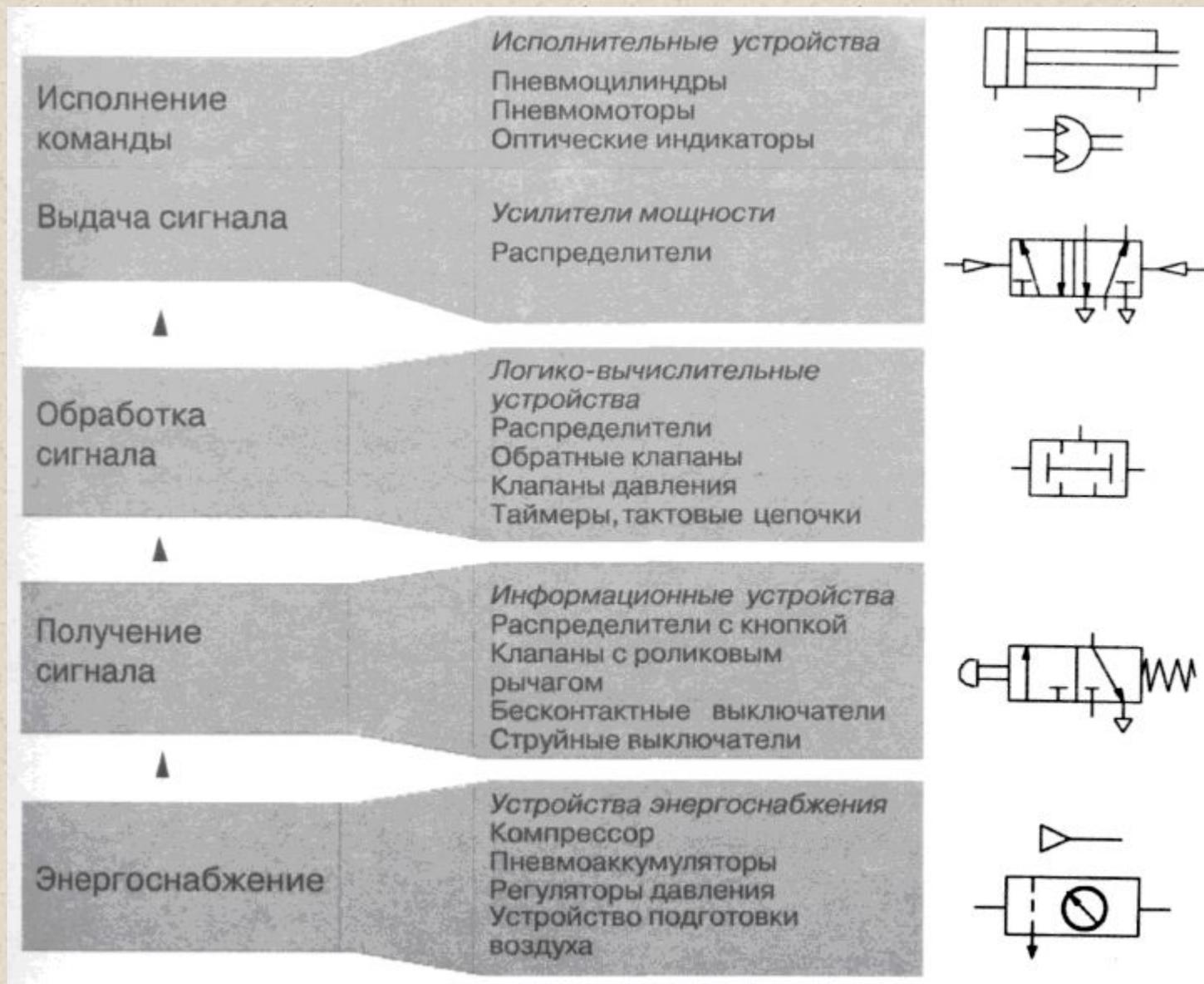


Проектирование системы управления с повторяющимися шагами

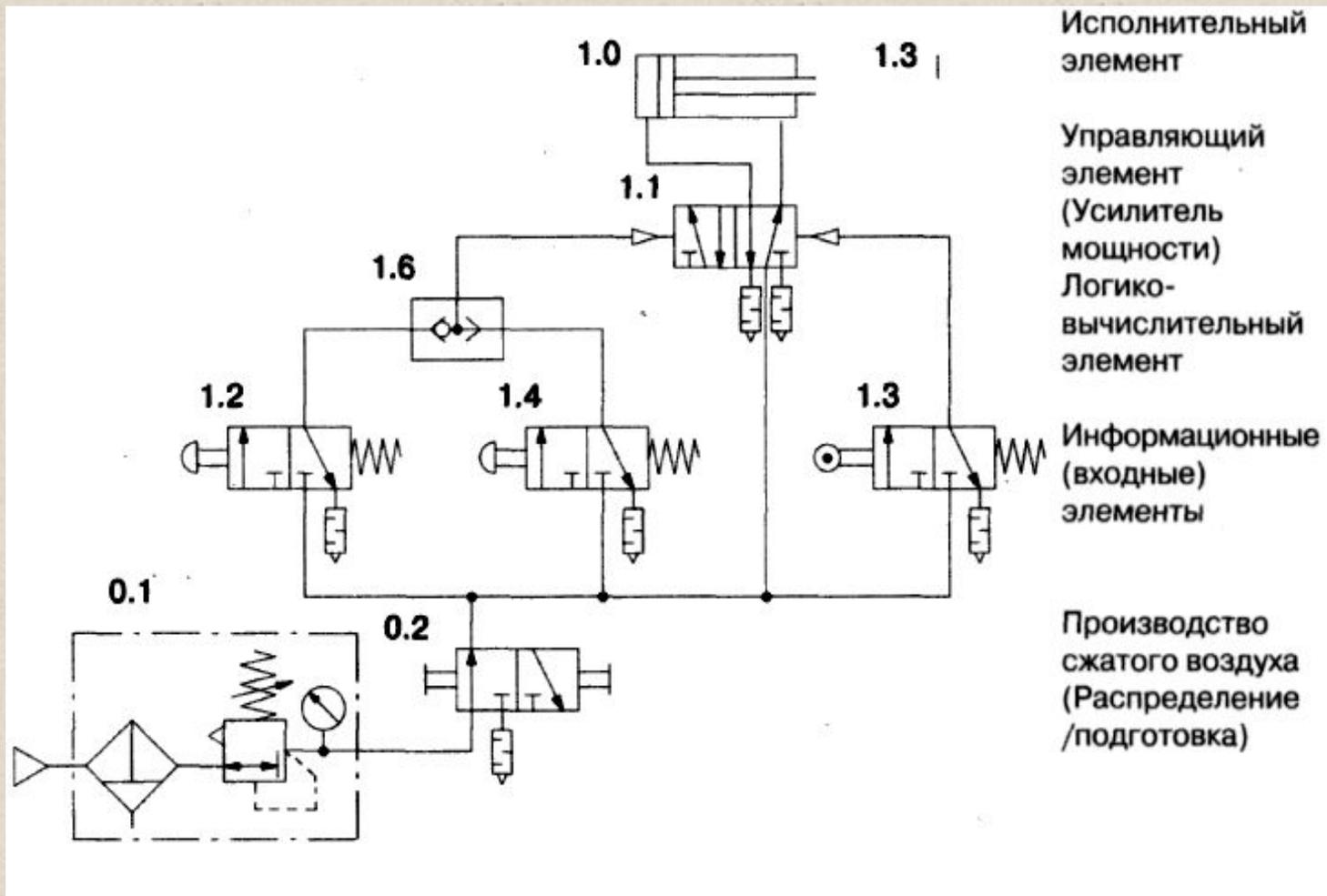
Структура пневматической системы и последовательность прохождения сигнала



Элементы системы изображаются с помощью условных графических обозначений, а представление о функциональном назначении элементов дает схема их соединений.



Принципиальная схема пневматической системы управления



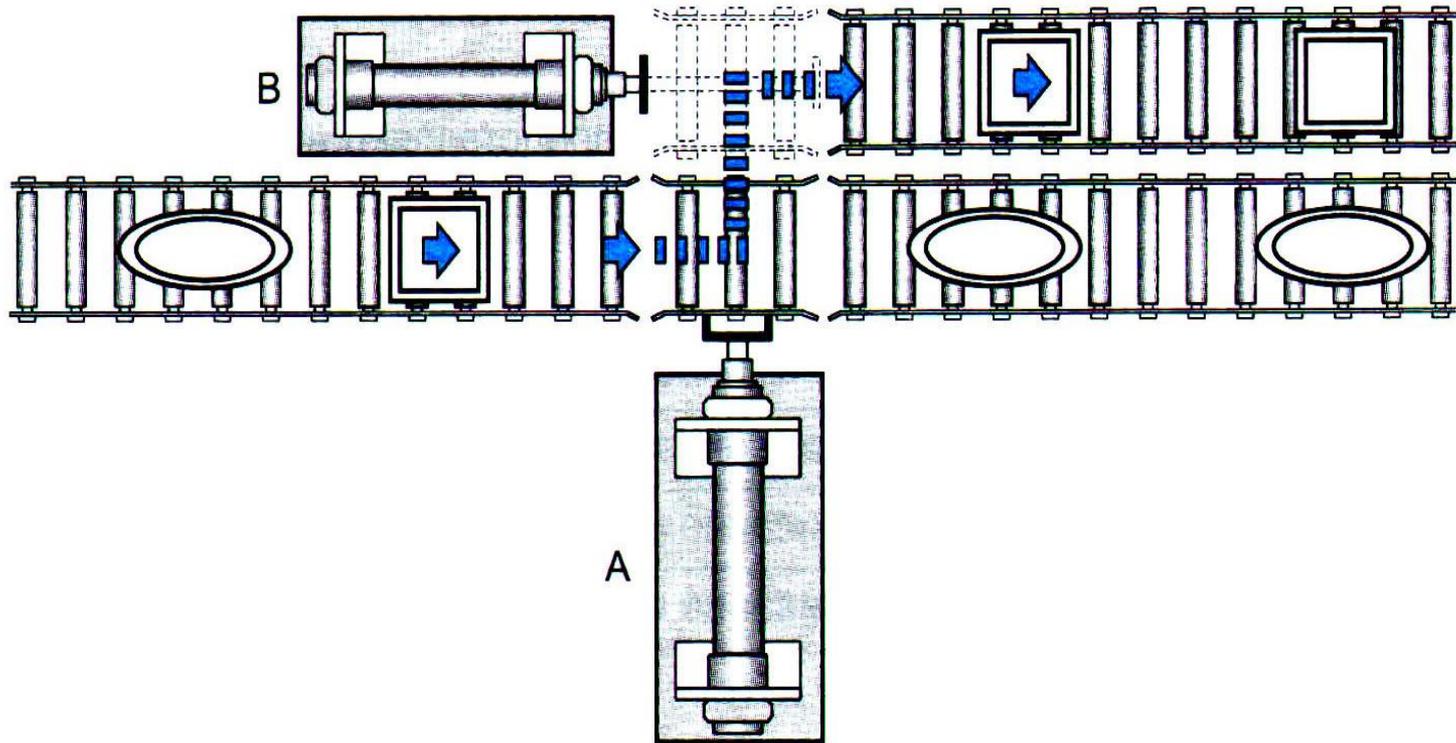
Построение диаграммы (циклограммы) приводов

Входными сигналами в пневмосистемах могут быть сигналы от конечных выключателей, датчиков, органов ручного управления и т.д. Входные сигналы вызывают появление выходных сигналов, которые поступают на следующие элементы и являются для них входными сигналами. В конечном счете, сигналы поступают на пневмораспределители, которые приводят в действие пневматические исполнительные устройства (ИУ).

Под *шагом* понимают процесс смены одного контролируемого датчиком положения исполнительного механизма на другое. Число шагов, необходимых для выполнения единичного замкнутого цикла технологических операций, может различаться в зависимости от сложности оборудования.

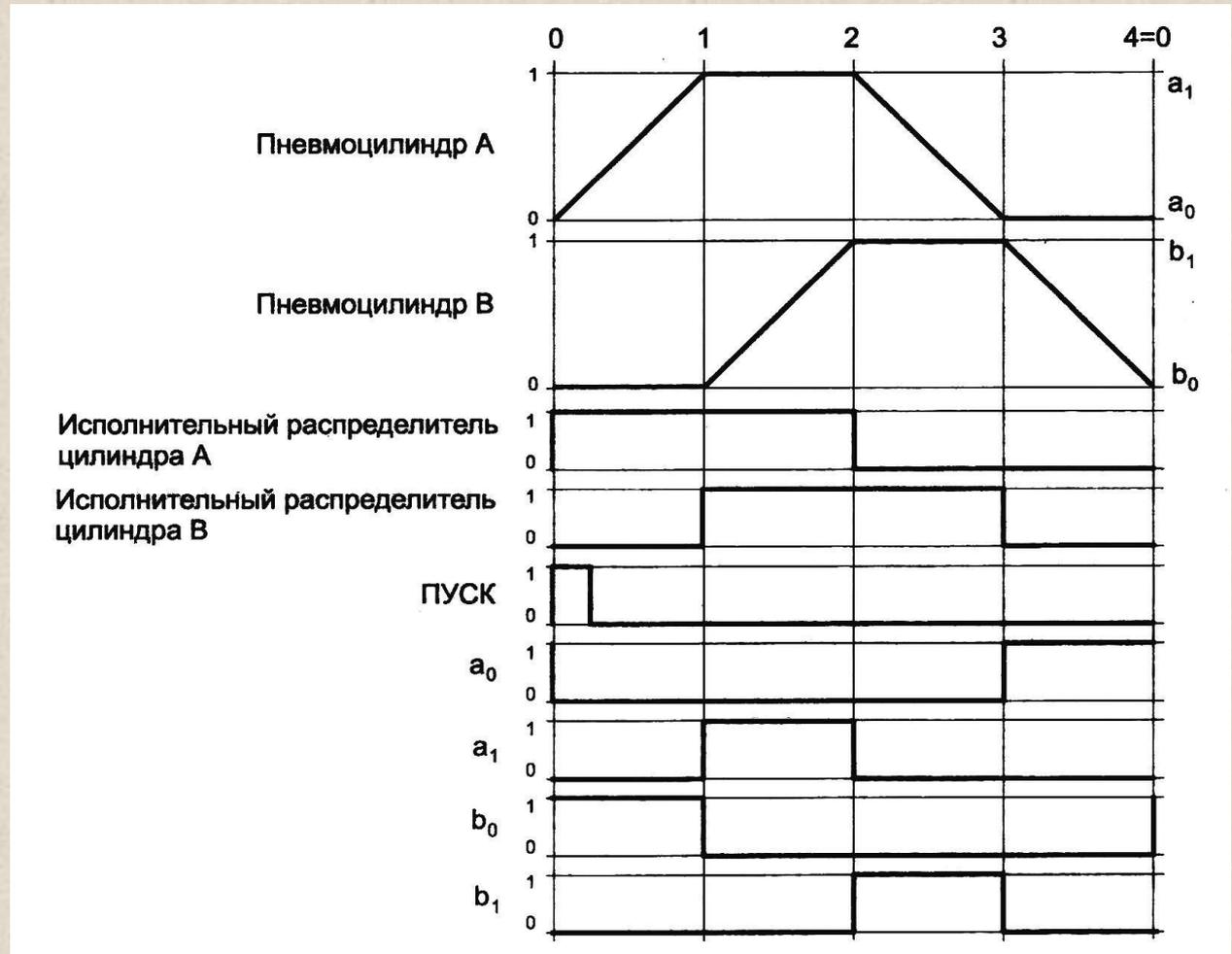
Под *замкнутым циклом* будем понимать такую последовательность шагов, после выполнения которой система возвращается в исходное (предпусковое) состояние.

Установка для перемещения коробок



По конвейеру в произвольной последовательности и с переменным интервалом движутся коробки двух конфигураций — кубические и овальные. Кубические коробки необходимо перемещать на параллельную ветвь конвейера. Операция перемещения осуществляется посредством двух пневмоцилиндров **A** и **B**.

Когда кубическая коробка оказывается на транспортере (смещаемой секции конвейера), оператор кратковременно нажимает на пусковую пневмокнопку. При этом шток первого цилиндра **А** перемещает секцию с коробкой на уровень параллельной ветви конвейера. Далее цикл выполняется автоматически: шток второго цилиндра **В** сталкивает коробку с транспортера, после чего штоки обоих пневмоцилиндров возвращаются в исходные позиции — сначала шток первого, а затем и второго цилиндра.



Функциональная диаграмма установки для перемещения коробок

Формы представления хода технологического процесса

Для наглядного описания хода технологического процесса будем использовать следующую буквенно-цифровую индексацию (табл.).

Индексация	Элемент
A, B, C, \dots	Исполнительные механизмы, например <u>пневмоцилиндры</u>
a_a, b_a, c_a, \dots	Путевые выключатели, фиксирующие втянутое положение штоков цилиндров
a_1, b_1, c_1, \dots	Путевые выключатели, фиксирующие выдвинутое положение штоков цилиндров
$a_{ab}, b_{ab}, c_{ab}, \dots$	Путевые выключатели, фиксирующие промежуточное положение цилиндров штоков
Условное Обозначение	Действие (процесс)
$A+, B+, C+, \dots$	Выдвижение штоков цилиндров <u>A, B, C, \dots</u>
$A-, B-, C-, \dots$	Втягивание штоков цилиндров <u>A, B, C, \dots</u>

Хронологическая форма записи

1-й шаг	Выдвижение штока цилиндра А
2-й шаг	Выдвижение штока цилиндра В
3-й шаг	Втягивание штока цилиндра А
4-й шаг	Втягивание штока цилиндра В

Арифметическая форма записи

$A+$ $B+$ $A-$ $B-$

Последовательное выдвигание штоков цилиндров **A** и **B** с последующим их поочередным втягиванием.

$A+$ $B+$ $A-$

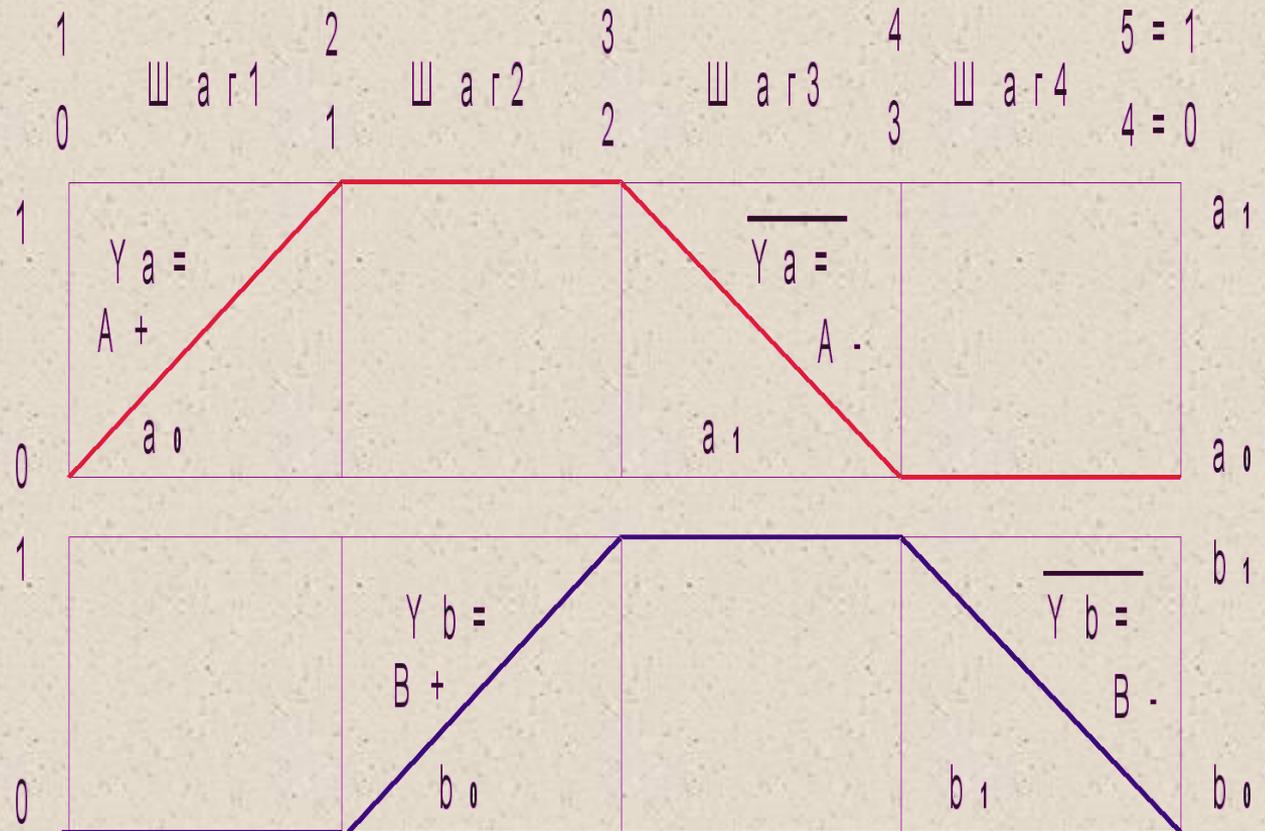
 $B-$

Поочередное выдвигание штоков цилиндров **A** и **B** (сначала **A**, затем **B**) с последующим их одновременным втягиванием.

Табличная форма записи

Номер шага	A	B	C	D
1	+	*	*	*
2	*	+	*	*
3	-	*	+	*
4	*	-	*	+
5	+	*	*	*
6	-	*	-	-

Диаграмма «перемещение — шаг» установки для перемещения коробок

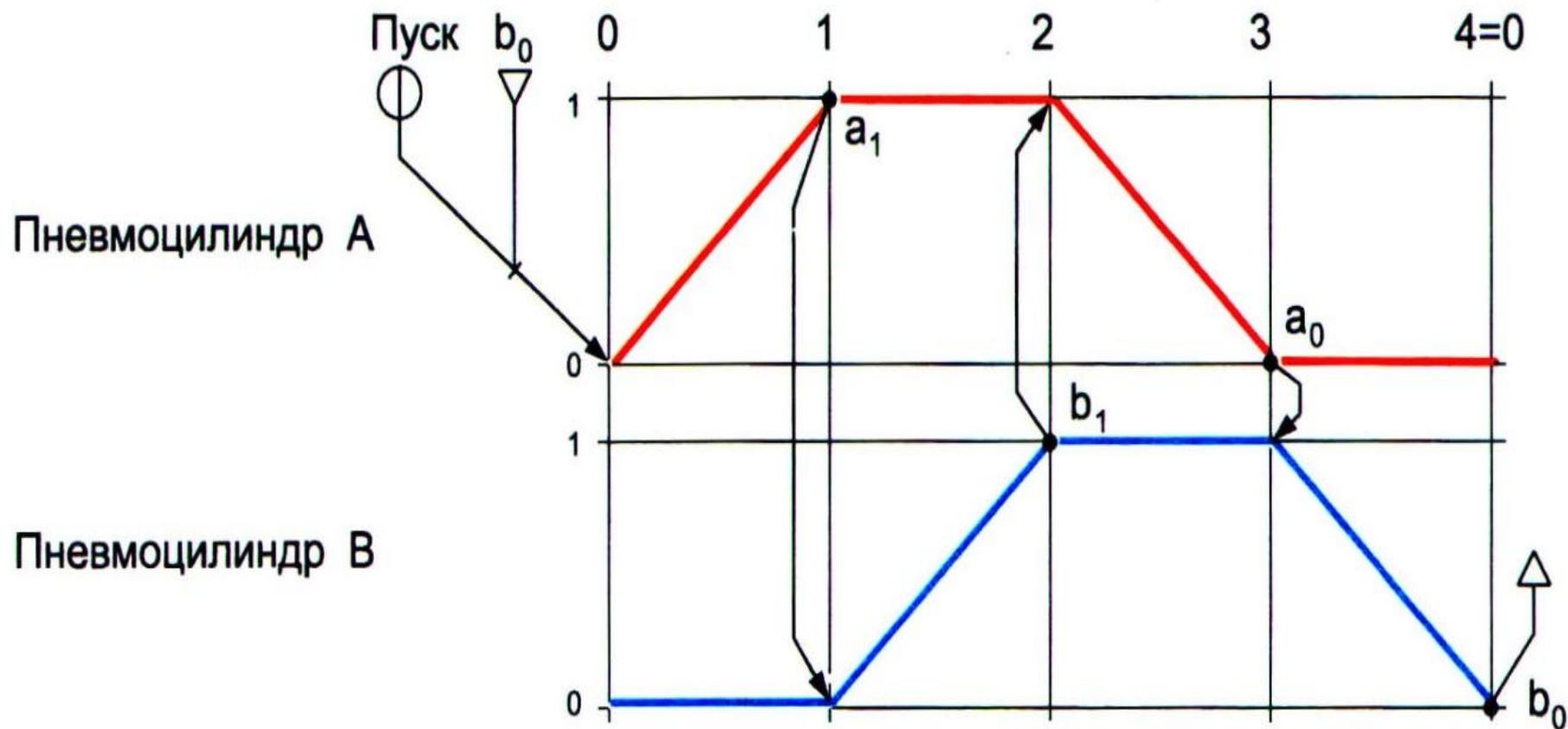


Для изображения на диаграммах сигнальных устройств, а также логических взаимосвязей между сигналами применяют следующие обозначения

	Включить		a_1 Путевой выключатель
	Выключить		Логическая функция ИЛИ
	Включить - выключить		Логическая функция И
	Включено пока нажата кнопка		\bar{a}_1 Логическая функция НЕ
	Аварийное отключение		Разветвление сигнала
	5 с Сигнал от пневмоклапана выдержки времени		Сигнал от другого устройства
	3,5 бар Сигнал от пневмоклапана последовательности		Сигнал на другое устройство

Обозначения сигнальных устройств и логических взаимосвязей между сигналами

Таким образом, в полном виде диаграмма «перемещение — шаг» установки для перемещения коробок принимает вид



Полная диаграмма «перемещение — шаг» установки для перемещения коробок

Если необходимо отразить скоростные характеристики исполнительных механизмов, диаграмму перемещений вычерчивают в координатах «перемещение — время» и присваивают ей соответствующее название. Применяются такие диаграммы, как правило, при пусконаладочных работах.

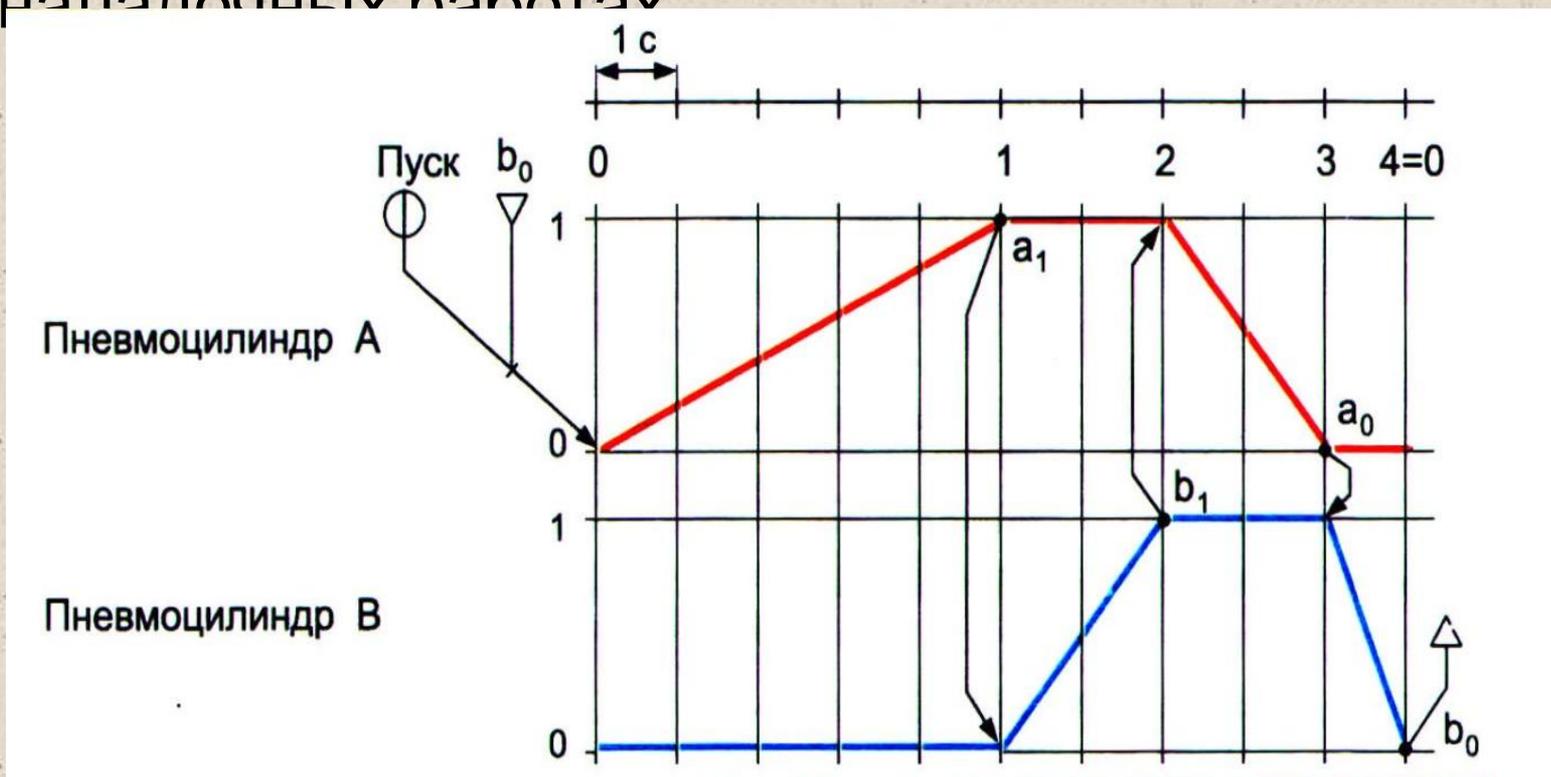


Диаграмма «перемещение — время» установки для перемещения коробки

Методы проектирования пневматических САУ

Проектирование циклических пневматических систем представляет собой комплекс работ, связанных с переходом от словесного описания технологического процесса к построению принципиальной пневматической схемы. Эти работы подразделяются на этапы *алгоритмического, логического и технического проектирования.*

На этапе алгоритмического проектирования переводят словесное описание технологического процесса в формализованные формы представления хода процесса.

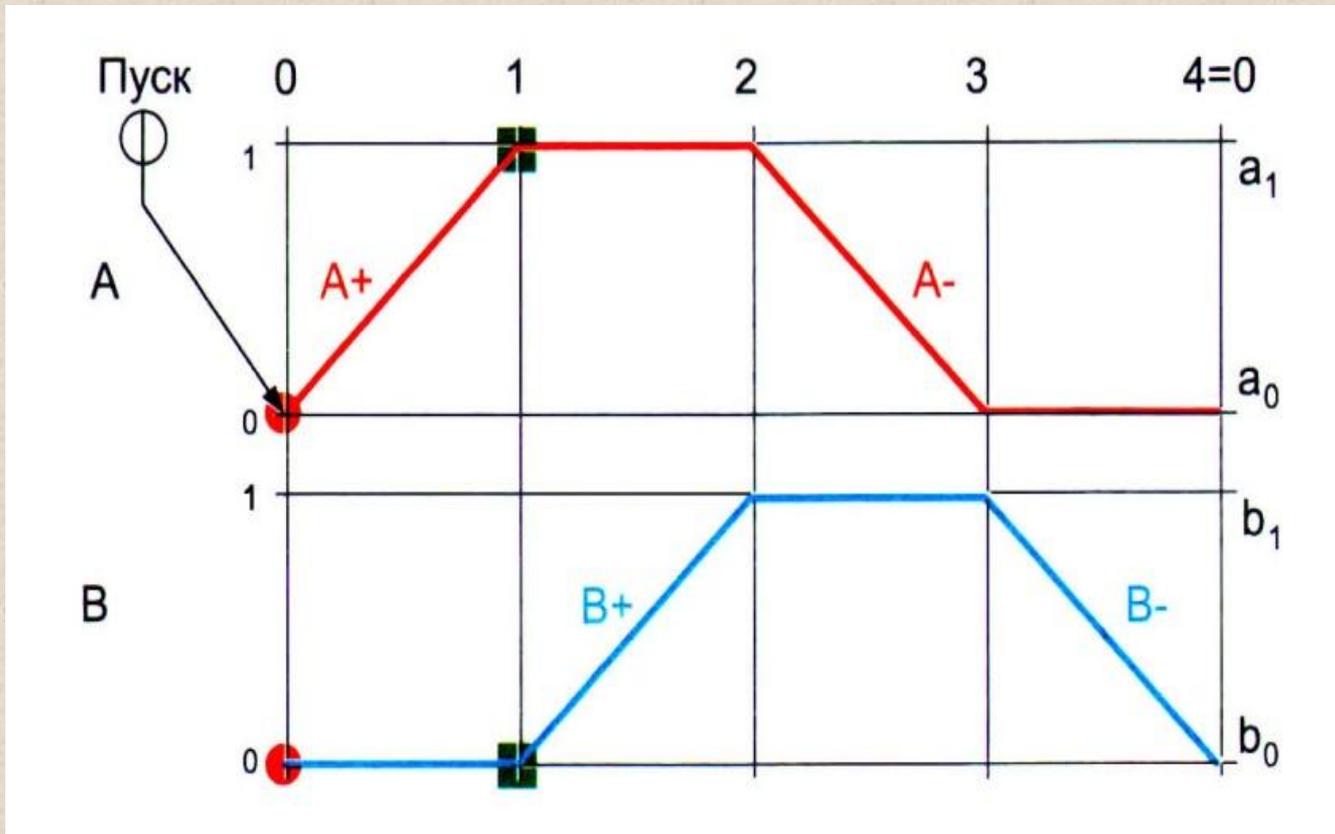
Этап логического проектирования заключается в составлении функциональной структуры системы на основе разработанного алгоритма ее функционирования.

Выбор элементной базы, расчет силовых и скоростных характеристик исполнительных механизмов, расчет проходных сечений устройств и построение принципиальной схемы пневматической системы — все это осуществляется *на этапе технического проектирования.*

Метод составления логических уравнений

Пользуясь диаграммой «перемещение — шаг», можно описать состояния системы управления перед выполнением каждого шага в виде логических уравнений. В левой части этих уравнений записывают символ действия, которое должно произойти на предстоящем шаге, а в правой — логические связи между сигналами от кнопок оператора и путевых выключателей, дающих команду на выполнение этого действия.

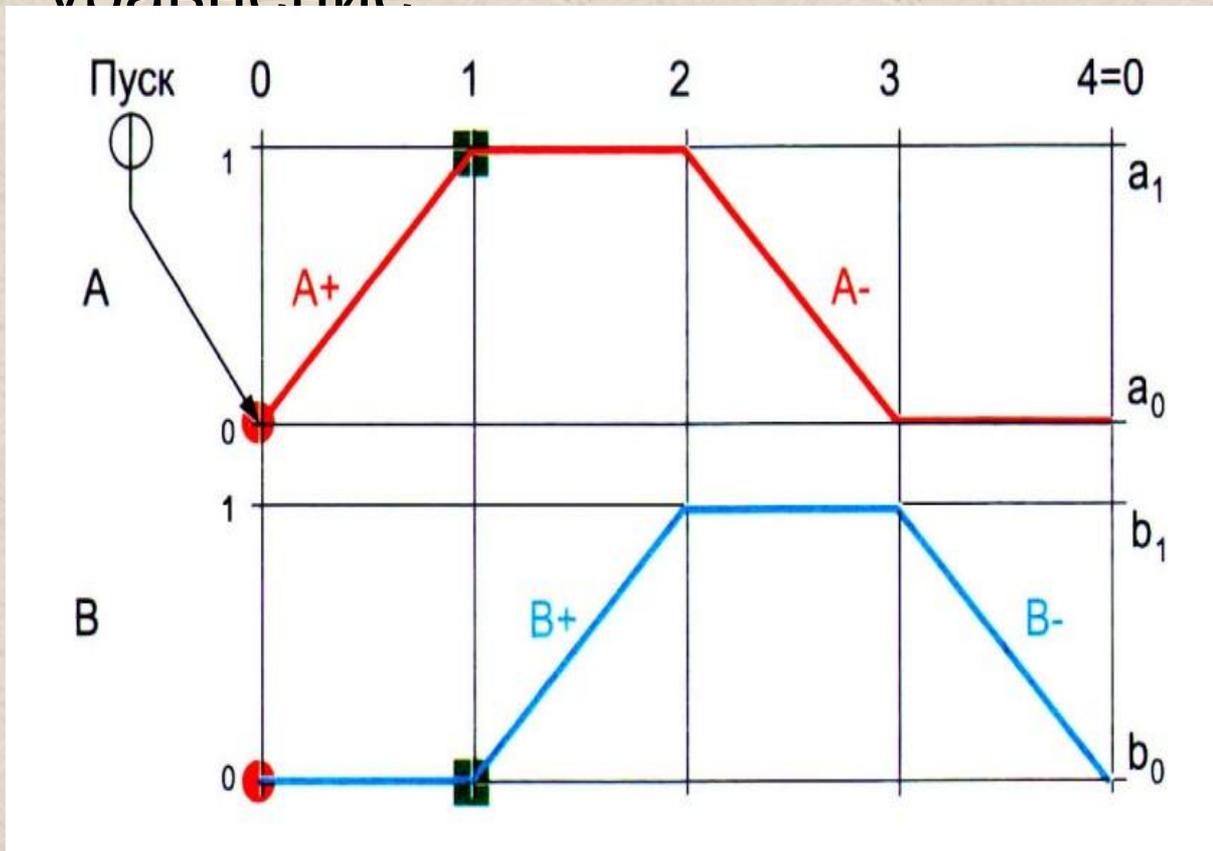
Рассмотрим исходное (предпусковое) состояние системы (состояние 0).



В состоянии 0 (исходном), когда штоки обоих цилиндров втянуты, активны путевые выключатели a_0 и b_0 . Следовательно, команда на выполнение 1-го шага $A +$ должна подаваться при наличии сигналов от двух названных устройств и кнопки «Пуск». Таким образом, можно записать следующее логическое уравнение:

$$A + = \text{Пуск} \cdot a_0 \cdot b_0.$$

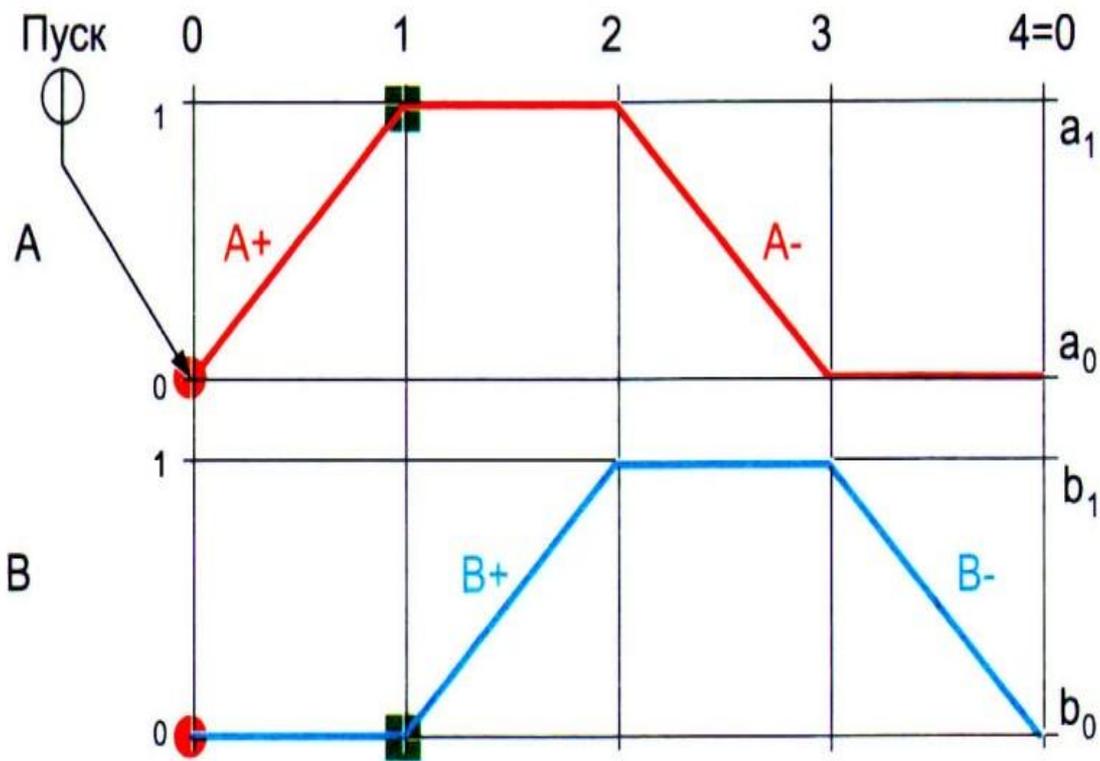
После выполнения 1-го шага комбинация активных путевых выключателей изменится (см. состояние 1). Выполнение 2-го шага **V+** начнется при условии поступления сигналов от выключателей a_1 и b_0 . Отсюда получаем второе уравнение:



$$B + = a_1 \cdot b$$

0

Система логических уравнений, описывающая работу устройства для перемещения коробок, в конечном итоге будет иметь следующий вид:



$$A+ = \text{Пуск} \cdot a_0 \cdot b_0$$

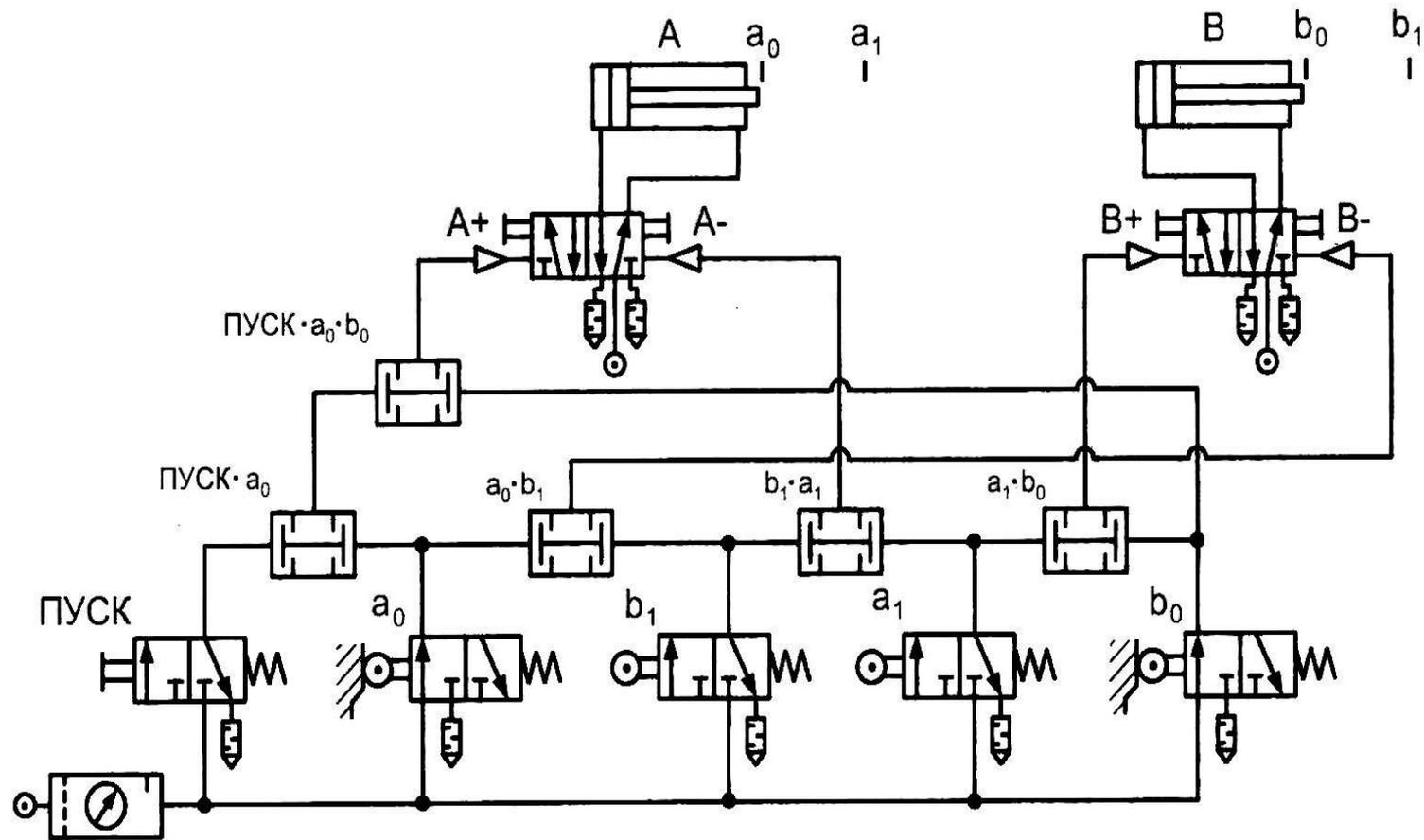
;

$$B+ = a_1 \cdot b_0;$$

$$A- = a_1 \cdot b_1;$$

$$B- = a_0 \cdot b_1.$$

За основу исполнительной подсистемы пневмоцилиндры двустороннего действия с управлением от бистабильных распределителей, получим следующую принципиальную пневматическую схему установки для перемещения коробок



Принципиальная пневматическая схема установки для перемещения коробок

Произведем оптимизацию уравнений. упростить путем исключения избыточных сигналов. Таковыми для каждого отдельного шага считают сигналы, задействованные при формировании команды на выполнение предыдущего шага.

$$A + = \text{Пуск} \cdot a_0 \cdot b_0;$$

$$B + = a_1 \cdot b_0;$$

$$A - = a_1 \cdot b_1;$$

$$B - = a_0 \cdot b_1.$$

С учетом вышесказанного система логических уравнений, описывающих работу установки для перемещения коробок, принимает следующий вид:

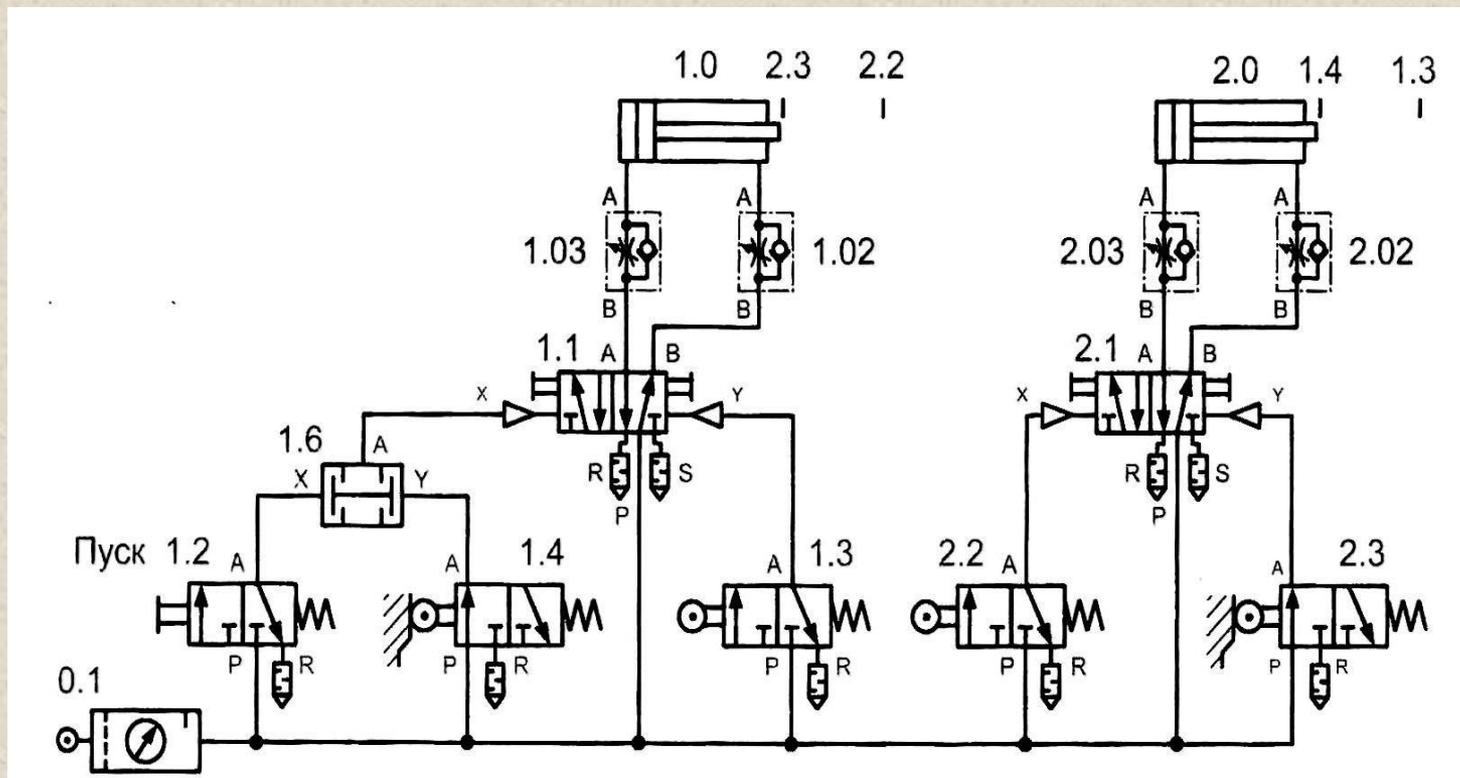
$$A_+ = \text{Пуск} \cdot b_0;$$

$$B_+ = a_1;$$

$$A_- = b_1;$$

$$B_- = a_0.$$

Окончательный вариант принципиальной пневматической схемы установки для перемещения коробок.

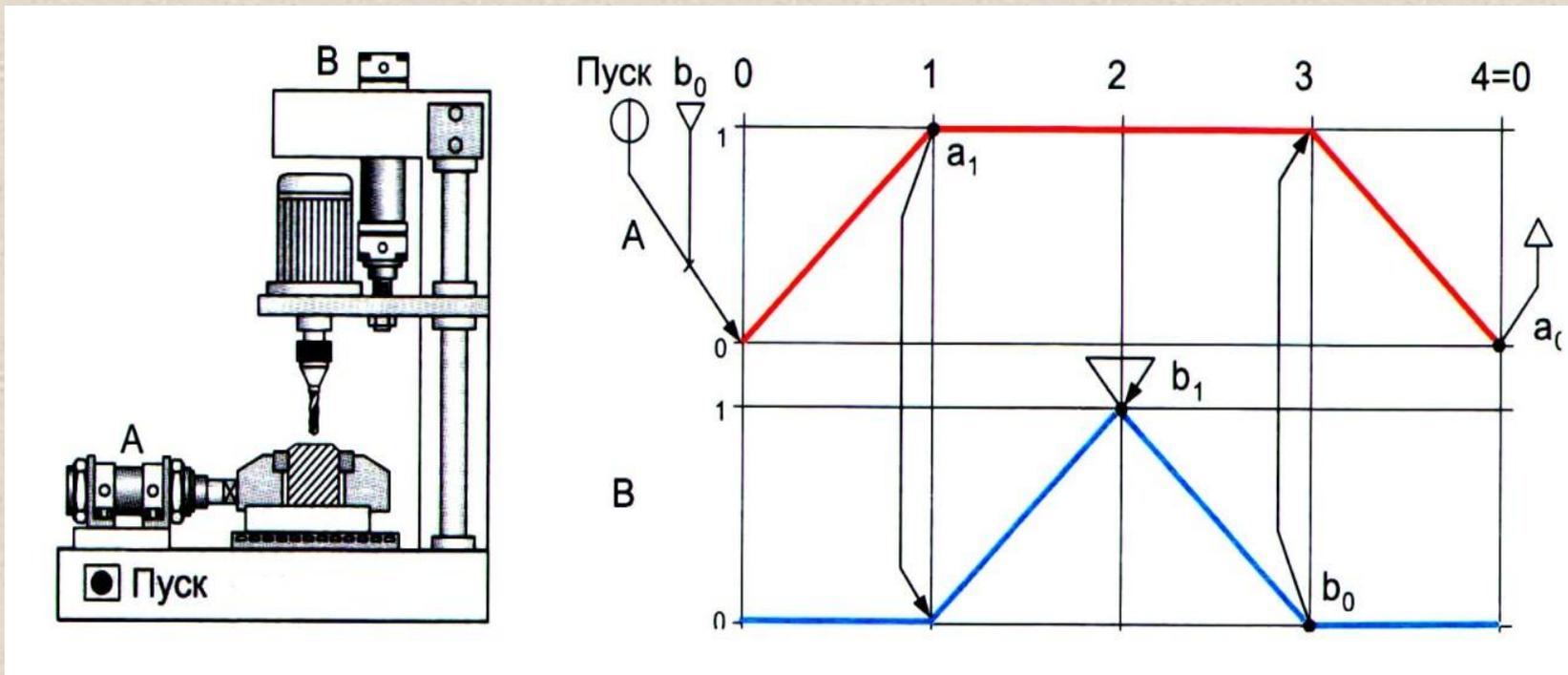


Окончательный вариант принципиальной пневматической схемы установки для перемещения коробок

Следует иметь в виду, что рассмотренный выше способ упрощения системы логических уравнений далеко не всегда применим, поскольку некорректное его использование приводит к неправильной трактовке уравнений, особенно в случае наличия так называемых совпадающих шагов.

Под *совпадающими шагами* будем понимать такие шаги, уравнения, описания которых имеют одинаковые или эквивалентные правые части. Это означает, что отличающиеся друг от друга шаги (совпадающие) начинают выполняться при возникновении одной и той же комбинации сигналов от путевых выключателей.

Сверлильный полуавтомат и его диаграмма «перемещение — шаг»



При кратковременном нажатии на пусковую кнопку первый цилиндр **A** фиксирует заготовку в позиции для обработки путем ее зажатия. Далее автоматически начинает выдвигаться шток второго цилиндра **B**, т. е. выполняется рабочий ход инструмента. После достижения крайнего положения шток цилиндра **B** возвращается в исходную позицию, а затем втягивается и шток цилиндра **A**.

Уравнения, описывающие работу станка-полуавтомата, будут иметь вид (без упрощения)

$$A + = \text{Пуск} \cdot a_0 \cdot b_0;$$

$$B + = a_1 \cdot b_0;$$

$$B - = a_1 \cdot b_1;$$

$$A - = a_1 \cdot b_0.$$

Вводят дополнительные сигналы X_1 и X_2 , в результате чего эти уравнения запишутся следующим образом:

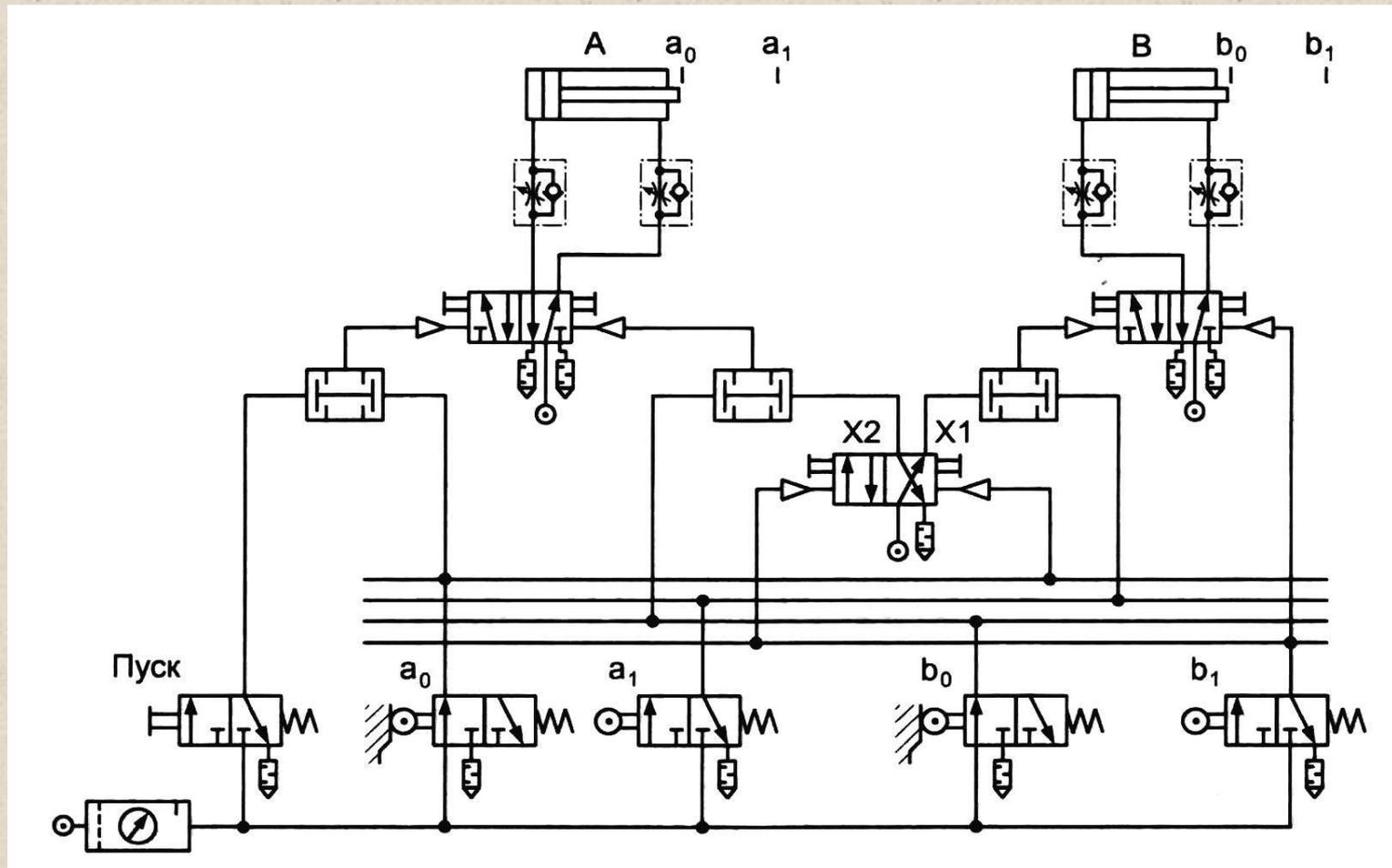
$$B_+ = a_1 \cdot b_0 \cdot X_1;$$

$$A_- = a_1 \cdot b_0 \cdot X_2.$$

Два дополнительных сигнала X_1 и X_2 можно реализовать путем применения пневматического триггера, выполнение функций которого обеспечивается, к примеру, бистабильным 4/2-распределителем с пневматическим управлением. Если триггер включен, то на его выход подается сигнал X_1 , если выключен — сигнал X_2 .

Упрощение системы уравнений,
содержащей совпадающие шаги,
следует проводить только после
дополнения правых частей
соответствующих уравнений

Принципиальная пневматическая схема сверлильного полуавтомата



Составление и чтение схемы можно значительно упростить путем использования шин при ее изображении. *Шинами* называют горизонтальные линии, соединенные на схеме с выходами определенных устройств.

Ссылка видео построения циклограмм с разными типами шагов и построения пневматической системы.

<https://youtu.be/1-y5p3nVRoY>