

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания

к выполнению курсового проекта
для студентов всех форм обучения
направления

15.03.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств»
(квалификационный уровень – бакалавр)

Севастополь
СевГУ
2019

УДК 658.012.011.56:681.624
П79

Рецензент:

А.О. Харченко - профессор кафедры «Технология машиностроения» СевГУ,
канд. техн. наук

Составители: А.Г. Карлов, М.А. Худаймуратов

**П79 Проектирование систем автоматизации технологических процес-
сов:** метод. указания к выполнению курсового проекта / Сост. А.Г. Карлов,
М.А. Худаймуратов – Севастополь: СевГУ, 2019. – 78 с.

Методические указания предназначены для учебно-методического обеспечения дисциплин «Проектирование систем автоматизации технологических процессов».

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении курсового проекта по указанной дисциплине.

УДК 658.012.011.56:681.624

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Приборные системы и автоматизация технологических процессов», протокол № 11 от 30 апреля 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	5
1.1 Цель и задачи, тематика курсового проекта	5
1.2 Задание на курсовой проект	6
1.3 Содержание курсового проекта	10
1.4 Типовой план курсового проектирования	10
2 ОСНОВНЫЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ НАД ОТДЕЛЬНЫМИ РАЗДЕЛАМИ ПРОЕКТА.....	13
2.1 Содержание, реферат, введение	13
2.2 Исследование состояния поставленной задачи КП	13
2.3 Аппаратная и программная реализация прототипа автоматизированного технологического процесса или производства, конструкция аналога автоматизированного комплекса, постановка задачи КП.....	13
2.4 Понятие передовых производственных технологий (ППТ) и особенности IV промышленной революции.....	19
2.5 Разработка (модернизация) технологической схемы, компоновочного чертежа АТК.....	23
2.6 Обоснование возможности совмещения рабочих движений в АТК, выбор исполнительных и информационных элементов, разработка циклограммы работы.....	26
2.7 Разработка графа переходов, блок-схемы алгоритма работы, структурной, функциональной, электрической, пневматической схем АТК	27
2.7.1 Разработка графа переходов АТК.....	27
2.7.2 Блок-схема алгоритма работы АТК	31
2.7.3 Структурная схема АТК	31
2.7.4 Функциональная схема АТК.....	32
2.7.5 Схема электрическая принципиальная АТК	34
2.7.6 Схема пневматическая принципиальная АТК	36
2.8 Обоснование элементной базы, выбор коммутационной аппаратуры, программного и аппаратного обеспечения АТК.....	37
2.8.1 Элементная база АТК	37
2.8.2 Коммутационная аппаратура комплекса и промышленной компьютерной сети	37
2.8.3 Аппаратное и программное обеспечение АТК	38
2.9 Расчеты микропроцессорных подсистем АТК, разработка программ для контроллеров и других модулей управления	42
2.9.1 Расчеты подсистем микропроцессорной системы.....	42
2.9.2 Разработка программ для контроллеров	42

2.10	Расчеты и проектирование отдельных подсистем и механизмов АТК	42
2.11	Проектирование монтажных чертежей для датчиков, исполнительных двигателей и других элементов АТК	44
2.12	Описание работы спроектированного АТК, его функциональных подсистем	45
2.13	Требования к монтажу, безопасной эксплуатации, обслуживанию и ремонту АТК	45
2.14	Выводы по проекту.....	45
2.15	Требования к оформлению библиографического списка.....	46
2.16	Приложения к КП	46
3	ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КП.....	47
4	ТРЕБОВАНИЯ К ДОКЛАДУ, ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ КП ПЕРЕД КОМИССИЕЙ, КРИТЕРИИ ОЦЕНОК.....	48
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	49
	ПРИЛОЖЕНИЕ А - Варианты заданий на курсовое проектирование (по материалам компании FESTO [22]).....	51
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Образец оформления списка литературы (ГОСТ 7.1—2003).....	766

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Цель и задачи, тематика курсового проекта

Цель данного курсового проекта: овладение методами проектирования систем автоматизации технологических процессов, применяемых в различных отраслях промышленного производства; умение обосновать рациональную технологию автоматизированного технологического процесса, провести анализ и синтез систем автоматизации, выполнить необходимые расчеты, выбрать комплектующие информационной и исполнительной подсистем, разработать программу работы автоматизированной системы.

Основные задачи курсового проектирования:

- закрепление теоретических знаний по базовым циклам дисциплин учебного плана подготовки бакалавра по направлению обучения 15.03.04;
- приобретение умений и практических навыков проектирования автоматизированных технологических процессов, расчета технических средств автоматизации, использования современных программных и аппаратных средств моделирования и управления компьютерно-интегрированными технологическими процессами и производствами;
- совершенствование знаний, умений и навыков поиска новой информации в технических изданиях, книгах, локальных и глобальных компьютерных сетях для обоснования и решения задач, поставленных в задании по КП с учетом реальных ресурсов и ограничений конкретных производителей средств автоматизации, имеющихся в каталогах фирм.

Тематика КП определяется в соответствии с заданием на проект. При обосновании темы проекта студента преподаватель должен отдавать предпочтение реальным темам, технологическим процессам, которые актуальны для промышленности России, Крыма, Севастополя. Рекомендуется в качестве базовой технологии проекта выбирать темы КП, которые перспективны в качестве возможной темы ВКР бакалавра.

Отрасли промышленности, типы технологических процессов, которые являются базовыми для темы конкретного проекта, накладывают особенности, как на структуру, так и на содержание проекта. Рекомендуем выбор тем предприятий пищевой и перерабатывающей отраслей, приборостроения и электроаппаратостроения, машиностроения. Актуальными для России сегодня являются процессы автоматизации дозирования, расфасовки, упаковки, маркировки, контроля качества продукции. Популярными остаются и процессы обработки (металлов, дерева, пластмасс), окраски, нанесения защитных покрытий, сборки изделий. Перспективными становятся и проекты типа «Умный дом».

Целесообразно ориентировать студентов на выбор комплектующих изделий и технических решений из наиболее доступных информационных ресурсов таких производителей средств автоматизации, таких как Siemens [1,5], Schneider Electric [2,6], Camozzi [3,7], Festo [4,8] и других компаний.

1.2 Задание на курсовой проект

В бланке задания на курсовой проект в исходных данных должно быть указано:

- эскиз с размерами объекта автоматизации, его материалы (деталь, сборочные единицы, состав жидкости, газа, тип сыпучего материала, материал упаковки, тип упаковки и т.д.);
- прототип базового технологического процесса, который должен быть автоматизирован с указанием уровня серийности производства (мелкосерийное, серийное, крупносерийное, массовое);
- тип базовой системы управления (микропроцессор, программируемый логический контроллер, промышленный компьютер);
- тип промышленной компьютерной сети АСУ ТП (AS-i, PROFIBUS, Modbus).

Возможные варианты заданий приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Варианты заданий [1-8, 27]

№ варианта	Объект автоматизации, каталог производителя, материал деталей, тип упаковки	Базовый технологический процесс; серийность производства	Базовая система управления	Пром. комп. сеть
1	2	3	4	5
1	Деталь «Фланцевое крепление» Тип FUA-63, с. 2-59, FESTO, алюминий, анодированный бесцветно.	Механообраб, М.	МП.	AS-i
2	Деталь «Заготовка цилиндр ди-ам. 25», для ПЦ DSNU-25-100-P-A FESTO, с. 2-144, легированная сталь.	Механообраб, С.	ПЛК	AS-i
3	Деталь «Поворотный фланец» Тип SUA-100, с. 2-60, FESTO, алюминий.	Механообраб, К.	РС	AS-i
4	Деталь «Опорная стойка» Тип LNG-100, с. 2-62, FESTO, литье из модифицированного чугуна.	Механообраб, М.	МП.	AS-i
5	Деталь «Монтажная плита» Тип PRS-1/8-4-B, с. 3-44, FESTO, алюминий.	Механообраб, С.	ПЛК	AS-i
6	Сборочная единица «Крышка с опорной втулкой», с. 2-88, FESTO, алюминий-бронза.	Сборка с пресс. работами, К.	ПЛК	PROFI BUS
7	Жестяные банки с консервами 400 г, картонная тара на 6 банок.	Упаковка банок в картонную тару, М.	МП.	PROFI BUS

8	Упаковка яиц в картонную ячеистую тару по 30 штук.	Упаковка хрупких объектов, М.	ПЛК	PROFI BUS
9	Молочная продукция, стеклянная бутылка 1 л.	Упаковка, фасование, С.	РС	PROFI BUS
10	Молочная продукция, ПЭТ-бутылка 1 л.	Упаковка, фасование, К.	МП.	PROFI BUS
11	Молочная продукция, тетра-пак, картон 0.5 л.	Упаковка, С.	ПЛК	AS-i
12	Минеральная вода, ПЭТ-бутылка 1л, пакование в термоусадочную плёнку.	Упаковка, К.	РС	AS-i
13	Овощные консервы, вакуумная упаковка в стекл. банку 0,5 л.	Упаковка, С.	МП.	AS-i
14	Деталь «Передний фланец» Мод. DE-41-160; стр. 1.08 04, Camozzi, алюминий.	Механообраб, М.	ПЛК	AS-i
15	Деталь «Задний фланец» Мод. D-E-31-100, стр. 1.06 008; Camozzi; оцинкованная сталь.	Механообраб, С.	РС	AS-i
16	Деталь «Центр. подвеска» Мод. F-80, стр. 1.07 005; Camozzi. оцинкованная сталь.	Механообраб, К.	МП.	PROFI BUS
17	Деталь «Многоместная плита» Мод. ES30-2G, стр. 2.06 038; Camozzi, алюминий.	Механообраб, М.	ПЛК	PROFI BUS
18	Деталь «Колодка для распредел.» Мод. E550-0101, стр. 2.06 037; Camozzi, алюминий.	Механообраб, С.	РС	PROFI BUS
19	Сборочная единица «Шарнирное крепление» Мод. I-42-63; с.1.11 005, Camozzi, нержавеющая сталь.	Сборка с зазором, С.	МП	PROFI BUS
20	Сборочная единица «Шарнирное крепление» Мод. C+L+S-125, с. 1.12 006, Camozzi, нерж. сталь.	Сборка с зазором, К.	ПЛК	PROFI BUS
21	Сборочная единица «Шарнирное крепление под углом 90°» Мод. ZC-90-100; с. 1.12 006, Camozzi, нержавеющая сталь+бронза	Сборка с натягом, М.	РС	AS-i
22	Сборочная единица «Кронштейн» Мод. I-92-63; с. 1.12 -12, Camozzi, нержавеющая сталь+латунь	Сборка с натягом, К.	МП	AS-i
23	Сборочная единица «Клапан быст-	Сборка с зазором, К.	ПЛК	AS-i

	рого выхлопа» Мод. VSC 522 – 1/2			
24	Изготовление ПЭТ бутылки.	Выдув из ПЭТ-преформы, С.	РС	AS-i
25	Резка пластиковых и алюминиевых профилей.	Резка дисковой пилой, М.	МП	AS-i
26	Расфасовка сахара песка в пластиковые мешки 2 кг.	Фасовка, терморезка, сварка, М.	ПЛК	PROFI BUS
27	Упаковка тетрапаков 1 л с соком в термоусадочную пленку.	Упаковка, нагрев в термозоне, С.	РС	PROFI BUS
28	Деталь «Фитинг» Мод. 30033; стр. 7.08 009; Camozzi, алюминий.	Механообраб, К.	МП	PROFI BUS
29	Загрузка плоских заготовок в пресс (приложение А, А1-10).	Штамповка плоских деталей, С.	ПЛК	AS-i
30	Специальная сверлильная головка (приложение А, А2-12).	Сверление, зенкерование цилиндрических деталей, К.	ПЛК	AS-i
31	Устройство для сверления поперечных отверстий в круглых деталях (приложение А, А3-14).	Сверление отверстий, С.	ПЛК	AS-i
32	Устройства для выгрузки из бункера сыпучих материалов или штучных деталей (приложение А, А4-17).	Выгрузка из бункера песка или шариков, К.	ПЛК	AS-i
33	Устройство для двухсторонней тампонной печати (приложение А, А5-19).	Нанесение рисунка на детали, С.	ПЛК	AS-i
34	Устройство для запрессовки зажимных втулок (приложение А, А6-20).	Запрессовка втулки, М.	ПЛК	PROFI BUS
35	Участок транспортера с накопителем (приложение А, А7-26).	Транспортировка изделий с накоплением. С.	ПЛК	PROFI BUS
36	Поддающее устройство для плоских шайб (приложение А, А8-33).	Подача шайб на роторный стол, К.	ПЛК	PROFI BUS
37	Устройство для нанесения клея (приложение А, А9-38).	Склеивание поверхностей, С.	ПЛК	PROFI BUS
38	Устройство для установки на вал стопорных колец (приложение А, А10-44).	Сборка кольца стопорного с валом, К.	ПЛК	PROFI BUS
39	Сборочное устройство для легких запрессовочных работ (приложение А, А11-45).	Сборка фланца с кольцом, С.	ПЛК	PROFI BUS
40	Сборочно-транспортная установка (приложение А, А12-47).	Сборка с циркуляцией паллет, С.	ПЛК	AS-i
41	Установка для загрузки поддо-	Загрузка европод-	ПЛК	AS-i

	нов (приложение А, А13-51).	донов. К.		
42	Установка для перегруппировки перемещающихся по конвейеру бутылок (приложение А, А14-81).	Перегруппировка изделий на конвейере, С.	ПЛК	AS-i
43	Устройство для упаковки жестяных банок (приложение А, А15-85).	Упаковка банок в картонную тару, К.	ПЛК	AS-i
44	Устройство для подачи деталей из магазина к токарному автомату (приложение А, А16-88).	Загрузка токарного станка, С.	ПЛК	AS-i
45	Устройство подачи деталей к машине для склеивания (приложение А, А17-90).	Подача плит к узлу склеивания, С.	ПЛК	PROFI BUS
46	Устройство подачи листовых деталей (приложение А, А18-91).	Загрузка прессов для глубокой вытяжки, К.	ПЛК	PROFI BUS
47	Многорядный промежуточный накопитель (приложение А, А19-97).	Выдача заготовок из накопителей, С.	ПЛК	PROFI BUS
48	Устройство для подачи и промежуточного складирования валов (приложение А, А20-99).	Загрузка токарного станка, К.	ПЛК	PROFI BUS
49	Автомат пайки с вытяжным устройством для отсоса вредных газов (приложение А, А21-01).	Пайка изделий типа фланец, С.	ПЛК	PROFI BUS
50	Устройство для разгрузки стапеля (приложение А, А22-02).	Разгрузка плит из стапеля, С.	ПЛК	PROFI BUS
51	Устройство для подачи листовых заготовок из стапеля (приложение А, А23-03).	Подача пластин на конвейер, К.	ПЛК	AS-i
52	Автомат для обработки концов труб (приложение А, А24-04).	Торцевание труб, С.	ПЛК	AS-i
53	Сдвоенное загрузочное устройство для поточной линии (приложение А, А25-09).	Быстрая установка заготовок на транспортер. К.	ПЛК	AS-i

Примечания:

В табл. 1 имеются условные сокращения:

1) в столбце 3: серийность обозначена буквами: М – мелкосерийное, С – серийное, К – крупносерийное производство изделий;

2) в столбце 4: МП – микропроцессор; ПЛК – программируемый логический контроллер; РС – РС- контроллер — это промышленный персональный компьютер (Industrial PC) с IBM PC-подобной или совместимой архитектурой;

По согласованию с преподавателем структура задания и содержание исходных данных по вариантам могут быть скорректированы.

1.3 Содержание курсового проекта

Пояснительная записка:

- Введение;
- Аналитический обзор прототипов автоматизированных технологических процессов, систем управления, постановка задачи КП (см. п. 2.4. -2.5.);
- Технологическая часть (см. п. 2.6. - 2.7.);
- Проектирование компонентов системы управления (см. п. 2-8. - 2.10);
- Конструкторская часть (см. п.2.11. -2.14.);
- Заключение;
- Библиографический список;
- Приложение.

Ориентировочный объем пояснительной записки 25-30 листов.

Графическая часть:

- Лист формата A1 - общий вид автоматизированного технологического комплекса (АТК);
- Лист формата A1 - функциональная схема автоматизации комплекса;
- Лист формата A2 - граф переходов (для PLC-платформы) или блок-схема алгоритма управления для PC-платформы или микропроцессорной системы управления;
- Лист формата A1 - схема электрическая принципиальная комплекса;
- Лист формата A2 - монтажный чертеж датчика + детализовка или схема пневматическая принципиальная комплекса или результаты моделирования работы привода (пневмо-, гидро- или электро-).

1.4 Типовой план курсового проектирования

Таблица 1.2 – План курсового проектирования

Этапы и разделы КП	Рекомендации по выполнению разделов пояснительной записки	Графическая часть	Недели семестра
1	2	3	4
Введение	Дать краткую характеристику особенностей современных АТК в различных отраслях производства.		1-я
1. Аналитический обзор прототипов КИКС	Сравнить аналоги автоматизированных технологических процессов, систем управления, сформулировать задачу КП.		2-я
2. Технологическая часть	Предложить варианты модернизации базовой технологической схемы. Уточнить технологическую документацию. Сравнить	Лист 1. Общий вид АТК	3-я

	возможные компоновки АТК. Обосновать свой вариант компоновочного чертежа АТК.		
3. Проектирование компонентов системы управления	3.1. Разработать функциональную схему автоматизации. Уточнить выбор программного обеспечения АТК, выбрать модель контроллера (МП или РС).	Лист 2. Функциональная схема автоматизации АТК.	4-я
	3.2. Разработать граф переходов (блок-схему алгоритма работы), структурную, схему АТК. Обосновать элементную базу системы управления, выбрать коммутационную аппаратуры, датчики, уточнить аппаратное обеспечение АТК.	Лист 3. Граф переходов или блок-схема алгоритма работы АТК.	5-я
	3.3. Выполнить необходимые расчеты микропроцессорных подсистем АКТ, разработать программу для выбранной платформы управления.	Лист 4. Схема электрическая принципиальная АКТ.	6-я
4. Конструкторская часть	4.1. Спроектировать отдельные функциональные подсистемы и механизмы АТК (по согласованию с преподавателем).	Лист 5. Результаты моделирование динамики привода.	6-я
	4.2. Спроектировать монтажные чертежи для датчиков, исполнительных двигателей и других элементов АТК.	Лист 5. Монтажный чертеж датчика (или привода) + детализировка.	7-я
	4.3. Спроектировать схему пневматическую принципиальную АТК с обоснованием и описанием комплектующих элементов схемы по каталогу фирмы-производителя. 4.4. Выполнить уточненное описание работы спроекти-	или Лист 5. Схема пневматическая принципиальная комплекса.	7-я

	рованного АТК, его функциональных подсистем. 4.5. Сформулировать требования к монтажу, безопасной эксплуатации, обслуживанию и ремонту АТК.		
Заключение	Подвести итоги выполненной в рамках курсового проекта работы, отметить оригинальные решения, их преимущества и недостатки, возможные пути развития.		8-я
Библиографический список	Дать ссылки по тексту КП и составить «Библиографический список» в соответствии с ГОСТ.		8-я
Приложение	Привести все необходимые спецификации к графической части, справочные материалы, файлы из Интернета, каталогов фирм - производителей по элементной базе АТК.		8-я
Защита КП	При защите КП студент делает доклад не более 5 минут, ссылаясь на листы графической части и пояснительной записки.		9-я неделя

2 ОСНОВНЫЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ НАД ОТДЕЛЬНЫМИ РАЗДЕЛАМИ ПРОЕКТА

2.1 Содержание, реферат, введение

При оформлении пояснительной записки к курсовому проекту необходимо соблюдать следующую последовательность следования ее первых страниц:

- титульный лист;
- бланк «Задание на курсовое проектирование», который студент должен оформить не позднее 2-й недели семестра и подписать у преподавателя;
- лист «Содержание» (выполняется на бланке со штампом 40 мм в соответствии с ГОСТ на текстовые документы проектов);
- реферат (1-2 абзаца), где кратко дается информация о сути проекта, отражаются ключевые термины и сокращения;
- введение (1-3 страницы), где студент должен дать краткую характеристику особенностей современных АТК в различных отраслях производства, тенденции развития аппаратного и программного обеспечения проектов автоматизации непрерывных и дискретных технологических процессов.

2.2 Исследование состояния поставленной задачи КП

В данном разделе необходимо показать свою общую эрудицию, отразить материалы лекций по ПСАТП и обеспечивающим дисциплинам, дать свое видение трудностей создания проектов аналогичного профиля. Обзор технических журналов, монографий, материалов из Интернета не должен быть простой копией этих данных. Необходим анализ этих материалов, сравнение их между собой, самостоятельные выводы о рациональности различных технико-экономических решений. Желательно представить небольшую классификацию аналогов автоматизированных технологических процессов, сопоставление программных и аппаратных реализаций АТК различных производителей.

Рекомендуется просмотреть каталоги и сайты ведущих производителей средств и систем автоматизации технологических процессов и производств таких как [1-8] и других.

2.3 Аппаратная и программная реализация прототипа автоматизированного технологического процесса или производства, конструкция аналога автоматизированного комплекса, постановка задачи КП

Процесс автоматизации промышленных производств развивается все более ускоряющимися темпами: увеличивается количество «интеллектуальных» конечных устройств, растет число вовлеченных в процессы контроля и управления технологическим процессом вычислительных систем на базе микроконтроллеров. В этих условиях существенно возрастает роль данных, собираемых на всех уровнях АСУТП (автоматизированная система управления технологическими процессами). Требования, предъявляемые со стороны потребителей этой информации, все более ужесточаются в части объема, скорости и надежности получения данных, поэтому вопросы обеспечения коммуникаций становятся высокоприоритетными [9].

В течение многих лет системы обмена данными строились по традиционной централизованной схеме, в которой имелось одно мощное вычислительное устройство и значительное количество кабелей, посредством которых осуществлялось подключение оконечных устройств (датчиков и исполнительных механизмов). Такая структура диктовалась высокой ценой электронно-вычислительной техники и относительно низким уровнем автоматизации производства. Такие недостатки централизованных АСУТП, как большие затраты на кабельную сеть и вспомогательное оборудование, сложный монтаж, низкая надежность и сложная реконфигурация, сделали их во многих случаях абсолютно неприемлемыми как экономически, так и технологически. В условиях бурно растущего производства микропроцессорных устройств альтернативным решением стали цифровые промышленные сети (ЦПС), состоящие из многих узлов, обмен между которыми производится цифровым способом. На сегодняшний день на рынке представлено около сотни различных типов ЦПС, применяемых в системах автоматизации. Технические и стоимостные различия этих систем настолько велики, что выбор решения, оптимально подходящего для нужд конкретного производства, является непростой задачей. Конечным пользователям и проектировщикам распределённых АСУТП без специальной подготовки и практики трудно принять мотивированное решение, способное повысить эффективность производства и обеспечить надежную работу технологического оборудования.

Анализ технической литературы по направлению использования ЦПС на различных уровнях автоматизации производства позволяет сравнить различные примеры, которые описывают сетевые решения, получившие на сегодняшний день широкое признание: это миллионы совместимых оконечных устройств и десятки производителей, выпускающих аппаратные средства построения ЦПС. Наличие на рынке разнообразных наборов программно-аппаратных решений позволяет решить технологические проблемы практически любого производства.

Для предприятий практически полностью потеряли смысл собственные разработки в этой области. Попытка сэкономить средства за счет внутренних ресурсов в большинстве случаев оборачивается созданием громоздких, ненадежных, ни с чем не совместимых и дорогих в обслуживании систем. Сейчас уже очевидно, что ни одна из существующих ныне ЦПС не станет единственной, похоронив все остальные. Многообразие требований автоматизируемых технологических процессов не может быть удовлетворено универсальным и экономически оптимальным решением. Вопрос должен ставиться несколько иначе: только грамотное структурирование комплекса АСУТП и выбор оптимальных решений для конкретных технологических участков может обеспечить прорыв предприятия на новый уровень качества и эффективности производства. Когда обсуждается вопрос о выборе типа промышленной сети, необходимо уточнять, для какого именно уровня автоматизации этот выбор осуществляется. В зависимости от места ЦПС в иерархии промышленного предприятия требования к её функциональным характеристикам будут различны.

Еще не так давно иерархия АСУТП выглядела в виде «трехэтажной» пирамиды (сверху вниз):

- 1) уровень управления предприятием;
- 2) уровень управления технологическим процессом;
- 3) уровень управления устройствами.

На уровне управления предприятием располагаются обычные IBM PC совместимые компьютеры и файловые серверы, объединенные локальной сетью. Задача вычислительных систем на этом уровне - обеспечение визуального контроля основных параметров производства, построение отчетов, архивирование данных. Объёмы передаваемых между узлами данных измеряются мегабайтами, а временные показатели обмена информацией не являются критичными.

На уровне управления технологическим процессом осуществляется текущий контроль и управление. Это управление реализуется в ручном режиме (с операторских пультов) или в автоматическом (по заложенному алгоритму). На этом уровне выполняется согласование параметров отдельных участков производства, обработка аварийных и предаварийных ситуаций, параметризация контроллеров нижнего уровня, загрузка технологических программ, «ручная» выдача команд на исполнительные механизмы. Информационный кадр на этом уровне содержит, как правило, несколько десятков байтов, а допустимые временные задержки могут составлять от 100 до 1000 миллисекунд в зависимости от режима работы. С нижнего уровня собираются текущие показатели контролируемых устройств и механизмов.

На уровне управления устройствами располагаются контроллеры, осуществляющие непосредственный сбор данных и управление оконечными устройствами - датчиками и исполнительными механизмами. Данные, которыми контроллер обменивается с оконечным устройством, обычно имеют объем 1-2 байта, а требования к скорости опроса устройств наиболее жесткие - не более 10 мс.

Тенденции последних лет сделали эту стройную структуру значительно более сложной, а местами и размытой (рисунок 2.1). Система усложнилась по нескольким причинам.

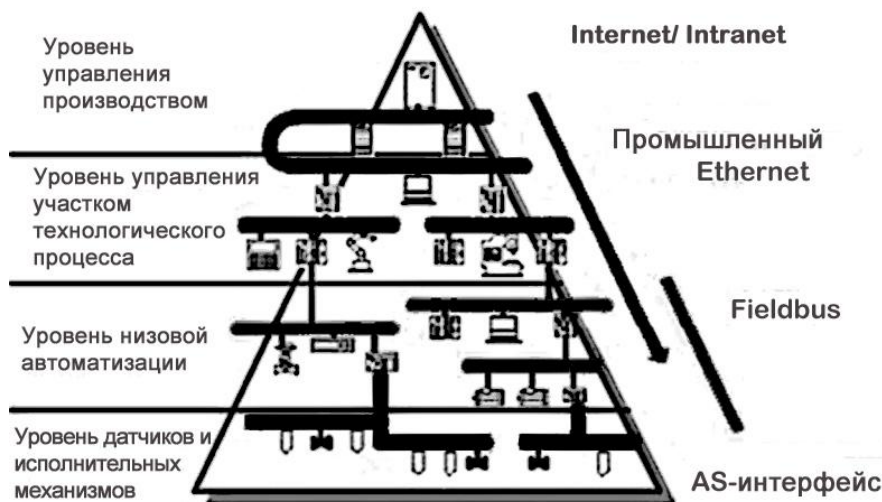


Рисунок 2.1 – Иерархия современной распределённой системы автоматизации

Во-первых, АСУТП все более интегрируется с АСУП (автоматизированная система управления производством), а через нее неизбежно выходит в сферу Интернет/Интранет-технологий. Сегодня уже никого не удивляет желание руководителей предприятия иметь текущую производственную информацию не только в своем кабинете, но и в филиалах или в любой точке мира. Web-технологии делают выполнение этой задачи реальностью.

Во-вторых, значительные успехи демонстрирует так называемый промышленный Ethernet, который доказал свою состоятельность и перспективность для задач интеграции отдельных участков АСУТП в единую структуру и построения ЦПС и который поддерживается всё возрастающей номенклатурой аппаратно-программных средств, соответствующих не только стандарту Ethernet, но и жестким требованиям производственной сферы.

В-третьих, появление сетей AS-интерфейса (Actuators/Sensors Interface – интерфейс приводов и датчиков) фактически означало появление четвертого, самого нижнего уровня распределенных АСУТП - уровня сети конечных устройств.

В-четвертых, все более расширяется сектор ЦПС, применяемых во взрывоопасных зонах на предприятиях химической, нефтегазовой и других отраслей с опасными условиями производства.

На рисунках 2.2 и 2.3 даны примеры двух вариантов построения автоматизированного технологического комплекса (АТК) упаковки банок в картонную тару. Рисунок 2.2 иллюстрирует подключение двигателей и датчиков АТК посредством AS-интерфейса. При этом коммутация всех сигналов от датчиков к контроллеру и сигналов управления от ПЛК к исполнительным пневмоцилиндрам и другим устройствам обеспечивается двухпроводным кабелем шины AS-интерфейса. На рисунке 2.3 традиционная многопроводная схема подключения датчиков и исполнительных устройств. Достоинства и недостатки каждой из систем необходимо отметить в пояснительной записке к проекту.

Система управления АТК, построенная на базе AS-i имеет следующие преимущества:

- Простота проектирования системы;
- Простота сборки, монтажа, отладки и ввода в эксплуатацию;
- Простота замены компонентов при ремонте без специальных знаний.

Пример расчета снижения цены проекта при использовании AS-i компании Interact вместо варианта традиционного многопроводного подключения аппаратных средств дан в таблице 2.1 [26].

В данном разделе пояснительной записки студент должен кратко охарактеризовать различные уровни АСУП и АСУТП. Наиболее доступными материалами в технической литературе этого направления остаются пока аналоги решений низовой автоматизации. В данном проекте это и будет основным акцентом разработки. Однако студент должен представлять себе и более высокие уровни АСУТП и АСУП. Именно в данном разделе КП можно дать большую часть информации, относящуюся к аналогам технических решений по заданной теме, учитывая специфику технологии.

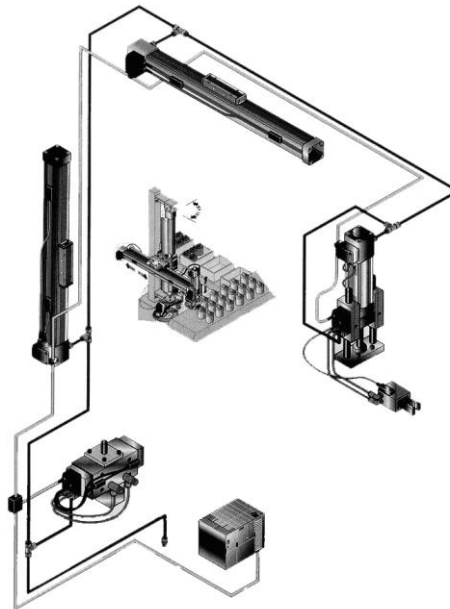


Рисунок 2.2 – Автоматизированный технологический комплекс упаковки изделий с подключением управления через шину AS-i (2-х проводная система организации обмена информации между ПЛК, датчиками и исполнительными приводами)

Для характеристики современных достижений в области АСУТП и АСУП рекомендуется обратить внимание на решения низовой автоматизации, представленные в литературе 70-90 годов прошлого века [10,11,12,13,14] и других источниках. Это позволит студенту оценить качественный скачок в технике автоматизации, который имеет место последние годы. В учебниках и учебных пособиях последних лет издания [15-18] имеется информация о тенденциях развития АСУ и АСУТП, элементной базе, программном обеспечении АТК, сетевых компьютерных технологиях.

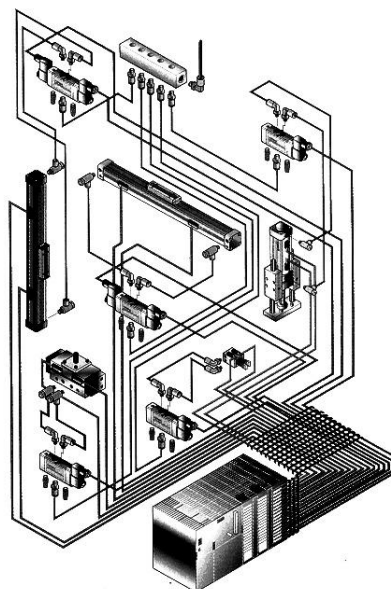


Рисунок 2.3 – Автоматизированный технологический комплекс упаковки изделий с подключением управления по многопроводной системе организации обмена информации между ПЛК, датчиками и исполнительными приводами

Таблица 2.1 – Сравнение затрат на проект АТК при использовании AS-I вместо варианта традиционного многопроводного подключения

Затраты на комплекс и компоненты:	Доля суммы затрат %	Модули управления пневматикой %	Относительная экономия затрат с модулями фирмы Interact, %	Сумма затрат (модули Interact), %
Проектирование и усовершенствование	10	2	66	0,68
Аппаратная часть	17	5	6	5,30
Логистика/администрирование	8	3	60	1,20
Изготовление	25	15	75	3,75
Установка и отладка	40	10	90	1,00
Сумма затрат	100	35		11,93
Оценка экономии совокупных затрат				23,07

На рис. 2.4 представлен один из вариантов конструктивной реализации устройства для быстрого монтажа ASI шины при сборке АТК [26].

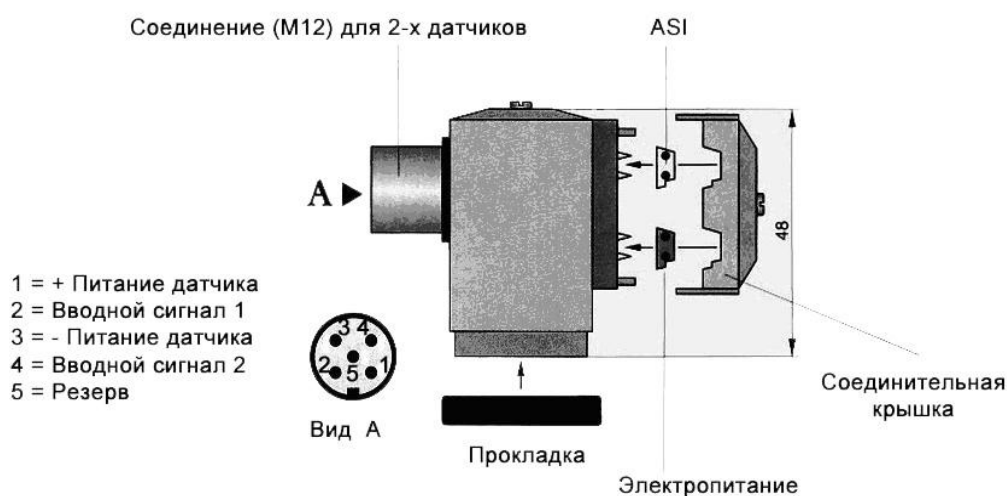


Рисунок 2.4 – Модуль монтажа ASI шины для соединения с датчиками

В конце данного раздела необходимо сформулировать постановку задачи курсового проектирования, что поможет студенту конкретизировать работу по остальным частям проекта.

2.4 Понятие передовых производственных технологий (ППТ) и особенности IV промышленной революции

В этой части расчетно-пояснительной записки к курсовому проекту следует также кратко отразить материалы лекций по дисциплине ПСАТП. В частности, рекомендуем обратить внимание на такие тенденции нашего времени, как глобализация рынков, возрастающая конкуренция, стремительное развитие технологий и наукоемких инноваций, появление сверхсложных научно-технических проблем (комплексных задач на стыке нескольких отраслей промышленности). Все это требует от промышленности гораздо более быстрых темпов развития, предельно коротких циклов разработки, низких цен и высокого качества продукции. Спрос на сложные многофункциональные инженерные изделия стимулирует процесс *постоянных модификаций как самих продуктов (изделий/ конструкций / разнообразных технических систем)*, так и *технологий их производства* - инструментов, позволяющих оптимизировать процессы разработки, изготовления и управления.

Ответом на этот вызов становятся *передовые производственные технологии (ППТ)* – сложный комплекс мультидисциплинарных знаний, наукоемких технологий и системы интеллектуальных ноу-хау, полученных с помощью длительных и дорогостоящих научных исследований, эффективного применения концепции открытых инноваций и трансфера передовых наукоемких технологий. Многие наукоемкие технологии аккумулируют наработки нескольких лет, создаются большими коллективами, а потому трудоемкость их создания составляет тысячи и десятки тысяч человеко-лет. *ППТ–это* совокупность новых, с высоким потенциалом, уже зарекомендовавших себя, демонстрирующих де-факто стремительное развитие, но имеющих пока по сравнению с традиционными технологиями относительно небольшое распространение, новых материалов, методов и процессов, которые используются для производства глобально конкурентоспособных и востребованных на мировом рынке продуктов или изделий (машин, конструкций, агрегатов, приборов, установок и т. д.). В результате сравнения с аналогами по совокупности характеристик передовые производственные технологии имеют наилучшие экономические показатели или вовсе не имеют аналогов [23].

Передовые производственные технологии включают:

- ✓ цифровое проектирование и моделирование как совокупность технологий компьютерного проектирования (Computer-Aided Design, CAD);
- ✓ математического моделирования, компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга (Computer-Aided Engineering, CAE, и High Performance Computing, HPC) и оптимизации (Computer-Aided Optimization, CAO);
- ✓ технологической подготовки производства (Computer-Aided Manufacturing, CAM), в том числе нового поколения, ориентированной на аддитивное производство (Computer-Aided Additive Manufacturing, CAAM);
- ✓ бионического дизайна ((Simulation & Optimization)-Driven Bionic Design);
- ✓ «умных» моделей;
- ✓ «цифровых двойников» (Digital Twin);

- ✓ технологий управления данными о продукте (Product Data Management, PDM) и
- ✓ технологий управления жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management, PLM);
- ✓ новые материалы (в первую очередь, композиционные материалы, метаматериалы, металлопорошки для аддитивного производства);
- ✓ аддитивные технологии, включая 3D-принтеры, технологии, подходы и способы работ с исходными материалами, разработка и эксплуатация расходных материалов и набор услуг по 3D-печати;
- ✓ CNC-технологии и гибридные технологии, включая станки и технологии оборудования с числовым программным управлением,
- ✓ приводную технику,
- ✓ гибридные многофункциональные технологии обработки;
- ✓ промышленную сенсорику – внедрение «умных» сенсоров и инструментов управления (контроллеров) в производственное оборудование, в помещение на уровне цеха или фабрики в целом;
- ✓ технологии робототехники, прежде всего, гибкие производственные ячейки;
- ✓ информационные системы управления предприятием (Industrial Control System – ICS, Manufacturing Execution System – MES, Enterprise Resource Planning – ERP, Enterprise Application Software – EAS);
- ✓ Big Data – генерация, сбор, хранение, управление, обработка и передача больших данных, в первую очередь, «умных» больших данных (Smart Big Data);
- ✓ индустриальный Интернет;
- ✓ технологии виртуальной и дополненной реальности;
- ✓ экспертные интеллектуальные системы и искусственный интеллект.

Традиционное производство vs. Передовое производство



Источник: ИППТ СПбПУ по материалам CIMdata, 2015 г.

Рисунок 2.5 - Сравнение особенностей стадий жизненного цикла изделий при традиционном производстве и реализации передовых производственных технологий [24].

Благодаря применению передовых производственных технологий возможно качественно совершенствовать существующие или вновь создавать сложные продукты нового поколения, характеризующиеся:

- ✓ Количественным и разнообразием составных частей;
- ✓ Соответствием различным техническим требованиям (размеры, форма, вес, прочность, жесткость, характеристики устойчивости, тепловые, термомеханические, динамические, аэрогидродинамические, гидравлические, усталостные, эргономические, эстетические и т. д.; характеристики долговечности и износостойкости);
- ✓ Временем (кратчайшие сроки), затрачиваемым на разработку;
- ✓ Экономической эффективностью (стоимость, логистики, эксплуатация и т.д.);
- ✓ Соответствием экологическим нормам и т.д.

Цифровые технологии позволяют ответить на многие вызовы, поэтому они все глубже проникают во все области, связанные с производством, особенно высокотехнологичным. **«Центр тяжести» в мировой конкуренции смещается на этап проектирования, важность которого значительно возрастает.** Для наиболее полного учета всех факторов, влияющих на продукт в процессе его создания и при последующей эксплуатации, создаются **цифровые двойники высокотехнологичных продуктов и производственных процессов.**

Цифровое проектирование и моделирование - это одна из 10 ключевых технологий IV промышленной революции. Этот класс технологий соответствует мегатренду цифровизации и развитию информационных технологий [24]. **Ключевое отличие традиционного производства от передового заключается в смещении акцента на этап проектирования и создание таких высоко адекватных математических моделей («цифровых двойников»)**, которые позволяют перейти к серийному производству со значительно меньшим числом натурных испытаний (или вообще без них), чем при традиционном производстве.

Примером отрасли-лидера по выводу продуктов на рынок (т.е. по показателю «Time-to-Market») является автомобилестроение. За 50 лет произошло снижение срока вывода автомобилей на рынок с 7 до 1,5 лет [24].

Цель цифровой фабрики - это увидеть и проанализировать продукт до того момента, как он будет произведён. Цифровая фабрика относится к этапам планирования изделия, проектирования изделия и планирования производства.

Эффекты, которые достигаются при применении цифровой фабрики:

- ✓ сокращение числа ошибок при проектировании,
- ✓ сокращение переделок и производственных отходов,
- ✓ сокращение срока вывода продуктов на рынок.

Две основные составляющие планирования производства:

- ✓ виртуальная технологическая проработка,
- ✓ виртуальная сборка и производство.

Составляющие виртуальной технологической проработки:

- ✓ цифровые модели оснастки, т.е. вспомогательных приспособлений при производстве;
- ✓ моделирование и подбор режимов технологических процессов;
- ✓ контроль отклонений и анализ чувствительности технологии к допускам на входной контроль.

При сравнении характеристик традиционного и передового производства эксперты отмечают следующие особенности.

При традиционном производстве (рис. 2.6) компании имеют: низкий уровень автоматизации; низкую производительность труда; затруднен контроль и управление; низкая скорость передачи и обработки информации; длинные производственные циклы; медленная адаптация к изменениям; невозможность изготовления сверхсложных изделий.



Рисунок 2.6 - Традиционное производство



Рисунок 2.7 - Передовые промышленные технологии

Передовые промышленные технологии (рис. 2.7) позволяют обеспечить: высокий уровень автоматизации; высокую производительность труда; доступ к актуальной информации в режиме реального времени для всех подразделений компании; удешевление конечной продукции; минимизацию брака; сокращение производственных циклов; максимальную технологическую гибкость; возможность массовой кастомизации; возможность изготовления сверхсложных изделий [24].

2.5 Разработка (модернизация) технологической схемы, компоновочного чертежа АТК

В задании на КП дается конкретный объект автоматизации. В соответствии с этим студент должен разработать или модернизировать базовый технологический процесс, где должны быть отражены: выбор заготовки и материалов, маршрутная технология, технологические операции и переходы, инструменты, приспособления. Технологическая документация по проекту должна быть

уточнена в данном разделе и затем следует представить в пояснительной записке иллюстратор технологического процесса.

В процессе изучения прототипа автоматизированного технологического комплекса студент подробно изучает технологический процесс упаковки (изготовления, сборки, окраски и проч.), его структуру, анализирует функции отдельных механизмов, функциональных блоков системы управления и информационной подсистемы. Результатом такого творческого процесса должны стать технологическая схема (или иллюстратор техпроцессов) и технологическая карта.

Технологическая схема АТК – графическое изображение технологических процессов в порядке последовательности основных и вспомогательных операций и переходов. Целесообразно представить технологическую схему в виде пространственного расположения объектов, инструментов, элементов оснастки с указанием конкретных значений параметров технологического оборудования (производительность, мощность двигателей, давление сжатого воздуха, напряжение в сети и т.д.).

Технологическая карта – это перечень основных и вспомогательных операций с обозначением рабочих органов, которые реализуют эти операции.

Технологическая схема и карта дают представление о последовательности проведения технологической операции, расположении объектов и рабочих органов, количестве основных и вспомогательных операций и рабочих органов, направлении, траекториях и параметрах движения исполнительных механизмов.

После этого студент должен выполнить компоновочный чертеж проектируемого компьютерно-интегрированного комплекса или системы. Чертеж представляется в соответствии с необходимыми ГОСТами и согласуется с преподавателем в сроки, указанные в разделе 1.4 настоящих методических указаний (МУ). Иллюстратор и компоновочный чертеж должны отражать все информационные элементы, необходимые для получения обратной связи о ходе выполнения автоматизированного технологического процесса. Допускается на данном этапе проекта только обозначить место расположения датчиков, преобразователей, которые необходимы для данного проекта. Выбор конкретных типов, фирм-производителей исполнительных и информационных элементов рекомендуется выполнить на следующем этапе проекта.

На рисунке 2.8 представлен пример выполнения компоновочного чертежа АТК «Стенд тестирования пневмоцилиндров».

2.6 Обоснование возможности совмещения рабочих движений в АТК, выбор исполнительных и информационных элементов, разработка циклограммы работы

В данном разделе проекта студент должен согласовать с преподавателем компоновочный чертеж АТК, провести критический анализ функций исполнительных органов, продумать возможность совмещения рабочих движений, наличие дублирующих функций, нерациональных решений отдельных модулей АТК. После этой работы возможны корректировки компоновочного чертежа АТК.

Далее студент должен показать свои знания и умения работать с каталогами фирм-производителей средств и систем автоматизации технологических процессов. Ксерокопии датчиков, преобразователей, элементов исполнительных двигателей, которые вошли в проект рекомендуется разместить в приложении. Список этих изделий следует оформить в соответствии с ГОСТ в виде спецификации или ведомости покупных изделий, вошедших в данный проект. Эти документы также помещаются в приложении к пояснительной записке.

После уточнения типов и моделей всех исполнительных устройств, датчиков, преобразователей студент разрабатывает циклограмму работы АТК и представляет ее в пояснительной записке.

Графическое изображение последовательности отдельных периодов перемещения рабочих органов машин, срабатывания датчиков информационной подсистемы АТК за время одного цикла, а также продолжительность отработки отдельных тактов работы машины называют цикловой диаграммой или циклограммой.

Создание и расчет циклограмм – ответственный этап проектирования многооперационных АТК циклического действия. Правильное проектирование циклограммы дает возможность увеличить производительность машин без увеличения скоростей перемещения рабочих органов и усилий, с которыми рабочие органы действуют на обрабатываемый объект. С помощью циклограмм показывают относительное положение исполнительных механизмов в общем цикле автомата или АТК.

В курсовом проекте для многооперационных машин можно разработать циклограмму как для отдельных механизмов, функциональных модулей АТК или функциональных систем.

Одним из главных вопросов в период конструирования АТК, в том числе и упаковочных машин циклического действия, является обеспечение максимально возможной производительности. Это решается как путем разработки оптимального технологического процесса, например, процесса упаковки, с использованием рационального варианта конструкции всего АТК, так и оптимальным выбором законов движения рабочих органов. Однако для машин, у которых траектории перемещения рабочих органов пересекаются, этого недостаточно. Необходимо гарантировать отсутствие столкновений рабочих органов в период работы с одновременной реализацией оптимальных законов их перемещения.

Для решения этой задачи проводят аналитические и (или) графические расчеты совместного перемещения рабочих органов в едином рабочем пространстве в соответствии с заданными законами движения и продолжительностью периодов кинематического цикла.

В результате расчетов определяют время рабочего и холостого ходов каждого исполнительного механизма, моменты времени опроса датчиков и другие временные параметры, которые служат в дальнейшем основанием для создания программы работы АТК. Сумма отдельных фазовых времен срабатывания исполнительных органов дает возможность определить оптимальное время кинематического цикла машины, производительность АТК в целом.

Графики перемещений, скоростей, ускорений, усилий рабочих органов объекта автоматизации можно выполнить посредством использования различных программ моделирования динамических характеристик. Так, например, пневматические цилиндры можно быстро и корректно промоделировать с помощью типовых программ компании FESTO и других. Такие расчеты позволят достаточно точно обосновать временные характеристики проектируемого АТК, а значит, и дать ответ на вопрос о производительности комплекса, в зависимости от выбранных в проекте приводов и их параметров.

Циклограмма может быть дана в любой из реализаций, которая в качестве образца дана в МУ к выполнению КП по дисциплине АТП [15].

2.7 Разработка графа переходов, блок-схемы алгоритма работы, структурной, функциональной, электрической, пневматической схем АТК

Работа, которая должна быть выполнена в рамках данного раздела относится к наиболее трудоемкой и ответственной как учебном проекте, так и в реальном. Ошибки, допущенные при проектировании схем, перечисленных в заголовке раздела, не позволят далее составить корректную программу работы контроллера, промышленного компьютера или микропроцессорного устройства управления.

2.7.1 Разработка графа переходов АТК

Для проектов АТК, где в качестве основы системы управления должен быть использован программируемый логический контроллер (ПЛК или PLC в англоязычной терминологии) создают граф переходов.

Теория графов – раздел математики, дающий возможность исследовать свойства различных геометрических схем (графов), которые формируются множеством точек (вершин графов) и линий (дуг), которые их соединяют. При структурном анализе систем элементам ставят в соответствие вершины графа, а связям – ребра (дуги). Иногда удобнее использовать реберный граф (элементы – ребра, связи – вершины). Краткие сведения из теории графов дается в лекциях по дисциплине ПСАТП.

В теории логического управления технологическим и иным оборудованием одним из основных понятий является «внутреннее состояние системы», которое в дальнейшем будем называть просто состоянием системы. Применение графов переходов позволяет в явной графической форме ввести понятие состояние в практику алгоритмизации и программирования задач логического

управления. Граф переходов позволяет в наглядной форме отразить динамику переходов системы из одного состояния в другое.

Одна из реализаций такого графа представлена ниже на рисунке 2.6. Данный граф иллюстрирует работу АТК, который выполняет функцию контроля герметичности полостей пневматического цилиндра и является основой для построения системы управления на базе PLC S7 300 Siemens.

При изменении входных переменных с указанием их значений, состояние системы декомпозируют (классифицируют). При этом все входные переменные подразделяют на группы, выделяя для каждого состояния конкретное подмножество переменных. Выделенное подмножество определяет требуемые переходы из рассматриваемого состояния в смежное, в том числе и в самое себя. При этом все входные переменные, не входящие в группу, определяемую необходимым состоянием, не влияют на переходы из этого состояния в иное. Это обеспечивает возможность реализации посредством графов переходов большой размерности. Находясь в некотором состоянии, такая система, при введении внутренних переменных, превращается в систему комбинационную (без памяти). При этом по значениям входных переменных система осуществляет выбор одного из смежных состояний. Если существуют такие значения выбранных переменных, при которых система сохраняет свое состояние, то такое состояние называется устойчивым. В противоположном случае состояние называется неустойчивым.

В графе перехода (ГП) в данном случае вершинам будут соответствовать состояния системы, а переходам – дуги. Дуга-петля, которая выходит и входит в одну и ту же вершину, означает, что при этом выполняется условие сохранения данного состояния в данный момент времени.

Отсутствие петли говорит о неустойчивости состояния (вершины). Система может находиться в этой вершине только один программный цикл (скан). Обычно каждую дугу помечают соответствующим булевым выражением от входных и выходных переменных. Единичные значения этого выражения определяют возможность данного перехода. При чтении графов переходов полагают, что за один программный скан выполняется не более одного перехода.

Построение графа переходов

При построении графа переходов для задач большой размерности обычно сначала составляют словесное описание (словесный алгоритм) работы объекта управления. Каждая комбинация значений всех выходных переменных соответствует одной вершине графа и помечает её. Каждая вершина графа соединяется дугами непосредственно с теми вершинами, в которые может перейти система, при выполнении условий, помечающих дуги (булево выражение равно 1 при определенном наборе входных переменных). Причем каждой дуге соответствует одна булева формула, зависящая не от всех n -входных переменных, а только от того подмножества, которое рассматривает переходы из данной вершины в соседнюю.

Проверка графов переходов на синтаксическую корректность

Одно из положительных свойств графов переходов состоит в том, что они могут быть формально проверены на синтаксическую корректность. После окончания процесса формирования графа для своего проекта, студент должен проверить эту часть своей работы в соответствии с критериями синтаксической корректности. Граф переходов считается нормально корректным, если он отвечает критериям:

- Непротиворечивости;
- Полноты;
- Отсутствия генерирующих контуров, отличных от петель.

Граф переходов считается непротиворечивым, если в нем запрещены одновременные переходы по двум и более дугам, исходящим из одной вершины. Если одновременные переходы из одной вершины допустимы, то в этом случае возможно одновременное существование нескольких вершин. Такие графы называют ГП с параллелизмом. Графы переходов с параллелизмом отличаются от диаграмм графасета (один из стандартизованных языков программирования PLC) только отсутствием возможности синхронизации завершения параллельных переходов.

При использовании системы взаимосвязанных графов и описании каждого процесса отдельным ГП, необходимая синхронизация обеспечивается в головном графе переходов. Если в графе переходов понятия вершина и состояние являются синонимами, то для графов переходов с параллелизмом эти понятия не эквивалентны.

Непротиворечивость ГП проверяется следующим образом: **конъюнкция (логическое умножение) булевых выражений (пометок) любых двух дуг, исходящих из одной вершины, должны быть равны нулю!**

Это обеспечивается следующими действиями:

- усложнением пометок противоречивых дуг;
- приходом противоречивых значений переменных в разные моменты времени;
- использованием работы с различными фронтами переменным (передним, задним);
- увеличением количества состояний системы за счет расщепления вершин с противоречивыми дугами.

Полнота ГП определяется как равенство 1 дизъюнкции (логического сложения) булевых выражений (пометок) всех дуг, исходящих из одной вершины. Полнота ГП определяется после окончания проверки графа на непротиворечивость.

Отсутствие генерирующих контуров, отличных от петель, гарантируется разработчиком в том случае, если конъюнкция булевых выражений (пометок) всех дуг, которые его образуют, не равна нулю!

Устранение генерирующих контуров реализуется теми же методами, что и ликвидация противоречивости графа состояний.

Кодирование состояний системы управления.

При реализации алгоритма управления компьютерно-интегрированного комплекса или системы, применяют два вида кодирования: двоичное или целочисленное.

В случае двоичного кодирования каждой вершине ГП присваивается двоичная переменная, которая принимает значение «1» только в этой вершине и «0» - во всех остальных вершинах.

При целочисленном кодировании каждому i -му графу переходов присваивается в целом некоторая многозначная переменная, определенное значение которой присваивается j -ой вершине графа, что обеспечивает реализацию алгоритма с минимально возможным числом дополнительных переменных. Именно такой алгоритм обеспечивает наилучшее чтение программы.

Следует отметить, что подобный граф переходов описывает только логические связи и условия перехода от вершины к вершине. Он служит основанием для создания программы управления АТК, например, посредством ПЛК. Однако параметры времени перехода от вершины к вершине можно отобразить графами на основе сетей Петри [16] и других современных инструментов, позволяющих наглядно представить графовую модель создаваемой системы управления и программу работы АТК.

2.7.2 Блок-схема алгоритма работы АТК

Блок-схема алгоритма работы АТК строится на основе словесного алгоритма ведения автоматизированного технологического процесса. Правила построения блок-схемы алгоритма не отличаются от правил построения алгоритма проведения вычислений на ЭВМ или МПС. Используются те же условные и безусловные переходы, петли итерационных процессов и т.п. Блок-схему алгоритма работы АТК рекомендуется использовать для вариантов КП, в которых применяются управляющие ЭВМ и микропроцессоры.

2.7.3 Структурная схема АТК

Структура любого технического объекта – это состав его компонентов и их взаимосвязь. Любая автоматическая система машин включает в себя [15, 16]:

- технологическое оборудование с тем или иным видом межагрегатной связи;
- транспортную систему, которая обеспечивает передачу изделий из позиции в позицию;
- накопители межоперационных заделов изделий;
- автоматизированную систему управления технологическими процессами АСУТП (с многоуровневой иерархии).

Разработка структурной схемы – один из начальных этапов конструирования машины.

Структура машины, компьютерно-интегрированного технологического комплекса – это совокупность ее элементов и связей между ними. Структуру машины изображают посредством структурной схемы, которая кроме основных элементов и связей, показывает пути передачи энергии от двигателя к исполнительным механизмам, а также пути перемещения в пространстве перерабаты-

ваемого материала, что в дальнейшем используется для расчета общего КПД машины, уровня ее надежности, обоснования элементной базы и т.д.

Структурная схема машины может быть двух видов в зависимости от формы и изображения элементов:

- условное изображение элементов в соответствии со стандартом с обозначением их кинематических (или других) характеристик и назначения;
- изображения элементов в виде прямоугольников с нанесением в середине их условных обозначений.

Иногда структурную схему первого вида изображают как совокупность структурных схем отдельных функциональных систем.

Следующим важным этапом конструирования или модернизации машин является создание функциональной схемы автоматизации. При необходимости разрабатывают и кинематическую схему машины. Это требуется, если поставлена задача выполнения кинематического и силового расчетов.

В структурной схеме АТК необходимо указать только состав компонентов и их взаимосвязи. Уточнение конкретной реализации (инсталляция) с указанием типа и марки сенсоров, приводных двигателей, элементов связи промышленной компьютерной сети (кабели, повторители и т.п.) следует выполнить в разделе 2.7. Структурная схема в данном КП может быть представлена в пояснительной записке.

2.7.4 Функциональная схема АТК

Функциональная схема автоматизации выполняется по соответствующим стандартам создания схем управления АТК и других автоматизированных систем в промышленности.

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами телемеханики и вычислительной техники).

При разработке функциональных схем автоматизации технологических процессов необходимо знать следующее:

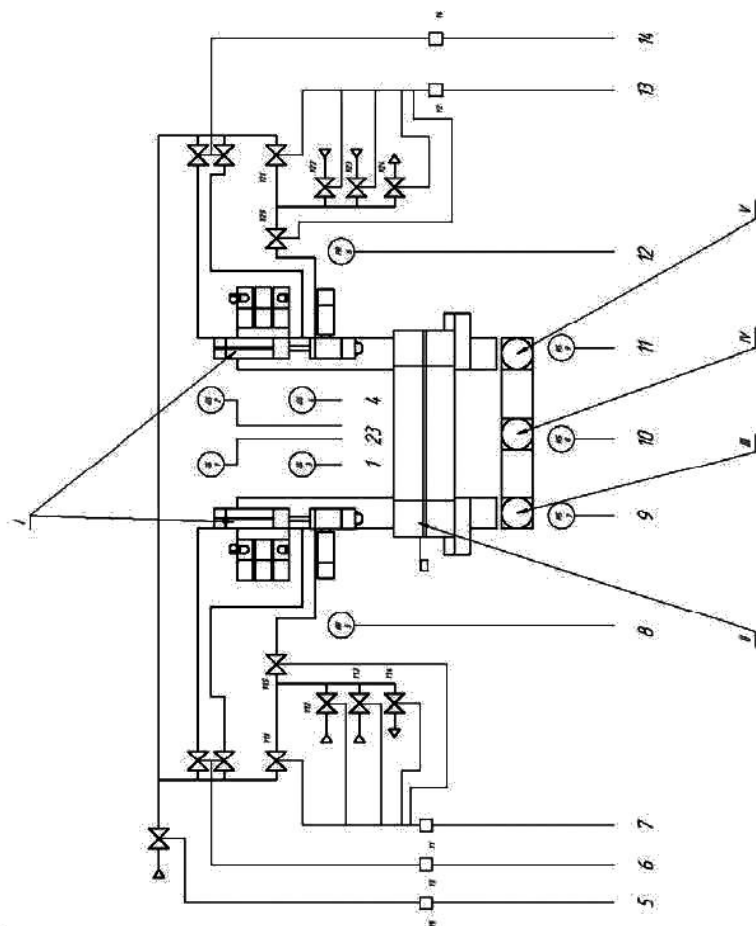
- источник и средство получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- параметры сигналов непосредственного воздействия на технологический процесс для управления им;
- условия стабилизация технологических параметров процесса;
- количество каналов (дискретных и аналоговых) контроля и регистрации технологических параметров процессов, состояния технологического оборудования.

Указанные задачи решаются на основании анализа условий работы технологического оборудования, выявленных законов и критериев управления объектом, а также требований, предъявляемых к точности стабилизации, контроля и регистрации технологических параметров, к качеству регулирования и надежности.

CTT 0000.00 A2

Модель	Изменение
I	Предпочлимир лэбим
II	Изучивший медицинский
III	Перед нами Туск
IV	Который арктический островки
V	Возраст моего Туск

Таблица 2. Назначение доходов и расходов

[illegible]1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14[illegible][illegible]

2.7.5 Схема электрическая принципиальная АТК

На основании циклограммы, графа переходов (алгоритма работы), функциональной схемы автоматизации АТК, учитывая современную элементную базу – каталоги элементов и типовых схемных решений электрической, пневматической и гидравлической подсистем разрабатываемого автоматизированного комплекса, синтезируют принципиальную схему системы управления (рис.2.11).

За основу следует принимать схемные решения, элементную базу, модули программного обеспечения, которые предлагаются в электронных и других каталогах фирм-лидеров [1-8], производящих надежные и доступные по всем параметрам технические и программные средства и системы автоматизации технологических процессов. При выборе этих компонент проекта следует представить свое краткое обоснование и дать ссылку на соответствующий каталог или базу данных.

Принципиальные электрические схемы определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств, связей между ними, действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. Принципиальные схемы служат основанием для разработки других документов проекта: монтажных таблиц щитов и пультов, схем внешних соединений и др.

Эти схемы служат также для изучения принципа действий системы, они необходимы при производстве наладочных работ и в эксплуатации. Оформление любой электрической схемы выполняется ясно, просто и компактно. Графическое оформление схемы должно способствовать наилучшему восприятию содержания схемы и соответствовать современным стандартам и правилам выполнения схем электрических принципиальных.

На принципиальной схеме изображают все электрические элементы, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, и все электрические связи между ними, а также электрические элементы (разъемы, зажимы и т. п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

На схеме допускается изображать соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в изделии по конструктивным соображениям.

Схемы вычерчивают для изделий, находящихся в отключенном положении.

Элементы на схеме изображают в виде условных графических обозначений.

2.7.6 Схема пневматическая принципиальная АТК

Схема пневматическая принципиальная выполняется в соответствии с функциональной схемой автоматизации. При этом элементы пневмоавтоматики выполняются в соответствии со стандартами «Условные графические обозначения на пневматических схемах» (ISO 1219, ГОСТ 2.781-96, ГОСТ 2.782-96). Пример выполнения такой схемы приведен на рисунке 2.12.

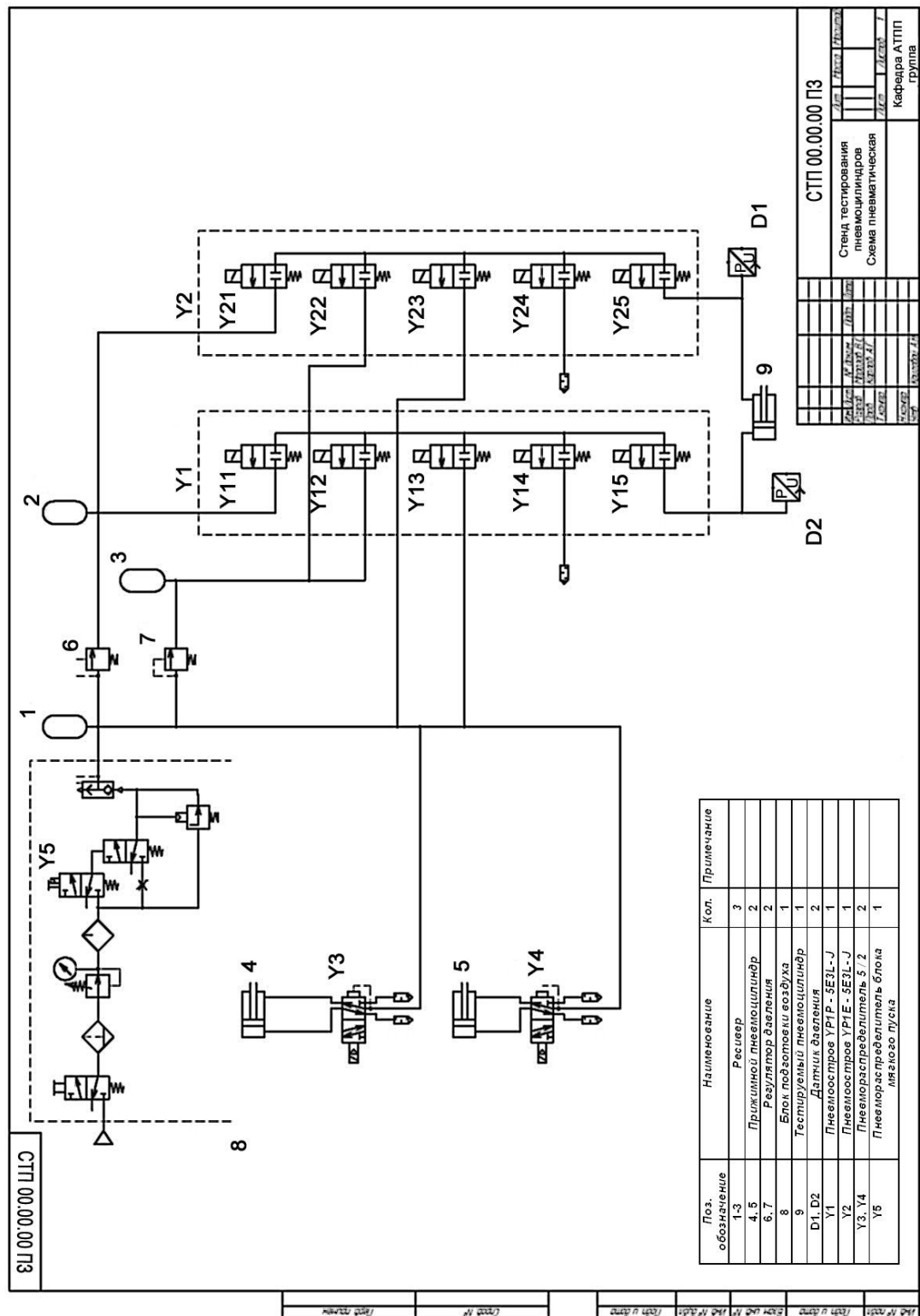


Рисунок 2.12 - Лист ГЧ «Схема пневматическая принципиальная»

2.8 Обоснование элементной базы, выбор коммутационной аппаратуры, программного и аппаратного обеспечения АТК

2.8.1 Элементная база АТК

Здесь необходимо дать обоснование выбора конкретных элементов, на которых строится схема электрическая принципиальная, пневматическая, гидравлическая. Необходимо указать производителей, можно дать ксерокопии страниц из каталогов или проспектов выбранных элементов (это рекомендуется делать в приложении со ссылкой на место в схемах, где используется данный элемент). Необходимо обращать внимание на согласование характеристик, параметров входов и выходов элементов. Для рационального монтажа элементов комплекса следует предусматривать применение электрических разъемов, фитингов, крепежа, который рекомендуют в своих каталогах фирмы-производители.

На листах графической части или в приложении следует привести спецификации к соответствующим схемам. В графе «Примечания» можно указать компанию, которая производит данное изделие.

При обосновании элементной базы проекта желательно учесть ценовой фактор, хотя бы на качественном уровне. При этом следует понимать, что минимальная цена выбранного элемента конкретного производителя еще не означает, что проект будет иметь достаточный уровень надежности. Необходимо помнить, что процесс выбора оптимального состава элементной базы проекта всегда сопровождается поиском рационального соотношения цены и качества.

Процесс выбора элементов автоматизации таких как, электродвигатели, преобразователи, датчики, пневматические и гидравлические цилиндры, распределители, дроссели, автоматические клапаны, блоки подготовки воздуха, генераторы вакуума, трубопроводы, фитинги очень важный для получения реального опыта практической работы будущего конструктора. При выполнении данного раздела формируются практические умения и навыки работать с каталогами фирм производителей, закрепляются теоретические знания студента, полученные ранее при изучении соответствующих дисциплин учебного плана.

2.8.2 Коммутационная аппаратура комплекса и промышленной компьютерной сети

К коммутационной аппаратуре АТК относят такие компоненты для комплексной автоматизации как:

А) линии связи и системные компоненты промышленных сетей: кабели интерфейса, разветвители, повторители, расширители, пускатели со встроенным интерфейсом;

Б) ведущие устройств (например, для AS интерфейса): коммуникационные процессоры, модули связи DP/AS Link и другие;

В) ведомые устройства: электрические и пневматические модули для решения прикладных задач (в том числе и пневмоострова);

Г) силовая коммуникационная аппаратура: пускатели, модули управления силовыми сборками;

Д) блоки питания интерфейса: блоки питания со степенью защиты IP 65, IP20;

Е) датчики, органы ручного управления, индикаторы: индуктивные, емкостные, ультразвуковые, оптические датчики, кнопочные посты;

Ж) модули специального назначения: модули счета, модули замыкания на землю, модули защиты от перенапряжения;

З) аксессуары: устройства адресации и диагностики, электромеханические аксессуары.

2.8.3 Аппаратное и программное обеспечение АТК

Аппаратное и программное обеспечение АТК для более сложных производств, в первую очередь непрерывных, предполагает обоснование необходимости применения промышленной сети более высокого уровня, чем AS-интерфейс, соответствующих ПЛК, программного обеспечения для подобного проекта. Рекомендуются для этих проектов применять такие промышленные сети как PROFIBUS [1] или ModBus [2].

Сеть PROFIBUS – это первая в мире сеть полевого уровня, которая использует идентичные коммуникационные механизмы обслуживания систем распределенного ввода-вывода как в областях автоматизации дискретного промышленного производства (PROFIBUS DP), так и в областях автоматизации непрерывных технологических процессов (PROFIBUS PA). По сравнению с обычной реализацией структур автоматизации, уже на первый взгляд видны преимущества применения последовательной полевой шины. Экономия средств образуется благодаря меньшей стоимости кабеля (кабель имеет меньшую длину) и применению полевых приборов. Это возможно, однако, только при стандартизированной и открытой полевой шине.

В 1987 году для немецкой промышленности был разработан и принят стандарт DIN E 19245 PROFIBUS. В 1996 году этот стандарт стал международной нормой EN 50170. Архитектура протоколов PROFIBUS ориентирована на уже установленные национальные и международные нормы. Так, архитектура протоколов базируется на модели OSI (Open System Interconnection).

Известны три основные системы сетей PROFIBUS. Каждая из них имеет свои особенности и ниши применения в промышленности.

Так в основу пользовательского интерфейса PROFIBUS-DP положены необходимые пользовательские функции, а также системные и аппаратно-зависимые функции различных типов PROFIBUS-DP-приборов. Этот профиль протокола PROFIBUS оптимизирован для быстрого обмена данными специально для коммуникаций между системами автоматизации и децентрализованной периферией на полевом уровне.

Пользовательский уровень PROFIBUS-FMS состоит из FMS (Fieldbus Message Specification) и LLI (Lower Layer Interface). FMS содержит пользовательский протокол и предоставляет в распоряжение коммуникационные службы. LLI реализует различные коммуникационные связи и создает для FMS аппаратно-независимый доступ к уровню 2. FMS применяется для обмена данными

ми на уровне ячеек (PLC и PC). Мощные FMS-сервисы открывают широкие области использования и большую гибкость при передаче больших объемов данных.

PROFIBUS-DP и PROFIBUS-FMS применяют одинаковую технику передачи и единый протокол доступа к шине и поэтому могут работать через общий кабель.

PROFIBUS-PA применяет расширенный PROFIBUS-DP протокол передачи данных. Техника передачи согласно IEC 1158-2 обеспечивает надежность и питание полевых приборов через шину. Приборы PROFIBUS-PA могут благодаря применению специальных устройств (PROFIBUS-PA-Links) в простейшем случае интегрироваться в PROFIBUS-DP-сеть. PROFIBUS-PA - специальная концепция, позволяющая подключать к общей шине датчики и приводы, находящиеся во взрывоопасной зоне.

Для PROFIBUS назначен способ передачи RS485, базирующийся на полудуплексной, асинхронной синхронизации. Данные передаются внутри 11-разрядного кадра в NRZ-коде (Non Return to Zero). Значения сигнала (биты) не изменяются во время передачи сигнала. Состоянию покоя между отдельными телеграммами соответствует двоичный сигнал .1.

В основной версии для экранированной витой пары уровню .1. PROFIBUS соответствует симметричная передача данных по стандарту EIA RS485 (также обозначается H2). Проводники шинных сегментов замкнуты с обеих сторон, скручены и экранированы.

Ведущее устройство PROFIBUS DP способно выполнять скоростной обмен данными с ведомыми устройствами, подключенными к сети PROFIBUS PA (расположенными как в обычных зонах, так и в зонах повышенной опасности - Ex-зонах). Применение сети PROFIBUS PA позволяет получать множество преимуществ на этапах проектирования, монтажа и эксплуатации готовой системы автоматизации:

- обеспечение информационной совместимости между всеми уровнями управления предприятием, начиная с полевого уровня и выше;
- объединение датчиков и исполнительных устройств, расположенных в обычных или Ex-зонах, в сеть с цифровой передачей результатов измерений, управляющих воздействий, результатов диагностики, параметров настройки и т.д. Перенос процедур предварительной обработки данных на уровень приборов полевого уровня;
- удобное и наглядное централизованное проектирование систем, и обслуживание приборов полевого уровня любых производителей, например, с помощью программного обеспечения SIMATIC PDM [1];
- простой монтаж сети. Использование 2-жильных экранированных кабелей для передачи данных и питания всех сетевых приборов;
- обеспечение возможности простой замены приборов полевого уровня, соответствующих стандартному профилю, в том числе, приборов одних производителей приборами других производителей;
- быстрый поиск неисправностей, благодаря простой структуре сети и поддержке широкого спектра диагностических функций.

Сети PROFIBUS PA позволяют использовать линейные и древовидные топологии на основе электрических каналов связи. Для их построения в состав семейства SIMATIC NET включены:

- сетевые кабели FC (FastConnect) PA для прокладки в обычных и Ex-зонах;
- соединительные устройства SplitConnect;
- согласующие модули.

Параметрирование устройств, находящихся на шине PROFIBUS PA после DP/PA Coupler или DP/PA Link, происходит с помощью пакета программного обеспечения SIMATIC PDM [1].

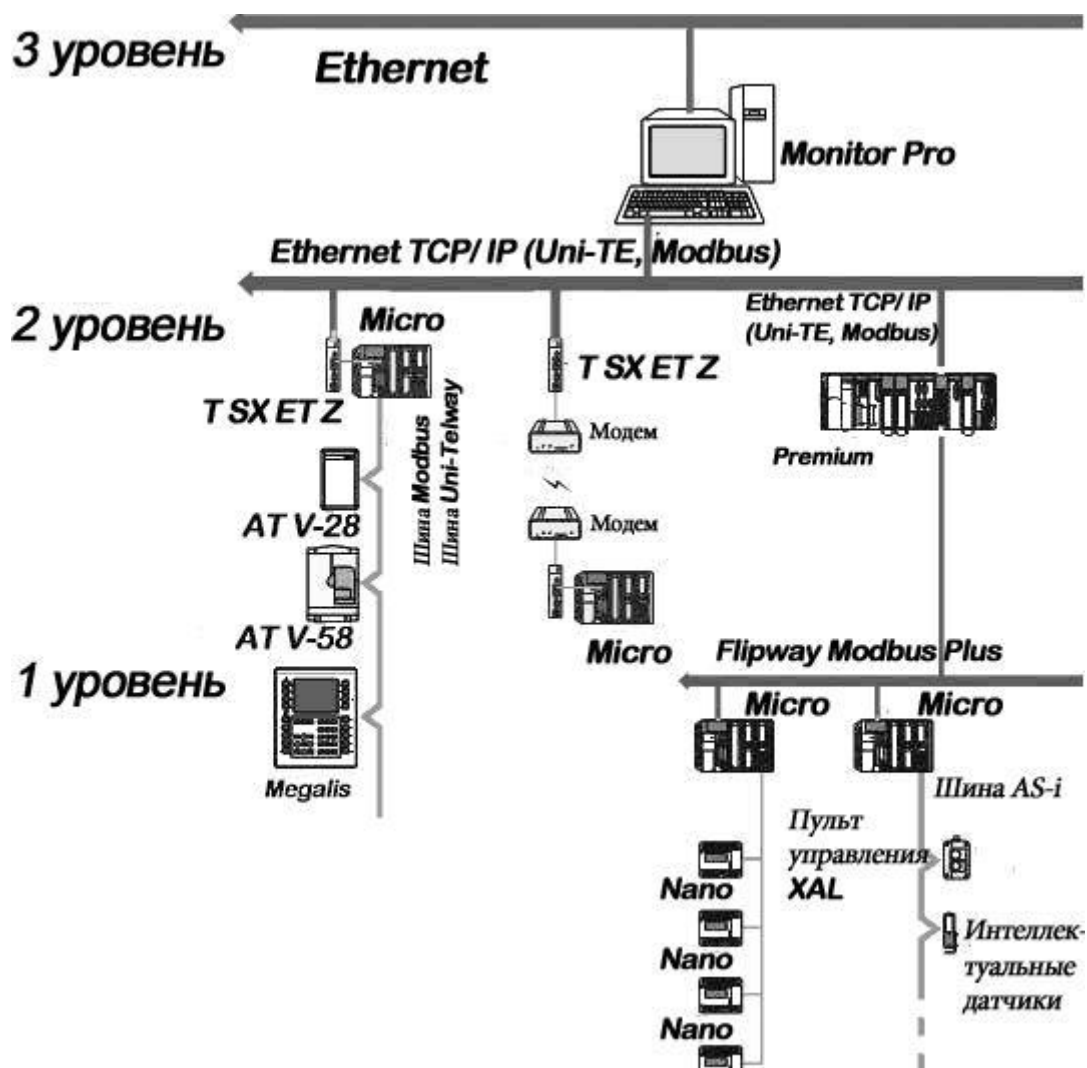


Рисунок 2.13, а) – Иерархия многоуровневой промышленной компьютерной сети компании Schneider Electric

2.9 Расчеты микропроцессорных подсистем АТК, разработка программ для контроллеров и других модулей управления

2.9.1 Расчеты подсистем микропроцессорной системы

В данном разделе пояснительной записки студент концентрирует все материалы, связанные с проверочными и другими расчетами микропроцессорных подсистем управления компьютерно-интегрированным технологическим комплексом, обоснованием выбранной элементной базы, схемных решений. Каждый из представляемых расчетов должен начинаться с постановки задачи конкретного расчета и завершаться выводами о степени корректности данного расчета.

При этом рекомендуется использовать накопленную в период учебы базу данных типовых расчетов из РГЗ, контрольных работ, курсовых работ и проектов по таким дисциплинам как: программирование и алгоритмические языки; теория автоматического управления; основы компьютерно-интегрированного управления; микропроцессорные и программные средства автоматизации, контроллеры и их программное обеспечение.

2.9.2 Разработка программ для контроллеров

Разработка программ для контроллеров включает в себя проверку исходных данных для составления программы (граф состояний системы, циклограмма работы комплекса и другие документы, составленные ранее), выбор языка программирования, непосредственное написание программы работы АТК.

2.10 Расчеты и проектирование отдельных подсистем и механизмов АТК

Расчеты – наиболее ответственная часть курсового проекта, которая излагается кратко, четко с достаточно аргументированными ссылками на источники информации, нормативы, стандарты, рекомендации. Все расчеты необходимо представлять в системе СИ с указанием необходимых размерностей числовых значений параметров. Каждую приведенную в расчетах величину необходимо давать с такой степенью точности, которая была бы достоверной при измерениях ее существующими техническими средствами. При выполнении инженерных расчетов и дальнейшем анализе работы устройства (машины) необходимо выделять те параметры, которые обуславливают и ограничивают функционирование объекта, после чего необходимо так сформулировать вопрос на данном этапе проектирования, чтобы получить на него численный ответ.

В случае отсутствия в доступных литературных источниках готовых расчетных зависимостей студент должен самостоятельно, с помощью руководителя, используя свой багаж знаний из различных дисциплин учебного плана, найти способ расчета и выбора необходимых параметров своего объекта проектирования.

При этом различают следующие виды расчетов:

– технологический, который включает обоснование технологической производительности, затрат энергии и основных геометрических параметров устройства (машины) во взаимосвязи с предыдущими и последующими (после данного объекта) операциями с готовой продукцией;

– кинематический и силовой расчет приводов, исполнительных механизмов и рабочих органов включает выбор вида привода (пневматический, гидравлический, электромеханический), определения видов движения, реакций опор, скоростей звеньев привода исполнительных механизмов и рабочих органов во взаимосвязи с производительностью и другими технологическими параметрами АТК, подбор гидро- или пневмоприводов, электродвигателей, вида передач привода (в случае электромеханического привода, их передаточных чисел, частот вращения и крутящих моментов на валах привода);

– расчет на прочность основных элементов устройства (машины), который включает расчет передач, валов, осей, опор, направляющих, несущих поверхностей и т.п.

Кинематический и динамический анализ движения рабочих органов и исполнительных механизмов АТК позволяет корректно спроектировать устройство (машину) с параметрами, близкими к оптимальным, что влияет на производительность, надежность и долговечность АТК, а также на качество самой машины и производимой на ней продукции.

Кинематический анализ позволяет решить три главные задачи:

- определения траектории точек и положения звеньев механизма;
- определения угловых и линейных скоростей звеньев механизма и его точек;
- определения угловых и линейных ускорений звеньев механизма и его точек.

Кинематический анализ проводится, если закон движения ведущего звена задан. Динамический анализ предусматривает изучение движения звеньев механизма с учетом сил, которые воздействуют на них. Различают две основные задачи динамики машин: прямую и обратную. Прямая задача определяет закон движения машины под действием заданных сил, а обратная – силы, которые обеспечивают заданный закон движения данного звена машины. При проведении динамического анализа необходимо определить законы движения выходного звена привода.

В данном разделе пояснительной записки необходимо использовать накопленную в период учебы базу данных типовых расчетов из РГЗ, контрольных работ, курсовых работ и проектов. Целесообразно использовать информацию по таким дисциплинам как: теоретическая механика; прикладная механика и основы конструирования; технические средства автоматизации; метрология, взаимозаменяемость и основы измерений; типовые технологические объекты и процессы производства; автоматизация технологических процессов; автомати-

зированное проектирование электромеханических систем; автоматизированное проектирование систем пневмо- и гидропривода; автоматизированное управление материальными потоками технологических процессов.

Вид и способ расчета студент выбирает под руководством руководителя в зависимости от вида, структуры и специфических особенностей устройства (машины). В процессе выполнения расчетов обязательным является использования стандартных, прикладных и специальных программ расчета и моделирования на персональных ЭВМ.

2.11 Проектирование монтажных чертежей для датчиков, исполнительных двигателей и других элементов АТК

Монтажный чертеж должен содержать:

- изображение монтируемого изделия;
- изображения изделий, применяемых при монтаже, а также полное или частичное изображение устройства (конструкция, фундамент), к которому изделие крепится;
- установочные и присоединительные размеры с предельными отклонениями;
- перечень составных частей, необходимых для монтажа;
- технические требования к монтажу изделия.

Монтажные чертежи выпускают на:

- изделия, монтируемые на одном определенном месте (устройстве, фундаменте);
- изделия, монтируемые на нескольких различных местах (устройствах, объектах).

Монтажный чертеж выпускают также в тех случаях, когда необходимо показать соединение составных частей комплекса между собой на месте эксплуатации.

Монтажный чертеж выполняют по правилам, установленным для сборочных чертежей, с учетом правил, изложенных в настоящем разделе. Монтируемое изделие изображают на чертеже упрощенно, показывая его внешние очертания. Подробно показывают элементы конструкций, которые необходимы для правильного монтажа изделия.

Устройство (объект, фундамент), к которому крепится монтируемое изделие, изображают упрощенно, показывая только те части, которые необходимы для правильного определения места и способа крепления изделия. Изображение монтируемого изделия и изделий, входящих в комплект монтажных частей, выполняют сплошными основными линиями, а устройство, к которому крепится изделие, - сплошными тонкими линиями.

При выполнении чертежей фундаментов фундамент изображают сплошными основными линиями, а монтируемое изделие – сплошными тонкими линиями.

На монтажном чертеже указываются присоединительные, установочные и другие размеры, необходимые для монтажа.

2.12 Описание работы спроектированного АТК, его функциональных подсистем

Данный раздел является логическим завершением процесса проектирования и конструирования АТК в целом и его основных подсистем. Здесь необходимо представить в необходимом и достаточном для понимания объеме всю информацию, касающуюся описания статики и динамики модернизированной механической подсистемы, системы управления и информационной подсистемы АТК. Студент не должен дублировать в этом разделе ту информацию, которая уже была представлена в разделе 2.4 или других разделах пояснительной записки. Всю информацию следует дать со ссылками на соответствующие рисунки, схемы, таблицы, диаграммы в пояснительной записке, в графической части проекта. Если проект комплексный и выполнен в соавторстве со студентом кафедры ПСАТП или других кафедр СевГУ, то следует дать корректные ссылки на соответствующие материалы из пояснительных записок и графики своих соавторов.

2.13 Требования к монтажу, безопасной эксплуатации, обслуживанию и ремонту АТК

Проектируемый (модернизируемый) комплекс должен удовлетворять современным требованиям эргономики и использовать передовые достижения техники отечественных и зарубежных производителей, иметь блочно-модульную конструкцию, упрощающую обслуживание и ремонт оборудования. Следует предусмотреть все возможности для продолжения срока эксплуатации оборудования. Особое внимание следует уделить выбору материалов, находящихся в тяжелых условиях, предусмотреть узлы с заменой быстро изнашиваемых деталей.

Конструкция модуля управления, компьютерных терминалов оператора должна обеспечивать удобство работы в автоматическом и наладочном режиме.

В соответствии с рекомендациями и требованиями фирм-производителей средств и систем автоматизации необходимо обеспечить такое расположение комплектующих, при котором будет обеспечена простота обслуживания пневмо- и гидроаппаратуры, необходимая защита движущихся частей электромеханической и других подсистем.

Целесообразно требования к монтажу, эксплуатации, обслуживанию и ремонту АТК или его подсистем вынести на листы графической части проекта.

2.14 Выводы по проекту

В выводах дается оценка результатов курсового проектирования с точки зрения их соответствия требованиям технического задания на проектирование. Выводы не должны носить характер констатации фактов («рассчитан», «вы-

бран» и т.п.), информация каждого пункта должна быть аналитически-оценочной, которая бы мотивировала действия инженера к дальнейшему усовершенствованию устройства, модуля, машины, программного и аппаратного обеспечения, АТК в целом.

В выводах необходимо указать:

- конструктивные отличия предлагаемой машины (устройства, АТК в целом) от существующих с точки зрения повышения качества функционирования;
- предварительная оценка экономических показателей проекта;
- рекомендуемые отрасли использования разработок;
- творческие достижения автора проекта – участие в студенческих научно-технических конференциях и олимпиадах, публикации в периодической печати, заявки на предполагаемые изобретения и патенты;
- выводы по поводу эффективности выполненной работы.

2.15 Требования к оформлению библиографического списка

Все данные, взятые из учебников, учебных пособий, монографий, справочников, периодических научно-технических изданий, нормативных документов, сайтов из Интернета должны быть подтверждены ссылками на соответствующий источник.

В список необходимо внести все использованные источники. Они должны быть расположены в порядке ссылки на них или по алфавиту.

Данные по каждому источнику должны включать: фамилии и инициалы авторов, название книги (если источник – статья из технического журнала, то сначала указывается название статьи, далее – название журнала и его номер); место издания; издательство; год издания; количество страниц.

Ведомости о проектной и другой технической документации (ведомственные нормативные указания, промышленные каталоги, прейскуранты, прайс-листы, выставочные проспекты, сайты фирм-производителей или поставщиков) должны включать: заголовок, вид документации или программы, название документации, место и год выпуска.

Все упомянутые данные должны даваться в соответствии с общепринятыми обозначениями и сокращениями.

Примером оформления списка использованной литературы может быть список, помещенный в конце настоящих методических указаний.

2.16 Приложения к КП

В этом разделе следует привести спецификации к графической части проекта, ксерокопии или оригиналы рекламных проспектов, которыми пользовался студент в процессе работы над проектом, распечатки компьютерных вычислений, моделирования, протоколы проведенных экспериментов, технологические карты, иные технологические и другие приложения, необходимые для пояснения основного материала проекта.

3 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО - ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КР

Расчетно-пояснительная записка должна быть написана разборчивым почерком или напечатана стилистически, орфографически и синтаксически грамотно и только на одной стороне листа формата А4 (размер 297×210). Каждый лист должен иметь очерченные поля, мм: верхнее – 15, левое – 15, правое – 15, нижнее – 15.

Разделы записки нумеруют арабскими цифрами. После номера раздела ставят точку. Номера разделов складываются по иерархическому принципу: номер раздела и соответствующий номер подраздела разделяются точкой. Пример: 2.1. – первый подраздел второго раздела. Не нумеруют: «Содержание», «Введение», «Библиографический список».

Нумерация страниц должна быть сквозной: первой страницей считается титульный лист (номер не ставят). Страницу со списком использованной литературы включают в нумерацию.

В текстах используются только те термины, обозначения и словосочетания, которые приняты в научно-технической литературе.

Записи формул, расчетные зависимости оформляют так. Расчетные параметры подставляют в формулы в виде цифровых данных в той самой последовательности и количестве, как они представлены в первоисточнике. Промежуточные арифметические действия (сложение, деление, умножение и т.п.) не допускаются. Результаты расчетов сопоставляются с размерностями.

Все расчеты сопровождаются эскизами, схемами и т.п. с обозначением всех расчетных размеров, сил, ускорений и других физических величин. Используемые в расчетах графики приводят в записке со ссылками на источник. При этом обязательно освещают методику использования графика, номограммы, таблицы и проч.

Рисунки и таблицы нумеруют последовательно в рамках раздела арабскими цифрами. При этом номер рисунка (таблицы) состоит из номера раздела и порядкового номера рисунка (таблицы), которые разделены точкой. Например, рис. 1.2 - рисунок номер два первого раздела.

Рисунки в записке обязательно должны иметь подрисуночные надписи с указанием названия рисунка и расшифровкой позиций (в случае необходимости).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела (в скобках).

В разделе «Содержание» последовательно указывают все заголовки разделов, подразделов с обозначением страниц, на которых они размещены.

Графическая часть содержит листы, указанные в разделе 1.3 настоящих МУ.

4 ТРЕБОВАНИЯ К ДОКЛАДУ, ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ КП ПЕРЕД КОМИССИЕЙ, КРИТЕРИИ ОЦЕНОК

Готовый курсовой проект должен быть подписан ведущим преподавателем визой «К защите». Проект подлежит публичной защите перед комиссией в составе не менее 2-х преподавателей.

Доклад студента перед комиссией должен быть содержательным, но ограниченным по времени, не дольше, чем 5 минут. После доклада комиссия может задать студенту вопросы по сути проекта.

Критерии оценки проекта включают в себя как оценку содержания и оформления проекта, так и степень самостоятельности выполненной работы, ритмичность работы студента в течение семестра.

На кафедре ПСАТП практикуется гибкая система выдачи задания на курсовое проектирование в соответствие с желанием и объективным уровнем способностей студента.

Минимальные требования по объему графической части и пояснительной записки для получения оценки «удовлетворительно» - это 3 основных листа графической части (общий вид автоматизированного комплекса, граф переходов, функциональная схема автоматизации комплекса) и соответствующие этому разделы пояснительной записки.

Для получения оценки «хорошо», студент должен еще выполнить лист графической части «схема электрическая принципиальная комплекса» с добавлением соответствующих разделов пояснительной записки.

Для получения оценки «отлично», должен быть разработан и представлен пятый лист (по согласованию с руководителем проекта) и полный объем пояснительной записки в соответствии с требованиями настоящих МУ.

Следует помнить, что предварительный выбор уровня сложности задания на курсовой проект не означает автоматически получение оценки 4 или 5 при защите проекта. Своими ответами на вопросы комиссии студент должен убедить комиссию, что проект выполнен вполне самостоятельно и что знания студента соответствуют высокой степени готовности студента к дипломному проектированию и самостоятельной инженерной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Список литературы оформлять в ПЗ по ГОСТ 7.1—2003 (см. Приложение В)

1. www.schneider-electric.com
2. www.siemens.ua
3. www.camozzi.com.ua
4. www.festo.com.ua
5. Комплексная автоматизация производства. Каталог ST 70 компании Siemens: в 2 частях. – К.: SIMATIC. – 2016.
6. Средства и системы автоматизации производства. Каталог компании Schneider Electric. – К.: Schneider Electric. – 2016.
7. Пневматика для автоматизации производства. Каталог основной продукции компании Camozzi. – С.: Camozzi – 2016.
8. Пневматика для автоматизации. Каталог компании FESTO PNEUMATIC. – К.: FESTO. – 2016.
9. *Кругляк К.* Промышленные сети: цели и средства / К. Кругляк [и др.] / Современные технологии автоматизации. – 2002. – №4. с.6-17.
10. *Рабинович А.Н.* Системы управления автоматических машин / А.Н. Рабинович. – К: Техника, 1973 – 440 с.
11. Промышленные роботы. Конструирование, управление, эксплуатация: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / В.И. Костюк [и др.]. – К.: Высшая школа, 1985 – 356 с.
12. *Пашков Е.В.* Робототехнические системы в сборочном производстве / Е.В. Пашков. – К.: Высшая школа, 1987, 272 с.
13. Транспортно-накопительные и загрузочные системы в сборочном производстве: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Е.В. Пашков, В.Я. Копп, А.Г. Карлов. – Киев: УМК ВО, 1992. – 536 с.
14. Методические указания по выполнению КП по дисциплине «Автоматизация технологических процессов» для студентов специальностей 7.092501 и 7.092502 / СевНТУ; сост. А.Г. Карлов, М.А. Худаймуратов, А.А. Вожжов. – Севастополь: Изд.-во СевНТУ, 2010. – 76 с.
15. *Волчкевич Л.И.* Автоматизация производственных процессов: учеб. пособие / Л.И. Волчкевич. – М.: Машиностроение, 2005. – 380 с.
16. *Норенков И.П.* Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов / И.П. Норенков. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.
17. *Шишмарев В.Ю.* Типовые элементы систем автоматического управления: учебник для сред. проф. образования / В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.
18. Журнал «Промышленные АСУ и контроллеры». – 2001 – 2019.
19. Журнал «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика». – 2001 – 2016.
20. Журнал «Компьютерное обозрение». – 2001 – 2019.
21. Журнал «Современные технологии автоматизации». – 2001 – 2019.

22. Хессе С. Пневмоавтоматика: 99 примеров применения / С. Хессе. – К.: ДП ФЕСТО, 2003. – 204 с.

23. Национальная технологическая инициатива. «Технет». – URL: <http://www.nti2035.ru/technology/technet>

24. Белослудцев Е.В. Конспект лекций по теме «Компьютерный инжиниринг, возможности цифрового проектирования», материалы курса «Технологии Фабрик Будущего» ИППТ СПбПУ, 2019

25. Проектирование систем автоматизации и управления: методические указания к выполнению курсового проекта для студентов всех форм обучения направления 15.04.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств» (квалификационный уровень – магистр); сост. М.А. Худаймуратов; А. Г. Карлов, С.Н. Федоренко – Севастополь: Изд.-во СевГУ, 2019. – 36 с.

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

Ресурсы из Znanium.com

Книги

1. Конюх В. Л. Проектирование автоматизированных систем производства [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В.Л. Конюх. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 312 с. — URL:

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=405698>

2. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка. Том 1 [Электронный ресурс]: Учебно-практическое пособие / Федоров Ю.Н., - 2-е изд. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 448 с.: — URL:

<http://znanium.com/bookread2.php?book=760267>

3. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка. Том 2 [Электронный ресурс]: Учебно-практическое пособие / Федоров Ю.Н., - 2-е изд. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 484 с.: — URL:

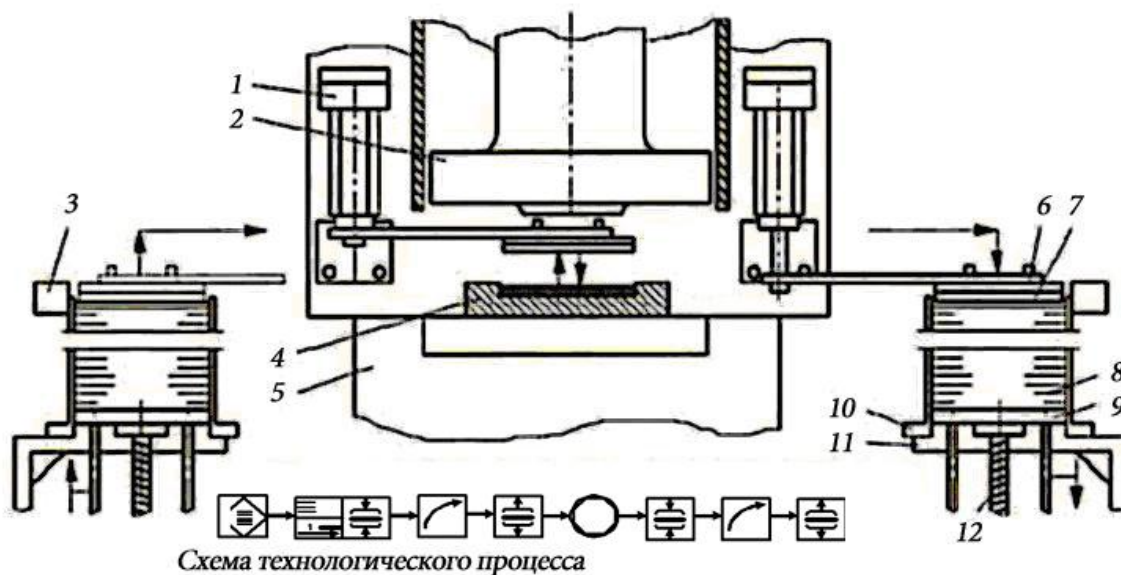
<http://znanium.com/bookread2.php?book=760267>

Ресурсы из www.biblio-online.ru

Книги

1. Рачков, М. Ю. Технические средства автоматизации: учебник для академического бакалавриата / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 180 с. — (Серия: Бакалавр. Академический курс): — URL: <https://www.biblio-online.ru/viewer/8BF68DB1-1C5B-4FA1-8214-13B762A15A5F#page/2>

Загрузочное устройство к прессу (A1-10)

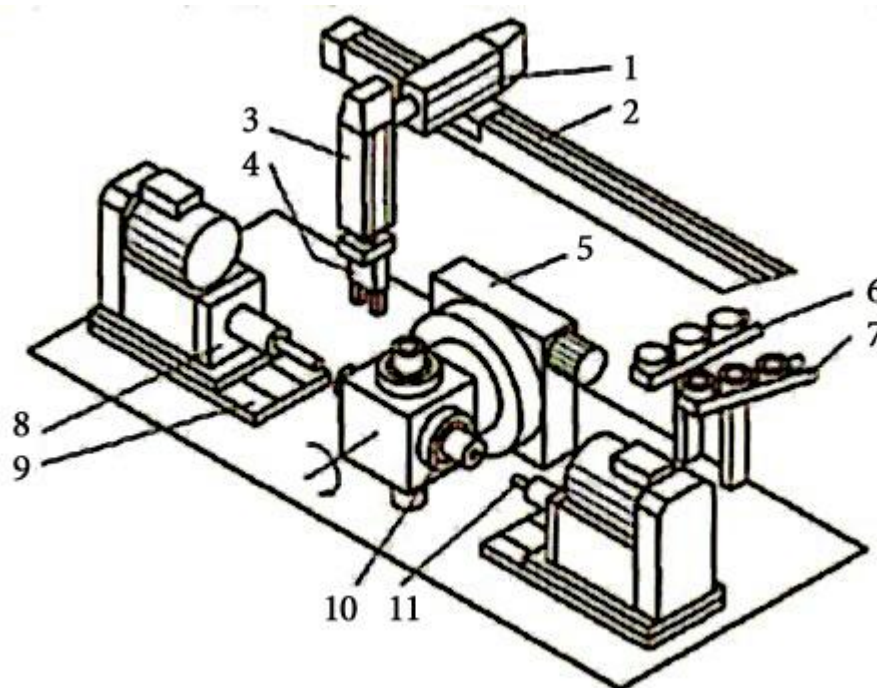


где 1 - поворотно-линейный модуль, 2 - ползун пресса, 3 - датчик, контролирующий уровень заготовок, 4 - нижняя часть штампа, 5 - станина пресса, 6 - поворотный рычаг, 7 - присасывающая плита, 8 - плоские детали, 9 - плита подъемника, 10 - рама магазина, 11 - станина магазина, 12 - винт подъема магазина.

Подача небольших плоских деталей в пресс позволяет механизировать их обработку (штамповку, пробивку отверстий, обрезку и т.д.). Чтобы детали точно устанавливать в штамп, вместо отдельных вакуумных захватов применяется присасывающая плита, которая позволяет удерживать детали в плоском положении. Это особенно важно для деталей, изгибающихся под действием собственного веса. Подача заготовок и удаление готовых деталей осуществляется с помощью 2 поворотных рычагов, которые связаны с поворотно-линейным модулем. Магазины могут подниматься и опускаться с помощью винтового привода. Датчики положения контролируют процесс и управляют последовательностью операций. Устройства подачи заготовок полностью идентично устройству удаления готовых деталей. Если подачу заготовок и удаление деталей осуществлять одним устройством, то это приведет к снижению производительности при одновременном уменьшении производственных и финансовых затрат.

Применяемые узлы и элементы:

- поворотно-линейный модуль DSL...; амортизатор YSR...; эжектор VAD...;
- распределитель с пневмоуправлением VL... или пневмоостров CP...;
- оптико-электронный датчик положения с отражением луча SOEG...;
- датчик положения SME...; вакуумный всасывающий клапан ISV....
- Специальная сверлильная головка (A2-12)



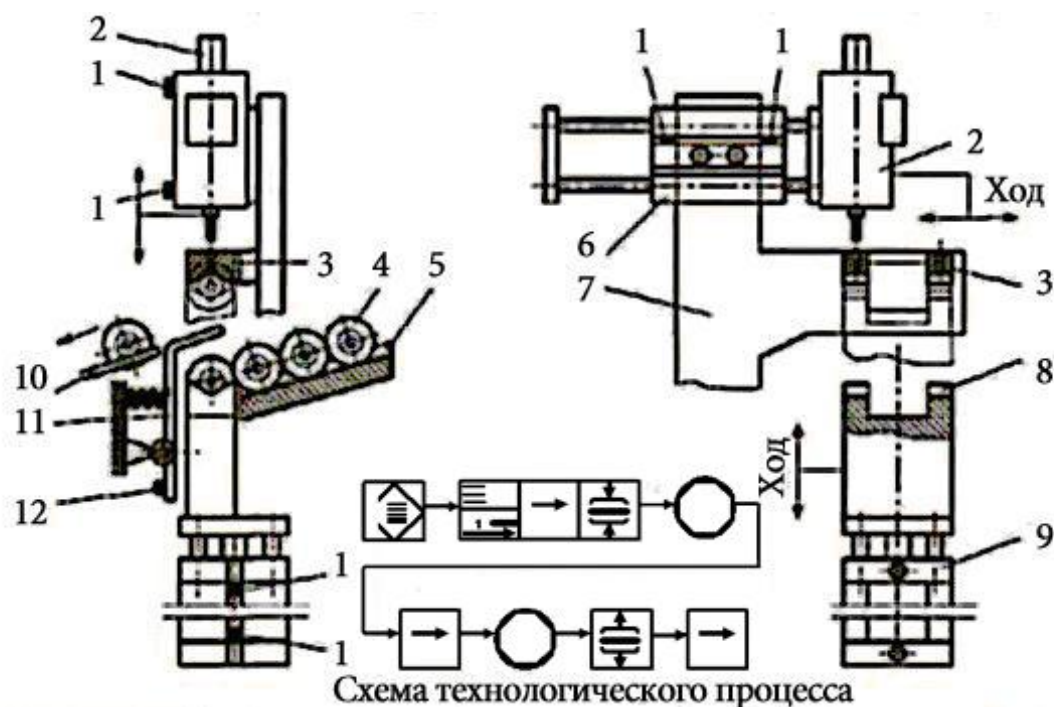
где 1 - линейный модуль, 2 - бесштоковый пневматический цилиндр, 3 - линейный модуль, 4 - захват с параллельными губками, 5 - пневматический поворотный стол, 6 - узел подачи заготовок, 7 - направляющий желоб для готовых деталей, 8 - силовая головка, 9 - модуль подачи, линейный модуль, 10 - цанговый зажим, 11 - инструмент.

В машиностроении сверление, зенкерование и снятие фасок на небольших деталях при среднем и большом их числе является типовой операцией. Поэтому имеет смысл создание специальных устройств. Заготовки закрепляются с помощью мощных цанговых зажимов, которые установлены на поворотном столе с горизонтальной осью. Для загрузки заготовок и удаления готовых деталей целесообразно применять пневматические модули Pick-and-Place. Если устройство устанавливается на сверлильном или фрезерном станке с вертикальным шпинделем, тогда можно производить обработку также на загрузочной позиции. Для демпфирования движения можно параллельно устанавливать гидравлический тормозной цилиндр.

Применяемые узлы и элементы:

- цанговый зажим;
- распределитель VL... или пневмоостров CP... или пневмоостров тип 03;
- линейный модуль SLZ...;
- гидравлический тормозной цилиндр YDR...;
- линейный модуль HMP...;
- параллельный захват HGP.. или 3-точечный захват HGD...;
- бесштоковый пневматический цилиндр DGPL...;
- датчик положения SME... для цилиндра;
- пневматический поворотный, круглый стол.

Устройство для сверления поперечных отверстий в круглых деталях (АЗ-14)



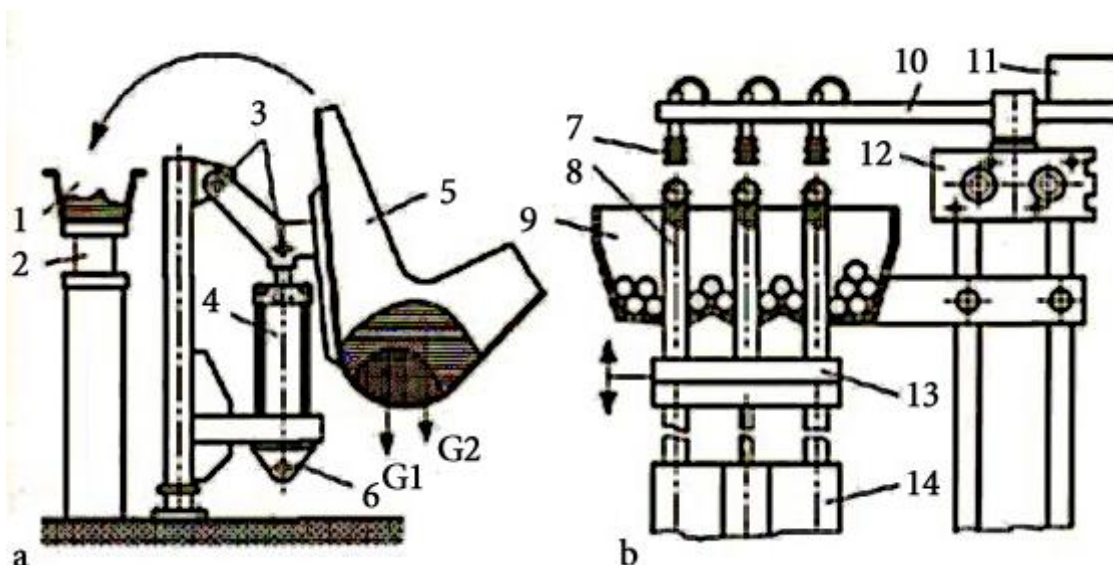
где 1 - датчик положения, 2 - сверлильная головка, 3 - кондуктор, 4 - заготовка, 5 - направляющий желоб, 6 - линейный модуль, 7 - станина, 8 - вертикально перемещающаяся призма, 9 - подъемный и зажимной цилиндр, 10 - приемный желоб, 11 - подпружиненный рычаг, 12 - датчик положения.

Устройство предназначено для сверления 2-х радиальных отверстий в зажатой детали. В токарных автоматах, на которых осуществляется обработка таких деталей, загрузка происходит из магазина, представляющего собой направляющий желоб. Детали скатываются из желоба в призму, которая находится в нижнем положении. После определенного времени выдержки (задержка на подачу сигнала) заготовка зажимается и затем производится сверление. После этого сверлильная головка перемещается в другую обрабатывающую позицию. Оба крайних положения линейного модуля отрегулированы таким образом, что расстояние между ними соответствует расстоянию между отверстиями. После этого призма опускается. Деталь поддерживается с помощью подпружиненного рычага и может по нему скатываться в приемный желоб. Для управления процессом используются сигналы от конечных выключателей для цилиндров и датчиков положения.

Применяемые узлы и элементы:

- линейный модуль DPZJ...;
- распределитель с пневмоуправлением VL... или распределитель с электроуправлением MFH...;
- датчик положения ЗМ... для цилиндра;
- компактный цилиндр ADVUL....

Устройства для выгрузки сыпучих материалов или штучных деталей (A4-17)



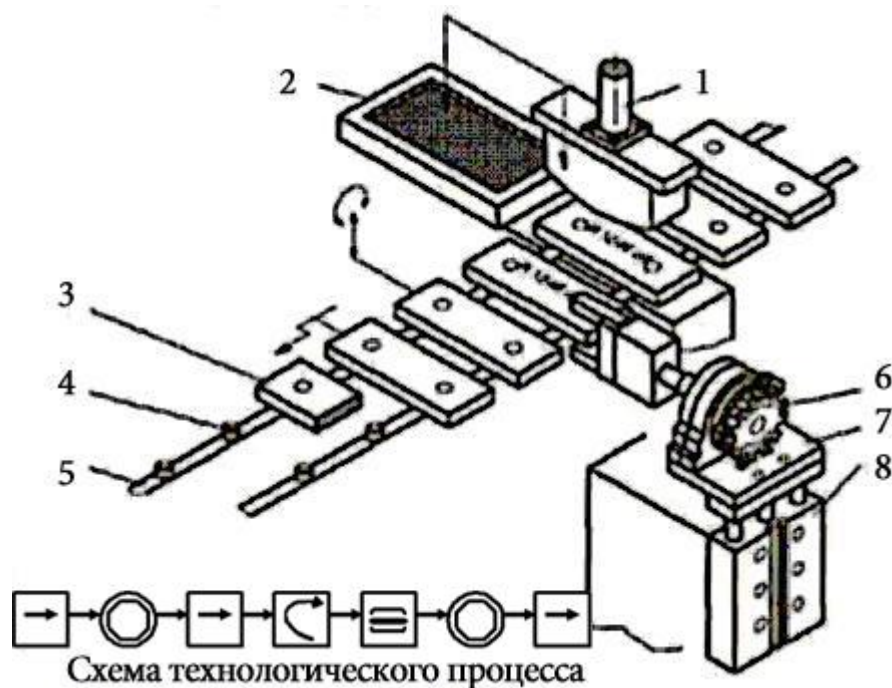
а) - бункер для сыпучего материала, б) - ориентирование и подача шариков где 1 - лоток для сыпучего материала, 2 - прямолинейная вибрационная система, 3 - датчик контроля усилия среза пальца, 4 - пневматический цилиндр, 5 - поворотный бункер, 6 - поворотный фланец, 7 - сильфонный вакуумный захват, 8 - ползун, 9 - бункер, 10 - поворотный рычаг, 11 - противовес, 12 - поворотный модуль, 13 - подъемная плита, 14 - вертикальный подъемный модуль, G - вес сыпучего материала.

В бункерах находятся неориентированные заготовки или бесформенный сыпучий материал. Материал разгружается в вибрлоток (рис. а). В шарнирах поворотного модуля установлены датчики контроля усилия среза пальца, с помощью которых может быть подсчитана масса материала в бункере. Благодаря этому возможна подготовка различных партий материала. Во втором случае (рис. б) речь идет об устройстве для ориентирования и подачи шариков, которые должны простыми средствами перемещаться в нужное положение, потому что они по всем осям симметричны. С помощью этого устройства, вынутые из бункера шарики, захватываются вакуумным захватом, который поворачивается к сборочной или упаковочной позиции. На вертикально перемещающемся питателе сверху выполнена коническая зенковка. Этот принцип обеспечивает простое и экономичное решение.

Применяемые узлы и элементы:

- стандартный цилиндр DNC...;
- поворотный модуль DRQD...;
- поворотный фланец со сферическим подшипником SSNG...;
- пневматические шланги к датчику положения SM...;
- соединительная арматура к распределителю VL...;
- сильфонный вакуумный захват VASB...;
- вакуумный всасывающий клапан ISV... и эжектор VAD....

Устройство для двухсторонней тампонной печати (A5-19)



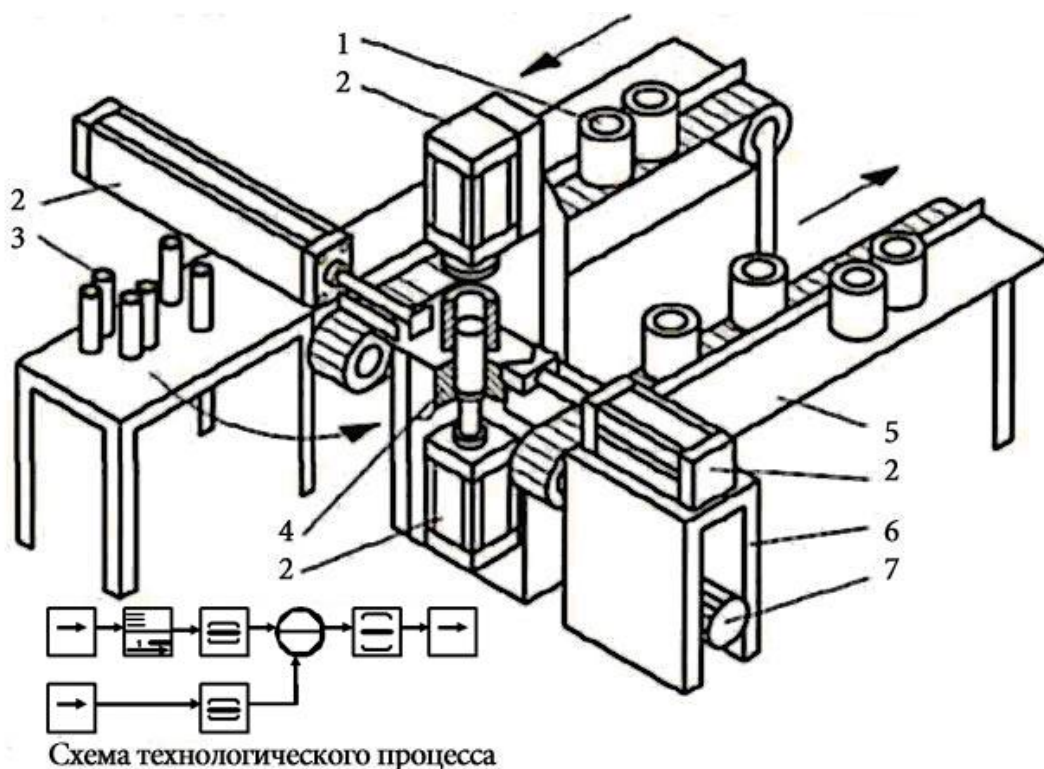
где 1 - тампоштемпель, 2 - клише, 3 - заготовка, 4 - фиксатор, 5 - тактовый транспортер, 6 - поворотный цилиндр, 7 - переходная плита, 8 - модуль подъема.

Тампопечать достаточно часто выполняется вручную на рабочем месте. Поэтому автоматизация этого процесса всегда дает значительный эффект. Кроме того, повышается равномерность нанесения краски на отпечаток. Чтобы получить высокое качество отпечатка, необходимо краску быстро перенести с клише на изделие. Для печати часто требуются усилия, которые превышают 1000 Н, в нашем примере уже окрашенное с одной стороны изделие перемещается между губками захвата, которые зажимают изделие, поднимают его над транспортером, переворачивают и опять укладывают на транспортер. При печати на очередном изделии захват переворачивается в обратную сторону. На следующей позиции печать повторяется. На позиции печати изделие снимается с транспортера, чтобы не перегружать его. При двухкрасочной печати точность позиционирования должна быть выше $\pm 0,01$ мм.

Применяемые узлы и элементы:

- линейный модуль DFM...;
- датчик положения SM... для цилиндра;
- параллельный захват HGP...;
- распределитель с пневмо- (VL...) или электроуправлением (MFH...);
- адаптер для захвата HAPG...;
- монтажные принадлежности и соединительная арматура;
- поворотный цилиндр DSR... или поворотный модуль DSM....

Устройство для запрессовки зажимных втулок (А6-20)



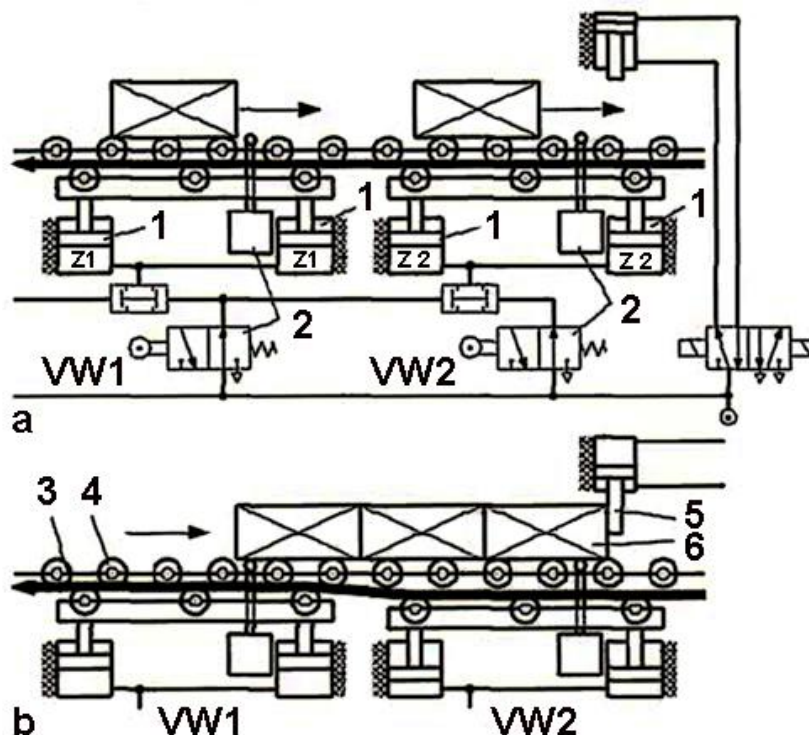
где 1 - заготовка, 2 - пневматический цилиндр, 3 - зажимная втулка, стыкуемая деталь, 4 - установочный стол, 5 - приемный лоток для готовых деталей, 6 - привод цепного транспортера, 7 - электродвигатель транспортера.

Существуют заготовки, которые при обработке или при зажиме легко деформируются. Для получения точности и во избежание отклонений формы они должны оснащаться во время обработки зажимными втулками. На рисунке показан частично автоматизированный процесс установки зажимной втулки, которая вручную одевается на установочный палец. Затем осуществляется продольная запрессовка. До этого заготовка перемещается в зажимную позицию до упора в мощный правый стопорный цилиндр. После запрессовки шток стопорного цилиндра вытягивается, и цилиндр подачи может сдвинуть готовую деталь на отводящий транспортер. После обработки зажимная втулка должна быть удалена. Перенос деталей с транспортера на боковой приемный лоток осуществляется вручную.

Применяемые узлы и элементы:

- плоский цилиндр DZH...;
- монтажные принадлежности;
- многосекционный цилиндр ADVUT...;
- распределитель с пневмоуправлением VL...;
- датчик положения SM...;
- управляющий модуль для системы включения двумя руками;
- стандартный цилиндр DNC...; стандартный цилиндр DNC-Q;
- крепежные лапы HNG...;
- присоединительная арматура.

Участок транспортера с накопителем (А7-26)



а) - непрерывное движение, б) - режим накопления

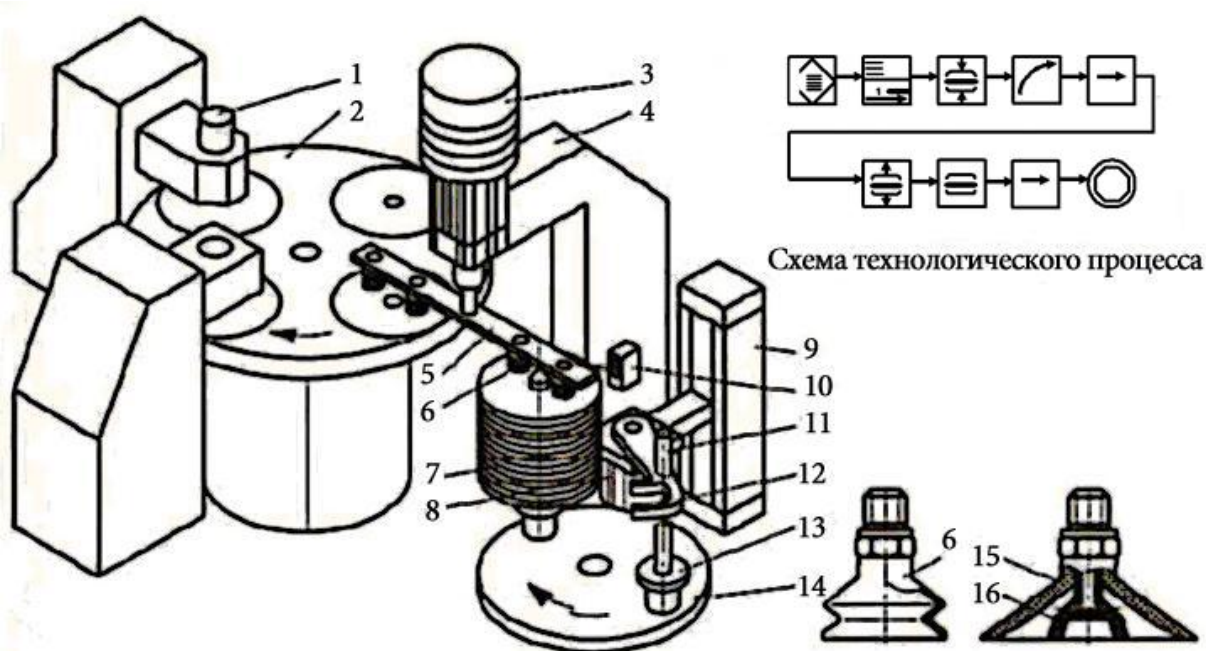
где 1 - пневматический цилиндр, 2 - распределитель с роликовым рычагом, 3 - приводная лента, 4 - несущий ролик, 5 - стопорный цилиндр, 6 - транспортируемый груз.

На транспортере с накопителем грузы перемещаются с помощью опорных роликов, принудительно вращающихся от движущейся приводной ленты, которая прижимается к роликам пневматическими цилиндрами. При накоплении грузов на определенном участке транспортера штоки цилиндров опускаются, и лента под действием собственного веса отходит от роликов. Транспортер разделен на участки. На каждом участке предусмотрен 3/2-распределитель с роликовым рычагом, который с помощью пневматического реле времени и логического элемента И управляет пневмоцилиндрами. Цилиндры одного участка соединяются с атмосферой, когда распределители VW1 и VW2 нажаты. При снятии управляющего воздействия на VW2 сжатый воздух подается к цилиндру Z2, так что на этом участке ролики опять становятся приводными. Для управления усилием поводка достаточно небольшой массы (пустая тара), установленной на транспортер. При работе не возникает никаких пропусков. Управляемый участок транспортера может быть использован как накопитель.

Применяемые узлы и элементы:

- стопорный цилиндр STA...;
- 5/2-распределитель с электромагнитным управлением М...;
- компактный цилиндр ADVU...;
- распределитель с роликовым рычагом R-3...;
- элемент И;
- датчик положения SM...;
- монтажные принадлежности.

Подающее устройство для плоских шайб (А8-33)



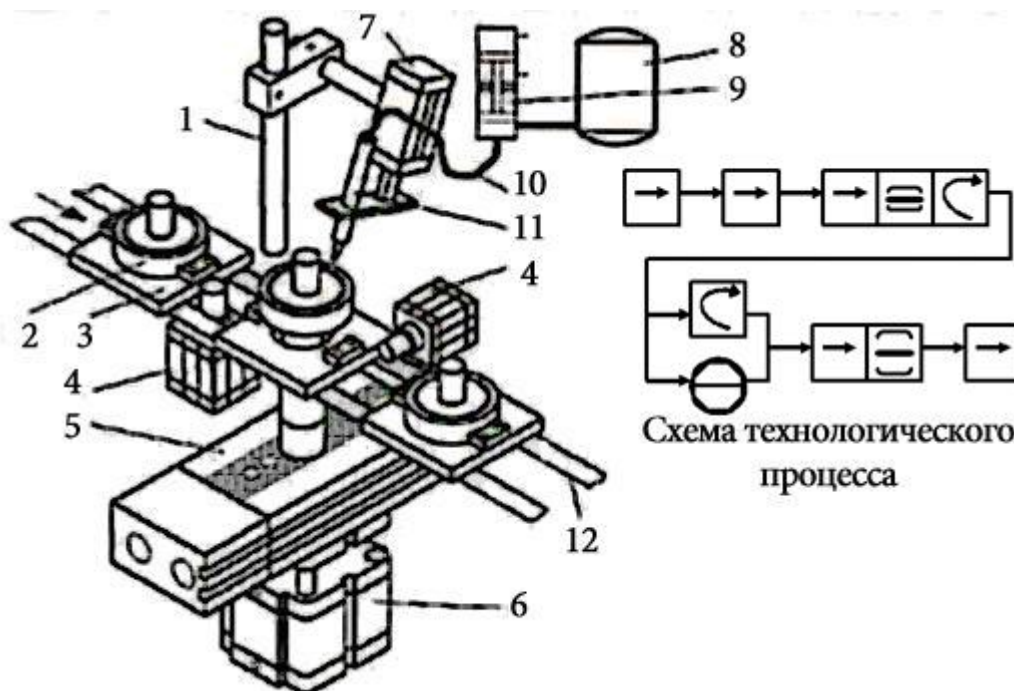
где 1 - рабочий модуль, 2 - круглый делительный стол, 3 - поворотно-линейный модуль, 4 - станина, 5 - поворотный рычаг, 6 - сильфонный вакуумный захват, 7- магазин с шайбами, 8 - поворотный модуль, 9 - координата позиционирования, 10 - датчик положения, 11 - штанга магазина, 12 - вилочный подъемный рычаг, 13 - опорный диск, 14 - диск магазина, 15 - стандартный вакуумный захват, 16 - втулка для закрытия отверстия в шайбе при создании вакуума.

Пример показывает подачу уложенных в магазин шайб к обрабатывающей машине. Шайбы уложены в магазин так, что подъемный рычаг может подводиться к стапелю снизу. Затем магазин по сигналу от датчика поднимается на шаг. Для подачи шайб к машине используется двуплечий рычаг, благодаря чему подъем заготовки из магазина и детали из штампа может происходить по времени одновременно. Стандартный вакуумный захват применяется в том случае, если деталь не имеет отверстия и в машине фиксируется по наружному диаметру. Можно также использовать два сильфонных вакуумных захвата и, наконец, имеются специальные вакуумные захваты, которые можно использовать для деталей, имеющих центральное отверстие.

Применяемые узлы и элементы:

- поворотно-линейный модуль DSL...;
- вакуумный захват VAS...или сильфонный вакуумный захват VASB...;
- электромеханический линейный привод DGEL...-SP..;
- шаговый двигатель VRDM... и система позиционного управления EPS...;
- датчик положения SM... для цилиндра;
- пневматический распределитель...;
- оптико-электронный датчик с отражением луча SOEG...;
- монтажные принадлежности;
- присоединительная арматура.

Устройство для нанесения клея (А9-38)



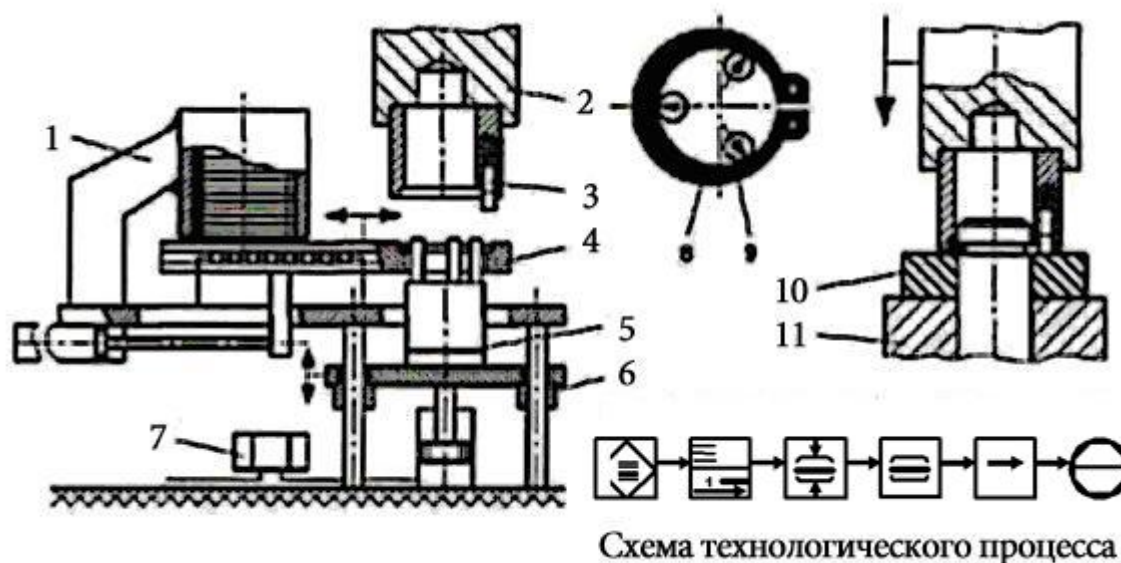
где 1 - штатив, 2 - подлежащий склеиванию узел, 3 - держатель заготовок, 3 - стопорный цилиндр, 5 - поворотный модуль, 6 - подъемный цилиндр, 7 - пневматический цилиндр, 8 - бачок с клеем, 9 - дозирующий насос, 10 - трубопровод для подачи клея, 11 - держатель сопла, 12 - транспортер.

Склеивание деталей находит все большее применение в промышленности, что связано с работоспособностью клеевых соединений при правильно подобранном клее. На рисунке показана подача клея в подготовленное место стыка. Для этого подлежащие склеиванию детали поднимаются из держателя и вращаются. Сопло, подающее клей, подводится к деталям с помощью пневматического цилиндра. Для остановки держателя обычно применяется стопорный цилиндр. Поворотный модуль должен допускать возможность точной регулировки скорости. Также можно использовать поворотный стол с электрическим приводом.

Применяемые узлы и элементы:

- компактный цилиндр ADVUL...;
- пневматический распределитель...;
- датчик положения SM...для цилиндра поворотный привод DRQD...;
- плоский цилиндр DZF... или стандартный цилиндр DSNUL... или линейные модули SLT.../SLS...;
- стопорный цилиндр STA....
- соединительная арматура;
- монтажные принадлежности.

Устройство для установки на вал стопорных колец (A10-44)



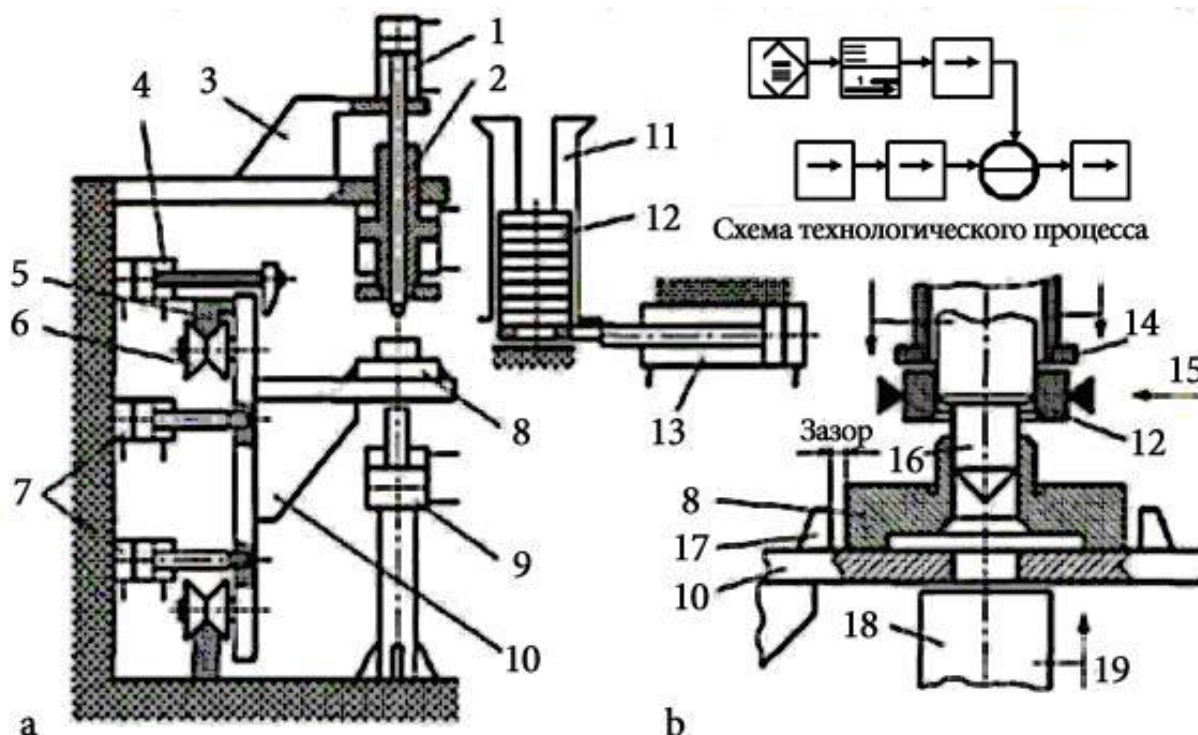
где 1 - магазин для колец, 2 - монтажная головка, 3 - разжимной клин, 4 - подающие салазки, 5 - трехпальцевый захват, 6 - подъемная плита, 7 - клапан, регулирующий усилие, 8 - разжима кольца, 9 - стопорное кольцо, 10 - палец захвата, 11 - закрепляемая на конце вала деталь, 12 - базовая деталь.

В машиностроительных узлах достаточно часто приходится устанавливать стопорные кольца на концах валов. Для этой цели используются различные механизмы. В показанном примере кольца, штапелированные в магазине, поштучно подаются толкателем на позицию разжима колец. Там они раскрываются трехпальцевым захватом и в этом положении фиксируются с помощью клина в захвате манипулятора. При установке кольца на конец вала клин вынимается, и кольцо заскакивает в паз на валу. При этом важно, не слишком растягивать стопорное кольцо, чтобы не происходило пластической деформации. Усилие разжима кольца и соответственно раскрытия пальцев захвата устанавливается с помощью регулятора давления. Захват устанавливает кольцо по оси, которая задана при настройке манипулятора. Монтажная головка также может перемещаться с помощью пневматических средств.

Применяемые узлы и элементы:

- трехпальцевый захват HGD...;
- компактный цилиндр ADVUL...;
- регулятор давления LR...;
- пневматический распределитель...;
- стандартный цилиндр ESN... или бесштоковый суппорт SLG...;
- датчик положения SM... для цилиндра;
- присоединительная арматура;
- монтажные принадлежности.

Сборочный комплекс для легких запрессовочных работ (A11-45)



а) - сборочное устройство, б) - центрирующей оправки

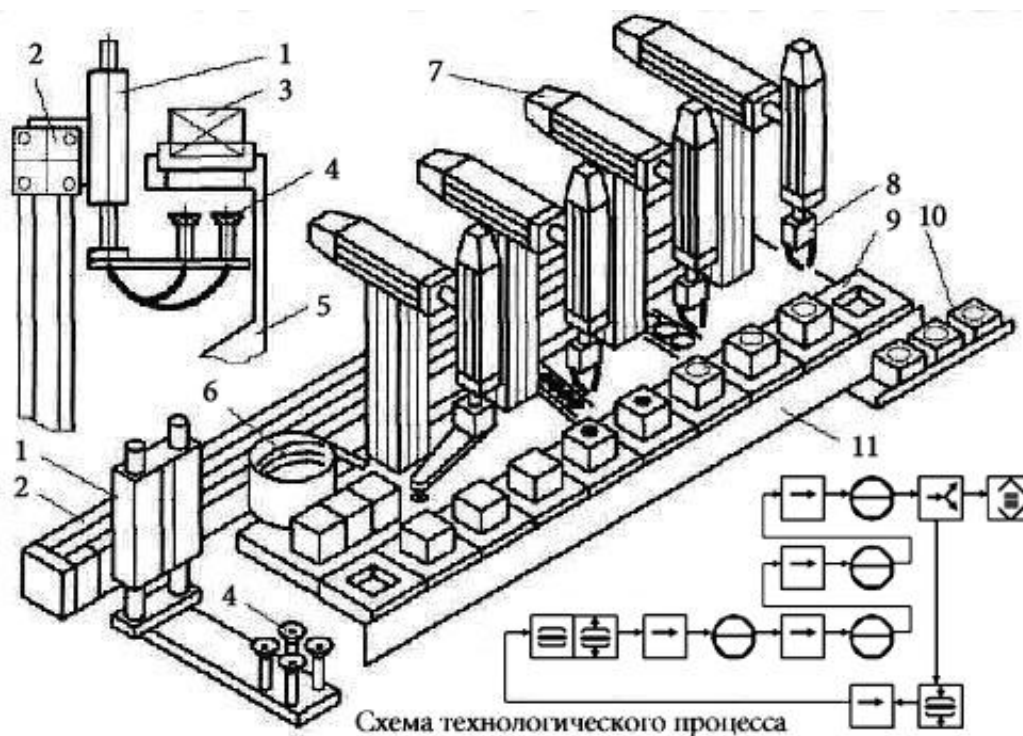
где 1 - центрирующий цилиндр для выравнивания осей соединяемых деталей, 2 - прессующий цилиндр, 3 - кронштейн, 4 - цилиндр зажима, 5 - направляющий профиль, 6 - направляющий ролик, 7 - стопорные цилиндры, 8 - базовая деталь для сборки, 9 - опорный цилиндр, 10 - перемещающаяся платформа, 11 - магазин, 12 - кольцо, устанавливаемое при сборке на базовую деталь, 13 - цилиндр отсекающего и подачи, 14 - упорная шайба, 15 - направление подачи, 16 - центрирующий конус, 17 - установочная плита для базовой детали, 18 - шток опорного цилиндра, 19 - движение подъема опорного цилиндра.

Транспортная система этого сборочного устройства имеет сборочную платформу, которая перемещается по направляющим. В сборочной позиции платформа стопорится и зажимается с помощью пневматики. Устанавливаемое при сборке кольцо выталкивается из магазина и подается на сборочную позицию. Перед запрессовкой с помощью центрирующей оправки обеспечивается центрирование осей стыкуемых деталей. Кроме того, поднимается опорный цилиндр, создающий усилие противодействия, благодаря чему происходит разгрузка платформы на сборочной позиции. Привод сборочной платформы на рисунке не показан. Перемещение платформы может происходить, например, с помощью цепи. Платформа может быть также оснащена собственным приводом от электродвигателя.

Применяемые узлы и элементы:

- стандартный цилиндр DSNU...; короткоходовой цилиндр ADVC...;
- короткоходовой цилиндр AEVC... или рычажный зажим CTLF...;
- компактный цилиндр ADVU...S20; пневматический цилиндр...;
- датчик положения SM... для цилиндра; монтажные принадлежности;
- присоединительная арматура.

Сборочно-транспортная установка (A12-47)



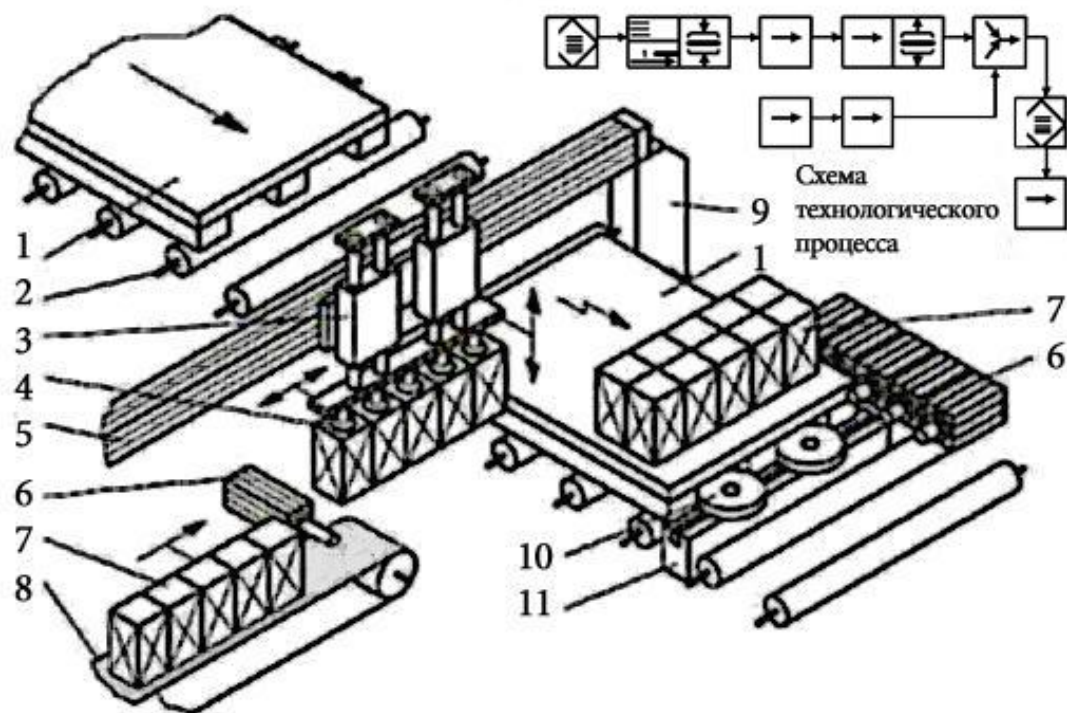
где 1 - подъемные салазки, 2 - бесштоковый линейный привод, 3 - группа деталей, подлежащая сборке, 4 - вакуумный захват, 5 - станина установки, 6 - вибратор для подачи небольших деталей, 7 - модуль Pick-and-Place, 8 - захват, 9 - паллета для заготовки, 10 - собранная группа деталей, 11 - боковая направляющая.

На рисунке показана сборочная установка, у которой перемещение паллет для заготовок происходит без привода. Когда в конце сборочного участка снимается собранная группа деталей, паллета захватывается снизу вакуумными захватами, опускается и под транспортным участком возвращается назад. Затем паллета вновь поднимается в начало транспортной системы. Так как все паллеты перемещаются друг за другом вплотную, то весь ряд сдвигается на шаг. Понятно, что в небольших сборочных цехах установка по этому принципу может быть построена из стандартных деталей.

Применяемые узлы и элементы:

- бесштоковый линейный привод DGPL...;
- монтажные принадлежности;
- вакуумный захват VAS...;
- датчик положения SM... для цилиндра;
- привод направляющего модуля DFM...;
- линейный модуль HMP...;
- вакуумный всасывающий клапан ISV...;
- эжектор VADM...;
- захват HG...;
- поворотный модуль DSM...;
- присоединительная арматура.

Установка для загрузки поддонов (A13-51)



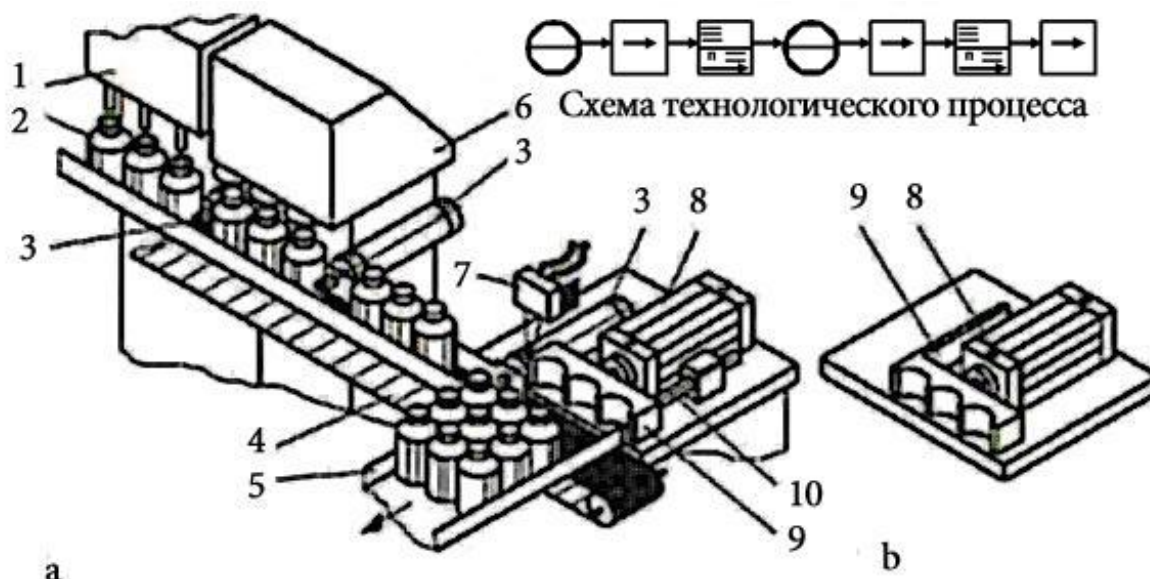
где 1 - европоддон, 2 - рольганг, 3 - подъемный модуль, 4 - вакуумный захват, 5 - бесштоковый линейный привод, 6 - стопорный упор, 7 - стапелируемые предметы, 8 - лента подающего транспортера, 9 - станина, 10 - направляющий ролик для поддона, 11 - держатель направляющих роликов для поддона.

Часто в конце поточной линии изготовленную продукцию нужно укладывать на поддоны. Траектория движений и число захватов зависит от вида поддона. В представленном примере поддон последовательно перемещается на шаг, что достигается установкой стопорных цилиндров на расстоянии шага друг от друга. Поддон открыт снизу, и его правильное положение обеспечивается с помощью регулируемых направляющих роликов. При закрытых снизу поддонах направление осуществляется снаружи. Перемещение поддонов вперед происходит с помощью транспортера. Многопозиционный захват может брать целый ряд установленной на поддоне продукции. Перемещение может осуществляться с помощью линейных приводов с двумя конечными положениями. Для обеспечения большого усилия подъемные модули выполнены сдвоенными.

Применяемые узлы и элементы:

- бесштоковый пневмопривод DGPL...или привод с системой «быстрого и мягкого останова» Soft Stop (SPC 10);
- вакуумный захват VAS...; стопорный цилиндр STA...;
- пневматический распределитель...;
- спаренные цилиндры DPZ...или цилиндр с направляющими DFP...;
- эжектор VAD...; вакуумный всасывающий клапан ISV...;
- компенсатор разности высот VAL...; датчик положения SM...;
- монтажные принадлежности; присоединительная арматура.

Установка для перегруппировки бутылок на конвейерах (A14-81)



а) - общий вид установки, б) - вариант применения цилиндра со штоком, имеющим блокировку от проворота

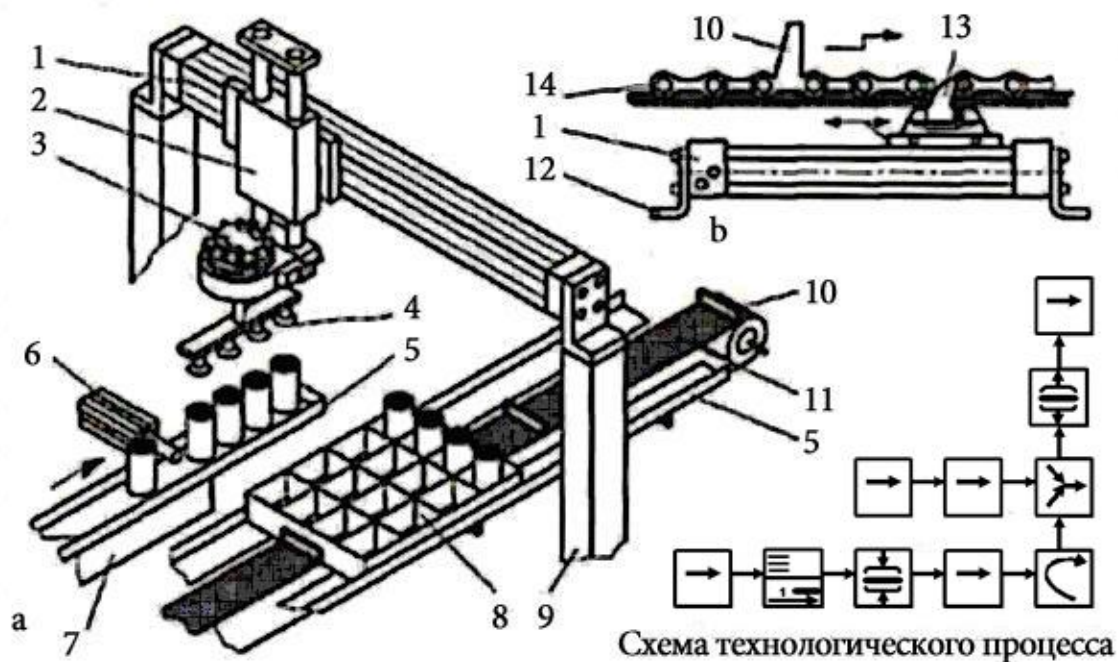
где 1 - позиция наполнения бутылок, 2 - наполняемая бутылка, 3 - стопорный цилиндр, 4 - транспортерная лента, 5 - участок поперечного транспортера, 6 - многопозиционное устройство для закупоривания бутылок, 7 - датчик, 8 - пневматический цилиндр, 9 - разделитель, 10 - блокировка от проворота штока.

В поточном производстве для упаковки изделий, часто необходима их перегруппировка. Как видно из рисунка, бутылки после прохождения рабочей позиции сдвигаются на поперечный транспортер группами по 3 штуки. Сдвиг происходит по команде, поступающей от датчика, формирующего комплект из 3-х бутылок. Иногда можно отказаться от стопорного цилиндра, если трехместный толкатель выполнен так, что он одновременно может выполнять функцию отсекающего (рис. б). Упростить конструкцию можно благодаря применению цилиндра с овальным поршнем или приводного цилиндра со штоком, имеющим блокировку от проворота.

Применяемые узлы и элементы:

- стандартный цилиндр ESN... или плоский цилиндр DZF...;
- компактный цилиндр AEVU... или AEVULQ...;
- датчик положения SM... для цилиндра;
- дроссель с обратным клапаном GR...;
- оптико-электронный датчик положения с отражением луча SOEG...;
- монтажные принадлежности;
- присоединительная арматура.

Устройство для упаковки жестяных банок (A15-85)

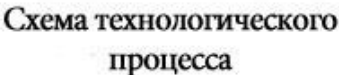


а) - общий вид установки, б) - транспортер подачи
где 1 - бесштоковый линейный привод, 2 - подъемные салазки, 3 - поворотный привод, 4 - вакуумный захват, 5 - боковая направляющая, 6 - стопорный цилиндр, 7 - прямолинейный вибрационный желоб, 8 - тара для упаковки, 9 - стойка, 10 - поводок, 11 - специальная транспортерная лента, 12 - опорные лапы, 13 - собачка храпового механизма подачи, 14 - роликовая цепь.

Показанная на рисунке установка предназначена для групповой упаковки жестяных банок, при этом одновременно перемещаются 4 банки. Это позволяет применять линейные модули, которые имеют только два конечных положения. Тара для упаковки перемещается шагами. Для этого можно использовать пневматический цилиндр, на котором установлена собачка храпового механизма, зацепляющаяся с роликовой цепью. Можно также применить поворотный привод с механизмом свободного хода, имеющий достаточный крутящий момент. Последовательность движений принципиально не изменится, если нужно организовать разгрузку. Она также не изменится, если вместо вакуумных захватов использовать клещевые захваты.

Применяемые узлы и элементы:

- бесштоковый пневмопривод DGPL...;
- крепежные лапы HP...; стопорный цилиндр STA...;
- поворотный привод DSR.../DRQD...;
- вакуумный захват VAS... или клещевой захват HG...;
- датчик положения SM...;
- пневматический распределитель...; линейный модуль SLE.../SLT...;
- стандартный цилиндр DSN...;
- вакуумный всасывающий клапан ISV...; эжектор VAD...;
- монтажные принадлежности; присоединительная арматура.



13 - угловой рычаг.

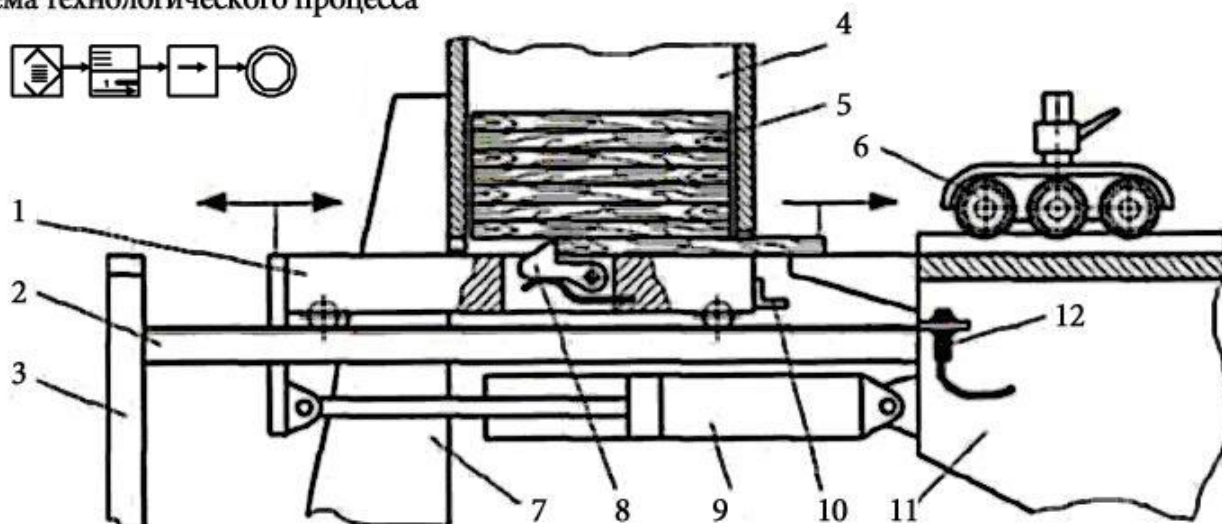
ва подачи выводятся из зоны, в которую может попасть стружка.

Применяемые узлы и элементы:

- стандартный цилиндр ESN...;
- стандартный цилиндр DNG... или DNC...;
- датчик положения цилиндра SM...;
- пневматический цилиндр;
- опорная стойка LBG...;
- шарнирная головка SGS...;
- дроссель с обратным клапаном GR...;
- опора LNZ...;
- монтажные принадлежности;
- присоединительная арматура.

Устройство подачи деталей к машине для склеивания (A17-90)

Схема технологического процесса



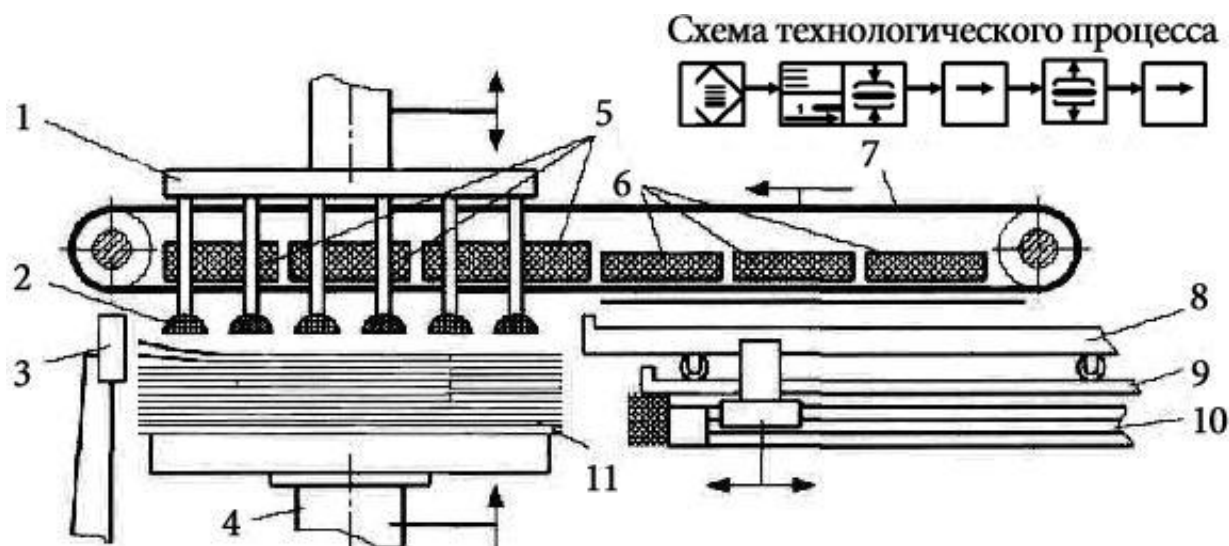
где 1 - толкатель для поштучной подачи деталей из магазина, 2 - направляющая, 3 - стойка, 4 - магазин, 5 - деталь, 6 - валковый механизм подачи, 7 - стойки магазина, 8 - поводковая собачка, 9 - пневматический цилиндр, 10 - флажок, 11 - рабочая машина, 12 - датчик положения.

Современные устройства подачи позволяют достичь многостаночного обслуживания и способствуют созданию малообслуживаемого производства. В этом случае одновременно ускоряются технологические процессы, улучшается их контроль, и многократно возрастает коэффициент использования мощности станка. На рисунке показано простое устройство для подачи в машину плоских планок или плит. Детали поштучно с помощью храповой собачки (при широких деталях с помощью нескольких собачек) выталкиваются из магазина и сдвигаются к валковому механизму подачи. Последний захватывает заготовку и сдвигает ее к непоказанному на рисунке инструменту или к транспортеру машины для склеивания. Механизм подачи оснащен валками с резиновым покрытием. Обычно достаточно, чтобы поводковая защелка захватывала деталь только на несколько миллиметров. Толкатель перемещается по V- или U-образной направляющей. Команда на реверс подается от бесконтактного датчика положения, взаимодействующего с флажком. Реверс может также осуществляться по команде датчика положения на цилиндре.

Применяемые узлы и элементы:

- стандартный цилиндр DNC...;
- шарнирная головка SGS...;
- опорная стойка LSNG...;
- датчик положения SM...;
- дроссель с обратным клапаном GR...;
- монтажные принадлежности;
- соединительная арматура.

Устройство подачи листовых деталей (A18-91)



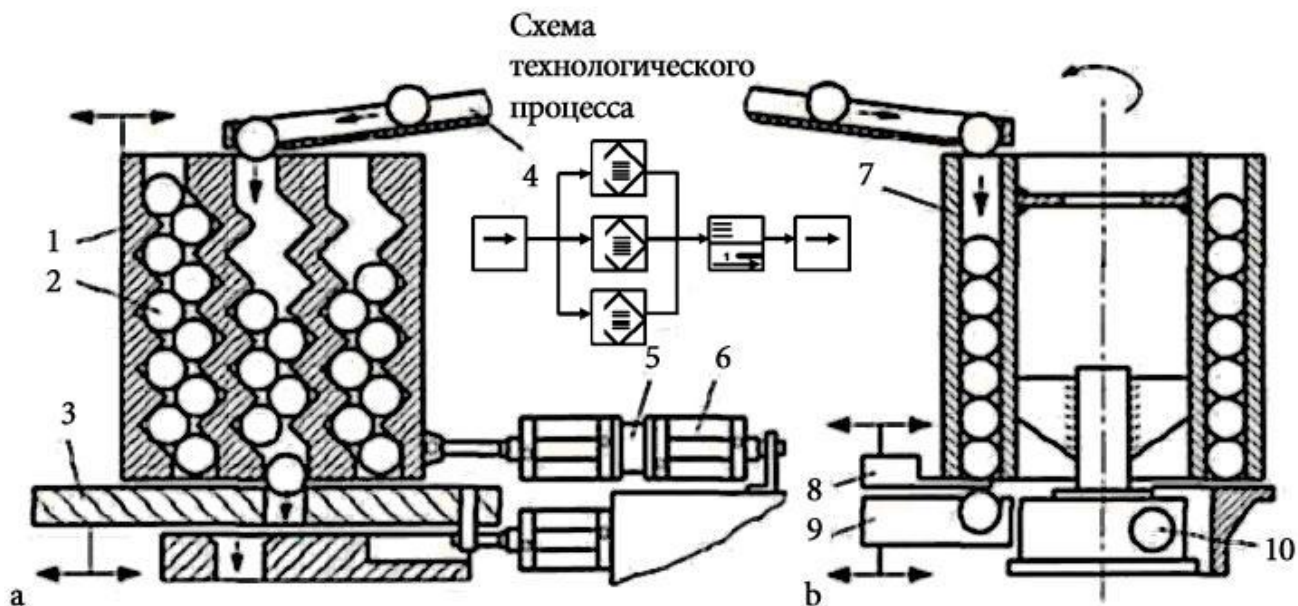
где 1 - плита с вакуумными захватами, 2 - плоский вакуумный захват, 3 - магнит для разделения листов друг от друга, 4 - подъемный стол, 5 - постоянный магнит, 6 - управляемый электромагнит, 7 - транспортер, 8 - загрузочный стол, 9 - направляющая, 10 - бесштоковый линейный привод.

При загрузке прессов для глубокой вытяжки отдельные листы требуется подавать непосредственно в штамп. В случае ферромагнитных материалов для транспортировки можно использовать комбинацию вакуумных и магнитных сил. В приведенном примере верхний лист снимается со стапеля с помощью вакуумных захватов. Транспортер выполнен из нескольких рядом друг с другом расположенных лент. Между лентами могут вертикально перемещаться вакуумные захваты. Лист поднимается с помощью вакуумных захватов, затем снизу прижимается к транспортерным лентам с помощью магнитов и далее перемещается в подвешенном состоянии. Наряду с постоянными магнитами предусмотрено несколько управляемых электромагнитов, которые отключаются, когда лист находится точно над перемещающимся на роликах столом. Благодаря этому лист падает на стол и может перемещаться в рабочую зону пресса. Чтобы избежать слипания листов при их подаче, в зоне верхнего листа сбоку от стапеля установлен специальный магнит для разделения заготовок.

Применяемые узлы и элементы:

- бесштоковый пневмопривод DPGL...;
- дроссель с обратным клапаном GR...;
- эжектор VAD...;
- вакуумный всасывающий клапан ISV...;
- датчик положения цилиндра SM...;
- дроссель с обратным клапаном GR...;
- монтажные принадлежности;
- соединительная арматура.

Многорядный промежуточный накопитель (А19-97)



а) - магазин со сдвигом деталей, б) - поворотный магазин

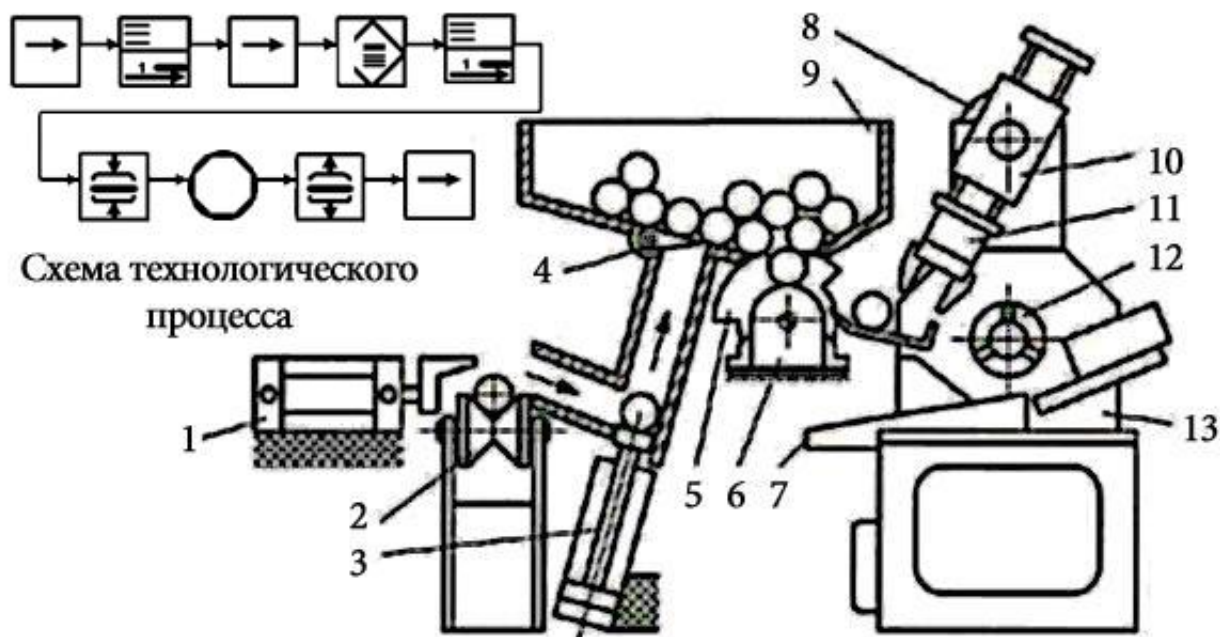
где 1 - зигзагообразная направляющая, 2 - заготовка, 3 - отсекатель, 4 - подающий желоб, 5 -монтажная вставка, 6 - многопозиционный цилиндр, 7 - барабанный магазин, 8 - подвижный упор, 9 - отсекатель, 10 - круглый делительный стол с магазином.

При автоматизации технологических процессов, в которых используется оборудование с различной производительностью, применяются промежуточные накопители. Для увеличения производительности параллельно устанавливается несколько магазинов. Наполнение магазинов контролируется датчиками. Подключение соответствующего магазина происходит с помощью пневматических приводов, например, многопозиционного цилиндра или пневматического поворотного делительного стола. Зигзагообразное перемещение заготовок в магазине, приведенном на рис. а), ведет на каждой ступени к новой ориентации деталей, так что при наполнении пустого магазина детали не переворачиваются. В примере на рис. б) четыре магазина для цилиндрических деталей вертикально расположены по периферии делительного стола. Монтажные принадлежности присоединительная арматура.

Применяемые узлы и элементы:

- стандартный цилиндр DNC...;
- многопозиционная вставка DPVU...;
- компактный цилиндр AEUU...;
- датчик положения цилиндра SM...;
- пневматический распределитель ...;
- дроссель с обратным клапаном GR...;
- шарнирная головка SGS...;
- поворотный делительный стол....

Устройство для подачи и складирования деталей типа валов (A20-99)



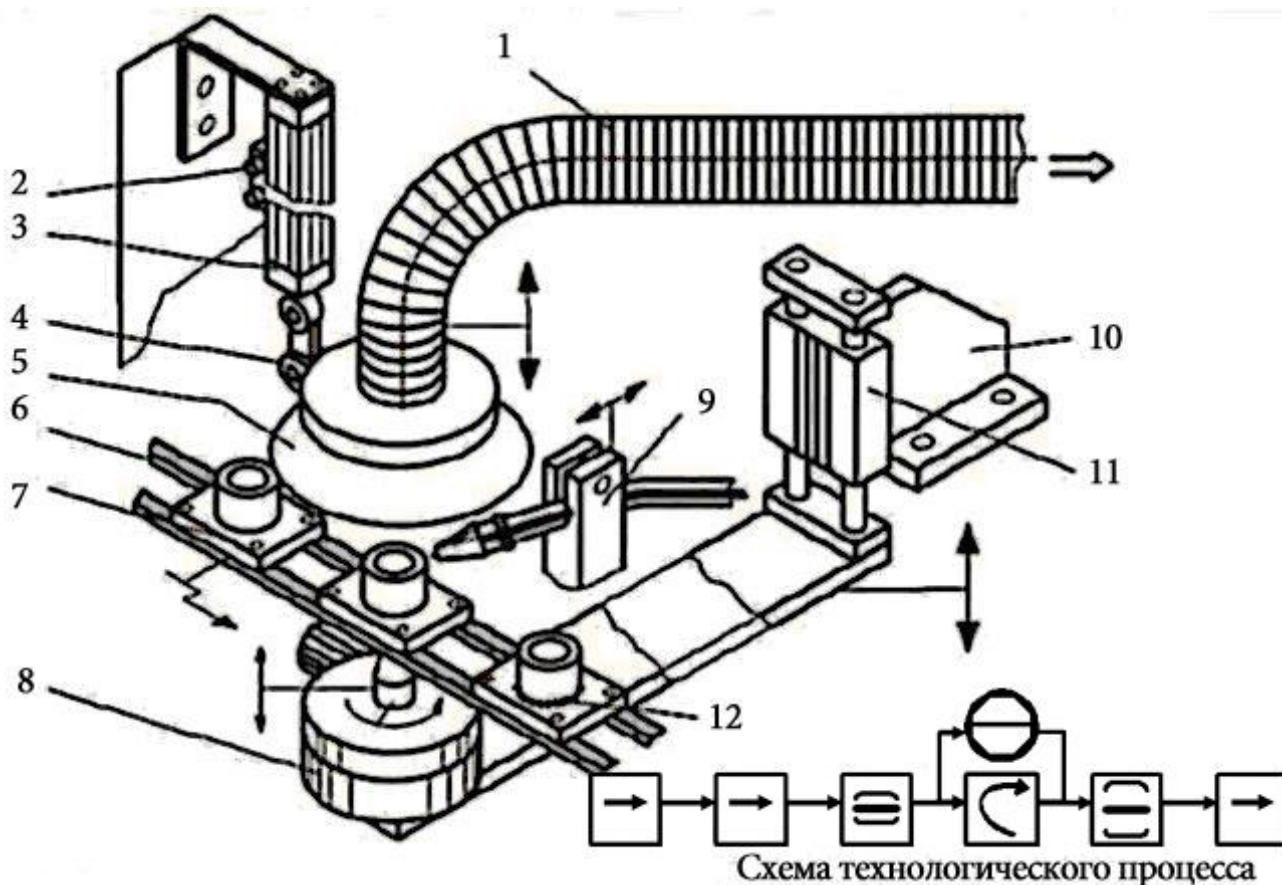
где 1 - толкатель, 2 - ролик, цепной транспортер, 3 - толкатель, 4 - подпружиненная поворотная опора, 5 - дисковый разделитель, 6 - поворотный привод, 7 - отводной лоток, 8 - поворотно-линейный модуль, 9 - магазин, 10 - линейный модуль, 11 - захват, 12 - зажим, 13 - рабочая машина.

Промежуточные накопители позволяют разорвать жесткую связь обрабатывающих машин друг с другом. Возникающее при этом свободное соединение машин более эффективно в случае поломки одной из машин. На рисунке показан промежуточный накопитель для деталей типа валов диаметром 10...30 мм и длиной 150...600 мм. С помощью этого накопителя можно снимать с транспортера проходящие мимо детали и при необходимости вновь подавать их к машине. Все необходимые движения могут выполняться с помощью пневматических средств. Сбрасываемые с ролика детали подаются толкателем в магазин. При дальнейшей подаче деталей происходит их разъединение с помощью дискового разделителя. Трех координатный манипулятор осуществляет загрузку машины. Время такта составляет порядка 5 секунд.

Применяемые узлы и элементы:

- компактный цилиндр ADVU...;
- стандартный цилиндр DNC...;
- крепежные лапы HNC...;
- поворотный привод DSR...;
- линейный модуль DPZJ...;
- параллельный захват HGP...;
- датчик положения SM...;
- пневматический распределитель...;
- монтажные принадлежности;
- присоединительная арматура.

Позиция пайки с вытяжным устройством для отсоса вредных газов (A21-01)



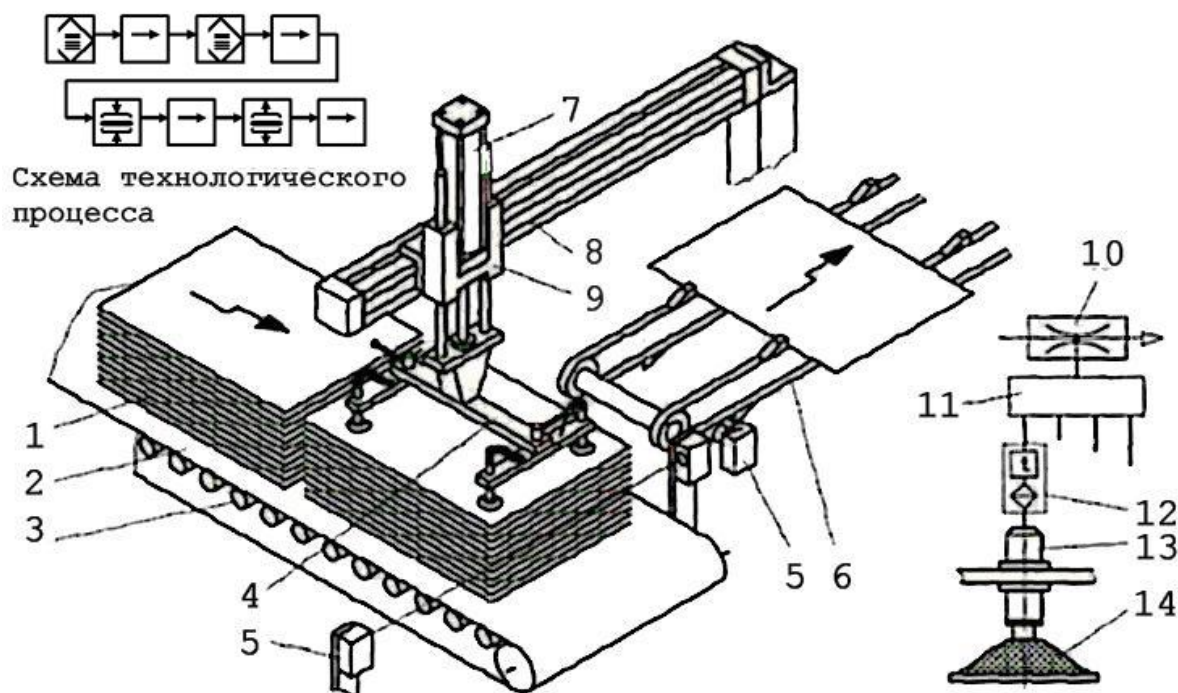
где 1 - вытяжной рукав, 2 - 5/3 -распределитель, 3 - пневматический цилиндр, 4 - соединительный шарнир, 5 - кожух, 6 - транспортер, 7 - базовая деталь, 8 - поворотный модуль, 9 - держатель горелки, 10 - станина, 11 - линейный модуль, 12 - готовый узел.

Вытяжное устройство (рукав) предназначено для удаления от места образования загрязненного воздуха, содержащего дымовые газы, пар, пыль или распыленную краску. В примере показана пайка втулок твердым припоем. На рабочей позиции собранный узел снимается с транспортера и поворачивается на угол 360° с рабочей скоростью. Одновременно вытяжной рукав с помощью пневматики опускается вблизи зоны выброса вредных примесей. Перед следующим тактом рукав опять поднимается, чтобы освободить рабочую зону для дальнейших манипуляций. В зависимости от размеров и массы вытяжного устройства следует определить, находятся ли поперечные силы, которые действуют на шток поршня, в допустимых пределах или требуются дополнительные прямолинейные направляющие.

Применяемые узлы и элементы:

- стандартный цилиндр DNC...;
- 5/3-распределитель MFH...;
- вилкообразная головка SG... и крепежные элементы;
- датчик положения SME...;
- линейный модуль SPZ....

Устройство для разгрузки стапеля (A22-02)



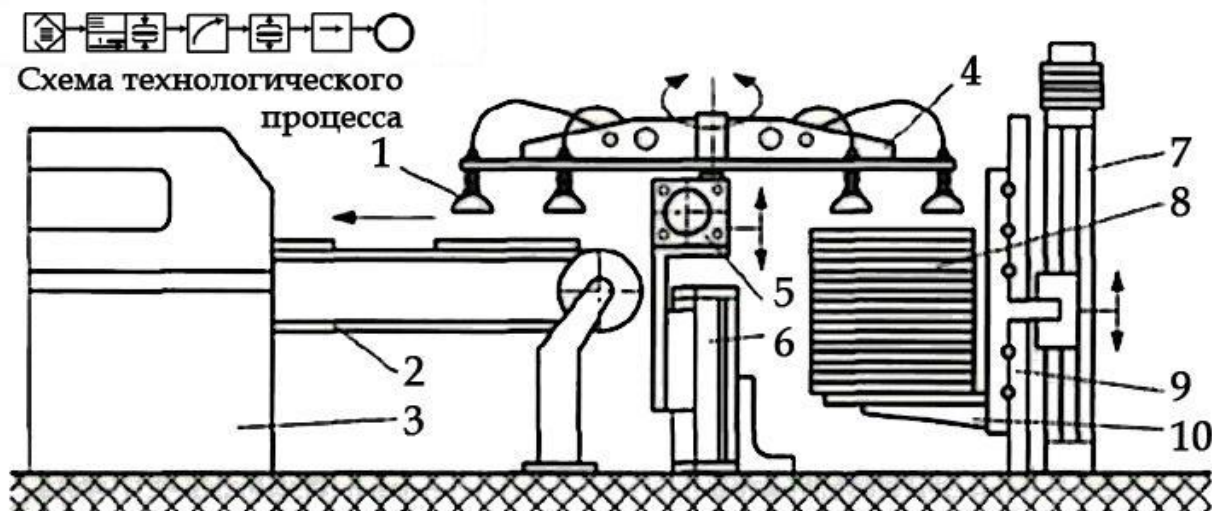
где 1 - стапель с плитами, 2 - транспортер, 3 - опорные ролики, 4 - рука с вакуумными захватами, 5 - датчик, 6 - транспортер, 7 - пневматический цилиндр, 8 - бесштоковый линейный привод, 9 - направляющие, 10 - эжектор, 11 - распределительный модуль, 12 - вакуумный всасывающий клапан, 13 - компенсатор разности высот, 14 - вакуумный захват.

На технологической линии, например, для изготовления мебельных деталей, нужно снимать со стапеля древесностружечные, пластиковые, фанерные и волокнистые плиты и подавать их на транспортер. Это целесообразно делать с помощью вакуумных захватов, если материал не слишком воздухопроницаем. В примере транспортер непрерывного действия подает стапель с плитами на передаточную позицию. Число и размер захватов зависит от веса заготовки. Вакуум создается с помощью сжатого воздуха. Для компенсации небольшой разности высот (до 5 мм) захваты выполняются подпружиненными.

Применяемые узлы и элементы:

- стандартный цилиндр DNC... с направляющими FEN... или SLT...;
- эжектор VAD...;
- пневматические распределители или пневмоострова CP...;
- коллектор FR...;
- пневматический бесштоковый линейный привод DGPL...;
- компенсатор разности высот VAL...;
- датчик положения SME... для цилиндра;
- одноручевой оптико-электронный датчик SOEG...;
- вакуумный захват VAS...;
- вакуумный всасывающий клапан ISV...;
- датчик;
- монтажные принадлежности.

Устройство для подачи листовых заготовок из стапеля (A23-03)



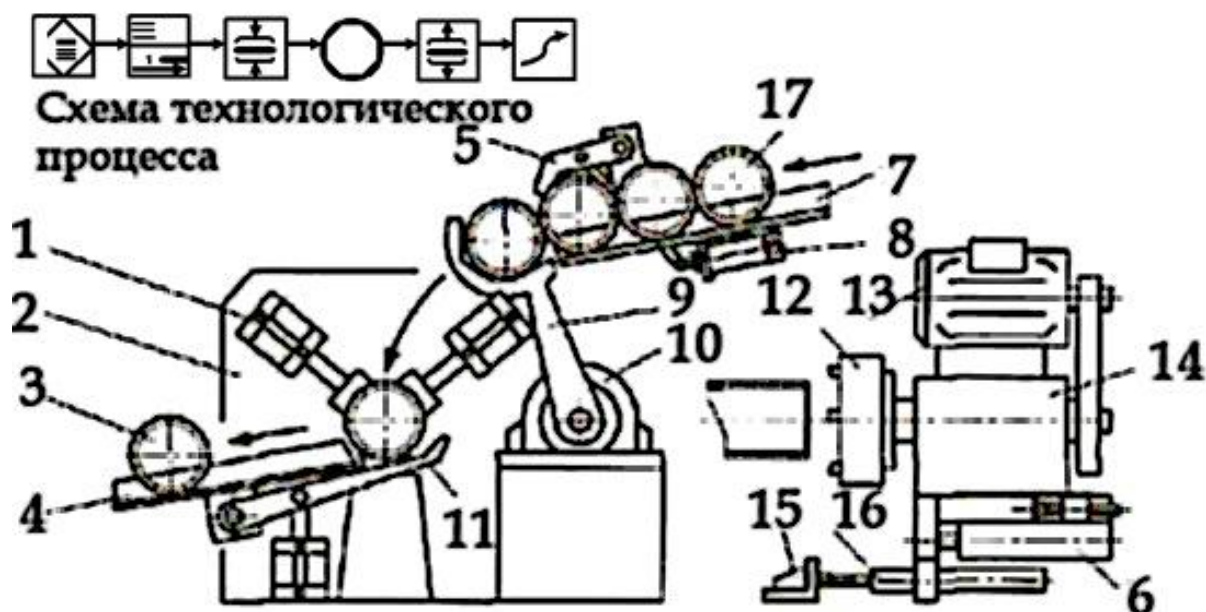
где 1 - вакуумный захват, 2 - участок транспортера, 3 - обрабатывающая машина, 4 - поворотная рука, 5 - поворотный привод, 6 - подъемный привод, 7 - электромеханический подъемный модуль типа "винт-гайка", 8 - стапель с заготовками, 9 - линейная направляющая, 10 - платформа подъемника.

В примере в обрабатывающую машину подаются листовые заготовки (пластины). Вакуумные захваты закреплены на двухплечей руке, так что снятие заготовок из стапеля и их подача в машину может осуществляться одновременно. Параллельное выполнение операций дает экономию времени. Стапель с заготовками поднимается шагами, заготовки всегда находятся на одной высоте. Вакуумные захваты должны быть подпружинены. Недостаток этого решения состоит в том, что во время установки стапеля с заготовками на подъемник, обрабатывающая машина простаивает. Время простоя складывается из времени опускания платформы подъемника и времени установки стапеля с заготовками на платформу. Если важно сократить время простоя, то подъемник выполняется сдвоенным.

Применяемые узлы и элементы:

- пневматический линейный привод DGPL... или STL...;
- распределитель с пневмоуправлением VI;
- электромеханический линейный привод DGE...;
- поворотный привод DRQ...
- датчик;
- монтажные принадлежности.

Автомат для обработки концов труб (A24-04)



где 1 - зажимной цилиндр, 2 - станина машины, 3 - обрабатываемая деталь, 4 - транспортер для удаления готовых деталей, 5 - отсекатель, 6 - линейный модуль, 7 - магазин с заготовками труб, 8 - пневматический цилиндр, 9 - подающий рычаг, 10 - поворотный цилиндр, 11 - выбрасыватель, 12 - инструментальная головка, 13 - электродвигатель, 14 - модуль "винт-гайка", 15 - упор, 16 - тормозной гидроцилиндр, 17 - обработанная деталь.

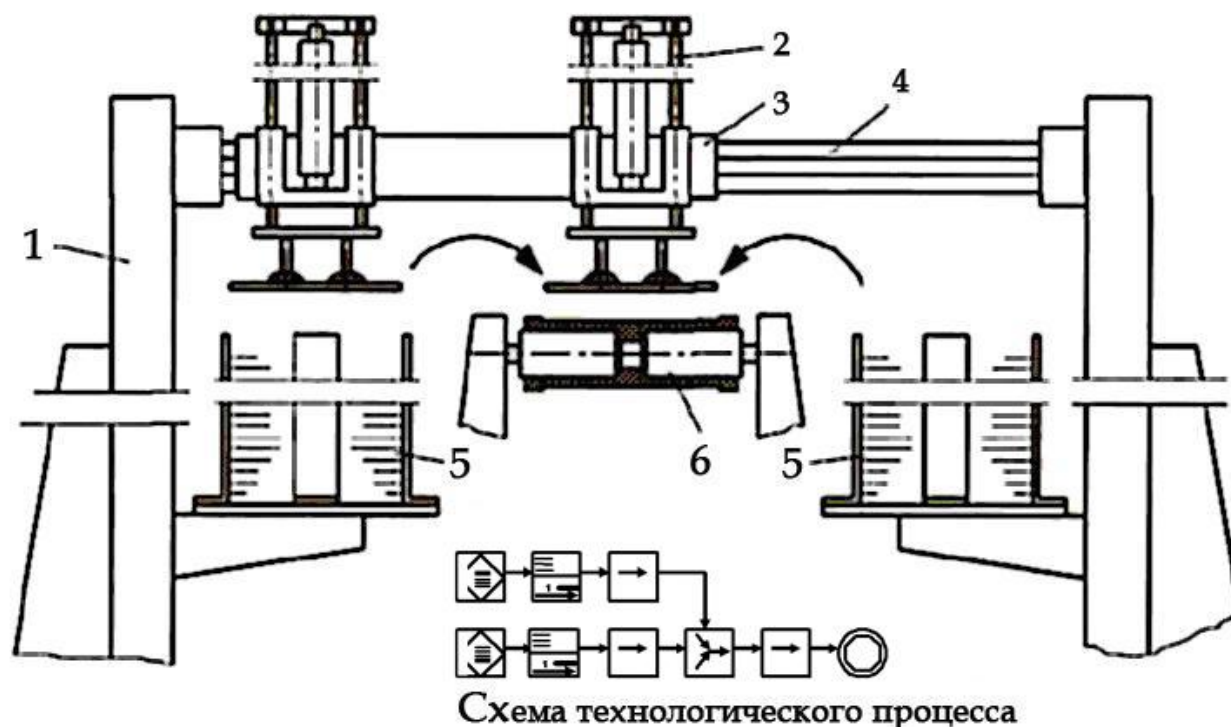
В технике очень часто находят применение отрезки труб различной длины, имеющие обработанные концы. Обработка осуществляется с помощью силовых головок, расположенных с двух сторон специального станка. Головки могут настраиваться на различную длину отрезков трубы. Манипулирующая система для подачи и удаления заготовок может быть относительно просто выполнена с помощью пневматических средств. В примере трубы подаются к машине из магазина, и готовые детали поступают из машины опять в магазин. Во время обработки детали зажимаются, и инструмент выполняет необходимые движения. Подача инструмента будет происходить равномернее, если параллельно с рабочим цилиндром установить гидравлический тормозной цилиндр.

Применяемые узлы и элементы:

линейный модуль SLT... или DFM... или DGPL-...-HD...;

- распределитель с пневмоуправлением VL...;
- поворотный цилиндр DSR...;
- датчик положения SME...;
- тормозной гидроцилиндр YDR...;
- монтажный фланец YSRF...;
- короткоходовой цилиндр ADVU...;
- круглый цилиндр DSEU...;
- монтажные принадлежности.

Сдвоенное загрузочное устройство для поточной линии (A25-09)



где 1 - станина, 2 - пневматический линейный модуль, 3 - салазки, 4 - бесштоковый линейный привод, 5 - магазин, 6 - начальный участок транспортера поточной линии.

В устройствах для обработки поверхности, например, для печати или нанесения клея, детали должны быстро устанавливаться на транспортер. Нормальный цикл Pick-and-Place ("поднять и поставить") часто не обеспечивает требуемую скорость подачи. Поэтому в примере для быстрой загрузки использованы два магазина. Благодаря этому можно сократить время на подачу заготовок из магазина и загрузку самого магазина. Оба вертикальных модуля с вакуумными захватами установлены на общих салазках. Для получения очень короткого времени цикла применен привод с „быстрым и мягким остановом" (Soft-Stop-привод). Это обеспечивает экономию времени до 30 % по сравнению с обычным пневматическим приводом. Если на транспортере установлена кассета, в которую должны быть точно уложены заготовки, то движения транспортера и подающего устройства должны быть синхронизированы.

Применяемые узлы и элементы:

- цилиндр DSNU... с направляющими FEN... или линейный модуль DFM...;
- бесштоковый линейный привод DGPL...или привод с «быстрым и мягким остановом»;
- распределитель с пневмоуправлением VL... или пневмоостров CP...;
- эжектор VAD... и вакуумный всасывающий клапан ISV...;
- датчик положения SME...;
- вакуумный захват VAS....

ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Образец оформления списка литературы (ГОСТ 7.1—2003)

КНИГА

Один автор

1. *Адамар Ж.* Задача Коши для линейных уравнений с частными производными гиперболического типа [Текст] / Ж. Адамар; под ред. А. Г. Нестеренко; пер. с фр. Ф.В. Шугаева. — М.: Наука, 1978. — 352 с.
2. *Крохина, Ю. А.* Финансовое право России [Текст]: учеб. для вузов / Ю.А. Крохина. — М.: Норма, 2004. — 298 с.

Два-три автора

1. *Агафонова Н.Н.* Гражданское право [Текст]: учеб. пособие для вузов / Н.Н. Агафонова, Т.В. Богачева, Л.И. Глушкова; под. общ. ред. А.Г. Калпина; авт. вступ. ст. Н.Н. Поливаев. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Юристъ, 2002. — 542 с.
2. *Самуэльсон П.Э.* Экономика [Текст]: пер. с англ. / П.Э. Самуэльсон, В.Д. Нордхаус. — 16-е изд. — М.: Вильямс, 2001.
3. *Дмитриев А.П.* Численные методы анализа [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.П. Дмитриев, Е.Н. Мариев; под ред. А.П. Дмитриева. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1999.

Больше трех авторов

1. *Кокеткин П.П.* Пути улучшения качества изготовления одежды [Текст] / П.П. Кокеткин [и др.]. — М.: Легпромбытиздат, 1998. — 240 с.
2. История России [Текст]: учеб. пособие для студентов всех специальностей / В.Н. Быков [и др.]; отв. ред. В.Н. Сухов. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: СПбЛТА, 2001. — 231 с.
3. Теория солитонов. Метод обратной задачи [Текст] / В.Е. Захаров, С.В. Манаков, С.П. Новиков, Л.П. Питаевский; под ред. С.П. Новикова. — М.: Наука, 1980. — 320 с.

Многотомное издание

1. *Шабат Б.В.* Введение в комплексный анализ [Текст]. В 2 т. Т. 1: Функции одного переменного: учеб. для ун-тов / Б.В. Шабат. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1985. — 336 с.

Глава из книги

1. *Макаров И.М.* Робототехника и научно-технический прогресс [Текст] / И.М. Макаров, И.Б. Глазырина, Б.Э. Глазырин // Робот. Компьютер. Гибкое производство. — М., 2007. — Гл. 2. — С. 27–36.

СТАТЬИ

1. *Скроцкий Г.В.* К термодинамике спиновых систем [Текст] / Г.В. Скроцкий, В.Н. Тропинин // Статистическая физика и квантовая теория поля: сб. статей / под ред. Н.Н. Боголюбова. — М.: Наука, 1973. — Вып. 28. — С. 120—200.
2. *Иванов А.А.* Теорема Ферма и ее применение в различных областях математики [Текст] / А.А. Иванов // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. — 1984. — Т. 36. — № 3. — С. 295–304.
3. *Корявко В.И.* Эволюция форм применения объединений ВМФ [Текст] / В.И. Корявко // Воен. мысль. — 2006. — № 4. — С. 64–67.

Законодательные и нормативные акты

1. О противодействии терроризму: федер. закон Рос. Федерации от 6 марта 2006 г. № 35-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 26 февр. 2006 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 1 марта 2006 г. // Рос. газ. — 2006. — 10 марта.
2. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть четвертая от 18 дек. 2006 г. № 230-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 24 нояб. 2006 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 8 дек. 2006 г.: ввод. Федер. законом Рос. Федерации от 18 дек. 2006 г. № 231-ФЗ // Парламент. газ. — 2006. — 21 дек.; Рос. газ. — 2006. — 22 дек.; Собр. законодательства Рос. Федерации. — 2006. — № 52 (ч. 1). — Ст. 5496. — С. 4803–14949.

3. О введении надбавок за сложность, напряженность и высокое качество работы: указание М-ва соц. защиты Рос. Федерации от 14 июля 1992 г. № 1-49-У. Документ опубликован не был. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. Федеральный закон от 29.04.2008 № 57-ФЗ «О порядке осуществления иностранных инвестиций в хозяйственные общества, имеющие стратегическое значение для обеспечения обороны страны и безопасности государства».

Реферат

1. К положению дел в настоящем и будущем [Текст] // Астронавтика и ракетодинамика: экспресс-информация / ВИНТИ. — М., 1986. — № 6. — С. 1–3. — Реф. ст.

Препринт

1. Пуск и исследования основных характеристик реактора ИБР-2 с новым модулятором реактивности гетерогенного типа [Текст]: препринт Р13-2004-156 / В.Д. Ананьев и др.; ОИЯИ. — Дубна, 2004. — 13 с.

2. Уханов М.Н. О поляризации пучка, выведенного изогнутым кристаллом [Текст]: препринт ИФВЭ 2007-3 / М.Н. Уханов; ИФВЭ. — Протвино, 2007. — 4 с.

Диссертация, автореферат

1. Наумова Е.Г. Проблемы поиска решения: трехмерный случай [Текст]: дис. ...канд. мат. наук / Е.Г. Наумова. — М., 1985. — 102 с.

2. Карпик А.П. Геодезическая пространственная информационная система для обеспечения устойчивого развития территорий [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.24.01 / А.П. Карпик. — Новосибирск, 2004. — 295 с.

Электронные ресурсы

Книга

Топтыгин И.Н. Математическое введение в курс общей физики: учеб. пособие [Электронный ресурс] / И.Н. Топтыгин. — СПб., 2000. — URL: <ftp://ftp.unilib.neva.ru/dl/010.pdf>

Статья из электронного издания (электронный журнал)

1. Топтыгин И.Н. Математическое введение в курс общей физики [Электронный ресурс] // Математика и физика. Общий курс: электронный журнал / МГУ. — СПб., 2000. — Вып. 5. — С. 10–15. — URL: <ftp://ftp.unilib.neva.ru/dl/010.pdf>

2. География [Электронный ресурс]: электрон. версия газ. — 2001. — № 15 (спец. вып.). — URL: <http://geo.1september.ru/article.php?ID=200101502> (дата обращения: 13.03.2009).

3. Авилова Л.И. Развитие металлопроизводства в эпоху раннего металла (энеолит — поздний бронзовый век) [Электронный ресурс]: состояние проблемы и перспективы исследований // Вестн. РФФИ. — 1997. — № 2. — URL: <http://www.rfbr.ru/pics/22394ref/file.pdf> (дата обращения: 19.09.2007).

Интернет-ресурсы

1. Инвестиции останутся сырьевыми [Электронный ресурс] // PROGNOSIS.RU: ежедн. интернет-изд. — 2006. — 25 янв. — URL: <http://www.prognosis.ru/print.html?id=6464> (дата обращения: 19.03.2013).

2. Правительство Московской области [Электронный ресурс] // URL: <http://www.mosreg.ru>

Ресурсы из Znanium.com

Книга

1. Соколов Г.А. Основы теории вероятностей [Электронный ресурс]: учебник / Г.А. Соколов. — 2-е изд. — М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. — 340 с. — URL: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=405698>

Статья

1. Топтыгин И.Н. Математическое введение в курс общей физики [Электронный ресурс] // Математика и физика: общий курс / МГУ. — М., 2015. — Вып. 10. — С. 15–17. — URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=502752>

Ресурсы с DOI

1. Егорян Л.Б. Новые области применения web-аналитики: социальная сфера и блогосфера [Электронный ресурс] / Л.Б. Егорян // Аудитор. — 2015. — Т. 1. — № 6. — С. 43–48. — DOI: 10.12737/11619. — URL: www.dx.doi.org/10.12737/11619

2. Басовский Л.Е. Оценка экономической эффективности образовательной деятельности в вузах [Электронный ресурс] / Л.Е. Басовский // Экономика. — Т. 3. — № 4. — С. 31–36. — DOI: 10.12737/12776. — URL: www.dx.doi.org/10.12737/12776

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

*Методические указания
к выполнению курсового проекта*

Составители: **Карлов** Антон Георгиевич,
Худаймуратов Мурат Абдуллаевич

Издано в авторской редакции

Изд. № 187/19. Объем 5 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»