

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра автоматизации технологических процессов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ»

—

Владимир 2007

УДК 62-85.002.72
ББК 32.965,5
М54

Составители:

*В.Ф. Коростелев, А.А. Глушков, Р.Г. Михайлов,
С.Н. Сысоев, А.А. Назаров*

Рецензент

Доктор технических наук, профессор
Владимирского государственного университета
А.А. Кобзев

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств» / Владим. гос. ун–т; сост. : В. Ф. Коростелев [и др.]. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 88 с.

Содержат методические указания к выполнению курсового проекта по автоматизации технологических процессов и производств. Дано описание методики проектирования линейного электрогидравлического привода с автономным задатчиком перемещений. Приведены варианты заданий. Основные разделы указаний посвящены расчёту режимов резания лимитирующей операции металлообработки, разработке привода подачи силового узла гибкой производственной системы для лимитирующей операции.

Предназначены для студентов специальностей 220301, 151001 дневной и заочной форм обучения.

Табл. 7. Ил. 15. Библиогр.: 13 назв.

УДК 62-85.002.72
ББК 32.965,5

ВВЕДЕНИЕ

Содержанием курса "Автоматизация производственных процессов" являются методы и средства, обеспечивающие автоматическое выполнение отдельных производственных процессов, движений рабочих органов станков, цикла станка, работы робототехнического комплекса. После изучения курса студент должен уметь разрабатывать технологический процесс или операцию, рассчитывать основные показатели, характеризующие работу автоматизированного станочного оборудования.

Студент должен также уметь анализировать производственный процесс и на этой основе определять управляемые и управляющие параметры системы, должен иметь навыки синтеза систем автоматического управления дискретными и непрерывными процессами.

Данный курсовой проект выполняется для приобретения умения и навыков разработки систем автоматического управления производственными процессами.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Задание к курсовому проекту заключается в следующем:

1. Рассчитать режимы резания лимитирующей технологической операции металлообработки.
2. Смоделировать заданный процесс металлообработки на ЭВМ.
3. Синтезировать систему автоматического управления приводом подачи силового узла гибкой производственной системы для лимитирующей операции.
4. Разработать (вычертить) структурную и функциональную схему АСУ.
5. Разработать (вычертить) сборочный чертеж модульной головки агрегатного станка для лимитирующей операции.

Исходными данными для расчета являются параметры лимитирующей операции и тип системы стабилизации режима металлообработки.

Варианты заданий представлены в табл. 1 и 2.

Исходные данные для расчета – это параметры лимитирующей операции (табл. 1) и параметры привода подачи заданного типа металлообработки (табл. 2).

Таблица 1

Параметры лимитирующей операции

Номер варианта	Тип операции	Масса подвижной части, кг
1	Точение, $l=800, d=200$	400
2	Сверление, $l=250, d=50$	450
3	Фрезерование, $l=400, b=50$	500
4	Шлифование, $l=500, b=55$	550
5	Строгание, $l=450, b=50$	600
6	Точение, $l=650, d=55$	650
7	Сверление, $l=200, d=40$	700
8	Фрезерование, $l=350, b=30$	450
9	Шлифование, $l=400, b=30$	500

Окончание табл. 1

Номер варианта	Тип операции	Масса подвижной части, кг
10	Строгание, $l=500, b=35$	550
11	Фрезерование, $l=700, b=45$	600
12	Шлифование, $l=350, b=50$	650
13	Строгание, $l=200, b=30$	700
14	Точение, $l=800, d=60$	550
15	Сверление, $l=200, d=45$	600
16	Фрезерование, $l=300, b=60$	650
17	Шлифование, $l=400, b=35$	700
18	Шлифование, $l=700, b=50$	450
19	Строгание, $l=350, b=40$	500
20	Фрезерование, $l=550, b=65$	550
21	Шлифование, $l=900, b=45$	600
22	Фрезерование, $l=1000, b=60$	650
23	Строгание, $l=1000, b=35$	700
24	Точение, $l=1200, d=55$	550
25	Точение, $l=250, d=80$	400
26	Сверление, $l=180, d=40$	450
27	Строгание, $l=230, b=45$	500
28	Фрезерование, $l=350, b=35$	550
29	Точение, $l=50, d=10$	400
30	Строгание, $l=20, d=8$	200

Таблица 2

Параметры привода подачи

Номер варианта	Давление в напорной линии, МПа	Коэффициент запаса устойчивости $K_{зу}$	Коэффициент запаса по нагрузке $K_{зн}$	Коэффициент обратной связи $K_{ос}$	Скоростная ошибка $\epsilon_{ск}$	Жесткость, Н/мкм
1	0,2	0,5	0,1	0,65	0,2	300
2	2	0,6	0,6	0,7	0,3	400
3	4	0,7	0,7	0,75	0,4	600
4	6	0,8	0,8	0,65	0,5	500
5	8	0,9	0,9	0,9	0,2	800
6	10	1	1	0,8	0,3	700
7	2	1,2	1,2	1	0,4	1000

Окончание табл. 2

Но- мер вари- анта	Давление в напор- ной ли- нии, МПа	Кoeffици- ент запаса устойчиво- сти $K_{зy}$	Кoeffи- циент запаса по нагрузке $K_{зH}$	Кoeffи- циент обратной связи K_{oc}	Скоро- стная ошибка $\epsilon_{ск}$	Жест- кость, Н/мкм
8	5	1,1	0,7	0,65	0,5	900
9	6	1,3	0,8	0,7	0,3	800
10	3	0,7	0,9	0,75	0,4	600
11	0,2	0,8	0,6	0,85	0,5	500
12	4	0,9	0,7	1,2	0,2	800
13	6	0,6	0,8	1,15	0,3	700
14	10	0,7	0,9	1,1	0,4	1000
15	0,2	0,8	1	1,05	0,5	900
16	3	0,9	0,7	1,3	0,2	300
17	2	1	0,8	1,25	0,3	400
18	0,5	0,7	0,9	0,75	0,5	600
19	4	0,8	1	0,65	0,2	500
20	6	0,9	1,2	0,9	0,3	800
21	8	1	1,1	0,8	0,4	700
22	10	1,2	1,3	1	0,5	600
23	4	1,1	0,6	0,65	0,4	500
24	4	1,3	0,7	1,15	0,5	800
25	6	0,7	0,8	1,1	0,2	700
26	10	0,9	0,9	1,05	0,3	1000
27	0,2	0,6	1	1,3	0,2	900
28	6	0,7	1,2	1,25	0,3	300
29	8	0,8	1,1	0,75	0,5	400
30	10	0,7	1,2	0,65	0,2	1000

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Объем и содержание курсового проекта. Курсовой проект выполняется в виде пояснительной записки на 15 – 20 листах формата А4 и графической части в объеме 3 листов формата А1.

Пояснительная записка к курсовой работе должна давать достаточно полное представление о принципе решения задачи проектирования системы с обоснованием правильности решения задачи. Записка иллюстрируется схемами и программами, выполняемыми с соблюдением всех требований ЕСКД. Эти схемы и программы входят в общий объем пояснительной записки и нумеруются.

Пояснительная записка к курсовому проекту должна включать в указанной последовательности следующие разделы: титульный лист, бланк задания, подписанный руководителем и заведующим кафедрой; аннотацию (реферат); содержание (оглавление) с указанием страниц; введение; разделы и подразделы основной части; заключение; список литературы; приложения (при необходимости).

Содержание основных разделов пояснительной записки следующее.

Титульный лист должен соответствовать установленному образцу.

Бланк задания, полностью оформленный, должен содержать отзыв руководителя о курсовом проекте студента и его оценку.

Аннотация в краткой форме раскрывает содержание пояснительной записки к курсовому проекту.

Содержание включает наименование всех разделов курсового проекта, а также подразделов и пунктов, если они имеют наименование с указанием номеров страниц, на которых размещается начало материала разделов, подразделов, пунктов.

Введение содержит постановку задачи, анализ актуальности и цели проектирования системы. Во введении дается краткий анализ возможных методов решения поставленной задачи, но так, чтобы он не заслонял основного содержания проекта. Указываются литературные источники, по которым делается обзор, позволяющий судить, насколько полно изучена литература. Обзор должен содержать краткую оценку изложенных материалов и принципов проектирования.

Основная часть состоит из следующих разделов.

В первой части разрабатывается теоретический вопрос. Во второй – анализ технологического процесса с точки зрения особенностей построения автоматизированных производств, рассчитываются основные технологические параметры. По объему это составляет 10... 15 %.

В следующем разделе дается обоснование выбранного подхода к проектированию, приводятся моделирование системы, анализ полученных на модели результатов и выводы по их использованию для исследования и синтеза структуры систем автоматического управления, оценки статических и динамических характеристик и определение областей устойчивой работы, определяются управляемые и управляющие параметры процесса, устанавливаются закон управления и функциональная схема САУ, даются исходные данные для реализации САУ на элементной базе.

Заключение должно содержать качественные и количественные оценки результатов проектирования, точности и достоверности результатов моделирования.

Следует представить краткий вывод по результатам курсового проектирования (примерно на 0,5 страницы), отметить достоинства выбранной структурной схемы АСУ. Если была выбрана неоптимальная структура системы управления, то следует указать причины, обусловившие такое решение, а также нерешенные вопросы, рекомендации по усовершенствованию системы управления заданного технологического процесса.

Список использованной литературы содержит перечень источников, использованных при выполнении курсового проекта. Указывают только те источники, на которые имеются ссылки в тексте пояснительной записки.

Приложение содержит вспомогательный материал (спецификация к чертежу, листинги результатов моделирования и т.п.).

Оформление курсового проекта. Пояснительная записка является основным документом, предъявляемым студентом при защите курсовой работы. Она составляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-68 и ГОСТ 2.106-68. В ней отражаются этапы работы и результаты, полученные при выполнении работы.

Пояснительная записка к курсовому проекту пишется студентом на одной стороне листа бумаги формата 210 × 297 мм. При этом необходимо оставлять поля: слева – 30 мм, справа – 20 мм, сверху – 20 мм, снизу – 20 мм. Текст может быть написан от руки аккуратно, разборчиво, без помарок, с высотой букв не менее 2,5 мм. Средняя плотность записи – 30 строк и при 35 – 40 знаков в каждой строке. Предпочтительно подготовка записки с использованием текстового редактора с последующей распечаткой на принтере. Изложение текста должно быть кратким, четким и вестись от первого лица множественного числа.

Весь текст пояснительной записки делят на разделы. Каждый раздел следует начинать с новой страницы. Разделы в пределах всей пояснительной записки, а также подразделы и пункты имеют порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами с точкой в конце, например: 1 – первый раздел; 2 – второй раздел; 2.1 – первый подраздел второго раздела; 2.1.1 – первый пункт первого подраздела второго раздела. Введение и заключение не нумеруются.

В заголовке не допускаются переносы слов. Точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, то их разделяют точкой. Заголовок подчеркивать нельзя.

В записке необходимо выдерживать единые обозначения, размерности и единицы измерения для используемых параметров и характеристик.

Допускаются сокращения слов, терминов, обозначений, только общепринятых в ГОСТ 15133-77, 17021-75, 17657-79, 19480-74, 19781-74, 20886-75, 22348-77.

Согласно ЕСКД иллюстрации в пояснительной записке, кроме таблиц, имеют подпись «рис.». Номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например: рис. 3.2 (второй рисунок третьего раздела). Иллюстрации снабжаются кратким подрисуночным текстом. Длинные записки переносят в текст пояснительной записки. Рисунок располагают после той страницы, где на него дана первая ссылка.

Иллюстрации и таблицы должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать (без поворота записки или поворачивая по часовой стрелке). Количество иллюстраций должно быть минимальным, но доступным для пояснения излагаемого материала.

Формулы в записке (если их более одной) нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенных точкой. Номер ставится с правой стороны листа на уровне нижней строки формулы в круглых скобках, например: (3.1) – первая формула третьего раздела. Ссылки на формулу указывают порядковым номером формулы в круглых скобках, например «...в формуле (2.1)».

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой со слова «где» без двоеточия после него в той же последовательности, в какой они даны в формуле, с новой строки.

Если уравнение не уместится в одну строчку, оно должно быть перенесено после знаков «=» или «+», «-», «×», «:». При написании формулы и выборе справочных данных необходимо делать ссылку на литературный источник, из которого они заимствованы.

Схемы алгоритмов и программы моделирования следует оформлять в пояснительной записке в соответствии с требованиями ЕСПД [8].

При ссылке в тексте на используемую литературу указывают порядковый номер, выделенный двумя квадратными скобками по списку источников, например [20]. Литературу следует располагать в списке в порядке появления ссылок в тексте. Источник описывается по следующей форме: фамилия и инициалы автора, полное название книги или статьи, место и год издания, объем (для журнала – название журнала, год издания, номер страницы).

Приложения оформляют как продолжение пояснительной записки на последующих ее страницах или в виде отдельной части, располагая их в порядке появления ссылок в тексте (см. ГОСТ 7.32-81).

Оформление графической части. При оформлении структурных, функциональных, принципиальных схем и чертежей необходимо руководствоваться ГОСТами ЕСКД 2.701-68, 2.721-74, 2.743-72, 2.747-68, 2.750-68, 2.751-73. На каждом листе работы в правом нижнем углу должна быть основная надпись по ГОСТ 2.104-68. Несоблюдение требований ЕСКД и ЕСПД при оформлении иллюстраций свидетельствует об их незнании, что приводит к снижению оценки за курсовой проект.

Организация защиты работы. Курсовой проект при окончательном оформлении подписывают студент и руководитель работы. В процессе защиты студент кратко излагает назначение и принцип работы системы автоматического управления и особенности принятых решений при исследовании и проектировании привода. В процессе обсуждения студент должен показать, что он овладел общими методами синтеза механизмов, получил навыки выполнения конкретных расчетов, владеет методами моделирования на ЭВМ, может обосновать целесообразность принятия конкретных решений при проектировании САУ.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ОБЪЕКТА

Разработка технических объектов различных уровней проработки, выполняемая в виде курсового проекта, включает следующие этапы:

1. Область техники, к которой относится разработка. Максимально возможно четкое представление разрабатываемого объекта с описанием ограничений. Кроме широкой области применения, следует указать и более конкретную область применения. Например: "Система управления относится к области машиностроения, роботостроения, в частности к цикловым системам управления роботизированными технологическими комплексами".

2. Анализ актуальности и целесообразности разработки.

3. Формирование цели и задач разработки.

Разработка технического объекта начинается с информационных исследований уровня техники.

В уровень техники включаются общедоступные сведения (сведения, с которыми любое лицо может ознакомиться само независимо от его работы, жительства и т.п. либо о содержании которых ему может быть сообщено законным путем.) В уровень техники входят:

- опубликованные описания к охраняемым документам (заявки на изобретение);

- российские (советские) и иные издания;

- депонированные рукописи статей, обзоров, монографий и др. материалов;

- отчеты и научно-исследовательские работы и др. конструкторская, технологическая и проектная документация, находящаяся в органах научно-технической информации;

- материалы диссертаций и авторефераты диссертаций, изданные на правах рукописи;
- принятые на конкурс работы;
- визуально воспринимаемые источники (плакаты, проспекты, чертежи и др.);
- экспонаты, помещенные на выставке;
- устные доклады, лекции, выступления;
- сообщение посредством радио, телевидения, кино и т.п.
- сведения о техническом средстве, ставшие известными в результате его использования в производственном процессе, в изготавливаемой или эксплуатируемой продукции.

Патентно-информационные исследования отражают современное развитие технологий. Владение этой информацией позволяет выявить альтернативные технические решения, имеющие преимущества экономического, экологического, социального и другого характера.

Вся международная информация о патентах классифицирована. Международное сотрудничество в этой области началось в 1956 г. под эгидой Совета Европы и Всемирной организации интеллектуальной собственности. Оно привело к заключению в 1971 г. Страсбургского соглашения относительно Международной патентной классификации (МПК), которое обеспечило всемирное признание уже применявшейся на практике системы. В настоящее время МПК применяется в 70 странах и охватывает 90 % патентных документов, публикуемых в мире.

МПК охватывает все области знаний, объекты которых законодательно подлежат патентной охране. Возможность «сужения» поиска до более высокой степени детализации обеспечивают 8 разделов, 20 подразделов, 118 классов, 624 подкласса и свыше 67000 групп МПК. Раз в пять лет Всемирная организация интел-

лектуальной собственности (на английском и французском языках) и Российское агентство по патентам и товарным знакам (на русском языке) публикуют десятитомное издание МПК. Каждый из 8 разделов классификации помещен в отдельном томе. Том 9 называется «Введение, перечень разделов, классов, подклассов и основных групп». Том 10 «Введение» содержит описание структуры, объясняет использование индексов, принципы, правила и применение классификации.

Результаты патентно-информационного поиска представляются в виде табл. 3 и 4.

Таблица 3

Регламент патентного поиска

Объект патентного поиска	Классификация МКИ	Страны для поиска	Общее количество патентов
Вакуумный захватный модуль	B 25 J 15/06, 15/00	СССР, ФРГ	7

Таблица 4

Название	Обозначение	Классификация МКИ	Автор	Краткое описание
Вакуумный захват	SU 1703453 A1	B 25 J 15/06, 15/00	Е.П. Ожигов	Изобретение относится к машиностроению, в частности к вакуумным захватам. Целью изобретения является повышение надежности работы и расширение технологических возможностей
Вакуумный захват	SU 1689067 A1	B 25 J 15/06 15/00	А.Н. Дровников, С.В. Дарда	Изобретение относится к робототехнике. Цель - расширение функциональных возможностей вакуумного захвата

Окончание табл. 4

Название	Обозначение	Классификация МКИ	Автор	Краткое описание
Многопозиционный вакуумный захват	SU 166284 A1	B 25 J 15/06	С.И. Гильденфук, Ю.Д. Жаботинский	Изобретение относится к робототехнике. Цель – расширение функциональных возможностей вакуумных захватов
Вакуумное захватное устройство	SU 1673436 A1	B 25 J 15/06	В.В. Никифоров, Ю.Н. Юрков	Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано в захватных органах манипуляторов. Цель – повышение надежности работы устройства за счет обеспечения точности позиционирования захватываемых изделий
Вакуумный захват	SU 1684033 A1	B 25 J 15/06	М.А. Свита	Изобретение относится к машиностроению. Цель – расширение функциональных возможностей
Захватное устройство	SU 1689064 A1	B 25 J 15/06	Р.И. Хутский, К.В. Плюгачев, В.Е. Мозговой, Р.В. Ковичихин	Изобретение относится к машиностроению. Цель – расширение технологических возможностей
Вакуумное захватное устройство	SU 1815217 A1	B 25 J 5/06 B 65 H 5/08	С.Н. Сысоев, Ю.В. Черкасов	Используется для захвата и транспортировки деталей типа пластин

Результат технико-экономического обоснования – формирование цели и задач предстоящей разработки. Цель – это тот технико-экономический результат, который необходимо получить разработчику. Например, повышение быстродействия, точности, надежности, снижение энергозатрат и т. п.

Задачами являются те необходимые мероприятия, которые потребуются провести разработчику для достижения поставленной цели.

ЛИНЕЙНЫЙ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД ПОДАЧИ СИЛОВОГО УЗЛА С АВТОНОМНЫМ ЗАДАТЧИКОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Выпускаемые в настоящее время агрегатные, шлифовальные, фрезерно-центровальные и другие гидрофицированные станки для массового автоматизированного производства имеют, как правило, гидравлический привод с путевым управлением. Это не позволяет встраивать их в ГПС и требует разработки принципиально иных схем построения приводов, которые обеспечивают, во-первых, автоматизацию переналадок циклов движения силовых узлов при смене объектов производства и, во-вторых, максимальную унификацию базовых деталей станков и силовой части приводов в обычном и новом исполнении, предназначенном для ГПС.

Указанная цель может быть реализована при использовании ЛЭГП с автономными задатчиками перемещений (АЗП) в качест-

ве управляющих устройств. Принципиальная схема привода показана на рис. 1.

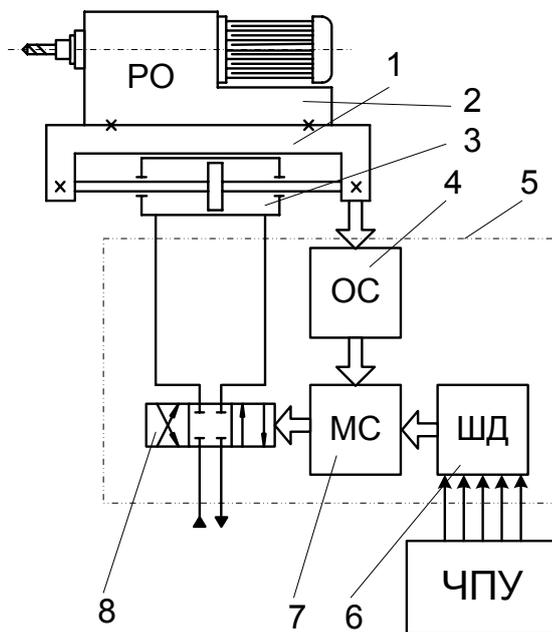


Рис. 1. Принципиальная схема ЛЭГП с АЗП

Силовой стол 1 с установленным на нем рабочим органом (РО) 2 перемещается от гидроцилиндра 3. Скорость и ход устанавливаются автономным задатчиком, выполненным в виде отдельного устройства 5, состоящего из управляющего шагового двигателя (ШД) 6, дросселирующего распределителя 8, механизмов сравнения 7 и обратной связи 4. При работе ЛЭГП с АЗП сигнал от системы ЧПУ в виде угла поворота ШД поступает в механизм сравнения, который перемещает распределитель в сторону уменьшения рассогласования между заданным положением, определяемым шаговым двигателем, и фактическим положением рабочего органа.

Выбор рассмотренной схемы объясняется следующими преимуществами, которые дает ЛЭГП с АЗП:

- гидроцилиндр обеспечивает отсутствие промежуточных передач между двигателем и рабочим органом станка, малую инерционность подвижных частей и как следствие высокое быстродействие, хорошую плавность хода в широком диапазоне изменения скоростей;

- автономный задатчик позволяет охватить конечное звено (РО станка) отрицательной обратной связью по положению и тем самым повысить точность и жесткость (в частности, компенсировать упругие и тепловые деформации, возникающие в силовых элементах привода), а также предохранить его звенья от поломок при перегрузках благодаря возможности установки дополнительных предохранительных элементов;

- используемый в качестве задающего шагового электродвигателя задатчик обеспечивает простую и надежную конструкцию привода, так как в этом случае отпадает необходимость в установке датчиков обратной связи и применении соответствующих электронных схем управления.

Кроме того, выполнение задатчика в виде малогабаритного автономного устройства обеспечивает легкость встраивания в существующее оборудование, что позволяет унифицировать силовые узлы станков обычного исполнения, предназначенных для ГПС.

УКАЗАНИЯ К РАСЧЁТУ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Металлорежущие станки предназначены для обработки металла путем снятия стружки. Они обеспечивают изготовление деталей требуемой формы с заданными точностью размеров и шероховатостью поверхности. Обработка может производиться при помощи одного или нескольких инструментов.

В зависимости от способа обработки существуют станки следующих основных групп: токарные, сверлильные, шлифовальные, фрезерные, строгальные.

Металлорежущий станок, на котором осуществляется процесс резания, является технологическим объектом управления. Основными технологическими процессами металлообработки являются точение, расточка, строгание, сверление, фрезерование и шлифование.

Точение (рис. 2) проводится на токарных станках за счет вращения обрабатываемого изделия 1 (главное движение) и перемещения резца 2 (движение подачи).

Окружная скорость изделия в точке соприкосновения резца с обрабатываемой деталью называется скоростью резания. Скорость резания, м/мин, определяется по формуле

$$v = 9,55\pi d_{\text{и}} \omega_{\text{и}} = 30\pi d_{\text{и}} \omega_{\text{и}}, \quad (1)$$

где $d_{\text{и}}$ – диаметр обработки, м; $\omega_{\text{и}}$ – угловая скорость изделия, рад/с.

Величина подачи определяется перемещением резца, приходящимся на один оборот изделия. Глубина резания представляет собой разность радиусов обрабатываемой и обработанной поверхностей. Быстрое перемещение суппорта, зажим и отжатие обрабатываемого изделия, перемещение люнета, задней бабки и другие движения относятся к вспомогательным.

В процессе обработки происходит износ инструмента h , который можно разбить на три периода (рис. 2, б): *I* – приработка, *II* – нормальный и *III* – усиленный износ, заканчивающийся "посадкой" (затуплением) инструмента. Износ h_0 , при котором общий срок службы инструмента получается наибольшим, а расход наименьшим, называют оптимальным. Оптимальный износ обеспечивает минимальную стоимость инструмента, отнесенную на

одну деталь. По достижении оптимального износа h_0 инструмент перетачивают. Время работы инструмента между двумя переточками определяет его стойкость T .

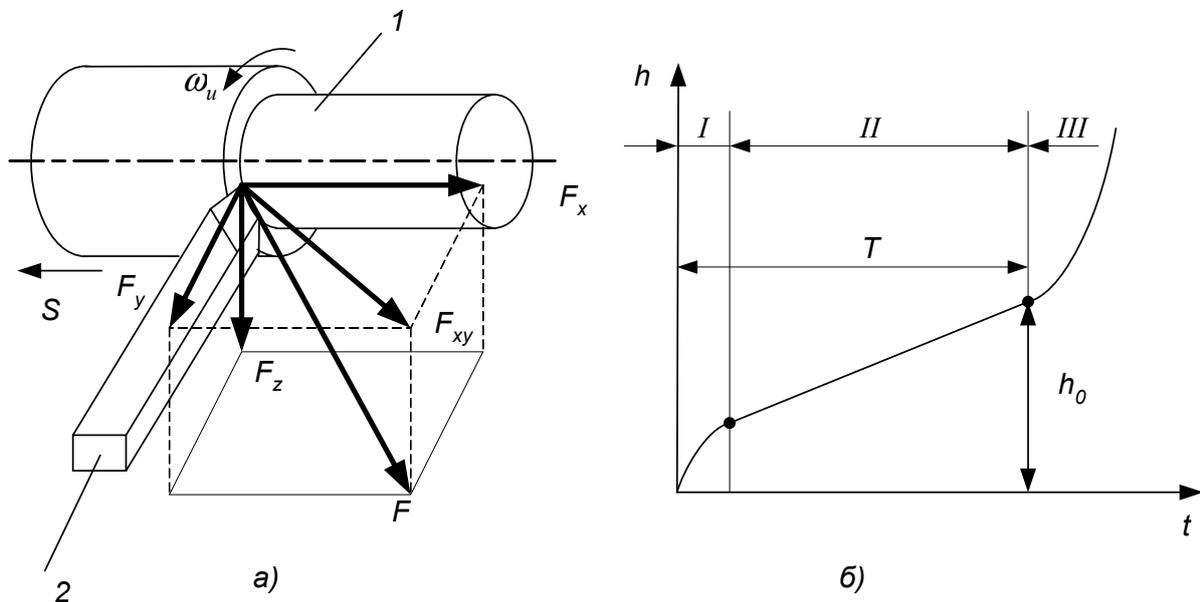


Рис. 2. Схема токарной обработки (а) и график износа инструмента (б)

Параметры обработки связаны между собой эмпирической формулой

$$v = \frac{C_v}{T^m t_p^{x_v} S^{y_v}}, \quad (2)$$

где C_v – коэффициент, характеризующий вид и условия обработки, а также материал изделия и резца; T – стойкость, мин; t_p – глубина резания, мм; s – подача, мм/об; x_v, y_v, m – показатели степени, зависящие от свойств обрабатываемого металла, материала резца и вида обработки.

При снятии стружки резцом возникает усилие F , приложенное к режущей кромке инструмента, которое может быть разложено (рис. 2, а) на три составляющие:

$$F = \sqrt{F_z^2 + F_y^2 + F_x^2}, \quad (3)$$

где F_z – главная касательная сила, действующая в направлении траектории главного движения, преодолеваемая шпинделем станка и называемая усилием резания; F_y – радиальная сила, действующая нормально к обработанной поверхности и создающая давление на суппорт; F_x – осевая сила, действующая в направлении подачи.

Усилие резания рассчитывается по эмпирической формуле

$$F_z = C_F t_p^{x_F} s^{y_F} v^n, \quad (4)$$

где C_F – коэффициент, характеризующий материал детали, резца и вид токарной обработки; x_F , y_F , n – показатели степени.

Коэффициенты и показатели степени в (3) и (4) принимаются по справочникам режимов резания [11].

По аналогичным формулам рассчитывают усилия F_y и F_x , которые можно принять равными $F_x \approx 0,4F_z$ и $F_y \approx 0,3F_z$.

Усилие F_{Π} , действующее на механизм подачи, помимо собственного усилия подачи F_x содержит также составляющие, возникающие в направляющих за счет сил трения от действия усилий F_z и F_y :

$$F_{\Pi} = F_x + \mu(F_z + F_y), \quad (5)$$

где μ – коэффициент трения в направляющих.

Мощность резания, кВт,

$$P_z = \frac{F_z v}{60} 10^{-3}. \quad (6)$$

Мощность подачи, кВт,

$$P_{\Pi} = \frac{F_{\Pi} v_{\Pi}}{60} 10^{-3} = \frac{F_{\Pi} s \omega}{60} 10^{-6}. \quad (7)$$

Поскольку скорость подачи во много раз меньше скорости резания, мощность подачи намного меньше мощности резания и составляет относительно последней 1 – 0,1 %.

Расточка применяется для черновой, чистовой и алмазной обработок отверстий на токарных и расточных станках. При расточке резцы, оснащенные пластинками из быстрорежущей стали, твердых сплавов или из ограненного технического алмаза, закрепляют в оправках. Скорость, силу и мощность резания при черновой и чистовой расточках определяют по тем же формулам (2) – (6), что и для точения.

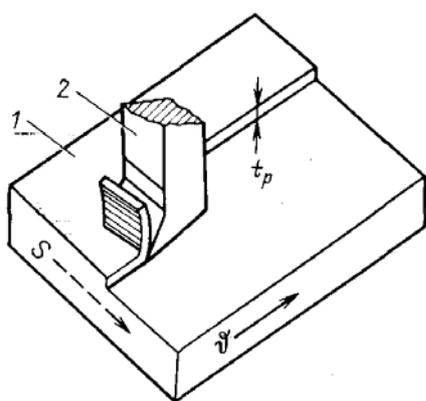


Рис. 3. Схема строгания

Строгание (рис. 3) можно рассматривать как точение участка детали с бесконечно большим диаметром. При этом деталь 1 перемещается возвратно-поступательно относительно резца 2, снятие стружки происходит в течение рабочего хода, а обратный ход совершается вхолостую. Скорость, с которой деталь перемещается относительно резца при рабочем ходе, называется скоростью резания V , м/мин. Продольное перемещение

стола является главным движением.

Перемещение резца за один двойной ход стола перпендикулярно главному движению называется движением подачи x , мм/мин. Величина t_p , на которую углубляется резец в изделие при одном проходе, называется глубиной резания. Перемещение траверсы и суппортов, подъем резца при обратном ходе, установочные медленные перемещения стола относятся к вспомогательным движениям.

Скорость, усилия и мощность резания при строгании определяют по тем же формулам (1) – (3), что и для точения.

Сверление (рис. 4) осуществляется за счет вращательного (главного) движения инструмента – сверла 1 (иногда детали) и его продольного перемещения в детали 2 – движения подачи.

Продольное и поперечное перемещения стола, перемещение шпиндельной бабки, зажим колонны являются вспомогательными движениями.

Окружную скорость на периферии сверла V , м/мин, называют скоростью резания при сверлении. Перемещение сверла вдоль своей оси за один оборот определяет подачу. Скорость резания при сверлении находят по эмпирической формуле

$$v = C_v \frac{d_c^{z_v}}{T^m s^{y_v}}, \quad (8)$$

где C_v – коэффициент, зависящий от материала детали и сверла; d_c – диаметр сверла, мм; T – стойкость сверла, мин; s – подача, мм/об; y_v , z_v , m – показатели степени, зависящие от материала детали и диаметра сверла.

Вращающий момент, Нм, при сверлении определяют по эмпирической формуле

$$M = C_M d_c^{1,9} s^{y_M} \cdot 10^{-3}, \quad (9)$$

откуда, зная угловую скорость сверла, рассчитывают мощность резания, кВт:

$$P_z = M \omega_z \cdot 10^{-3}. \quad (10)$$

Сила, Н, преодолеваемая механизмом подачи при сверлении, также определяется по эмпирической формуле

$$F_x = C_F d_c^{z_F} s^{y_F}. \quad (11)$$

Все коэффициенты и показатели степени, входящие в эмпирические формулы, приводятся в справочниках по режимам резания.

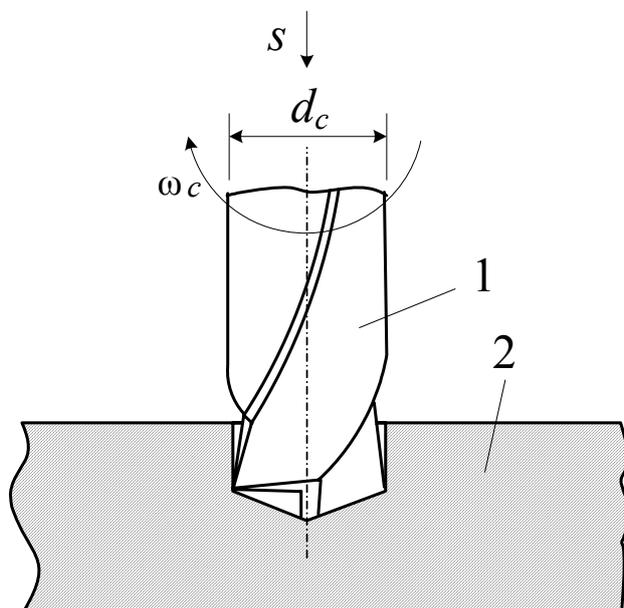


Рис. 4. Схема сверления

Фрезерование (рис. 5) производится вращающейся фрезой 1, имеющей несколько режущих лезвий – зубьев, каждое из кото-

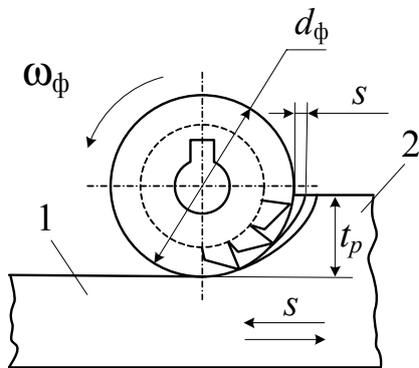


Рис. 5. Схема фрезерования относительно инструмента представляет движение подачи. Быстрое перемещение стола, на котором укреплена деталь, и ускоренное перемещение шпиндельной бабки при наладке относятся к вспомогательным движениям.

Под скоростью резания V , м/мин, понимают окружную скорость на периферии фрезы, которую определяют по эмпирической формуле

$$v = \frac{C_v d_\phi^q}{T^m s_z^{y_v} t_p^{x_v} B^k z^n}, \quad (12)$$

где $C_v, q, m, n, x_v, y_v, k$ – коэффициент и показатели степени, зависящие от материала детали и фрезы, вида обработки и охлаждения; d_ϕ – диаметр фрезы, мм; s_z – подача на зуб фрезы, мм; B – ширина фрезерования, мм; z – число зубьев фрезы.

Усиление резания, Н, определяют по выражению

$$F_z = C F t_p^{x_F} s_z^{y_F} B z d_\phi^i. \quad (13)$$

Мощность резания, кВт, рассчитывают по формуле

$$P_z = C_p t_p^{x_p} s_z^{y_p} B z n_\phi d_\phi^q \cdot 10^{-5}, \quad (14)$$

где n_ϕ — частота вращения фрезы, $n_\phi = 30\omega_\phi/\pi$.

Все коэффициенты и показатели степени в (12) и (14) приводятся в справочниках по режимам резания.

Шлифование (рис. 6) производится, как правило, абразивными кругами, при этом каждое абразивное зерно в зоне обработки работает как резец, снимая стружку с детали в пределах определенного угла поворота. Главное движение при шлифовании – вращение шлифовального круга 1; поступательное перемещение круга относительно детали 2 представляет движение подачи.

Различают плоское шлифование (рис. 6, а, б), при котором обрабатывается плоская поверхность, и круглое шлифование (рис. 6, в, г), при котором обрабатывается поверхность тела вращения. Плоское шлифование может осуществляться периферией (рис. 6, а) или торцом (рис. 6, б) шлифовального круга 1.

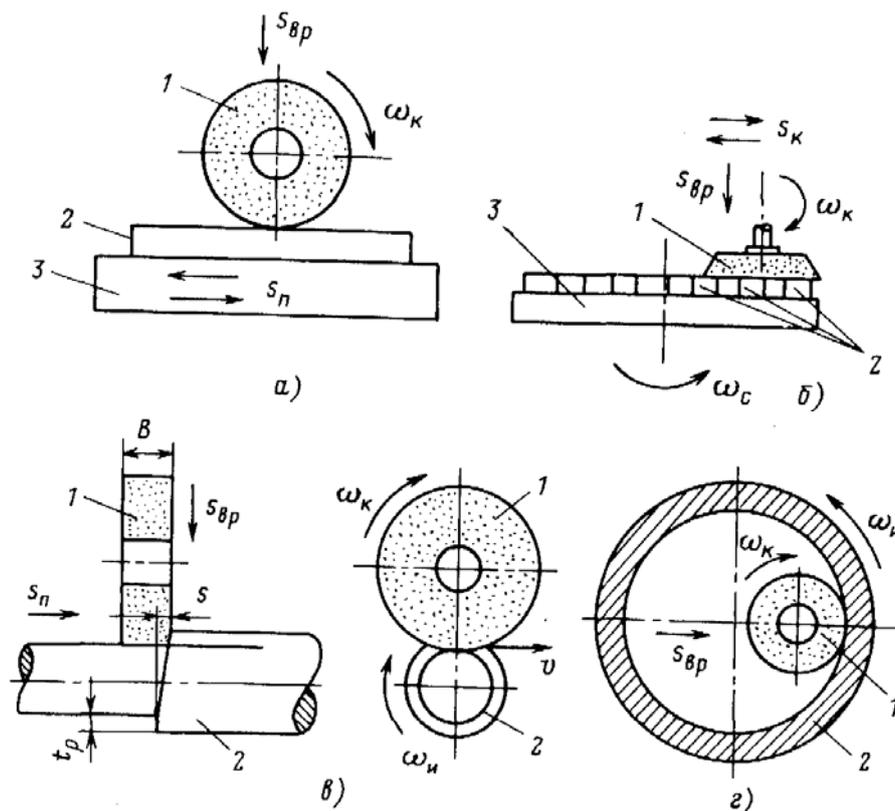


Рис. 6. Схема шлифования на станках:

а – плоскошлифовальном с прямоугольным столом; б – плоскошлифовальном с круглым столом; в – круглошлифовальном; г – внутришлифовальном; 1 – шлифовальный круг; 2 – деталь; 3 – стол (магнитная плита)

Стол 3, на котором устанавливается магнитная плита для крепления деталей 2, может иметь прямоугольную и круглую формы. На шлифовальных станках с прямоугольным столом (рис. 6, а) последний совершает возвратно-поступательное движение (продольная подача $s_{\text{п}}$), периодическое дозированное перемещение (поперечная подача $s_{\text{п.п}}$) и перемещение на врезание $s_{\text{вр}}$. На шлифовальных станках с круглым столом (рис. 6, б) одним из движений подачи является вращение деталей с магнитной плитой и столом со скоростью $\omega_{\text{с}}$. Другое движение подачи – перемещение $s_{\text{к}}$ шлифовального круга в радиальном направлении относительно стола, а также перемещение на врезание $s_{\text{вр}}$.

Выбор режимов резания при шлифовании определяется по технологическим таблицам, составленным на основании эмпирических данных.

При круглом наружном (рис. 6, в) и внутреннем (рис. 6, г) шлифовании изделие получает вращение со скоростью $\omega_{\text{и}}$, как правило, в сторону, противоположную вращению шлифовального круга. Относительное перемещение шлифовального круга вдоль оси вращения детали представляет продольную подачу $s_{\text{п}}$.

Скорость резания при шлифовании v , м/с, определяется окружной скоростью шлифовального круга и равна примерно 20 – 80 м/с. При этом допускаются небольшие глубины шлифования $t_{\text{р}}$, равные 0,05 – 0,005 мм. Все большее применение стало находить силовое шлифование, обеспечивающее значительную глубину шлифования – до 10 мм.

В процессе шлифования абразивные зерна притупляются, что при постоянной подаче влечет за собой увеличение мощности шлифования и образование прижогов на поверхности детали. Для устранения этих явлений круг правят, срезая слой абразива и вводя в работу зерна с новыми режущими кромками. Время работы круга между двумя последовательными правками характеризует его стойкость T , мин.

При плоском шлифовании периферией круга на станках с прямоугольным столом стойкость может быть рассчитана по формуле

$$T = \frac{C_v}{(s_{\text{п}} s_{\text{п.п}} s_{\text{вр}})^2} k_1 k_2, \quad (15)$$

где C_v – коэффициент, зависящий от скорости резания; $s_{\text{п}}$ – скорость движения стола (продольная подача), м/мин; $s_{\text{п.п}}$ – поперечная подача в долях ширины шлифовального круга; $s_{\text{вр}}$ – подача на врезание на ход стола, мм/ход; k_1, k_2 – коэффициенты, зависящие от обрабатываемого материала и диаметра шлифовального круга.

УКАЗАНИЯ К РАСЧЕТУ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДА

Цель расчета – определение статических (дискретность, точность, тяговая сила, жесткость, добротность) и динамических (устойчивость, качество переходного процесса) характеристик ЛЭГП с АЗП.

Основными элементами привода являются силовая часть (рабочий орган и гидроцилиндр) и управляющее устройство в виде автономного задатчика перемещений. Поэтому конечной задачей расчета является получение зависимостей, связывающих выходные характеристики привода с параметрами указанных звеньев.

Схема ЛЭГП с АЗП, учитывающая динамику рабочего органа (инерционная нагрузка, сила трения, полезная нагрузка), гидроцилиндра (развиваемая сила, расход, сжимаемость масла), гидрораспределителя (устройство управления расходом и перепадом давления в цилиндре) и кинематических цепей АЗП (чувствительные и сравнивающие элементы), приведена на рис. 7.

При составлении уравнения движения привода сделаны следующие допущения:

- функции, описывающие расходные и силовые характеристики элементов привода, непрерывны;
- динамикой задающего электродвигателя пренебрегают;
- давление в напорной магистрали постоянно;
- давлением слива пренебрегают;
- люфты и упругость в передаточных цепях АЗП отсутствуют;
- насыщение по расходу и давлению не происходит;
- положение рабочего органа соответствует среднему положению поршня в цилиндре;
- перетечками в цилиндре и золотнике пренебрегают.

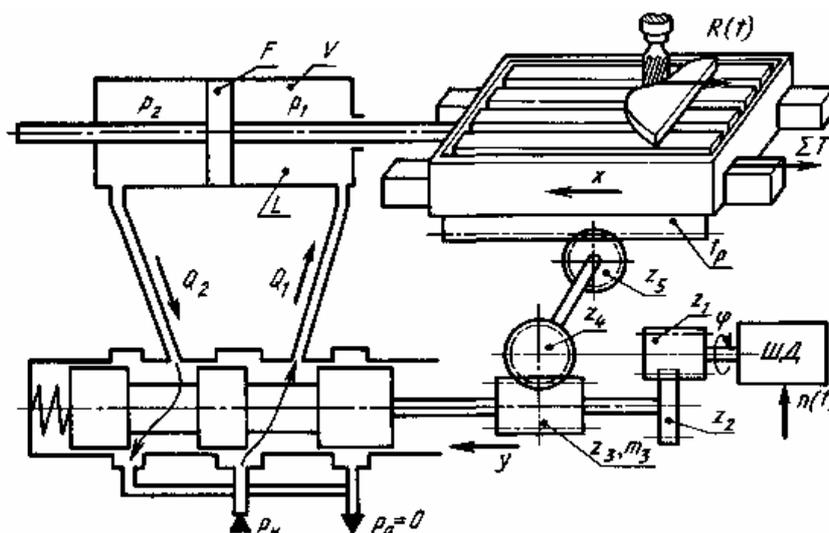


Рис. 7. Расчётная схема ЛЭГП с АЗП

Дифференциальные уравнения движения привода. В соответствии со вторым законом Ньютона уравнение движения стола станка и связанного с ним поршня гидроцилиндра

$$M\ddot{x} = F(p_1 - p_2) - \sum T - R, \quad (16)$$

где M – масса рабочего органа, кг; x – перемещение стола, м; F – площадь поверхности поршня, м²; p_1, p_2 – давления в полостях цилиндра, Па; $\sum T$ – суммарная сила трения в направляющих и уплотнениях штока, Н; R – полезная нагрузка, Н.

Уравнения неразрывности потоков рабочей жидкости с учетом ее сжимаемости в полостях цилиндра имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} Q_1 &= F\dot{x} + \frac{\dot{p}_1 V}{E}; \\ Q_2 &= F\dot{x} + \frac{\dot{p}_2 V}{E}, \end{aligned} \quad (17)$$

где Q_1 и Q_2 – расходы рабочей мощности, идущей в полость 1 и сливающейся из полости 2 гидроцилиндра, м³/с; $V = FL/2$ – объем полости гидроцилиндра, м³ (L – длина хода, м); $E = 1,5 \cdot 10^9$ Па – модуль упругости рабочей жидкости. Условие замыкания привода обратной связью

$$y = K_{\text{д}} \tilde{\varphi} K_{\text{ос}} x, \quad (18)$$

где y – смещение золотника из нейтрального положения (открытие щели), м; φ – угол поворота ШД, рад; $K_{\text{ос}}$ – передаточные отношения цепей управления АЗП.

На основании выражений (16) – (18) запишем систему уравнений, описывающих движение привода:

$$\begin{aligned} M\ddot{x} &= F(p_1 - p_2) - \sum T - R; \\ \dot{p}_1 &= \frac{E}{V}(Q_1 - F\dot{x}); \\ \dot{p}_2 &= \frac{E}{V}(F\dot{x} - Q_2); \\ y &= K_{\text{д}} \varphi - K_{\text{ос}} x. \end{aligned} \quad (19)$$

Расход масла через кромки золотника определяется по формулам

$$\begin{aligned} Q_1 &= \mu b y \sqrt{\frac{2(p_{\text{н}} - p_1)}{\rho}}; \\ Q_2 &= \mu b y \sqrt{\frac{2p_2}{\rho}}, \end{aligned} \quad (20)$$

где $\mu = 0,7$ – постоянный коэффициент расхода; b – ширина щели золотника, м; $p_{\text{н}}$ – давление в напорной линии, Па; $\rho = 900$ кг/м³ – плотность рабочей жидкости.

Движение привода при установившейся скорости описывается алгебраическими уравнениями, полученными из формул (19), (20) в результате приравнивания к нулю соответствующих производных (значения величин при установившейся скорости – с индексом «ноль»):

$$\begin{aligned}
 F(p_{10} - p_{20}) &= \sum T_0 + R_0; \\
 Q_{10} = F\dot{x}_0 &= \mu b y_0 \sqrt{\frac{2(p_H - p_{10})}{\rho}}; \\
 Q_{20} = F\dot{x}_0 &= \mu b y_0 \sqrt{\frac{2p_{20}}{\rho}}; \\
 y_0 &= K_d \Phi_0 - K_{oc} x_0.
 \end{aligned} \tag{21}$$

При отсутствии внешней нагрузки ($\sum T_0 + R_0$) система уравнений (21) имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 p_{10} = p_{20} &= \frac{p_H}{2}; \\
 y_0 &= \frac{F\dot{x}_0 \sqrt{\rho}}{\mu b \sqrt{p_H}}.
 \end{aligned} \tag{22}$$

Для анализа динамических характеристик привода, в том числе для определения областей устойчивой работы, необходимо провести линеаризацию уравнений (19), (20). Смысл ее заключается в представлении нелинейных функций в виде линейных в окрестностях заданной точки (в нашем случае в окрестностях точки, характеризующей установившееся движение привода по формулам (21) и (22)).

Линеаризуя уравнения (20) для расхода рабочей жидкости, обозначив $Q_{10} = Q_{20} = \mu b y_0 \sqrt{\frac{p_H}{\rho}} = Q_0$ и введя коэффициенты

$$K_y = \mu b \sqrt{\frac{p_H}{\rho}}; \quad K_p = \frac{\mu b y_0}{\sqrt{p_H \rho}},$$

получим:

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_0 + K_y \Delta y - K_p \Delta p_1; \\ Q_2 &= Q_0 + K_y \Delta y - K_p \Delta p_2, \end{aligned} \quad (23)$$

где K_y – коэффициент усиления золотника, характеризующий возрастание расхода при увеличении рабочей щели; K_p – коэффициент податливости золотника, характеризующий уменьшение расхода при возрастании перепада давления в полостях гидроцилиндра.

Подставив уравнение (23) в систему уравнений (19) и проведя линеаризацию для других переменных, получим:

$$\begin{aligned} M(x_0 + \Delta x)^4 &= F(p_{10} + \Delta p_1 - p_{20} - \Delta p_2) - \lambda(x_0 + \Delta x)' - R_0 - \Delta R; \\ (p_{10} + \Delta p_1)' &= \frac{E}{V}[Q_0 + K_y \Delta y - K_p \Delta p_1 - F(x_0 + \Delta x)']; \\ (p_{20} + \Delta p_2)' &= \frac{E}{V}[F(x_0 + \Delta x)' - Q_0 - K_y \Delta y - K_p \Delta p_2]; \\ y_0 + \Delta y &= K_d(\varphi_0 + \Delta \varphi) - K_{oc}(x_0 + \Delta x). \end{aligned} \quad (24)$$

Учитывая, что $(x_0 + \Delta x)' = \Delta \dot{x}$, $(x_0 + \Delta x)'' = \Delta \ddot{x}$, $(p_{10} + \Delta p_1)' = \Delta \dot{p}_1$, $(p_{20} + \Delta p_2)' = \Delta \dot{p}_2$ и вычитая из выражения (24) формулы (21), найдем:

$$\begin{aligned} M \Delta \ddot{x} &= F(\Delta p_1 - \Delta p_2) - \lambda \Delta \dot{x} - \Delta R; \\ \Delta \dot{p}_1 &= \frac{E}{V}(K_y \Delta y - K_p \Delta p_1 - F \Delta \dot{x}); \\ \Delta \dot{p}_2 &= \frac{E}{V}(F \Delta \dot{x} - K_y \Delta y - K_p \Delta p_2); \\ \Delta y &= K_d \Delta \varphi - K_{oc} \Delta x. \end{aligned} \quad (25)$$

где $\lambda = \frac{\partial \sum T}{\partial \dot{x}}$ – коэффициент вязкого трения в направляющих и уплотнениях штока (для станочных гидроприводов можно принять $\lambda = 1,5 \cdot 10^4$ кг/с).

Обозначим перепад давления в полостях гидроцилиндра через p_1, p_2 и вычтем из второго третье уравнение системы (10), тогда получим

$$\begin{aligned}
 M \Delta \ddot{x} &= F \Delta p - \lambda \Delta \dot{x} - \Delta R; \\
 (p_{10} + \Delta p_1)' &= \frac{E}{V} (2K_y \Delta y - K_p \Delta p - 2F \Delta \dot{x}); \\
 \Delta y &= K_d \Delta \varphi - K_{oc} \Delta x.
 \end{aligned}
 \tag{26}$$

Составление структурной схемы и определение областей устойчивости ЛЭГП с АЗП. Структурная схема привода, соответствующая уравнениям (26), показана на рис. 8. Схема позволяет наглядно показать взаимосвязь элементов привода с помощью следующих передаточных функций.

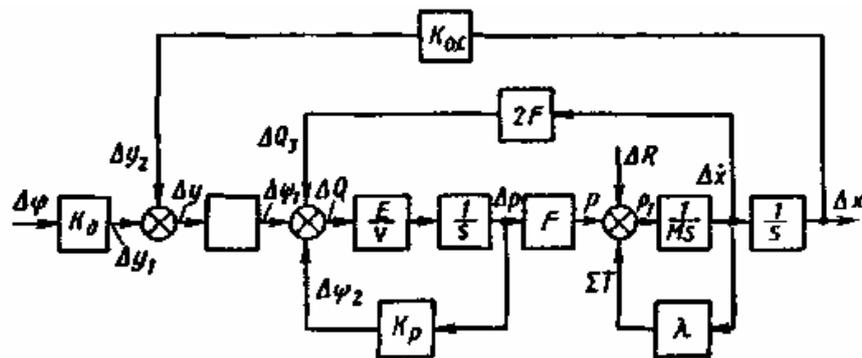


Рис. 8. Структурная схема ЛЭГП с АЗП

Угол поворота ШД преобразуется в смещение золотника

$$W_1(s) = \frac{\Delta y_1(s)}{\Delta \varphi(s)} = K_d.$$

Смещение золотника из нейтрального положения приводит к увеличению объема масла, поступающего в полость гидроцилиндра и вытесняемого из нее:

$$W_2(s) = \frac{\Delta Q_1(s)}{\Delta y(s)} = 2K_y.$$

Часть этого объема идет на сжатие масла

$$W_3(s) = \frac{\Delta p(s)}{\Delta Q(s)} = \frac{E}{V(s)}.$$

Под нагрузкой расход в гидрораспределителе уменьшается

$$W_4(s) = \frac{\Delta Q_2(s)}{\Delta p(s)} = K_p,$$

а возникший перепад давления, воздействуя на площадь поршня F , создает силу P , которая затрачивается на преодоление сил инерции движущихся масс:

$$W_5(s) = \frac{\Delta x(s)}{P_1(s)} = \frac{1}{Ms^2};$$

трения в направляющих и уплотнениях штока

$$W_6(s) = \frac{\sum T(s)}{\Delta x(s)} = K_{oc}$$

и полезной нагрузки R .

Расход масла, затрачиваемый на перемещение (x) штока, характеризуется звеном:

$$W_7(s) = \frac{\Delta Q_3(s)}{\Delta x(s)} = 2F,$$

а жесткая отрицательная обратная связь между штоком исполнительного цилиндра и золотником гидроусилителя – звеном

$$W_8(s) = \frac{\Delta y_2(s)}{\Delta x(s)} = K_{oc}.$$

После преобразования структурной схемы по правилам, известным из теории автоматического регулирования, получаем передаточную функцию разомкнутой системы

$$W_p(s) = \frac{x(s)}{y(s)} = \frac{K}{s(T^2s^2 + 2T\xi s + 1)}, \quad (27)$$

где K – коэффициент усиления; T – постоянная времени; ξ – коэффициент демпфирования, эти коэффициенты связаны с параметрами привода из уравнения (11) следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} K &= \frac{2FK_y K_{oc}}{K_p \lambda + 2F^2}; \\ T &= \sqrt{\frac{MV}{E(K_p \lambda + 2F^2)}}; \\ \xi &= \frac{V\lambda + K_p EM}{2\sqrt{EMV(K_p \lambda + 2F^2)}}. \end{aligned} \right\} (28)$$

Передаточная функция замкнутой системы, охваченной обратной связью с учетом (27):

$$W_3(s) = \frac{x(s)}{\varphi(s)} = \frac{\frac{KK_d}{K_{oc}}}{T^2 s^2 + 2T\xi s + K}. \quad (29)$$

Для анализа устойчивости ЛЭГП с АЗП применяем алгебраический критерий Рауса – Гурвица для знаменателя выражения (29), откуда находим

$$\Delta_r = T(2\xi - TK) > 0. \quad (30)$$

Подставив в формулу (15) выражения для K , T и ξ из выражения (28) и пренебрегая величиной $K_p \lambda$ по сравнению с $2F^2$, получим следующий критерий устойчивости для линейных приводов:

$$FL\lambda + 2K_p EM - K_y K_{oc} ML > 0. \quad (31)$$

В полученное неравенство входят три слагаемых, зависящих от динамических коэффициентов λ , K_p и K_y линеаризованных характеристик трения рабочего органа и расхода гидрораспределителя, а также от ряда конструктивных параметров F , L , M , K_{oc} привода, причем первые два слагаемых повышают, а третье – снижает устойчивость.

Таким образом, неравенство (31) определяет область возможных соотношений основных параметров привода, обеспечивающих отсутствие автоколебаний, и будет использовано в дальнейшем при разработке методики расчета ЛЭГП с АЗП.

На основании приведенных выше зависимостей разработана инженерная методика расчета привода.

Исходными данными для расчета являются масса рабочего органа M , длина хода L , требования к точности позиционирования ε , диапазону скоростей $v_{\min} - v_{\max}$, тяговой силе R , жесткости J , скоростной ошибке $\varepsilon_{\text{ск}}$.

Цель расчета – выбор площади F поршня гидроцилиндра и подведенного давления.

Расчет состоит из нескольких этапов.

Задаваясь несколькими значениями давления в напорной линии (например, $p_{\text{н}}$ равно 0,2; 4; 6; 8; 10 МПа), определяем требуемую площадь гидроцилиндра по следующим четырем критериям:

$$F > F_1 = 10^{-2} K_{\text{зв}} M \left[3,34 K_{\text{ос}} \sqrt{p_{\text{н}}} - \frac{1,31}{L \sqrt{p_{\text{н}}}} \right]; \quad (32)$$

$$F > F_2 = 10 K_{\text{зн}} \frac{R}{p_{\text{н}}}; \quad (33)$$

$$F > F_3 = 0,4 \frac{J}{p_{\text{н}} K_{\text{ос}}}; \quad (34)$$

$$F < F_4 = 0,62 \cdot 10^5 \varepsilon_{\text{ск}} K_{\text{ос}} \frac{\sqrt{p_{\text{н}}}}{\dot{x}_0}. \quad (35)$$

Уравнение (32) – требование устойчивости, $K_{\text{зв}}$ – коэффициент запаса по устойчивости. Уравнение (33) – требование по полезной нагрузке, $K_{\text{зн}}$ – коэффициент запаса по нагрузке. Уравнение (34) – требование по жесткости. Уравнение (35) – требование по скоростной ошибке.

Здесь F – см², M – кг, L – м, $p_{\text{н}}$ – МПа, \dot{x}_0 – мм/мин, R – кН, $\varepsilon_{\text{ск}}$ – мм, J – Н/мкм.

По результатам расчета в координатах $p_{\text{н}} - F$ строим пересечение областей.

Далее проверяем качество переходного процесса спроектированного привода. Если привод окажется излишне задемпфированным (время переходного процесса $T > 0,1$ с, перерегулирование ≈ 1), необходимо увеличить давление или уменьшить площадь в пределах их допустимых значений, если же привод окажется излишне колебательным ($T < 0,05$ с, перерегулирование $> 1,3$), необходимо уменьшить давление или увеличить площадь.

Если пересечения областей в соответствии с выражениями не существует, необходимо пересмотреть требования к жесткости и скоростной ошибке (уменьшить их).

Для справки: коэффициент вязкого трения $\lambda = 1,5 \cdot 10^{-4}$ кг/с, объем полости гидроцилиндра $V = \frac{FL}{2}$, модуль упругости рабочей жидкости $E = 1,5 \cdot 10^9$ Па, передаточное отношение АЗП $k_d \approx 1$ мм/об,

$$k_p \approx \frac{0,7 \cdot 10^{-8}}{\sqrt{p_n}}, \quad k_y = 0,5 \cdot 10^{-4} \sqrt{p_n}.$$

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЭГП С АЗП В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ПАКЕТЕ MATLAB

Для расчета и анализа системы автоматического управления ее передаточная функция должна быть представлена в MatLAB в виде ЛВИ(LTI) – модели (ЛВИ – линейная-время-инвариантная). MatLAB обеспечивает возможность построения 4 видов моделей: TF(ПФ – передаточной функции), ZPK(НПК – нули – полюса – коэффициент), SS(ПС – пространство состояния) и FRD(ЗЧО – значения частотного отклика). В данном примере применяется TF- модель.

Для автоматизации расчета площади цилиндра по четырем критериям можно воспользоваться средой программирования системы MatLAB.

Удобным инструментом выбора некоторой из альтернатив будущих вычислений является функция **menu** MatLAB, которая создает текущее окно меню пользователя. Функция **menu** имеет следующий формат обращения:

$k = \text{menu}(\text{'Заголовок меню'}, \text{'Альтернатива 1'}, \text{'Альтернатива 2'}, \dots, \text{'Альтернатива n'})$

Такое обращение приводит к появлению на экране меню. Выполнение программы временно приостанавливается, и система ожидает выбора одной из кнопок с альтернативами. После правильного ответа выходному параметру k присваивается значение выбранной альтернативы.

Теперь в зависимости от значения этого параметра можно построить процесс разветвления вычислений. Примерный вид меню для расчета ЛЭГП представлен на рис. 9, а текст scrip-файла на рис. 10.

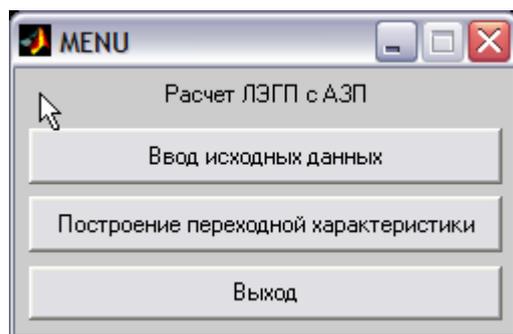


Рис. 9. Вид меню для расчета ЛЭГП

```
1 - flag=menu('Расчет ЛЭГП с АЗП','Ввод исходных данных',
2 -         'Построение переходной характеристики','Выход');
3 - if flag==1,
4 -     while flag==1
5 -         LEGP_1
6 -         LEGP_2
7 -         LEGP_3
8 -         flag=menu('Расчет ЛЭГП с АЗП','Ввод исходных данных',
9 -                 'Построение переходной характеристики','Выход');
10 -    end
11 - end
```

Рис. 10. Текст scrip-файла

Данный скрипт в зависимости от значения переменной flag (1,2 или 3) передает управление файлу legr_1 (Ввод исходных данных), legr_2 (Построение переходной характеристики) или legr_3 (Выход).

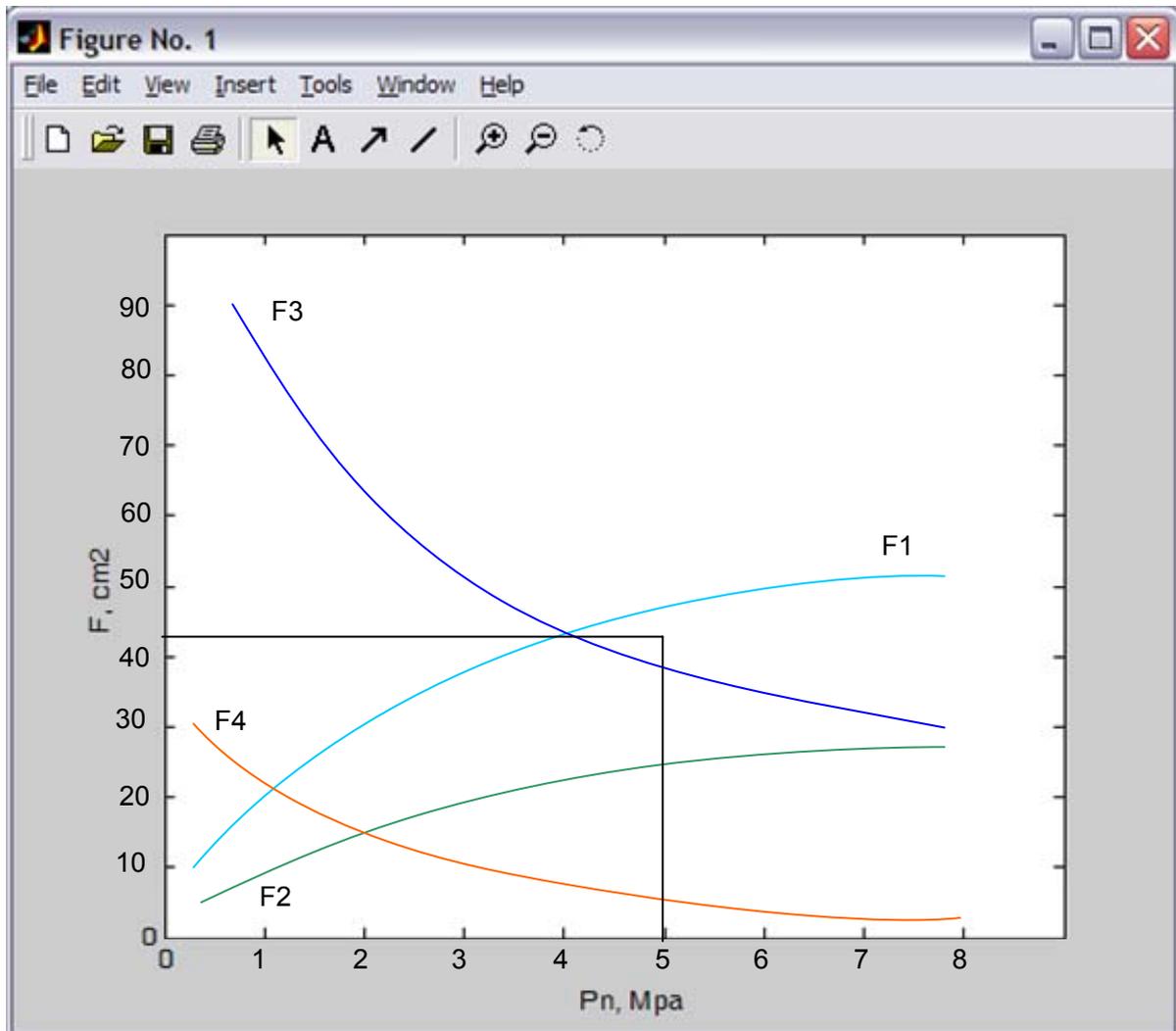


Рис. 11. Окно построения графиков

М-файл legr_1 запрашивает ввод исходных данных и осуществляет построение графиков (рис. 11) по четырем критериям устойчивости. Надписи на графике дополнительно редактируются средствами окна рисунка. Область устойчивой работы привода находится в границах $F < F_1$, $F > F_2$, $F > F_3$, $F > F_4$. Листинг этого файла представлен на рис. 12.

```

1 - clear
2 - pn=0.2 : 1 : 10
3 - lamda=1.5e4
4 - E=1.5e9
5 - kd=1
6 - M=input(['Масса подвижной части M=%g', M) 'M='])
7 - p=input(['Давление в напорной линии p=%g', p) 'p='])
8 - kzu=input(['Коэффициент запаса устойчивости kzu=%g', kzu) 'kzu='])
9 - kzn=input(['Коэффициент запаса по нагрузке kzn=%g', kzn) 'kzn='])
10 - kos=input(['Коэффициент обратной связи kos=%g', kos) 'kos='])
11 - epsilon=input(['Скоростная ошибка epsilon=%g', epsilon) 'epsilon='])
12 - L=input(['Ход=%g', L) 'L='])
13 - J=input(['Жесткость=%g', J) 'J='])
14 - F1=10e-2*kzu*M*(3.34*kos*sqrt(pn)-1.31./(L*sqrt(pn)))
15 - F2=10*kzn*R./pn
16 - F3=0.4*J./(pn*kos)
17 - F4=0.62*10^5*epsilon*kos*sqrt(pn)
18 - plot(F1,pn,F2,pn,F3,pn,F4,pn)
19 - F=input(['Диаметр цилиндра=%g', F) 'F='])
20 - LEGP

```

Рис. 12. Листинг М-файл legp_1

М-файл legp_2 по выбранному значению $F=45 \text{ см}^2$ строит график переходного процесса (рис. 13). Примерный текст файла приведен на рис. 14.

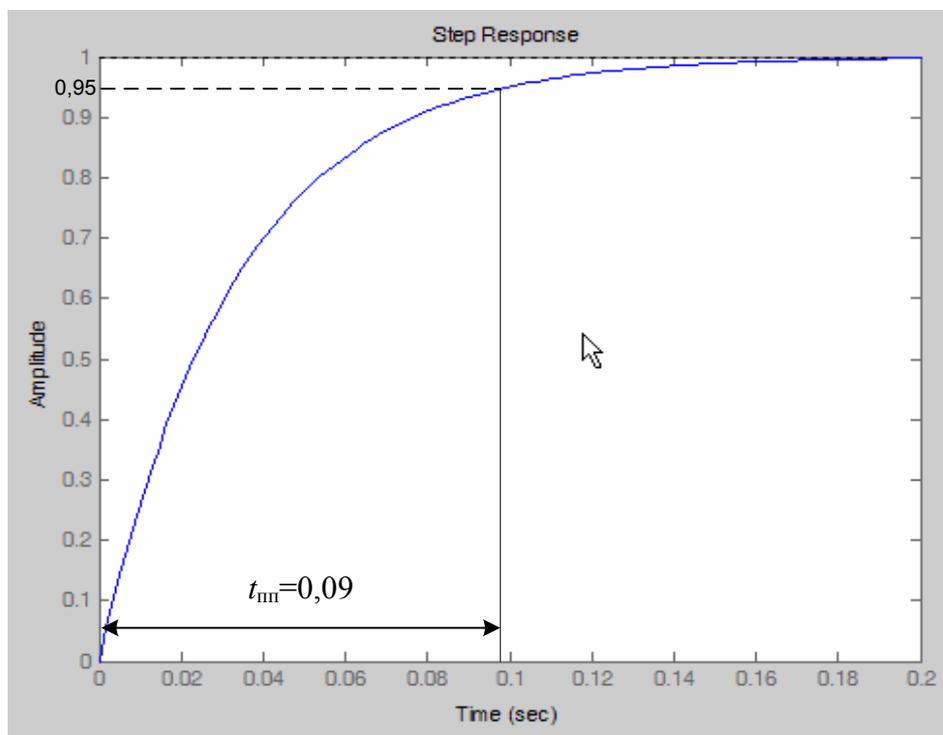


Рис. 13. График переходного процесса

Время переходного процесса – это время, за которое управляемая величина начинает отличаться от установившегося значения менее, чем на заранее заданное значение δ , где δ – точность управления. В рассматриваемом примере время переходного процесса $t_{п.п}=0,09$ с., что удовлетворяет заданному качеству переходного процесса.

```

1 - ku=0.5e-4*sqrt(p);
2 - kp=0.7e-8/sqrt(p);
3 - V=F*L/2;
4 - K=2*F*ku*cos/(kp*lamda+2*F^2);
5 - T=sqrt(M*V/(E*(kp*lamda+2*F^2)));
6 - dz=(V*lamda+kp*E*M)/(2*sqrt(E*M*V*(kp*lamda+2*F^2)));
7 - Q=[K*kd/kos];
8 - A=[T^2+2*T*dz 1 K];
9 - w=tf(Q,A)
10 - step(w)

```

Рис. 14. Листинг М-Файл legp_2

Построение переходного процесса осуществляется командой MatLAB **step(w)**, где w заданная передаточная функция исследуемой системы.

Аналогичным образом студенту предлагается самостоятельно оценить частотные свойства системы, воспользовавшись операторами MatLAB **nyquist(w)** и **bode(w)**. Первый оператор строит частотный годограф Найквиста разомкнутой системы, а второй диаграммы Боде (логарифмическую амплитудно-частотную характеристику и логарифмическую фазочастотную характеристику). По полученным частотным характеристикам необходимо оценить запас устойчивости ЛЭГП по амплитуде и фазе.

УКАЗАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ И СХЕМ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРИБОРОВ

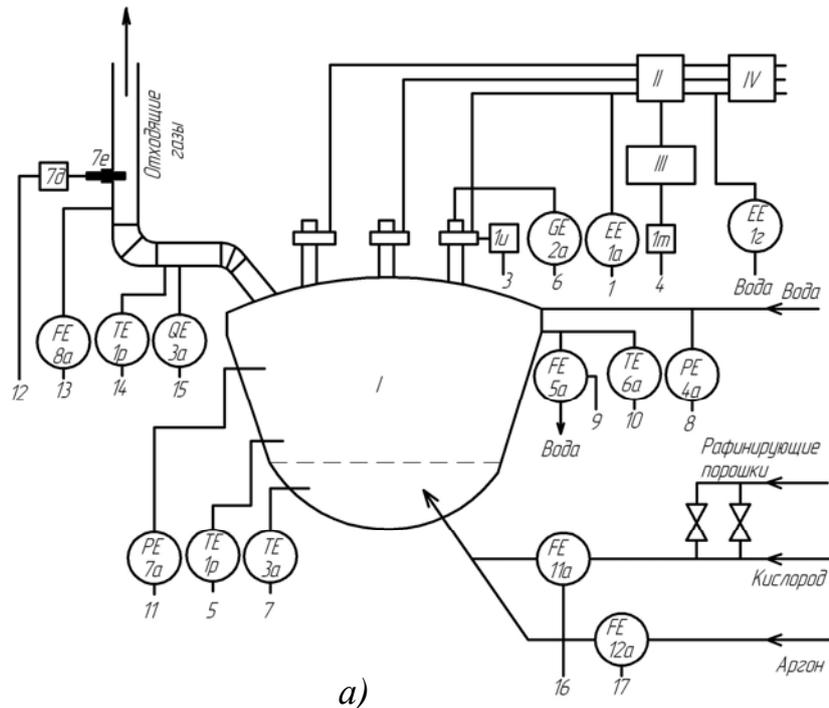
1. Назначение функциональных схем и схем назначения приборов

На этапе проектирования САУ, АСУ, приборов и средств автоматизации для подготовки и согласования тех или иных технических решений необходимо представить работу оборудования, ход технологического процесса или функционирование сложной системы во всем многообразии возможных ситуаций, взаимодействий составных частей и исполнительных элементов. Речь идет о практической реализации системного проектирования, который позволяет выявить источники информации, распределение информации во времени и в пространстве. Прежде чем приступить к автоматизации управления информацией, необходимо создать промежуточный документ, который можно использовать как отправной (базовый) для последующей разработки проекта. В качестве такого документа может быть функциональная схема (ФС) и схема расположения приборов (СРП).

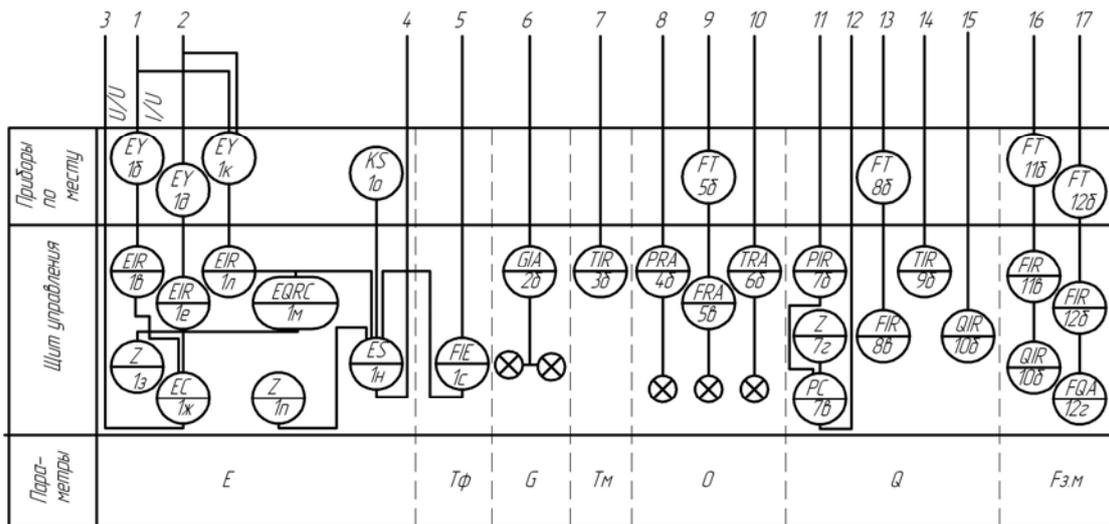
ФС и СРП дают схематическое представление об объекте управления и характере его работы. Основное внимание на функциональной схеме уделяется наличию и расположению тех или иных датчиков технологических параметров или параметров, характеризующих состояние той или иной системы. Кроме того, на ФС указывают подачу воды, сжатого воздуха, электрической энергии и т. д., что позволяет выявить принципы действия, оценить технико-экономические, экологические и др. показатели.

2. Пример разработки ФС и СРП

На рис. 15 приведен пример автоматизации трехфазной электродуговой печи.



а)



б)

Рис. 15. Автоматизация дуговой печи: а – функциональная схема автоматизации; б – схема расположения приборов
 I – IV – комплекс агрегатов; 1 – 17 – линии подключения приборов, приведённых на рис. б, в схему на рис. а; E – параметры электрического режима (токи, напряжения, мощность, количество израсходованной энергии); T_ф – температура футеровки; G – положение электродов; T_м – температура металла; O – параметры системы водяного охлаждения (температура, расход и давление воды); Q – состав отходящих газов; F_{р.м} – расход рафинирующих материалов

Печь представлена в виде контура, характеризующего форму рабочего пространства для выплавки металла (поз. I). Поз. II – трансформатор, III – счетчик, IV – подстанция. Сверху подведены три графитовых электрода, между которыми горит дуга – источник энергии для нагрева металла. Корпус печи охлаждается водой, по ходу плавки в печь загружают шихту, ферросплавы, рафинирующие порошки, подают кислород или аргон; отходящие газы из печи удаляют с помощью дымососов.

Для автоматизации управления работой печи необходимо иметь достоверную информацию о функционировании отдельных подсистем.

На функциональной схеме видно, что цифрой 1 обозначен прибор для измерения напряжения фазы (1а) (табл. 5), цифрой 2 обозначен прибор – трансформатор тока для измерения тока фазы 1 г (см. табл. 5) и т.д.

На СРП сверху на одной линии показаны те же позиции 1, 2, ..., 17, а ниже их полное условное обозначение (табл. 6 и 7) и расположение соответственно:

- прибор по месту;
- щит управления.

Внизу приведено обозначение измеряемого параметра.

3. Указания по использованию ФС и СРП

Как уже отмечалось выше, ФС и СРП отражают этап в разработке проекта создания системы. Дальнейшая работа над проектом может продолжаться по следующим правилам:

- выбор приборов по их входным и выходным характеристикам (прил. 1);
- формирование структуры системы управления;
- составление маршрутов прохождения информации;
- разработка управляющих вычислительных комплексов;
- разработка структурной организации управляющих вычислительных машин;
- разработка архитектуры АСУ;
- разработка локальных САР, САУ;
- анализ работы и оптимизация параметров.

Таблица 5

Характеристики средств автоматического контроля

Контролируемый параметр	Применяемые приборы	Позиции на рис. 15
Напряжение фазы *1	Трансформатор напряжения Нормирующий преобразователь E825/1 Вторичный прибор	1а 1б 1в
Ток фазы *1	Трансформатор тока Нормирующий преобразователь E824 Вторичный прибор	1г 1д 1е
Активная мощность фазы *1	Нормирующий преобразователь E829 Вторичный прибор	1к 1л
Количество израсходованной электроэнергии	Счетчик	1м
Температура футеровки *1	Термопара или шомпольный термозонд *2 (76) Электронный потенциометр	1р 1с
Положение электрода	Датчик положения, например типа ППФ-3 Вторичный прибор	2а 2б
Температура металла	Датчик Вторичный прибор	3а 3б
Химический состав металла и шлака *3	Квантометр (в экспресс-лаборатории цеха)	-
Параметры охлаждающей воды на выходе из охлаждающей арматуры печи: давление расход температура	Манометр Вторичный прибор Диафрагма Дифманометр Вторичный прибор Датчик Вторичный прибор	4а 4б 5а 5б 5в 6а 6б
Давление газов в рабочем пространстве печи	Манометр Вторичный прибор	7а 7б
Параметры отходящих газов: расход температура химический состав	Труба Вентури Дифманометр Вторичный прибор Термопара Электронный потенциометр Оптико-акустический газоанализатор (комплект на CO/CO ₂)	8а 8б 8в 9а 9б
Расход кислорода в ванну	Датчики Вторичные приборы Диафрагма Дифманометр Вторичный прибор Счетчики количества (интегратор расхода)	10а 10б 11а 11б 11в 11г

Таблица 6

Условное обозначение приборов

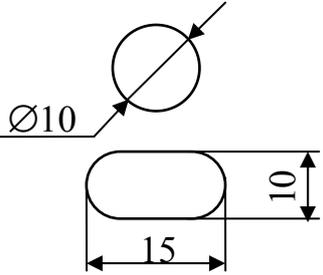
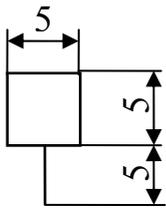
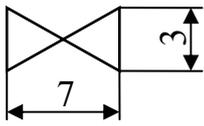
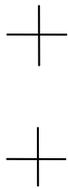
Наименование	Обозначения, размеры
Первичный измерительный преобразователь (датчик), прибор (контролирующий, регулирующий): базовое обозначение допускаемое обозначение	
Прибор, устанавливаемый на щите	
Исполнительный механизм, общее обозначение (положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала не регламентируется)	
Регулирующий орган	
Линия связи	—
Пересечение линий связи: без соединений друг с другом с соединением между собой	

Таблица 7

Буквенное обозначение приборов

Буква	Место (порядковый номер) буквы в обозначении				
	Значение буквы				
	Измеряемая величина		Функция, выполняемая прибором		
	Наименование	Характер измерения	Характер отображения информации	Способ формирования выходного сигнала	Дополнительные сведения
A	—	—	Сигнализация	—	—
B	Резервная буква	—	—	—	—
C	—	—	—	Регулирование, управление	—
D	Плотность	Определение разности перепада	—	—	—
E	Любая электрическая величина	—	—	—	Чувствительный элемент
F	Расход	Определение соотношения доли дроби	—	—	—
G	Размер, положение, перемещение	—	—	—	—
H	Ручное воздействие	—	—	—	Верхний предел измеряемой величины
I	—	—	Показания	—	—
J	—	Автоматическое переключение, объединение	—	—	—
K	Время, временная программа	—	—	—	Станция управления
L	Уровень	—	—	—	Нижний предел измеряемой величины

Окончание табл. 7

Буква	Место (порядковый номер) буквы в обозначении				
	Значение буквы				
	Измеряемая величина		Функция, выполняемая прибором		
	Наименование	Характер измерения	Характер отображения информации	Способ формирования выходного сигнала	Дополнительные сведения
М	Влажность	—	—	—	—
О	Резервные буквы	—	—	—	—
Н		—	—	—	—
Р	Давление, вакуум	—	—	—	—
Q	Величина, характеризующая качество, состав, концентрацию и т.п.	Интегрирование, суммирование по времени	—	—	—
R	Радиоактивность	—	Регистрация	—	—
S	Скорость, частота	—	—	Включение, отключение, переключение, сигнализация	—
T	Температура	—	—	—	Дистанционная передача
U	Несколько однородных измеряемых величин	—	—	—	—
V	Вязкость	—	—	—	—
W	Масса	—	—	—	—
Y	—	—	Преобразование вычисления	—	—

Примечание. Дополнительные буквенные обозначения на линиях передачи сигнала: V_1 – ввод информации в ЭВМ, V_0 – вывод информации с ЭВМ.

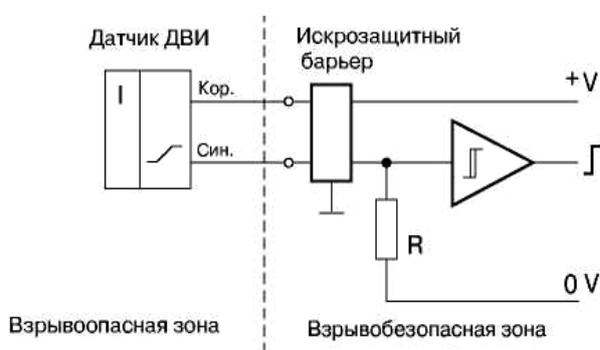
ДАТЧИКИ И ПРИБОРЫ

Взрывобезопасные индуктивные датчики

Взрывобезопасные индуктивные датчики серии ДВИ могут эксплуатироваться во взрывобезопасных средах и в помещениях повышенной взрывопожарной опасности.

Рабочие режимы датчика таковы, что он имеет вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь».

Отдельный переключающий усилитель и искрозащитный барьер, необходимые для подключения датчика ДВИ к системе управления, располагаются за пределами взрывоопасной зоны



(рис. П1.1).

Датчик ДВИ представляет собой индуктивный двухпроводной датчик постоянного тока с изменяемым выходным сопротивлением.

Рис. П1.1. Подключение датчика ДВИ

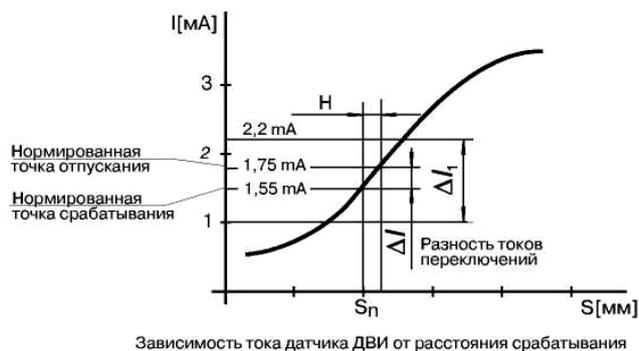


Рис. П1.2. Токовая характеристика индуктивного датчика

Функционально датчик подобен переменному резистору, изменяющему свое сопротивление по мере приближения объекта воздействия из металла к чувствительному элементу датчика. Выходное сопротивление при этом меняется от 1 до 8 кОм, а величина тока через датчик — от 2,2 до 1,0 мА (рис. П1.2).

При использовании во взрывоопасной зоне датчик подключается к системе управления через искрозащитный барьер. Вместо него может использоваться барьер и переключающий усилитель MC13-8ExO-R/24VDC фирмы Turck или аналогичное устройство фирмы MTL.

Датчик контроля скорости

Датчик контроля скорости серии ДКС предназначен в первую очередь для контроля остановки или снижения скорости вращения (движения) различных устройств, таких как конвейеры, транспортеры, барабаны. Может применяться для выявления аварийного проскальзывания ленты на транспортере (рис. П1.3).

ДКС представляет собой индуктивный датчик со схемой контроля частоты импульсов воздействия и бинарным выходом.

Контролируемый вращающийся объект непосредственно или с помощью соединенного с ним металлического объекта воздействует на чувствительный элемент датчика с частотой, пропорциональной частоте вращения. При нормальной частоте вращения на выходе датчика и на нагрузке есть напряжение.

На диаграмме пассивный выходной сигнал соответствует снижению частоты ниже допустимой. Необходимое значение контролируемой минимальной частоты устанавливается с помощью потенциометра. Ниже приводится диаграмма, показывающая зависимость напряжения на нагрузке датчика от частоты воздействующих импульсов (рис. П1.4).

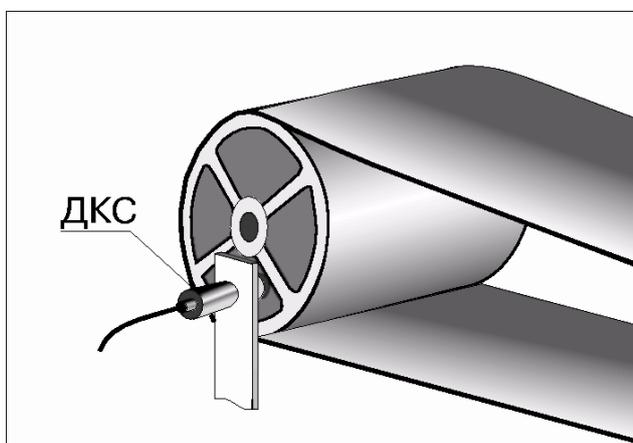


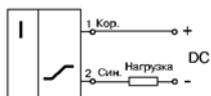
Рис. П1.3. ДКС проскальзывания ленты

Взрывобезопасные индуктивные датчики. Номенклатура и параметры

Напряжение питания постоянного тока

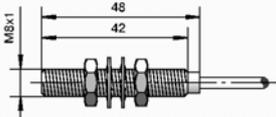
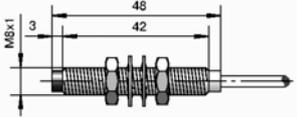
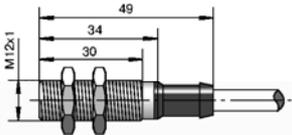
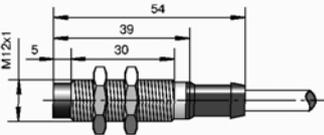
Схемы подключения
с двумя выводами

Схема подключения
взрывобезопасного
датчика



Общие параметры изделий данной страницы

Номинальное напряжение питания	8,2 В
Диапазон рабочих напряжений питания	5–30 В
Номинальное нагрузочное сопротивление (при 8,2 В)	1 кОм
Ток датчика в неактивном состоянии	>2,2 мА
Ток датчика в активном состоянии	<1,0 мА
Нормированная точка для срабатывания	1,55 мА
Нормированная точка для отпущения	1,75 мА
Индикация срабатывания	нет
Температура окружающей среды	-25...+80°С
Материал корпуса	латунь
Максимальная масса изделия	0,08 кг
Общие параметры ВВ	в разделе Б3

Типоразмер	Расстояние срабатывания	Частота циклов срабатывания	Корпус и способ подключения
ДВИ-М08-45У-1130-Х	$S_n = 1,5 \text{ мм}$	2000 Гц	 <p>Утапливаемая установка</p> <p>Встроенный кабель ПВС 2 X 0,12 мм². Длина кабеля 2 м. Степень защиты - IP67.</p>
ДВИ-М08-48У-2130-Х	$S_n = 2,5 \text{ мм}$	1500 Гц	 <p>Неутапливаемая установка</p> <p>Встроенный кабель ПВС 2 X 0,12 мм². Длина кабеля 2 м. Степень защиты - IP67.</p>
ДВИ-М12-34С-1130-Х	$S_n = 2 \text{ мм}$	1000 Гц	 <p>Утапливаемая установка</p> <p>Встроенный кабель ПВС 2 X 0,35 мм² со штуцером для крепления защиты кабеля (раздел В4). Степень защиты - IP67.</p>
ДВИ-М12-39С-2130-Х	$S_n = 4 \text{ мм}$	800 Гц	 <p>Неутапливаемая установка</p> <p>Встроенный кабель ПВС 2 X 0,35 мм² со штуцером для крепления защиты кабеля (раздел В4). Длина кабеля 2 м. Степень защиты - IP67.</p>

Типоразмер

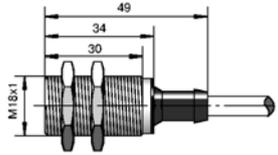
Расстояние срабатывания
Частота циклов срабатывания

Корпус и способ подключения

Напряжение питания постоянного тока

Схемы подключения с двумя выводами

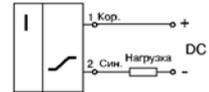
ДВИ-M18-34C-1130-X $S_n = 5 \text{ мм}$ 800 Гц



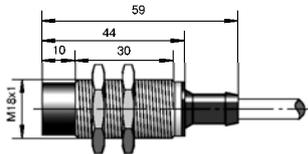
Утапливаемая установка

Встроенный кабель ПВС 2 X 0,35 мм² со штуцером для крепления защиты кабеля (раздел В4). Длина кабеля 2 м. Степень защиты - IP67.

Схема подключения взрывобезопасного датчика



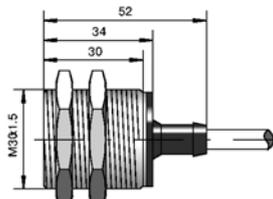
ДВИ -M18-44C-2130-X $S_n = 8 \text{ мм}$ 400 Гц



Неутапливаемая установка

Встроенный кабель ПВС 2 X 0,35 мм² со штуцером для крепления защиты кабеля (раздел В4). Длина кабеля 2 м. Степень защиты - IP67.

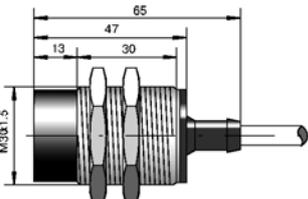
ДВИ-M30-34C-1130-X $S_n = 10 \text{ мм}$ 400 Гц



Утапливаемая установка

Встроенный кабель ПВС 2 X 0,35 мм² со штуцером для крепления защиты кабеля (раздел В4). Степень защиты - IP67.

ДВИ-M30-49C-2130-X $S_n = 15 \text{ мм}$ 200 Гц



Утапливаемая установка

Встроенный кабель ПВС 2 X 0,35 мм² со штуцером для крепления защиты кабеля (раздел В4). Длина кабеля 2 м. Степень защиты - IP67.

Общие параметры изделий данной страницы

Номинальное напряжение питания	8,2 В
Диапазон рабочих напряжений питания	5–30 В
Номинальное нагрузочное сопротивление (при 8,2 В)	1 кОм
Ток датчика в неактивном состоянии	>2,2 мА
Ток датчика в активном состоянии	<1,0 мА
Нормированная точка для срабатывания	1,55 мА
Нормированная точка для отпускания	1,75 мА
Индикация срабатывания	нет
Температура окружающей среды	-25...+80°C
Материал корпуса	латунь
Максимальная масса изделия	0,08 кг
Общие параметры ВБ	в разделе Б3

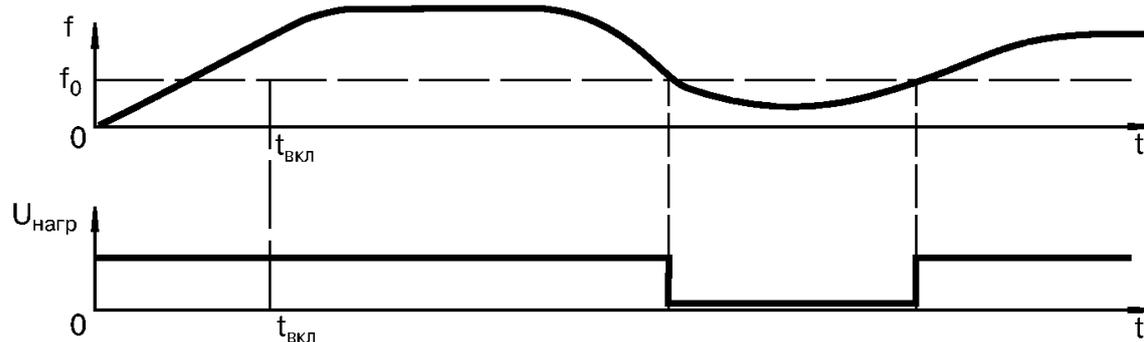


Рис. П1.4. Зависимость напряжения на нагрузке датчика от частоты воздействующих импульсов:

f – частота воздействия на датчик контроля скорости; f_0 – установленная пороговая частота срабатывания, при которой происходит срабатывание датчика контроля скорости; $t_{\text{вкл}}$ – первоначальная задержка срабатывания датчика, необходимая для разгона механизмов после подачи питания и превышения заданной частоты импульсов воздействия, $t_{\text{вкл}} = 9\text{с}$; $U_{\text{нагр}}$ – напряжение на нагрузке датчика.

Датчики положения с аналоговым выходом

Индуктивные датчики положения с аналоговым выходом серии ДПА преобразуют значение расстояния между активной поверхностью датчика и объектом воздействия в величину токового сигнала на выходе. Характеристики датчиков различных типов и размеров приведены на графике (рис. П1.5).

ДПА применяется как простой и малоинерционный датчик регулятора положения в системах управления.

Датчик может реагировать непосредственно на металлический объект или на металлический флажок, механически связанный с объектом.

ДПА применяется в системах регулировки натяжения ленты, троса, провода в кабельном производстве и т. п. Данное изделие не является метрологическим прибором.

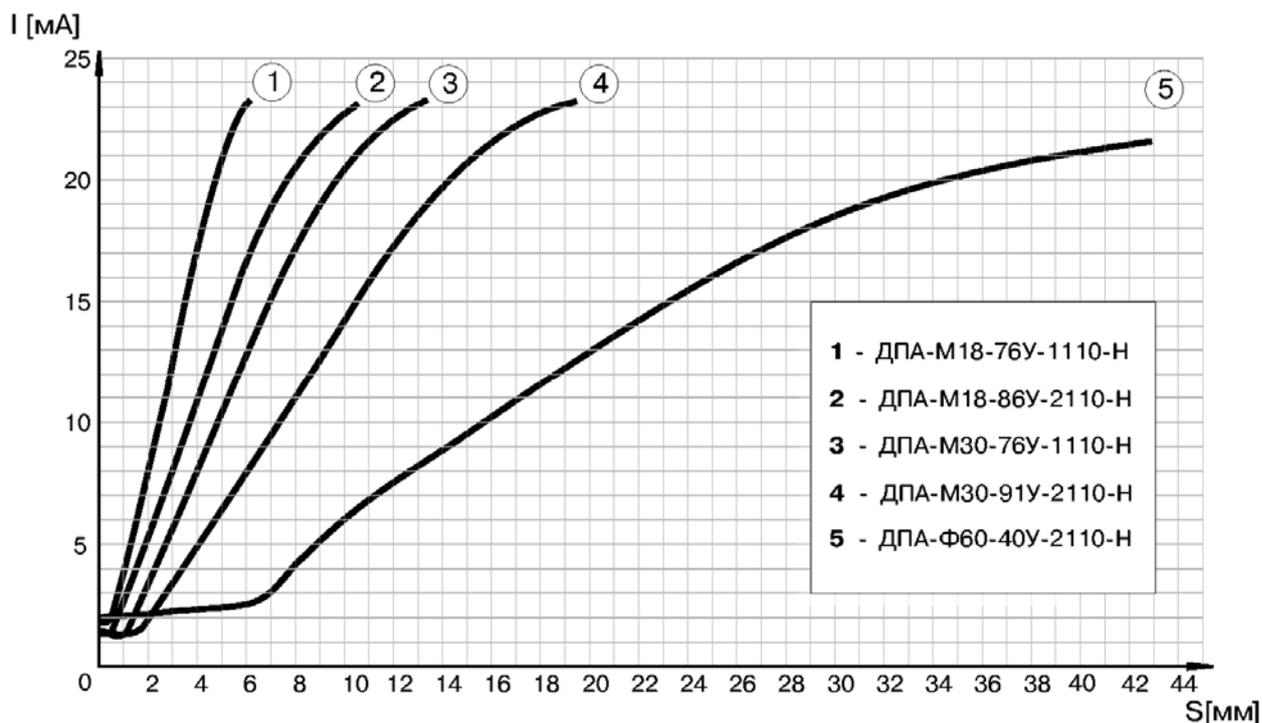


Рис. П1.5. Характеристики датчиков

Общие сведения и параметры бесконтактных выключателей

Бесконтактным выключателем (ВБ) называется выключатель, приводимый в действие внешним объектом без механического контакта выключателя и объекта. Коммутация нагрузки производится полупроводниковыми элементами. Все это обеспечивает высокую надёжность работы бесконтактных выключателей.

В системах управления они, как правило, выполняют функцию датчиков обратной связи, сигнализируя о завершении выполнения конкретным элементом оборудования команды на перемещение. Но этим их применение не ограничивается.

Упрощенная функциональная схема бесконтактного выключателя состоит из трех блоков (рис. П1.6).

Типоразмер

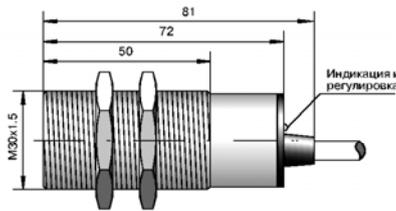
Схема подключения
Коммутационная функция
Диапазон контролируемых частот

Корпус и способ подключения

ДКС-М30-81У-1113-ЛА.01 PNP «ИЛИ» F_n
0,1–2,5 Гц

$S_n = 10$ мм
Утапливаемая установка

ДКС-М30-81У-1113-ЛА.02 PNP «ИЛИ» F_n
2–50 Гц



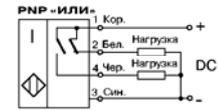
ДКС-М30-81У-1252-ЛА.01 АС НЗ F_n
0,1–2,5 Гц

Встроенный кабель ПВС 3 X 0,35 мм².
Длина кабеля 2 м.
Степень защиты - IP65.

ДКС-М30-81У-1252-ЛА.02 АС НЗ F_n
2–50 Гц

Напряжение питания постоянного тока

Схема подключения с тремя выводами

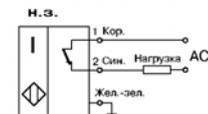


Общие параметры

Диапазон номинальных напряжений питания	12–24 В
Диапазон рабочих напряжений питания	10–30 В
Номинальный ток	400 мА
Категория применения коммутационного элемента	DC13
Защита коммутационного элемента	есть
Индикация срабатывания	есть
Регулировка частоты	есть
Температура окружающей среды	-45...+80°C
Материал корпуса	латунь
Максимальная масса изделия	0,24 кг
Общие параметры ВБ	в разделе Б3

Напряжение питания переменного тока

Схема подключения с двумя выводами и заземлением



Общие параметры

Диапазон номинальных напряжений питания	110–220 В
Диапазон рабочих напряжений питания	90–250 В
Номинальный ток	250 мА
Категория применения коммутационного элемента	DC14
Падение напряжения	9 В
Минимальный ток нагрузки	5 мА
Остаточный ток	3 мА
Индикация срабатывания	есть
Регулировка частоты	есть
Температура окружающей среды	-45...+80°C
Материал корпуса	латунь
Максимальная масса изделия	0,24 кг
Общие параметры ВБ	в разделе Б3

Типоразмер

Рабочая зона

Линейная зона

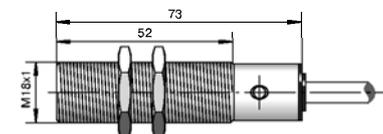
Максимальная скорость изменения выходного тока

Напряжение питания постоянного тока

Схемы подключения с тремя выводами

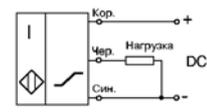
ДПА-М18-76У-1110-Н 0,75–5 мм 1,25–4 мм 5 мА/мс

Корпус и способ подключения

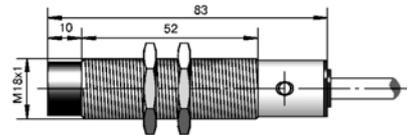


Утапливаемая установка
 Встроенный кабель ПВС 3 X 0,35 мм². Длина кабеля 2 м.
 Степень защиты - IP67.
 Материал корпуса - латунь.

Схема подключения

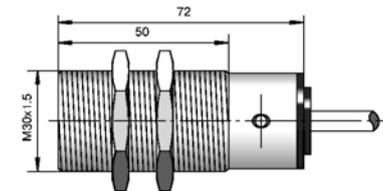


ДПА-М18-86У-2110-Н 1,25–8 мм 1,75–6 мм 5 мА/мс



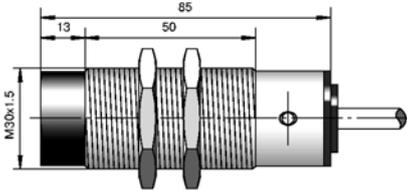
Неутапливаемая установка.
 Встроенный кабель ПВС 3 X 0,35 мм². Длина кабеля 2 м.
 Степень защиты - IP67.
 Материал корпуса - латунь.

ДПА-М30-76У-1110-Н 2,9–10 мм 3–8 мм 6 мА/мс



Утапливаемая установка
 Встроенный кабель ПВС 3 X 0,35 мм². Длина кабеля 2 м.
 Степень защиты - IP67.
 Материал корпуса - латунь.

ДПА-М30-91У-2110-Н 3–15 мм 4,5–12 мм 6 мА/мс

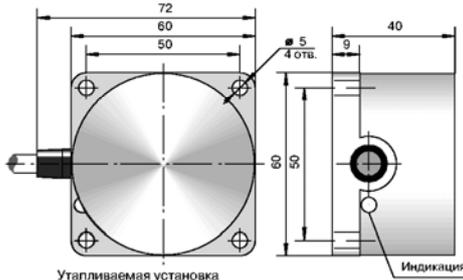


Утапливаемая установка
 Встроенный кабель ПВС 3 X 0,35 мм². Длина кабеля 2 м.
 Степень защиты - IP67.
 Материал корпуса - латунь.

Общие параметры изделий данной страницы

Диапазон номинальных напряжений питания	12–24 В
Диапазон рабочих напряжений питания	10–30 В
Диапазон изменения выходного тока	1,25–20 мА
Минимальное сопротивление нагрузки	0 Ом
Максимальное сопротивление нагрузки	(U _в -6) * 100 Ом
Максимальная нелинейность в линейной зоне	5 %
Индикация напряжения питания	есть
Температура окружающей среды	-25...+80°C
Максимальная масса изделия	0,28 кг
Общие параметры ВВ	в разделе Б3

ДПА-Ф60-40У-2110-Н 5–35 мм 7–30 мм 7 мА/мс



Утапливаемая установка
 Встроенный кабель ПВС 3 X 0,35 мм². Длина кабеля 2 м.
 Степень защиты - IP67.
 Материал корпуса - полиамид.

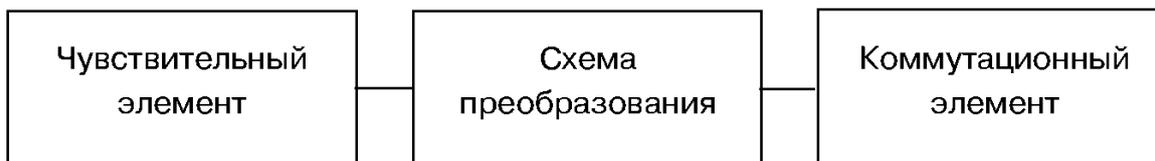


Рис. П1.6. Функциональная схема бесконтактного выключателя

Входя в зону чувствительности бесконтактного выключателя, движущийся объект вызывает его срабатывание, при этом коммутационный элемент ВБ включает или отключает ток нагрузки (до 400 мА DC или до 500 мА AC). В качестве нагрузки может быть использован вход контроллера электронной схемы или непосредственно обмотка реле контактора.

Электрическая часть ВБ помещена в корпус из никелированной латуни или пластмассы. Для обеспечения работоспособности в экстремальных условиях эксплуатации электрическая часть герметизируется компаундом.

Бесконтактные выключатели классифицируются:

1) по принципу действия чувствительного элемента – индуктивные, емкостные, оптические, ультразвуковые, магнитные немеханические;

2) по условиям установки в конструкцию. Индуктивные и емкостные ВБ выпускаются утапливаемого или неутапливаемого исполнения. Последним необходимо наличие вокруг чувствительного элемента зоны, свободной от демпфирующего материала.

К оптическим бесконтактным выключателям типа Т относится серия многолучевых оптических защитных барьеров ВБО-Э20-... .

Расположенные в ряд с шагом 20 мм светодиоды излучателя барьера и соответствующие фотодиоды приемника формируют параллельные лучи, расположенные в одной плоскости (рис. П1.7). Высота контролируемой плоскости определяется типоразмером защитного барьера (до 1 м), а ширина – разнесением излучателя и приемника (до 16 м). При проникновении через

контролируемую плоскость объекта (например руки человека) происходит срабатывание коммутационного элемента защитного барьера. Устройство управления барьером исключает срабатывание выходного коммутационного элемента при случайном кратковременном пересечении лучей.

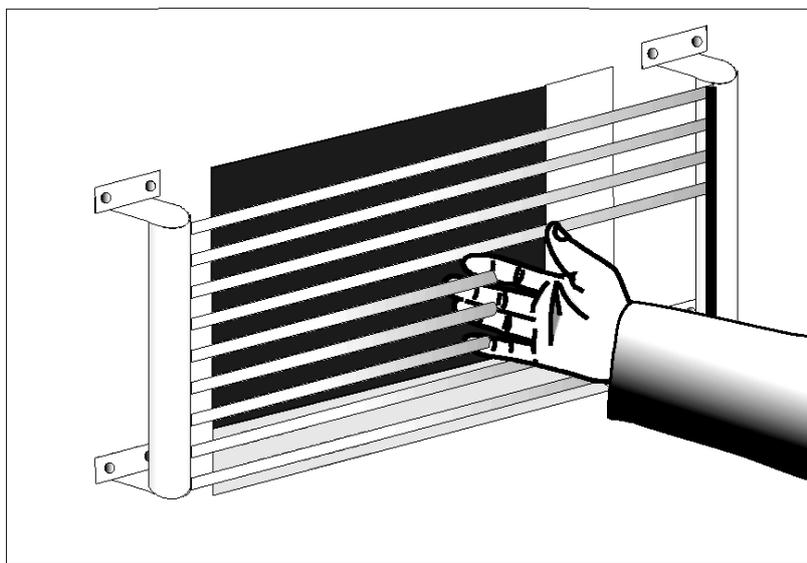


Рис. П1.7. Многолучевой бесконтактный выключатель

Особенности эксплуатации ВБО определяются особенностями распространения инфракрасного излучения. Наличие факторов, ухудшающих его, ведет к уменьшению расстояния воздействия. Такими факторами могут быть пыль, дым, атмосферные осадки и т. п. Для компенсации влияния фоновых объектов и подстройки под реальные условия эксплуатации часть ВБО имеет регулировку чувствительности. Для повышения помехоустойчивости в ВБО используется кодированное излучение.

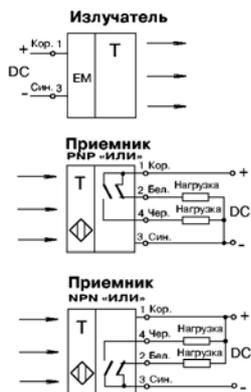
Оптические защитные барьеры ВБО-Э20-... имеют кронштейны, обеспечивающие механическую регулировку положения излучателя и приемника.

Иногда для контроля тонких объектов необходимо сделать более узким луч ВБО. В таких случаях для ВБО-М18-76... можно применить насадки типа ПВ-ОД-... .

Напряжение питания постоянного тока

Схемы подключения с четырьмя выводами

Схема подключения защитного оптического барьера



Общие параметры изделий данной страницы

Диапазон номинальных напряжений питания	12-24 В
Диапазон рабочих напряжений питания	10 - 30 В
Коммутационная функция	«ИЛИ»
Номинальный ток	200 mA
Категория применения коммутационного элемента	DC13
Защита коммутационного элемента	есть
Индикация срабатывания	есть
Минимальная высота объекта воздействия	20 мм
Время срабатывания	16 мс
Время восстановления	32 мс
Посторонняя засветка	5000 лк
Температура окружающей среды	-25...+70°C
Материал корпуса	алюминий
Общие параметры ВБ	в разделе Б3

Типоразмер

	Высота охраняемой зоны, L	Максимальная высота изделия, Н	Макс. потребляемая мощность, Вт	Максимальная масса изделия, кг
ИЗЛУЧАТЕЛЬ				
ВБО-Э20-200P-9100-Н	200	341	3	0,95
ПРИЕМНИК				
ВБО-Э20-200P-9113-С	200	341	2	0,95
ВБО-Э20-200P-9123-С	200	341	2	0,95
ИЗЛУЧАТЕЛЬ				
ВБО-Э20-400P-9100-Н	400	541	6	1,75
ПРИЕМНИК				
ВБО-Э20-400P-9113-С	400	541	4	1,75
ВБО-Э20-400P-9123-С	400	541	4	1,75
ИЗЛУЧАТЕЛЬ				
ВБО-Э20-600P-9100-Н	600	741	9	2,55
ПРИЕМНИК				
ВБО-Э20-600P-9113-С	600	741	6	2,55
ВБО-Э20-600P-9123-С	600	741	6	2,55
ИЗЛУЧАТЕЛЬ				
ВБО-Э20-800P-9100-Н	800	941	12	3,35
ПРИЕМНИК				
ВБО-Э20-800P-9113-С	800	941	8	3,35
ВБО-Э20-800P-9123-С	800	941	8	3,35
ИЗЛУЧАТЕЛЬ				
ВБО-Э20-1000P-9100-Н	1000	1141	15	4,15
ПРИЕМНИК				
ВБО-Э20-1000P-9113-С	1000	1141	10	4,15
ВБО-Э20-1000P-9123-С	1000	1141	10	4,15

Корпус и способ подключения

Зона чувствительности
 $S_d = 0-16 м$
 Тип Т. Прямой световой луч.

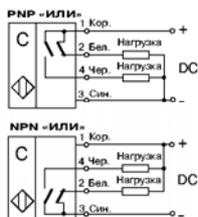


Разъем M12. Ответная часть ПВ-РКП-1.3 или ПВ-РКУ-1.3 заказывается отдельно (раздел В4).
 Степень защиты - IP65.

Напряжение питания постоянного тока

Схемы подключения с четырьмя выводами

Варианты коммутационных функций и схем подключений

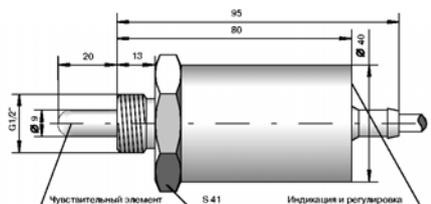


Типоразмер

Схема подключения
Коммутационная функция
Расстояние срабатывания
Частота циклов срабатывания

Корпус и способ подключения

ВБЕ-T20-100C-2113-3A PNP «ИЛИ» 10 Гц



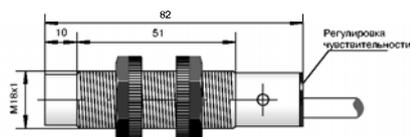
Погружение чувствительного элемента в регистрируемый материал.

Неуталиваемая установка
Встроенный кабель ПВС 4 X 0,35 мм² со штуцером для крепления защиты кабеля (раздел В4).
Длина кабеля 2 м.
Степень защиты - IP65.
Материал корпуса:
чувствительный элемент - полиамид
корпус - никелированная латунь.
По спецзаказу - корпус из нержавеющей стали.

Общие параметры изделий данной страницы

Диапазон номинальных напряжений питания	12–24 В
Диапазон рабочих напряжений питания	10–30 В
Номинальный ток	200 мА
Категория применения коммутационного элемента	DC13
Защита коммутационного элемента	есть
Индикация срабатывания	есть
Регулировка чувствительности	есть
Температура окружающей среды	-25...+80°С
Максимальная масса изделия	0,35 кг
Общие параметры ВБ	в разделе Б3

ВБЕ-Ц18-82У-2113-3А PNP «ИЛИ» S_п 10 Гц
ВБЕ-Ц18-82У-2123-3А NPN «ИЛИ» 5 мм



Неуталиваемая установка

Встроенный кабель ПВС 4 X 0,35 мм² со штуцером для крепления защиты кабеля (раздел В4).
Длина кабеля 2 м.
Степень защиты - IP67.
Материал корпуса - полиамид.

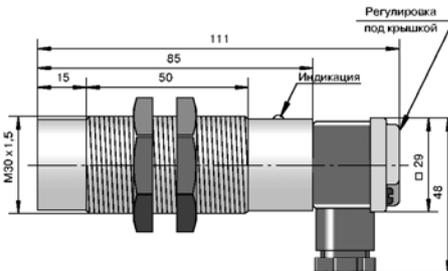
Возможны исполнения изделий данной страницы с задержкой срабатывания до 1 с.

Типоразмер

Схема подключения
Коммутационная функция
Расстояние срабатывания
Частота циклов срабатывания

Корпус и способ подключения

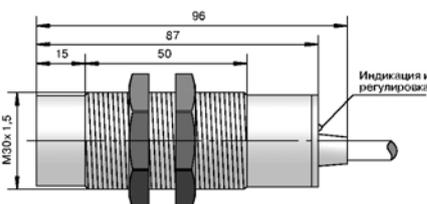
ВБЕ-Ц30-96К-2111-3А	PNP	НО	S _п 10 Гц 20 мм
ВБЕ-Ц30-96К-2112-3А	PNP	НЗ	
ВБЕ-Ц30-96К-2113-3А	PNP	«ИЛИ»	
ВБЕ-Ц30-96К-2121-3А	NPN	НО	
ВБЕ-Ц30-96К-2123-3А	NPN	«ИЛИ»	



Неустанавливаемая установка

Зажимы под винт провода сечением до 2,5 мм² (раздел В4).
Степень защиты - IP65.

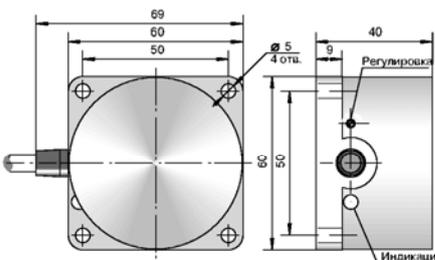
ВБЕ-Ц30-96У-2111-3А	PNP	НО	S _п 10 Гц 20 мм
ВБЕ-Ц30-96У-2112-3А	PNP	НЗ	
ВБЕ-Ц30-96У-2113-3А	PNP	«ИЛИ»	
ВБЕ-Ц30-96У-2121-3А	NPN	НО	
ВБЕ-Ц30-96У-2123-3А	NPN	«ИЛИ»	



Неустанавливаемая установка

Встроенный кабель ПВС 3 X 0,35 мм² или ПВС 4 X 0,35 мм² со штуцером для крепления защиты кабеля (раздел В4).
Степень защиты - IP65.

ВБЕ-Ф60-40У-2111-3А	PNP	НО	S _п 10 Гц 40 мм
ВБЕ-Ф60-40У-2113-3А	PNP	«ИЛИ»	
ВБЕ-Ф60-40У-2123-3А	NPN	«ИЛИ»	



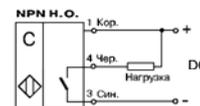
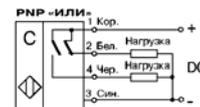
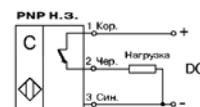
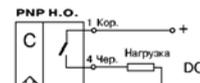
Неустанавливаемая установка

Встроенный кабель ПВС 3 X 0,35 мм² или 4 X 0,35 мм².
Длина кабеля 2 м.
Степень защиты - IP65.

Напряжение питания постоянного тока

Схемы подключения с тремя или четырьмя выводами

Варианты коммутационных функций и схем подключений



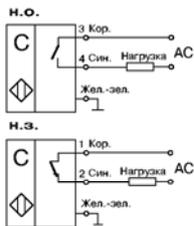
Общие параметры изделий данной страницы

Диапазон номинальных напряжений питания	12–24 В
Диапазон рабочих напряжений питания	10–30 В
Номинальный ток	200 мА
Категория применения коммутационного элемента	DC13
Защита коммутационного элемента	есть
Индикация срабатывания	есть
Регулировка чувствительности	есть
Температура окружающей среды	-25...+80°С
Материал корпуса	полиамид
Максимальная масса изделия	0,2 кг
Общие параметры ВБ	в разделе Б3

Напряжение питания переменного тока

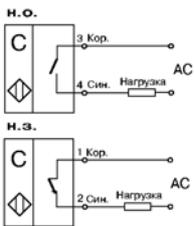
Схемы подключения с двумя выводами и заземлением

Варианты коммутационных функций и схем подключений



Схемы подключения с двумя выводами

Варианты коммутационных функций и схем подключений



Общие параметры изделий данной страницы

Диапазон номинальных напряжений питания	110–220 В
Диапазон рабочих напряжений питания	90 - 250 В
Номинальный ток	250 мА
Категория применения коммутационного элемента	DC14
Индикация срабатывания	есть
Регулировка чувствительности	есть
Температура окружающей среды	-25...+80°C
Максимальная масса изделия	0,35 кг
Общие параметры ВВ	в разделе Б3

Типоразмер

Коммутационная функция

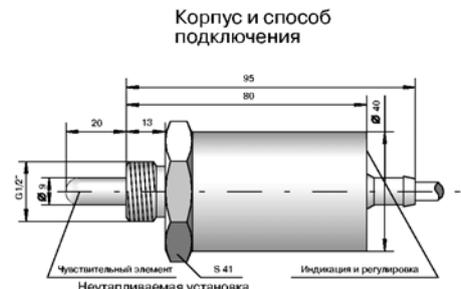
Расстояние срабатывания

Частота циклов срабатывания

ВВЕ-T20-100C-2251-ЛА НО
ВВЕ-T20-100C-2252-ЛА НЗ

Погружение чувствительного элемента в регистрируемый материал.

10 Гц

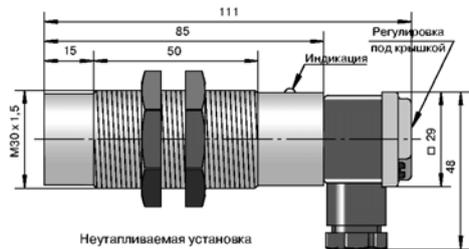


Встроенный кабель ПВС 3 X 0,35 мм² со штуцером для крепления защиты кабеля (раздел В4). Длина кабеля 2 м.
Степень защиты - IP65.
Материал корпуса: чувствительный элемент - полиамид, корпус - никелированная латунь.
По спецзаказу - корпус из нержавеющей стали.

ВВЕ-Ц30-96K-2241-ЛА НО
ВВЕ-Ц30-96K-2242-ЛА НЗ

$S_{\Pi} = 20 \text{ мм}$

10 Гц

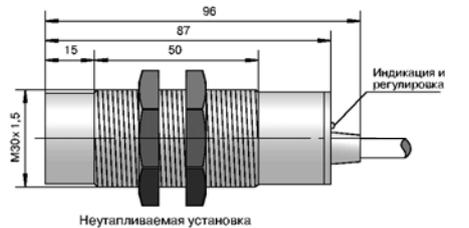


Зажимы под винт провода сечением до 2,5 мм² (раздел В4).
Степень защиты - IP65.
Материал корпуса - полиамид.

ВВЕ-Ц30-96У-2241-ЛА НО
ВВЕ-Ц30-96У-2242-ЛА НЗ

$S_{\Pi} = 20 \text{ мм}$

10 Гц

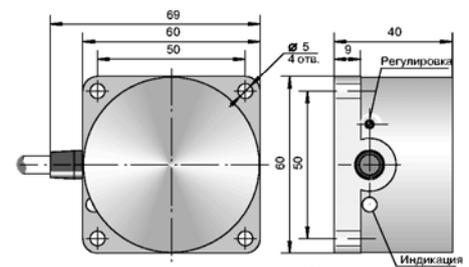


Встроенный кабель ПВС 2 X 0,35 мм².
Степень защиты - IP65.
Материал корпуса - полиамид.

ВВЕ-Ф60-40У-2241-ЛА НО
ВВЕ-Ф60-40У-2242-ЛА НЗ

$S_{\Pi} = 40 \text{ мм}$

10 Гц



Встроенный кабель ПВС 2 X 0,35 мм².
Степень защиты - IP65.
Материал корпуса - полиамид.

Индуктивные бесконтактные выключатели

Индуктивные бесконтактные выключатели (ВБИ) имеют чувствительный элемент в виде катушки индуктивности с открытым в сторону активной поверхности магнитопроводом (рис. П1.8).

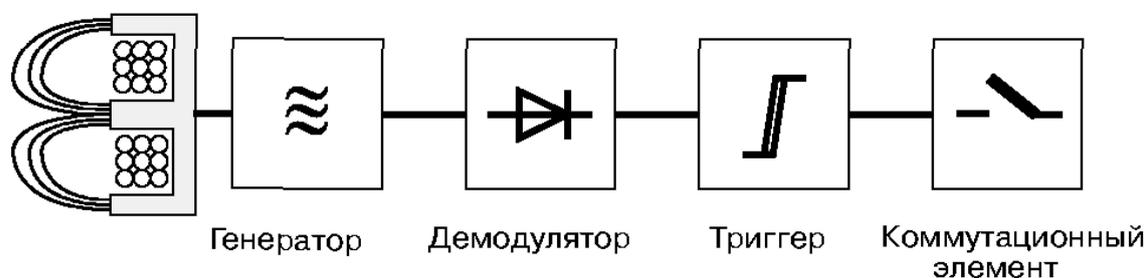


Рис. П1.8. Схема индуктивного бесконтактного выключателя

Перед активной поверхностью ВБИ образуется электромагнитное поле. При внесении металлического объекта в это поле колебания генератора затухают, демодулированное напряжение падает, триггер опрокидывается, коммутационный элемент переключается.

При рабочих условиях эксплуатации (в том числе при рабочих значениях напряжения питания и температур окружающей среды) ГОСТ предусматривает надежное срабатывание всех изделий ВБИ в гарантированном интервале срабатывания S_a (рис. П1.9).

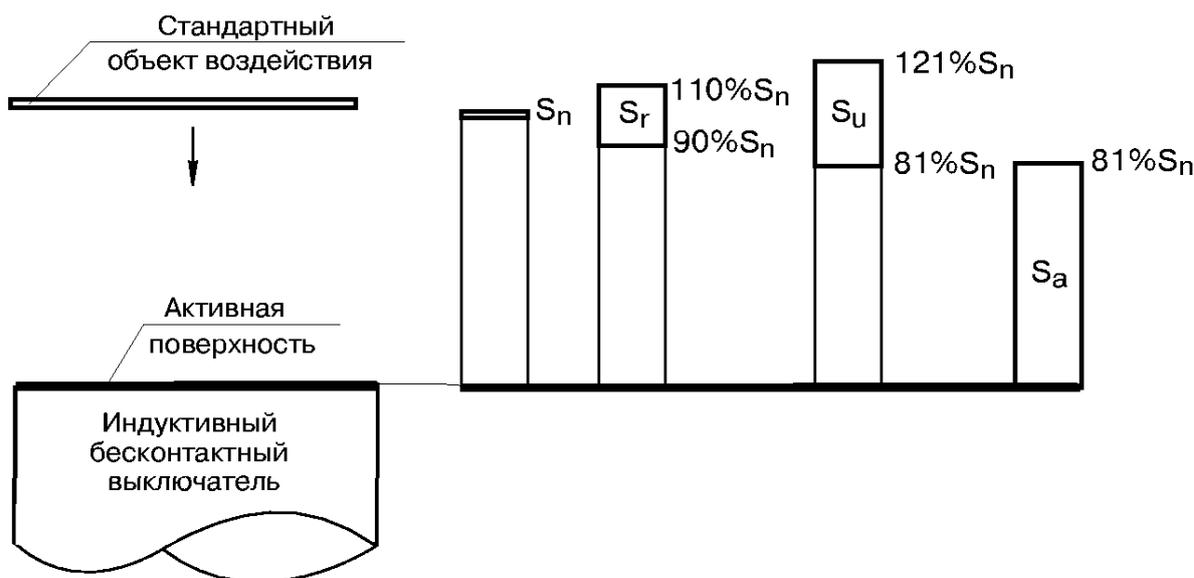


Рис. П1.9. Зависимость между расстояниями срабатывания ВБИ

Обычно на практике объект воздействия для ВБИ изготавливается в виде стальной пластины требуемых размеров, соединенной с движущейся деталью механизма, положение которой нужно контролировать.

Если объект воздействия имеет размеры меньше стандартного, то расстояние срабатывания может измениться. Представление о характере этого изменения дает график зависимости отношения S/S_n от K – отношения площади используемого объекта (толщиной примерно 1 мм) к площади стандартного объекта воздействия (рис. П1.10).

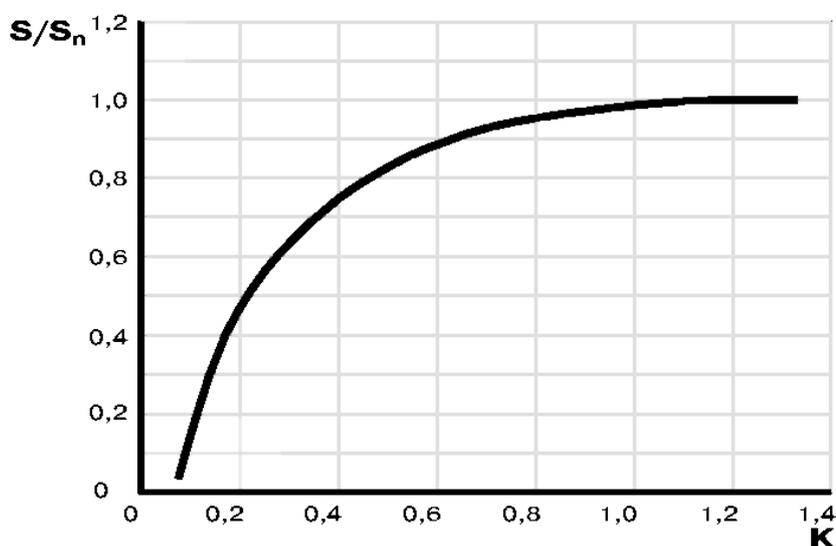


Рис. П1.10. Зависимость расстояния срабатывания от площади используемого объекта воздействия

При работе с объектами из различных металлов и сплавов расстояния срабатывания могут уменьшаться, и для предварительных расчетов можно использовать следующие поправочные коэффициенты:

нержавеющая сталь – 0,8;

нихром – 0,9;

латунь – 0,5;

алюминий – 0,5.

медь – 0,48.

Для надежного и однозначного переключения ВБИ его расстояние срабатывания и расстояние отпускания при обратном хо-

де объекта делаются разными. Параметр «дифференциальный ход» характеризует и нормирует эту разницу (рис. П1.11).

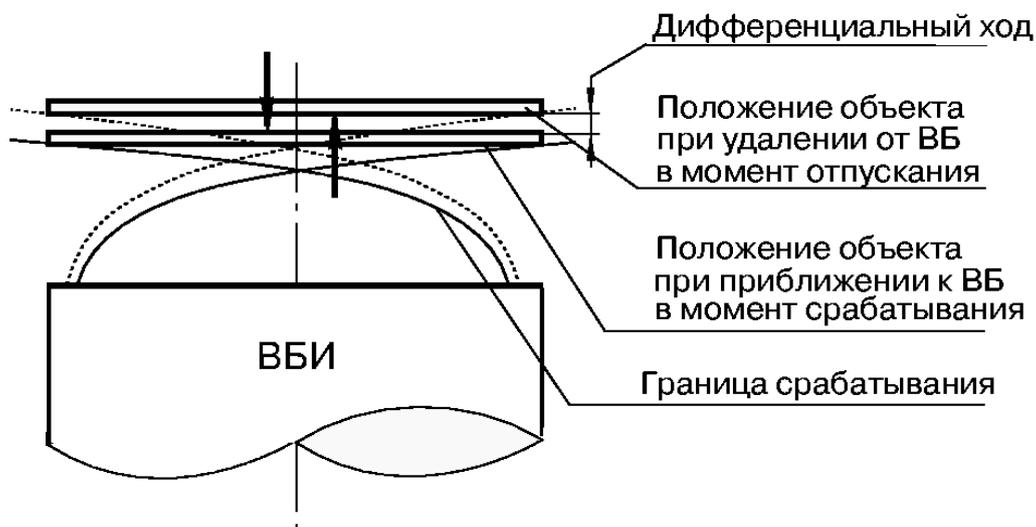


Рис. П1.11. Расстояние срабатывания и отпускания датчика ВБИ

В эксплуатации приближение объекта к ВБИ, как правило, производится не вдоль относительной оси, а перпендикулярно ей (рис. П.1.12). При этом точка срабатывания в пределах гарантированного интервала срабатывания зависит от удаления объекта от активной поверхности. При наличии люфтов в механизмах это нужно учитывать и располагать пластину на минимально возможных расстояниях от активной поверхности с учетом люфтов.

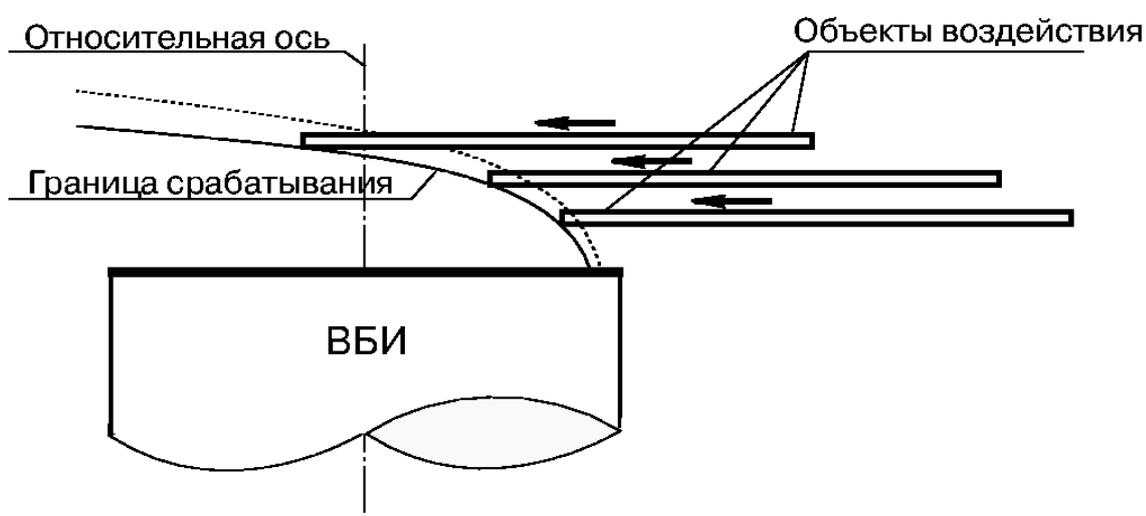


Рис. П1.12. Приближение объекта к ВБИ

Щелевые ВБИ при наличии допустимых люфтов обеспечивают более точное позиционирование, граница срабатывания у них приближена к прямой линии (рис. П1.13).

При проверке частоты срабатывания активная поверхность ВБИ устанавливается на расстоянии $0,5 S_n$ от поверхности объектов воздействия, размещенных на вращающемся диске (рис. П1.14).

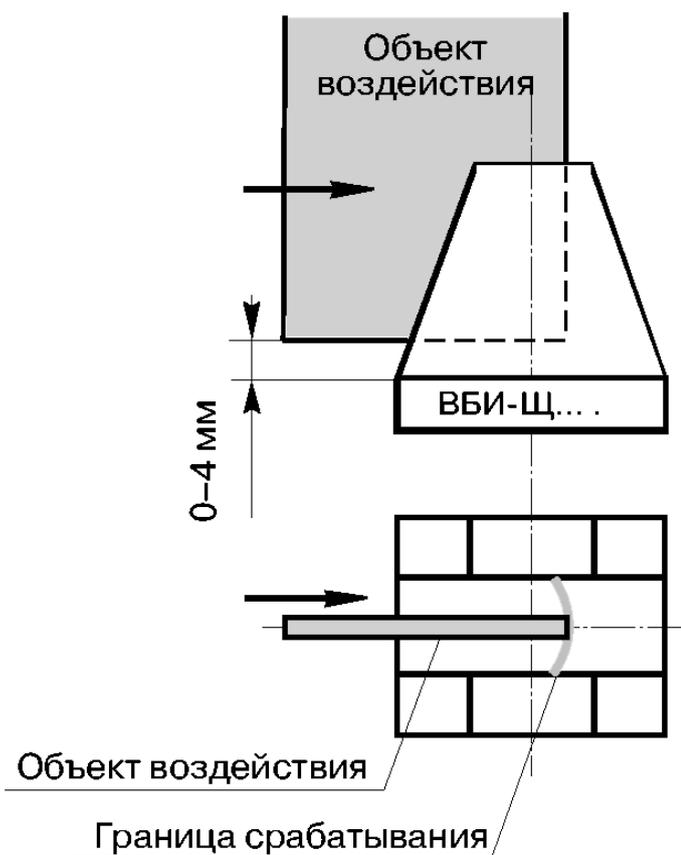


Рис. П1.13. Граница срабатывания ВБИ

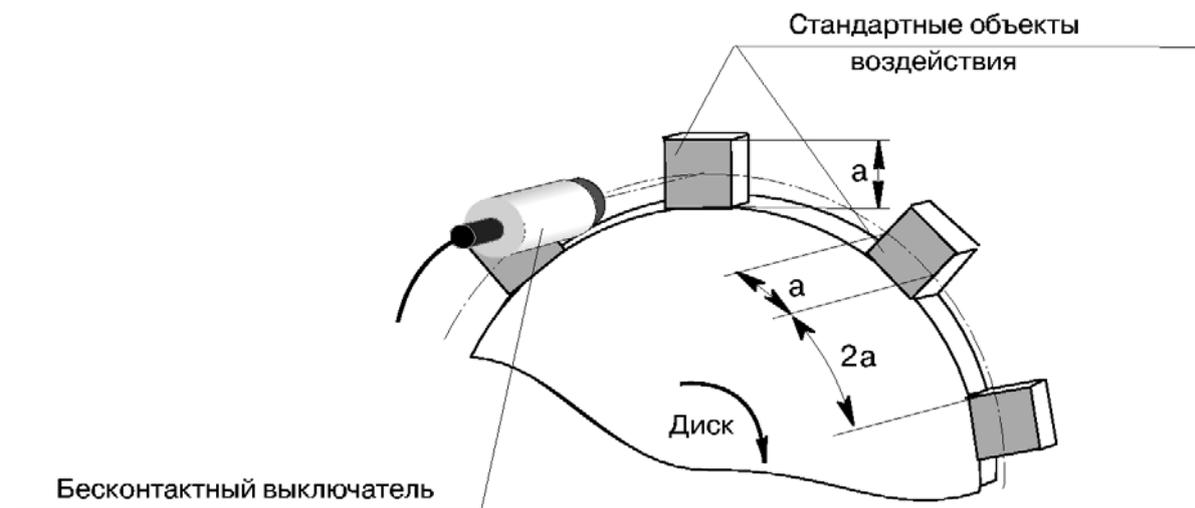


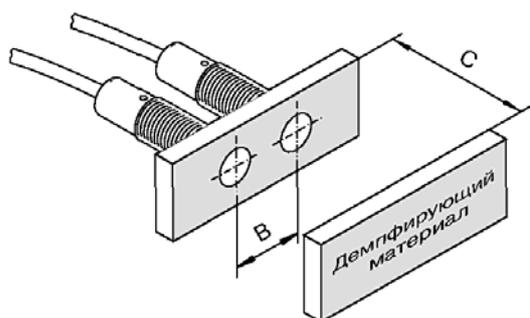
Рис. П1.14. Установка ВБИ

При проектировании размещения ВБИ следует учитывать минимально допустимые ГОСТ Р 50030.5.2 расстояния до окружающих элементов конструкций из металла. ВБИ неутепляемого исполнения имеют несколько большие расстояния срабатывания, но более жесткие ограничения по условиям установки.

Устанавливать ВБИ можно и несколько ближе, чем предусматривает ГОСТ, но расстояние срабатывания в этом случае может увеличиться.

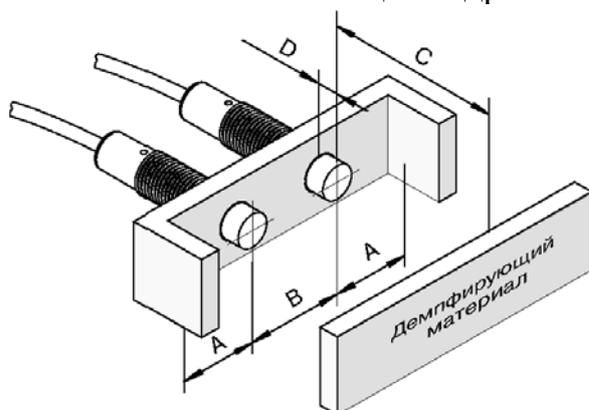
В изделиях ВБИ-П40-.... чувствительная головка имеет возможность смены положения и потребитель может расположить активную поверхность на одной из пяти плоскостей изделия.

Ниже приводятся рис. П1.15 – П1.19 установки различных видов ВБИ с рекомендуемыми минимальными расстояниями до демпфирующего материала.



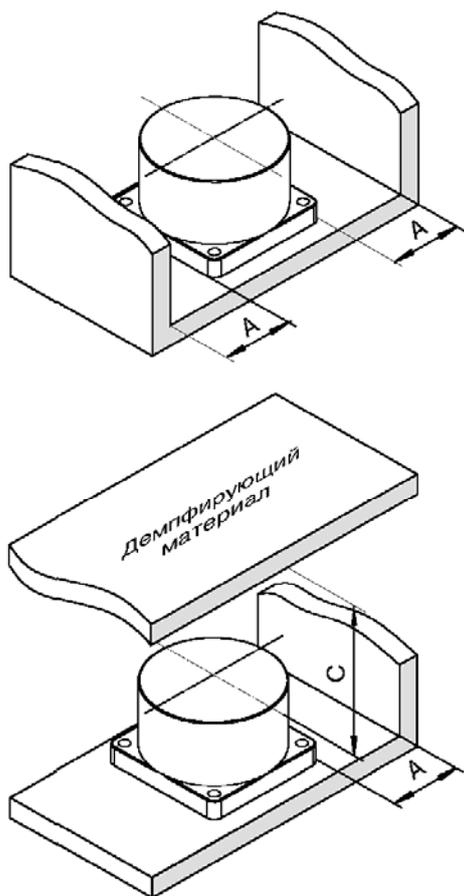
Типоразмер	В мм	С мм
ВБИ-Д06-45У-1...	12	4,5
ВБИ-М08-45У-1...	12	4,5
ВБИ-М12-...-1...	24	6
ВБИ-М18-...-1...	36	15
ВБИ-М30-...-1...	60	30

Рис. П1.15. Установка цилиндрических ВБИ утепляемого исполнения



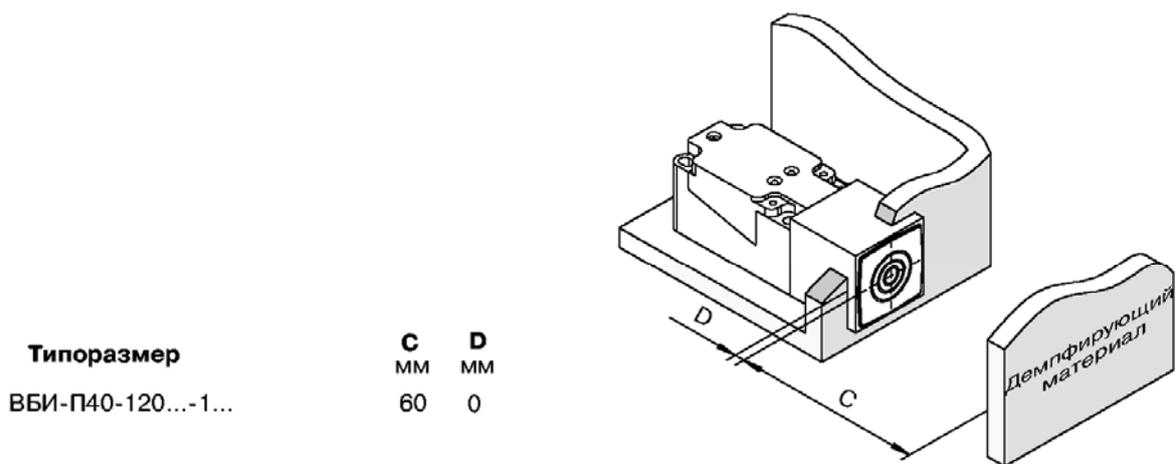
Типоразмер	А мм	В мм	С мм	Д мм
ВБИ-Д06-48У-2...	6	12	7,5	2,2
ВБИ-М08-48У-2...	8	12	7,5	2,2
ВБИ-М12-...-2...	12	24	12	6
ВБИ-М18-...-2...	18	36	24	12
ВБИ-М30-...-2...	30	60	45	22,5

Рис. П1.16. Установка цилиндрических ВБИ неутепляемого исполнения



Типоразмер	A мм	C мм
ВБИ-Ф60-...-2...	35	105
ВБИ-Ф80-40...-2...	38	165
ВБИ-Ф270-70У-2...	100	300
ВБИ-Ф270-110У-2...	140	450

Рис. П1.17. Установка фланцевых ВБИ неутепляемого исполнения



Типоразмер	C мм	D мм
ВБИ-П40-120...-1...	60	0

Рис. П1.18. Установка ВБИ-П40-120...-1 утепляемого исполнения

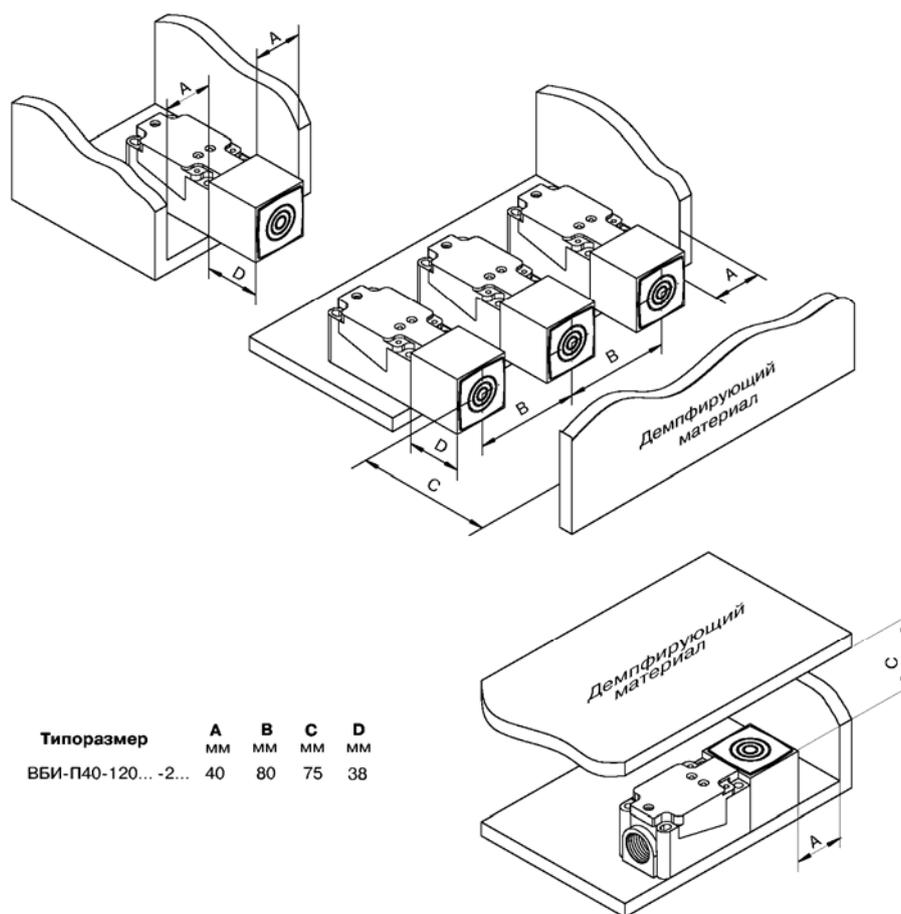


Рис. П1.19. Установка ВБИ-П40-120...-2 неутапливаемого исполнения

Индуктивные бесконтактные выключатели наиболее широко используются в качестве конечных выключателей в станках с ЧПУ, автоматических линиях и т. п. (рис. П1.20.)

Индуктивные бесконтактные выключатели в никелированном корпусе со степенью защиты IP67 могут работать при воздействии СОЖ и масла в станочном оборудовании. ВБИ с расстоянием срабатывания 150 мм применяются в трубопрокатном производстве, на скребковых конвейерах и т.п.

ВБИ с напряжением питания 20 – 250 В переменного тока не требуют блока питания и часто применяются в простых схемах управления.

При выборе ВБИ с напряжением питания 10 – 30 В постоянного тока с тремя или четырьмя выводами следует отдавать

предпочтение ВБИ с электрической защитой выхода от перегрузок (буква «З» в обозначении). Применение изделий без защиты (Л) целесообразно только при наличии длинных, более 100 м, цепей подключения.

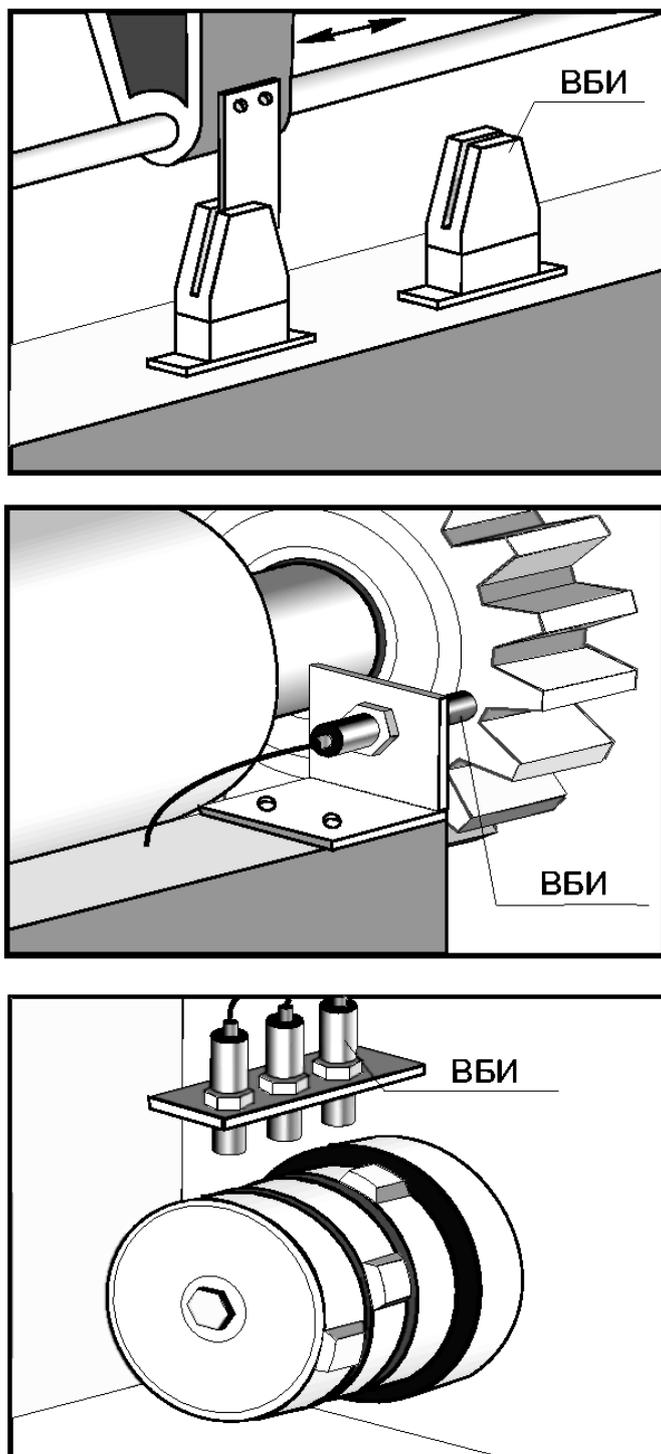


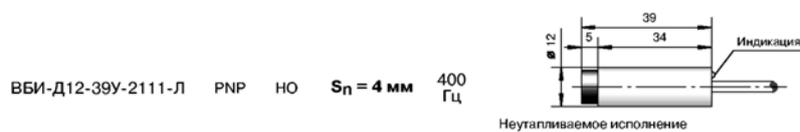
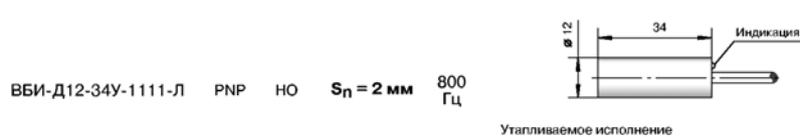
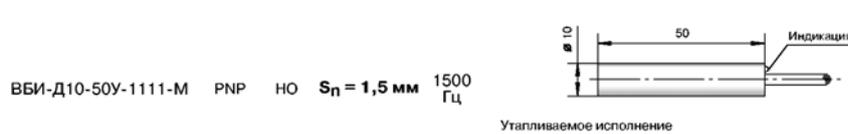
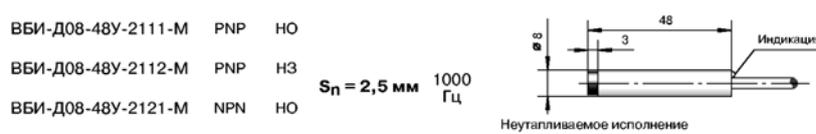
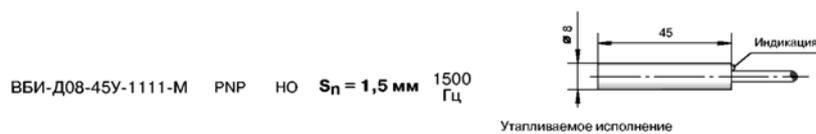
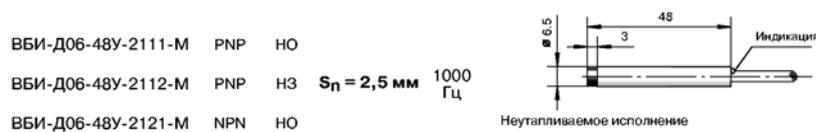
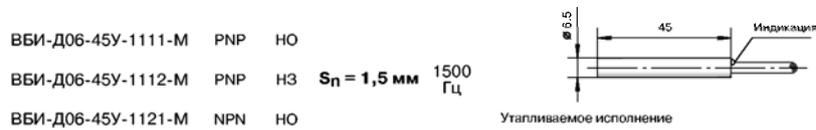
Рис. П1.20. Варианты установки ВБИ в качестве конечных выключателей

Типоразмер
Схема подключения
Коммутационная функция
Расстояние срабатывания
Частота циклов срабатывания

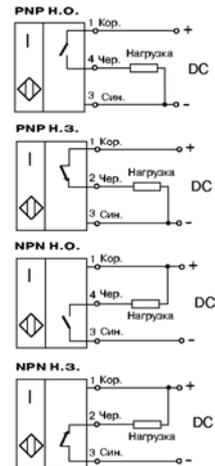
Корпус и способ подключения

Напряжение питания постоянного тока

Схемы подключения с тремя выводами



Варианты коммутационных функций и схем подключений



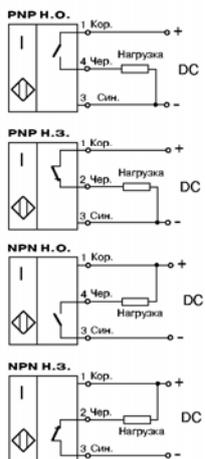
Общие параметры изделий данной страницы

Диапазон номинальных напряжений питания	12–24 В
Диапазон рабочих напряжений питания	10–30 В
Номинальный ток	200 мА
Категория применения коммутационного элемента	DC12
Защита коммутационного элемента	нет
Индикация срабатывания	есть
Температура окружающей среды	-25...+80°C
Материал корпуса	латунь
Максимальная масса изделия	0,05 кг
Встроенный кабель	ПВС 3 X 0,12 мм²
Длина кабеля	2 м
Степень защиты	IP67
Общие параметры ВБ	в разделе Б3

Напряжение питания постоянного тока

Схемы подключения с тремя выводами

Варианты коммутационных функций и схем подключений



Общие параметры изделий данной страницы

Диапазон номинальных напряжений питания	12–24 В
Диапазон рабочих напряжений питания	10–30 В
Номинальный ток	200 мА
Категория применения коммутационного элемента	DC12
Защита коммутационного элемента	нет
Индикация срабатывания	есть
Температура окружающей среды	-25...+80°C
Материал корпуса	латунь
Максимальная масса изделия	0,05 кг
Общие параметры ВБ	в разделе Б3

Типоразмер

Схема подключения
Коммутационная функция
Расстояние срабатывания
Частота циклов срабатывания

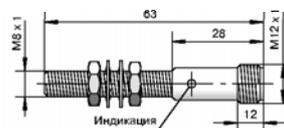
ВБИ-M08-45P-1111-M	PNP	HO	$S_{\eta} = 1,5 \text{ мм}$ 1500 Гц
ВБИ-M08-45P-1112-M	PNP	HЗ	
ВБИ-M08-45P-1121-M	NPN	HO	
ВБИ-M08-45P-1122-M	NPN	HЗ	

ВБИ-M08-45У-1111-M	PNP	HO	$S_{\eta} = 1,5 \text{ мм}$ 1500 Гц
ВБИ-M08-45У-1112-M	PNP	HЗ	
ВБИ-M08-45У-1121-M	NPN	HO	
ВБИ-M08-45У-1122-M	NPN	HЗ	

ВБИ-M08-48P-2111-M	PNP	HO	$S_{\eta} = 2,5 \text{ мм}$ 1000 Гц
ВБИ-M08-48P-2112-M	PNP	HЗ	
ВБИ-M08-48P-2121-M	NPN	HO	
ВБИ-M08-48P-2122-M	NPN	HЗ	

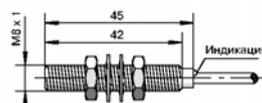
ВБИ-M08-48У-2111-M	PNP	HO	$S_{\eta} = 2,5 \text{ мм}$ 1000 Гц
ВБИ-M08-48У-2112-M	PNP	HЗ	
ВБИ-M08-48У-2121-M	NPN	HO	
ВБИ-M08-48У-2122-M	NPN	HЗ	

Корпус и способ подключения



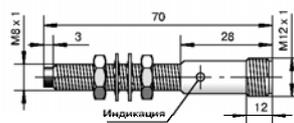
Утапливаемое исполнение

Разъем М12. Ответная часть ПВ-РКП-1.3 или ПВ-РКУ-1.3 заказывается отдельно (раздел В4).
Степень защиты - IP65.



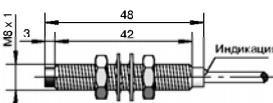
Утапливаемое исполнение

Встроенный кабель ПВС 3 X 0,12 мм².
Длина кабеля 2 м.
Степень защиты - IP67.



Неутапливаемое исполнение

Разъем М12. Ответная часть ПВ-РКП-1.3 или ПВ-РКУ-1.3 заказывается отдельно (раздел В4).
Степень защиты - IP65.



Неутапливаемое исполнение

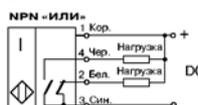
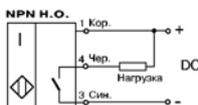
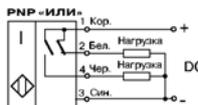
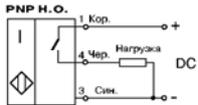
Встроенный кабель ПВС 3 X 0,12 мм².
Длина кабеля 2 м.
Степень защиты - IP67.

См. эксплуатационные ограничения раздела В4.

Напряжение питания постоянного тока

Схемы подключения с тремя или четырьмя выводами

Варианты коммутационных функций и схем подключений



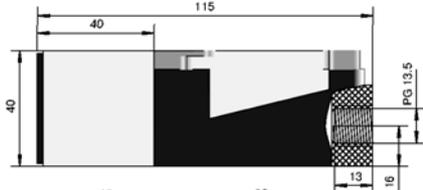
Общие параметры изделий данной страницы

Диапазон номинальных напряжений питания	12–24 В
Диапазон рабочих напряжений питания	10–30 В
Номинальный ток	250 мА
Категория применения коммутационного элемента	DC13
Защита коммутационного элемента	есть
Индикация срабатывания	есть
Температура окружающей среды	-45...+80°C
Материал корпуса	полиамид
Максимальная масса изделия	0,19 кг
Размеры присоединений указаны в	разделе В4
Общие параметры ВБ	в разделе Б3

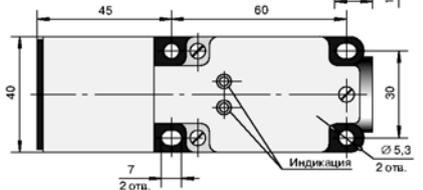
Типоразмер	Схема подключения	Коммутационная функция	Расстояние срабатывания	Частота циклов срабатывания
------------	-------------------	------------------------	-------------------------	-----------------------------

Корпус и способ подключения

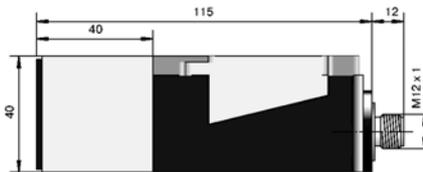
ВБИ-П40-120К-1111-3	PNP	НО		
ВБИ-П40-120К-1113-3*	PNP	«ИЛИ»	S_n 150 Гц	
ВБИ-П40-120К-1121-3	NPN	НО	20 мм	Угаливаемое исполнение
ВБИ-П40-120К-1123-3*	NPN	«ИЛИ»		



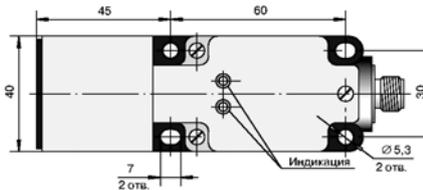
ВБИ-П40-120К-2111-3	PNP	НО		
ВБИ-П40-120К-2113-3*	PNP	«ИЛИ»	S_n 100 Гц	
ВБИ-П40-120К-2123-3*	NPN	«ИЛИ»	25 мм	Неугаливаемое исполнение



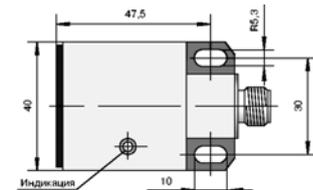
ВБИ-П40-120Р-1113-3	PNP	«ИЛИ»	S_n 150 Гц	Угаливаемое исполнение
---------------------	-----	-------	-----------------------------	------------------------



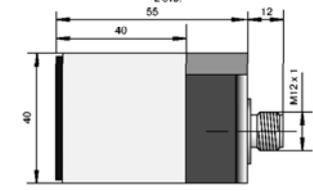
ВБИ-П40-120Р-2113-3	PNP	«ИЛИ»	S_n 100 Гц	Неугаливаемое исполнение
---------------------	-----	-------	-----------------------------	--------------------------



ВБИ-П40-55Р-1113-3	PNP	«ИЛИ»	S_n 150 Гц	Угаливаемое исполнение
--------------------	-----	-------	-----------------------------	------------------------



ВБИ-П40-55Р-2113-3	PNP	«ИЛИ»	S_n 100 Гц	Неугаливаемое исполнение
--------------------	-----	-------	-----------------------------	--------------------------



* Данный типоразмер изготавливается также без защиты коммутационного элемента от перегрузок по току с увеличенным номинальным током 400 мА (см. раздел И4).

Типоразмер

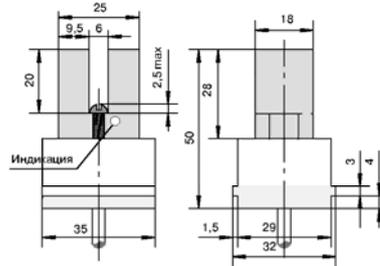
Схема подключения
 Коммутационная функция
 Ширина щели
 Частота циклов срабатывания

Корпус и способ подключения

Напряжение питания постоянного тока

Схемы подключения с тремя выводами

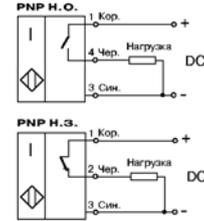
ВБИ-Щ06-641У-1111-3 PNP НО 6 мм 1000 Гц



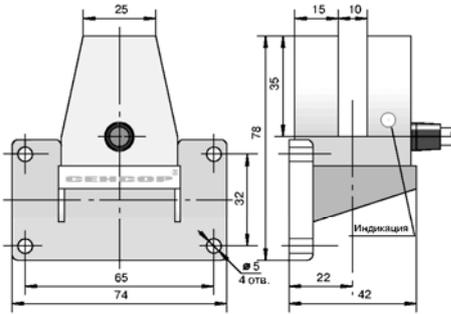
Утапливаемое исполнение

Встроенный кабель ПВС 3 X 0,12 мм².
 Степень защиты - IP67.

Варианты коммутационных функций и схем подключений



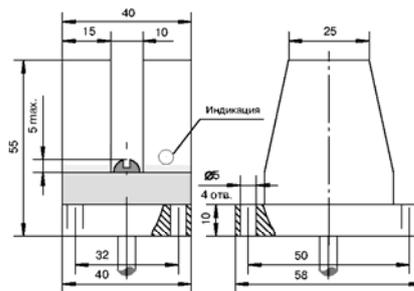
ВБИ-Щ10-122У-1111-3 PNP НО 10 мм 500 Гц
 ВБИ-Щ10-122У-1112-3 PNP НЗ



Утапливаемое исполнение

Встроенный кабель ПВС 3 X 0,35 мм².
 Степень защиты - IP67.

ВБИ-Щ10-151У-1111-3 PNP НО 10 мм 500 Гц



Утапливаемое исполнение

Встроенный кабель ПВС 3 X 0,35 мм².
 Степень защиты - IP67.

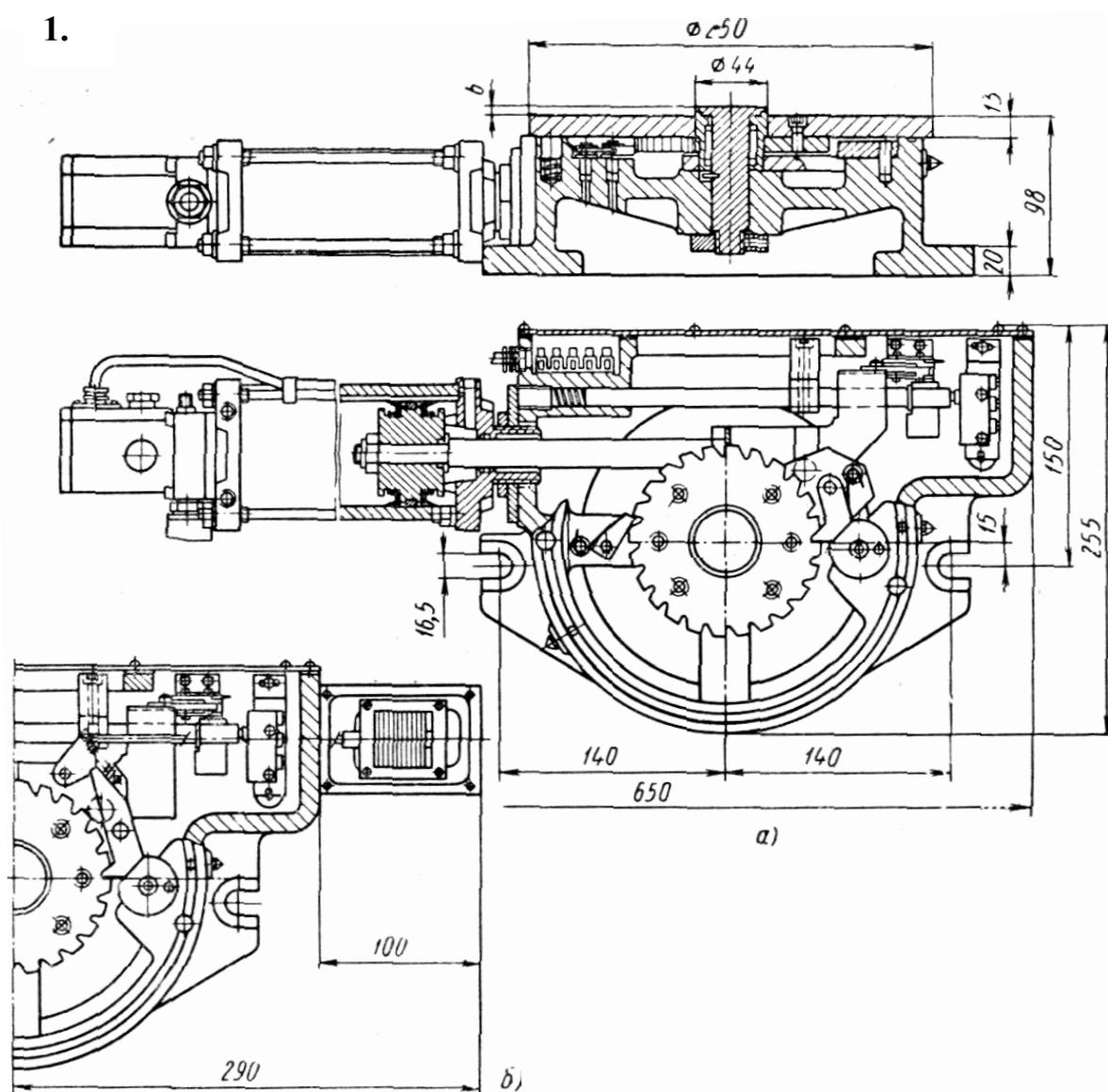
Общие параметры изделий данной страницы

Диапазон номинальных напряжений питания	12–24 В
Диапазон рабочих напряжений питания	10–30 В
Номинальный ток	200 мА
Категория применения коммутационного элемента	DC13
Защита коммутационного элемента	есть
Индикация срабатывания	есть
Температура окружающей среды	-45...+80°С
Материал корпуса	полиамид
Максимальная масса изделия	0,16 кг
Общие параметры ВБ	в разделе Б3

Приложение 2

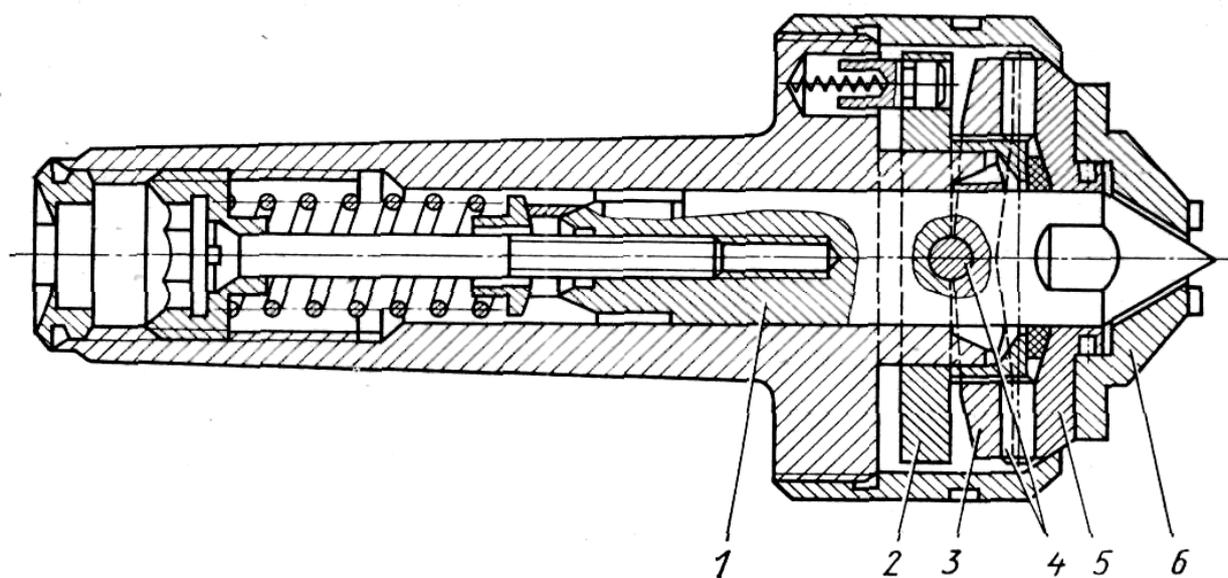
КОНСТРУКЦИИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ, АГРЕГАТОВ, РАБОЧИХ ОРГАНОВ, ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ

В соответствии с заданием к курсовому проекту необходимо разработать (вычертить) сборочный чертеж узла станка лимитирующей операции. Ниже приведены примеры различных исполнительных механизмов, агрегатов, рабочих органов, шпиндельных узлов и т.д.



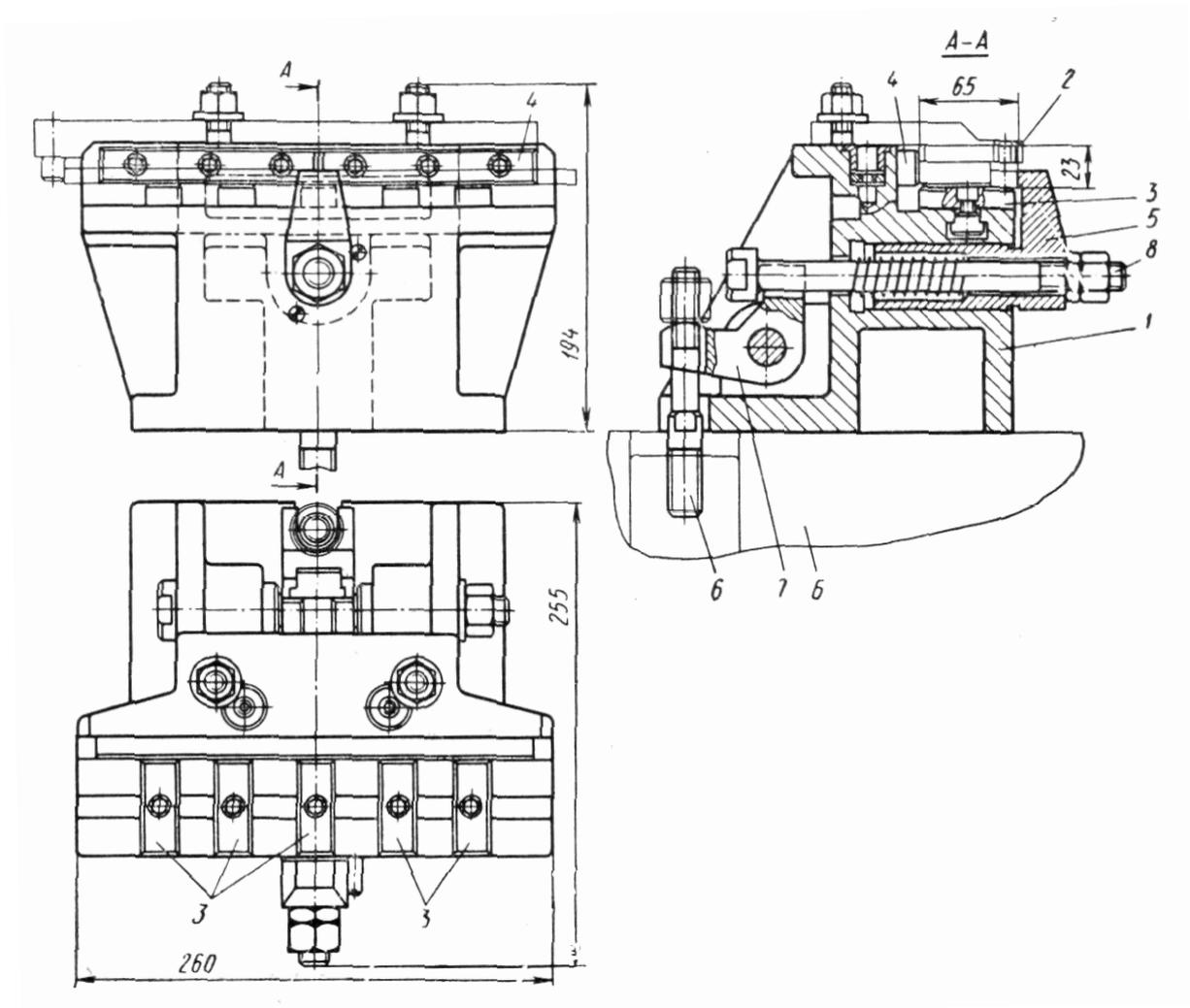
Делительный стол 0-250 мм с приводом механизма деления

2.



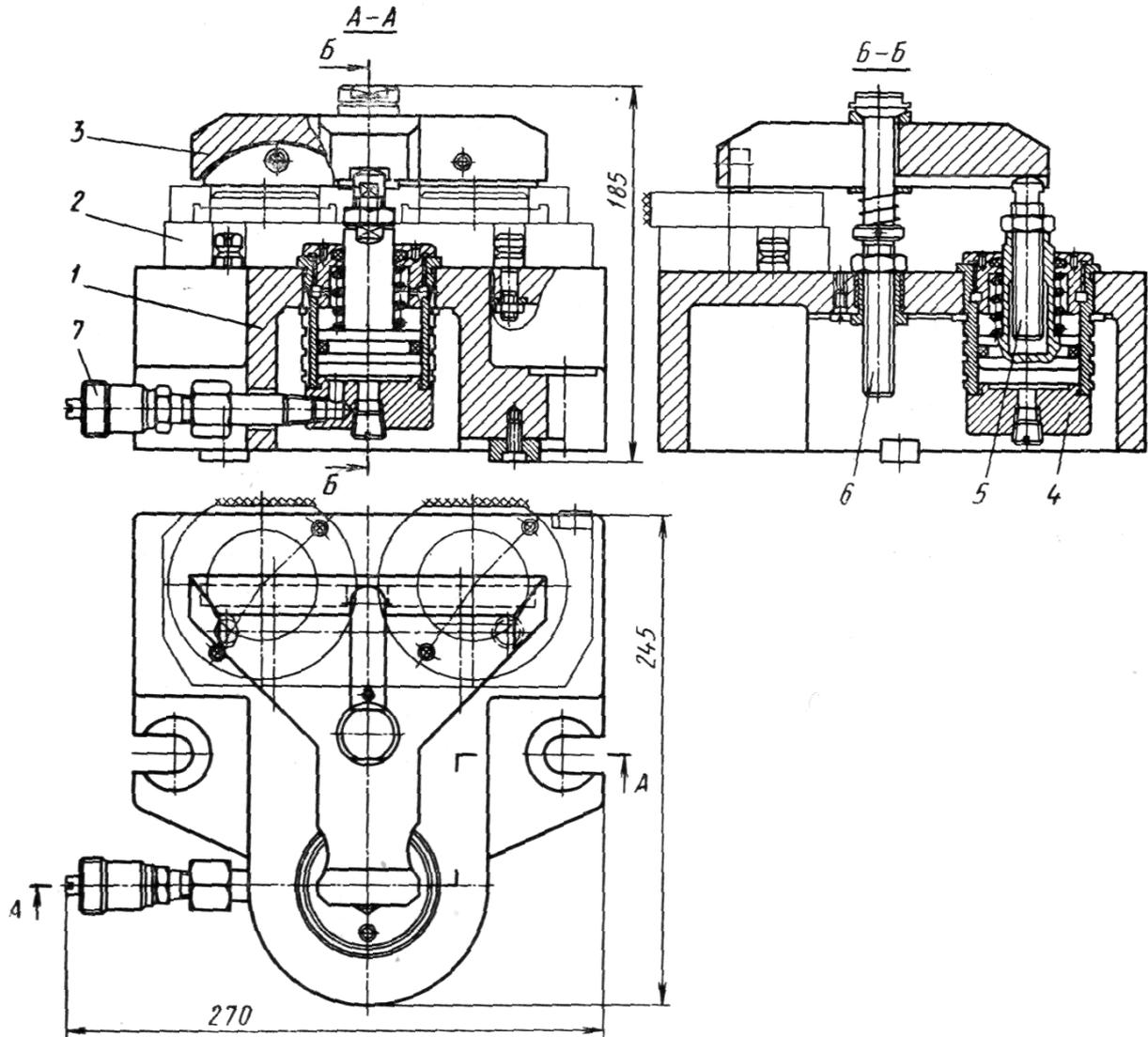
Поводковый центр для чистовой обработки на токарных станках:
1 – плавающий центр; 2 – стакан; 3 – люлька; 4 – ролики; 5 – водило;
6 – самоустанавливающийся поводок с зубьями

3.



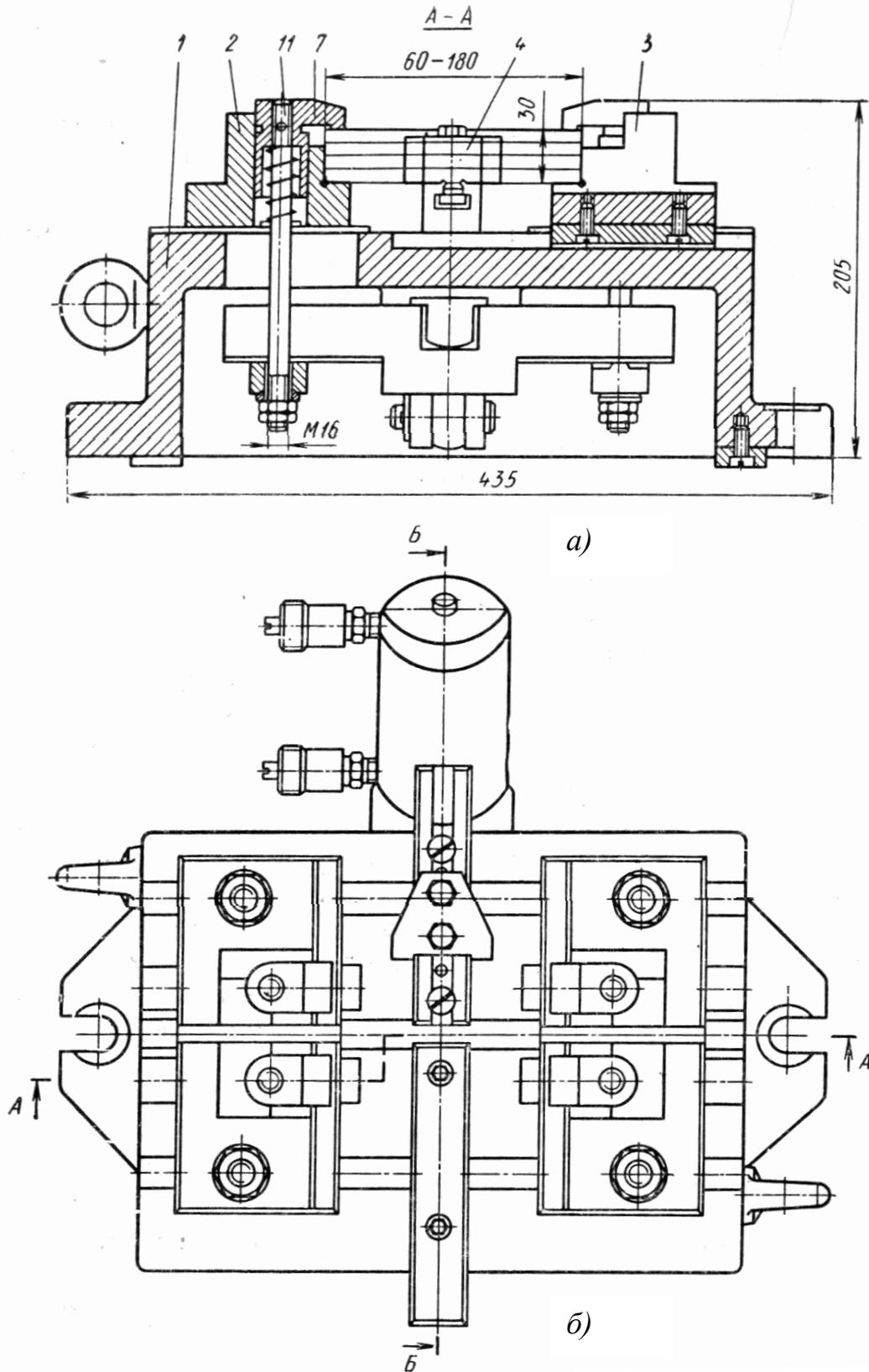
Специализированное наладочное приспособление для сверления деталей типа планок на столе

4.

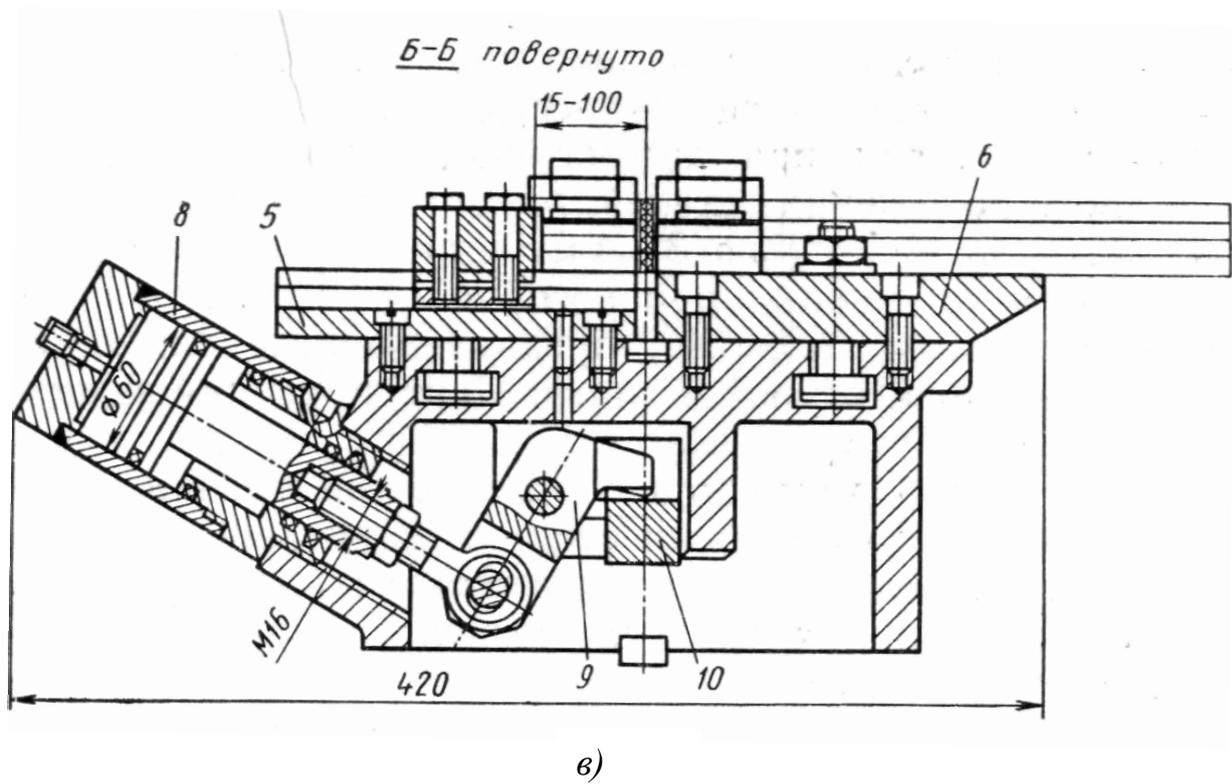


Специализированное наладочное приспособление для фрезерования лысок фланцев (крестиками показана обрабатываемая поверхность)

5.

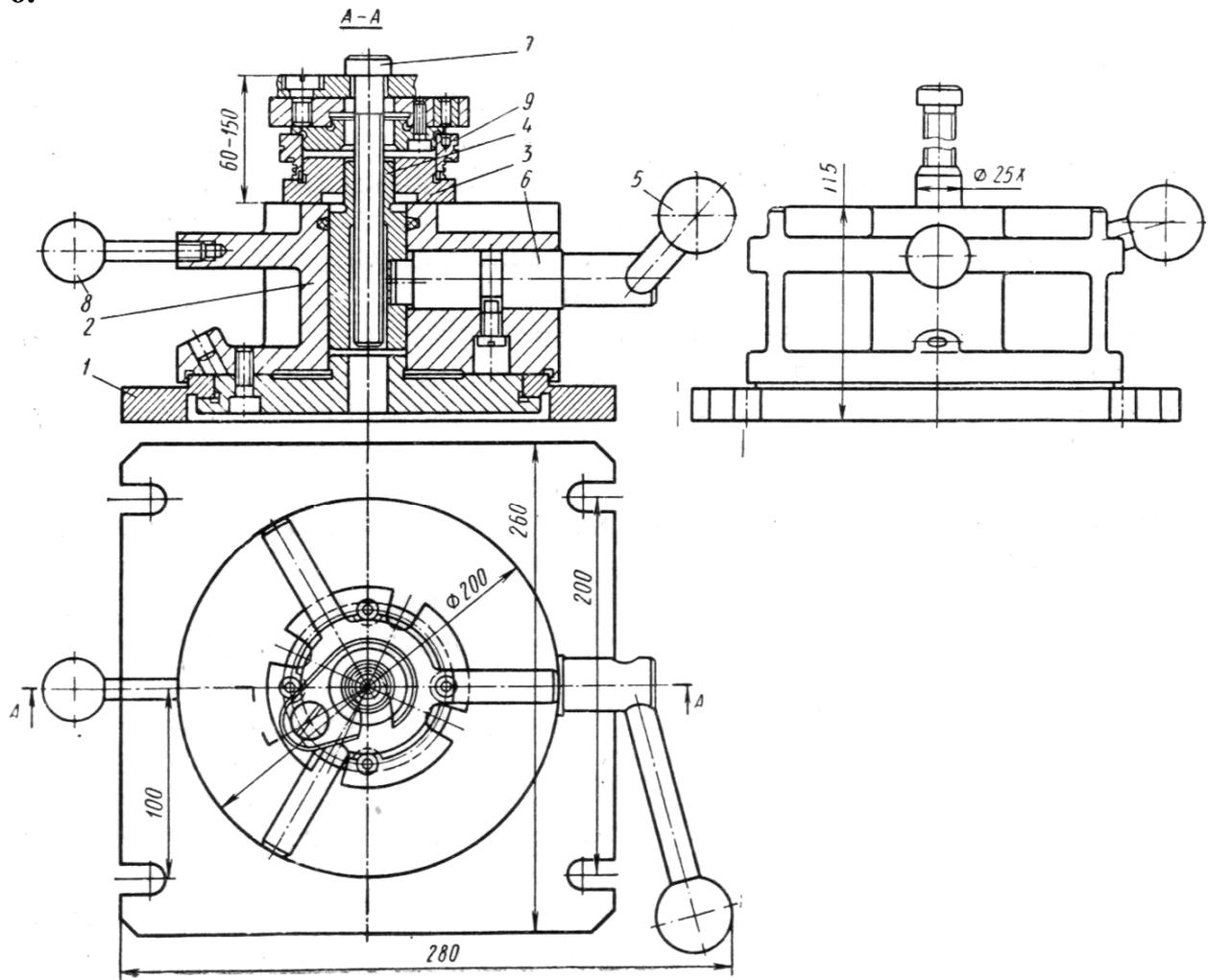


Специализированное приспособление для резки



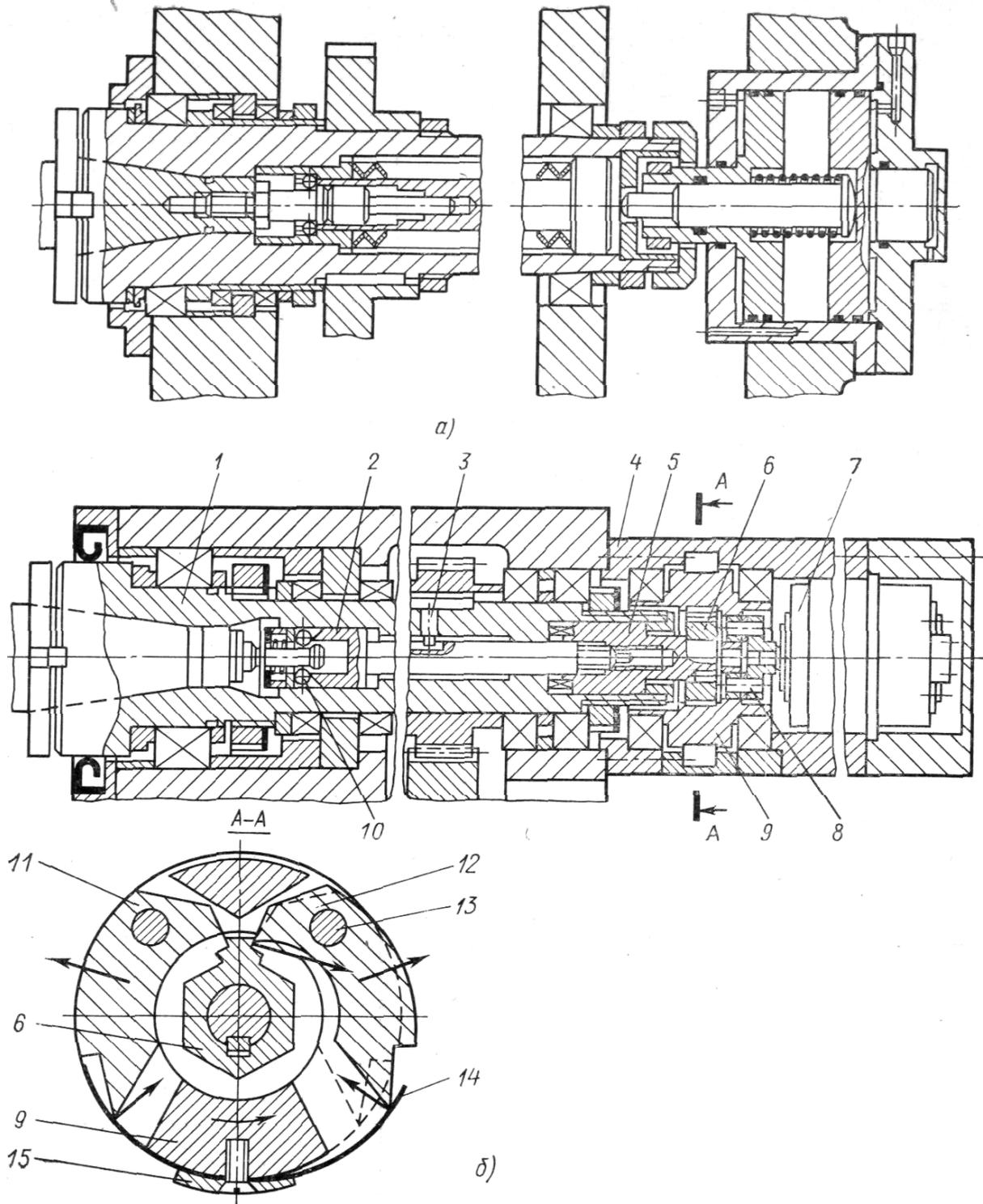
Специализированное приспособление для резки (окончание)

6.



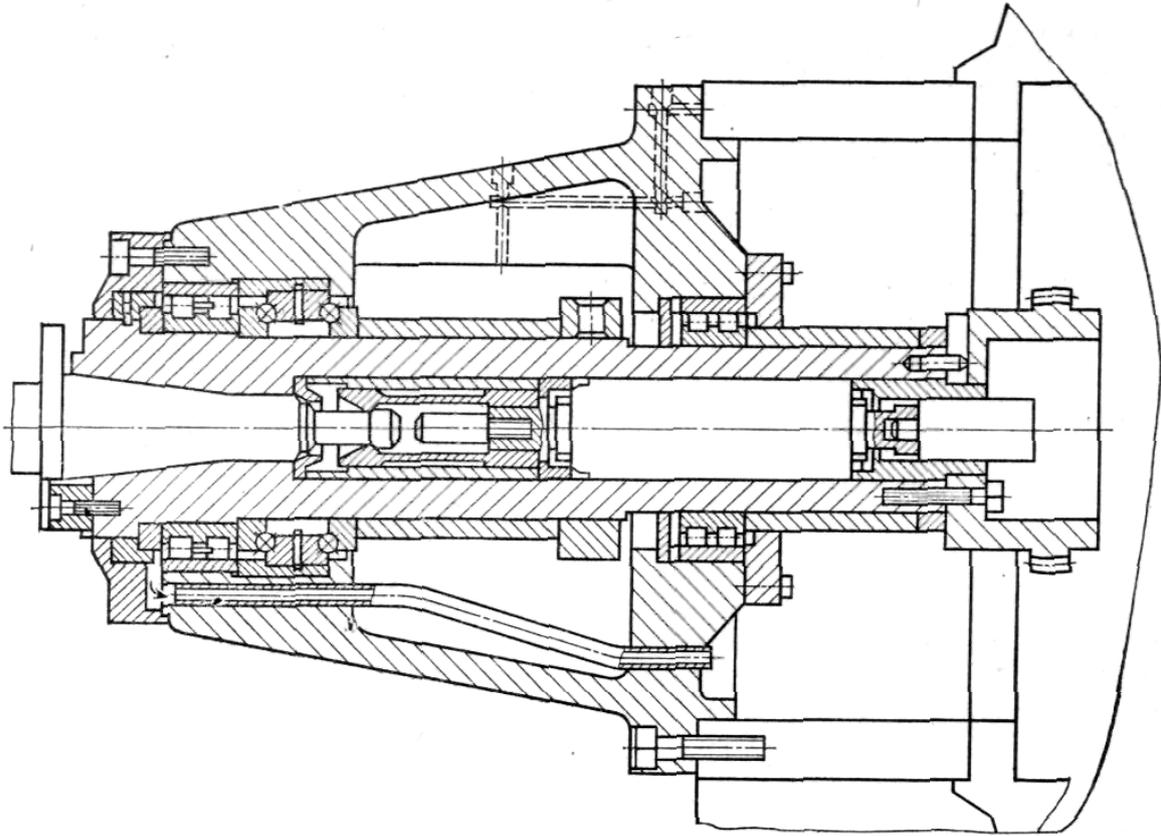
Специализированное наладочное приспособление для сверления деталей типа фланцев

7.



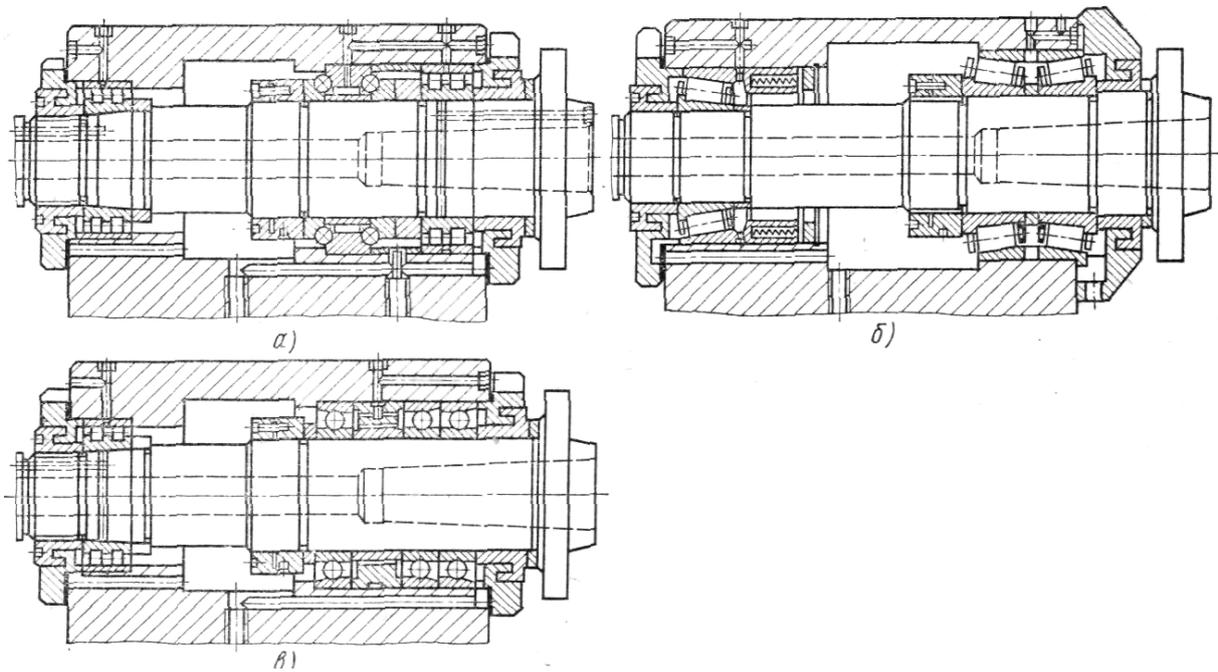
Устройства для зажима оправок в шпинделе многооперационных станков:
 а – с пружинно-гидравлическим приводом; б – с электромеханическим
 приводом

8.



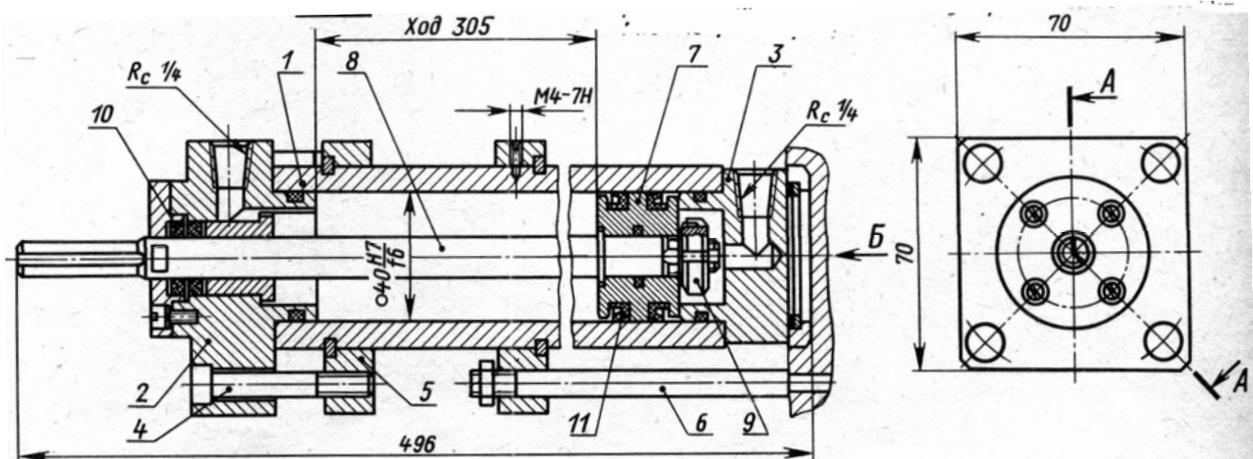
Шпиндельный узел многооперационного станка

9.



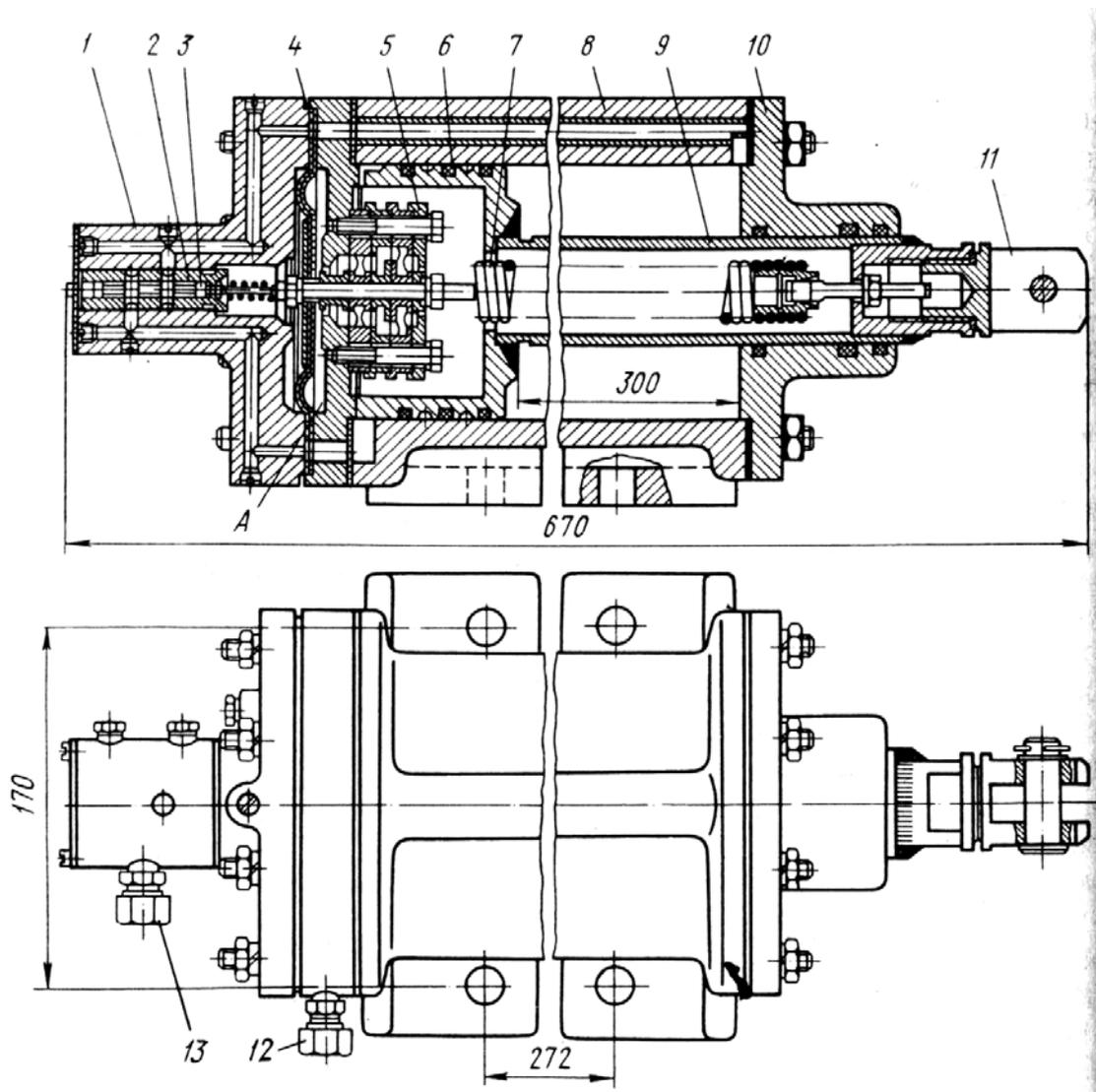
Типовые шпиндельные узлы токарных станков с ЧПУ при значениях
 $dn_{\max} 10^{-5}$, мм/мин:
 а – 2,5 – 4,0; б – 2,0 – 2,5; в – 4 – 6

10.



Привод поперечного сдвига:
 1 – гильза; 2, 3 – крышка; 4 – винт; 5 – фланец; 6 – шпильки;
 7 – поршень; 8 – шток; 9 – гайка; 10, 11 – манжеты

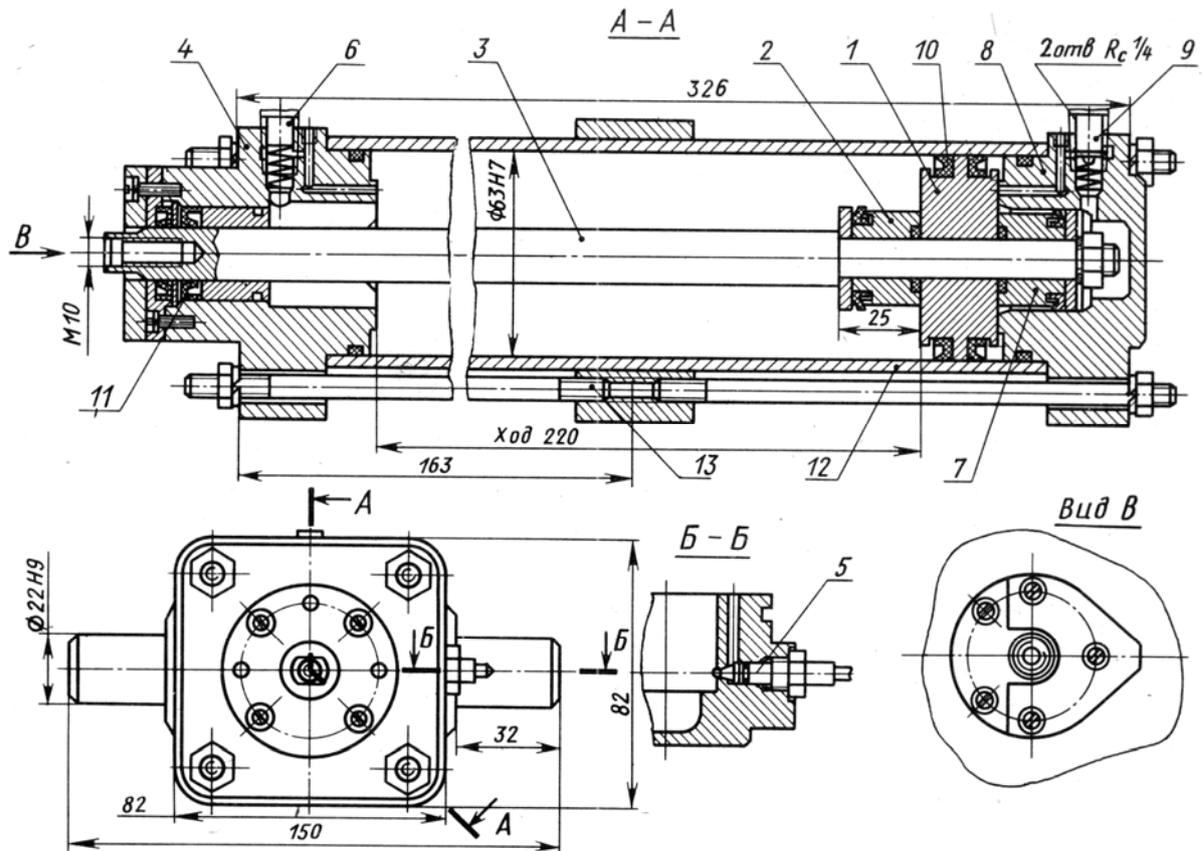
11.



Поршневой исполнительный механизм:

- 1 – корпус усилителя; 2 – втулка; 3 – золотник; 4 – мембрана;
5 – мембранный узел; 6 – поршень; 7 – пружина; 8 – цилиндр; 9 – шток;
10 – крышка; 11 – серьга; 12, 13 – штуцера

12.



Гидропривод выдвижения:

- 1 – поршень; 2 – втулка; 3 – шток; 4 – крышка; 5 – регулировочный дроссель; 6 – обратный клапан; 7 – втулка; 8 – крышка; 9 – штуцер; 10, 11 – манжеты; 12 – гильза; 13 – стяжки

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ануриев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т., Т. 3 / В. И. Ануриев. – М. : Машиностроение, 1982. – 372 с.
2. Белянин, П. Н. Гибкие производственные системы / П. Н. Белянин, М. Ф. Идзон, А. С. Жогин. – М. : Машиностроение, 1988. – 256 с.
3. Азбеель, В. О. Гибкое автоматизированное производство / В. О. Азбеель [и др.] ; под общ. ред. С. А. Майорова, Т. В. Орловского. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, 1985. – 454 с.
4. Белянин, П. Н. Промышленные роботы / П. Н. Белянин. – М. : Машиностроение, 1975. – 136 с.
5. Черпаков, Б. И. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы : практ. пособие. В 14 кн. Кн. 1. Гибкие механообрабатывающие производственные системы / Б. И. Черпаков, И. В. Брук ; под ред. Б. И. Черпакова. – М. : Высш. шк., 1989. – 127 с.
6. Жданович, В. Ф. Комплексная механизация и автоматизация в механических цехах / В. Ф. Жданович, Л. Б. Гай. – М. : Машиностроение, 1976. – 288 с.
7. Козырев, Ю. Г. Промышленные роботы : справ. / Ю. Г. Козырев. – М. : Машиностроение, 1983. – 376 с.
8. Лебедевский, М. С. Автоматизация в промышленности : справ. кн. / М. С. Лебедевский, А. И. Федотов. – Л. : Лениздат, 1976. – 251 с.
9. Пуш, В. Э. Автоматические станочные системы / В. Э. Пуш, Р. Пигерт, В. Л. Сосонкин ; под ред. В. Э. Пуша. – М. : Машиностроение, 1982. – 319 с.
10. Соломенцев, Ю. М. Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении : альбом схем и чертежей / Ю. М. Соломенцев [и др.] ; под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Машиностроение, 1989. – 192 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. Г. Мещеряковой. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1985 – Т. 1. – 656 с.; Т. 2. – 696 с.

12. Сысоев, С. Н. Элементы гидравлического и пневматического оборудования : учеб. пособие / С. Н. Сысоев ; Владим. гос. ун-т; – Владимир, 2001. – 92 с.

13. Юревич, Е. И. Устройство промышленных роботов / Е. И. Юревич [и др.]. – Л. : Машиностроение, 1980. – 331 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Варианты задания и исходные данные к выполнению курсового проекта ..	4
Требования к оформлению курсового проекта.....	7
Технико-экономическое обоснование разрабатываемого объекта.....	12
Линейный электрогидравлический привод подачи силового узла с автономным задатчиком перемещения.....	16
Указания к расчёту режимов резания	18
Указания к расчету основных параметров привода	27
Исследование лэмп с азп в математическом пакете matlab.....	36
Указания к разработке функциональных схем и схем расположения приборов	41
Приложение 1. Датчики и приборы.....	48
Приложение 2. Конструкции исполнительных механизмов, агрегатов, рабочих органов, шпиндельных узлов.....	74
Библиографический список.....	86

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ»

Составители

КОРОСТЕЛЕВ Владимир Федорович

ГЛУШКОВ Андрей Алексеевич

МИХАЙЛОВ Роман Геннадьевич и др.

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор В. Ф. Коростелев

Подписано в печать 04.06.07.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 5,11. Тираж 200 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.