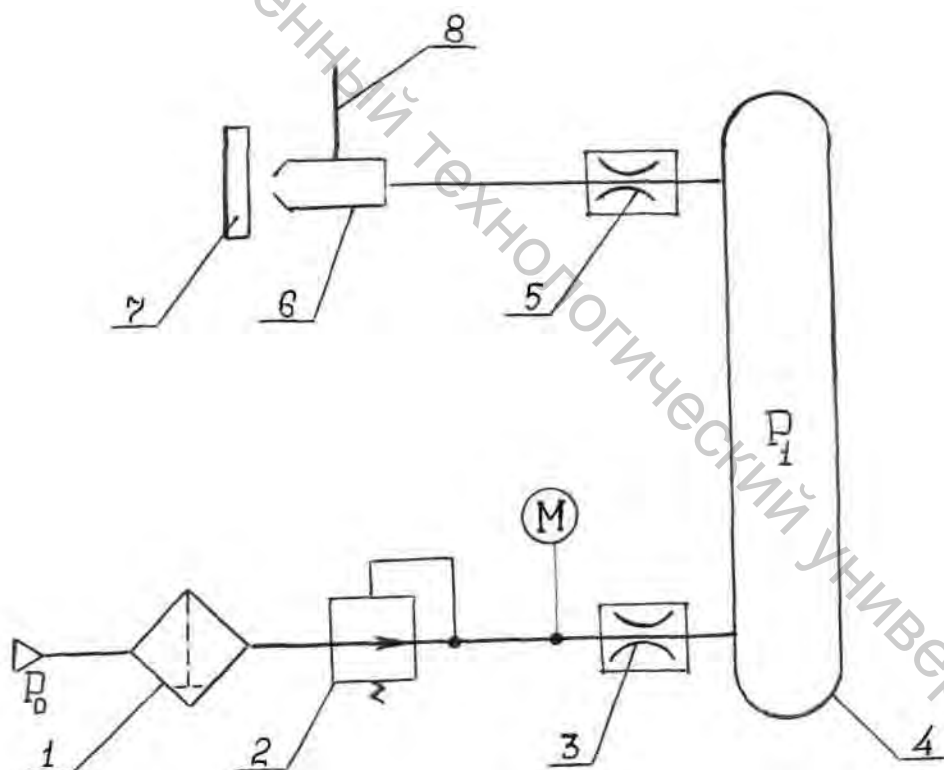


Рисунок 6.9 – Схема подключения элемента сопло-заслонка

7 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЧПУ ВЫРУБНОГО ПРЕССА

В данной работе необходимо изучить и практически освоить процессы подготовки информации и составления управляющих программ для вырубного пресса с системой ЧПУ H331.

7.1. Теоретическая часть

Раскрой материалов на детали обуви производится в соответствии с раскладками, на основании которых выполняется расчет координат и составление управляющей программы (УП) для ЧПУ.

Подготовка раскладок и считывание информации.

Раскладка представляет собой лист бумаги в размер листа материала, на которой размещены и обрисованы контуры лекал. В механизме смены инструмента одновременно могут находиться до 2-х резаков, поэтому на раскладке допускается укладывать не более 2-х типоразмеров деталей. При этом правая и левая деталь одного размера считаются разными.

Процесс подготовки раскроя включает следующие этапы:

1. Получение лекала и его разметка.

Размеченное лекало содержит центральную линию и центральную точку.

2. Изготовление и разметка резака.

Изготовленный по контуру лекала резак устанавливается на плиту так, чтобы его центральная линия и центральная точка совпадали с аналогичной линией и точкой на вырубной головке пресса.

3. Составление раскладок.

С помощью изготовленных резаков вырубаются комплекты дублей лекал, которые плотно укладываются на лист бумаги и обводятся по контуру.

4. Считывание информации.

Эталонное размеченное лекало укладывается последовательно на контуры раскладки, а затем центральная линия и точка с него переносятся на раскладку.

Для считывания информации с раскладки к ней привязывается система координат $X_m O_m Y_m$, как на рисунке 7.1. В этой системе координат положение детали однозначно задается тройкой чисел: X_0 и Y_0 – координаты центральной точки O_0 лекала; α_0 – угол между осью $O_m X_m$ и центральной линией $A'A$, в соответствии с которой ставится вектор $O_0 A$ с направлением от пятки к носку. Угол отсчитывается от оси $O_m X_m$ против часовой стрелки. В противном случае он берется отрицательным.

ПРИМЕЧАНИЕ. Удобно выбирать направление отсчета так, чтобы угол по абсолютной величине был меньше 180° .

Указанная тройка величин измеряется для каждой детали на раскладке и результаты сводятся в таблицу (табл. 7.1).

№№	X_o	Y_o	α_o	Размер детали

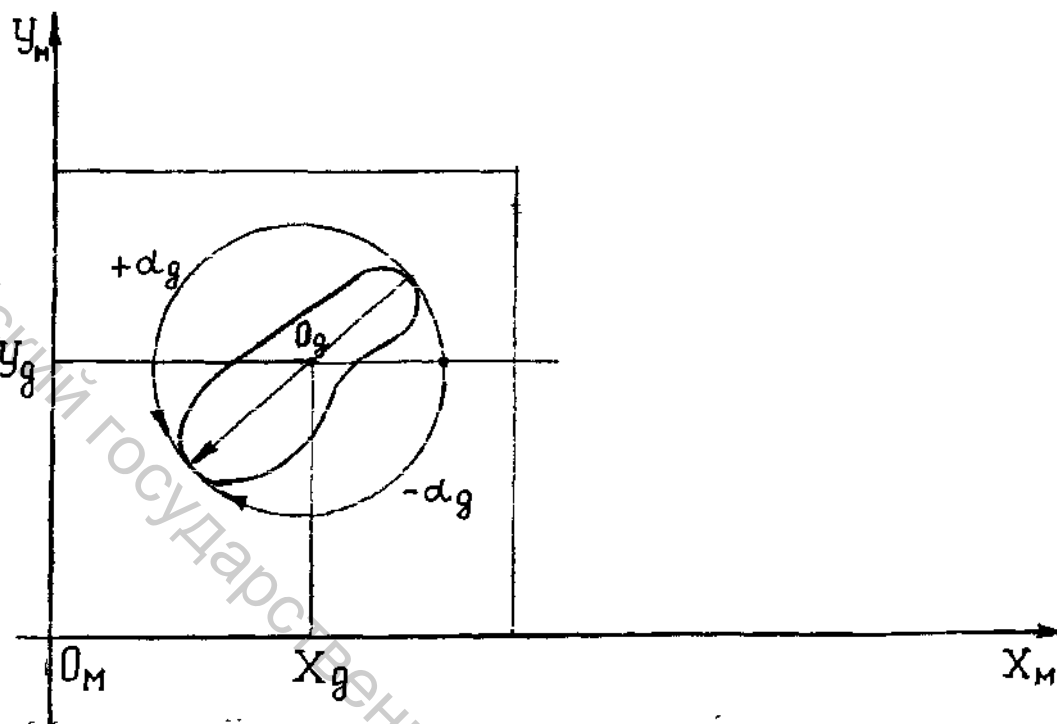
[illegible]

Рисунок 7.2 – Кинематическая схема ИМ

Нумерация деталей на раскладке производится так, чтобы обеспечить минимальный путь при обходе всех точек.

Кинематическая схема исполнительных механизмов пресса.

Управление прессом с ЧПУ состоит в совмещении резака с местом вырубки детали на раскладке. Исполнительные механизмы (ИМ) пресса осуществляют перемещение листа и резака по взаимноперпендикулярным осям и поворот резака вокруг центральной точки. Этими перемещениями достигается возможность вырубки любой детали на раскладке.

Кинематическая схема ИМ представлена на рисунке 7.2.

Неподвижная станина со скалками представляет собой остов, к которому привязана система координат $X_п0_пY_п$. К вырубной плите 2 (листу материала) привязана подвижная система координат $X_м0_мY_м$ (та же, что на рис. 7.1), в которой и заданы координаты деталей.

К вырубочной головке 3 привязана вторая подвижная система координат $X_р0_рY_р$, в которой задается поворот резака ($\alpha_р$).

Три привода, управляемых системой ЧПУ, осуществляют перемещения исполнительных механизмов, перемещая подвижные системы координат. Привод $+Y$ – перемещает систему координат $X_м0_мY_м$ вдоль оси $0_пY_п$, привод $+X$ – систему координат $X_р0_рY_р$ вдоль оси $0_пX_п$, а привод $+Z$ – поворачивает резак вокруг точки $0_р$.

L , l_x и l_y – конструктивные параметры пресса. Определим положение детали и резака в системе координат пресса.

Для детали:

$$X_п = L - l_x + X_д, \quad Y_п = Y + Y_д, \quad \alpha_п = \alpha_д. \quad (7.1)$$

Для резака:

$$X_п = X, \quad Y_п = 0, \quad \alpha_п = Z. \quad (7.2)$$

Для того, чтобы совершить вырубку, необходимо совместить деталь и резак, то есть приравнять правые части уравнений систем (7.1) и (7.2). Если при этом выделить в левую часть величины X , Y и Z , то получим выражения для расчета управляющих координат:

$$X = L - l_x + X_д, \quad Y = Y_д, \quad Z = \alpha_д. \quad (7.3)$$

Так как управление прессом происходит по приращениям координат от точки к точке, то достаточно некоторое положение ИМ принять за начальное, а значения X , Y , Z в этом положении взять равными нулю, чтобы рассчитать приращения ко всем остальным точкам.

Координаты начального положения вводятся в ЭВМ при расчете программы.

Алгоритм расчета программы раскроя.

Исходными данными являются:

- а) конструктивные параметры пресса;
- б) координаты начального положения X_0 , Y_0 , Z_0 ;
- в) координаты деталей на раскладке (табл. 7.1).

1-й шаг. Рассчитываются значения координат исполнительных механизмов по формулам (7.3) для каждой детали.

2-й шаг. Начиная с начального положения, рассчитываются приращения:

$$\Delta X_i = X_i - X_{i-1},$$

$$\Delta Y_i = Y_i - Y_{i-1},$$

$$\Delta Z_i = Z_i - Z_{i-1}.$$

Для всех $i = 1, N+1$, где координаты конечной точки (точки с номером $N+1$) равны координатам нулевой:

$$X_{N+1} = X_0,$$

$$Y_{N+1} = Y_0,$$

$$Z_{N+1} = Z_0.$$

Таким образом, для N строк из таблицы 7.1 получаем $N+1$ строк для приращений. Каждая строка приращений определяет кадр перемещения исполнительных механизмов в управляющей программе. Для записи в программу приращения, рассчитанные в абсолютных единицах, пересчитываются в дискреты привода (импульсы) с помощью коэффициентов K_X, K_Y, K_Z .

Программа для ЧПУ.

На основе последней полученной при расчете на ЭВМ таблицы (приращения в импульсах) составляется программа.

Программа для ЧПУ имеет кадровую структуру.

Применительно к раскройному прессу с ПУ можно выделить три разновидности кадров:

1. Кадр перемещений, со следующей структурой адресов:

$N***G01X(\pm)*****Y(\pm)*****Z(\pm)*****F4710S002F$.

Адрес N содержит номер кадра.

$G01$ обозначает режим линейной интерполяции и записывается только в первом кадре перемещения.

Адреса X, Y, Z содержат величины перемещений,

F – код скорости подачи.

Адрес $S0$ означает – снять сигнал вырубки (в первом кадре отсутствует), символ $*$ означает десятичную цифру, LF – конец кадра.

2. Кадр вырубки

$N***S01LF$.

$S01$ означает – подать сигнал на вырубку.

3. Кадр смены инструмента

$NXXXTXXLF$.

Адрес T содержит номер сменяемого инструмента (01 или 02).

Кадры вырубки записываются после каждого кадра перемещений (кроме последнего), кадр смены инструмента записывается перед кадром перемещения к детали нового типа размера. Обычно в исходном положении установлен инструмент № 1, поэтому вырубка этим инструментом выполняется сразу. После вырубки всех деталей с № 1 происходит смена инструмента на № 2, а в конце программы после перемещения в исходное положение выполняется

смена инструмента на № 1.

Для удобства контроля кадры перемещений имеют на конце номера нуль, кадры вырубки – 5, а кадры смены – 6.

7.2 Порядок выполнения работы

Изучить теоретическую часть.

На листе ватмана (миллиметровки) выполнить раскладку деталей и подготовить ее для считывания координат, нанеся на контурах центральную линию и центральную точку.

Измерить координаты деталей в соответствии с п. 7.1 и результаты занести в таблицу 7.1.

Ввести данные в ЭВМ и рассчитать таблицу приращений.

Составить программу.

Выявить и исправить ошибки в программе.

7.3 Содержание отчета

Цель работы.

Кинематическая схема пресса и расчетные формулы.

Таблица 7.1 с данными.

Распечатка результатов расчета на ЭВМ.

Программа для ЧПУ.

Выводы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин : учебное пособие для втузов / И. И. Артоболевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Наука, 1988. – 639 с.
2. Вальщиков, Н. М. Расчет и проектирование машин швейного производства / Н. М. Вальщиков. – Ленинград : Машиностроение, 1973. – 344 с.
3. Ганулич, А. А. Пневмоавтоматика и пневмопривод швейного оборудования : справочное пособие / А. А. Ганулич. – Москва : Легпромбытиздат, 1986. – 152 с.
4. Методические указания по разделу "Дискретные системы управления" курса "Автоматизация технологических процессов", части 1, 2 / сост. Л. В. Иванова. – Витебск : Минвуз БССР, ВТИЛП, 1986.
5. Комиссаров, А. И. Проектирование и расчет машин обувных и швейных производств / А. И. Комиссаров, В. В. Жуков, В. В. Сторожев. – Москва : Машиностроение, 1978. – 430 с.
6. Наумов, В. Н. Автоматика и автоматизация производственных процессов в легкой промышленности / В. Н. Наумов, А. И. Пятов. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 254 с.
7. Пановко, Я. Г. Введение в теорию механических колебаний : учебное пособие. – 2-е изд., перераб. – Москва : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1960. – 277 с.
8. Расчет колебаний конструктивных элементов машин : метод. разраб. по курсу "Расчет и конструирование типовых машин легкой промышленности" для студ. спец. Т.05.05.00 "Машины и аппараты текстильной, легкой промышленности и бытового обслуж." / ВГТУ ; сост. Б. С. Сункуев. – Витебск, 1999. – 43 с.
9. Системы управления машин-автоматов легкой промышленности (структура и элементы проектирования) : метод. разраб. для студ. спец. 17.07.04 заоч. формы обучения / ВТИЛП ; сост. Б. С. Сункуев. – Витебск, 1991. – 39 с.
10. Амирханов, Д. Р. Автоматизация раскроя обувных материалов / Д. Р. Амирханов, В. С. Дубовец, Л. Н. Плужников // Кожевенно-обувная промышленность. – 1983. – № 4. – С. 25.